



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**ANÁLISIS Y DISEÑO SISMO RESISTENTE EN
ALBAÑILERÍA CONFINADA EN
EDIFICIO DE 4 PISOS**

PRESENTADO POR

BACHILLER XIOMARA LILIANA TIÑA PAZ

ASESOR

ING. RENÉ HERADIO FLORES PAURO

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

MOQUEGUA – PERU

2018

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Marco teórico.....	4
3.1.1. Consideraciones básicas.....	6
3.1.2 Requisitos de los materiales.....	7
3.1.3 Resistencia de la albañilería.....	17
3.1.4. Estructuración.....	19
3.1.5. Requisitos estructurales.....	24
3.1.6. Análisis y diseño estructural.....	27
3.1.7. Diseño de muros de albañilería.....	31
3.2. Caso práctico.....	47
3.3. Representación de resultados.....	66

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.....	68
4.2. Recomendaciones.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
APÉNDICE.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Factores de zona Z.....	7
Tabla 2. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	8
Tabla 3. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.....	9
Tabla 4. Granulometría de la arena gruesa.....	16
Tabla 5. Tipos de mortero.....	17
Tabla 6. Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$	17
Tabla 7. Resistencias características de la albañilería.....	19
Tabla 8. Fuerzas internas en columnas de confinamiento.....	39
Tabla 9. Densidad de muros dirección X-X.....	57
Tabla 10. Densidad de muros dirección Y-Y.....	58
Tabla 11. Peso de la estructura.....	63
Tabla 12. Repartiendo fuerza sísmica en X-X para cada piso.....	64
Tabla 13. Repartiendo fuerza sísmica en X-X para cada piso.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Albañilería confinada.....	5
Figura 2. Vivienda dañada debido al terremoto de Pisco.....	6
Figura 3. Mapa de zonificación sísmica norma E.030.....	6
Figura 4. Muestreo – NTP 399.604.....	10
Figura 5. Resistencia a la compresión – NTP 399.604.....	11
Figura 6. Variabilidad de dimensiones – NTP 399.604.....	12
Figura 7. Alabeo - NTP 699-613.....	12
Figura 8. Métodos de ensayos: absorción – NTP 399.604.....	13
Figura 9. Grado de eflorescencia.....	15
Figura 10. Plantas irregulares.....	20
Figura 11. Aislamiento del tabique de la estructura.....	30
Figura 12. Vista de muros confinados que se interceptan perpendicularmente....	32
Figura 13. Fuerzas internas amplificadas por la relación V_{ml}/V_{el}	38
Figura 14. Posición de columnas.....	40
Figura 15. Estribaje mínimo a utilizar.....	44
Figura 16. Plano de distribución de los ambientes a analizar.....	47
Figura 17. Dimensiones en planta de la edificación.....	48
Figura 18. Tipificación de los muros del edificio.....	56
Figura 19. Resultados del diseño de muros portantes.....	67

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Valor de $v'm$ de diseño.....	18
Ecuación 2. Espesor efectivo “ t ”, zona sísmica 2 y 3.....	25
Ecuación 3. Espesor efectivo “ t ”, zona sísmica 1.....	25
Ecuación 4. Esfuerzo axial máximo.....	25
Ecuación 5. Densidad mínima de muros reforzados.....	26
Ecuación 6. Módulo de elasticidad para unidades de arcilla.....	30
Ecuación 7. Módulo de elasticidad para unidades de sílico-calcáreas.....	30
Ecuación 8. Módulo de elasticidad para unidades de concreto vibrado.....	30
Ecuación 9. Módulo de corte para todo tipo de unidades de albañilería.....	31
Ecuación 10. Control de fisuración.....	32
Ecuación 11. Resistencia al agrietamiento diagonal para unidades de arcilla y concreto.....	33
Ecuación 12. Resistencia al agrietamiento diagonal para unidades sílico- calcáreas.....	33
Ecuación 13. Factor de reducción de resistencia al corte por esbeltez.....	33
Ecuación 14. Verificación de la resistencia al corte del edificio.....	34
Ecuación 15. Carga “ w ” para un metro cuadrado.....	36
Ecuación 16. Factor de amplificación de fuerzas internas.....	37
Ecuación 17. Cortante amplificada, sismo severo.....	37
Ecuación 18. Momento amplificado, sismo severo.....	37
Ecuación 19. Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en muros.....	38

Ecuación 20. Esfuerzo a compresión axial para verificar refuerzo horizontal en muros.....	38
Ecuación 21. Cuantía del acero de refuerzo horizontal en muros.....	38
Ecuación 22. Verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores.....	39
Ecuación 23. Fuerza axial para el diseño de columnas de confinamiento del primer piso y de los muros agrietados de pisos superiores.....	40
Ecuación 24. Momento para el diseño de columnas de confinamiento.....	40
Ecuación 25. Área del núcleo de columna de confinamiento, por compresión...	41
Ecuación 26. Área de la columna requerida por corte fricción.....	42
Ecuación 27. Refuerzo vertical de columna, por corte fricción.....	42
Ecuación 28. Refuerzo vertical de columna, por tracción.....	42
Ecuación 29. Refuerzo vertical total de la columna de confinamiento.....	42
Ecuación 30. Espaciamiento entre estribos de columna, “s ₁ ”.....	43
Ecuación 31. Espaciamiento entre estribos de columna, “s ₂ ”.....	43
Ecuación 32. Espaciamiento entre estribos de columna, “s ₃ ”.....	43
Ecuación 33. Espaciamiento entre estribos de columna, “s ₄ ”.....	43
Ecuación 34. Fuerza “T _s ”, viga solera primer nivel.....	44
Ecuación 35. Refuerzo vertical, viga solera primer nivel.....	44
Ecuación 36. Fuerza “F”, columnas extremas de pisos superiores no agrietados.....	45
Ecuación 37. Tracción “T”, columnas extremas.....	45
Ecuación 38. Refuerzo vertical “A _s ”, columnas extremas.....	45
Ecuación 39. Compresión “C”, columnas extremas.....	46

Ecuación 40. Área del núcleo “ A_n ”, columnas extremas.....	46
Ecuación 41. Fuerza “ T_s ”, vigas soleras de pisos superiores no agrietados.....	46
Ecuación 42. Área de acero “ A_s ”, vigas soleras.....	46
Ecuación 43. Módulo de elasticidad del concreto,.....	51
Ecuación 44. Espesor de losa maciza en dos direcciones “ h ”.....	51
Ecuación 45. Altura de las vigas “ h_1 ”.....	52
Ecuación 46. Altura de las vigas “ h_2 ”.....	52
Ecuación 47. Área de concreto de columnas estructurales “ A_c ”.....	54
Ecuación 48. Fuerza cortante en la base, diseño sismorresistente.....	60
Ecuación 49. Factor de amplificación sísmica “ C ”.....	61
Ecuación 50. Factor de amplificación sísmica “ C ”.....	61
Ecuación 51. Factor de amplificación sísmica “ C ”.....	61
Ecuación 52. Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.....	62
Ecuación 53. Rigidez lateral de los muros.....	65

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice A. Verificación del esfuerzo axial máximo por carga de gravedad

Apéndice B. Metrado de cargas de gravedad por piso

Apéndice C. Cálculo de las rigideces de muros portantes

Apéndice D. Cálculo de la cortante final de diseño distribuida por muro

Apéndice E. Diseño de muros portantes en cada nivel de la estructura

RESUMEN

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

Palabras clave: albañilería, norma, elásticamente, confinada, desplazamiento.

ABSTRACT

In our country the buildings are mostly given on the basis of the masonry system, in which we have two types: the confined masonry and the armed masonry. Currently we have more than half of the constructions are executed by untrained personnel, the materials used do not meet minimum quality standards and bad construction techniques are used, said constructions are called under the name of "self-construction". For the reasons mentioned above it is necessary to carry out the study, analysis and dissemination of the standard called Masonry, which shows all seismic and static parameters that our buildings must meet, these are given for different regions of our country. The present work will show a model about the order and criteria that must be followed when structuring, analyzing and designing a building which will be confined; Therefore, it must satisfy the provisions of the E.070 standard. The objective of designing the structure is to ensure that it does not suffer damages due to a moderate earthquake and that in turn, when a severe earthquake occurs, the structure does not collapse and is restorable; for this to happen we must limit the displacements existing in the mezzanines, obtaining a ductile building. The design of the masonry walls is completed, reinforced concrete plates must be increased so that the building is able to withstand the seismic forces.

Keywords: masonry, rule, elastically, confined, displacement.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo el análisis y diseño de la albañilería confinada de un edificio de cuatro pisos el cual será para uso de vivienda, ubicado en Ilo – Moquegua. Este trabajo ha sido desarrollado en una edificación cuyo sistema es de albañilería confinada, sistema que es el más usado en el Perú.

El edificio está ubicado en un terreno de forma rectangular aproximadamente con un área de 245,30 m²; y un área techada de 214,34 m². El terreno sobre el cual se encuentra el edificio es un suelo intermedio, tipificado en la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

Con el propósito de poder controlar los desplazamientos laterales y evitar los problemas de torsión es que debemos buscar una adecuada distribución que asegure la rigidez que nuestro edificio necesita tanto en la dirección X como en Y. Además referente al diseño se empleó muros de corte tanto de albañilería confinada como de concreto armado.

Conociendo lo anterior, el siguiente paso a realizar es el pre-dimensionamiento de los principales elementos estructurales que conformarán la edificación. Cuando hablamos de elementos estructurales nos referimos a: columnas, vigas, losas macizas y muros; los cuales cumplirán con lo establecido en las respectivas normas.

A continuación procederemos a metrar las cargas verticales que serán usadas para el análisis sísmico, cumpliendo con lo estipulado en las normas E.020 de Cargas y E.030 Diseño Sismorresistente, haciendo hincapié en la norma E.070 de Albañilería.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar y diseñar el comportamiento sísmico de una edificación de albañilería confinada de un edificio de cuatro pisos, aplicando la norma técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” y E.070 “Albañilería”.

2.2 Objetivos específicos

Verificar que los muros diseñados correctamente de la vivienda de cuatro pisos, sean capaces de resistir las fuerzas de sismo.

Realizar el ejemplo de modo práctico para optar por el título de ingeniero civil mediante la modalidad de trabajo de suficiencia profesional.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Marco teórico

En el Perú, años atrás se ha vuelto una costumbre construir edificios mediante el tipo de albañilería confinada, en la actualidad ésta práctica continúa. La albañilería confinada es una de las técnicas de construcción que se usa normalmente en edificios destinados a vivienda. Para este tipo de construcción empleamos los ladrillos elaborados de arcilla cocida, columnas de amarre, vigas soleras, etc. hechas de concreto armado.

Este modelo de edificación tienen un proceso constructivo conocido, comenzamos asentando el muro de albañilería, para luego proceder con el vaciado de las columnas de concreto; una vez que se tiene los muros amarrados a las columnas comenzamos a encofrar la losa aligerada conjuntamente con las vigas para que finalmente sean vaciadas.

De acuerdo a la norma E.070 define que albañilería confinada es todo paño de albañilería que se encuentra reforzado en todo su perímetro por elementos de

concreto armado los cuales son vaciados después de haber asentado el muro de albañilería. Para el primer piso se considera la cimentación como confinamiento horizontal del muro.

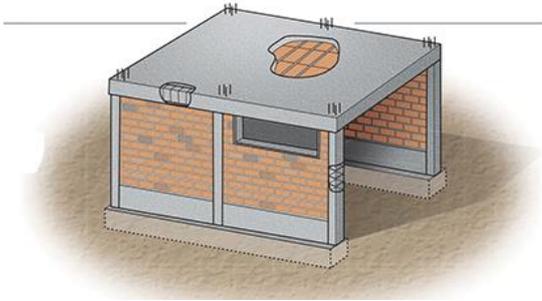


Figura 1. Construcción de tipo albañilería confinada

Fuente: Corporación Aceros Arequipa, 2010

Además también se define como unidad de albañilería a los ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Estas unidades de albañilería pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares.

Como profesionales estaremos a cargo de muchas obras de este tipo, en las cuales se debe tener presente tres factores muy importantes:

- El diseño estructural.
- El control en los procesos constructivos.
- El control de la calidad de los materiales.

Los factores antes mencionados son de suma importancia; su cumplimiento nos dará una vivienda con estructura sólida, fuerte y resistente; y que pueda sostener las devastadoras consecuencias de un terremoto.

Un evento telúrico provocará daños a las viviendas siempre y cuando éstas no tengan un estudio previo y se hallan construido de forma empírica (ver figura 2). Las viviendas incluso pueden derrumbarse por completo lo que provocaría no solo pérdidas materiales si no lamentablemente pérdidas humanas.



Figura 2. Vivienda afectada por el terremoto de Pisco. 15 de agosto del 2007

Fuente: Corporación Aceros Arequipa, 2010

3.1.1. Consideraciones básicas

La norma E.070 indica que el número de pisos a edificar de una vivienda con albañilería confinada, está directamente relacionado a la zona sísmica donde se construya y el tipo de unidad de albañilería a utilizar en el proceso constructivo. En la figura 3 se aprecia el mapa de zonificación sísmica de acuerdo a la norma E.030.



Figura 3. Mapa de zonificación sísmica, según la norma E.030 Diseño Sismorresistente

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS], 2016

En la tabla 1 especificada en la norma E.030 de Diseño Sismorresistente podemos obtener el factor de zona “Z” de acuerdo a la ubicación del terreno.

Tabla 1
Factores de zona “Z”

Zona sísmica	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: MVCS, 2016

Los distritos y las provincias que conforman cada zona sísmica se ubican en el Anexo N°1 Zonificación sísmica, de la norma E.030.

Luego de evaluar la zona donde se va a cimentar y el número de pisos a construir se debe de indagar sobre la calidad del suelo, el cual soportará todas las cargas de la edificación. Para resguardarla se debe de cimentar en suelos firmes y medianamente firmes, no incluye a los suelos granulares sueltos, cohesivos blandos ni arcillas arenosas.

3.1.2. Requisitos de los materiales

3.1.2.1. Unidad de albañilería.

Definimos ladrillo a la unidad que puede ser manipulada con una sola mano, ya que sus dimensiones y peso así lo permiten, además de estar compuestas por arcilla. Las unidades de albañilería pueden clasificarse en sólidas y huecas; a su vez por el método de fabricación las cuales son: artesanales e industriales.

En la tabla 2 se muestra las características de las unidades de albañilería indicadas en la norma E.070; con fines estructurales.

Tabla 2
Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

Clase	Variación de la dimensión			Alabeo	Resistencia característica a compresión
	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)
Bloque P ^a	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ^b	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: MVCS, 2006

Nota: ^aBloque usado en la construcción de muros portantes; ^bBloque usado en la construcción de muros no portantes; variación de la dimensión = valor máximo en porcentaje; alabeo = valor máximo en mm; f'_b = resistencia mínima característica a compresión dado en MPa (kg/cm²) sobre área bruta.

Aguirre (2004) manifiesta que los criterios a tener en cuenta para la elegir las unidades de albañilería, son:

- Los ladrillos deben estar limpios en su superficie o interior; no contener materias extrañas como piedras, pajas, etc.
- Los ladrillos no deben presentar grietas, rajaduras, aberturas o imperfecciones semejantes.
- La unidad de albañilería debe mostrarse de un color uniforme en toda la pieza, esto es señal de un buen proceso de fabricación.
- De preferencia se debe usar los ladrillos elaborados de manera industrial ya que nos brinda una mayor garantía a pesar que el costo sea más elevado.

- Por ningún motivo debe haber muestras de sales (sulfatos).

El uso que se le dé a la unidad de albañilería estará restringido por la ubicación del terreno o el tipo de la unidad, como lo indica la tabla 3 de la norma E.070.

Tabla 3

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

Tipo	Zona sísmica 2 y 3		Zona sísmica 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido artesanal ^a	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí, celdas totalmente rellenas con grout	Sí, celdas parcialmente rellenas con grout	Sí, celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: MVCS, 2006

Nota: ^aLas limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Para verificar la calidad de la unidad de albañilería se realiza las siguientes pruebas, indicadas en la norma E.070:

a. Muestreo.

El muestreo se realizará in situ de la siguiente forma: tenemos un lote de ladrillos el cual está compuesto por 50 millares de unidades de albañilería. De este lote obtendremos tan sólo 10 unidades al azar, las cuales serán sometidos a pruebas de

variación de dimensiones y alabeo. Además de ello cinco de estas 10 unidades pasarán por el ensayo a compresión y las otras cinco por absorción.



Figura 4. Muestreo – NTP 399.604

Fuente: Cerdán, 2015

b. Resistencia a la compresión.

Para determinar la resistencia a la compresión de una unidad de albañilería realizaremos los ensayos de laboratorio indicados en la NTP 399.613 y 399.604.

Para calcular la resistencia característica a compresión axial (f'_b) restaremos al valor promedio de la muestra una desviación estándar. Al realizar esta operación concluimos estadísticamente que el 84 % de la muestra ensayada obtendrá una resistencia mayor al valor característico, o que el 16 % de las unidades defectuosas podrán ser utilizadas sin ningún inconveniente ya que estos porcentajes están dentro de los márgenes de seguridad.

Se debe tener en cuenta que la prueba de compresión nos dará una medida cualitativa de la unidad de albañilería. Además un dato a tener en cuenta es que

mientras más alta sea la unidad de albañilería su resistencia será menor, el resultado no varía así ambas unidades hayan sido fabricadas en paralelo.



Figura 5. Resistencia a la compresión – NTP 399.604

Fuente: Cerdán, 2015

c. Variación dimensional.

De acuerdo con Gallegos y Casabonne (2005) la importancia de la variabilidad dimensional está sujeto en relación al espesor “e” de las juntas, por ende a la altura de las hiladas.

A mayor variabilidad dimensional de las unidades mayor será la variación del espesor de las juntas, produciendo que el muro sea menos resistente a corte y a compresión. Esto debido a que disminuye la adherencia que existe entre el mortero y el ladrillo; por consecuencia de la variación del espesor de las juntas. El resultado del ensayo lo obtendremos de forma porcentual.

Los procedimientos para determinar la variabilidad dimensional están indicados en las normas NTP 399.613 y 399.604.

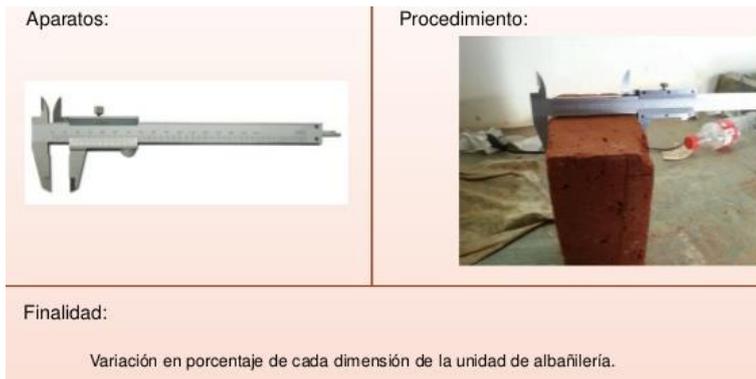


Figura 6. Variabilidad de dimensiones – NTP 399.604

Fuente: Cerdán, 2015

d. Alabeo.

El procedimiento a seguir para la determinación del alabeo está indicado en la norma NTP 399.613.

De acuerdo con Gallegos y Casabonne (2005); el alabeo nos va indicar la altura de las hiladas de un muro de albañilería. Al tener mayor variación nos veremos en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de los valores necesarios (9 mm a 12 mm); obteniendo como resultado un muro con baja resistencia a compresión.

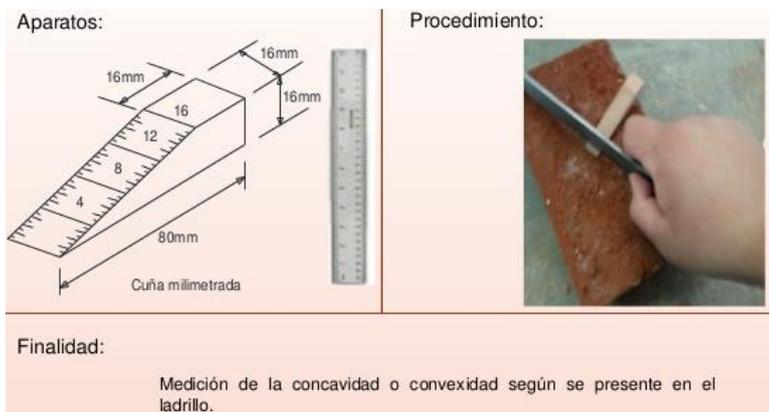


Figura 7. Alabeo – NTP 399.613

Fuente: Cerdán, 2015

e. Absorción.

Este ensayo se rige a lo establecido en las normas NTP 399.604 y 399.613. Los ladrillos serán asentados teniendo como primera regla que las superficies deben estar limpias de polvo y sin exceso de agua. Para asentar las unidades de albañilería debemos presionarlas verticalmente con mucho cuidado para no pandearlas. El procedimiento que debe cumplir toda unidad de albañilería antes de ser asentado es el siguiente:

- Para arcilla: teniendo en cuenta las condiciones climatológicas donde se esté realizando la obra se debe regar los ladrillos por aproximadamente 30 minutos, esto se debe realizar 10 a 15 horas antes del procedimiento de asentado. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 g/200 cm² - min.



Figura 8. Métodos de ensayos: absorción – NTP 399.604

Fuente: Cerdán, 2015

Para que la unidad de albañilería sea aceptable debe cumplir lo indicado en la norma E.070:

- Con respecto al coeficiente de variación de las unidades de albañilería tenemos

lo siguiente: si fuese una unidad fabricada de forma industrial y tuviese una dispersión de más del 20 % o si fuese una unidad artesanal y presentará una dispersión en los resultados del 40 %; tenemos que obtener otra muestra para que sea ensayada y de continuar con estos resultados, se tendrá que rechazar el lote.

- Las unidades de albañilería tanto la de arcilla como la de sílico calcáreas no deberán exceder al 22 % de absorción. Para el caso de los bloques de concreto portantes (clase P) no será mayor al 12 % y para los no portantes (NP) no será mayor al 15 %.
- Tenemos que para los bloques de clase P (portantes) el espesor mínimo de las superficies laterales correspondientes al área del asentado será de 25 mm y para los bloques clase NP (no portantes) es de 12 mm.
- Los ladrillos deberán de estar libres de componentes ajenos a su fabricación en las caras del asentado como en su interior.
- La unidad de albañilería debe tener un color uniforme producto de un buen proceso de fabricación al momento de realizar la cocción de la arcilla. Una forma de verificar este punto es dándole un pequeño golpe ya sea con un martillo o un elemento parecido; al momento del impacto el ladrillo deberá producir un sonido metálico.
- Las unidades de albañilería no deberán presentar fracturas, grietas o algún otro síntoma parecido que den indicios de la poca durabilidad o resistencia del ladrillo.
- Las unidades de albañilería no deben presentar afloraciones originadas por sales u otros elementos dañinos. Para verificar el grado de eflorescencia que tienen

nuestras unidades de albañilería aplicamos el siguiente procedimiento que se realiza en la misma obra. En una fuente con agua a una altura de 2,50 cm colocamos los ladrillos separados cada 5,00 cm por un periodo de siete días aproximadamente, pasado este tiempo retiramos las unidades y las dejamos secar naturalmente. Aparecerán unas manchas las cuales nos indicarán el grado de eflorescencia que tienen las unidades de albañilería, será mucho más severo dependiendo de la coloración y tamaño de las manchas.



Figura 9. Grado de eflorescencia

Fuente: San Bartolomé, 2005

3.1.2.2. Mortero.

El mortero está compuesto por una mezcla de aglomerantes más agregado fino a los cuales se le va agregando cierta cantidad de agua para obtener una mezcla manejable, adhesiva y que no exista la separación de los componentes. Para una correcta preparación del mortero que será usado en el muro de albañilería se cumplirá lo establecido en las normas NTP 399.607 y 399.610.

Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:

- Cemento Pórtland o cemento adicionado normalizado y cal hidratada, los cuales deben cumplir la NTP correspondiente.
- Agregado fino, cuando hablamos de este agregado nos referimos a la arena gruesa natural la cual debe estar libre de conchuelas de mar o componentes orgánicos. En la tabla 4 podemos observar las características que debe tener nuestro agregado; se puede permitir otros tipos de granulometría siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (capítulo 5 – norma E.070) ofrezcan la resistencia requerida por la obra.

Tabla 4

Granulometría de la arena gruesa

Malla ASTM	Porcentaje que pasa (%)
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Fuente: MVCS, 2006

Nota: No deberá quedar retenido más del 50 % de arena entre dos mallas consecutivas. El módulo de finura (MF) estará en el intervalo de 1,6 y 2,5. El porcentaje máximo de partículas quebradizas será de 1 % en peso. Por ningún motivo se empleará arena de playa por las sales que contienen.

- El agua deberá ser potable cumpliendo los límites permitidos de sus componentes.

En cuanto a la clasificación de morteros los tenemos clasificados en: tipo P, el que usaremos para el asentado de muros que soportarán cargas; y tipo NP,

utilizado en muros también llamados tabiques los cuales no aportan en la resistencia de la edificación (ver la tabla 5). La tabla también nos muestra la dosificación a tener en cuenta del mortero.

Tabla 5
Tipos de mortero

Tipo	Componentes			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no portantes

Fuente: MVCS, 2006

3.1.3. Resistencia de la albañilería

Para determinar la resistencia de la albañilería a compresión axial (f'_{b}) y a corte (v'_{m}) tenemos dos formas para hallar su valor: la primera empíricamente utilizando tablas y registros históricos (ver tabla 6), la segunda mediante ensayos de prismas en los cuales de acuerdo a la norma E.070 se debe conocer que tan importante es la construcción del edificio y su ubicación.

Tabla 6
Métodos para determinar f'_{m} y v'_{m}

Resistencia característica	Edificios de 1 a 2 pisos			Edificios de 3 a 5 pisos			Edificios de más de 5 pisos		
	Zona sísmica			Zona sísmica			Zona sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
(f'_{m})	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(v'_{m})	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: MVCS, 2006

Nota: A = Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero; B = Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 Y 399.621

En el momento en que se cimiente un grupo de edificios, los valores de las resistencias de la albañilería tanto axial como de corte deberán ser comprobados por ensayos de laboratorios; ensayos que se realizarán antes y en todo el proceso de la obra. Las pruebas que se desarrollan antes de la ejecución de obra se realizarán sobre cinco muestras; y las pruebas que se desarrollen en todo el proceso de la ejecución de obra cumplirán con las siguientes pautas:

- Si nuestro grupo de edificios se encuentra en la zona sísmica 3 o 2 y sea de hasta dos pisos, para comprobar la resistencia axial debemos de aplicar ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y si queremos la resistencia de corte será en tres muretes por cada 1 000 m² de área techada.
- Si nuestro grupo de edificios se encuentra en la zona sísmica 3 o 2 y sea de más de tres pisos, para comprobar la resistencia axial debemos de aplicar ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y si queremos la resistencia de corte será en tres muretes por cada 500 m² de área techada.

El valor de $v'm$ para diseño no será mayor de:

$$0,319\sqrt{f'm} \text{ MPa } (\sqrt{f'm} \text{ kg/cm}^2) \dots\dots\dots [\text{Ecuación 1}]$$

Donde:

$f'm$ = resistencia a la compresión del concreto

Si por algún motivo no se llegó a realizar las pruebas de prismas se tiene como referencia la tabla 7 donde nos indican los valores de resistencia de la unidad de albañilería, resistencia axial y de corte. Estos valores resultaron de las pruebas que se desarrollaron a pilas y muretes que fueron elaborados de la siguiente manera:

para los ladrillos de arcilla con un mortero 1:4 y para los bloques de concreto o sílice-cal el mortero a utilizar fue de 1: ½: 4. Si en obra contamos con unidades de albañilería distintas a éstas y por ende otra dosificación del mortero debemos obligatoriamente realizar los ensayos pertinentes.

Tabla 7
Resistencias características de la albañilería Mpa (kg/cm²)

Materia prima	Denominación	Unidad	Pilas	Muretes
		f 'b	f 'm	v 'm
Arcilla	King kong artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King kong industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice – cal	King kong normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano ^a	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque tipo P ^a	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: MVCS, 2006

Nota: ^aUtilizados para la construcción de muros armados.

3.1.4. Estructuración

3.1.4.1. Edificio estructurado con un diafragma rígido.

- El primer diafragma rígido que se tendrá para proteger los muros del edificio será nuestra cimentación; la que controlará los desplazamientos diferenciales que se produzcan producto del tipo de suelo que se tenga.
- Al momento de realizar la estructuración debemos inclinarnos por edificios en los cuales las losas de piso, losas de techo y sus cimientos trabajen como

componentes que constituyan a los muros portantes y conjugar los desplazamientos laterales; este tipo de edificaciones cuentan con un diafragma rígido y continuo.

- El diafragma rígido tiene la función de conducir y repartir las cargas de gravedad a todos los muros portantes de la edificación, esto provoca que el edificio aumente su ductilidad y a la vez se vuelva más resistente a las fuerzas cortantes. Para lograr ello se aconseja el uso de losas macizas o losas aligeradas reforzadas en ambas direcciones.

3.1.4.2. Configuración del edificio.

Los edificios que cuenten con un diafragma rígido procurarán conseguir la siguiente configuración:

- Edificios en formas regulares y simples; cuando nos topemos con una planta con apariencia de T, L, etc. lo que se debe hacer es fraccionarla en formas simples para que tenga un mejor comportamiento estructural.

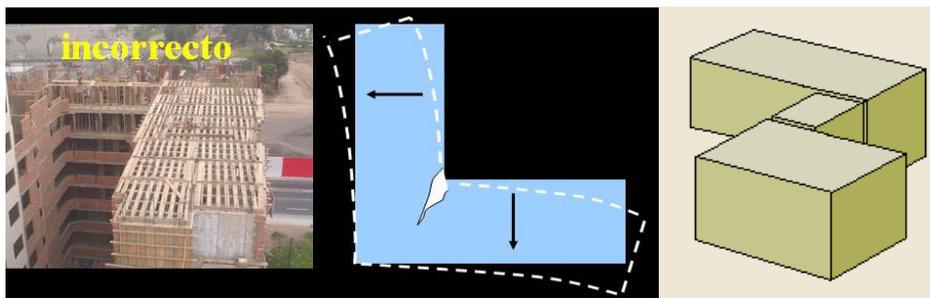


Figura 10. Plantas irregulares

Fuente: San Bartolomé, 2005

- Lograr la simetría implica que las masas y los muros estén correctamente asignados, con el objetivo que al momento de realizar los cálculos respectivos logremos que los valores de la rigidez lateral en cada piso sean similares y así

evitar el efecto torsor que se menciona en la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

- Debe existir cierta relación entre las medidas mayores y menores existentes, en planta estará entre uno a cuatro y en elevación no será mayor que cuatro.
- Uniformidad de la estructura en lo que se refiere a planta y elevación; para cuidar al edificio de cambios bruscos de rigideces, masas y cargas al momento de trasladar las fuerzas.
- El edificio debe tener en ambas direcciones la misma o similar área de muros. Si se diera el caso que en alguna de las direcciones no cumpliera con lo estipulado en la norma de albañilería, debemos de adicionarle pórticos, muros de concreto armado (placas) o en todo caso ambos.

3.1.4.3. Otras configuraciones.

Si la edificación no cumple con lo puntos antes mencionados que también están indicados en la norma E.070 de Albañilería, se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las edificaciones de un piso que no incluyan en su diseño estructural un diafragma rígido no podrán construir un piso adicional. Además que está permitido que las edificaciones de varios pisos no pongan un diafragma rígido en el último de sus niveles. En las dos opciones los muros estarán sometidos a fuerzas laterales perpendiculares al plano, por ende estarán asegurados mediante columnas de amarre y vigas soleras.
- Al presentarse una planta discontinua en el edificio tenemos que según la norma E.030 de Diseño Sismorresistente, realizar el análisis dinámico además

de aumentar en un 33 % las fuerzas sísmicas.

- Se debe verificar que los alféizares y muros no portantes estén separados de la estructura, si no se cumpliera este punto se debe considerar los efectos que estos produzcan tanto en el análisis como en el diseño estructural.

3.1.4.4. Muros portantes.

Para que sea considerado un muro portante debe cumplir los siguientes puntos:

- a. El muro debe contar con una sección transversal preferencialmente simétrica.
- b. El muro debe ser continuo verticalmente desde la cimentación hasta el último nivel.
- c. Los paños de albañilería para que sean considerados muros portantes capaz de soportar fuerzas horizontales debe ser mayor o igual a 1,20 m.
- d. Los paños deberían tener por recomendación las longitudes similares en cada dirección.
- e. Es muy importante reconocer donde los muros necesitan juntas de control para así prevenir la vibración proveniente de contracciones, dilataciones o asentamientos diferenciales:
 - Cuando tengamos un sistema mixto de albañilería armada y confinada exactamente en la variación del espesor en la longitud del paño.
 - Donde tengamos juntas de control ya sea en la cimentación, en las losas de piso o techo.
 - Cuando en el mismo piso notemos alféizar de ventanas o cambios de sección.
- f. Para colocar éstas juntas de control debemos de cumplir las distancias estipuladas; para el caso de paños construidos con bloques de concreto será de

8,00 m y para muros con ladrillos de arcilla la longitud será de 25,00 m como máximo.

- g. Los arriostres del muro de albañilería confinada deben cumplir lo indicado en el art. 18 de la norma E.070.
- h. Para considerar que un muro portante está confinado debe de satisfacer las siguientes restricciones :
 - El paño de albañilería debe quedar bordeado por elementos de concreto armado. Los dos lados verticales por columnas y sus dos lados horizontales por vigas soleras y en el caso de los muros del primer nivel un lado horizontal tendrá a la cimentación como elemento de confinamiento.
 - El muro de albañilería no tendrá que ser diseñado ante acciones sísmicas ortogonales a su plano cuando cumpla estas dos condiciones; la primera es que la distancia límite que debe existir entre sus elementos verticales de confinamiento será el doble de la altura que existe entre sus elementos horizontales y a su vez éste no superará los 5,00 m además que el valor “t” (espesor mínimo) debe cumplir lo indicado en el art. 19 de la norma E.070. Teniendo en cuenta que si existe excentricidad de las cargas verticales ya no se cumple lo dicho anteriormente. Si llegamos a este punto es ahí donde culmina el diseño para estos muros.
 - El uso que se dé a las unidades de albañilería ya sean sólidas, huecas y tubulares estarán especificadas en la tabla 3 de acuerdo a la norma.
 - La armadura de los elementos de concreto armado tienen empalmes y anclajes que deberán cumplir lo indicado en la norma E.060 de Concreto Armado para que cumplan su función de tracción al 100 %.

- Se debe asegurar el óptimo funcionamiento de los elementos de concreto armado con el muro de albañilería. Se conoce que la unión columna-albañilería puede ser dentada como también puede ser al ras.
- La resistencia a la compresión del concreto de los elementos de confinamiento será de $f'_c \geq 175 \text{ kg/cm}^2$.
- i. Atribuiremos que los muros sin refuerzo interior no resistirán la actividad de punzonamiento que son originadas por fuerzas concentradas.
- j. Se asumirá que el espesor mínimo de los elementos de confinamiento tanto horizontal como vertical será igual a “t” (espesor mínimo efectivo del paño). En cuanto al peralte del elemento horizontal de confinamiento es decir la viga solera será igual a la altura de la losa de techo.
- k. Los pisos críticos por analizar son:
 - Tenemos al primer piso que trabaja a compresión por flexión considerado como crítico ya que es ahí donde se concentra la mayor cantidad de carga axial.
 - Mientras que el último piso trabaja a tracción por flexión; también un piso crítico porque es allí donde tenemos menor carga de gravedad.

3.1.5. Requisitos estructurales

3.1.5.1. Muro portante.

a. Espesor efectivo “t”.

Las ecuaciones 2 y 3 darán el espesor efectivo mínimo de acuerdo a la ubicación del edificio. La ecuación 2 aplicado en las zonas sísmicas 2 y 3, cuando se tenga edificios en la zona sísmica 1 aplicaremos la ecuación 3.

$$t \geq \frac{h}{20} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 2}]$$

$$t \geq \frac{h}{25} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 3}]$$

Donde:

h = altura libre entre elementos de arriostre horizontales o altura efectiva de pandeo

b. Esfuerzo axial máximo.

En la ecuación 4 observamos que el esfuerzo axial máximo (σ_m) desatado por la máxima carga de gravedad de servicio (P_m) incorporando el 100% de sobrecarga deberá ser menor a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 \cdot t} \right)^2 \right] \leq 0,15f'_m \dots\dots\dots[\text{Ecuación 4}]$$

Donde:

L = longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados).

De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería (f'_m), aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial " P_m ". La carga axial actuante en un muro puede reducirse, por ejemplo, utilizando losas de techo macizas o aligeradas armadas en dos direcciones.

c. Aplastamiento.

Habr  casos en los cuales, las cargas de gravedad concentradas est n actuando en la cara de la albañilería originando que se produzca un esfuerzo axial de servicio el cual no debe exceder a 0,375 f m si esto sucede el muro fallará por aplastamiento local. Para calcular el área donde est  actuando la fuerza a compresión debemos establecer un ancho efectivo en la cara del muro el cual estará dado por el ancho donde actúa la carga más dos veces “t” (espesor efectivo del muro).

3.1.5.2. Estructuración en planta.

a. Muros a reforzar.

Se reforzar  aquel muro portante que est  absorbiendo el 10 % o más de la fuerza sísmica además de los muros perimetrales; ello aplica en edificios ubicados en las zonas sísmicas 2 y 3. Para construcciones localizadas en la zona sísmica 1 se reforzar  los muros perimetrales como mínimo. Las zonas sísmicas están indicadas en la norma E.030 de Diseño Sismorresistente.

b. Densidad mínima de muros reforzados.

Para calcular la densidad mínima de los muros a reforzar se aplica la ecuación 5, donde se observa que la densidad de muros no es más que la relación existente entre el área de los muros con el área de planta, ésta ecuación se aplica para ambas direcciones del edificio tanto horizontal como vertical.

$$\frac{\text{área de corte de los muros reforzados}}{\text{área de la planta t pica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 5}]$$

Donde:

Z = factor de zona sísmica (norma E.030)

U = factor de uso o importancia (norma E.030)

S = factor de amplificación del suelo (norma E.030)

N = número de pisos del edificio

L = longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen)

t = espesor efectivo del muro

Cuando el edificio no satisface la ecuación 5 se puede cambiar el aparejo con el cual se asentarán los muros, es decir el espesor de la albañilería; o si no adicionar muros de concreto armado (placas).

Se debe tener en cuenta que ésta expresión ha sido deducida cuando sólo se están usando muros de albañilería, entonces cuando existan placas procederemos a multiplicar se espesor real por la relación E_c / E_m . (E_c = módulo de elasticidad del concreto y E_m = módulo de elasticidad de la albañilería).

3.1.6. Análisis y diseño estructural

Ante todo debemos conocer los siguientes conceptos:

- **Sismo moderado:** conocido también como sismo de servicio, el cual produce la mitad de fuerzas de inercia “V” respecto a las producidas por el sismo severo; es decir trabaja con un coeficiente $R=6$. El sismo moderado no ocasiona el agrietamiento diagonal de los muros portantes de albañilería.
- **Sismo severo:** dado en la norma E.030 de Diseño Sismorresistente; este sismo

trabaja con un coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R) equivalente a 3.

La norma E.070 de Albañilería nos indica que el diseño de los muros debe abarcar en su totalidad el comportamiento elástico e inelástico si fuese necesario. Teniendo como propósito esencial que la estructura se comporte elásticamente ante la fuerza de un sismo moderado, protegiéndola de daños; y que sea económicamente reparable mediante técnicas simples, ante un sismo severo. Esto se logra cumpliendo dos situaciones: una, que se halla diseñado a los elementos de refuerzo de tal modo que soporten la carga que inició la falla de los muros (V_m), obteniendo no reducir la resistencia durante un sismo severo; y aumentando la rigidez y resistencia en la estructura por medio de muros logrando poner a la estructura en un rango elástico durante un sismo moderado.

Además establece los siguientes fundamentos:

- Ningún muro portante debe llegar a fisurarse producto de un sismo moderado.
- Debemos tener en cuenta que la distorsión angular máxima ante un sismo severo será de $1/200$ (0,005), con la finalidad de obtener muros restaurables luego de haber ocurrido el sismo.
- Todos los muros del edificio deben estar diseñados por capacidad; para que así sean capaces de resistir la carga vinculada al comportamiento inelástico y además brinden al edificio una resistencia a corte mayor o igual a la producida por un sismo severo.

- No se tiene ningún registro que los muros confinados hallan fallado por flexión; es por eso que se considera que ante un sismo severo los muros fallarán por “corte”, indistintamente de su esbeltez.

3.1.6.1. Análisis estructural.

- En los edificios de albañilería el análisis estructural se realizará por métodos elásticos, es decir exponiéndolos a sismos moderados; considerando la influencia de la carga muerta, viva y de sismo. Para calcular la carga de los muros (peso) es indistinto el método a emplearse siempre y cuando sea lógico y razonable.
- En la norma E.030 Diseño Sismorresistente, viene indicado como se calculará la cortante basal así como su distribución en todos los pisos del edificio (elevación).
- En el análisis estructural también influirá las características que tiene el diafragma rígido integrado por las losas de techo del edificio; además se debe contemplar las secuelas que producen las aberturas y discontinuidades de la losa contra la rigidez del diafragma.
- Los tabiques, muros no portantes, que no estén aislados de la estructura del edificio serán considerados en el análisis estructural.

El correcto aislamiento de estos muros no portantes, provocarán rigidez y resistencia al edificio ante cargas sísmicas y deberán ser incluidos en el análisis.

Cuando se construya el alféizar en conjunto con el muro, su efecto también debe ser considerado.

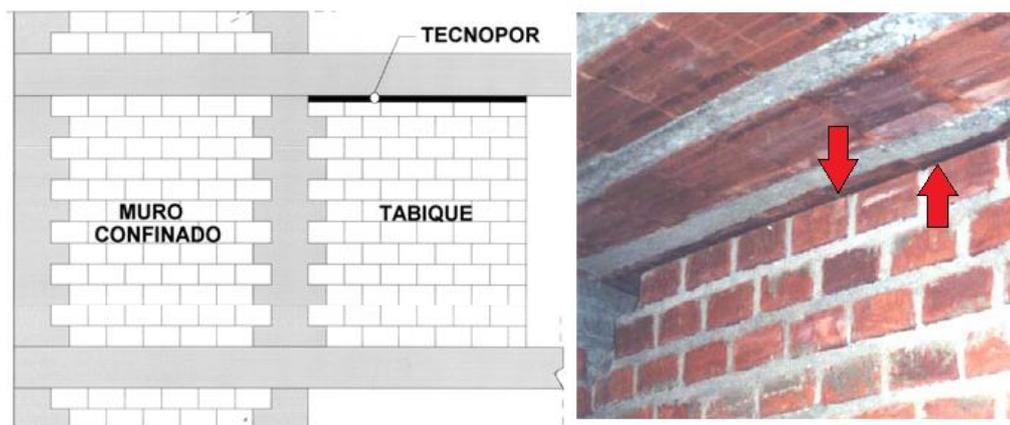


Figura 11. Aislamiento del tabique de la estructura

Fuente: San Bartolomé, 2005

Los valores del módulo de elasticidad (E_m) y módulo de corte (G_m) para el caso de albañilería, están dados por las siguientes fórmulas:

- Unidades de arcilla:

$$E_m = 500 f'_m \dots \dots \dots [Ecuación 6]$$

Donde:

f'_m = resistencia característica a compresión axial de la albañilería

- Unidades de Sílico-caláceas:

$$E_m = 600 f'_m \dots \dots \dots [Ecuación 7]$$

Donde:

f'_m = resistencia característica a compresión axial de la albañilería

- Unidades de concreto vibrado:

$$E_m = 700 f'_m \dots \dots \dots [Ecuación 8]$$

Donde:

f'_m = resistencia característica a compresión axial de la albañilería

- Para todo tipo de unidad de albañilería:

$$G_m = 0,4 E_m \dots \dots \dots [Ecuación 9]$$

Donde:

E_m = módulo de elasticidad de la albañilería

Otra forma de obtener los valores de “ E_m ” y “ G_m ” es experimentalmente, según se detalla en el artículo 13 de la norma E.070.

En cuanto al concreto tenemos el módulo de elasticidad (E_c) y el módulo de corte (G_c) los cuales estarán indicados en la NTE E.060 de Concreto Armado.

Para el acero necesitamos conocer el módulo de elasticidad (E_s) que será igual a 196 000 MPa (2 000 000 kg/cm²).

3.1.7. Diseño de muros de albañilería

3.1.7.1. Requisitos generales.

- Cuando el muro confinado esté sujeto acciones coplanares podremos considerar que los muros son de sección rectangular (t.L), esto ayuda en su diseño y nos arroja resultados conservadores.
- En el momento en que se presenten muros interceptados perpendicularmente debemos considerar como elemento en común al refuerzo vertical mayor escogido entre los muros interceptados; ya que cada muro ha sido diseñado individualmente en cada dirección del edificio, producto de este análisis tienen una sección transversal de columnas, refuerzo vertical, etc.

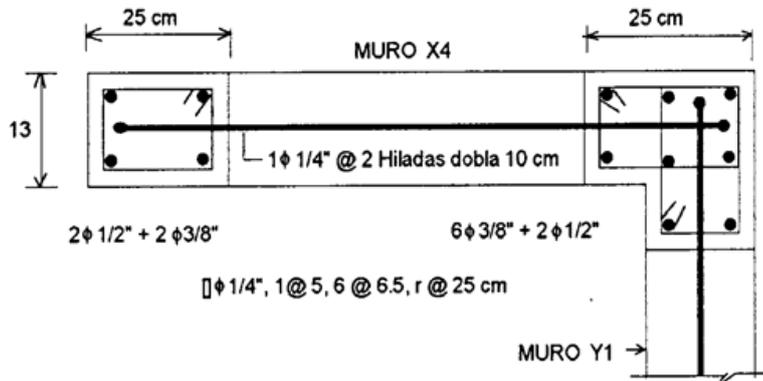


Figura 12. Vista de muros confinados que se interceptan perpendicularmente
Fuente: Ángel San Bartolomé, 2005

3.1.7.2. Control de fisuración.

- Los sismos que ocurren comúnmente son los denominados sismos moderados; la intención en este punto es impedir que los muros se fisuren producto de las fuerzas cortantes ocasionadas por éste sismo.
- La ecuación 10 controla la existencia de fisuras por corte; es por eso que debe comprobarse que todos los muros de albañilería ubicados en cada entrepiso cumplan la expresión dada.

$$V_e \leq 0,55V_m = \text{Fuerza cortante admisible} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 10}]$$

Donde:

V_e = fuerza cortante producida por el sismo moderado en el muro en análisis

V_m = fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería

3.1.7.3. Resistencia al agrietamiento diagonal.

Para calcular la resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería ubicados en cada entrepiso debemos considerar las ecuaciones 11 y 12; su uso dependerá del

tipo de unidad de albañilería que se empleará en la construcción.

- Unidades de arcilla y concreto:

$$V_m = 0,5 v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g \dots \dots \dots [\text{Ecuación 11}]$$

- Unidades sílico-calcareas:

$$V_m = 0,35 v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g \dots \dots \dots [\text{Ecuación 12}]$$

Donde:

v'_m = resistencia característica a corte de la albañilería

P_g = carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida (E.030)

t = espesor efectivo del muro

L = longitud total del muro (incl. a las columnas en el caso de muros confinados)

α = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez

Mediante la ecuación 13, calculamos el factor α .

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1 \dots \dots \dots [\text{Ecuación 13}]$$

Donde:

V_e = fuerza cortante del muro obtenida del análisis estático

M_e = momento flector del muro obtenido del análisis elástico

3.1.7.4. Verificación de la resistencia al corte del edificio.

- Para poder lograr una apropiada resistencia y rigidez al edificio en todos sus

entrepisos “i” y en ambas direcciones principales; se debe satisfacer la ecuación 14 la cual indica que la resistencia al corte sea mayor a la fuerza cortante producto del sismo severo.

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei} \dots\dots\dots [Ecuación 14]$$

Donde:

V_{mi} = resistencia al corte

V_{Ei} = fuerza cortante del sismo severo

- El total de la resistencia al corte de los muros ($\sum V_{mi}$) añadirá tan sólo la colaboración de los muros reforzados ya sean confinados o armados, y el de los muros de concreto armado, sin tomar en cuenta para este caso el aporte que da el refuerzo horizontal.
- Cuando hablamos de “ V_{Ei} ” nos referimos a la fuerza cortante que actúa en el entrepiso “i” del edificio, originada por el sismo severo.
- Cuando los muros portantes de carga sísmica satisfacen a la ecuación 14, se dice que el resto de muros que componen el edificio podrán ser no reforzados para la acción sísmica coplanar.
- Cuando $\sum V_{mi}$ en cada entrepiso sea mayor o igual $3 V_{Ei}$, se considerará que el edificio se comporta elásticamente. Bajo esa condición, se empleará refuerzo mínimo, capaz de funcionar como arriostres y de soportar las acciones perpendiculares al plano de la albañilería (ver capítulo 9 de la norma E.070). En este paso culminará el diseño de estos edificios ante cargas sísmicas coplanares.

3.1.7.5. Diseño para cargas ortogonales al plano del muro.

- Los muros portantes y los no portantes (cercos, tabiques y parapetos) deberán verificarse para las acciones perpendiculares a su plano provenientes de sismo, viento o de fuerzas de inercia de elementos puntuales o lineales que se apoyen en el muro en zonas intermedias entre sus extremos superior o inferior.
- Para el caso de fuerzas concentradas perpendiculares al plano de muros de albañilería simple, los muros deberán reforzarse con elementos de concreto armado que sean capaces de resistir el total de las cargas y transmitir las a la cimentación. Tal es el caso, por ejemplo, de una escalera, el empuje causado por una escalera cuyo descanso apoya directamente sobre la albañilería, deberá ser tomado por columnas.

Para el caso de muros confinados o muros arriostrados por elementos de concreto, las fuerzas deberán trasladarse a los elementos de arriostre o confinamiento por medio de elementos horizontales, vigas o losa.

- Cuando se trate de muros portantes se verificará que el esfuerzo de tracción considerando la sección bruta no exceda del valor dado en el artículo 29 (29.8) de la norma E.070.
- Los muros o tabiques desconectados de la estructura principal serán diseñados para resistir una fuerza sísmica asociada a su peso, de acuerdo a lo indicado en el capítulo correspondiente de la NTE E.030. Diseño Sismorresistente.
- El paño de albañilería se supondrá que actúa como una losa simplemente apoyada en sus arriostres, sujeta a cargas sísmicas uniformemente distribuidas. La magnitud de esta carga “w” (kg/m^2) para un metro cuadrado de muro se calculará mediante la siguiente expresión:

$$w = 0,8 Z.U.C_1.\gamma.e.....[Ecuación 15]$$

Donde:

Z = factor de zona – E.030

U = factor de importancia – E.030

C₁ = coeficiente sísmico – E.030

e = espesor bruto del muro (incluyendo tarrajeos), en metros

γ = peso volumétrico de la albañilería

3.1.7.6. Diseño para fuerzas coplanares de flexo compresión.

El diseño para fuerzas en el plano del muro se hará de acuerdo al artículo 27 de la norma E.070 para muros de albañilería confinada. A continuación se detalla dicho artículo.

- Las previsiones contenidas en este acápite aplican para edificaciones hasta de cinco pisos o 15 m de altura.
- Para este tipo de edificaciones se ha supuesto que la falla final se produce por fuerza cortante en los entrepisos bajos del edificio. El diseño de los muros debe orientarse a evitar fallas frágiles y a mantener la integración entre el panel de albañilería y los confinamientos verticales, evitando el vaciamiento de la albañilería; para tal efecto el diseño debe comprender:
 - La verificación de la necesidad de refuerzo horizontal en el muro.
 - La verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores.
 - El diseño de los confinamientos para la combinación de fuerzas de corte, compresión o tracción y corte fricción.
- Las fuerzas internas para el diseño de los muros en cada entrepiso “i” serán las

del “sismo severo” (V_{ui} , M_{ui}), y se obtendrán amplificando los valores obtenidos del análisis elástico ante el “sismo moderado” (V_{ei} , M_{ei}), por la relación cortante de agrietamiento diagonal (V_{m1}) entre cortante producido por el “sismo moderado” (V_{e1}), ambos en el primer piso.

El factor de amplificación no deberá ser menor que dos ni mayor que tres:

$$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 16}]$$

$$V_{ui} = V_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 17}]$$

$$M_{ui} = M_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 18}]$$

Donde:

V_{m1} = cortante de agrietamiento diagonal producido en el primer piso

V_{e1} = cortante producido por el sismo moderado en el primer piso

V_{ui} = fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso “i” de uno de los muros

V_{ei} = fuerza cortante producida por el sismo moderado en el entrepiso “i” de uno de los muros

M_{ui} = momento flector producido por el sismo severo en el entrepiso “i” de uno de los muros

M_{ei} = momento flector producido por el sismo moderado en el entrepiso “i” de uno de los muros

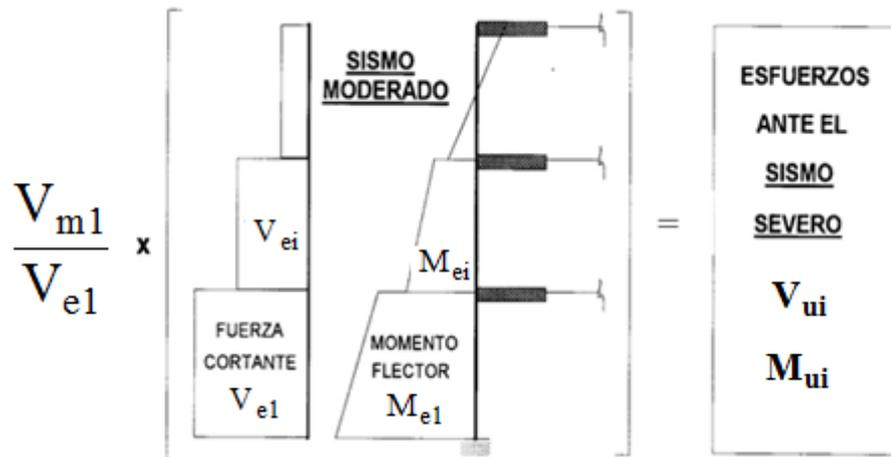


Figura 13. Fuerzas internas amplificadas por la relación V_{m1} / V_{e1}

Fuente: San Bartolomé, 2005

3.1.7.7. Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros.

- Todo muro confinado cuyo cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte,

$$V_u \geq V_m \dots \dots \dots \text{[Ecuación 19]}$$

o que tenga un esfuerzo a compresión axial (σ_m) producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga.

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t} \geq 0,05f'_m \dots \dots \dots \text{[Ecuación 20]}$$

Si cumple esta ecuación deberá llevar refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento.

- En los edificios de más de tres pisos, todos los muros portantes del primer nivel serán reforzados horizontalmente.
- La cuantía del acero de refuerzo horizontal será:

$$\rho = \frac{A_s}{(s.t)} \geq 0,001 \dots \dots \dots \text{[Ecuación 21]}$$

Las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,05 cm y terminarán con gancho a 90° vertical de 10,00 cm de longitud.

3.1.7.8. Verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores.

- Debemos verificar que cada muro confinado ubicado en cada entrepiso superior al primero cumpla la siguiente expresión:

$$V_{mi} > V_{ui} \dots \dots \dots [Ecuación 22]$$

- El entrepiso “i” que no cumpla con la condición dada en la ecuación 22 quiere decir que también se agrietará y sus confinamientos deberán ser diseñados para que soporten la fuerza “V_{mi}”, al igual que en el primer entrepiso.

3.1.7.9. Diseño de los elementos de confinamiento de los muros del primer piso y de los muros agrietados de pisos superiores.

a. Diseño de las columnas de confinamiento.

Para hallar las fuerzas internas en las columnas, las hallaremos aplicando las fórmulas dadas en la tabla 8.

Tabla 8
Fuerzas internas en columnas de confinamiento

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

Fuente: MVCS, 2006

Donde:

F = fuerza axial

N_c = número de columnas de confinamiento (en muros de un paño $N_c = 2$)

L_m = longitud del paño mayor ó $0,5 L$; el mayor (en muros de un paño $L_m = L$)

P_c = es la sumatoria de las cargas gravitacionales siguientes: carga vertical directa sobre la columna de confinamiento; mitad de la carga axial sobre el paño de muro a cada lado de la columna; y, carga proveniente de los muros transversales de acuerdo a su longitud tributaria indicada en el artículo 24.6.

Para la fuerza axial en las columnas extremas producidas por el momento “M”, se calcula de la siguiente manera:

$$F = \frac{M}{L} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 23}]$$

$$M = M_{ul} - \frac{1}{2} V_{m1} \cdot h \dots\dots\dots [\text{Ecuación 24}]$$

Donde:

h = altura del primer piso

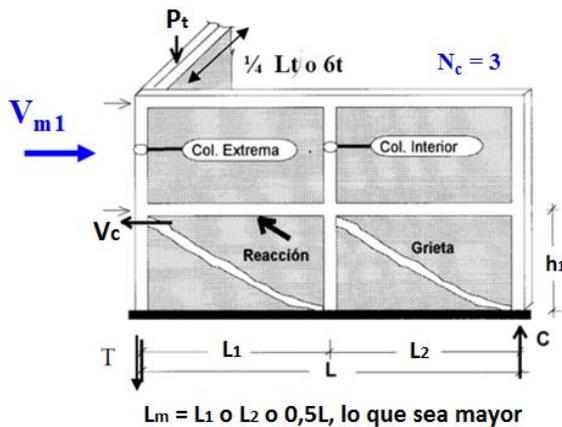


Figura 14. Posición de columnas

Fuente: San Bartolomé, 2005

a.1. Determinación de la sección de concreto de la columna de confinamiento.

Para obtener el área de la sección de las columnas escogeremos el mayor valor entre el diseño por compresión y el diseño por fricción; pero a su vez esta no debe ser menor que 15 veces el espesor de la columna (15 t) en cm².

- Diseño por compresión

Para hallar el área de la sección de concreto se debe suponer que la columna estará arriostrada en toda su longitud por el muro de albañilería al que confina y por muros transversales si los hubiera. El área del núcleo (A_n) bordeado por los estribos se obtendrá mediante la expresión:

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s f_y}{0,85 \delta f_c} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 25}]$$

Donde:

$\Phi = 0,70$ o $0,75$; estribos cerrados o zunchos

$\delta = 0,80$; para columnas sin muros transversales

$\delta = 1,00$; para columnas confinadas por muros transversales

No olvidar que para calcular la sección transversal de la columna (A_c), deberá incluirse los recubrimientos al área del núcleo “ A_n ”; el resultado no deberá ser menor que el área requerida por corte-fricción “ A_{cf} ”. Adicionalmente, en los casos que la viga solera se discontinúe, el peralte de la columna deberá ser suficiente como para anclar al refuerzo longitudinal existente en la solera.

- Diseño por corte-fricción (V_c)

Mediante la siguiente expresión obtendremos la sección transversal (A_{cf}) de las columnas de confinamiento las cuales estarán diseñadas para soportar la acción de corte fricción.

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0,2 f_c \phi} \geq A_c \geq 15t \text{ (cm}^2\text{)} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 26}]$$

Donde:

$$\Phi = 0,85$$

a.2. Determinamos el refuerzo vertical.

El refuerzo vertical que irá en las columnas de confinamiento deberá de soportar la acción conjunta de corte-fricción además de la tracción; en consecuencia se deberá colocar como mínimo cuatro varillas para formar un núcleo confinado. El refuerzo vertical (A_s) se obtendrá sumando ambos refuerzos tanto el requerido por corte-fricción (A_{sf}) como el de tracción (A_{st}):

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y \cdot \mu \cdot \phi} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 27}]$$

$$A_{st} = \frac{T}{f_y \cdot \phi} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 28}]$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq \frac{0,1 f'_c A_c}{f_y} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 29}]$$

...(mínimo: 4 ϕ 8 mm)

Donde:

$\phi = 0,85$; factor de reducción de resistencia

$\mu = 0,80$; coeficiente de fricción para juntas sin tratamiento

$\mu = 1,00$; coeficiente de fricción para juntas en la que se haya eliminado la lechada de cemento y sea intencionalmente rugosa

a.3. Determinación de los estribos de confinamiento.

En los extremos de las columnas, a una altura no menor de 45 cm o 1,5 d (por debajo o encima de la solera, dintel o sobrecimiento), deberá colocarse el menor de los siguientes espaciamientos (s) entre estribos:

$$s_1 = \frac{A_v f_y}{0,3 t_n \cdot f_c (A_c / A_n - 1)} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 30}]$$

$$s_2 = \frac{A_v f_y}{0,12 t_n \cdot f_c} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 31}]$$

$$s_3 = \frac{d}{4} \geq 5 \text{ cm} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 32}]$$

$$s_4 = 10 \text{ cm} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 33}]$$

Donde:

d = peralte de la columna

t_n = espesor del núcleo confinado

A_v = suma de las ramas paralelas del estribo

El confinamiento mínimo con estribos será [] 6 mm, 1 @ 5, 4 @ 10, rto. @ 25 cm.
Adicionalmente se deberá agregar dos estribos en la unión solera-columna y estribos @ 10 cm en el sobrecimiento.

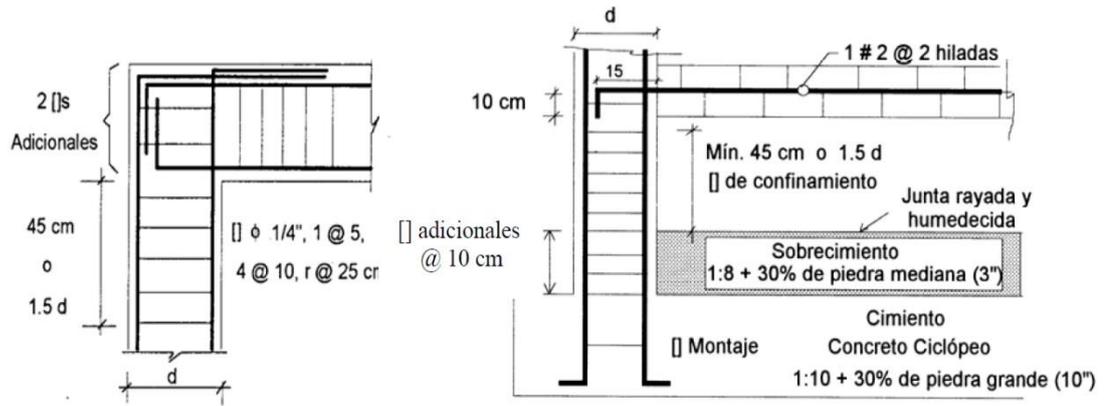


Figura 15. Estribaje mínimo a utilizar

Fuente: San Bartolomé, 2005

b. *Diseño de las soleras que corresponden al primer nivel.*

La solera estará diseñada a tracción pura la cual debe soportar una fuerza igual a T_s :

$$T_s = V_{m1} \frac{L_m}{2L} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 34}]$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f'_c A_{cs}}{f_y} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 35}]$$

...(mínimo: 4 ϕ 8 mm)

Donde:

$$\phi = 0,90$$

A_{cs} = área de la sección transversal de la solera

El área de la sección transversal de la viga solera (A_{cs}) será el suficiente para colocar el refuerzo longitudinal (A_s), pudiéndose emplear vigas chatas las cuales se sabe que son del mismo espesor de la losa de techo. En la solera tendremos estribaje mínimo: [] 6 mm, 1 @ 5, 4 @ 10, rto. @ 25 cm.

3.1.7.10. Diseño de los pisos superiores no agrietados.

Las columnas extremas de los pisos superiores deberán tener un refuerzo vertical (A_s) capaz de absorber la tracción “T” producida por el momento flector “ M_{ui} ” dado en la ecuación 18 actuante en el piso en estudio, asociado al instante en que se origine el agrietamiento diagonal del primer entrepiso.

$$F = \frac{M_u}{L} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 36}]$$

$$T = F - P_c > 0 \dots\dots\dots[\text{Ecuación 37}]$$

$$A_s = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f'_c A_c}{f_y} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 38}]$$

...(mínimo: 4 ϕ 8 mm)

Donde:

$$\phi = 0,90$$

Las columnas extremas de confinamiento deberán ser diseñadas para que su área del núcleo (A_n) sea capaz de soportar la compresión “C”. No olvidar que para obtener el área de concreto (A_c), se deberá agregar los recubrimientos al área del núcleo “ A_n ”.

$$C = P_c + F \dots \dots \dots [\text{Ecuación 39}]$$

$$A_n = A_s + \frac{C / \phi - A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot \delta \cdot f_c} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 40}]$$

Donde:

$\Phi = 0,70$ o $0,75$; estribos cerrados o zunchos

$\delta = 0,80$; para columnas sin muros transversales

$\delta = 1,00$; para columnas confinadas por muros transversales

Se puede colocar refuerzo mínimo en las columnas internas.

Las vigas soleras serán diseñadas a tracción, las cuales deben resistir la fuerza “ T_s ” dada en la ecuación 41.

$$T_s = V_u \frac{L_m}{2L} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 41}]$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f_c' A_{cs}}{f_y} \dots \dots \dots [\text{Ecuación 42}]$$

...(mínimo: 4 ϕ 8 mm)

Donde:

$\phi = 0,90$

Para las vigas soleras así como para las columnas de confinamiento se podrá colocar el estribaje mínimo: [] ¼”, 1 @ 5, 4 @ 10, rto. @ 25 cm.

3.2. Caso práctico

Analizar y diseñar sísmicamente una vivienda mediante el sistema de albañilería confinada, considerando que para ello contamos con un terreno rectangular de 245,30 m², de 20,70 m x 11,85 m. La zona a edificar se encuentra ubicada en el departamento de Moquegua – distrito de Ilo.

En la figura 16; observamos la edificación en planta así como la distribución de toda la vivienda, la cual cuenta con: seis dormitorios, dos cocinas, dos sala-comedor, dos SSHH, dos sala de estar y dos áreas para patio. Cada ambiente con sus respectivas medidas.

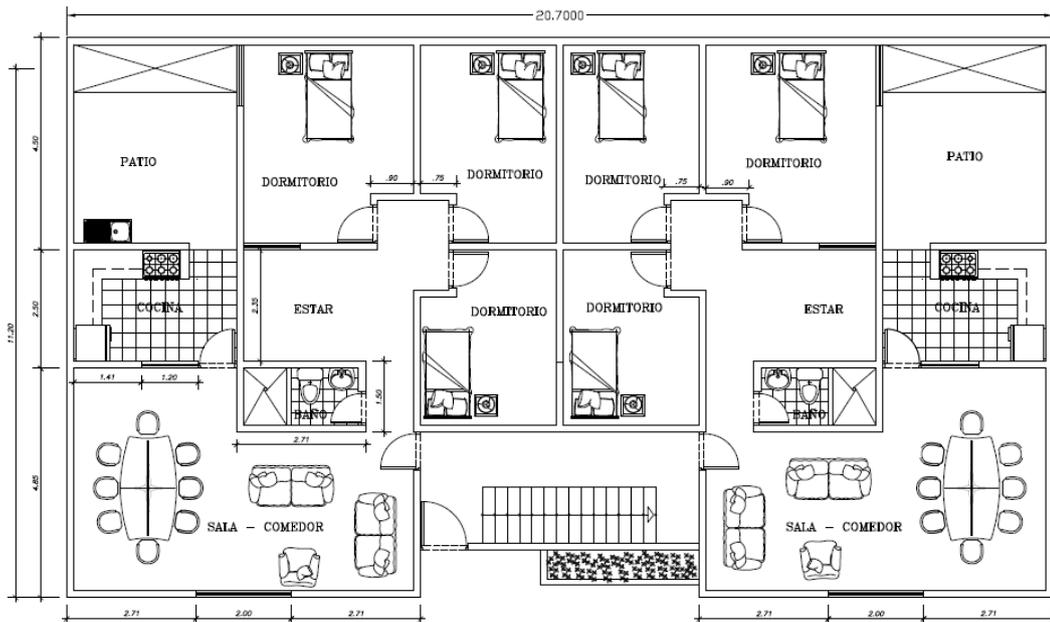


Figura 16. Plano de distribución de los ambientes a analizar

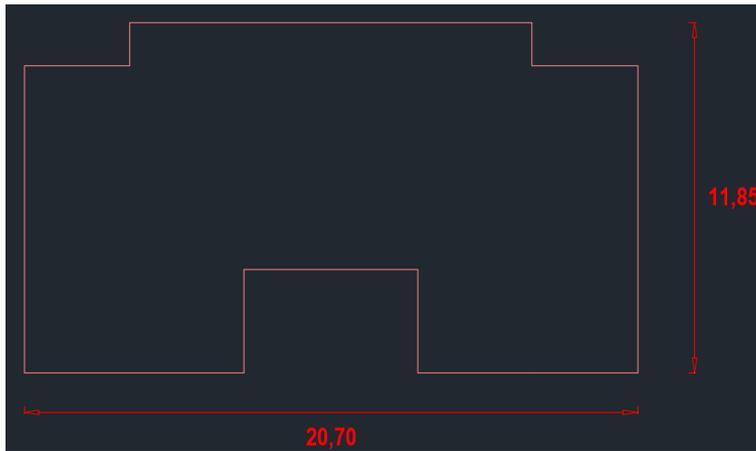


Figura 17. Dimensiones en planta de la edificación

3.2.1. Extracción de datos

- Se iniciará haciendo un análisis de la zona a cimentar la edificación, todo ello en forma teórica, para esto se debe de considerar las condiciones básicas que se debe de tener en cuenta para edificar una vivienda de albañilería confinada, que se indican en la norma E.070.
- Según el ejercicio planteado se indica que la edificación será en el departamento de Moquegua y según la zonificación sísmica de la norma E.030 de Diseño Sismorresistente, en el Anexo N° 01 Zonificación sísmica, indica que le corresponde la zona 4.

Zona sísmica = 4

- Se procede a definir el número de pisos permitido según la Norma E.070 la cual indica que sólo será aplicable para edificaciones hasta de cinco pisos o 15,00 m de altura.

Número de pisos = 4

- El área techada de la edificación es:

$$\text{Área techada} = 214,34 \text{ m}^2$$

- De acuerdo a la ubicación del edificio tenemos en la tabla 3 la cual indica el tipo de unidad de albañilería que se deberá usar para los muros portantes distribuidos en edificios de cuatro pisos a más. Tener en cuenta que para ser considerados muros portantes deberán tener una longitud mayor a 1,20 m.

Unidad de albañilería → Sólido industrial

- Ahora debemos conocer las resistencias características de la albañilería a utilizar de acuerdo a la tabla 7.

$$f'_b = 145 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'_m = 65 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$v'_m = 8,10 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Tenemos el tipo de mortero a utilizar para muros portantes, dado por la tabla 5.

Mortero = Tipo P2

- Debemos conocer el módulo de elasticidad (ecuación 6) y módulo de corte (ecuación 9) para la albañilería de arcilla dado en la norma E.070.

$$E_m = 500f_m$$

$$E_m = 500(65)$$

$$E_m = 32\,500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$G_m = 0,4 E_m$$

$$G_m = 0,4(32\,500)$$

$$G_m = 13\,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Módulo de Poisson:

$$n = 0,25$$

- Respecto al concreto a utilizar para los elementos de acuerdo a la norma E.060

Concreto Armado; tenemos:

Resistencia nominal a la compresión

$$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

Módulo de elasticidad

$$E_c = 15\,000\sqrt{f_c} \dots \dots \dots \text{[Ecuación 43]}$$

$$E_c = 15\,000\sqrt{175}$$

$$E_c = 198\,431,35 \text{ kg/cm}^2$$

- Para el acero de refuerzo usaremos corrugado y Grado 60.

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

3.2.2. Pre-dimensionamiento de los elementos estructurales

- La losa a considerar será losa maciza en dos direcciones para que la distribución de fuerzas sea en todos los muros (muros en sentido “x”, “y”) que será pre-dimensionada de la siguiente manera:

$$h = \frac{L}{30} \dots \dots \dots \text{[Ecuación 44]}$$

Donde:

h = espesor de losa

L = longitud del paño

$$h = \frac{4,15}{30}$$

$$h = 0,15 \text{ m}$$

- Las vigas serán pre-dimensionadas de la siguiente manera:

Para la luz más crítica: $L = 3,37$ m.

$$h_1 = \frac{L}{14} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 45}]$$

$$h_1 = \frac{3,37}{14}$$

$$h_1 = 0,24 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{L}{16} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 46}]$$

$$h_2 = \frac{3,37}{16}$$

$$h_2 = 0,21 \text{ m}$$

Escogemos el valor máximo que se obtuvo de aplicar las ecuaciones 45 y

46:

$$h = 0,25 \text{ m}$$

Para el tramo de luz más crítica tenemos:

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

Para las vigas soleras perimetrales:

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

Para la luz más crítica: $L = 1,91 \text{ m}$.

Aplicamos las ecuaciones ya conocidas 45 y 46; de igual manera se escoge el mayor valor entre los dos.

$$h_1 = \frac{L}{14}$$

$$h_1 = \frac{1,91}{14}$$

$$h_1 = 0,14 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{L}{16}$$

$$h_2 = \frac{1,91}{16}$$

$$h_2 = 0,12 \text{ m}$$

Escogemos el valor máximo: $h = 0,14 \text{ m}$

Para las vigas intermedias que están sobre los muros:

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$b = 14 \text{ cm}$$

- Ahora se procederá a pre-dimensionar las columnas conociendo que el área mínima de las columnas de confinamiento debe ser:

$$A_c(\text{min})=25t \dots\dots\dots [\text{Ecuación 47}]$$

Donde:

t = espesor efectivo del muro

$$A_c(\text{min}) = 25(14)$$

$$A_c(\text{min}) = 350 \text{ cm}^2$$

Las dimensiones a considerar deberán ser mayores o iguales al área mínima de la sección.

Columnas cuadradas

25 cm x 25 cm

Columnas rectangulares

14 cm x 25 cm

3.2.3. Diseño estructural

a. Muros.

Para el pre-dimensionamiento de muros de albañilería se aplica lo establecido en la norma E.0.70.

- Hallamos el espesor mínimo efectivo “t” para la zona sísmica 3 aplicando la ecuación 2.

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

$$t \geq \frac{2,50}{20}$$

$$t \geq 0,125 \text{ m}$$

Consideraremos un espesor efectivo de: $t = 14 \text{ cm}$

- Verificamos la densidad mínima de muros aplicando la ecuación 5.

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área de la planta típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

Obtendremos los datos para aplicar:

$$N = 4$$

$$Z = 0,45$$

$$U = 1,00$$

$$S = 1,05$$

Por lo tanto tenemos:

$$\frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

$$\frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{0,45 \times 1,00 \times 1,05 \times 4}{56}$$

$$\frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{1,89}{56}$$

$$\frac{\sum L.t}{A_p} \geq 0,034$$

Procederemos a tipificar los muros portantes, aquellos que cumplen lo especificado en la norma E.070:

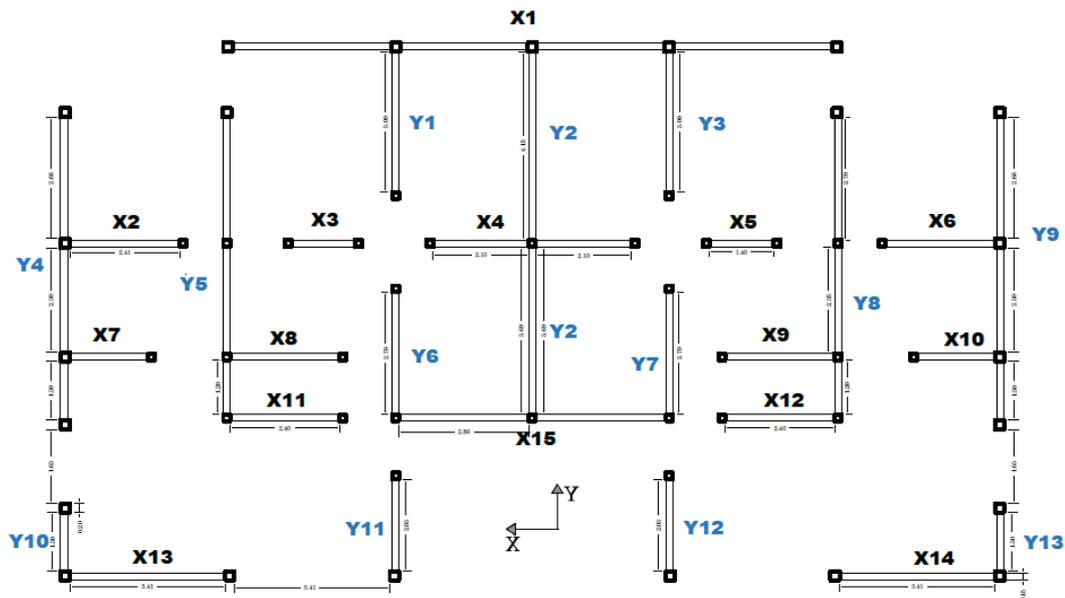


Figura 18. Tipificación de los muros del edificio

Ahora verificaremos la densidad de muros en cada dirección:

En la tabla 9 tenemos los datos geométricos de los muros en la dirección X-X a utilizar para la verificación de la densidad de muros en el edificio.

Tabla 9
Densidad de muros dirección X-X

Muro	Aparejo	Espesor "t" (m)	Largo "L" (m)	Área "t x L" (m ²)
X1	De sogá	0,14	13,57	1,8998
X2	De sogá	0,14	2,76	0,3864
X3	De sogá	0,14	1,70	0,2380
X4	De sogá	0,14	4,65	0,6510
X5	De sogá	0,14	1,70	0,2380
X6	De sogá	0,14	2,76	0,3864
X7	De sogá	0,14	2,50	0,3500
X8	De sogá	0,14	2,70	0,3780
X9	De sogá	0,14	2,70	0,3780
X10	De sogá	0,14	2,50	0,3500
X11	De sogá	0,14	2,70	0,3780
X12	De sogá	0,14	2,70	0,3780
X13	De sogá	0,14	3,82	0,5348
X14	De sogá	0,14	3,82	0,5348
X15	De sogá	0,14	6,14	0,8596
			$\Sigma L \times t$	7,9408

Reemplazando tenemos lo siguiente:

$$\frac{\Sigma L.t}{A_p} \geq 0,034$$

$$\frac{7,9408}{214,34} \geq 0,034$$

$$0,037 \geq 0,034$$

Satisface con la ecuación 5 en la dirección X – X

En la tabla 10 tenemos los datos geométricos de los muros en la dirección Y-Y para la verificación de la densidad de muros.

Tabla 10
Densidad de muros dirección Y-Y

Muro	Aparejo	Espesor “t” (m)	Largo “L” (m)	Área “t x L” (m2)
Y1	De sogá	0,14	3,44	0,4816
Y2	De sogá	0,14	8,34	1,1676
Y3	De sogá	0,14	3,44	0,4816
Y4	De sogá	0,14	6,90	0,9660
Y5	De sogá	0,14	6,90	0,9660
Y6	De sogá	0,14	2,99	0,4186
Y7	De sogá	0,14	2,99	0,4186
Y8	De sogá	0,14	6,90	0,9660
Y9	De sogá	0,14	6,90	0,9660
Y10	De cabeza	0,24	1,85	0,4440
Y11	De cabeza	0,24	2,38	0,5712
Y12	De cabeza	0,24	2,38	0,5712
Y13	De cabeza	0,24	1,85	0,4440
			$\sum L \times t$	8,8624

Reemplazando tenemos lo siguiente:

$$\frac{\sum L.t}{A_p} \geq 0,034$$

$$\frac{8,8624}{214,34} \geq 0,034$$

$$0,041 \geq 0,034$$

Satisface con la ecuación 5 en la dirección Y – Y

- Verificaremos el esfuerzo axial máximo por cargas de gravedad aplicando la ecuación 4.

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

Para ello calculamos el esfuerzo admisible “Fa” a compresión en los muros de albañilería dado por la siguiente expresión:

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

$$F_a = 0,2(650) \left[1 - \left(\frac{2,50}{35 \times 0,14} \right)^2 \right]$$

$$F_a = 96,1599 \text{ ton/m}^2$$

Verificando:

$$F_a \leq 0,15f'_m$$

$$96,1599 \leq 0,15(650)$$

$$96,1599 \leq 97,50$$

Satisface con la ecuación 4

Para cumplir la verificación tenemos que hallar “P_m”; para reemplazarla en la fórmula de la carga axial dada en la ecuación 20. Para lo cual debemos conocer los siguientes datos:

Peso específico del C°A° = 2,40 t/m³

Peso específico de la albañilería = 1,80 t/m³

Peso S/C = 0,20 t/m²

Peso acabado azotea = 0,10 t/m²

Tenemos el metrado correspondiente en el apéndice A, donde observamos que cumple con la expresión 4 correspondiente al esfuerzo axial máximo.

- Luego realizaremos el metrado de cargas por cada muro en ambas direcciones y en todos sus niveles, los resultados están en el apéndice B.

3.2.4. Diseño sismorresistente

Para el cálculo de la fuerza sísmica aplicaremos la norma E.030 Diseño Sismorresistente, realizando un análisis estático o fuerzas estáticas equivalentes a la edificación. Tenemos la fórmula de la fuerza cortante en la base:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} \times P \dots\dots\dots [Ecuación 48]$$

Donde:

V = fuerza cortante en la base

Z = factor de acuerdo a la zona

U = factor de uso

S = factor de suelo

C = factor de amplificación sísmica

R = coeficiente de reducción

P = peso total de la edificación (incluye 25 % carga viva)

- De la tabla 1 de la norma E.030, factor de zona se extrae el valor de Z:

$$Z = 0,45$$

- De acuerdo a lo establecido en la norma E.030 definimos el terreno de fundación como un suelo intermedio “S₂”. De la tabla 3 de la misma norma obtenemos el factor de suelo “S” para una zona sísmica 4:

$$S = 1,05$$

- Y de la tabla N° 04 de la norma E.030 obtenemos lo siguiente:

$$T_P (s) = 0,6$$

$$T_L (s) = 2,0$$

- Para obtener “C” factor de amplificación sísmica tenemos:

$$T < T_P \quad C=2,5 \dots \dots \dots [Ecuación 49]$$

$$T_P < T < T_L \quad C= 2,5 \times \left(\frac{T_P}{T} \right) \dots \dots \dots [Ecuación 50]$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \times \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right) \dots \dots \dots [Ecuación 51]$$

Donde:

T = período fundamental de vibración para cada dirección

Este periodo se estimará mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \dots\dots\dots [Ecuación 52]$$

Donde:

$$C_T = 35$$

Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$$C_T = 45$$

Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- Pórticos de acero arriostrados.

$$C_T = 60$$

Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

$$T = \frac{10,60}{60}$$

$$T = 0,166$$

Reemplazando este valor en las ecuaciones 49, 50 y 51 notamos que tan solo cumple con una de ellas, ecuación 49.

$$C = 2,5$$

- Para obtener "U" factor de uso lo obtendremos de la tabla N° 05 de la norma E.030:

$$U = 1,00$$

- De la tabla N° 07 de la norma E.030 deduciremos el coeficiente "R":

$$R = 6$$

Seguidamente hallaremos el peso de la estructura utilizando las cargas calculadas en el apéndice B. Resultado que lo tenemos plasmado en la tabla 11.

Tabla 11
Peso de la estructura

Niveles	Altura (h)	CM	CV	fact. CV	%CV	P (t)
1 ^{er} piso	2,50	182,775	53,586	0,25	13,396	196,171
2 ^{do} piso	2,50	182,775	53,586	0,25	13,396	196,171
3 ^{er} piso	2,50	177,029	53,586	0,25	13,396	190,426
4 ^{to} piso	2,50	137,813	21,434	0,25	5,359	143,172
Total						725,9404

Reemplazamos en la ecuación 48 para calcular la fuerza “V”:

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

$$V = \frac{0,45 \times 1,00 \times 2,50 \times 1,05}{6} \times 725,9404$$

$$V_x = 142,92 \text{ t}$$

$$V_y = 142,92 \text{ t}$$

Repartiremos la fuerza sísmica en todos los pisos y en ambas direcciones.

Podemos apreciar en la tabla 12 las fuerzas repartidas en el eje X-X:

Tabla 12

Repartiendo fuerza sísmica en X-X para cada piso

Nivel	Peso (t)	H _{acum.}	P*H _{acum.}	V _x	F _x sísmica	V _{nx} (acum.)
1 ^{er} piso	196,171	2,50	490,428	142,920	16,183	142,920
2 ^{do} piso	196,171	5,00	980,857	142,920	32,366	126,737
3 ^{er} piso	190,426	7,50	1 428,193	142,920	47,127	94,370
4 ^{to} piso	143,172	10,00	1 431,719	142,920	47,243	47,243
Total			4 331,197		142,920	

De igual manera en la tabla 13 las fuerzas repartidas en el eje Y-Y:

Tabla 13*Repartiendo fuerza sísmica en Y-Y para cada piso*

Nivel	Peso (t)	H _{acum.}	P*H _{acum.}	V _x	F _x sísmica	V _{nx} (acum.)
1 ^{er} piso	196,171	2,50	490,428	142,920	16,183	142,920
2 ^{do} piso	196,171	5,00	980,857	142,920	32,366	126,737
3 ^{er} piso	190,426	7,50	1 428,193	142,920	47,127	94,370
4 ^{to} piso	143,172	10,00	1 431,719	142,920	47,243	47,243
Total			4 331,197		142,920	

Luego a este paso encontramos la rigidez lateral de los muros, las cuales estarán plasmadas en el apéndice C mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{E_m \cdot t}{4 \left(\frac{h}{l}\right)^3 + 3 \left(\frac{h}{l}\right)} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 53}]$$

Donde:

E_m = módulo de elasticidad de la albañilería

t = dimensión del muro perpendicular a la dirección analizada

l = dimensión del muro paralela a la dirección analizada

h = altura del muro

Para el cálculo de la rigidez de los muros no se consideran los elementos verticales de concreto armado (columnas de amarre).

“La rigidez de un muro de ladrillo se expresa como la relación que existe entre la fuerza aplicada y la deformación generada por esta fuerza” (Abanto, 2010).

Teniendo ya las rigideces obtendremos las cortantes distribuidas en cada muro. Ver apéndice D.

Ya con las fuerzas en cada muro, procedemos al diseño de los muros portantes teniendo en cuenta lo establecido en la norma E.070 con la ecuación 11 y ecuación 13. Ver apéndice E – chequeo control de fisuración con las siguientes fórmulas:

$$V_m = 0,5 v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

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

El diseño de las columnas de confinamiento está dado en el apéndice F.

3.3. Representación de resultados

La edificación con el sistema de albañilería confinada de cuatro pisos que a continuación se presenta a cumplido con el cálculo de fuerzas; por lo tanto se puede efectuar el planteamiento de su construcción.

Podemos observar en la figura 19 el resultado de los cálculos efectuados.

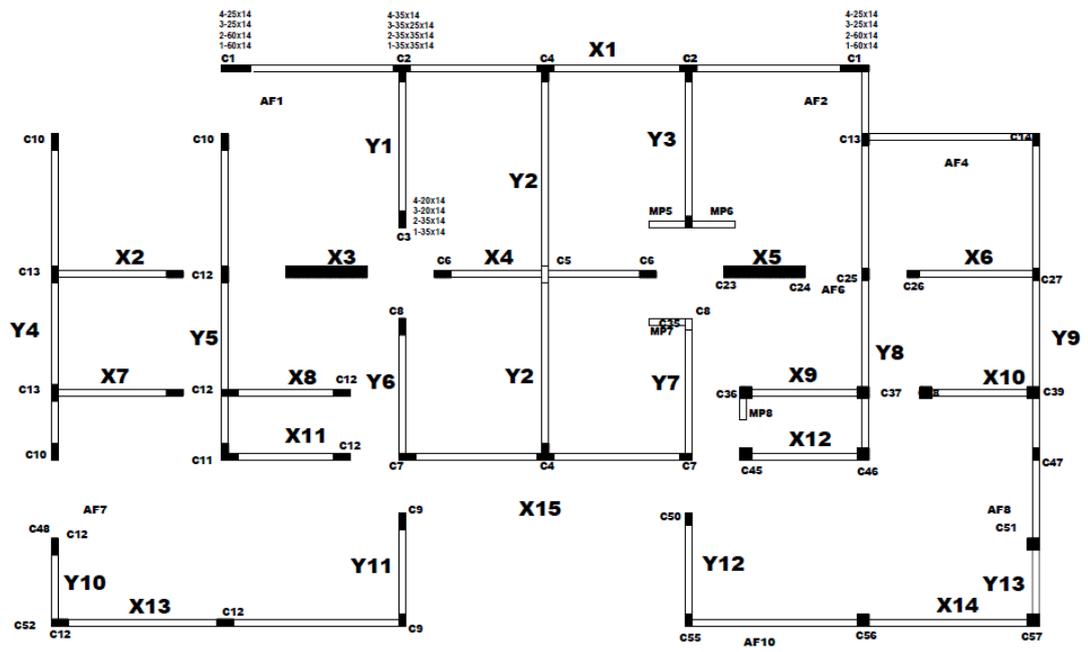


Figura 19. Resultados del diseño de muros portantes

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Primera. Para nuestro edificio podemos observar que habiendo iterado todo los muros tenemos dos muros X3 y X5 en la dirección X-X que no cumplen con lo normado en la norma E.070, por lo cual serán construidos de concreto armado (placas) para que sean capaces de resistir las fuerzas.

Segunda. Observamos en los resultados expresados en el trabajo que los muros que componen el edificio cumple con lo establecido en la norma, además de resistir las fuerzas de sismo.

Tercera. Concluimos que para obtener una óptima estructuración del edificio, debemos conocer los criterios básicos y manejar los conceptos necesarios.

4.2. Recomendaciones

Primera. Se recomienda seguir cada uno de los análisis previos al diseño de la edificación, estos parámetros de configuración son los fundamentales para llevar a un buen diseño de la estructura.

Segunda. Cumplir con todos los parámetros de la norma E.070; la cual nos da todos los aspectos a seguir en nuestro proceso de diseño.

Tercera. Tener mucho cuidado en la norma E.070 cuando se refiere a toma de datos de la norma E.030 ya que ésta fue actualizada en el año 2016 siendo el cambio más resaltante la nueva zonificación Z-4 la cual no aparece en la norma E.070.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, T.F. (2010). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.
- Aguirre, D. (2004). *Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín* (Tesis de magister). Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/137>
- Cerdán, J. (2015). *Estudio de las propiedades de resistencia a la compresión, absorción, absorción máxima y succión de los ladrillos de arcilla artesanales de acuerdo a la altura de cocción en el horno de las ladrilleras del caserío Cerrillo* (Tesis). Universidad privada del Norte, Cajamarca. Recuperado de <https://es.slideshare.net/josecerdan35/diapositivas-tesis-46908167>
- Corporación Aceros Arequipa S.A., (2010). *Manual del maestro constructor*. Recuperado de http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/PDF/MANUAL_MAESTRO_CONSTRUCOR.pdf
- Gallegos, H. y Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural*. Lima, Perú: Pontifica Universidad Católica del Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones Normas de Estructuras E.020 Cargas*. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Reglamento*

Nacional de Edificaciones Normas de Estructuras E.030 Diseño Sismorresistente. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe>.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones Normas de Estructuras E.070 Albañilería.* Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe>

San Bartolomé, A. (2005). *Comentarios a la Norma Técnica de edificación E.070 Albañilería Informe Final.*