

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del
Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA REFORZADOS CON TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA”

Tesis presentada por la Bachiller:

Aduviri Flores, Delia Maryeth

Pérez Amanqui, Fabiola Beatriz

para optar el Título Profesional de

Ingeniera Civil

Asesor:

Ing. Chávez Vega, Oscar Félix

Arequipa- Perú

2021

DICTAMEN APROBATORIO

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 03 de Septiembre del 2021

Dictamen: 000649-C-EPIC-2021

Visto el borrador del expediente 000649, presentado por:

2011200032 - ADUVIRI FLORES DELIA MARYETH

2011203042 - PEREZ AMANQUI FABIOLA BEATRIZ

Titulado:

**ANÁLISIS DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA REFORZADOS CON
TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO, Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE ALBAÑILERÍA
CONFINADA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1732 - CHAVEZ VEGA OSCAR FELIX

DICTAMINADOR



1887 - GUILLEN MALAGA MILAGROS SOCORRO

DICTAMINADOR



2766 - ROSAS ESPINOZA JORGE

DICTAMINADOR



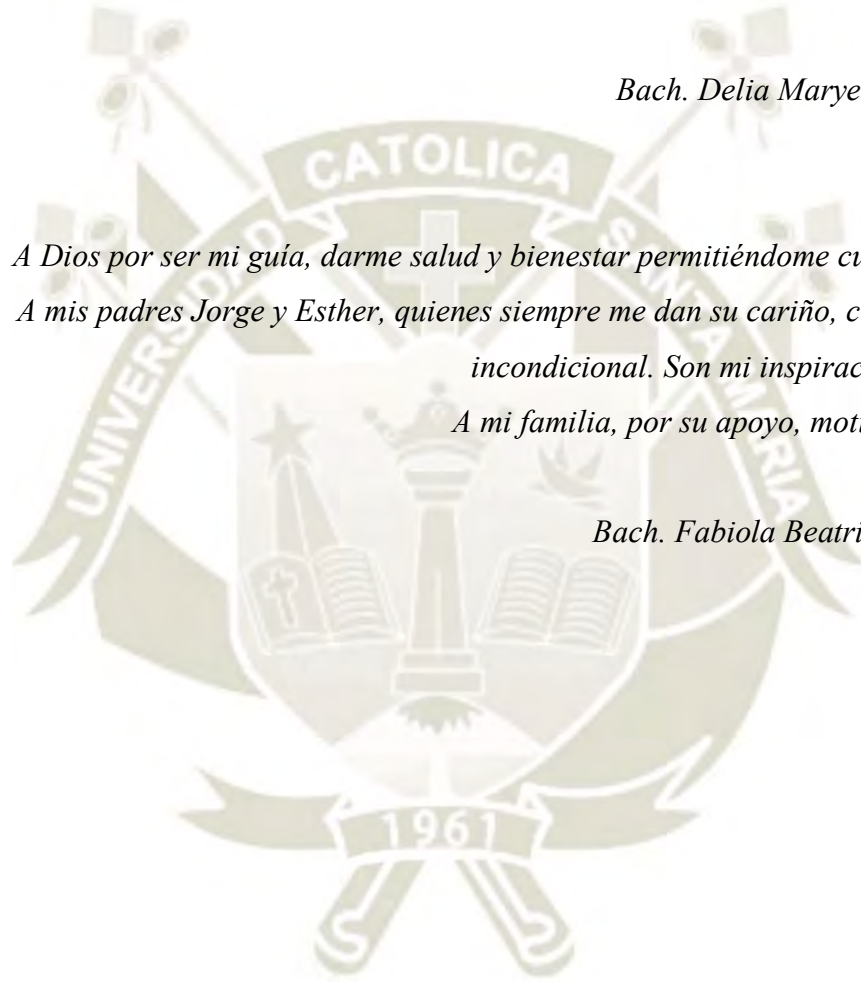
DEDICATORIAS

*A Dios por darme vida, salud y sabiduría a lo largo de mis estudios universitarios.
A mis padres Vidal y Delia, quienes siempre me apoyaron incondicionalmente para poder
llegar a ser una profesional.
A mi familia, por su cariño, y apoyo en los momentos difíciles.
A mis maestros por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos.*

Bach. Delia Maryeth Aduviri Flores

*A Dios por ser mi guía, darme salud y bienestar permitiéndome cumplir mis metas.
A mis padres Jorge y Esther, quienes siempre me dan su cariño, confianza y apoyo
incondicional. Son mi inspiración y mis héroes.
A mi familia, por su apoyo, motivación y calidez.*

Bach. Fabiola Beatriz Pérez Amanqui



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme y protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar dificultades y permitirme un logro más en mi vida.

A mis padres Jorge y Esther, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mi asesor el Ing. Oscar Chávez Vega, por su apoyo en la elaboración y revisión de esta investigación.

A la Universidad Católica Santa María y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por haber contribuido con mi formación profesional y personal.

A mis familiares y todas las personas que me han apoyado y han hecho que esta investigación se realice con éxito.

Bach. Fabiola Beatriz Pérez Amanqui

Agradezco a Dios por tener salud y una familia maravillosa y permitirme un logro más en la vida.

Agradezco a mis padres Vidal y Delia, a mi familia y mi novio; por apoyarme en cada decisión y brindarme todo su cariño incondicional.

A mis asesores de tesis, por su tiempo y conocimientos brindados para la revisión de esta investigación.

Bach. Delia Maryeth Aduviri Flores

RESUMEN

En el Perú y en la provincia de Arequipa, ante eventos sísmicos de mediana y alta severidad se han producido importantes daños en edificios y viviendas de albañilería, dejando en evidencia la necesidad de desarrollar nuevas técnicas de reforzamiento y eventualmente de reparación estructural de este tipo de estructuras.

Esta investigación se desarrolló con el propósito de reforzar las viviendas o edificaciones de albañilería confinada, utilizando como refuerzo el tejido de fibra de carbono, para lo cual se analizaron las propiedades físicas de prismas (pilas y muretes) de albañilería con y sin refuerzo, construidos con ladrillo mecanizado tipo King Kong H-9, al cual se le realizaron los ensayos clasificatorios y no clasificatorios, resultado un ladrillo Tipo III Hueco, el que de acuerdo a la norma E.070 no debería utilizarse para muros portantes en la zona sísmica 3, a la cual pertenece Arequipa.

De los ensayos de pilas y muretes, el uso del refuerzo con fibra de carbono dio un incremento de la resistencia a la compresión axial ($f'm$) de 4.20 %; y un incremento de la resistencia a la compresión diagonal ($v'm$) de 47.04 %. El tipo de falla de los prismas sin refuerzo fue frágil y explosiva, mientras que los prismas reforzados con tejido de fibra de carbono tuvieron comportamiento de falla gradual, con desprendimiento parcial de la fibra, pero manteniendo los prismas confinados.

Se concluye que el uso de la fibra de carbono como refuerzo para muros portantes de albañilería confinada construidos con ladrillos huecos, aumenta la ductilidad y reduce la fragilidad de dichos muros; disminuyendo así el riesgo a que sufran daños ante un evento sísmico.

Palabras clave:

Albañilería, unidad de albañilería, ladrillo, tejido de fibra de carbono, compresión axial, compresión diagonal.

ABSTRACT

In Perú and in the province of Arequipa, due to seismic events of medium and high severity there have been significant damages in masonry buildings and houses, demonstrating the need to develop new reinforcement techniques and eventually structural repair of this type of structures.

This research was carried out with the purpose of strengthening the houses or buildings of confined masonry, using as reinforcement the carbon fiber fabric, for which were analyzed the physical properties of prisms (piles and walls) of masonry with and without reinforcement, they were built with machined bricks type King Kong H-9, to which the classification and non-classification tests were carried out, resulting in a Hollow Type III brick, which according to the standard E.070 should not be used for bearing walls in the seismic zone 3, to which Arequipa belongs.

From the tests of piles and walls the use of carbón fiber reinforcement gave a increase in axial compressive strength ($f'm$) of 4.20 %; and an increase in diagonal compressive strength ($v'm$) of 47.07 %. The type of failure of the prisms without reinforcement was fragile and explosive, while the prisms reinforced with carbón fiber fabric had gradual failure behavior, with partial detachment of the fiber, but keeping the prisms confined.

It was concluded that the use of carbon fiber fabric as reinforcement for confined bearing walls built with hollow bricks, increases the ductility and reduces the fragility of such walls: thus reducing the risk of damage due to a seismic event.

Keywords:

Masonry, masonry unit, brick, carbon fiber fabric, axial compression, diagonal compression.

INTRODUCCIÓN

Nuestro país es indudablemente un país sísmico, que a lo largo de los años ha sufrido de eventos telúricos importantes que han causado gran cantidad de pérdidas materiales y humanas; además de dejar sin hogar e infraestructura a miles de personas e instituciones, que tardan años en recuperarse (Gallegos & Casabone, 2005).

La albañilería es hoy en día y sin duda será por mucho tiempo el principal material estructural para resolver las demandas de viviendas debido al crecimiento de la población en nuestro país y a la problemática de déficit habitacional, que se estima en más de un millón de unidades habitacionales, 200 mil viviendas que no existen y más de 800 mil viviendas en mal estado (Gallegos & Casabone, 2005).

Hoy en día ante este requerimiento de mayores ambientes y el aumento del coste de los terrenos, la tendencia es incrementar las edificaciones a mayores niveles, lo preocupante es que se sigue realizando muchas de estas de manera empírica, sin la asesoría técnica de ingenieros y utilizando unidades de albañilería que no cumplen con los requisitos estructurales para este fin (Belizario, 2017).

Las estrategias preventivas de reforzamiento en la albañilería se han vuelto necesarias, con perspectivas de conseguir recuperar la resistencia inicial de la estructura, su rigidez y ductilidad; y a su vez que esto no implique costos elevados de mano de obra y materiales, todo esto sin dejar de lado el factor tiempo.

En el Perú la técnica de refuerzo sísmico más utilizada es confinar los muros de albañilería simple con vigas y columnas de concreto armado, así mismo se han realizado estudios sobre técnicas de reforzamiento de albañilería con diversos materiales como son las varillas de fibra de vidrio y malla electro soldada; resultando opciones viables para disminuir los daños que pueden ser ocasionados luego de un sismo; obteniéndose mejoras en sus propiedades mecánicas, así como bajo costo de instalación y sin variaciones dimensionales en los muros a reforzar.

ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN.....	vi
CAPITULO I GENERALIDADES.....	1
1. Planteamiento del Problema.....	2
2. Justificación.....	4
3. Hipótesis.....	5
4. Objetivos.....	5
4.1. Objetivos Generales.....	5
4.2. Objetivos Generales.....	5
5. Metodología.....	6
CAPITULO II MARCO TEORICO.....	7
1. Albañilería.....	8
1.1. Reseña Histórica de la Albañilería.....	8
1.2. Características Generales.....	10
1.3. Clasificación para Fines Estructurales.....	13
1.4. Limitaciones en su Aplicación.....	14
1.5. Pruebas.....	14
1.6. Aceptación de la Unidad.....	15
2. Refuerzo de la Albañilería.....	15

2.1.	Refuerzo con Varillas de Fibra de Vidrio (GFRP).....	16
2.1.1.	Técnica de Reparación y Reforzamiento.....	16
2.2.	Refuerzo con Malla Electrosoldada	21
2.2.1.	Técnica de Reforzamiento.....	21
2.3.	Refuerzo con Tejido de Fibra de Carbono	22
2.3.1.	Reseña Histórica de la Fibra de Carbono	23
2.3.2.	Características	24
2.3.3.	Datos Técnicos	25
2.3.4.	Aplicaciones en la Construcción	25
2.3.5.	Tipos de Fibra de Carbono	26
2.3.6.	Técnica de Reforzamiento.....	27
CAPITULO III PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....		31
1.	Unidad de Albañilería Mecanizada.....	32
1.1.	Características	32
1.2.	Ensayos clasificatorios	32
1.2.1.	Variación Dimensional.....	33
1.2.2.	Alabeo	36
1.2.3.	Resistencia a la Compresión.....	37
1.3.	Ensayos no Clasificatorios	39
1.3.1.	Porcentaje de Vacíos	39
1.3.2.	Absorción	41
1.4.	Resumen e Interpretación de Resultados.....	43
2.	Mortero.....	44
2.1.	Cemento.....	44
2.2.	Agregado Fino.....	44
2.2.1.	Análisis Granulométrico.....	44

2.3.	Agua	48
3.	Tejido de Fibra de Carbono.....	48
3.1.	Usos.....	48
3.2.	Ventajas.....	48
3.3.	Propiedades	49
CAPITULO IV PRISMAS DE ALBAÑILERIA.....		51
1.	Especificaciones Generales	52
2.	Pilas de albañilería.....	57
2.1.	Pilas de Albañilería sin Refuerzo	57
2.2.	Pilas de Albañilería con Refuerzo de Fibra de Carbono	60
2.3.	Resultados y Discusión	64
3.	Muretes de Albañilería	65
3.1.	Muretes de Albañilería sin Refuerzo	65
3.2.	Muretes de Albañilería con Refuerzo de Tejido de Fibra de Carbono.....	68
3.3.	Resultados y Discusión	72
CAPITULO V ANÁLISIS, PROCESAMIENTO Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.....		73
1.	Comparación de Resistencia Característica a Compresión Axial	74
2.	Comparación de Resistencia Característica a Compresión Diagonal.....	74
3.	Análisis del Tipo de Falla en Prisma.....	75
3.1.	Fallas en Pilas de Albañilería	75
3.1.1.	Falla en Pilas de Albañilería sin Refuerzo	76
3.1.2.	Falla en Pilas de Albañilería con Refuerzo	77
3.2.	Falla en Muretes de Albañilería	78
3.2.1.	Falla en Muretes sin Refuerzo.....	78

3.2.2.	Falla en Muretes con Refuerzo.....	79
CAPITULO VI APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA		81
1.	Especificaciones Generales	82
1.1.	Datos Generales del Proyecto.....	82
1.2.	Normas Empleadas.....	82
1.3.	Propiedades de los Materiales	83
1.4.	Cargas Unitarias	83
1.5.	Predimensionamiento	84
1.5.1.	Losa Aligerada	84
1.5.2.	Vigas.....	84
1.5.3.	Columnas.....	85
1.5.4.	Muros Portantes.....	85
2.	Análisis de los Muros Portantes sin Refuerzo	86
2.1.	Verificación de la Densidad de Muros	86
2.2.	Revisión del Esfuerzo Axial.....	87
2.3.	Centro de Masa de la Edificación.....	95
2.4.	Centro de Rigidez de la Edificación.....	96
2.5.	Peso Total de la Edificación.....	98
2.6.	Análisis Sísmico	98
2.6.2.	Calculo del Cortante Basal para Sismo Moderado.....	98
2.6.3.	Cortante Basal	100
2.6.4.	Distribución de Fuerzas Cortantes	100
2.6.5.	Momentos Torsores en Planta	100
2.6.6.	Fuerzas Cortantes en cada Muro	101
2.6.7.	Momentos en cada Muro.....	105
2.7.	Verificación por Sismo Moderado	106

2.7.1.	Control de Fisuración	106
2.7.2.	Resistencia al Agrietamiento Diagonal	106
2.8.	Verificación por Sismo Severo.....	110
2.8.1.	Verificación de la Resistencia al Corte del Edificio.....	110
2.8.2.	Verificación del Agrietamiento Diagonal en los Entrepisos Superiores.....	110
2.8.3.	Calculo del Cortante Basal para Sismo Severo	111
2.8.4.	Distribución del Cortante Basal para Sismo Severo	111
3.	Análisis de los Muros Portantes Reforzados con Tejido de Fibra de Carbono	116
3.1.	Verificación de la Densidad de Muros	116
3.2.	Revisión del Esfuerzo Axial.....	117
3.3.	Centro de Masa de la Edificación.....	124
3.4.	Centro de Rigidez de la Edificación.....	124
3.5.	Peso Total de la Edificación.....	124
3.6.	Análisis Sísmico	125
3.6.1.	Calculo del Cortante Basal para Sismo Moderado.....	125
3.6.2.	Distribución de Fuerzas Cortantes	125
3.6.3.	Momentos Torsores en Planta	125
3.6.4.	Fuerzas Cortantes en cada Muro	126
3.6.5.	Momentos en cada Muro.....	128
3.7.	Verificación por Sismo Moderado	129
3.8.2.	Control de Fisuración	129
3.8.3.	Resistencia al Agrietamiento Diagonal	129
3.8.	Verificación por Sismo Severo.....	133
3.8.1.	Verificación de la Resistencia al Corte del Edificio.....	133
3.8.2.	Verificación del Agrietamiento Diagonal en los Entrepisos Superiores.....	133
3.8.3.	Calculo del Cortante Basal para Sismo Severo	134
3.8.4.	Distribución del Cortante Basal para Sismo Severo	134

CAPITULO VII DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO	139
1. Especificaciones Generales	140
2. Diseño de los Elementos de Confinamiento de los Muros de Primer Piso	140
3.1. Reducción de Columnas y Soleras	145
3.2. Refuerzo Horizontal en Muros Agrietados	145
3. Diseño de los Elementos de Confinamiento de los Muros no Agrietados de Pisos Superiores	146
3.1. Reducción de Columnas y Soleras para el Piso 2 y 3	152
CONCLUSIONES	154
RECOMENDACIONES	156
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
ANEXOS	159
Anexo A: Planos Estructurales de Vivienda de Albañilería Confinada	160
Anexo B: Constancias de Ensayos del Laboratorio de Concreto y EMC de la Universidad Nacional de San Agustín	164
Anexo C: Constancia de Ensayos del Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Católica Santa María	167
Anexo D: Fichas Técnicas	169

INDICE DE TABLAS

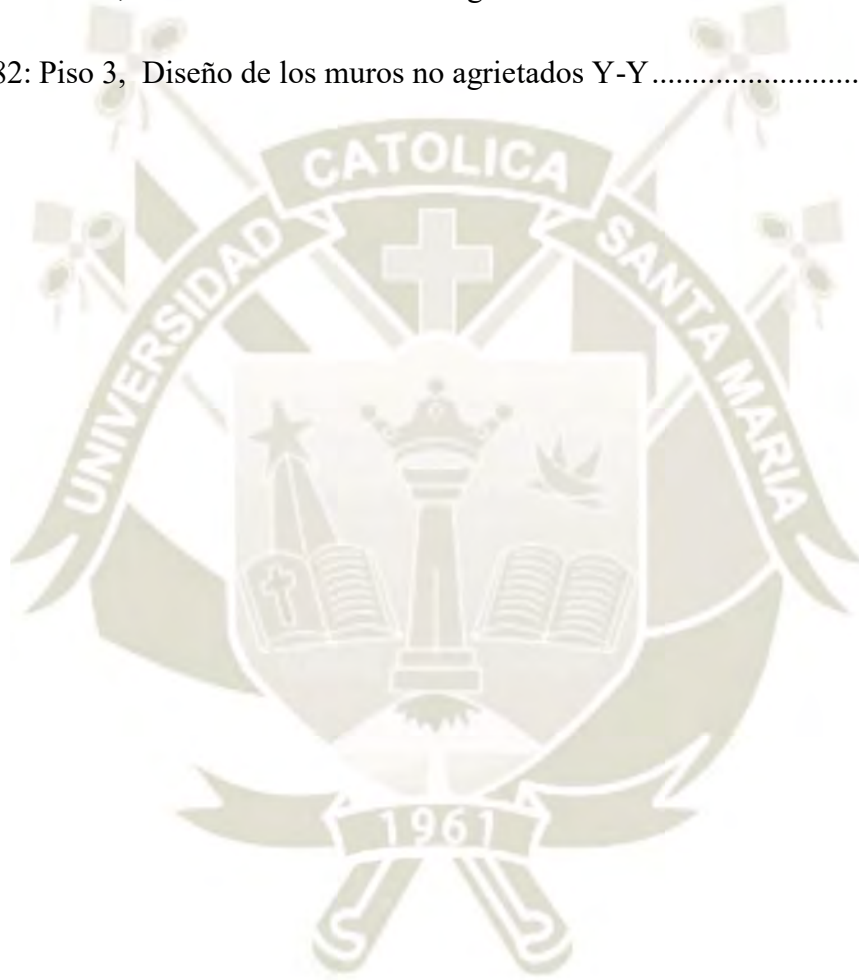
Tabla 1: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	4
Tabla 2: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	13
Tabla 3: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	14
Tabla 4: Especificaciones ladrillo King Kong H-9	32
Tabla 5: Variación dimensional ladrillo King Kong H-9	35
Tabla 6: Alabeo ladrillo King Kong H-9	37
Tabla 7: Ensayo de resistencia a la compresión ladrillo King Kong H-9	39
Tabla 8: Porcentaje de vacíos ladrillo King Kong H-9	41
Tabla 9: Absorción ladrillo King Kong H-9	43
Tabla 10: Resumen ensayos clasificatorios ladrillo King Kong H-9	43
Tabla 11: Resumen ensayos no clasificatorios ladrillo King Kong H-9	43
Tabla 12: Resumen ensayos no clasificatorios ladrillo King Kong H-9	47
Tabla 13: Propiedades lamina curada	50
Tabla 14: Propiedades de la fibra	50
Tabla 15: Métodos para determinar f'_m y v'_m	52
Tabla 16: Incremento de f'_m y f'_v por edad	54
Tabla 17: Resistencias características de la albañilería Mpa (kgf/cm ²)	55
Tabla 18: Factores de corrección de f'_m por esbeltez	55
Tabla 19: Resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería sin refuerzo (KK H-9)	60

Tabla 20: Resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería reforzadas (KK H-9) .64	64
Tabla 21: Compresión diagonal de muretes de albañilería sin refuerzo.....68	68
Tabla 22: Compresión diagonal de muretes de albañilería con refuerzo de fibra de carbono72	72
Tabla 23: Comparación de resistencia característica a la compresión axial de pilas 74	74
Tabla 24: Comparación de resistencia característica a la compresión diagonal de muretes75	75
Tabla 25: Tipos de fallas en pilas sin refuerzo 76	76
Tabla 26: Tipos de fallas en pilas con refuerzo de fibra de carbono 77	77
Tabla 27: Murete sin refuerzo M-1..... 78	78
Tabla 28: Murete sin refuerzo M-2..... 78	78
Tabla 29: Murete sin refuerzo M-3..... 79	79
Tabla 30: Murete con refuerzo M-4 79	79
Tabla 31: Murete con refuerzo M-5 80	80
Tabla 32: Murete sin refuerzo M-6..... 80	80
Tabla 33: Densidad de muros en X e Y..... 87	87
Tabla 34: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (1° Piso)..... 89	89
Tabla 35: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (1° Piso)..... 90	90
Tabla 36: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (2° Piso)..... 91	91
Tabla 37: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (2° Piso)..... 92	92
Tabla 38: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (3° Piso)..... 93	93
Tabla 39: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (3° Piso)..... 94	94
Tabla 40: Calculo del centro de masa..... 95	95

Tabla 41: Calculo del centro de rigidez.....	97
Tabla 42: Peso total de la edificación.....	98
Tabla 43: Distribución de fuerzas cortantes en X e Y	100
Tabla 44: Momentos torsores en X.....	101
Tabla 45: Momentos torsores en Y.....	101
Tabla 46: Distribución de fuerzas cortantes de los muros en X	102
Tabla 47: Distribución de fuerzas cortantes de los muros en Y	103
Tabla 48: Fuerzas cortantes actuantes en muros en X e Y	104
Tabla 49: Momentos actuantes en muros en X e Y	105
Tabla 50: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (1° Piso)	107
Tabla 51: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (2° Piso).....	108
Tabla 52: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (3° Piso).....	109
Tabla 53: Distribución de cortantes por sismo severo en X e Y	111
Tabla 54: Verificación de la resistencia al corte global – Muros sin refuerzo (1° Piso) ...	112
Tabla 55: Verificación de la resistencia al corte global y al agrietamiento diagonal – Muros sin refuerzo (2° Piso)	113
Tabla 56: Verificación de la resistencia al corte global y al agrietamiento diagonal - Muros sin refuerzo (3° Piso)	114
Tabla 57: Densidad de muros en X e Y.....	117
Tabla 58: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (1° Piso).....	118

Tabla 59: Verificación del esfuerzo axial de muros reforzados en Y (1° Piso).....	119
Tabla 60: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (2° Piso).....	120
Tabla 61: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (2° Piso).....	121
Tabla 62: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (3° Piso).....	122
Tabla 63: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (3° Piso).....	123
Tabla 64: Peso total de la edificación.....	124
Tabla 65: Distribución de fuerzas cortantes en X e Y.....	125
Tabla 66: Momentos torsores en X.....	126
Tabla 67: Momentos torsores en Y.....	126
Tabla 68: Fuerzas cortantes actuantes en muros en X e Y.....	127
Tabla 69: Momentos actuantes en muros en X e Y.....	128
Tabla 70: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de muros reforzados en X e Y (1° Piso).....	130
Tabla 71: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (2° Piso).....	131
Tabla 72: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (3° Piso).....	132
Tabla 73: Distribución de cortantes por sismo severo en X e Y.....	134
Tabla 74: Verificación de la resistencia al corte global - Muros reforzados (1° Piso).....	135
Tabla 75: Verificación de la resistencia al corte global y al agrietamiento diagonal - Muros sin refuerzo (2° Piso).....	136
Tabla 76: Verificación de la resistencia al corte global y al agrietamiento diagonal - Muros sin refuerzo (3° Piso).....	137

Tabla 77: Piso 1, Diseño de los muros agrietados X-X.....	141
Tabla 78: Piso 1, Diseño de los muros agrietados Y-Y.....	143
Tabla 79: Piso 2, Diseño de los muros no agrietados X-X.....	148
Tabla 80: Piso 2, Diseño de los muros no agrietados Y-Y.....	149
Tabla 81: Piso 3, Diseño de los muros no agrietados X-X.....	150
Tabla 82: Piso 3, Diseño de los muros no agrietados Y-Y.....	151



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Muros portantes que resisten a la fuerza sísmica (Y)	3
Figura 2: Muros portantes que resisten a la fuerza sísmica (X)	3
Figura 3: Unidades de mampostería halladas en Jericó	8
Figura 4: Zigurat de Ur	9
Figura 5: Producción de variedad de ladrillos en Inglaterra.....	9
Figura 6: Fábrica de ladrillos en Arequipa	10
Figura 7: Ladrillo y bloque.....	11
Figura 8: Unidades de albañilería solidas	11
Figura 9: Unidad de albañilería hueca.....	12
Figura 10: Unidad de albañilería perforada	12
Figura 11: Unidad de albañilería tubular	13
Figura 12: Muro al finalizar el ensayo y antes de la reparación.....	17
Figura 13: Esquema del reforzamiento con varillas de GFRP	17
Figura 14: Picado en las columnas y ranurado de las juntas horizontales.....	18
Figura 15: Profundización de las grietas de la albañilería	19
Figura 16: Sellado de las grietas de albañilería.....	19
Figura 17: Instalación de las varillas de GFRP	20
Figura 18: Muro reforzado con varillas de GFRP.....	20
Figura 19: Esquema del refuerzo con malla electrosoldada	21
Figura 20: Reforzamiento con malla electrosoldada y tarrajeo del muro	22

Figura 21: Esquema de tejido plano, cruzado y satinado	27
Figura 22: Esquema del reforzamiento con telas de CFRP	28
Figura 23: Bases de hormigón y de armadura de borde	29
Figura 24: Tratamiento superficial en los paños de albañilería terminados.....	29
Figura 25: Aplicación de adhesivo y colocación de tela CFRP	30
Figura 26: Muros reforzados con CFRP	30
Figura 27: Ladrillo King Kong H-9.....	32
Figura 28: Medición del largo - Ensayo de variación dimensional	33
Figura 29: Medición del ancho - Ensayo de variación dimensional	34
Figura 30: Medición de la altura - Ensayo de variación dimensional.....	34
Figura 31: Ensayo de alabeo	36
Figura 32: Ensayo de resistencia a la compresión axial de la unidad de albañilería King Kong H-9.....	38
Figura 33: Llenado de perforaciones del ladrillo con arena graduada.....	40
Figura 34: Ladrillo lleno de arena graduada.....	40
Figura 35: Secado de las unidades de albañilería King Kong H-9	42
Figura 36: Unidades de albañilería King Kong H-9 completamente sumergida.....	42
Figura 37: Cemento Portland IP	44
Figura 38: Agregado grueso	45
Figura 39: Tamizado de la arena gruesa	46
Figura 40: Pesado y clasificación de arena gruesa.....	46
Figura 41: Granulometría de arena gruesa.....	47

Figura 42: Tejido de fibra de carbono.....	49
Figura 43: Caracterización de la albañilería confinada mediante pilas y muretes	56
Figura 44: Esquema de las pilas sin refuerzo	58
Figura 45: Asentado y colocación de capping en las pilas	59
Figura 46: Pila antes y después de ensayo de compresión axial	59
Figura 47: Esquema de las pilas reforzadas con tejido de fibra de carbono	61
Figura 48: Asentado y colocación de pila con refuerzo de fibra de carbono.....	62
Figura 49: Pilas antes y después de ensayo de compresión axial.....	63
Figura 50: Cuadro comparativo de ensayo de compresión axial de pilas	64
Figura 51: Esquema de muretes sin refuerzo	65
Figura 52: Asentado y refrendado de murete	67
Figura 53: Murete sin refuerzo antes y después de ensayo de compresión diagonal.....	67
Figura 54: Murete con refuerzo de fibra de carbono	68
Figura 55: Asentado de muro de albañilería.....	70
Figura 56: Limpieza y colocación de fibra de carbono	71
Figura 57: Murete con refuerzo de fibra de carbono antes y después de ensayo de compresión diagonal	71
Figura 58: Cuadro comparativo de ensayo de compresión diagonal de muretes	72
Figura 59: Comparación de resistencia característica a la compresión axial de pilas	74
Figura 60: Comparación de resistencia característica a la compresión diagonal de muretes	75
Figura 61: Planta típica del edificio.....	82

Figura 62: Detalle secciones verticales típicas.....	84
Figura 63: Estructuración de los muros portantes sin refuerzo	86
Figura 64: Estructuración de los muros portantes reforzados	116
Figura 65: Diseño de columnas.....	140
Figura 66: Cuadro de columnas	153
Figura 67: Detalle de conexión albañilería-columna, detalle de viga solera	153





CAPITULO I

GENERALIDADES

1. Planteamiento del Problema

En nuestro país la mayoría de viviendas usan el sistema estructural de albañilería confinada, en el Perú tanto como en Arequipa, dichos muros son construidos con unidades fabricadas en la propia región que son elaboradas de manera industrial y artesanal.

En ese sentido, muchas de las construcciones han sido hechas y aun en la actualidad son realizadas de manera empírica, sin mano de obra calificada, utilizando materiales inadecuados, sin control en el proceso constructivo, ni dirección técnica y sin contar con los planos y especificaciones técnicas; todo ello tiene como resultado viviendas inseguras, y que ante la ocurrencia de sismos puedan fallar estructuralmente.

Así mismo, se puede identificar dos problemáticas evidenciadas en las viviendas construidas en la ciudad de Arequipa, que son muy comunes al haber realizado estas construcciones sin la debida asesoría técnica y calidad de materiales.

- a) Baja densidad de muros portantes: En la ciudad de Arequipa muchas de las viviendas y edificios tienen fachadas alargadas, por lo que tienen mayor densidad de muros en esta dirección y por el contrario baja densidad de muros en la dirección corta; cuando en realidad los dos sentidos son principales porque el sismo puede actuar en cualquier dirección (Figura 1 y Figura 2). Debido a esto, se hace necesario la construcción de placas, pórticos de concreto armado o que se refuercen los muros en la dirección con baja densidad (Cueto & Vilca, 2018).

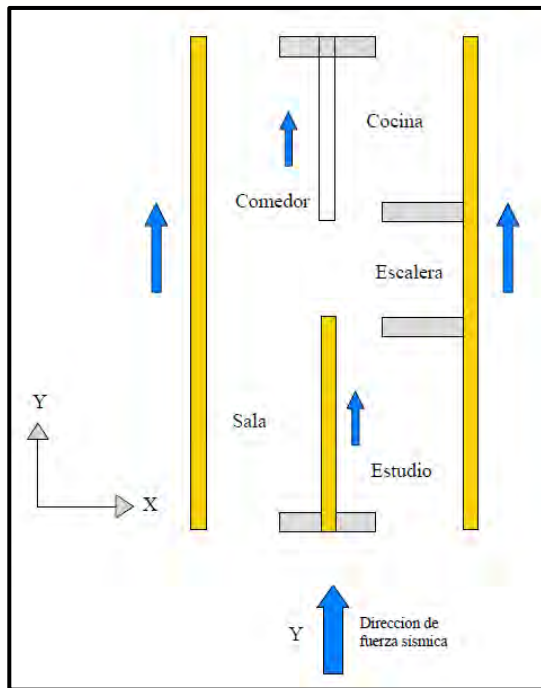


Figura 1: Muros portantes que resisten a la fuerza sísmica (Y)

Fuente: Recuperado de www.acerosarequipa.com



Figura 2: Muros portantes que resisten a la fuerza sísmica (X)

Fuente: Recuperado de www.acerosarequipa.com

- b) Falta de conocimiento en el empleo de la unidad de albañilería: En muchas de las viviendas de albañilería confinada de la ciudad de Arequipa, al construirse sin planos ni asesoría técnica, se utiliza unidades de albañilería que no son las adecuadas para muros portantes, esto sumado a que son comercializadas sin hacer mención del tipo de unidad de albañilería (sólida o hueca) y en qué elementos estructurales pueden ser usadas, ya que la norma técnica E.070 establece las limitaciones para su uso con fines estructurales. (Tabla 1).

Tabla 1: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

TIPO	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido artesanal	No	Si, hasta 2 pisos	Si
Solido industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si, celdas totalmente rellenas con grout	Si, celdas parcialmente rellenas con grout	Si, celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos
*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.			

Fuente: Norma Técnica E.070

Otro problema es el empleo del ladrillo pandereta ya sea mecanizado o artesanal en muros portantes a partir del segundo nivel, por ser más liviano; esto debido nuevamente a la falta de criterio técnico, pues su uso en muros portantes no está permitido por la norma técnica E.070, debido a que estas unidades tubulares solo deberán ser utilizadas para tabiquería como división de ambientes (Cueto & Vilca, 2018).

2. Justificación

De acuerdo a los resultados del VII Censo de Vivienda del año 2017, en la provincia de Arequipa el 87% de las viviendas independientes o en edificios tienen como material predominante de paredes el ladrillo o bloque de cemento.

De este 87%, la mayoría de viviendas son construcciones hechas con ladrillo del tipo mecanizado o industrial y en menor cantidad con ladrillos artesanales; pero al existir aun prácticas de autoconstrucción o con falta de asesoría técnica, muchas de estas viviendas fueron y son construidas con unidades de albañilería que no son las requeridas para fines estructurales; como pueden ser unidades huecas o tubulares.

Entonces el empleo de este tipo de unidades en la construcción de muros portantes representa un peligro por el carácter de falla frágil y explosiva que han tenido estos

elementos en sismos reales ocurridos en años anteriores, como el terremoto de Arequipa del 2001, a esto se le suma la baja densidad de muros en una dirección que presentan las edificaciones, resultando así construcciones sísmicamente vulnerables, por lo cual se hace necesario aplicar estrategias preventivas y de refuerzo estructural en las mismas.

Por tal motivo, la presente investigación será desarrollada con la finalidad de evaluar las propiedades mecánicas en prismas de albañilería reforzados con tejido de fibra de carbono, como una alternativa de refuerzo para muros portantes de albañilería confinada en la ciudad de Arequipa, esto con el propósito de aumentar la ductilidad y reducir la fragilidad de los muros hechos con unidades de albañilería hueca, de tal manera que tengan un mejor comportamiento mecánico ante cargas horizontales y verticales (Cueto & Vilca, 2018).

3. Hipótesis

El reforzamiento de muros portantes de albañilería confinada construidos con ladrillos huecos y reforzados con tejido de fibra de carbono, aumenta la ductilidad y reduce la fragilidad de dichos muros; disminuyendo así el riesgo a que sufran daños ante un evento sísmico.

4. Objetivos

4.1. Objetivos Generales

- Ensayar y evaluar las propiedades mecánicas de prismas de albañilería construidos con ladrillos fabricados en la ciudad de Arequipa y reforzados con tejido de fibra de carbono.
- Aplicar los resultados obtenidos de los prismas de albañilería reforzados en el diseño de albañilería confinada de una vivienda de 3 pisos en la ciudad de Arequipa.

4.2. Objetivos Generales

- Ensayar y comparar las resistencias características a la compresión axial de pilas de albañilería con y sin refuerzo.
- Ensayar y comparar las resistencias características a la compresión diagonal de muretes de albañilería con y sin refuerzo.
- Analizar el tipo de falla en pilas y muretes hechos con unidades de albañilería con y sin refuerzo.

5. Metodología

La metodología empleada en la presente investigación se describe a continuación:

- a) Ensayos clasificatorios y no clasificatorios de la unidad de albañilería.
- b) Ensayo de granulometría del agregado grueso.
- c) Construcción de prismas de albañilería.
 - Asentado de 3 pilas de albañilería mecanizada sin refuerzo.
 - Asentado de 3 pilas de albañilería mecanizada y colocación de tejido de fibra de carbono.
 - Asentado de 3 muretes de albañilería mecanizada sin refuerzo.
 - Asentado de 3 muretes de albañilería mecanizada y colocación de tejido de fibra de carbono.
- d) Instrumentación y montaje para realizar los ensayos.
 - Ensayos a los prismas de albañilería.
 - Ensayo de compresión axial de 3 pilas de albañilería mecanizada sin refuerzo.
 - Ensayo de compresión axial de 3 pilas de albañilería mecanizada con refuerzo de tejido de fibra de carbono.
 - Ensayo de compresión diagonal de 3 muretes de albañilería mecanizada sin refuerzo.
 - Ensayos de compresión diagonal de 3 muretes de albañilería mecanizada con refuerzo de tejido de fibra de carbono.

CAPITULO II MARCO TEORICO



1. Albañilería

1.1. Reseña Histórica de la Albañilería

La albañilería o mampostería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda. La albañilería existió desde tiempos prehistóricos y que su forma inicial podría haber sido los muros hechos con piedras naturales trabadas o adheridas con barro. La primera unidad de albañilería artificial consistió de una masa amorfa de barro secada al sol; vestigios de esta unidad han sido encontrados en las ruinas de Jericó (Figura 3) (San Bartolome, 1994).

Figura 3: Unidades de mampostería halladas en Jericó



Fuente: Recuperado de www.tochocho.blogspot.com

El adobe fue llevado al horno unos 3000 años a.C. en la ciudad de Ur, formándose los que actualmente se denomina el ladrillo de arcilla o cerámico. A partir de aquel entonces se levantaron enormes construcciones de ladrillos asentados con betún o alquitaran (Figura 4) (San Bartolome, 1994).

Figura 4: Zigurat de Ur

Fuente: Recuperado de www.wikipedia.com

En otras civilizaciones se efectuaban construcciones de albañilería aprovechando la materia prima existente en la zona, en Egipto se asentaba rocas con mortero de yeso y arena; mientras que en Grecia se usaba piedras asentadas con mortero y cal revestidas con mármol. En el siglo XVIII, en conjunto con la Revolución Industrial, empezó la industrialización en la fabricación de ladrillos, inventándose maquinas como trituradoras, mezcladoras y prensas para moldear mecánicamente al ladrillo (Figura 5) (San Bartolome, 1994).

Figura 5: Producción de variedad de ladrillos en Inglaterra.

Fuente: Recuperado de www.swheritage.org.uk

En cuanto al Perú, los ladrillos de arcilla llegaron en la época de la colonia española y la primera fábrica de ladrillos fue construida en Lima en el año 1856, así mismo se expandieron en diferentes regiones del país. (Figura 6).

Figura 6: Fábrica de ladrillos en Arequipa



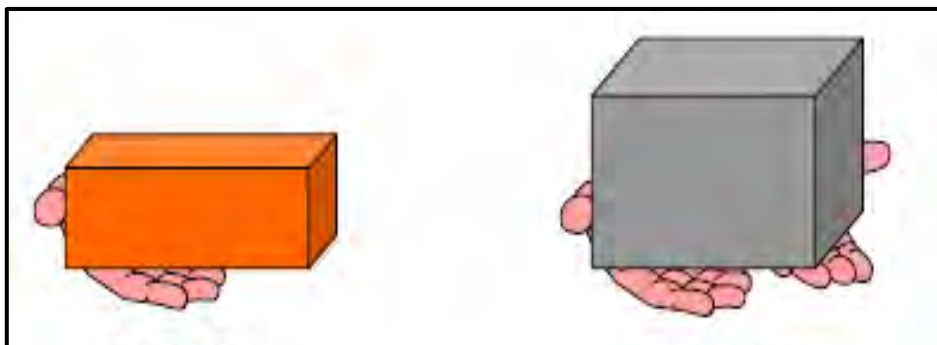
Fuente: Recuperado de www.ladrilleraeldiamante.com

La albañilería confinada fue creada por ingenieros italianos, después de que el sismo de 1908 en Sicilia arrasara con las viviendas de albañilería no reforzada. En el Perú la albañilería confinada ingresa después del terremoto de 1940; los primeros ensayos sobre elementos de albañilería se realizaron en la década de los 70 y los resultados fueron utilizados para la elaboración del primer reglamento relativo específicamente a la albañilería (Norma E-070, ININVI-82) (San Bartolome, 1994).

1.2. Características Generales

Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo (RNE, 2006).

Figura 7: Ladrillo y bloque



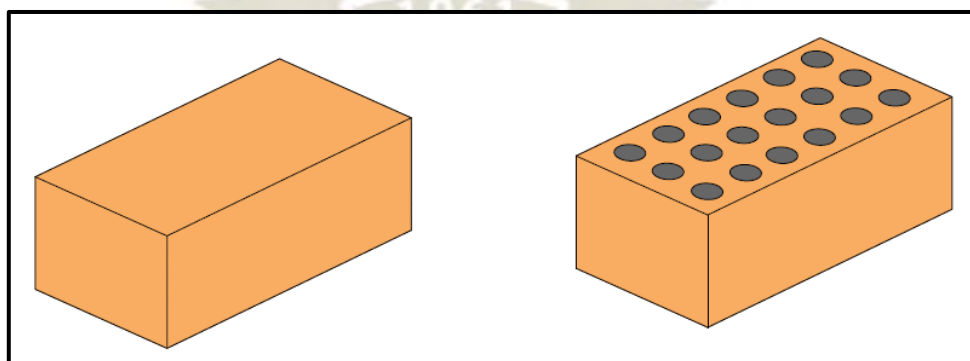
Fuente: Recuperado de www.slideshare.es

Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.

Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, perforadas y tubulares; y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial (Abanto, 2017).

- Unidades solidas: Son aquellas que pueden tener o no orificios. Si tienen orificios estos deben ser necesariamente perpendiculares a la cara de asiento y el área que ocupan no debe ser mayor del 30% de la cara de asiento. Se utilizan para construir muros portantes y no portantes (Figura 8) (Abanto, 2017).

Figura 8: Unidades de albañilería solidas

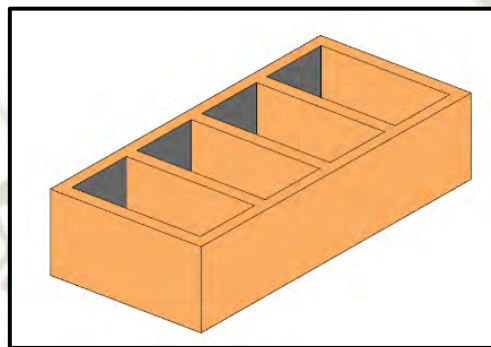


Fuente: Tomas Abanto

- Unidades huecas: En estas unidades los orificios son también necesariamente perpendiculares a la cara de asiento y el área que ocupan es mayor que el 30% del área bruta de la cara de asiento; cada

orificio tiene un área tal que permite llenarlo con concreto fluido y si esto se hace durante el proceso constructivo pasan a ser considerados como unidades solidas o macizas. Se utilizan solamente para la construcción de muros no portantes; pero si son rellenos los orificios con concreto pueden ser utilizados para la construcción de muros portantes (Figura 9) (Abanto, 2017).

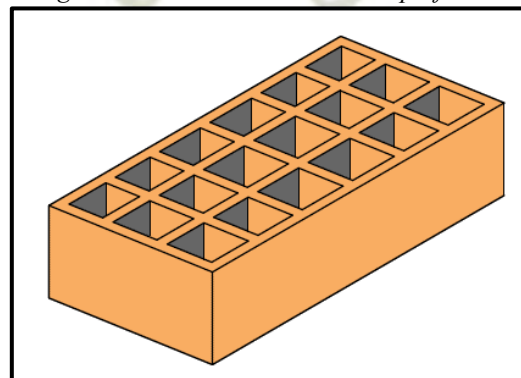
Figura 9: Unidad de albañilería hueca



Fuente: Tomas Abanto

- Unidades perforadas: En estas unidades los orificios también son obligatoriamente perpendiculares a la cara de asiento y el área que ocupan es mayor al 30% del área bruta de la cara de asiento. La diferencia de las unidades huecas es que sus orificios son de dimensiones pequeñas y no permiten llenarlos con concreto fluido. Se utilizan solamente para la construcción de muros no portantes (Figura 10) (Abanto, 2017).

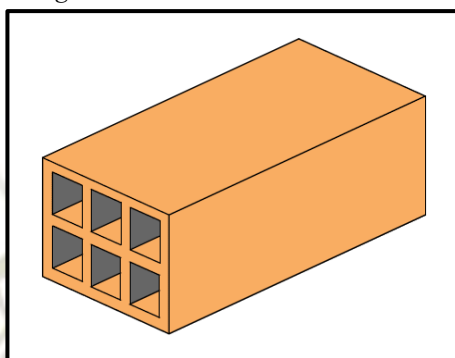
Figura 10: Unidad de albañilería perforada



Fuente: Tomas Abanto

- Unidades tubulares: A diferencia de los casos anteriores, en estas unidades los orificios son paralelos a la cara de asiento, el área que ocupan estos orificios con respecto a la cara de asiento no está normado. Solamente se deben utilizar para la construcción de muros no portantes (Figura 11) (Abanto, 2017).

Figura 11: Unidad de albañilería tubular



Fuente: Tomas Abanto

1.3. Clasificación para Fines Estructurales

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 2 (RNE, 2006).

Tabla 2: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) 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)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: Norma Técnica E.070

1.4.Limitaciones en su Aplicación

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 3. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente (RNE, 2006).

Tabla 3: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

TIPO	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido artesanal	No	Si, hasta 2 pisos	Si
Solido industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si, celdas totalmente rellenas con grout	Si, celdas parcialmente rellenas con grout	Si, celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos
*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.			

Fuente: Norma Técnica E.070

1.5.Pruebas

- a) Muestreo: El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.
- b) Resistencia a la Compresión: Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f^b) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

- c) Variación Dimensional: Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.
- d) Alabeo: Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.
- e) Absorción: Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613 (RNE, 2006).

1.6. Aceptación de la Unidad

- a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%.
- c) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- d) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- e) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- f) La unidad de albañilería no tendrá manchas vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo (RNE, 2006).

2. Refuerzo de la Albañilería

Nuestro país al estar ubicado en una zona sísmica, ha sufrido en muchas ocasiones de eventos telúricos de gran magnitud que han causado gran cantidad de pérdidas humanas, así como materiales, y que han dejado sin hogar e infraestructura a miles de personas e instituciones; y frente a estos hechos se han realizado

investigaciones de métodos de reparación y reforzamiento estructural en concreto y albañilería; que son los materiales de construcción predominantes en el país. A continuación, se detallará algunos de estas técnicas y métodos de reforzamiento y reparación.

2.1. Refuerzo con Varillas de Fibra de Vidrio (GFRP)

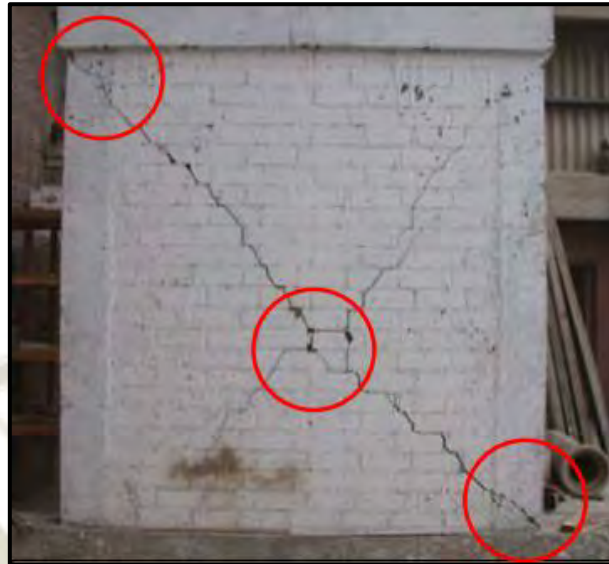
En el trabajo de investigación: “Reparación y Reforzamiento con Varillas de Fibra de Vidrio en un Muro de Albañilería Confinada” se propone el uso de varillas de fibra de vidrio (GFRP) como una técnica adicional que permite ampliar las alternativas de reparación y reforzamiento existentes en muros de albañilería confinada que hayan fallado por fuerza cortante.

El método consiste básicamente en resanar las grietas importantes que presentan la albañilería y las columnas del muro, reponiendo concreto en caso sea necesario. Para después instalar las varillas de fibra de vidrio como refuerzo horizontal cada 2 hiladas, intercalándolas alternadamente en ambas caras del muro con el fin de no debilitar a su sección transversal (Loayza, 2011).

2.1.1. Técnica de Reparación y Reforzamiento

La técnica de reparación consistió en profundizar en 2 cm las grietas principales existentes en la albañilería, luego de realizado el ensayo de carga lateral cíclica (Figura 12) para luego taponarlas con mortero 1:4, reemplazando la zona central triturada por mortero 1:3. Asimismo, el concreto ubicado en el extremo superior de la columna izquierda e inferior de la columna derecha, con daño severo, fue reemplazado por concreto nuevo de $f'c = 270 \text{ kg/cm}^2$. (Loayza, 2011)

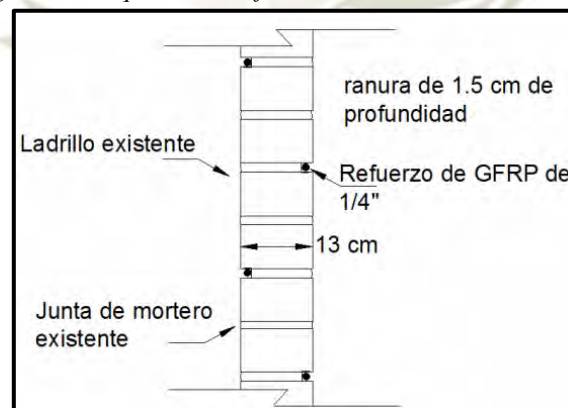
Figura 12: Muro al finalizar el ensayo y antes de la reparación.



Fuente: Juan Macías Loayza Seminario

El reforzamiento por corte se hizo utilizando varillas de fibra de vidrio (GFRP) cubiertas con una capa de mortero 1:4, colocadas en ranuras horizontales cada 2 hiladas, intercalando el refuerzo en ambas caras del muro para no debilitar a la sección transversal. En la base de la columna derecha se adicionó un estribo de $\frac{1}{4}$ "', debido a que el refuerzo vertical mostró un ligero pandeo (Loayza, 2011).

Figura 13: Esquema del reforzamiento con varillas de GFRP



Fuente: Loayza Seminario

- a) Picado con comba y cincel en los extremos más dañados de las columnas, añadiéndose un estribo de $\frac{1}{4}$ "' donde el refuerzo vertical mostró pandeo.

- b) Ranurado con amoladora de las juntas horizontales en ambas caras de la albañilería, donde irán las varillas GFRP, la profundidad de las ranuras fue 1.5cm. Estas ranuras no penetran en las columnas y están desfasadas en cada cara del muro en 2 hiladas (Figura 14) (Loayza, 2011).

Figura 14: Picado en las columnas y ranurado de las juntas horizontales



Fuente: Loayza Seminario

- c) Profundización (2cm) de las grietas principales de la albañilería. Los ladrillos centrales triturados fueron removidos y reemplazados por mortero 1:3 (Figura 15) (Loayza, 2011).

Figura 15: Profundización de las grietas de la albañilería



Fuente: Loayza Seminario

- d) Reparación de las columnas con concreto nuevo, usando resina epóxica como puente de adherencia entre el concreto existente y el concreto nuevo. Luego, las grietas en la albañilería fueron selladas con mortero 1:4, eliminándose el mortero que penetró en las ranuras horizontales. Previamente, la zona a trabajar se limpió y humedeció (Loayza, 2011).

Figura 16: Sellado de las grietas de albañilería



Fuente: Loayza Seminario

- e) Instalación de las varillas GFRP. Primeramente, se limpiaron las ranuras horizontales con aire comprimido, para luego

humedecerlas. Luego se aplicó una primera capa de mortero 1:4, lanzándolo dos veces en el mismo lugar para que el mortero penetre en la ranura. Posteriormente, se instaló la varilla GFRP sobre la cama de mortero y finalmente, la varilla se recubrió con otra capa de mortero 1:4. Este refuerzo no contó con ningún tipo de fijación adicional al mortero (Loayza, 2011).

Figura 17: Instalación de las varillas de GFRP



Fuente: Loayza Seminario

- f) Finalmente, las fisuras con más de 1.5 mm de grosor existentes en las columnas, se resanaron con una mezcla de mortero 1:3 y resina epóxica en polvo, en una cantidad igual al 2% del peso de la mezcla total (Loayza, 2011).

Figura 18: Muro reforzado con varillas de GFRP



Fuente: Loayza Seminario

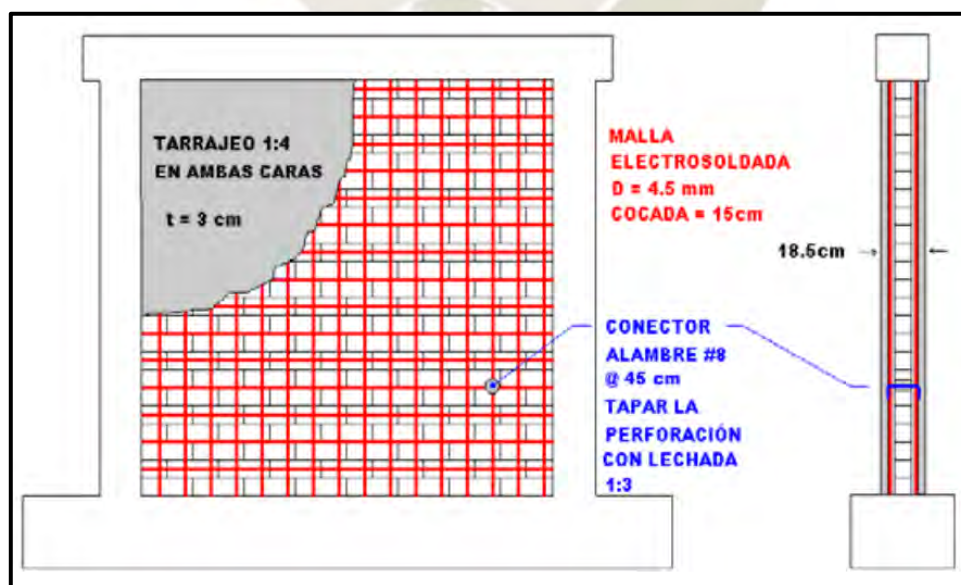
2.2. Refuerzo con Malla Electrosoldada

En el trabajo de investigación: “Control de la Trituración de los Ladrillos Huecos Mediante Malla de Refuerzo en Muros de Albañilería Confinada Sujetos a carga Lateral Cíclica”, se propone una forma eficaz de controlar la trituración de los ladrillos huecos mediante la adición de una malla electro soldada recubierta con mortero, refuerzo que también podría aplicarse en las edificaciones existentes hechas con ladrillos huecos y que presenten baja densidad de muros (Barr & Pineda, 2011).

2.2.1. Técnica de Reforzamiento

En primer lugar, se realizó la construcción del muro de forma convencional, una vez terminado se le adicionó mallas en las 2 caras, interconectándolas con alambre #8, que pasó a través de perforaciones hechas en los ladrillos con un cincel de ¼” cada 45 cm (tres veces la distancia entre los nudos de la malla con cocada de 15 cm) (Barr & Pineda, 2011) .

Figura 19: Esquema del refuerzo con malla electrosoldada



Fuente: Krishan Barr y César Pineda

Después de perforar horizontalmente los ladrillos, se instalaron las mallas para enseguida introducir los conectores (alambre # 8) a través de las perforaciones, doblarlos 90° y amarrarlos con alambre #16 contra los nudos de la malla. Posteriormente se procedió a taponear las perforaciones con una lechada de mortero cemento-arena fina 1:3. Finalmente, se tarrajeó el muro por ambas caras con un mortero cemento-arena 1:4 (Barr & Pineda, 2011).

Figura 20: Reforzamiento con malla electrosoldada y tarrajeo del muro



Fuente: Krishan Barr y César Pineda

2.3. Refuerzo con Tejido de Fibra de Carbono

El reforzamiento es una acción que permite aumentar la capacidad de resistencia mecánica de una parte de una estructura en función de las demandas reales. En otras ocasiones, las estructuras se someten a eventos excepcionales que provocan daños que deben ser reparados urgentemente.

Las técnicas más frecuentes para su reparación y refuerzo son con concreto o con perfiles de acero y refuerzos con placa de acero, actualmente han surgido innovadoras técnicas de refuerzo como la fibra de carbono, consiste en incorporar en la estructura fibras de alta resistencia para su reparación o refuerzo (Toloza, 2005).

En el trabajo de investigación: “Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibra o solo fibra”, elaborado por Ana Sofía Irías Pineda; se propone el uso de fibra de carbono como una técnica adicional que permite

ampliar las alternativas de reparación y reforzamiento existentes en muros de albañilería confinada que hayan fallado por fuerza cortante.

El método consiste básicamente en reforzar las dos caras del muro de albañilería con fibra de carbono para aumentar la capacidad resistente de los elementos estructurales y de la estructura en conjunto (Irias, 2013).

2.3.1. Reseña Histórica de la Fibra de Carbono

El origen de este material se remonta a finales del siglo XIX, se utilizó por primera vez en 1879. Thomas Alba Edison lo utilizó como filamento para la bombilla eléctrica, Edison fabricaba los filamentos de su bombilla con hilos de algodón o láminas de bambú calentadas al horno a altas temperaturas, por lo que los filamentos se carbonizaban. Lógicamente, la calidad de la fibra de carbono era muy baja.

En 1958, Rogert Bacon generó una investigación sobre fibras de alto rendimiento de carbono en el Centro Técnico de la Union Carbide Parma, ahora GrafTech International Holdings, Inc., que se encuentra en las afueras de Cleveland, Ohio. Estas fibras fueron fabricadas mediante el calentamiento de filamentos de rayón hasta carbonizarlos. Lamentablemente este proceso resultó ser ineficiente, ya que las fibras resultantes contenían sólo un 20% de carbono.

En 1960, Akio Shindo de la Agencia de Ciencia Industrial Avanzada y Tecnología de Japón, produjo una fibra de carbono a partir del poliacrilonitrilo (PAN) como materia prima. Este había producido una fibra de carbono con pureza de 55%. El proceso se ha mejorado y hoy en día se produce fibra de carbono con pureza del 95 al 99%.

La fibra de carbono se utilizaba como un material netamente aeronáutico como ocurría en las décadas de los setenta y los ochenta para pasar a ser un material multi-sector actualmente. Hoy en día la fibra se comercializa para la industria automotriz, aviación y construcción, debido a su alta resistencia a esfuerzos y baja densidad. En la construcción hay dos líneas de trabajo: reparaciones e implantación en obra. Edificaciones en todo el mundo son reparadas con fibra de carbono de forma muy eficiente frente a las técnicas

tradicionales. Algunas de sus propiedades, como su alta resistencia, baja densidad y su uso han supuesto una contribución determinante para el refuerzo de estructuras. Siendo así una alternativa de reforzamiento estructural para los muros de albañilería confinada, disminuyendo el riesgo a que sufran daño ante un evento sísmico (Irias, 2013).

2.3.2. Características

La fibra de carbono está formada por fibras de 10-50 micras de diámetro, compuesta principalmente por carbono. Varias fibras de carbono están trenzadas para formar un hilo, que puede ser utilizado tejido en una tela. Dependiendo del proceso de fabricación se obtienen propiedades, tales como alta flexibilidad, alta resistencia, bajo peso, alta resistencia, resistencia a altas temperaturas y baja expansión térmica, todas estas características la hacen muy comercial en el sector de industria automotriz, aviación y construcción. Sin embargo, son relativamente caras en comparación con otros tipos de fibras como fibra de vidrio o fibra de plástico, lo que hace su uso limitado.

Las fibras de carbono se combinan con otros materiales para formar un compuesto, al combinarse con una resina plástica forma un plástico reforzado con fibra de carbono el cual tiene una muy alta relación resistencia- peso, lo que lo hace extremadamente rígido, aunque por sus componentes es un tanto frágil. Las fibras de carbono también se pueden combinar con otros materiales como el grafito para formar compuestos carbono-carbono, que resiste a temperaturas muy altas.

La fibra de carbono se comercializa en forma de tela con diferentes espesores. Sus características principales son las siguientes:

- Elevada resistencia a la tensión y compresión.
- Elevado precio.
- Muy liviano y con una alta relación resistencia/peso.
- Estable ante ataque de agentes extremos.
- Elevado módulo de elasticidad. (Moncayo, y otros, 2016)

2.3.3. Datos Técnicos

La fibra de carbono tiene mejores características que el acero ya que su resistencia mecánica es 10 veces mayor, un módulo de elasticidad alto. Adicionalmente es un material muy liviano, como el plástico, con una densidad de 1.750 kg/m^3 (Moncayo, y otros, 2016).

2.3.4. Aplicaciones en la Construcción

Las diferentes aplicaciones de la fibra de carbono comprenden los refuerzos a esfuerzos flectores, cortante, confinamiento. Cabe mencionar que es un producto anisótropo, y por ello trabaja en una sola dirección y únicamente absorbe tracciones.

Se utiliza en:

- a) Reforzamiento: Para aumentar la capacidad resistente de los elementos estructurales y de la estructura en conjunto.
 - Cambio de uso de edificación.
 - Cuando una estructura fue diseñada para un propósito y el mismo se cambia a lo largo de su vida útil, debe considerarse un rediseño y un reforzamiento.
 - Cuando se produzca fallas en la edificación.
 - Debido a cargas accidentales como explosiones, fuego, impacto, etc. Previa evaluación de un estructuralista.
 - Vida útil de la edificación.
 - Debido a que la estructura llegó o pasó su vida útil, debe realizarse un chequeo completo, con un modelo de análisis.
- b) Reparación estructural: Intervención sobre fallas y fisuras para restituir las características iniciales de resistencia estructural, luego de un evento que haya provocado falla.
- c) Restauración: Intervención sobre la edificación orientada a recuperar las características arquitectónicas, pero sin restituir las características estructurales de resistencia mecánica.

- d) Rehabilitación: Intervención sobre fallas y fisuras para ponerla en funcionamiento, luego de ser afectada por un evento muy fuerte (Guillermo & Silva, 2019).

Tipos de estructuras:

- a) Obras civiles
- Puentes y viaductos
 - Depósitos y chimeneas
- b) Obras de edificación
- Muros, losas, pilares y vigas

2.3.5. Tipos de Fibra de Carbono

Existen diferentes tipos de tramas, con esto nos referimos a como los hilados se entrelazan, lo que hace las características de apariencia y manipuleo de la tela.

- a) Tejido plano:

Es un tejido plano es aquel donde cada hilada longitudinal y transversal pasa por encima de un hilo y por debajo del próximo. Este tejido es reforzado por su modo de elaboración, es usado en aplicaciones generales y garantiza laminados de espesor predecible y es estable.

- b) Tejido cruzado:

Es un tejido cruzado de hiladas longitudinales que pueden pasar sobre los trasversales, dando diferentes tipos de tejidos cruzados. Los tejidos cruzados se marcan más fácil que los tejidos planos y son fácilmente humedecidos.

- c) Tejido satinado:

En un tejido satinado el entrelazado es similar al del cruzado, aunque tiene mayor número de hiladas longitudinales y transversales. Por lo cual da un tejido desbalanceado que tendera a distorsionarse antes del curado, por esta razón es necesario equilibrar las telas y tiene un excelente acabado superficial. (Irias, 2013)

Figura 21: Esquema de tejido plano, cruzado y satinado



Fuente: Ana Pineda

d) Tejido unidireccional:

Es un tipo de tejido tramado el cual da un tejido donde la mayoría de las propiedades mecánicas están alineadas en una dirección, ya sea longitudinal o transversal.

e) Tejido híbrido:

Es un tipo de tejido híbrido se construye tramando en forma conjunta diferentes fibras; la combinación más común es la de carbono y Kevlar (Irias, 2013).

2.3.6. Técnica de Reforzamiento

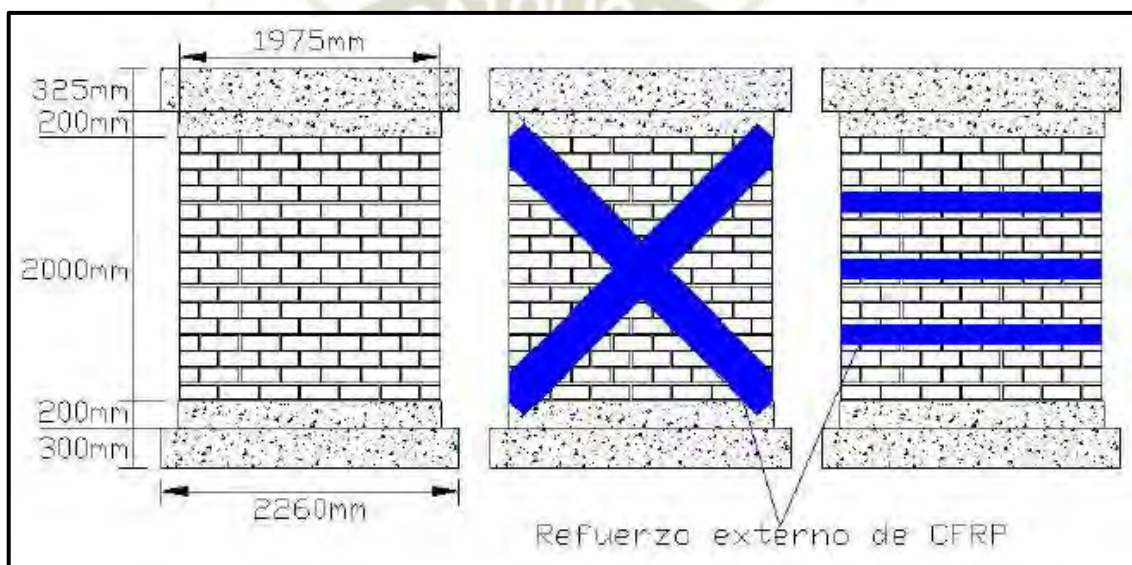
En el trabajo de investigación: “Respuesta Sísmica de Muros de Albañilería Reforzados Externamente con Telas de Fibras de Carbono: Análisis Experimental”, se propone el empleo de polímeros reforzados con fibras (FRP) adheridos externamente a los muros de albañilería para resistir los esfuerzos de corte.

Los muros consistieron en un paño de albañilería de ladrillos cerámicos de 1975 x 2000 mm, pegados entre sí con mortero de espesor de aproximadamente 15 mm.

Así mismo, cada muro estaba coronado sobre la cadena superior con una viga de hormigón armado de 400 mm de ancho, 325 mm de alto y 2260 mm de longitud, encargada de la transmisión de cargas desde el marco de carga a la cadena superior del muro.

Los refuerzos externos de tela de CFRP se usaron en dos disposiciones generales: refuerzo diagonal en ambas direcciones del paño de albañilería, disposición que teóricamente resulta óptima en términos de fuerza desarrollada por el conjunto, pues la diagonal en tracción toma gran parte de los esfuerzos de tracción que provocan la falla por corte; y refuerzo horizontal, disposición que resulta óptima en términos de aprovechamiento de la superficie reforzada (Alcaino, 2007).

Figura 22: Esquema del reforzamiento con telas de CFRP



Fuente: Alcaino Reyes

Los muros fueron construidos sobre las vigas bases de hormigón armado, en las cuales se ancló la armadura de borde de los muros, como se puede apreciar en la Figura 23. La armadura de borde se ancló en la base de hormigón mediante un gancho (Alcaino, 2007).

Figura 23: Bases de hormigón y de armadura de borde



Fuente: Alcaino Reyes

Sobre las vigas bases, se colocaron sucesivamente las hiladas de 6½ ladrillos cada una.

A partir de resultados experimentales anteriores, se decidió realizar un tratamiento superficial a los muros en la zona en que iría adherida la tela de CFRP. Dicho tratamiento superficial permite que se alcance una mayor tensión de adherencia entre la albañilería y la tela de CFRP. El tratamiento realizado a los muros consistió en desbastar la capa externa y enlozada del ladrillo con una lijadora, Luego se procedió a limpiar la superficie, de forma de dejarla libre de polvo o restos de lija, lo cual resulta fundamental para lograr una buena adherencia (Alcaino, 2007).

Figura 24: Tratamiento superficial en los paños de albañilería terminados



Fuente: Alcaino Reyes

Para pegar la tela de CFRP al muro, se utilizó el adhesivo epóxico de dos componentes recomendado por el fabricante. Se coloca la tela de FRP en la posición correspondiente presionándola suavemente contra el muro de forma de fijar su posición, luego se repasa la tela presionando con un rodillo rígido de PVC o bien con la misma espátula ya utilizada, para que el pegamento aflore por entre las hebras de la tela, como se muestra en la Figura 25. Finalmente se aplicaba sobre la tela una segunda capa de pegamento para asegurar que la tela queda completamente embebida en el adhesivo (Alcaino, 2007).

Figura 25: Aplicación de adhesivo y colocación de tela CFRP




Fuente: Alcaino Reyes

Figura 26: Muros reforzados con CFRP



Fuente: Alcaino Reyes



CAPITULO III
PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS
DE LOS MATERIALES

1. Unidad de Albañilería Mecanizada

1.1. Características

Se emplearon ladrillos industriales de arcilla tipo King Kong H-9 (Figura 27) provenientes de “Ladrillera El Diamante S.A.”. Se utilizaron las unidades de esta ladrillera por ser una de las más reconocidas y la que tiene mayores ventas en los últimos años en Arequipa (Cueto & Vilca, 2018). Estos ladrillos presentan una textura lisa en las caras laterales y una textura rugosa en las caras horizontales (de asiento). Esta textura ayuda a proporcionar una mejor adherencia entre el ladrillo y mortero. Las especificaciones técnicas de las unidades de albañilería empleadas son:

Tabla 4: Especificaciones ladrillo King Kong H-9

Tipo	King Kong Hércules 9
Clase	IV
Dimensiones	9 x 14 x 24 cm
Peso	3.05 – 3.50 kg
Rendimiento	37 unid/m ² (muro de soga)
Resistencia	130 kg/cm ²

Fuente: Ladrillera el Diamante

Figura 27: Ladrillo King Kong H-9



Fuente: Recuperado de: <http://www.ladrilleraeldiamante.com>

1.2. Ensayos clasificatorios

Se realizaron los ensayos de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

1.2.1. Variación Dimensional

Para este ensayo se tomó una muestra de 10 unidades enteras representativas del lote, e incluirán los extremos de los rangos de color y tamaño, según la NTP-399-613.

a) Equipos y herramientas:

- Regla graduada al milímetro.

b) Muestra: 10 ladrillo enteros.

c) Procedimiento:

- Medir en cada espécimen entero el largo, el ancho y la altura con precisión al milímetro.
- Registrar 4 medidas entre los puntos medios del borde de cada cara.

Figura 28: Medición del largo - Ensayo de variación dimensional



Fuente: Propia

Figura 29: Medición del ancho - Ensayo de variación dimensional



Fuente: Propia

Figura 30: Medición de la altura - Ensayo de variación dimensional



Fuente: Propia

- d) Expresión de resultados: La variación en porcentaje de cada dimensión se calculará con la siguiente expresión:

$$V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100 \%$$

Dónde:

V: Variación de dimensión en porcentaje.

ME: Medida especificada por el fabricante.

MP: Medida promedio.

Los resultados del ensayo de variación dimensional se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Variación dimensional ladrillo King Kong H-9

Muestra	Largo (cm)				Ancho (cm)				Altura (cm)			
	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
M1	23.75	23.75	23.85	23.95	13.90	13.90	13.95	13.90	9.00	8.95	9.10	8.95
M2	23.75	23.70	23.85	23.90	14.10	14.00	13.90	14.00	9.10	8.90	9.00	8.90
M3	23.75	23.80	23.85	23.80	13.90	13.90	13.95	13.90	8.95	9.00	9.00	9.05
M4	23.75	23.70	23.70	23.90	13.95	14.00	13.90	13.95	9.05	9.10	9.00	9.00
M5	23.70	23.75	23.85	23.85	13.95	13.90	13.95	14.00	9.00	8.90	9.00	9.00
M6	23.85	23.85	23.85	23.90	13.95	13.95	13.95	13.90	9.05	8.95	9.05	8.95
M7	23.80	23.75	23.80	23.85	14.05	14.00	13.90	13.90	9.00	8.95	9.10	9.10
M8	23.85	23.75	23.80	23.90	14.05	14.05	13.90	13.85	9.05	8.95	9.00	9.05
M9	23.85	23.80	23.80	23.75	14.00	14.00	13.95	13.95	8.95	8.95	8.95	9.05
M10	23.85	23.85	23.75	23.80	14.00	14.00	13.95	13.90	9.00	9.00	8.95	9.05
Promedio	23.8075				13.9525				9.0013			
Variación Dimensional (%)	-0.80				-0.34				0.01			

Fuente: Elaboración propia

1.2.2. Alabeo

Para este ensayo se tomó un muestreo de 10 unidades para obtener un mayor control de las medidas, según la NTP-399-613.

a) Equipos y herramientas:

- Varilla de acero con borde recto.
- Dos cuñas de acero graduadas a medio milímetro.

b) Muestra: 10 ladrillo enteros.

c) Procedimiento:

- Medición de concavidad: Colocar la varilla de borde recto a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que da la mayor desviación de la línea recta. Usando la cuña medir la distancia de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto.
- Medición de convexidad: Colocar el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la cuña medir la distancia de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana.

Figura 31: Ensayo de alabeo



Fuente: Propia

- d) Expresión de resultados: Se indica el promedio de los valores de concavidad y/o convexidad obtenidos en milímetros; los resultados del ensayo de alabeo se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6: Alabeo ladrillo King Kong H-9

Muestra	Concavidad (mm)				Convexidad (mm)			
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
M1	0.50	0.50	0.60	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
M2	0.00	0.00	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
M3	0.00	0.10	0.40	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
M4	0.00	0.10	0.60	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
M5	0.30	0.60	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
M6	0.10	0.50	0.50	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
M7	0.10	0.30	0.40	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
M8	0.40	0.50	0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
M9	0.15	0.20	0.30	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
M10	0.20	0.30	0.10	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio	0.3288				0.00			

Fuente: Elaboración Propia

1.2.3. Resistencia a la Compresión

Para este ensayo se tomó un muestreo de 05 medios ladrillos, según la NTP-399-613.

- a) Equipos y herramientas:
- Máquina para ensayos de compresión, provista para la aplicación de la carga.
- b) Muestra: 05 medios ladrillos.
- c) Procedimiento:

- Colocar al horno a una temperatura de 110°C a 115°C durante 24 horas, luego se deja enfriar.
- Refrendar las unidades con una mezcla de yeso y cemento, para que la carga se aplique de manera uniforme en la superficie.
- Colocar la unidad en la máquina de compresión, alineando al eje del centro de aplicación de la carga de la máquina.
- Aplicar carga una velocidad uniforme y continua, hasta alcanzar la carga máxima.

Figura 32: Ensayo de resistencia a la compresión axial de la unidad de albañilería King Kong H-9



Fuente: Propia

- d) Expresión de resultados: Se calcula la resistencia a compresión con la siguiente ecuación:

$$f_b = \frac{P}{A}$$

Dónde:

f_b : Resistencia a la compresión del ladrillo.

P: Carga de rotura aplicada indicada por la máquina.

A: Área bruta de la unidad.

La resistencia característica se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

$$f'_b = f_b - \sigma$$

Dónde:

f'_b : Resistencia a la compresión característica

σ : Desviación estándar

Los resultados de la compresión axial de la unidad se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Ensayo de resistencia a la compresión ladrillo King Kong H-9

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Pu (kgf)	f _b (kgf/cm ²)
M1	13.90	12.50	173.75	19494	112.20
M2	13.80	12.30	169.74	17700	104.28
M3	13.70	12.20	167.14	17001	101.72
M4	14.00	12.50	175.00	19611	112.06
M5	13.80	12.40	171.12	18873	110.29
fb Promedio					108.11
Desviación Estándar					4.81
f _b					103.30

Fuente: Elaboración Propia

1.3. Ensayos no Clasificatorios

Los ensayos se realizaron de acuerdo a las Normas NTP 399.613 y 399.604.

1.3.1. Porcentaje de Vacíos

a) Materiales, equipos y herramientas:

- Probeta graduada.
- Arena graduada.
- Varilla de acero con borde recto.
- Hoja de papel.
- Escobilla.

b) Muestra: 05 ladrillos enteros

c) Procedimiento:

- Extender una hoja de papel, colocar el espécimen a ensayar encima

- Rellenar totalmente las perforaciones del espécimen con la arena graduada y enrasar. Remover los excesos de arena con la escobilla.
- Levantar el espécimen posibilitando que la arena caiga sobre la hoja de papel.
- Transferir la arena de la hoja de papel a la balanza.

Figura 33: Llenado de perforaciones del ladrillo con arena graduada



Fuente: Propia

Figura 34: Ladrillo lleno de arena graduada



Fuente: Propia

- d) Expresión de resultados: Se calcula el % de vacíos con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Vacios} = \frac{V_a}{V_l} \times 100 \%$$

Dónde:

V_a: Volumen de la arena en los agujeros (cm³)

VI: Volumen ladrillo (cm³)

Los cálculos y resultados del porcentaje de huecos de la unidad se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8: Porcentaje de vacíos ladrillo King Kong H-9

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Volumen arena (cm ³)	% Vacíos
M1	23.83	13.91	9.00	2983.19	1343.95	45.05
M2	23.80	14.00	8.98	2990.47	1341.11	44.85
M3	23.80	13.91	9.00	2980.06	1320.30	44.30
M4	23.76	13.95	9.04	2995.81	1323.77	44.19
M5	23.79	13.95	8.98	2978.22	1335.44	44.84
Promedio						44.65

Fuente: Elaboración Propia

1.3.2. Absorción

- a) Equipos y herramientas:
 - Balanza electrónica
 - Horno
- b) Muestra: Cinco unidades enteras
- c) Procedimiento:
 - Secar los especímenes secos en el horno por 24 horas.
 - Pesar los especímenes secos en la balanza electrónica.
 - Sumergir totalmente los especímenes en agua durante 24 horas.
 - Retirar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño y pesar el espécimen.
 - Pesar los especímenes saturados en la balanza electrónica.

Figura 35: Secado de las unidades de albañilería King Kong H-9



Fuente: Propia

Figura 36: Unidades de albañilería King Kong H-9 completamente sumergida



Fuente: Propia

- d) Expresión de resultados: Para el cálculo de la absorción se aplicó la siguiente fórmula:

$$A = \frac{P_{\text{sat}} - P_{\text{seco}}}{P_{\text{seco}}} \times 100\%$$

Dónde:

A: Absorción (%)

P_{sat}: Peso saturado del espécimen (g)

P_{seco}: Peso seco del espécimen (g)

Los resultados del ensayo de absorción de la unidad se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Absorción ladrillo King Kong H-9

Muestra	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	% Absorción
M1	2718.50	3180.00	16.98
M2	2698.00	3162.00	17.20
M3	2690.00	3152.00	17.17
M4	2698.50	3161.00	17.14
M5	2715.00	3178.50	17.07
Promedio			17.11

Fuente: Elaboración Propia

1.4. Resumen e Interpretación de Resultados

Tabla 10. Resumen ensayos clasificatorios ladrillo King Kong H-9

Ensayos	Variación Dimensional (%)			Alabeo (mm)	Resistencia a la compresión (kgf/cm ²)
	L	A	H		
Promedio	-0.80	-0.34	0.01	0.3288	103.30

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos en los ensayos clasificatorios, se determinó que la unidad King Kong H-9 ensayados se clasifica como ladrillos tipo III, según norma técnica E.070 de albañilería por su resistencia a la compresión característica de $f^b = 103.30 \text{ kgf/cm}^2$. Estos tipos de ladrillos podrían usarse en zona sísmica 1 para muros portantes, según indica la norma E.070.

Tabla 11: Resumen ensayos no clasificatorios ladrillo King Kong H-9

Ensayos	Vacios (%)	Absorción (%)
Promedio	44.65	17.11

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos en los ensayos no clasificatorios se tiene que:

El porcentaje de vacíos obtenido de 44.65 % clasifica a la unidad de albañilería como hueca; y por lo tanto como especifica la norma RNE E.070 debe limitarse ser utilizado en la construcción de muros portantes limitarse su uso en zona sísmica 1. La absorción promedio es de 17.11%, el cual es menor que el límite máximo descrito por la Norma Técnica E.070 para los ladrillos de arcilla (22%).

2. Mortero

Para la mezcla de mortero empleada en el asentado de los prismas de albañilería de la presente investigación se utilizó:

2.1.Cemento

Para la mezcla de mortero que se usó para el asentado de los prismas de albañilería de la presente investigación se utilizó el Cemento Yura Portland 1P de 42.5 kg.

Figura 37: Cemento Portland IP



Fuente: Propia

2.2.Agregado Fino

2.2.1. Análisis Granulométrico

En la presente investigación se utilizó la arena gruesa de la cantera “Supermix” y se realizó el ensayo de análisis granulométrico y módulo de fineza, de acuerdo a las normas, NTP 400-012 y NTP 400-011.

a) Equipos y herramientas

- Balanza electrónica
- Tamices normalizados

b) Muestra: 1000 g de arena gruesa de la cantera “Supermix”

c) Procedimiento:

- Realizar el cuarteo de la muestra de arena gruesa, para obtener una muestra representativa.
- Pesarse la muestra y tamizarla utilizando los tamices de las mallas indicadas en la norma.
- Pesarse los pesos retenidos en cada malla.

Figura 38: Agregado grueso



Fuente: Propia

Figura 39: Tamizado de la arena gruesa



Fuente: Propia

Figura 40: Pesado y clasificación de arena gruesa



Fuente: Propia

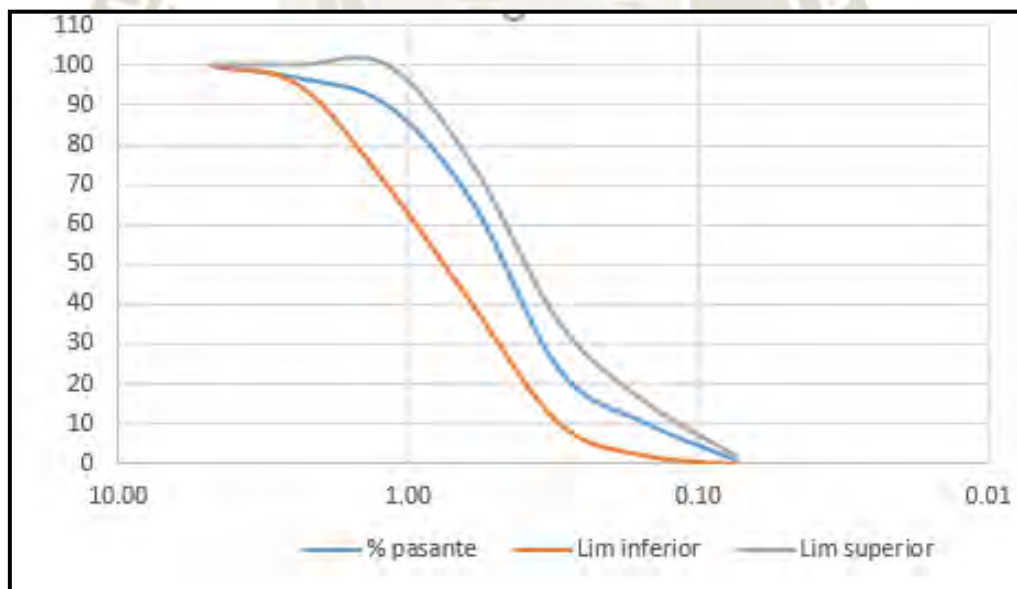
- d) Expresión de resultados: Los resultados de la granulometría del agregado fino se muestra en la Tabla 12 y la curva granulométrica se muestra en la Figura 41.

Tabla 12: Resumen ensayos no clasificatorios ladrillo King Kong H-9

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
D max	7.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	3.00	0.30	0.30	99.70
N° 8	2.36	31.00	3.10	3.40	96.60
N° 16	1.18	67.00	6.70	10.10	89.90
N° 30	0.60	244.00	24.40	34.50	65.50
N° 50	0.30	422.00	42.20	76.70	23.30
N° 100	0.15	133.00	13.30	90.00	10.00
N° 200	0.08	90.00	9.00		1.00
Fondo		10.00	1.00		0.00
Total		1000.00	100.00		
Retenidos Acumulado				215.00	
Módulo de Fineza				2.15	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 41: Granulometría de arena gruesa



Fuente: Propia

De acuerdo al gráfico de la granulometría de la arena gruesa obtenida del ensayo, se puede concluir que este agregado cumple con los rangos de la granulometría de la arena gruesa del RNE.E070.

e) Módulo de fineza:

Según el RNE E.070 Albañilería, indica que el módulo de fineza debe estar comprendida entre 1.6 y 2.5, entonces de acuerdo al ensayo realizado se obtuvo un módulo de fineza de 2.15, dicho valor se encuentra en el rango que indica la norma (Cueto & Vilca, 2018).

2.3. Agua

Obtenida del laboratorio de concreto y mecánica de suelos de la UCSM, libre de sustancias como aceites, ácidos, álcalis; también libre de materia orgánica e impurezas.

3. Tejido de Fibra de Carbono

El tejido de fibra de carbono que se empleó como refuerzo en las pilas y muretes de albañilería es SikaWrap®-600C; el cual es un tejido unidireccional de fibra de carbono, el cual es empleado para el reforzamiento de elementos estructurales.

3.1. Usos

Para refuerzo a flexión, cortante, confinamiento de elementos estructurales tales como vigas, columnas, losas y muros por las siguientes causas:

- Incremento de cargas
- Cambios en el uso de edificios
- Refuerzo sísmico
- Envoltura de columnas (confinamiento)
- Paredes de mampostería no reforzada
- Daño en partes estructurales
- Envejecimiento de materiales de construcción (corrosión)
- Defectos de diseño o construcción
- Refuerzo insuficiente, etc (SIKA, 2019).

3.2. Ventajas

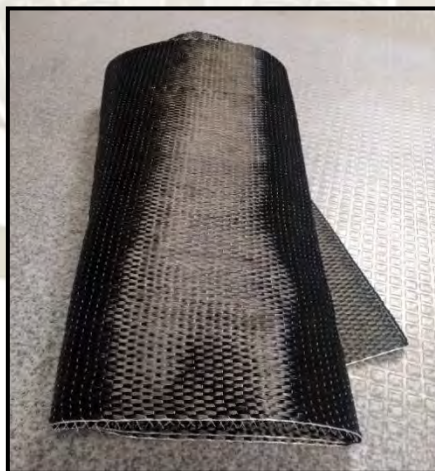
- Es flexible, puede colocarse envolviendo elementos de forma compleja.
- Posee alta resistencia.
- Tiene bajo peso.
- No se corroe.
- Es resistente a sustancias acidas y a álcalis.
- Bajo impacto estético.
- Puede ser aplicado en húmedo o en seco (SIKA, 2019).

3.3.Propiedades

a) Forma:

- Aspecto: Tejido
- Color: Negro oscuro
- Presentación: Rollo de 25 m² (50 cm x 50 m)
- Orientación de la fibra: 0° (Unidireccional)

Figura 42: Tejido de fibra de carbono



Fuente: Propia

b) Datos técnicos:

- Propiedades de la lámina curada:

Tabla 13: Propiedades lamina curada

Resistencia a la tensión	139,000 psi (960 N/mm ²)
Módulo de elasticidad	10.6 x 10 ⁶ psi (73 100 N/mm ²)
Elongación a la rotura	1.33 %
Espesor	1 mm (0.039 pulgadas)

Fuente: Ficha Técnica SikaWrap®-600C

- Propiedades de la fibra:

Tabla 14: Propiedades de la fibra

Resistencia a la tensión	620,000 psi (4 300 N/mm ²)
Módulo de elasticidad	34.9 x 10 ⁶ psi (240 000 N/mm ²)
Elongación a la rotura	1.55 %
Espesor	0.337 mm (0.0133 pulgadas)

Fuente: Ficha Tecnica SikaWrap®-600C



CAPITULO IV

PRISMAS DE ALBAÑILERIA

1. Especificaciones Generales

Los prismas de albañilería, pilas y muretes son pequeños especímenes cuyos ensayos de compresión axial y corte respectivamente, permiten obtener la resistencia a compresión axial en pilas ($f'm$) y resistencia a corte puro en muretes ($v'm$), de la albañilería. Así también los ensayos realizados en estos prismas nos permitirán predecir el comportamiento de los muros de albañilería en estudio.

El objetivo de los prismas de albañilería es que representen el comportamiento real de los muros de albañilería, por lo cual dichos prismas deber ser construidas y estar expuestas a las mismas condiciones con la que una vivienda será construida (RNE, 2006).

- a) La resistencia de la albañilería a compresión axial ($f'm$) y a corte ($v'm$) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 15 (RNE, 2006).

Tabla 15: 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: Norma E.070

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 (RNE, 2006).

- b) Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería $f'v$ y $f'm$ deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la

construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los siguientes criterios:

- Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmica 3 y 2, f'm será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y v'm con tres muretes por cada 1000 m² de área techada.
- Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'm será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y v'm con tres muretes por cada 6500 m² de área techada.

El artículo “a” aplica a una edificación individual, donde de acuerdo a su número de pisos y ubicación sísmica, no es obligatorio realizar ensayos de prismas de albañilería, sino que se puede recurrir a la Tabla 15 o a la experiencia del proyectista estructural, para determinar la resistencia de la albañilería. En cambio, el artículo “b” aplica a conjuntos residenciales unifamiliares o multifamiliares, donde es obligatorio realizar el ensayo de los prismas, antes y durante la construcción de esas edificaciones (Bartolome, 2008).

- c) Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleara en la construcción definitiva.

Mediante la especificación “c” se trata que los prismas de albañilería representen de la mejor manera posible las condiciones reales con que la edificación será construida. El tamaño los prismas es mínimo, con el objeto de poderlos manipular tanto en el transporte hacia un laboratorio como en el montaje sobre los dispositivos de ensayo. Se recomienda que las pilas consten de por lo menos 3 hiladas y que el lado del murete cuadrado sea de por lo menos 60cm, a fin de obtener resultados representativos (Bartolome, 2008).

- d) Los prismas tendrán un refrendado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

El refrendado “capping” se aplica en las zonas del prisma en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo y tiene un grosor de aproximadamente 3mm. Para el caso particular de los muretes cuya geometría no sea cuadrada, la irregularidad puede corregirse con un capping más grueso en el lado de menor longitud. Para el caso de muretes construidos con ladrillos huecos o tubulares, antes de aplicar el capping, deberá taponarse con mortero 1:3 las perforaciones de aquellos ladrillos en contacto con los cabezales angulares metálicos, a fin de evitar fallas locales por concentración de esfuerzos (trituración) (Bartolome, 2008).

- e) Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 16 (RNE, 2006).

Tabla 16: Incremento de $f'm$ y $f'v$ por edad

	Edad	14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas	Ladrillos de arcilla y bloques de concreto	1.10	1.00

Fuente: Norma E.070

- f) La resistencia característica $f'm$ en pilas y $f'v$ en muretes se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.
- g) El valor de $v'm$ para diseño no será mayor de $0.319 \sqrt{f'_m} \text{ MPa}$ ($\sqrt{f'_m} \text{ kg/cm}^2$)
- h) En el caso de emplearse los valores mostrados en la Tabla 17, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1:1/2:4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

Tabla 17: Resistencias características de la albañilería Mpa (kgf/cm²)

Materia prima	Denominación	Unidad f ['] b	Pilas f ['] m	Muretes v ['] m
Arcilla	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	King Kong Industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)
	Rejilla Industrial	21.1 (215)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
Silice-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)
	Estandar y mecano (*)	14.2 (145)	10.8 (110)	0.9 (9.2)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
		6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
		7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

(*) Utilizados para la construcción de muros armados
 El valor f[']b se proporciona sobre área bruta un unidades vacias (sin grout) mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de f[']c = 13.72 MPa (140 kg/cm²).
 El valor de f[']m ha sido contemplando los los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 17.

Fuente: Norma E.070

El valor f[']m ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 18.

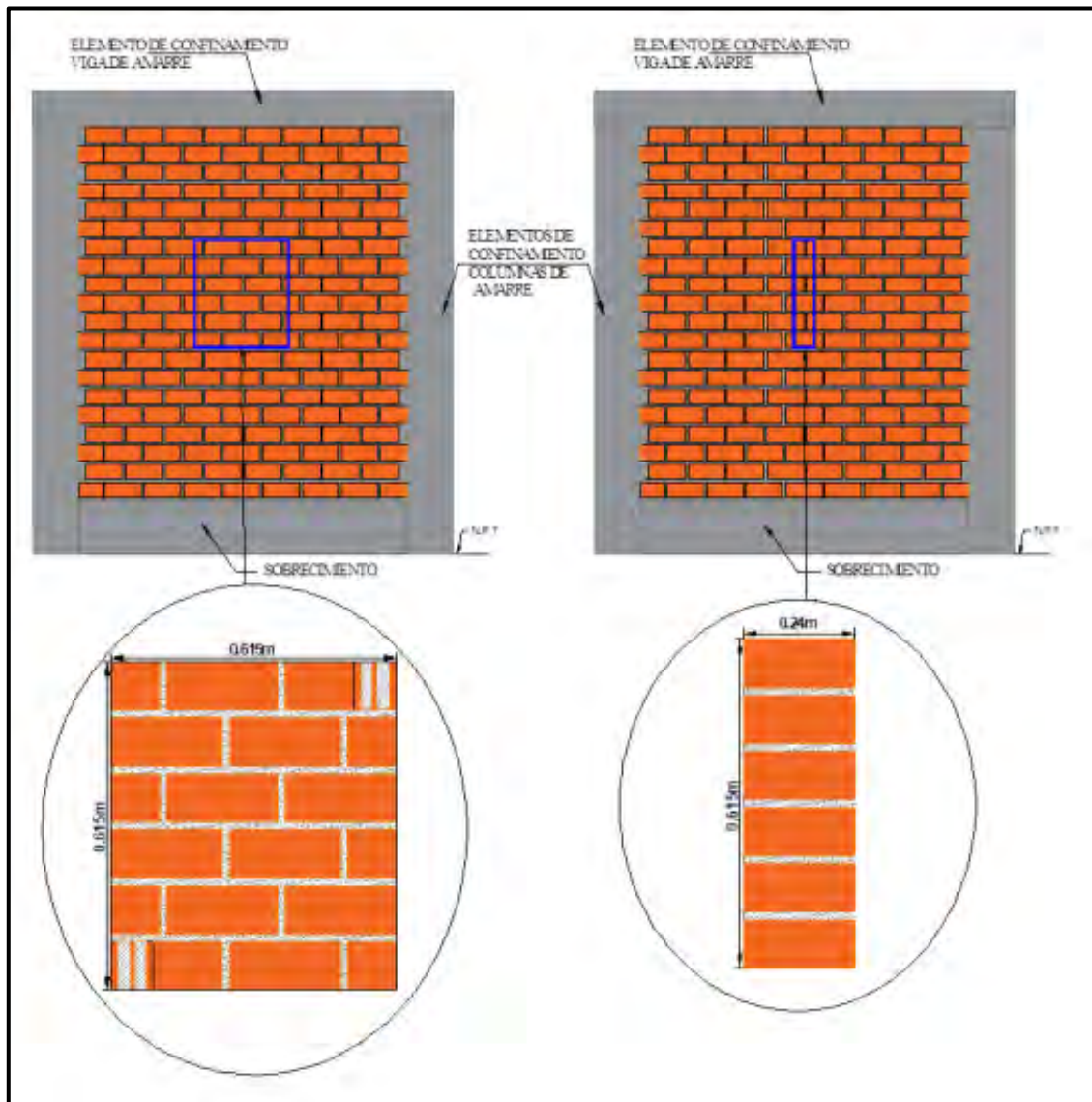
Tabla 18: Factores de corrección de f[']m por esbeltez

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: Norma E.070

El muro confinado se caracterizó mediante prismas de albañilería (pilas y muretes) Figura 43, el objetivo de realizar ensayos será conocer su comportamiento frente a esfuerzos de compresión axial y compresión diagonal (Cueto & Vilca, 2018).

Figura 43: Caracterización de la albañilería confinada mediante pilas y muretes



Fuente: Cueto & Vilca

2. Pilas de albañilería

Las pilas de albañilería son prismas compuestos por unidades de albañilería (ladrillos) enteras o cortadas con sierra, asentadas una sobre otra mediante mortero. La altura de los prismas no debe ser excesiva, a fin de facilitar su construcción, almacenaje y transporte desde la obra hacia el laboratorio.

Estas pilas, a la edad de 28 días, son ensayadas a compresión axial y los resultados se utilizan para diseñar estructuralmente los muros de los edificios y para controlar la calidad de la albañilería en la construcción.

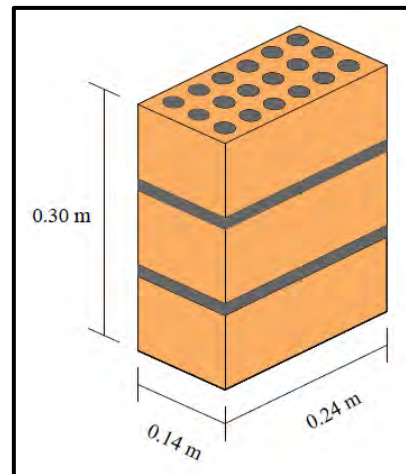
Sin embargo, la resistencia característica a compresión axial de las pilas ($f'm$) depende de la relación altura-espesor o esbeltez, por lo que La norma Peruana NTE E.070 establece que las pilas de albañilería no tendrán menos de 3 hiladas o 40 cm de altura (lo que sea mayor) y tendrán una relación altura entre espesor (esbeltez) no menor de 2 ni mayor que 5, de preferencia se debe utilizar una esbeltez igual a 5. Para corregir el valor de $f'm$ se debe multiplicar por un coeficiente que depende de la esbeltez del prisma que se muestra a continuación. (Bonilla, 2006)

2.1. Pilas de Albañilería sin Refuerzo

a) Materiales:

- Ladrillos de arcilla: King Kong H-9 (9x14x24)
- Mortero: Relación 1:4 (cemento: arena)
- Capping: Yeso de alta resistencia

Figura 44: Esquema de las pilas sin refuerzo



Fuente: Elaboración propia

b) Herramientas y equipo:

- Máquina para ensayos a compresión axial, provista para la aplicación de la carga.

c) Procedimiento:

- Humedecer las unidades de albañilería un día previo al asentado, por 30 minutos; debido a los resultados del ensayo de absorción realizado a la unidad.
- Preparar el mortero, con la relación 1:4 (cemento: arena), uniformizar la mezcla y agregar agua hasta obtener la consistencia adecuada.
- Apilar las unidades de albañilería una sobre otra uniéndolas con mortero, utilizando regla, nivel, cordel y plomada, verificándose la verticalidad usando la plomada y que las juntas sean de 1.5 cm aproximadamente, hasta alcanzar las 3 hiladas.
- Medir el prisma con aproximación de 1 mm, la longitud, ancho y altura.
- Almacenar las pilas a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días.
- Refrendar el prisma, en las zonas irregulares del prisma que recibirá la carga en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo a compresión axial, se utilizará un compuesto de azufre o con mezcla de cemento y yeso de alta resistencia.
- Colocar el prisma sobre el plato de carga inferior y se alinearan los ejes del prisma con el eje del centro de aplicación de la carga de la máquina.

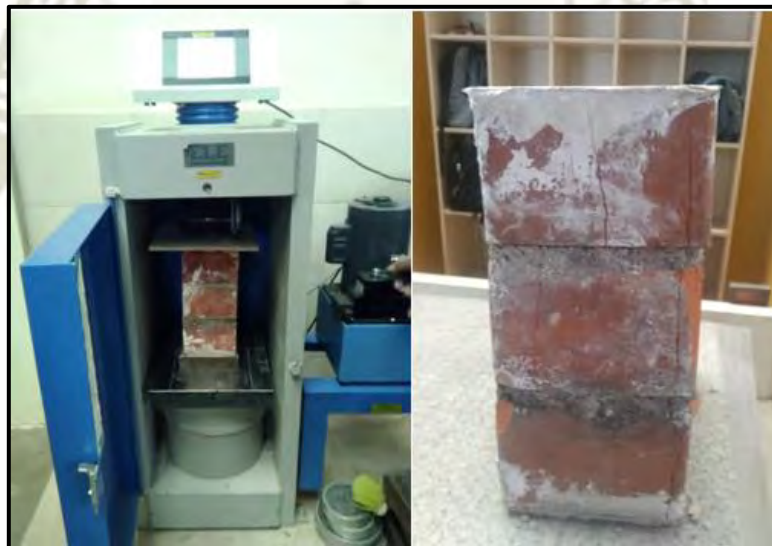
- Aplicar carga al prisma a una velocidad uniforme y continua, hasta alcanzar la carga máxima (Cueto & Vilca, 2018).

Figura 45: Asentado y colocación de capping en las pilas



Fuente: Elaboración propia

Figura 46: Pila antes y después de ensayo de compresión axial



Fuente: Elaboración propia

- d) Expresión de resultados: La resistencia a la compresión axial f'_m está definida como la carga máxima axial entre el área de la sección transversal. El cálculo de la resistencia en compresión axial f' se determinó con la ecuación:

$$f_m = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

f_m : Resistencia a la compresión axial de pila (kg/cm²)

P_{max} : Carga máxima resistida por la pila (kg)

A: Área neta de la sección transversal (cm²)

Luego se realiza la corrección por esbeltez, de acuerdo a la Tabla 17, se obtiene el valor promedio de f_m y la desviación estándar de las muestras ensayadas. La resistencia característica a compresión de la albañilería f'_m se obtiene al restar la desviación estándar a la resistencia promedio.

$$f'_m = f_m - \sigma$$

Los resultados de la resistencia característica a compresión axial de las pilas de albañilería sin refuerzo se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19: Resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería sin refuerzo (KK H-9)

Pila	Área (cm ²)	Pmax (kgf)	f_m (kg/cm ²)	Esbeltez (alt/esp)	Coefficiente de corrección	f'_m (kgf/cm ²)
1	332.01	19085	57.48	2.26	0.766	44.03
2	332.21	17923	53.95	2.26	0.766	41.33
3	328.94	17747	53.95	2.27	0.768	41.44
Promedio						42.26
Desviación Estándar						1.53
Promedio - Desviación Estándar						40.73

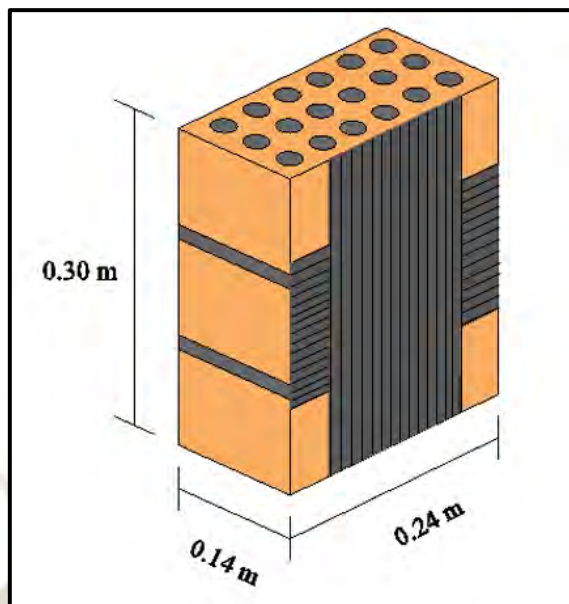
Fuente: Elaboración propia

2.2. Pilas de Albañilería con Refuerzo de Fibra de Carbono

a) Materiales:

- Ladrillos de arcilla: King Kong H-9 (9x14x24)
- Mortero: Relación 1:4 (cemento: arena)
- Capping: Yeso de alta resistencia
- Tejido de fibra de carbono: Sika Wrap 600c
- Epoxico de adherencia: SikaDur-301

Figura 47: Esquema de las pilas reforzadas con tejido de fibra de carbono



Fuente: Elaboración propia

b) Herramientas y equipo:

- Máquina para ensayos a compresión axial, provista para la aplicación de la carga.

c) Procedimiento:

- Humedecer las unidades de albañilería un día previo al asentado, por 30 minutos; debido a los resultados del ensayo de absorción realizado a la unidad.
- Preparar el mortero, con la relación 1:4 (cemento: arena), uniformizar la mezcla y agregar agua hasta obtener la consistencia adecuada.
- Apilar las unidades de albañilería una sobre otra uniéndolas con mortero, utilizando regla, cordel y plomada, verificándose la verticalidad usando la plomada y que las juntas sean de 1.5 cm aproximadamente, hasta alcanzar las 3 hiladas.
- Medir el prisma con aproximación de 1 mm, la longitud, ancho y altura.
- Almacenar las pilas a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días.
- Realizar un tratamiento superficial a la zona en que ira adherida el tejido de fibra de carbono, que consiste en desbastar la superficie del ladrillo lijándola

y luego limpiarla para dejarla libre de polvo o restos de lija, lo cual resulta fundamental para lograr una buena adherencia (Cueto & Vilca, 2018).

- Pegar el tejido de fibra de carbono, utilizando el epoxico de adherencia de 2 componentes a superficie de la pila, presionándolo suavemente para fijar su posición, luego se repasa la tela presionando con un rodillo rígido, y finalmente se aplicaba sobre la tela una segunda capa de pegamento para asegurar que el tejido queda completamente adherido.
- Refrendar el prisma, en las zonas irregulares del prisma que recibirá la carga en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo a compresión, se utilizará un compuesto de azufre o con mezcla de cemento y yeso de alta resistencia.
- Colocar el prisma sobre el plato de carga inferior y se alinearan los ejes del prisma con el eje del centro de aplicación de la carga de la máquina.
- Aplicar carga al prisma a una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, de modo que el ensayo demore entre 3 min y 4 min en alcanzar la carga máxima (Cueto & Vilca, 2018).

Figura 48: Asentado y colocación de pila con refuerzo de fibra de carbono



Fuente: Propia

Figura 49: Pilas antes y después de ensayo de compresión axial



Fuente: Propia

- d) Expresión de resultados: La resistencia a la compresión axial f'_m está definida como la carga máxima axial entre el área de la sección transversal. El cálculo de la resistencia en compresión axial f'_m se determinó con la ecuación:

$$f_m = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

f_m : Resistencia a la compresión axial de pila (kg/cm²)

P_{max} : Carga máxima resistida por la pila (kg)

A : Área neta de la sección transversal (cm²)

Luego se realiza la corrección por esbeltez, de acuerdo a la Tabla 17, se obtiene el valor promedio de f_m y la desviación estándar de las muestras ensayadas. La resistencia característica a compresión de la albañilería f'_m se obtiene al restar la desviación estándar a la resistencia promedio.

$$f'_m = f_m - \sigma$$

Los resultados de la resistencia característica a compresión axial de las pilas de albañilería reforzadas con tejido de fibra de carbono se muestran en la Tabla 20.

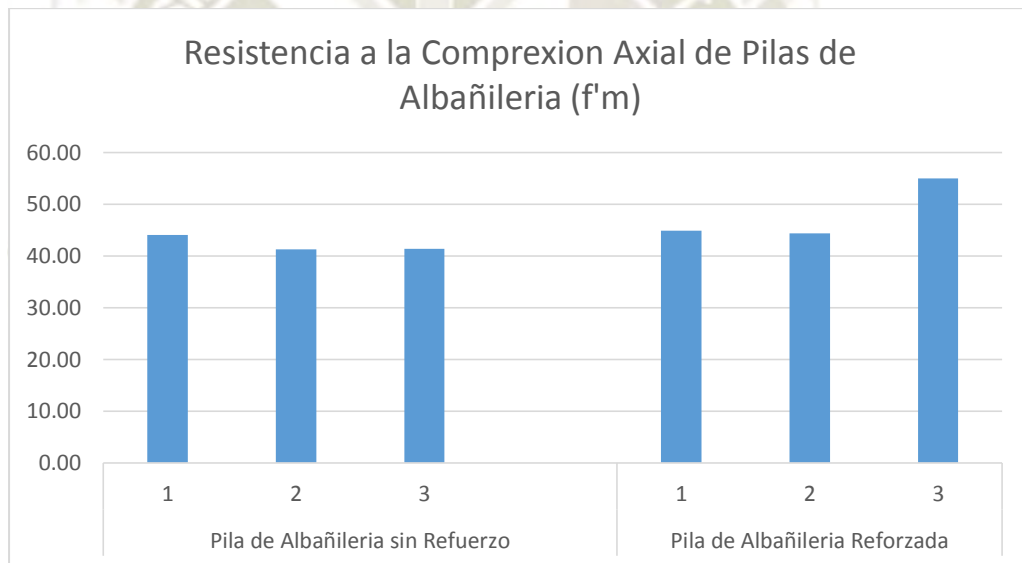
Tabla 20: Resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería reforzadas (KK H-9)

Pila	Área (cm ²)	Pmax (kgf)	f _m (kg/cm ²)	Esbeltez (alt/esp)	Coefficiente de corrección	f _m (kgf/cm ²)
4	332.01	19367	58.33	2.28	0.769	44.86
5	333.41	19198	57.58	2.29	0.771	44.40
6	332.50	23778	71.51	2.28	0.769	54.99
Promedio						48.08
Desviación Estándar						5.99
Promedio - Desviación Estándar						42.09

Fuente: Elaboración Propia

2.3.Resultados y Discusión

Figura 50: Cuadro comparativo de ensayo de compresión axial de pilas



Fuente: Elaboración Propia

3. Muretes de Albañilería

Los muretes de albañilería, son muros cuadrados con una dimensión mínima de por lo menos 60 cm x 60 cm, abarcando por lo menos dos unidades enteras de albañilería por hilada, a fin de obtener resultados representativos.

Para los ensayos realizados se construyeron 3 muretes de albañilería sin refuerzo y 3 muretes de albañilería con refuerzo de fibra de carbono, con el objetivo de determinar la resistencia a corte ($V'm$), permitiendo así predecir el tipo de falla de los muros de albañilería y también el tipo de falla de los muros a escala natural.

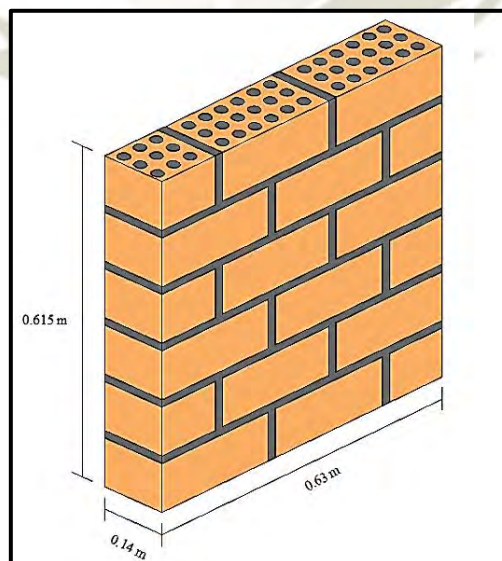
La resistencia de la albañilería a corte ($V'm$), se determinará mediante ensayos de prismas recurriendo a la norma peruana NTE E.070 y a lo indicado en la NTP 399.621 (Peralta, 2007).

3.1. Muretes de Albañilería sin Refuerzo

a) Materiales:

- Ladrillos de arcilla: King Kong H-9 (9x14x24)
- Mortero: Relación 1:4 (cemento: arena)
- Capping: Yeso de alta resistencia

Figura 51: Esquema de muretes sin refuerzo



Fuente: Propia

b) Equipo y herramientas:

- Máquina para ensayos a compresión diagonal, provista para la aplicación de la carga.

c) Procedimiento:

- Humedecer las unidades de albañilería un día previo al asentado, por 30 minutos; debido a los resultados del ensayo de absorción realizado a la unidad.
- Preparar el mortero, con la relación 1:4 (cemento: arena), uniformizar la mezcla y agregar agua hasta obtener la consistencia adecuada.
- Apilar las unidades de albañilería una sobre otra uniéndolas con mortero, utilizando regla, cordel y plomada, verificándose la verticalidad usando la plomada y que las juntas verticales y horizontales sean de 1.5 cm aproximadamente, las longitudes del murete serán de aproximadamente de 60 cm x 60 cm.
- Rellenar los alveolos de los ladrillos con mortero, en la parte de los ladrillos que estén en contacto con los cabezales angulares metálicos, a fin de evitar fallas locales al momento de realizar el ensayo.
- Almacenar las pilas a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días.
- Medir el murete con aproximación de 1 mm, la longitud, ancho y altura.
- Refrendar el prisma, en las zonas irregulares del prisma que recibirá la carga en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo a compresión diagonal, se utilizará un compuesto de azufre o con mezcla de cemento y yeso de alta resistencia.
- Colocar el prisma, verificando la posición correcta del mismo, centrando los cabezales tanto superior como inferior.
- Aplicar carga al prisma a una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, de modo que el ensayo demore entre 3 min y 4 min en alcanzar la carga máxima.

Figura 52: Asentado y refrendado de murete



Fuente: Propia

Figura 53: Murete sin refuerzo antes y después de ensayo de compresión diagonal



Fuente: Propia

- d) Expresión de resultados: El valor de la resistencia a compresión diagonal v_m , se obtiene de la relación de la máxima carga que resiste el murete entre el área diagonal del murete. El cálculo de la resistencia en compresión diagonal se determinó con la ecuación:

$$v_m = \frac{P_{max}}{A_d}$$

Donde:

v_m : Resistencia a compresión diagonal de murete (kg/cm²)

P_{max} : Fuerza máxima que resiste el murete (kg)

A_d : Área diagonal del murete (cm²) calculada como:

$$A_d = longitud\ diagonal \times espesor$$

La resistencia característica a corte puro de la albañilería v'_m se obtiene restando la desviación estándar a la resistencia a corte puro promedio de los muretes ensayados.

$$v'_m = v_m - \sigma$$

Los resultados de la resistencia característica a compresión diagonal de los muretes sin refuerzo se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21: Compresión diagonal de muretes de albañilería sin refuerzo

Murete	l (cm)	t (cm)	h (cm)	d (cm)	Area (cm ²)	P_{max} (kg)	V'_m (kg/cm ²)
M-1	62.20	14.10	61.20	87.27	1230.51	7709	6.26
M-2	62.00	14.00	61.10	87.10	1219.40	7709	6.32
M-3	62.20	14.00	61.00	87.10	1219.40	7709	6.32
Promedio							6.29
Desviación estándar							0.04
Promedio - desviación estándar							6.26

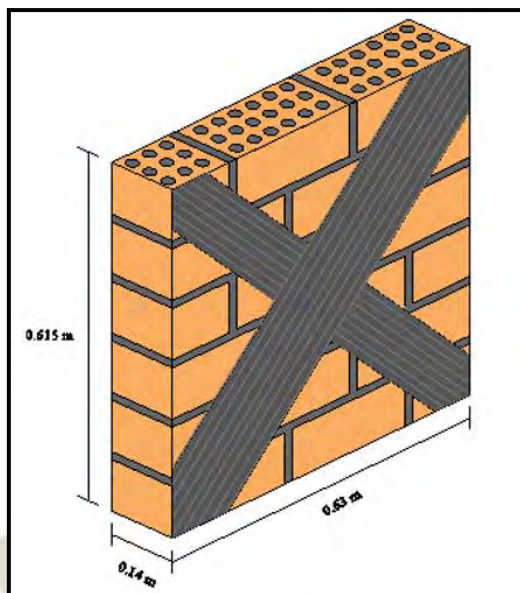
Fuente: Elaboración propia

3.2.Muretes de Albañilería con Refuerzo de Tejido de Fibra de Carbono

a) Materiales:

- Ladrillos de arcilla: King Kong H-9 (9x14x24)
- Mortero: Relación 1:4 (cemento: arena)
- Capping: Yeso de alta resistencia
- Tejido de fibra de carbono: Sika Wrap 600c
- Epoxico de adherencia: SikaDur-301

Figura 54: Murete con refuerzo de fibra de carbono



Fuente: Propia

b) Equipo y herramientas:

- Máquina para ensayos a compresión diagonal, provista para la aplicación de la carga.

c) Procedimiento:

- Humedecer las unidades de albañilería un día previo al asentado, por 30 minutos; debido a los resultados del ensayo de absorción realizado a la unidad.
- Preparar el mortero, con la relación 1:4 (cemento: arena), uniformizar la mezcla y agregar agua hasta obtener la consistencia adecuada.
- Apilar las unidades de albañilería una sobre otra uniéndolas con mortero, utilizando regla, cordel y plomada, verificándose la verticalidad usando la plomada y que las juntas verticales y horizontales sean de 1.5 cm aproximadamente, las longitudes del murete serán de aproximadamente de 60 cm x 60 cm.
- Medir el prisma con aproximación de 1 mm, la longitud, ancho y altura.
- Almacenar las pilas a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días.
- Realizar un tratamiento superficial a la zona en que ira adherida el tejido de fibra de carbono, que consiste en desbastar la superficie del ladrillo lijándola y luego limpiarla para dejarla libre de polvo o restos de lija, lo cual resulta fundamental para lograr una buena adherencia.

- Pegar el tejido de fibra de carbono, utilizando el epoxico de adherencia de 2 componentes a superficie de la pila, presionándolo suavemente para fijar su posición, luego se repasa la tela presionando con un rodillo rígido, y finalmente se aplicaba sobre la tela una segunda capa de pegamento para asegurar que el tejido queda completamente adherido.
- Refrendar el prisma, en las zonas irregulares del prisma que recibirá la carga en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo a compresión diagonal, se utilizará un compuesto de mezcla de cemento y yeso de alta resistencia.
- Colocar el prisma, verificando la posición correcta del mismo, centrando los cabezales tanto superior como inferior.
- Aplicar carga al prisma a una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, de modo que el ensayo demore entre 3 min y 4 min en alcanzar la carga máxima.

Figura 55: Asentado de muro de albañilería



Fuente: Propia

Figura 56: Limpieza y colocación de fibra de carbono



Fuente: Propia

Figura 57: Murete con refuerzo de fibra de carbono antes y después de ensayo de compresión diagonal



Fuente: Propia

- d) Expresión de resultados: El valor de la resistencia a compresión diagonal v'_m , se obtiene de la relación de la máxima carga que resiste el murete entre el área diagonal del murete. El cálculo de la resistencia en compresión diagonal se determinó con la ecuación:

$$v'_m = \frac{P_{max}}{A_d}$$

Donde:

v_m : Resistencia a compresión diagonal de murete (kg/cm²)

P_{max} : Fuerza máxima que resiste el murete (kg)

A_d : Área diagonal del murete (cm²) calculada como:

$$Ad = \text{longitud diagonal} \times \text{espesor}$$

La resistencia característica a corte puro de la albañilería v'_m se obtiene restando la desviación estándar a la resistencia a corte puro promedio de los muretes ensayados.

$$v'_m = v_m - \sigma$$

Los resultados de la resistencia característica a compresión diagonal de los muretes reforzados con tejido de fibra de carbono se muestran en la Tabla 22.

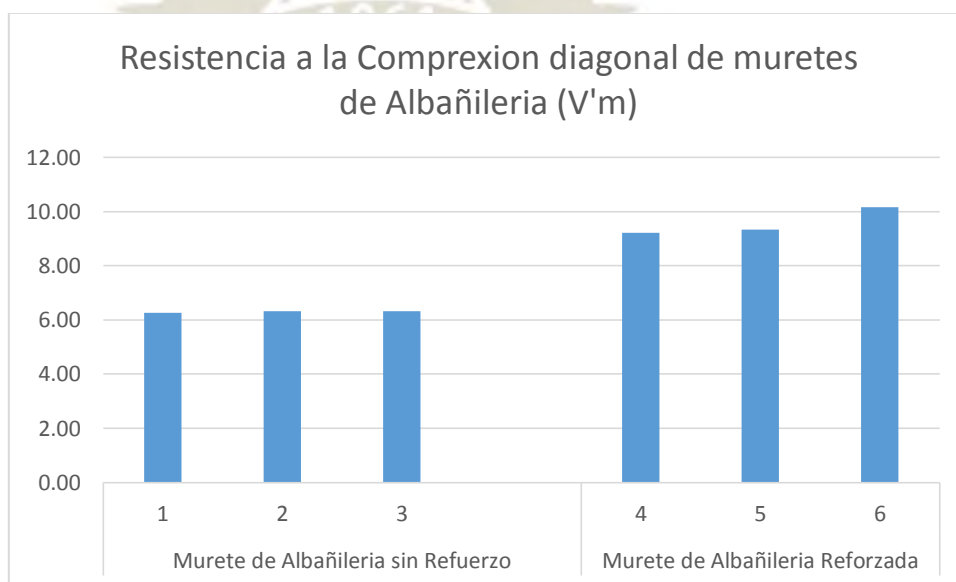
Tabla 22: Compresión diagonal de muretes de albañilería con refuerzo de fibra de carbono

Murete	l (cm)	t (cm)	h (cm)	d (cm)	Area (cm ²)	Pmax (kg)	V'm (kg/cm ²)
M-4	61.70	14.10	61.20	86.30	1216.83	11213	9.21
M-5	61.30	14.00	60.10	85.80	1201.20	11213	9.33
M-6	61.30	13.90	60.30	86.00	1195.40	12147	10.16
Promedio							9.57
Desviación estándar							0.42
Promedio - desviación estándar							9.15

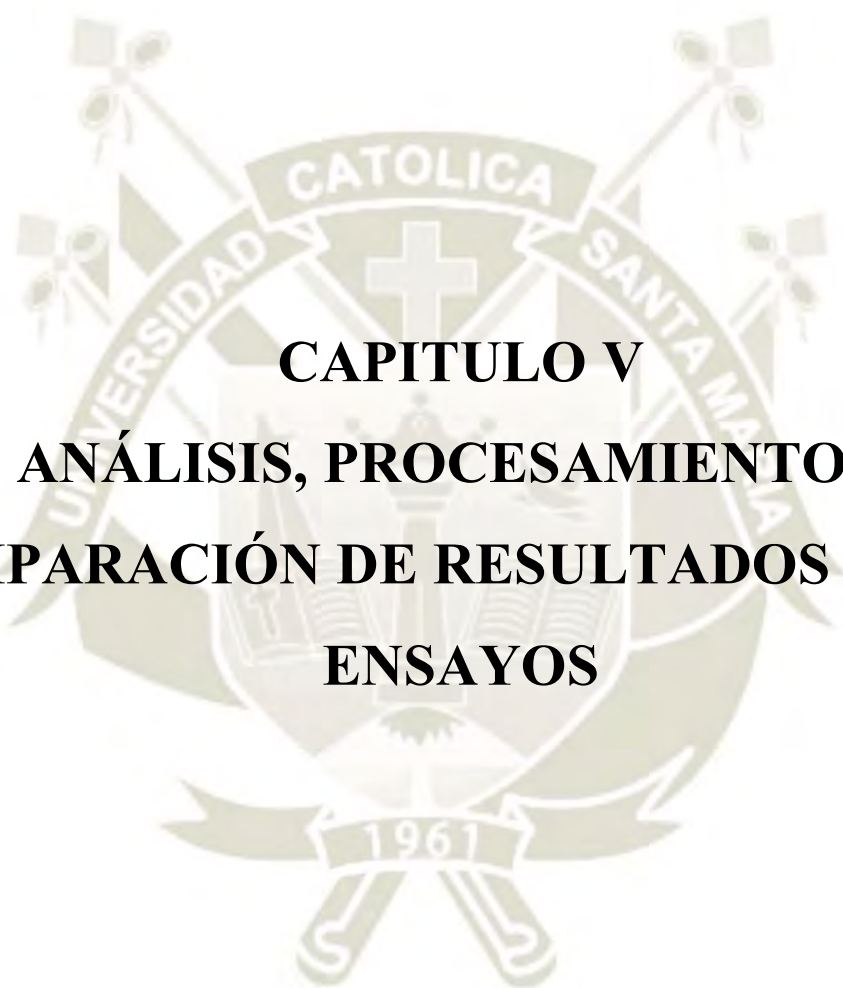
Fuente: Elaboración propia

3.3. Resultados y Discusión

Figura 58: Cuadro comparativo de ensayo de compresión diagonal de muretes



Fuente: Elaboración propia



CAPITULO V
ANÁLISIS, PROCESAMIENTO Y
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS
ENSAYOS

1. Comparación de Resistencia Característica a Compresión Axial

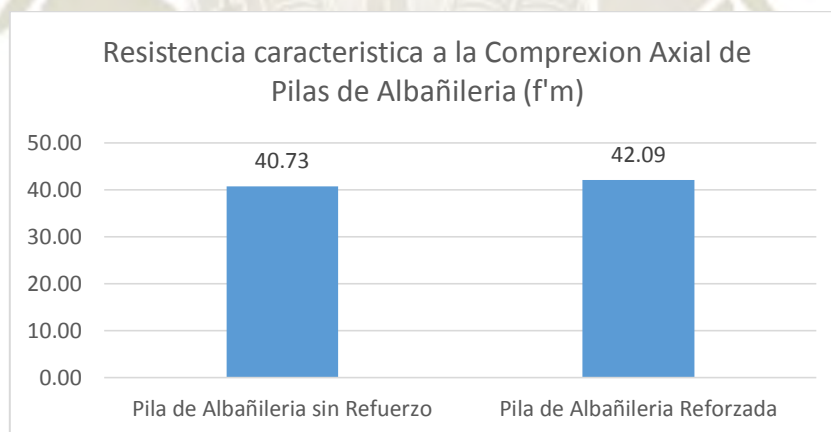
La resistencia característica a la compresión axial (f_m) de las pilas sin refuerzo determinada de los ensayos es 40.73 kgf/cm², mientras que la resistencia característica a la compresión axial de las pilas reforzadas con fibra de carbono es 42.09 kgf/cm². Haciendo un cuadro y grafica comparativo se puede apreciar que las pilas reforzadas presentan un aumento de 3.34 % de la resistencia característica a la compresión axial en pilas sin refuerzo.

Tabla 23: Comparación de resistencia característica a la compresión axial de pilas

Resistencia característica a la compresión axial de pilas de albañilería (f_m)	
	f_m (kgf/cm ²)
Pila de albañilería sin refuerzo	40.73
Pila de albañilería reforzada	42.09
Variación	1.36
% de variación	3.34

Fuente: Elaboración propia

Figura 59: Comparación de resistencia característica a la compresión axial de pilas



Fuente: Elaboración propia

2. Comparación de Resistencia Característica a Compresión Diagonal

La resistencia característica a la compresión diagonal (v_m) de los muretes sin refuerzo determinada de los ensayos es 6.25 kgf/cm², mientras que la resistencia característica a la compresión diagonal de los muretes reforzadas con fibra de carbono es 9.19 kgf/cm². Haciendo un cuadro y grafica comparativo se puede apreciar que las pilas reforzadas

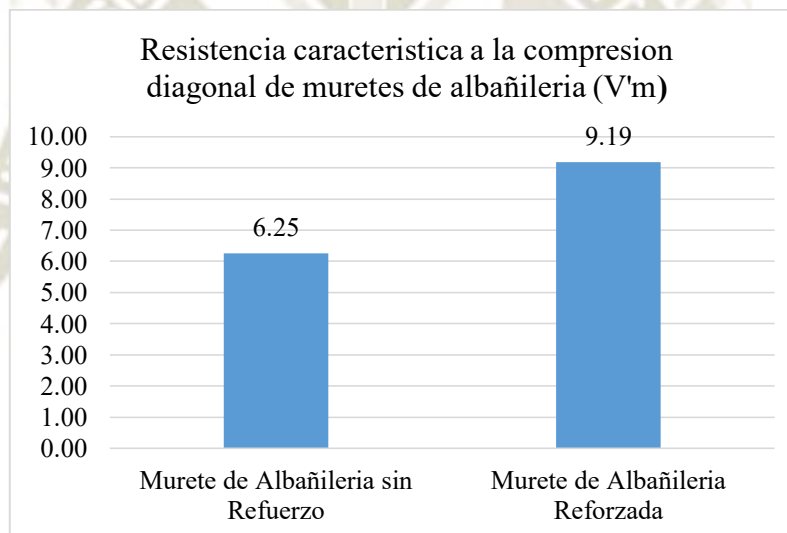
presentan un aumento de 47.04 % de la resistencia característica a la compresión diagonal en muretes sin refuerzo.

Tabla 24: Comparación de resistencia característica a la compresión diagonal de muretes

Resistencia característica a la compresión diagonal de muretes de albañilería (v'm)	
	v'm (kgf/cm ²)
Murete de Albañilería sin Refuerzo	6.25
Murete de Albañilería Reforzada	9.19
Variación	2.94
% de variación	47.04

Fuente: Elaboración propia

Figura 60: Comparación de resistencia característica a la compresión diagonal de muretes



Fuente: Elaboración propia

3. Análisis del Tipo de Falla en Prisma

3.1. Fallas en Pilas de Albañilería

3.1.1. Falla en Pilas de Albañilería sin Refuerzo

Tabla 25: Tipos de fallas en pilas sin refuerzo

Pilas	Tipo de falla
 <p style="text-align: center;">P-1</p>	<p>El tipo de falla fue por compresión. Se observa grietas verticales pequeñas que atraviesan las unidades y el mortero.</p>
 <p style="text-align: center;">P-2</p>	<p>El tipo de falla fue por compresión. Se observa grietas verticales pequeñas que atraviesan las unidades y el mortero.</p>
 <p style="text-align: center;">P-3</p>	<p>El tipo de falla fue por compresión. Se observa grietas verticales pequeñas que atraviesan las unidades y el mortero. También se puede observar que trozos de la unidad salieron despedidos pudiéndose observar la cara interior de las perforaciones.</p>

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Falla en Pilas de Albañilería con Refuerzo

Tabla 26: Tipos de fallas en pilas con refuerzo de fibra de carbono

Pilas	Tipo de fallas
 <p style="text-align: center;">P-4</p>	<p>El tipo de falla fue por compresión, se puede apreciar que en la cara reforzada no se forman grietas ni se observa desprendimiento del refuerzo mientras que la cara que no está reforzada se forman grandes grietas verticales que desprenden parte de la unidad.</p>
 <p style="text-align: center;">P-5</p>	<p>El tipo de falla fue por compresión, se puede apreciar que en la cara reforzada no se aprecia grietas ni desprendimiento del refuerzo mientras que la cara que no se reforzó se formó una grieta vertical que desprendió parte de la unidad.</p>
 <p style="text-align: center;">P-6</p>	<p>El tipo de falla fue por compresión, se puede apreciar que en el área que no se encuentra reforzada se formaron grietas verticales que atraviesan la unidad y el mortero mientras que en el área que se encuentra reforzada no se aprecia grietas ni desprendimiento del refuerzo.</p>

Fuente: Elaboración propia

3.2. Falla en Muretes de Albañilería

3.2.1. Falla en Muretes sin Refuerzo

Tabla 27: Murete sin refuerzo M-1



M-1: El tipo de falla fue por corte. El murete fallo explosivamente formando una grieta principal en la diagonal del murete que atravesó en ciertos tramos la unidad y el mortero y en otros solo paso el mortero.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Murete sin refuerzo M-2



M-2: El tipo de falla fue por corte. El murete fallo explosivamente formando una grieta principal en la diagonal del murete que atravesó en ciertos tramos la unidad y el mortero y en otros solo paso el mortero.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Murete sin refuerzo M-3



M-3: El tipo de falla fue por corte. El murete fallo explosivamente formando una grieta principal en la diagonal del murete que atravesó en mayor parte la unidad y el mortero y en otros solo paso el mortero.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Falla en Muretes con Refuerzo

Tabla 30: Murete con refuerzo M-4



M-4: El tipo de falla fue por aplastamiento. Se puede observar que se presentó falla local, el ladrillo se aplasto en las esquinas que se aplica la carga. Se puede observar que el reforzamiento con fibra de carbono creó un confinamiento con el murete.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Murete con refuerzo M-5



Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Murete sin refuerzo M-6



Fuente: Elaboración propia



CAPITULO VI
APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE
ALBAÑILERÍA CONFINADA

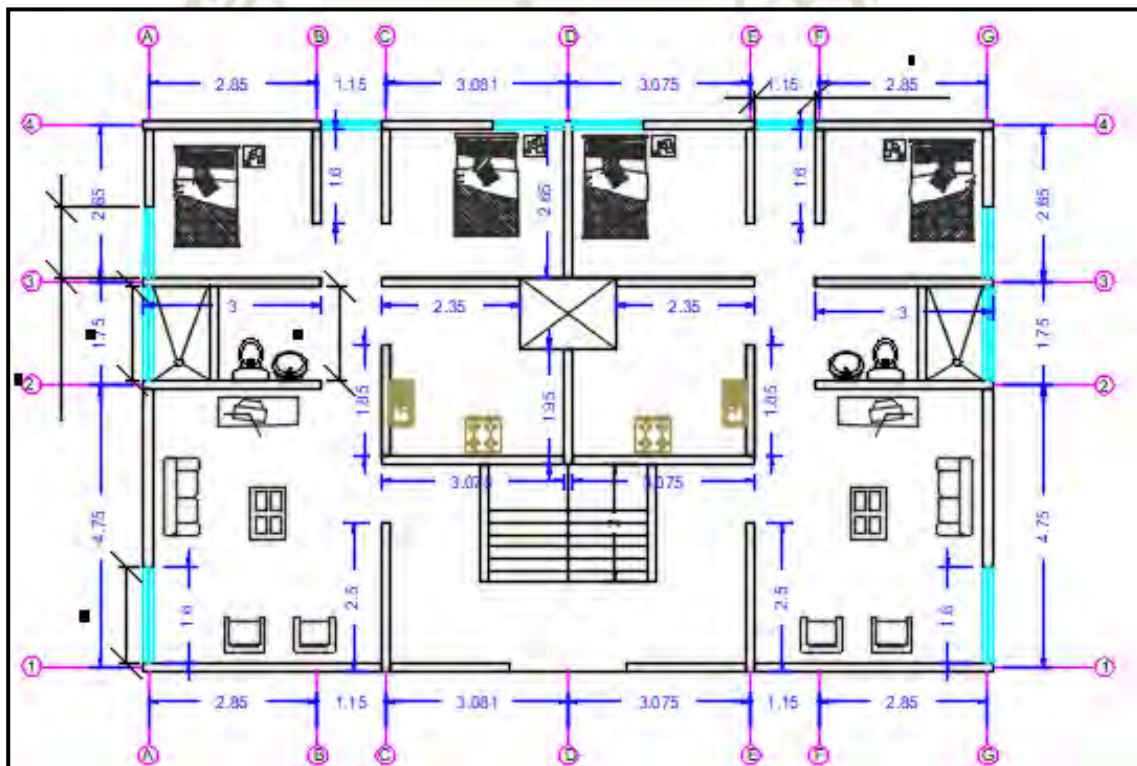
1. Especificaciones Generales

En este capítulo se realiza el análisis estructural y el diseño en albañilería confinada de un edificio de 3 pisos; con la finalidad de aplicar los resultados obtenidos de los ensayos realizados en los capítulos anteriores.

1.1. Datos Generales del Proyecto

- Ubicación: Arequipa
- N° de pisos: 03
- Uso: Vivienda
- Sistema estructural: Albañilería confinada

Figura 61: Planta típica del edificio



Fuente: Elaboración propia

1.2. Normas Empleadas

- Metrado de cargas : Norma E.020 de Cargas

- Análisis Sísmico : Norma E.030 de Diseño Sismo Resistente
- Diseño e albañilería: Norma E.070 de Albañilería.

1.3. Propiedades de los Materiales

a) Albañilería

- Ladrillos de arcilla: King Kong H-9 (9x14x24 cm)
- Mortero: Tipo P2, 1:4 (cemento: arena)
- Resistencia a compresión de la unidad: $f'_{b} = 103.30 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia característica a compresión axial en pilas: $f'_{m} = 40.73 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia característica a compresión diagonal en muretes: $v'_{m} = 6.25 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad E_m : $500 f'_{m} = 20\,365 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Corte: $G_m = 0.4 E_m = 8\,146 \text{ kg/cm}^2$

b) Albañilería reforzada

- Ladrillos de arcilla: King Kong H-9 (9x14x24 cm)
- Mortero: Tipo P2, 1:4 (cemento: arena)
- Resistencia a compresión de la unidad: $f'_{b} = 103.30 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia característica a compresión axial en pilas: $f'_{m} = 42.44 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia característica a compresión diagonal en muretes: $v'_{m} = 9.19 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad E_m : $500 f'_{m} = 21\,220 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Corte: $G_m = 0.4 E_m = 8\,488 \text{ kg/cm}^2$

1.4. Cargas Unitarias

- Concreto armado: 2.4 ton/m²
- Albañilería: 1.8 ton/m²
- Losa aligerada: 0.3 ton/m²
- Sobrecarga: 0.2 ton/m²
- Sobrecarga azotea: 0.1 ton/m²
- Acabados: 0.1 ton/m²

- Secciones verticales típicas:

Figura 62: Detalle secciones verticales típicas



Fuente: Elaboración propia

1.5. Predimensionamiento

1.5.1. Losa Aligerada

Para el dimensionamiento de la losa aligerada se considerará la siguiente expresión:

$$h \geq \frac{Ln}{25} = \frac{4.60}{25} = 0.18 \text{ m}$$

Donde:

h: Espesor de la losa aligerada (m)

Ln: Luz libre del tramo mayor (m)

Con la finalidad de uniformizar espesores, se tomará un espesor de losa de 0.20 m.

1.5.2. Vigas

De acuerdo a la norma RNE E.070, el peralte mínimo de las vigas soleras será igual al espesor de la losa de techo, es decir 0.20 cm.

1.5.3. Columnas

De acuerdo a la norma RNE E.070, el peralte mínimo de las columnas de confinamiento será de 0.15 m.

1.5.4. Muros Portantes

El espesor efectivo para las zonas sísmicas 2 y 3 se determinará con la siguiente expresión:

$$t \geq \frac{h}{20} = \frac{2.40}{20} = 0.12 \text{ m}$$

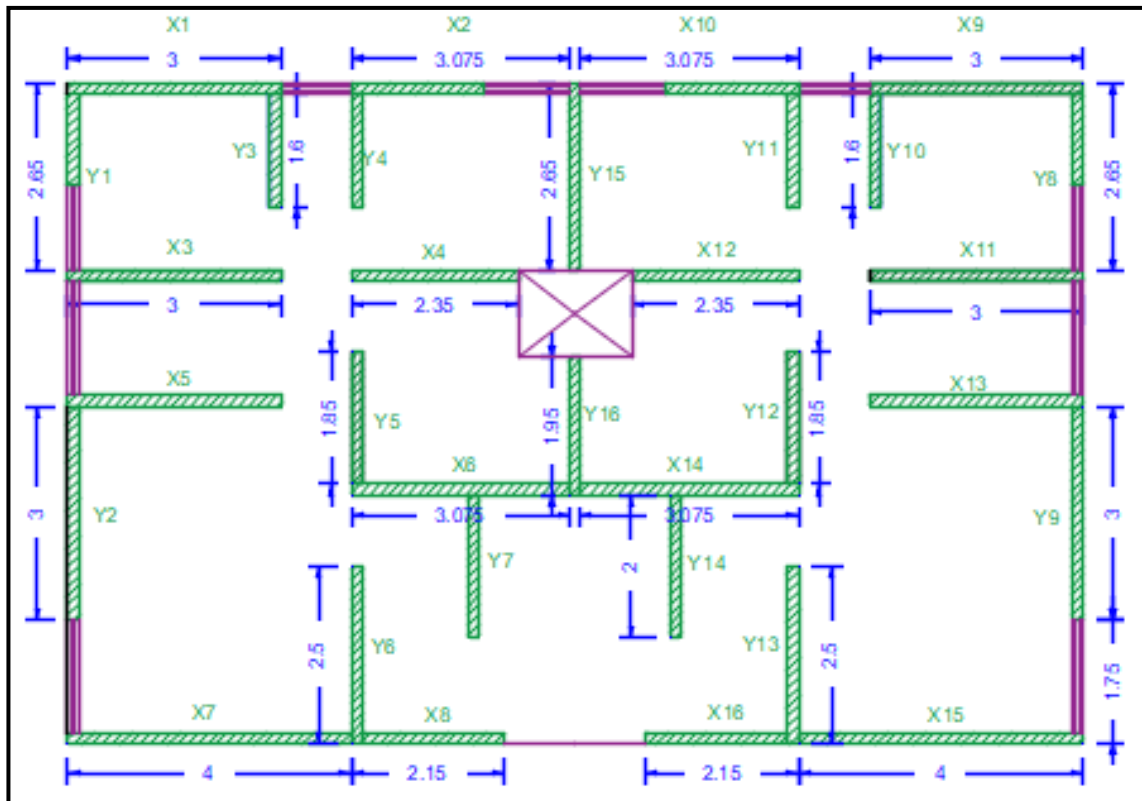
Donde:

h: Altura libre entre los elementos de arriostre horizontales (m)

Por tanto, se utilizará amarre de soga con un espesor 0.14 m.

2. Análisis de los Muros Portantes sin Refuerzo

Figura 63: Estructuración de los muros portantes sin refuerzo



Fuente: Elaboración propia

2.1. Verificación de la Densidad de Muros

Se debe calcular la densidad mínima de muros portantes de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Arede corte de los muros reforzados}}{\text{Area de la planta típica}} = \frac{\sum Lt}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Donde:

L: Longitud total del muro incluyendo columnas (m), sólo intervienen muros con $L > 1.2$ m

t: Espesor efectivo del muro (m)

A_p : Área de la planta típica (m²)

N: Número de pisos del edificio, N = 3

Z: Factor de zona sísmica, Arequipa (zona 3), $Z = 0.35$

U: Factor de uso, Edificio de vivienda (categoría C), $U = 1$

S: Factor de suelo (intermedio), $S = 1.15$

Por lo tanto:

$$\frac{ZUSN}{56} = \frac{0.35 \times 1 \times 1.15 \times 3}{56} = 0.022$$

Tabla 33: Densidad de muros en X e Y

Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Muro	L (m)	t (m)	L x t (m ²)	Muro	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
X1	3.00	0.14	0.42	Y1	1.3	0.14	0.18
X2	1.88	0.14	0.26	Y2	3	0.14	0.42
X3	3.00	0.14	0.42	Y3	1.6	0.14	0.22
X4	2.35	0.14	0.33	Y4	1.6	0.14	0.22
X5	3.00	0.14	0.42	Y5	1.85	0.14	0.26
X6	3.08	0.14	0.43	Y6	2.5	0.14	0.35
X7	4.00	0.14	0.56	Y7	2	0.14	0.28
X8	2.00	0.14	0.28	Y8	1.3	0.14	0.18
X9	3.00	0.14	0.42	Y9	3	0.14	0.42
X10	1.88	0.14	0.26	Y10	1.6	0.14	0.22
X11	3.00	0.14	0.42	Y11	1.6	0.14	0.22
X12	2.35	0.14	0.33	Y12	1.85	0.14	0.26
X13	3.00	0.14	0.42	Y13	2.5	0.14	0.35
X14	3.08	0.14	0.43	Y14	2	0.14	0.28
X15	4.00	0.14	0.56	Y15	2.65	0.14	0.37
X16	2.00	0.14	0.28	Y16	1.95	0.14	0.27
SUMA L x t sentido X			6.24	SUMA L x t sentido Y			4.52
Área techada (Ap)			138.07	Área techada (Ap)			138.07
$\Sigma L \times t / Ap$			0.045	$\Sigma L \times t / Ap$			0.033
ZUSN/56 =		0.022	OK	ZUSN/56 =		0.022	OK

Fuente: Elaboración propia

2.2.Revisión del Esfuerzo Axial

El esfuerzo axial máximo (σ_m) producido por la carga de gravedad máxima de servicio (P_m), incluyendo el 100% de la sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L x t} \leq 0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m$$

Dónde:

σ_m : Esfuerzo máximo axial

P_m : Carga de gravedad máxima de servicio

t : Espesor del muro

L : Longitud del muro

f'_m : Resistencia característica a la compresión axial

h : Altura del muro

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 ”.

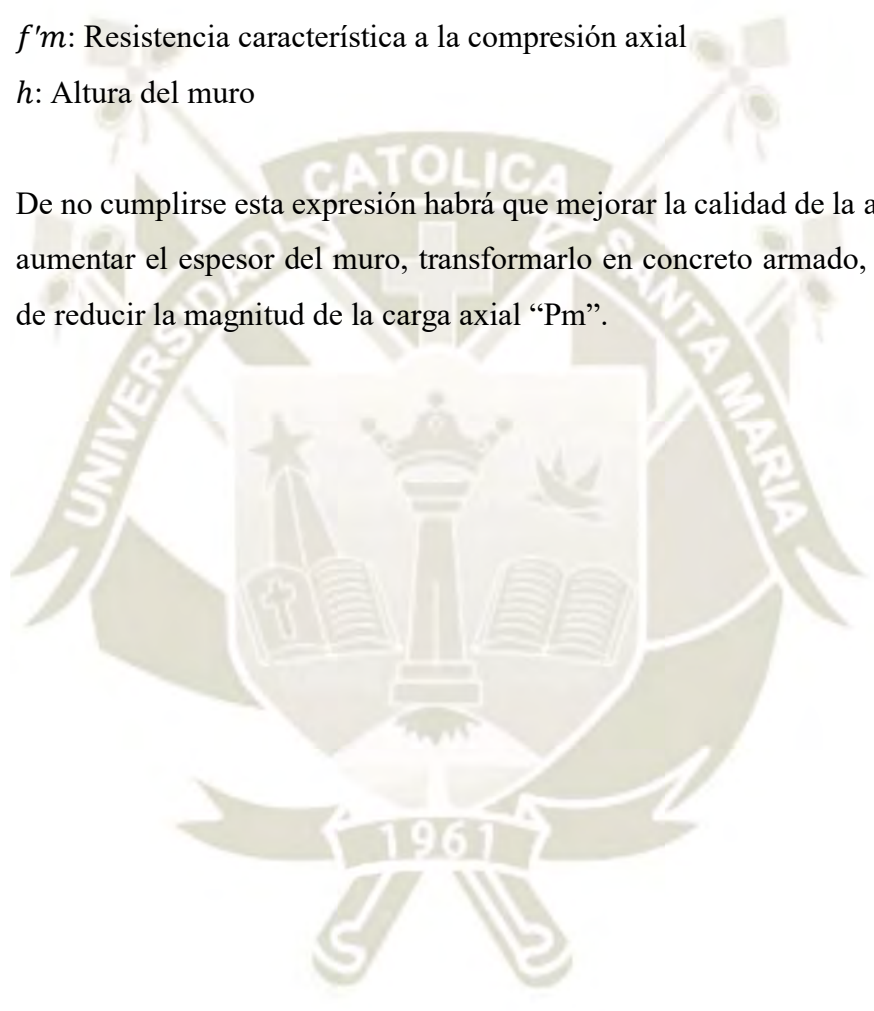


Tabla 34: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (1° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Área tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
X1	0.14	3.00	4.20	1.81	1.26	0.42	10.48	2.10	12.58	3.00	6.19	6.11	OK
X2	0.14	1.88	2.63	1.13	0.79	0.26	6.55	1.31	7.86	3.00	6.19	6.11	OK
X3	0.14	3.00	6.60	1.81	1.98	0.66	13.36	3.30	16.66	3.97	6.19	6.11	OK
X4	0.14	2.35	6.64	1.42	1.99	0.66	12.23	3.32	15.55	4.73	6.19	6.11	OK
X5	0.14	3.00	2.85	1.81	0.86	0.29	8.86	1.43	10.29	2.45	6.19	6.11	OK
X6	0.14	3.08	9.99	1.86	3.00	1.00	17.57	5.00	22.57	5.24	6.19	6.11	OK
X7	0.14	4.00	0.00	2.42	0.00	0.00	7.26	0.00	7.26	1.30	6.19	6.11	OK
X8	0.14	2.00	3.65	1.21	1.10	0.37	8.01	1.83	9.83	3.51	6.19	6.11	OK
X9	0.14	3.00	4.20	1.81	1.26	0.42	10.48	2.10	12.58	3.00	6.19	6.11	OK
X10	0.14	1.88	2.63	1.13	0.79	0.26	6.55	1.31	7.86	3.00	6.19	6.11	OK
X11	0.14	3.00	6.60	1.81	1.98	0.66	13.36	3.30	16.66	3.97	6.19	6.11	OK
X12	0.14	2.35	6.64	1.42	1.99	0.66	12.23	3.32	15.55	4.73	6.19	6.11	OK
X13	0.14	3.00	2.85	1.81	0.86	0.29	8.86	1.43	10.29	2.45	6.19	6.11	OK
X14	0.14	3.08	9.99	1.86	3.00	1.00	17.57	5.00	22.57	5.24	6.19	6.11	OK
X15	0.14	4.00	0.00	2.42	0.00	0.00	7.26	0.00	7.26	1.30	6.19	6.11	OK
X16	0.14	2.00	3.65	1.21	1.10	0.37	8.01	1.83	9.83	3.51	6.19	6.11	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (1° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Área tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
Y1	0.14	1.30	0.00	0.79	0.00	0.00	2.36	0.00	2.36	1.30	6.19	6.11	OK
Y2	0.14	3.00	6.23	1.81	1.87	0.62	12.91	3.11	16.03	3.82	6.19	6.11	OK
Y3	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	2.90	0.00	2.90	1.30	6.19	6.11	OK
Y4	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	2.90	0.00	2.90	1.30	6.19	6.11	OK
Y5	0.14	1.85	0.00	1.12	0.00	0.00	3.36	0.00	3.36	1.30	6.19	6.11	OK
Y6	0.14	2.50	5.19	1.51	1.56	0.52	10.76	2.59	13.35	3.82	6.19	6.11	OK
Y7	0.14	2.00	0.00	1.21	0.00	0.00	3.63	0.00	3.63	1.30	6.19	6.11	OK
Y8	0.14	1.30	0.00	0.79	0.00	0.00	2.36	0.00	2.36	1.30	6.19	6.11	OK
Y9	0.14	3.00	6.23	1.81	1.87	0.62	12.91	3.11	16.03	3.82	6.19	6.11	OK
Y10	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	2.90	0.00	2.90	1.30	6.19	6.11	OK
Y11	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	2.90	0.00	2.90	1.30	6.19	6.11	OK
Y12	0.14	1.85	0.00	1.12	0.00	0.00	3.36	0.00	3.36	1.30	6.19	6.11	OK
Y13	0.14	2.50	5.19	1.51	1.56	0.52	10.76	2.59	13.35	3.82	6.19	6.11	OK
Y14	0.14	2.00	0.00	1.21	0.00	0.00	3.63	0.00	3.63	1.30	6.19	6.11	OK
Y15	0.14	2.65	0.00	1.60	0.00	0.00	4.81	0.00	4.81	1.30	6.19	6.11	OK
Y16	0.14	1.95	0.00	1.18	0.00	0.00	3.54	0.00	3.54	1.30	6.19	6.11	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (2° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Area tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L x t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
X1	0.14	3.00	4.20	1.81	1.26	0.42	6.99	1.26	8.25	1.96	6.19	6.11	OK
X2	0.14	1.88	2.63	1.13	0.79	0.26	4.37	0.79	5.16	1.96	6.19	6.11	OK
X3	0.14	3.00	6.60	1.81	1.98	0.66	8.91	1.98	10.89	2.59	6.19	6.11	OK
X4	0.14	2.35	6.64	1.42	1.99	0.66	8.15	1.99	10.15	3.08	6.19	6.11	OK
X5	0.14	3.00	2.85	1.81	0.86	0.29	5.91	0.86	6.76	1.61	6.19	6.11	OK
X6	0.14	3.08	9.99	1.86	3.00	1.00	11.71	3.00	14.71	3.42	6.19	6.11	OK
X7	0.14	4.00	0.00	2.42	0.00	0.00	4.84	0.00	4.84	0.86	6.19	6.11	OK
X8	0.14	2.00	3.65	1.21	1.10	0.37	5.34	1.10	6.43	2.30	6.19	6.11	OK
X9	0.14	3.00	4.20	1.81	1.26	0.42	6.99	1.26	8.25	1.96	6.19	6.11	OK
X10	0.14	1.88	2.63	1.13	0.79	0.26	4.37	0.79	5.16	1.96	6.19	6.11	OK
X11	0.14	3.00	6.60	1.81	1.98	0.66	8.91	1.98	10.89	2.59	6.19	6.11	OK
X12	0.14	2.35	6.64	1.42	1.99	0.66	8.15	1.99	10.15	3.08	6.19	6.11	OK
X13	0.14	3.00	2.85	1.81	0.86	0.29	5.91	0.86	6.76	1.61	6.19	6.11	OK
X14	0.14	3.08	9.99	1.86	3.00	1.00	11.71	3.00	14.71	3.42	6.19	6.11	OK
X15	0.14	4.00	0.00	2.42	0.00	0.00	4.84	0.00	4.84	0.86	6.19	6.11	OK
X16	0.14	2.00	3.65	1.21	1.10	0.37	5.34	1.10	6.43	2.30	6.19	6.11	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (2° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Area tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L x t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
Y1	0.14	1.30	0.00	0.79	0.00	0.00	1.57	0.00	1.57	0.86	6.19	6.11	OK
Y2	0.14	3.00	6.23	1.81	1.87	0.62	8.61	1.87	10.48	2.49	6.19	6.11	OK
Y3	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	1.94	0.00	1.94	0.86	6.19	6.11	OK
Y4	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	1.94	0.00	1.94	0.86	6.19	6.11	OK
Y5	0.14	1.85	0.00	1.12	0.00	0.00	2.24	0.00	2.24	0.86	6.19	6.11	OK
Y6	0.14	2.50	5.19	1.51	1.56	0.52	7.17	1.56	8.73	2.49	6.19	6.11	OK
Y7	0.14	2.00	0.00	1.21	0.00	0.00	2.42	0.00	2.42	0.86	6.19	6.11	OK
Y8	0.14	1.30	0.00	0.79	0.00	0.00	1.57	0.00	1.57	0.86	6.19	6.11	OK
Y9	0.14	3.00	6.23	1.81	1.87	0.62	8.61	1.87	10.48	2.49	6.19	6.11	OK
Y10	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	1.94	0.00	1.94	0.86	6.19	6.11	OK
Y11	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	1.94	0.00	1.94	0.86	6.19	6.11	OK
Y12	0.14	1.85	0.00	1.12	0.00	0.00	2.24	0.00	2.24	0.86	6.19	6.11	OK
Y13	0.14	2.50	5.19	1.51	1.56	0.52	7.17	1.56	8.73	2.49	6.19	6.11	OK
Y14	0.14	2.00	0.00	1.21	0.00	0.00	2.42	0.00	2.42	0.86	6.19	6.11	OK
Y15	0.14	2.65	0.00	1.60	0.00	0.00	3.21	0.00	3.21	0.86	6.19	6.11	OK
Y16	0.14	1.95	0.00	1.18	0.00	0.00	2.36	0.00	2.36	0.86	6.19	6.11	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (3° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Area tributaria (m2)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm2)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm2)	$0.15 f'_m$ (kg/cm2)	Verificación
X1	0.14	3.00	4.20	1.81	1.26	0.42	3.49	0.42	3.91	0.93	6.19	6.11	OK
X2	0.14	1.88	2.63	1.13	0.79	0.26	2.18	0.26	2.45	0.93	6.19	6.11	OK
X3	0.14	3.00	6.60	1.81	1.98	0.66	4.45	0.66	5.11	1.22	6.19	6.11	OK
X4	0.14	2.35	6.64	1.42	1.99	0.66	4.08	0.66	4.74	1.44	6.19	6.11	OK
X5	0.14	3.00	2.85	1.81	0.86	0.29	2.95	0.29	3.24	0.77	6.19	6.11	OK
X6	0.14	3.08	9.99	1.86	3.00	1.00	5.86	1.00	6.86	1.59	6.19	6.11	OK
X7	0.14	4.00	0.00	2.42	0.00	0.00	2.42	0.00	2.42	0.43	6.19	6.11	OK
X8	0.14	2.00	3.65	1.21	1.10	0.37	2.67	0.37	3.03	1.08	6.19	6.11	OK
X9	0.14	3.00	4.20	1.81	1.26	0.42	3.49	0.42	3.91	0.93	6.19	6.11	OK
X10	0.14	1.88	2.63	1.13	0.79	0.26	2.18	0.26	2.45	0.93	6.19	6.11	OK
X11	0.14	3.00	6.60	1.81	1.98	0.66	4.45	0.66	5.11	1.22	6.19	6.11	OK
X12	0.14	2.35	6.64	1.42	1.99	0.66	4.08	0.66	4.74	1.44	6.19	6.11	OK
X13	0.14	3.00	2.85	1.81	0.86	0.29	2.95	0.29	3.24	0.77	6.19	6.11	OK
X14	0.14	3.08	9.99	1.86	3.00	1.00	5.86	1.00	6.86	1.59	6.19	6.11	OK
X15	0.14	4.00	0.00	2.42	0.00	0.00	2.42	0.00	2.42	0.43	6.19	6.11	OK
X16	0.14	2.00	3.65	1.21	1.10	0.37	2.67	0.37	3.03	1.08	6.19	6.11	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (3° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Area tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
Y1	0.14	1.30	0.00	0.79	0.00	0.00	0.79	0.00	0.79	0.43	6.19	6.11	OK
Y2	0.14	3.00	6.23	1.81	1.87	0.62	4.30	0.62	4.93	1.17	6.19	6.11	OK
Y3	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	0.97	0.00	0.97	0.43	6.19	6.11	OK
Y4	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	0.97	0.00	0.97	0.43	6.19	6.11	OK
Y5	0.14	1.85	0.00	1.12	0.00	0.00	1.12	0.00	1.12	0.43	6.19	6.11	OK
Y6	0.14	2.50	5.19	1.51	1.56	0.52	3.59	0.52	4.11	1.17	6.19	6.11	OK
Y7	0.14	2.00	0.00	1.21	0.00	0.00	1.21	0.00	1.21	0.43	6.19	6.11	OK
Y8	0.14	1.30	0.00	0.79	0.00	0.00	0.79	0.00	0.79	0.43	6.19	6.11	OK
Y9	0.14	3.00	6.23	1.81	1.87	0.62	4.30	0.62	4.93	1.17	6.19	6.11	OK
Y10	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	0.97	0.00	0.97	0.43	6.19	6.11	OK
Y11	0.14	1.60	0.00	0.97	0.00	0.00	0.97	0.00	0.97	0.43	6.19	6.11	OK
Y12	0.14	1.85	0.00	1.12	0.00	0.00	1.12	0.00	1.12	0.43	6.19	6.11	OK
Y13	0.14	2.50	5.19	1.51	1.56	0.52	3.59	0.52	4.11	1.17	6.19	6.11	OK
Y14	0.14	2.00	0.00	1.21	0.00	0.00	1.21	0.00	1.21	0.43	6.19	6.11	OK
Y15	0.14	2.65	0.00	1.60	0.00	0.00	1.60	0.00	1.60	0.43	6.19	6.11	OK
Y16	0.14	1.95	0.00	1.18	0.00	0.00	1.18	0.00	1.18	0.43	6.19	6.11	OK

Fuente: Elaboración propia

2.3. Centro de Masa de la Edificación

Tabla 40: Cálculo del centro de masa

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Pm (ton)	Xcm (m)	Ycm (m)	Pm x Xcm (ton.m)	Pm x Ycm (ton.m)
X1	0.14	3.00	1.81	1.50	9.23	2.72	16.74
X2	0.14	1.88	1.13	4.94	9.23	5.60	10.46
X3	0.14	3.00	1.81	1.50	6.58	2.72	11.93
X4	0.14	2.35	1.42	5.18	6.58	7.36	9.34
X5	0.14	3.00	1.81	1.50	4.83	2.72	8.75
X6	0.14	3.08	1.86	5.54	3.58	10.30	6.65
X7	0.14	4.00	2.42	2.00	0.08	4.84	0.18
X8	0.14	2.00	1.21	5.15	0.08	6.23	0.09
X9	0.14	3.00	1.81	12.80	9.23	23.22	16.74
X10	0.14	1.88	1.13	9.36	9.23	10.61	10.46
X11	0.14	3.00	1.81	12.80	6.58	23.22	11.93
X12	0.14	2.35	1.42	9.13	6.58	12.97	9.34
X13	0.14	3.00	1.81	12.80	4.83	23.22	8.75
X14	0.14	3.08	1.86	8.76	3.58	16.30	6.65
X15	0.14	4.00	2.42	12.30	0.08	29.76	0.18
X16	0.14	2.00	1.21	9.15	0.08	11.07	0.09
Y1	0.14	1.30	0.79	0.08	8.50	0.06	6.68
Y2	0.14	3.00	1.81	0.08	3.25	0.14	5.90
Y3	0.14	1.60	0.97	2.93	8.35	2.83	8.08
Y4	0.14	1.60	0.97	4.08	8.35	3.94	8.08
Y5	0.14	1.85	1.12	4.08	4.58	4.56	5.12
Y6	0.14	2.50	1.51	4.08	1.25	6.16	1.89
Y7	0.14	2.00	1.21	5.73	2.50	6.92	3.02
Y8	0.14	1.30	0.79	14.23	8.50	11.18	6.68
Y9	0.14	3.00	1.81	14.23	3.25	25.81	5.90
Y10	0.14	1.60	0.97	11.38	8.35	11.01	8.08
Y11	0.14	1.60	0.97	10.23	8.35	9.89	8.08
Y12	0.14	1.85	1.12	10.23	4.58	11.44	5.12
Y13	0.14	2.50	1.51	10.23	1.25	15.46	1.89
Y14	0.14	2.00	1.21	8.58	2.50	10.37	3.02
Y15	0.14	2.65	1.60	7.15	7.98	11.46	12.78
Y16	0.14	1.95	1.18	7.15	4.48	8.43	5.28
Σ			46.51	Σ		332.54	223.90

Fuente: Elaboración propia

Se calculará el centro de masas, con la siguiente expresión:

$$X_{CM} = \frac{\sum P \times X_{CM}}{\sum P} = \frac{332.54}{46.51} = 7.15 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{\sum P \times Y_{CM}}{\sum P} = \frac{223.90}{46.51} = 4.81 \text{ m}$$

2.4. Centro de Rigidez de la Edificación

La rigidez en cada muro se calculará mediante la siguiente expresión:

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

Dónde:

E_m : Modulo de elasticidad de la albañilería = 3000 Mpa

t : Espesor de cada muro (m)

h : Altura del muro (m)

L : Longitud de cada muro (m)

Tabla 41: Cálculo del centro de rigidez

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	X _{cr} (m)	Y _{cr} (m)	K _x (ton/m)	K _y (ton/m)	K _x x Y _{cr} (ton)	K _y x X _{cr} (ton)
X1	0.14	3.00	1.50	9.23	944.24	4.45	8710.66	6.68
X2	0.14	1.88	4.94	9.23	343.46	2.78	3168.39	13.75
X3	0.14	3.00	1.50	6.58	944.24	4.45	6208.41	6.68
X4	0.14	2.35	5.18	6.58	573.41	3.49	3770.16	18.06
X5	0.14	3.00	1.50	4.83	944.24	4.45	4555.98	6.68
X6	0.14	3.08	5.54	3.58	989.81	4.57	3538.57	25.29
X7	0.14	4.00	2.00	0.08	1576.58	5.94	118.24	11.88
X8	0.14	2.00	5.15	0.08	399.54	2.97	29.97	15.29
X9	0.14	3.00	12.80	9.23	944.24	4.45	8710.66	57.02
X10	0.14	1.88	9.36	9.23	343.46	2.78	3168.39	26.06
X11	0.14	3.00	12.80	6.58	944.24	4.45	6208.41	57.02
X12	0.14	2.35	9.13	6.58	573.41	3.49	3770.16	31.84
X13	0.14	3.00	12.80	4.83	944.24	4.45	4555.98	57.02
X14	0.14	3.08	8.76	3.58	989.81	4.57	3538.57	40.01
X15	0.14	4.00	12.30	0.08	1576.58	5.94	118.24	73.06
X16	0.14	2.00	9.15	0.08	399.54	2.97	29.97	27.17
Y1	0.14	1.30	0.08	8.50	1.93	136.78	16.41	10.26
Y2	0.14	3.00	0.08	3.25	4.45	944.24	14.48	70.82
Y3	0.14	1.60	2.93	8.35	2.38	233.33	19.84	682.50
Y4	0.14	1.60	4.08	8.35	2.38	233.33	19.84	950.83
Y5	0.14	1.85	4.08	4.58	2.75	332.67	12.57	1355.62
Y6	0.14	2.50	4.08	1.25	3.71	654.31	4.64	2666.33
Y7	0.14	2.00	5.73	2.50	2.97	399.54	7.42	2287.39
Y8	0.14	1.30	14.23	8.50	1.93	136.78	16.41	1945.63
Y9	0.14	3.00	14.23	3.25	4.45	944.24	14.48	13431.88
Y10	0.14	1.60	11.38	8.35	2.38	233.33	19.84	2654.17
Y11	0.14	1.60	10.23	8.35	2.38	233.33	19.84	2385.83
Y12	0.14	1.85	10.23	4.58	2.75	332.67	12.57	3401.53
Y13	0.14	2.50	10.23	1.25	3.71	654.31	4.64	6690.35
Y14	0.14	2.00	8.58	2.50	2.97	399.54	7.42	3426.08
Y15	0.14	2.65	7.15	7.98	3.94	738.35	31.38	5279.21
Y16	0.14	1.95	7.15	4.48	2.90	376.69	12.96	2693.33
					13479.02	7049.69	60435.49	50405.30

Fuente: Elaboración propia

Luego se calcula el centro de rigidez con las siguientes expresiones:

$$X_{CR} = \frac{\sum(K_Y \times X_{CR})}{\sum K_Y} = \frac{50405.3}{7049.69} = 7.15 \text{ m}$$

$$Y_{CR} = \frac{\sum(K_X \times Y_{CR})}{\sum K_X} = \frac{60435.49}{13479.02} = 4.48 \text{ m}$$

2.5. Peso Total de la Edificación

Se considerará el 100% de la carga muerta y el 25% de la carga viva.

Tabla 42: Peso total de la edificación

Piso	Peso de muros portantes (ton)	Peso de muros no portantes (ton)	Peso de alfeizares (ton)	Peso de losa aligerada (ton)	Peso de acabados (ton)	Peso total carga muerta (ton)	Peso total carga viva (ton)	Peso total (ton)
1	6.51	2.06	3.72	41.42	13.81	67.52	6.90	74.42
2	6.51	2.06	3.72	41.42	13.81	67.52	6.90	74.42
3	6.51	2.06	3.72	41.42	13.81	67.52	3.45	70.97
Peso total de la edificación								219.80

Fuente: Elaboración propia

2.6. Análisis Sísmico

2.6.2. Cálculo del Cortante Basal para Sismo Moderado

Se estimará usando la NTE E.030, la cual nos indica que la fuerza cortante basal se determina mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

Dónde:

Z: Factor de zona sísmica

U: Factor de uso

C: Coeficiente de amplificación sísmica

S: Factor de suelo

R: Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica.

P: Peso sísmico de la edificación

Factor de zona sísmica: Para la ciudad de Arequipa, que pertenece a la zona sísmica 3, se considerara un factor de zona $Z = 0.35$.

Factor de uso: La edificación es una vivienda, por lo que está considerada en la categoría de edificaciones comunes y el factor de uso será $U = 1$.

Coeficiente de amplificación sísmica: Depende del periodo fundamental T y de los periodos T_P y T_L , utilizando las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T < T_P < T_L \quad C = 2.5 \times \frac{T_P}{T}$$

$$T < T_L \quad C = 2.5 \times \left(\frac{T_P \times T_L}{T^2} \right)$$

Para este caso tenemos $T = \frac{h_n}{c_t} = \frac{7.8}{60} = 0.13$, $T_P = 0.6$ y $T_L = 2$; entonces el coeficiente de amplificación sísmica será $C = 2.5$.

Factor de suelo: Se considerara la edificación de la edificación en suelo intermedio, por lo tanto el factor de suelo $S = 1.15$.

Factor de reducción de la fuerza sísmica: Es representado mediante la siguiente expresión:

$$R = R_0 \times I_p \times I_a$$

Donde:

R_0 : Coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica

I_p : Irregularidad en planta

I_a : Irregularidad en altura

La edificación analizada no presenta irregularidad en planta ni en altura, por lo que el valor de I_p y I_a es 1 para ambos. Y el coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica R_0 es de 3 para sismo severo y 6 para sismo moderado.

2.6.3. Cortante Basal

$$V_x = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{6} \times 219.80 = 36.86 \text{ ton}$$

$$V_y = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{6} \times 219.80 = 36.86 \text{ ton}$$

2.6.4. Distribución de Fuerzas Cortantes

Para distribuir la fuerza cortante basal en altura se utiliza la siguiente formula:

$$V_i = \alpha_i \times P$$

$$\alpha_i = \frac{P_i \times (h_i)^k}{\sum_{i=1}^n P_i \times (h_i)^k}$$

Dónde:

n: Número de pisos

k: Exponente relacionado al periodo fundamental

Para T menor o igual a 0.5 segundos: $k = 1$.

Para T mayor que 0.5 segundos: $k = (0.75 + 0.5 T) \leq 2$

Pi: Peso de cada piso

hi: Altura de cada piso

Tabla 43: Distribución de fuerzas cortantes en X e Y

Piso	P (ton)	h (m)	Pxh	$\frac{P_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times h_i}$	En X-X		En Y-Y	
					Fx (ton)	Vx (ton)	Fy (ton)	Vy (ton)
3	70.97	7.80	553.54	0.49	17.99	17.99	17.99	17.99
2	74.42	5.20	386.98	0.34	12.58	30.57	12.58	30.57
1	74.42	2.60	193.49	0.17	6.29	36.86	6.29	36.86
Σ	219.80		1134.01		36.86		36.86	

Fuente: Elaboración propia

2.6.5. Momentos Torsores en Planta

Se determina los momentos torsores utilizando las excentricidades físicas y accidentales, con las siguientes expresiones:

$$e_x = X_{CM} - X_{CR} \quad e_y = Y_{CM} - Y_{CR}$$

$$e_{xacc} = 0.05 X \quad e_{yacc} = 0.05 Y$$

$$M_{tx} = V_i (e_y \pm e_{yacc}) \quad M_{ty} = V_i (e_x \pm e_{xacc})$$

Tabla 44: Momentos torsores en X

Pisos	Vi (ton)	Ycm (m)	Ycr (m)	ey (m)	ey acc (m)	Mtx1 (ton.m)	Mtx2 (ton.m)
1	36.86	4.81	4.48	0.33	0.47	29.32	-4.96
2	30.57	4.81	4.48	0.33	0.47	24.32	-4.11
3	17.99	4.81	4.48	0.33	0.47	14.31	-2.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Momentos torsores en Y

Pisos	Vi (ton)	Xcm (m)	Xcr (m)	ex (m)	ex acc (m)	Mty1 (ton.m)	Mty2 (ton.m)
1	36.86	7.15	7.15	0.00	0.72	26.36	-26.36
2	30.57	7.15	7.15	0.00	0.72	21.86	-21.86
3	17.99	7.15	7.15	0.00	0.72	12.87	-12.87

Fuente: Elaboración propia

2.6.6. Fuerzas Cortantes en cada Muro

Para repartir la cortante en cada muro mediante su rigidez se utilizará la siguiente expresión:

$$V_{tj} = \frac{K_j}{\sum K_j} \times V_i$$

Se determinará el cortante torsional mediante la siguiente expresión:

$$V_{rxj} = \frac{K_x \times dy \times M_{tx}}{\sum K_x dy^2 + \sum K_y dx^2}$$

$$V_{ryj} = \frac{K_y \times dx \times M_{ty}}{\sum K_x dy^2 + \sum K_y dx^2}$$

Luego, se utilizará la siguiente expresión:

$$V_j = V_{tj} + V_{rj}$$

Tabla 46: Distribución de fuerzas cortantes de los muros en X

Muro	KX	KY	dx	dy	KX x dy2	KY x dx2	PISO 1			PISO 2			PISO 3					
							Vtx	Vrxj		Vjx	Vtx	Vrxj		Vjx	Vtx	Vrxj		Vjx
X1	944.24	4.45	-5.65	4.74	21226.82	142.21	2.58	0.448	-0.076	3.03	2.14	0.372	-0.063	2.51	1.26	0.219	-0.037	1.48
X2	343.46	2.78	-2.21	4.74	7720.98	13.60	0.94	0.163	-0.028	1.10	0.78	0.135	-0.023	0.91	0.46	0.080	-0.013	0.54
X3	944.24	4.45	-5.65	2.09	4129.81	142.21	2.58	0.198	-0.033	2.78	2.14	0.164	-0.028	2.31	1.26	0.097	-0.016	1.36
X4	573.41	3.49	-1.98	2.09	2507.90	13.61	1.57	0.120	-0.020	1.69	1.30	0.100	-0.017	1.40	0.77	0.059	-0.010	0.82
X5	944.24	4.45	-5.65	0.34	110.01	142.21	2.58	0.032	-0.005	2.61	2.14	0.027	-0.005	2.17	1.26	0.016	-0.003	1.28
X6	989.81	4.57	-1.61	-0.91	817.27	11.87	2.71	-0.090	0.015	2.72	2.25	-0.075	0.013	2.26	1.32	-0.044	0.007	1.33
X7	1576.58	5.94	-5.15	-4.41	30642.93	157.54	4.31	-0.696	0.118	4.43	3.58	-0.577	0.098	3.67	2.10	-0.340	0.057	2.16
X8	399.54	2.97	-2.00	-4.41	7765.67	11.88	1.09	-0.176	0.030	1.12	0.91	-0.146	0.025	0.93	0.53	-0.086	0.015	0.55
X9	944.24	4.45	5.65	4.74	21226.82	142.21	2.58	0.448	-0.076	3.03	2.14	0.372	-0.063	2.51	1.26	0.219	-0.037	1.48
X10	343.46	2.78	2.21	4.74	7720.98	13.60	0.94	0.163	-0.028	1.10	0.78	0.135	-0.023	0.91	0.46	0.080	-0.013	0.54
X11	944.24	4.45	5.65	2.09	4129.81	142.21	2.58	0.198	-0.033	2.78	2.14	0.164	-0.028	2.31	1.26	0.097	-0.016	1.36
X12	573.41	3.49	1.98	2.09	2507.90	13.61	1.57	0.120	-0.020	1.69	1.30	0.100	-0.017	1.40	0.77	0.059	-0.010	0.82
X13	944.24	4.45	5.65	0.34	110.01	142.21	2.58	0.032	-0.005	2.61	2.14	0.027	-0.005	2.17	1.26	0.016	-0.003	1.28
X14	989.81	4.57	1.61	-0.91	817.27	11.87	2.71	-0.090	0.015	2.72	2.25	-0.075	0.013	2.26	1.32	-0.044	0.007	1.33
X15	1576.58	5.94	5.15	-4.41	30642.93	157.54	4.31	-0.696	0.118	4.43	3.58	-0.577	0.098	3.67	2.10	-0.340	0.057	2.16
X16	399.54	2.97	2.00	-4.41	7765.67	11.88	1.09	-0.176	0.030	1.12	0.91	-0.146	0.025	0.93	0.53	-0.086	0.015	0.55
Σ	13431.06	66.23			149842.76	1270.24												

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Distribución de fuerzas cortantes de los muros en Y

Muro	KX	KY	dx	dy	KX x dy ²	KY x dx ²	PISO 1			PISO 2			PISO 3					
							Vtx	Vrxj	Vjx	Vtx	Vrxj	Vjx	Vtx	Vrxj	Vjx			
Y1	1.93	136.78	-7.08	4.02	31.14	6846.37	0.72	-0.087	0.087	0.80	0.59	-0.072	0.072	0.67	0.35	-0.043	0.043	0.39
Y2	4.45	944.24	-7.08	-1.23	6.78	47264.75	4.94	-0.602	0.602	5.54	4.10	-0.499	0.499	4.59	2.41	-0.294	0.294	2.70
Y3	2.38	233.33	-4.23	3.87	35.52	4165.15	1.22	-0.089	0.089	1.31	1.01	-0.074	0.074	1.09	0.60	-0.043	0.043	0.64
Y4	2.38	233.33	-3.08	3.87	35.52	2206.31	1.22	-0.065	0.065	1.28	1.01	-0.054	0.054	1.07	0.60	-0.032	0.032	0.63
Y5	2.75	332.67	-3.08	0.09	0.02	3145.59	1.74	-0.092	0.092	1.83	1.44	-0.076	0.076	1.52	0.85	-0.045	0.045	0.89
Y6	3.71	654.31	-3.08	-3.23	38.82	6186.94	3.42	-0.181	0.181	3.60	2.84	-0.150	0.150	2.99	1.67	-0.088	0.088	1.76
Y7	2.97	399.54	-1.43	-1.98	11.69	811.32	2.09	-0.051	0.051	2.14	1.73	-0.043	0.043	1.78	1.02	-0.025	0.025	1.04
Y8	1.93	136.78	7.08	4.02	31.14	6846.37	0.72	0.087	-0.087	0.80	0.59	0.072	-0.072	0.67	0.35	0.043	-0.043	0.39
Y9	4.45	944.24	7.08	-1.23	6.78	47264.75	4.94	0.602	-0.602	5.54	4.10	0.499	-0.499	4.59	2.41	0.294	-0.294	2.70
Y10	2.38	233.33	4.23	3.87	35.52	4165.15	1.22	0.089	-0.089	1.31	1.01	0.074	-0.074	1.09	0.60	0.043	-0.043	0.64
Y11	2.38	233.33	3.08	3.87	35.52	2206.31	1.22	0.065	-0.065	1.28	1.01	0.054	-0.054	1.07	0.60	0.032	-0.032	0.63
Y12	2.75	332.67	3.08	0.09	0.02	3145.59	1.74	0.092	-0.092	1.83	1.44	0.076	-0.076	1.52	0.85	0.045	-0.045	0.89
Y13	3.71	654.31	3.08	-3.23	38.82	6186.94	3.42	0.181	-0.181	3.60	2.84	0.150	-0.150	2.99	1.67	0.088	-0.088	1.76
Y14	2.97	399.54	1.43	-1.98	11.69	811.32	2.09	0.051	-0.051	2.14	1.73	0.043	-0.043	1.78	1.02	0.025	-0.025	1.04
Y15	3.94	738.35	0.00	3.49	47.97	0.00	3.86	0.000	0.000	3.86	3.20	0.000	0.000	3.20	1.88	0.000	0.000	1.88
Y16	2.90	376.69	0.00	-0.01	0.00	0.00	1.97	0.000	0.000	1.97	1.63	0.000	0.000	1.63	0.96	0.000	0.000	0.96
	47.96	6983.46			366.92	141252.85												

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Fuerzas cortantes actuantes en muros en X e Y

Muro	Fuerzas cortantes en cada muro (ton)		
	1° Piso	2° Piso	3° Piso
X1	3.03	2.51	1.48
X2	1.10	0.91	0.54
X3	2.78	2.31	1.36
X4	1.69	1.40	0.82
X5	2.61	2.17	1.28
X6	2.72	2.26	1.33
X7	4.43	3.67	2.16
X8	1.12	0.93	0.55
X9	3.03	2.51	1.48
X10	1.10	0.91	0.54
X11	2.78	2.31	1.36
X12	1.69	1.40	0.82
X13	2.61	2.17	1.28
X14	2.72	2.26	1.33
X15	4.43	3.67	2.16
X16	1.12	0.93	0.55
Y1	0.80	0.67	0.39
Y2	5.54	4.59	2.70
Y3	1.31	1.09	0.64
Y4	1.28	1.07	0.63
Y5	1.83	1.52	0.89
Y6	3.60	2.99	1.76
Y7	2.14	1.78	1.04
Y8	0.80	0.67	0.39
Y9	5.54	4.59	2.70
Y10	1.31	1.09	0.64
Y11	1.28	1.07	0.63
Y12	1.83	1.52	0.89
Y13	3.60	2.99	1.76
Y14	2.14	1.78	1.04
Y15	3.86	3.20	1.88
Y16	1.97	1.63	0.96

Fuente: Elaboración propia

2.6.7. Momentos en cada Muro

Tabla 49: Momentos actuantes en muros en X e Y

Muro	Momentos en cada muro (ton.m)		
	1° Piso	2° Piso	3° Piso
X1	18.77	10.38	3.85
X2	5.15	3.78	1.40
X3	16.67	9.52	3.53
X4	8.67	5.78	2.14
X5	15.34	8.96	3.32
X6	16.20	9.32	3.45
X7	32.31	15.17	5.62
X8	5.27	3.85	1.42
X9	18.77	10.38	3.85
X10	5.15	3.78	1.40
X11	16.67	9.52	3.53
X12	8.67	5.78	2.14
X13	15.34	8.96	3.32
X14	16.20	9.32	3.45
X15	32.31	15.17	5.62
X16	5.27	3.85	1.42
Y1	3.56	2.75	1.02
Y2	45.24	18.97	7.03
Y3	6.33	4.48	1.66
Y4	6.19	4.40	1.63
Y5	9.61	6.27	2.32
Y6	23.93	12.34	4.57
Y7	11.76	7.33	2.72
Y8	3.56	2.75	1.02
Y9	45.24	18.97	7.03
Y10	6.33	4.48	1.66
Y11	6.19	4.40	1.63
Y12	9.61	6.27	2.32
Y13	23.93	12.34	4.57
Y14	11.76	7.33	2.72
Y15	26.43	13.23	4.90
Y16	10.55	6.75	2.50

Fuente: Elaboración propia

2.7. Verificación por Sismo Moderado

2.7.1. Control de Fisuración

Esta disposición tiene por propósito evitar que los muros se fisuren ante los sismos moderado, que son los más frecuente. Para el efecto se considerarán las fuerzas cortantes producidas por el sismo moderado.

Para todos los muros de albañilería deberá verificarse que en cada entrepiso se satisfaga la siguiente expresión que controla la ocurrencia de fisuras por corte (RNE, 2006).

$$V_e \leq 0.55V_m$$

Donde:

V_e : Fuerza cortante producida por el sismo moderado.

V_m : Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

2.7.2. Resistencia al Agrietamiento Diagonal

La resistencia al corte V_m de los muros de albañilería se calculara en cada entrepiso mediante la siguiente expresión (RNE, 2006).

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

Donde:

v'_m : Resistencia característica a corte de la albañilería.

P_g : Carga gravitacional de servicio.

t : Espesor efectivo del muro.

L : Longitud total del muro.

α : Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

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

Donde:

V_e : Fuerza cortante del muro.

M_e : Momento flector del muro.

Tabla 50: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (1° Piso)

Muro	Sismo X-X								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
X1	3.00	0.14	11.01	3.03	18.77	0.48	8.89	4.89	OK
X2	1.88	0.14	6.88	1.10	5.15	0.40	4.87	2.68	OK
X3	3.00	0.14	14.19	2.78	16.67	0.50	9.83	5.41	OK
X4	2.35	0.14	13.06	1.69	8.67	0.46	7.71	4.24	OK
X5	3.00	0.14	9.22	2.61	15.34	0.51	8.83	4.86	OK
X6	3.08	0.14	18.82	2.72	16.20	0.52	11.28	6.20	OK
X7	4.00	0.14	7.26	4.43	32.31	0.55	11.27	6.20	OK
X8	2.00	0.14	8.47	1.12	5.27	0.43	5.68	3.12	OK
X9	3.00	0.14	11.01	3.03	18.77	0.48	8.89	4.89	OK
X10	1.88	0.14	6.88	1.10	5.15	0.40	4.87	2.68	OK
X11	3.00	0.14	14.19	2.78	16.67	0.50	9.83	5.41	OK
X12	2.35	0.14	13.06	1.69	8.67	0.46	7.71	4.24	OK
X13	3.00	0.14	9.22	2.61	15.34	0.51	8.83	4.86	OK
X14	3.08	0.14	18.82	2.72	16.20	0.52	11.28	6.20	OK
X15	4.00	0.14	7.26	4.43	32.31	0.55	11.27	6.20	OK
X16	2.00	0.14	8.47	1.12	5.27	0.43	5.68	3.12	OK
Muro	Sismo Y-Y								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
Y1	1.30	0.14	2.36	0.80	3.56	0.29	2.21	1.21	OK
Y2	3.00	0.14	13.69	5.54	45.24	0.37	7.97	4.38	SE AGRIETA
Y3	1.60	0.14	2.90	1.31	6.33	0.33	2.98	1.64	OK
Y4	1.60	0.14	2.90	1.28	6.19	0.33	2.99	1.65	OK
Y5	1.85	0.14	3.36	1.83	9.61	0.35	3.62	1.99	OK
Y6	2.50	0.14	11.41	3.60	23.93	0.38	6.74	3.71	OK
Y7	2.00	0.14	3.63	2.14	11.76	0.36	4.02	2.21	OK
Y8	1.30	0.14	2.36	0.80	3.56	0.29	2.21	1.21	OK
Y9	3.00	0.14	13.69	5.54	45.24	0.37	7.97	4.38	SE AGRIETA
Y10	1.60	0.14	2.90	1.31	6.33	0.33	2.98	1.64	OK
Y11	1.60	0.14	2.90	1.28	6.19	0.33	2.99	1.65	OK
Y12	1.85	0.14	3.36	1.83	9.61	0.35	3.62	1.99	OK
Y13	2.50	0.14	11.41	3.60	23.93	0.38	6.74	3.71	OK
Y14	2.00	0.14	3.63	2.14	11.76	0.36	4.02	2.21	OK
Y15	2.65	0.14	4.81	3.86	26.43	0.39	5.59	3.08	SE AGRIETA
Y16	1.95	0.14	3.54	1.97	10.55	0.36	3.92	2.16	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (2° Piso)

Muro	Sismo X-X								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
X1	3.00	0.14	7.30	2.51	10.38	0.73	11.21	6.17	OK
X2	1.88	0.14	4.56	0.91	3.78	0.45	4.77	2.63	OK
X3	3.00	0.14	9.40	2.31	9.52	0.73	11.70	6.43	OK
X4	2.35	0.14	8.65	1.40	5.78	0.57	7.84	4.31	OK
X5	3.00	0.14	6.12	2.17	8.96	0.73	10.94	6.02	OK
X6	3.08	0.14	12.46	2.26	9.32	0.74	12.88	7.09	OK
X7	4.00	0.14	4.84	3.67	15.17	0.97	18.06	9.93	OK
X8	2.00	0.14	5.61	0.93	3.85	0.48	5.53	3.04	OK
X9	3.00	0.14	7.30	2.51	10.38	0.73	11.21	6.17	OK
X10	1.88	0.14	4.56	0.91	3.78	0.45	4.77	2.63	OK
X11	3.00	0.14	9.40	2.31	9.52	0.73	11.70	6.43	OK
X12	2.35	0.14	8.65	1.40	5.78	0.57	7.84	4.31	OK
X13	3.00	0.14	6.12	2.17	8.96	0.73	10.94	6.02	OK
X14	3.08	0.14	12.46	2.26	9.32	0.74	12.88	7.09	OK
X15	4.00	0.14	4.84	3.67	15.17	0.97	18.06	9.93	OK
X16	2.00	0.14	5.61	0.93	3.85	0.48	5.53	3.04	OK
Muro	Sismo Y-Y								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
Y1	1.30	0.14	1.57	0.67	2.75	0.31	2.15	1.18	OK
Y2	3.00	0.14	9.08	4.59	18.97	0.73	11.62	6.39	OK
Y3	1.60	0.14	1.94	1.09	4.48	0.39	3.16	1.74	OK
Y4	1.60	0.14	1.94	1.07	4.40	0.39	3.16	1.74	OK
Y5	1.85	0.14	2.24	1.52	6.27	0.45	4.14	2.28	OK
Y6	2.50	0.14	7.56	2.99	12.34	0.61	8.36	4.60	OK
Y7	2.00	0.14	2.42	1.78	7.33	0.48	4.79	2.64	OK
Y8	1.30	0.14	1.57	0.67	2.75	0.31	2.15	1.18	OK
Y9	3.00	0.14	9.08	4.59	18.97	0.73	11.62	6.39	OK
Y10	1.60	0.14	1.94	1.09	4.48	0.39	3.16	1.74	OK
Y11	1.60	0.14	1.94	1.07	4.40	0.39	3.16	1.74	OK
Y12	1.85	0.14	2.24	1.52	6.27	0.45	4.14	2.28	OK
Y13	2.50	0.14	7.56	2.99	12.34	0.61	8.36	4.60	OK
Y14	2.00	0.14	2.42	1.78	7.33	0.48	4.79	2.64	OK
Y15	2.65	0.14	3.21	3.20	13.23	0.64	8.18	4.50	OK
Y16	1.95	0.14	2.36	1.63	6.75	0.47	4.57	2.51	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (3° Piso)

Muro	Sismo X-X								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
X1	3.00	0.14	3.60	1.48	3.85	1.00	13.95	7.67	OK
X2	1.88	0.14	2.25	0.54	1.40	1.00	8.72	4.80	OK
X3	3.00	0.14	4.62	1.36	3.53	1.00	14.19	7.80	OK
X4	2.35	0.14	4.24	0.82	2.14	0.90	10.27	5.65	OK
X5	3.00	0.14	3.03	1.28	3.32	1.00	13.82	7.60	OK
X6	3.08	0.14	6.11	1.33	3.45	1.00	14.86	8.17	OK
X7	4.00	0.14	2.42	2.16	5.62	1.00	18.06	9.93	OK
X8	2.00	0.14	2.76	0.55	1.42	0.77	7.37	4.05	OK
X9	3.00	0.14	3.60	1.48	3.85	1.00	13.95	7.67	OK
X10	1.88	0.14	2.25	0.54	1.40	1.00	8.72	4.80	OK
X11	3.00	0.14	4.62	1.36	3.53	1.00	14.19	7.80	OK
X12	2.35	0.14	4.24	0.82	2.14	0.90	10.27	5.65	OK
X13	3.00	0.14	3.03	1.28	3.32	1.00	13.82	7.60	OK
X14	3.08	0.14	6.11	1.33	3.45	1.00	14.86	8.17	OK
X15	4.00	0.14	2.42	2.16	5.62	1.00	18.06	9.93	OK
X16	2.00	0.14	2.76	0.55	1.42	0.77	7.37	4.05	OK
Muro	Sismo Y-Y								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
Y1	1.30	0.14	0.79	0.39	1.02	0.50	3.02	1.66	OK
Y2	3.00	0.14	4.46	2.70	7.03	1.00	14.15	7.78	OK
Y3	1.60	0.14	0.97	0.64	1.66	0.62	4.53	2.49	OK
Y4	1.60	0.14	0.97	0.63	1.63	0.62	4.53	2.49	OK
Y5	1.85	0.14	1.12	0.89	2.32	0.71	6.02	3.31	OK
Y6	2.50	0.14	3.72	1.76	4.57	0.96	11.37	6.25	OK
Y7	2.00	0.14	1.21	1.04	2.72	0.77	7.01	3.85	OK
Y8	1.30	0.14	0.79	0.39	1.02	0.50	3.02	1.66	OK
Y9	3.00	0.14	4.46	2.70	7.03	1.00	14.15	7.78	OK
Y10	1.60	0.14	0.97	0.64	1.66	0.62	4.53	2.49	OK
Y11	1.60	0.14	0.97	0.63	1.63	0.62	4.53	2.49	OK
Y12	1.85	0.14	1.12	0.89	2.32	0.71	6.02	3.31	OK
Y13	2.50	0.14	3.72	1.76	4.57	0.96	11.37	6.25	OK
Y14	2.00	0.14	1.21	1.04	2.72	0.77	7.01	3.85	OK
Y15	2.65	0.14	1.60	1.88	4.90	1.00	11.96	6.58	OK
Y16	1.95	0.14	1.18	0.96	2.50	0.75	6.67	3.67	OK

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de los muros de albañilería, podemos notar que en el primer piso los muros Y2, Y9 y Y15, se agrietan por sismo moderado; mientras que los muros del eje X cumplen con la expresión $V_e \leq 0.55V_m$.

En el segundo y tercer piso los muros no sufren fisuración.

Por lo tanto los muros del primer piso Y2, Y9 y Y15; serán analizados con los resultados obtenidos de f'_m y v'_m de los primas reforzados con tejido de fibra de carbono.

2.8.Verificación por Sismo Severo

2.8.1. Verificación de la Resistencia al Corte del Edificio

Con el objeto de proporcionar una adecuada resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso y en cada dirección principal del edificio, se deberá cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo, es decir que (RNE, 2006).

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

El valor V_{Ei} corresponde a la fuerza cortante actuante en el entrepiso del edificio, producida por el sismo severo.

Cumplida la expresión $\Sigma V_{mi} \geq V_{Ei}$ por los muros portantes de carga sísmica, el resto de muros que componen al edificio podrán ser no reforzados para la acción sísmica coplanar.

Cuando ΣV_{mi} en cada entrepiso sea mayor o igual a $3V_{Ei}$, se considerara que el edificio se comporta elásticamente. En este paso culminara el diseño de estos edificios ante cargas sísmicas coplanares (RNE, 2006).

2.8.2. Verificación del Agrietamiento Diagonal en los Entrepisos Superiores

En cada entrepiso superior al primero, debe verificarse para cada muro confinado que $V_{mi} \geq V_{ui}$. De o cumplirse esta condición, el entrepiso “i”

también se agrietará y sus confinamientos deberán ser diseñados para soportar V_{mi} , en forma similar al primer entrepiso (RNE, 2006).

Se utilizará las siguientes expresiones:

- Factor de amplificación para pasar a condición de sismo severo.

$$2 \leq \frac{V_{mi}}{V_{ei}} \leq 3$$

- Fuerza cortante ultima ante sismo severo.

$$V_u = V_e \left(\frac{V_{mi}}{V_{ei}} \right)$$

- Momento flector ultimo ante sismo severo.

$$M_u = M_e \left(\frac{V_{mi}}{V_{ei}} \right)$$

2.8.3. Calculo del Cortante Basal para Sismo Severo

$$V_x = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{3} \times 219.80 = 73.73 \text{ ton}$$

$$V_y = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{3} \times 219.80 = 73.73 \text{ ton}$$

2.8.4. Distribución del Cortante Basal para Sismo Severo

Tabla 53: Distribución de cortantes por sismo severo en X e Y

Piso	P (ton)	h (m)	P x h	$\frac{P_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times h_i}$	En X-X		En Y-Y	
					Fx (ton)	Vx (ton)	Fy (ton)	Vy (ton)
3	70.97	7.80	553.54	0.49	35.99	35.99	35.99	35.99
2	74.42	5.20	386.98	0.34	25.16	61.15	25.16	61.15
1	74.42	2.60	193.49	0.17	12.58	73.73	12.58	73.73
Σ	219.80		1134.01		73.73		73.73	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Verificación de la resistencia al corte global – Muros sin refuerzo (1° Piso)

Muro	Sismo X-X					
	Ve _i (ton)	Me _i (ton.m)	V _{mi}	V _m / V _e	V _u (ton)	M _u (ton)
X1	3.03	18.77	8.89	3.00	9.09	56.31
X2	1.10	5.15	10.43	3.00	3.31	15.46
X3	2.78	16.67	9.83	3.00	8.34	50.01
X4	1.69	8.67	7.71	3.00	5.06	26.02
X5	2.61	15.34	8.83	3.00	7.84	46.01
X6	2.72	16.20	11.28	3.00	8.17	48.59
X7	4.43	32.31	11.27	2.54	11.27	82.18
X8	1.12	5.27	5.68	3.00	3.37	15.80
X9	3.03	18.77	8.89	3.00	9.09	56.31
X10	1.10	5.15	10.43	3.00	3.31	15.46
X11	2.78	16.67	9.83	3.00	8.34	50.01
X12	1.69	8.67	7.71	3.00	5.06	26.02
X13	2.61	15.34	8.83	3.00	7.84	46.01
X14	2.72	16.20	11.28	3.00	8.17	48.59
X15	4.43	32.31	11.27	2.54	11.27	82.18
X16	1.12	5.27	5.68	3.00	3.37	15.80
$\Sigma V_{mx} = 147.83 \text{ ton} > V_{Eix} = 73.73 \text{ ton} (\Sigma V_{mx} = 2.01 V_{Eix} < 3 V_{Eix})$					Resistencia Global OK	
Muro	Sismo Y-Y					
	Ve _i (ton)	Me _i (ton.m)	V _{mi}	V _m / V _e	V _u (ton)	M _u (ton)
Y1	0.80	3.56	6.70	2.00	1.60	7.12
Y2	5.54	45.24	7.97	2.00	11.08	90.48
Y3	1.31	6.33	2.98	2.28	2.98	14.43
Y4	1.28	6.19	2.99	2.33	2.99	14.42
Y5	1.83	9.61	3.62	1.98	3.62	19.03
Y6	3.60	23.93	6.74	1.87	6.74	44.78
Y7	2.14	11.76	4.02	1.88	4.02	22.08
Y8	0.80	3.56	6.70	2.00	1.60	7.12
Y9	5.54	45.24	7.97	2.00	11.08	90.48
Y10	1.31	6.33	2.98	2.28	2.98	14.43
Y11	1.28	6.19	2.99	2.33	2.99	14.42
Y12	1.83	9.61	3.62	1.98	3.62	19.03
Y13	3.60	23.93	6.74	1.87	6.74	44.78
Y14	2.14	11.76	4.02	1.88	4.02	22.08
Y15	3.86	26.43	5.59	2.00	7.72	52.87
Y16	1.97	10.55	3.92	1.99	3.92	21.00
$\Sigma V_{my} = 79.58 \text{ ton} > V_{Eiy} = 73.73 \text{ ton} (\Sigma V_{my} = 1.08 V_{Eiy} < 3 V_{Eiy})$					Resistencia Global OK	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Verificación de la resistencia al corte global y al agrietamiento diagonal – Muros sin refuerzo (2° Piso)

Muro	Sismo X-X						
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)	Vm ≥ Vu
X1	2.51	10.38	11.21	3.00	7.54	31.15	OK
X2	0.91	3.78	11.07	3.00	2.74	11.33	OK
X3	2.31	9.52	11.70	3.00	6.92	28.57	OK
X4	1.40	5.78	7.84	3.00	4.20	17.35	OK
X5	2.17	8.96	10.94	3.00	6.51	26.87	OK
X6	2.26	9.32	12.88	3.00	6.77	27.97	OK
X7	3.67	15.17	18.06	2.64	9.72	40.13	OK
X8	0.93	3.85	5.53	3.00	2.79	11.54	OK
X9	2.51	10.38	11.21	3.00	7.54	31.15	OK
X10	0.91	3.78	11.07	3.00	2.74	11.33	OK
X11	2.31	9.52	11.70	3.00	6.92	28.57	OK
X12	1.40	5.78	7.84	3.00	4.20	17.35	OK
X13	2.17	8.96	10.94	3.00	6.51	26.87	OK
X14	2.26	9.32	12.88	3.00	6.77	27.97	OK
X15	3.67	15.17	18.06	2.64	9.72	40.13	OK
X16	0.93	3.85	5.53	3.00	2.79	11.54	OK
$\Sigma V_{mx} = 178.46 \text{ ton} > V_{Eix} = 61.15 \text{ ton} (\Sigma V_{mx} = 2.92 V_{Eix} < 3 V_{Eix})$					Resistencia Global OK		
Muro	Sismo Y-Y						
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)	Vm ≥ Vu
Y1	0.67	2.75	6.98	2.00	1.33	5.50	OK
Y2	4.59	18.97	11.62	2.00	9.19	37.95	OK
Y3	1.09	4.48	3.16	2.61	2.83	11.71	OK
Y4	1.07	4.40	3.16	2.66	2.84	11.72	OK
Y5	1.52	6.27	4.14	2.28	3.46	14.28	OK
Y6	2.99	12.34	8.36	2.16	6.47	26.71	OK
Y7	1.78	7.33	4.79	2.16	3.84	15.84	OK
Y8	0.67	2.75	6.98	2.00	1.33	5.50	OK
Y9	4.59	18.97	11.62	2.00	9.19	37.95	OK
Y10	1.09	4.48	3.16	2.61	2.83	11.71	OK
Y11	1.07	4.40	3.16	2.66	2.84	11.72	OK
Y12	1.52	6.27	4.14	2.28	3.46	14.28	OK
Y13	2.99	12.34	8.36	2.16	6.47	26.71	OK
Y14	1.78	7.33	4.79	2.16	3.84	15.84	OK
Y15	3.20	13.23	8.18	2.00	6.40	26.45	OK
Y16	1.63	6.75	4.57	2.28	3.72	15.37	OK
$\Sigma V_{my} = 97.17 \text{ ton} > V_{Eiy} = 61.15 \text{ ton} (\Sigma V_{my} = 1.59 V_{Eiy} < 3 V_{Eiy})$					Resistencia Global OK		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Verificación de la resistencia al corte global y al agrietamiento diagonal - Muros sin refuerzo (3° Piso)

Muro	Sismo X-X						
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)	Vm ≥ Vu
X1	1.48	3.85	13.95	3.00	4.44	11.54	OK
X2	0.54	1.40	13.97	3.00	1.61	4.20	OK
X3	1.36	3.53	14.19	3.00	4.07	10.59	OK
X4	0.82	2.14	10.27	3.00	2.47	6.43	OK
X5	1.28	3.32	13.82	3.00	3.83	9.96	OK
X6	1.33	3.45	14.86	3.00	3.99	10.36	OK
X7	2.16	5.62	18.06	2.64	5.72	14.87	OK
X8	0.55	1.42	7.37	3.00	1.64	4.27	OK
X9	1.48	3.85	13.95	3.00	4.44	11.54	OK
X10	0.54	1.40	13.97	3.00	1.61	4.20	OK
X11	1.36	3.53	14.19	3.00	4.07	10.59	OK
X12	0.82	2.14	10.27	3.00	2.47	6.43	OK
X13	1.28	3.32	13.82	3.00	3.83	9.96	OK
X14	1.33	3.45	14.86	3.00	3.99	10.36	OK
X15	2.16	5.62	18.06	2.64	5.72	14.87	OK
X16	0.55	1.42	7.37	3.00	1.64	4.27	OK
$\Sigma V_{mx} = 212.96 \text{ ton} > V_{Eix} = 35.99 \text{ ton} (\Sigma V_{mx} = 5.92 V_{Eix} > 3 V_{Eix})$					Resistencia Global OK		
Muro	Sismo Y-Y						
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)	Vm ≥ Vu
Y1	0.39	1.02	10.70	2.00	0.78	2.04	OK
Y2	2.70	7.03	14.15	2.00	5.41	14.06	OK
Y3	0.64	1.66	4.53	2.61	1.67	4.34	OK
Y4	0.63	1.63	4.53	2.66	1.67	4.34	OK
Y5	0.89	2.32	6.02	2.28	2.03	5.29	OK
Y6	1.76	4.57	11.37	2.16	3.81	9.89	OK
Y7	1.04	2.72	7.01	2.16	2.26	5.87	OK
Y8	0.39	1.02	10.70	2.00	0.78	2.04	OK
Y9	2.70	7.03	14.15	2.00	5.41	14.06	OK
Y10	0.64	1.66	4.53	2.61	1.67	4.34	OK
Y11	0.63	1.63	4.53	2.66	1.67	4.34	OK
Y12	0.89	2.32	6.02	2.28	2.03	5.29	OK
Y13	1.76	4.57	11.37	2.16	3.81	9.89	OK
Y14	1.04	2.72	7.01	2.16	2.26	5.87	OK
Y15	1.88	4.90	11.96	2.00	3.77	9.80	OK
Y16	0.96	2.50	6.67	2.28	2.19	5.70	OK
$\Sigma V_{my} = 135.24 \text{ ton} > V_{Eiy} = 35.99 \text{ ton} (\Sigma V_{my} = 3.76 V_{Eiy} > 3 V_{Eiy})$					Resistencia Global OK		

Fuente: Elaboración propia

Como puede apreciarse del análisis de los muros sin refuerzo:

- En el sentido X, los muros de todos los niveles cumplen con la condición $\Sigma V_{mi} \geq V_{Ei}$.
- En el sentido X, los muros de los niveles superiores cumplen con la condición $V_{mi} \geq V_{ui}$.
- En el sentido Y, los muros de todos los niveles cumplen con la condición $\Sigma V_{mi} \geq V_{Ei}$.
- En el sentido Y, los muros de los niveles superiores cumplen con la condición $V_{mi} \geq V_{ui}$.

De no cumplirse con los requisitos indicados en 5.6.7. y 5.6.8, deberá cambiarse la calidad de albañilería, el espesor del muro o convertirlo en placa de concreto armado; en cuyo caso debe analizarse nuevamente el edificio.

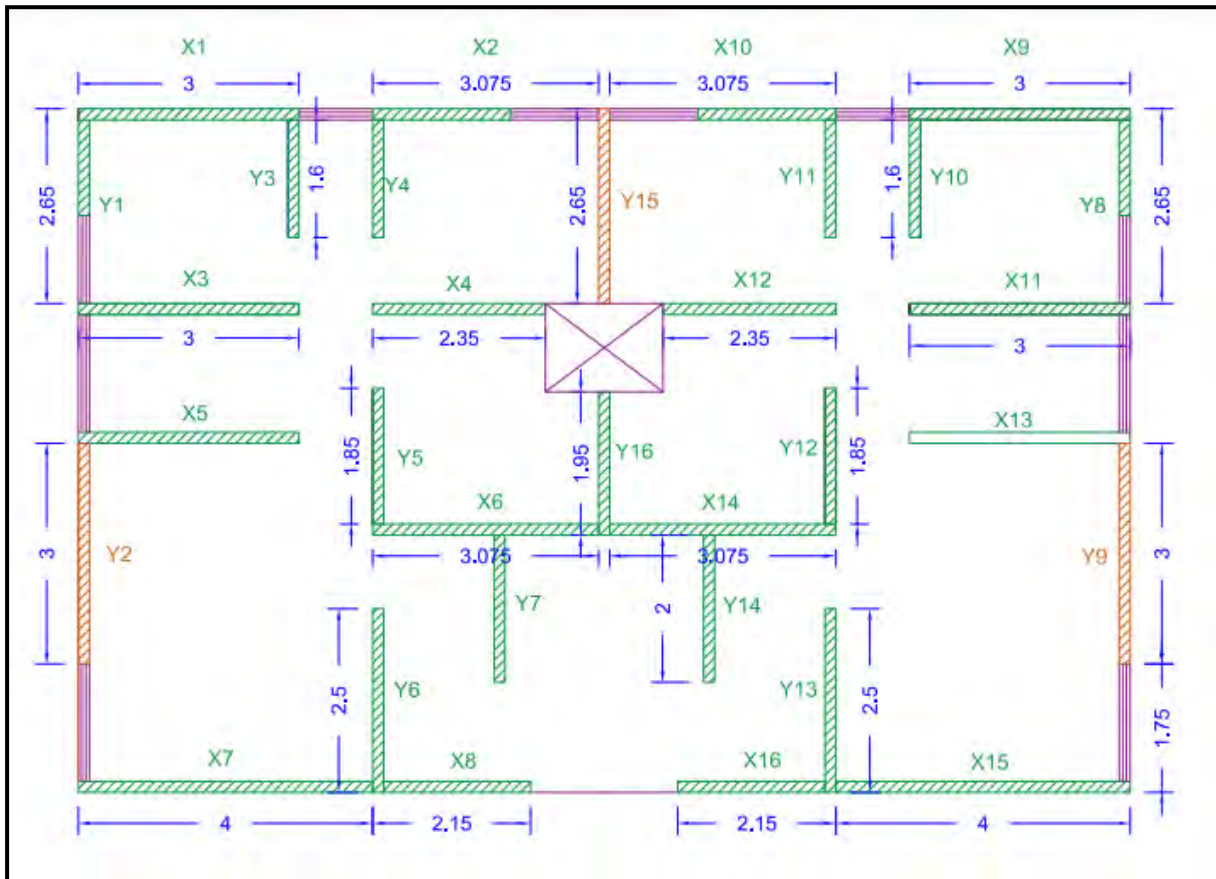
Resumiendo, las condiciones de sismo moderado y sismo severo:

Para Sismo Moderado, todos los muros deberían cumplir $V_e < 0.55 V_m$; sin embargo, en el edificio analizado los muros del primer piso Y1, Y2, Y8., Y9, Y15 se agrietan, por lo que serán analizados con el refuerzo de tejido de fibra de carbono.

Para Sismo Severo, se cumple $\Sigma V_{mi} \geq V_{Ei}$ en ambos sentidos y los muros de los entresijos superiores cumplen $V_{mi} \geq V_{ui}$.

3. Análisis de los Muros Portantes Reforzados con Tejido de Fibra de Carbono

Figura 64: Estructuración de los muros portantes reforzados



Fuente: Elaboración propia

3.1. Verificación de la Densidad de Muros

Se debe calcular la densidad mínima de muros portantes de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área de la planta típica}} = \frac{\sum Lt}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

$$\frac{ZUSN}{56} = \frac{0.35 \times 1 \times 1.15 \times 3}{56} = 0.022$$

Tabla 57: Densidad de muros en X e Y

Dirección X-X				Dirección Y-Y			
Muro	L (m)	t (m)	L x t (m ²)	Muro	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
X1	3.00	0.14	0.42	Y1	1.3	0.14	0.18
X2	1.88	0.14	0.26	Y2	3	0.14	0.42
X3	3.00	0.14	0.42	Y3	1.6	0.14	0.22
X4	2.35	0.14	0.33	Y4	1.6	0.14	0.22
X5	3.00	0.14	0.42	Y5	1.85	0.14	0.26
X6	3.08	0.14	0.43	Y6	2.5	0.14	0.35
X7	4.00	0.14	0.56	Y7	2	0.14	0.28
X8	2.00	0.14	0.28	Y8	1.3	0.14	0.18
X9	3.00	0.14	0.42	Y9	3	0.14	0.42
X10	1.88	0.14	0.26	Y10	1.6	0.14	0.22
X11	3.00	0.14	0.42	Y11	1.6	0.14	0.22
X12	2.35	0.14	0.33	Y12	1.85	0.14	0.26
X13	3.00	0.14	0.42	Y13	2.5	0.14	0.35
X14	3.08	0.14	0.43	Y14	2	0.14	0.28
X15	4.00	0.14	0.56	Y15	2.65	0.14	0.37
X16	2.00	0.14	0.28	Y16	1.95	0.14	0.27
SUMA L x t sentido X			6.24	SUMA L x t sentido Y			4.52
Área techada (Ap)			138.07	Área techada (Ap)			138.07
Σ L x t / Ap			0.045	Σ L x t / Ap			0.033
0.045 ≥ 0.022			OK	0.033 ≥ 0.022			OK

Fuente: Elaboración propia

3.2.Revisión del Esfuerzo Axial

El esfuerzo axial máximo (σ_m) producido por la carga de gravedad máxima de servicio (P_m), incluyendo el 100% de la sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L x t} \leq 0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m$$

Tabla 58: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (1° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Área tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
X1	0.14	3.00	1.40	4.20	1.81	1.26	0.42	10.48	2.10	12.58	3.00	6.19	6.11
X2	0.14	1.88	1.40	2.63	1.13	0.79	0.26	6.55	1.31	7.86	3.00	6.19	6.11
X3	0.14	3.00	2.20	6.60	1.81	1.98	0.66	13.36	3.30	16.66	3.97	6.19	6.11
X4	0.14	2.35	2.83	6.64	1.42	1.99	0.66	12.23	3.32	15.55	4.73	6.19	6.11
X5	0.14	3.00	0.95	2.85	1.81	0.86	0.29	8.86	1.43	10.29	2.45	6.19	6.11
X6	0.14	3.08	3.25	9.99	1.86	3.00	1.00	17.57	5.00	22.57	5.24	6.19	6.11
X7	0.14	4.00	0.00	0.00	2.42	0.00	0.00	7.26	0.00	7.26	1.30	6.19	6.11
X8	0.14	2.00	1.83	3.65	1.21	1.10	0.37	8.01	1.83	9.83	3.51	6.19	6.11
X9	0.14	3.00	1.40	4.20	1.81	1.26	0.42	10.48	2.10	12.58	3.00	6.19	6.11
X10	0.14	1.88	1.40	2.63	1.13	0.79	0.26	6.55	1.31	7.86	3.00	6.19	6.11
X11	0.14	3.00	2.20	6.60	1.81	1.98	0.66	13.36	3.30	16.66	3.97	6.19	6.11
X12	0.14	2.35	2.83	6.64	1.42	1.99	0.66	12.23	3.32	15.55	4.73	6.19	6.11
X13	0.14	3.00	0.95	2.85	1.81	0.86	0.29	8.86	1.43	10.29	2.45	6.19	6.11
X14	0.14	3.08	3.25	9.99	1.86	3.00	1.00	17.57	5.00	22.57	5.24	6.19	6.11
X15	0.14	4.00	0.00	0.00	2.42	0.00	0.00	7.26	0.00	7.26	1.30	6.19	6.11
X16	0.14	2.00	1.83	3.65	1.21	1.10	0.37	8.01	1.83	9.83	3.51	6.19	6.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Verificación del esfuerzo axial de muros reforzados en Y (1° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Área tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
Y1	0.14	1.30	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	2.36	0.00	2.36	1.30	6.45	6.37
Y2	0.14	3.00	2.08	6.23	1.81	1.87	0.62	12.91	3.11	16.03	3.82	6.45	6.37
Y3	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	2.90	0.00	2.90	1.30	6.19	6.11
Y4	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	2.90	0.00	2.90	1.30	6.19	6.11
Y5	0.14	1.85	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	3.36	0.00	3.36	1.30	6.19	6.11
Y6	0.14	2.50	2.08	5.19	1.51	1.56	0.52	10.76	2.59	13.35	3.82	6.19	6.11
Y7	0.14	2.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	3.63	0.00	3.63	1.30	6.19	6.11
Y8	0.14	1.30	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	2.36	0.00	2.36	1.30	6.45	6.37
Y9	0.14	3.00	2.08	6.23	1.81	1.87	0.62	12.91	3.11	16.03	3.82	6.45	6.37
Y10	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	2.90	0.00	2.90	1.30	6.19	6.11
Y11	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	2.90	0.00	2.90	1.30	6.19	6.11
Y12	0.14	1.85	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	3.36	0.00	3.36	1.30	6.19	6.11
Y13	0.14	2.50	2.08	5.19	1.51	1.56	0.52	10.76	2.59	13.35	3.82	6.19	6.11
Y14	0.14	2.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	3.63	0.00	3.63	1.30	6.19	6.11
Y15	0.14	2.65	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	4.81	0.00	4.81	1.30	6.45	6.37
Y16	0.14	1.95	0.00	0.00	1.18	0.00	0.00	3.54	0.00	3.54	1.30	6.19	6.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (2° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Área tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
X1	0.14	3.00	1.40	4.20	1.81	1.26	0.42	6.99	1.26	8.25	1.96	6.19	6.11
X2	0.14	1.88	1.40	2.63	1.13	0.79	0.26	4.37	0.79	5.16	1.96	6.19	6.11
X3	0.14	3.00	2.20	6.60	1.81	1.98	0.66	8.91	1.98	10.89	2.59	6.19	6.11
X4	0.14	2.35	2.83	6.64	1.42	1.99	0.66	8.15	1.99	10.15	3.08	6.19	6.11
X5	0.14	3.00	0.95	2.85	1.81	0.86	0.29	5.91	0.86	6.76	1.61	6.19	6.11
X6	0.14	3.08	3.25	9.99	1.86	3.00	1.00	11.71	3.00	14.71	3.42	6.19	6.11
X7	0.14	4.00	0.00	0.00	2.42	0.00	0.00	4.84	0.00	4.84	0.86	6.19	6.11
X8	0.14	2.00	1.83	3.65	1.21	1.10	0.37	5.34	1.10	6.43	2.30	6.19	6.11
X9	0.14	3.00	1.40	4.20	1.81	1.26	0.42	6.99	1.26	8.25	1.96	6.19	6.11
X10	0.14	1.88	1.40	2.63	1.13	0.79	0.26	4.37	0.79	5.16	1.96	6.19	6.11
X11	0.14	3.00	2.20	6.60	1.81	1.98	0.66	8.91	1.98	10.89	2.59	6.19	6.11
X12	0.14	2.35	2.83	6.64	1.42	1.99	0.66	8.15	1.99	10.15	3.08	6.19	6.11
X13	0.14	3.00	0.95	2.85	1.81	0.86	0.29	5.91	0.86	6.76	1.61	6.19	6.11
X14	0.14	3.08	3.25	9.99	1.86	3.00	1.00	11.71	3.00	14.71	3.42	6.19	6.11
X15	0.14	4.00	0.00	0.00	2.42	0.00	0.00	4.84	0.00	4.84	0.86	6.19	6.11
X16	0.14	2.00	1.83	3.65	1.21	1.10	0.37	5.34	1.10	6.43	2.30	6.19	6.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (2° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Área tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
Y1	0.14	1.30	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	1.57	0.00	1.57	0.86	6.19	6.11
Y2	0.14	3.00	2.08	6.23	1.81	1.87	0.62	8.61	1.87	10.48	2.49	6.19	6.11
Y3	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	1.94	0.00	1.94	0.86	6.19	6.11
Y4	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	1.94	0.00	1.94	0.86	6.19	6.11
Y5	0.14	1.85	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	2.24	0.00	2.24	0.86	6.19	6.11
Y6	0.14	2.50	2.08	5.19	1.51	1.56	0.52	7.17	1.56	8.73	2.49	6.19	6.11
Y7	0.14	2.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	2.42	0.00	2.42	0.86	6.19	6.11
Y8	0.14	1.30	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	1.57	0.00	1.57	0.86	6.19	6.11
Y9	0.14	3.00	2.08	6.23	1.81	1.87	0.62	8.61	1.87	10.48	2.49	6.19	6.11
Y10	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	1.94	0.00	1.94	0.86	6.19	6.11
Y11	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	1.94	0.00	1.94	0.86	6.19	6.11
Y12	0.14	1.85	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	2.24	0.00	2.24	0.86	6.19	6.11
Y13	0.14	2.50	2.08	5.19	1.51	1.56	0.52	7.17	1.56	8.73	2.49	6.19	6.11
Y14	0.14	2.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	2.42	0.00	2.42	0.86	6.19	6.11
Y15	0.14	2.65	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	3.21	0.00	3.21	0.86	6.19	6.11
Y16	0.14	1.95	0.00	0.00	1.18	0.00	0.00	2.36	0.00	2.36	0.86	6.19	6.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Verificación del esfuerzo axial de muros en X (3° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Área tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
X1	0.14	3.00	1.40	4.20	1.81	1.26	0.42	3.49	0.42	3.91	0.93	6.19	6.11
X2	0.14	1.88	1.40	2.63	1.13	0.79	0.26	2.18	0.26	2.45	0.93	6.19	6.11
X3	0.14	3.00	2.20	6.60	1.81	1.98	0.66	4.45	0.66	5.11	1.22	6.19	6.11
X4	0.14	2.35	2.83	6.64	1.42	1.99	0.66	4.08	0.66	4.74	1.44	6.19	6.11
X5	0.14	3.00	0.95	2.85	1.81	0.86	0.29	2.95	0.29	3.24	0.77	6.19	6.11
X6	0.14	3.08	3.25	9.99	1.86	3.00	1.00	5.86	1.00	6.86	1.59	6.19	6.11
X7	0.14	4.00	0.00	0.00	2.42	0.00	0.00	2.42	0.00	2.42	0.43	6.19	6.11
X8	0.14	2.00	1.83	3.65	1.21	1.10	0.37	2.67	0.37	3.03	1.08	6.19	6.11
X9	0.14	3.00	1.40	4.20	1.81	1.26	0.42	3.49	0.42	3.91	0.93	6.19	6.11
X10	0.14	1.88	1.40	2.63	1.13	0.79	0.26	2.18	0.26	2.45	0.93	6.19	6.11
X11	0.14	3.00	2.20	6.60	1.81	1.98	0.66	4.45	0.66	5.11	1.22	6.19	6.11
X12	0.14	2.35	2.83	6.64	1.42	1.99	0.66	4.08	0.66	4.74	1.44	6.19	6.11
X13	0.14	3.00	0.95	2.85	1.81	0.86	0.29	2.95	0.29	3.24	0.77	6.19	6.11
X14	0.14	3.08	3.25	9.99	1.86	3.00	1.00	5.86	1.00	6.86	1.59	6.19	6.11
X15	0.14	4.00	0.00	0.00	2.42	0.00	0.00	2.42	0.00	2.42	0.43	6.19	6.11
X16	0.14	2.00	1.83	3.65	1.21	1.10	0.37	2.67	0.37	3.03	1.08	6.19	6.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63: Verificación del esfuerzo axial de muros en Y (3° Piso)

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Área tributaria (m ²)	Peso propio muros (tn)	Peso aligerado (ton)	Peso acabados (ton)	Carga muerta (ton)	Carga viva (ton)	Carga total (ton)	$\sigma_m = \frac{P_m}{L \times t}$ (kg/cm ²)	$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15 f'_m$ (kg/cm ²)	Verificación
Y1	0.14	1.30	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.79	0.00	0.79	0.43	6.19	6.11
Y2	0.14	3.00	2.08	6.23	1.81	1.87	0.62	4.30	0.62	4.93	1.17	6.19	6.11
Y3	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.97	0.00	0.97	0.43	6.19	6.11
Y4	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.97	0.00	0.97	0.43	6.19	6.11
Y5	0.14	1.85	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	1.12	0.00	1.12	0.43	6.19	6.11
Y6	0.14	2.50	2.08	5.19	1.51	1.56	0.52	3.59	0.52	4.11	1.17	6.19	6.11
Y7	0.14	2.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	1.21	0.00	1.21	0.43	6.19	6.11
Y8	0.14	1.30	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.79	0.00	0.79	0.43	6.19	6.11
Y9	0.14	3.00	2.08	6.23	1.81	1.87	0.62	4.30	0.62	4.93	1.17	6.19	6.11
Y10	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.97	0.00	0.97	0.43	6.19	6.11
Y11	0.14	1.60	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.97	0.00	0.97	0.43	6.19	6.11
Y12	0.14	1.85	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	1.12	0.00	1.12	0.43	6.19	6.11
Y13	0.14	2.50	2.08	5.19	1.51	1.56	0.52	3.59	0.52	4.11	1.17	6.19	6.11
Y14	0.14	2.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	1.21	0.00	1.21	0.43	6.19	6.11
Y15	0.14	2.65	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	1.60	0.00	1.60	0.43	6.19	6.11
Y16	0.14	1.95	0.00	0.00	1.18	0.00	0.00	1.18	0.00	1.18	0.43	6.19	6.11

Fuente: Elaboración propia

3.3. Centro de Masa de la Edificación

Se calcula el centro de masas, con la siguiente expresión:

$$X_{CM} = \frac{\sum P \times X_{CM}}{\sum P} = \frac{332.54}{46.51} = 7.15 \text{ m}$$

$$Y_{CM} = \frac{\sum P \times Y_{CM}}{\sum P} = \frac{223.90}{46.51} = 4.81 \text{ m}$$

3.4. Centro de Rigidez de la Edificación

Se calcula el centro de rigidez con las siguientes expresiones:

$$X_{CR} = \frac{\sum (K_Y \times X_{CR})}{\sum K_Y} = \frac{50405.3}{7049.69} = 7.15 \text{ m}$$

$$Y_{CR} = \frac{\sum (K_X \times Y_{CR})}{\sum K_X} = \frac{60435.49}{13479.02} = 4.48 \text{ m}$$

3.5. Peso Total de la Edificación

Se considerará el 100% de la carga muerta y el 25% de la carga viva.

Tabla 64: Peso total de la edificación

Piso	Peso de muros portantes (ton)	Peso de muros no portantes (ton)	Peso de alfeizares (ton)	Peso de losa aligerada (ton)	Peso de acabados (ton)	Peso total carga muerta (ton)	Peso total carga viva (ton)	Peso total (ton)
1	6.51	2.06	3.72	41.42	13.81	67.52	6.90	74.42
2	6.51	2.06	3.72	41.42	13.81	67.52	6.90	74.42
3	6.51	2.06	3.72	41.42	13.81	67.52	3.45	70.97
Peso total de la edificación								219.80

Fuente: Elaboración propia

3.6. Análisis Sísmico

3.6.1. Cálculo del Cortante Basal para Sismo Moderado

Se estimará usando la NTE E.030, la cual nos indica que la fuerza cortante basal se determina mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

$$V_x = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{6} \times 219.80 = 36.86 \text{ ton}$$

$$V_y = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{6} \times 219.80 = 36.86 \text{ ton}$$

3.6.2. Distribución de Fuerzas Cortantes

Para distribuir la fuerza cortante basal en altura se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_i = \alpha_i \times P \quad \alpha_i = \frac{P_i \times (h_i)^k}{\sum_{i=1}^n P_i \times (h_i)^k}$$

Tabla 65: Distribución de fuerzas cortantes en X e Y

Piso	P (ton)	h (m)	P x h	$\frac{P_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times h_i}$	En X-X		En Y-Y	
					Fx (ton)	Vx (ton)	Fy (ton)	Vy (ton)
3	70.97	7.80	553.54	0.49	17.99	17.99	17.99	17.99
2	74.42	5.20	386.98	0.34	12.58	30.57	12.58	30.57
1	74.42	2.60	193.49	0.17	6.29	36.86	6.29	36.86
Σ	219.80		1134.01		36.86		36.86	

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Momentos Torsores en Planta

Se determina los momentos torsores utilizando las excentricidades físicas y accidentales, con las siguientes expresiones:

$$e_x = X_{CM} - X_{CR} \quad e_y = Y_{CM} - Y_{CR}$$

$$e_{xacc} = 0.05 X \quad e_{yacc} = 0.05 Y$$

$$M_{tx} = V_i (e_y \pm e_{yacc}) \quad M_{ty} = V_i (e_x \pm e_{xacc})$$

Tabla 66: Momentos torsores en X

Pisos	Vi (ton)	Ycm (m)	Ycr (m)	ey (m)	ey acc (m)	Mtx1 (ton.m)	Mtx2 (ton.m)
1	36.86	4.81	4.48	0.33	0.47	29.32	-4.96
2	30.57	4.81	4.48	0.33	0.47	24.32	-4.11
3	17.99	4.81	4.48	0.33	0.47	14.31	-2.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67: Momentos torsores en Y

Pisos	Vi (ton)	Xcm (m)	Xcr (m)	ex (m)	ex acc (m)	Mty1 (ton.m)	Mty2 (ton.m)
1	36.86	7.15	7.15	0.00	0.72	26.36	-26.36
2	30.57	7.15	7.15	0.00	0.72	21.86	-21.86
3	17.99	7.15	7.15	0.00	0.72	12.87	-12.87

Fuente: Elaboración propia

3.6.4. Fuerzas Cortantes en cada Muro

Para repartir la cortante en cada muro mediante su rigidez se utilizara la siguiente expresión:

$$V_{tj} = \frac{K_j}{\sum K_j} x V_i$$

Se determinará el cortante torsional mediante la siguiente expresión:

$$V_{rxj} = \frac{K_x x dy x M_{tx}}{\sum K_x dy^2 + \sum K_y dx^2}$$

$$V_{ryj} = \frac{K_y x dx x M_{ty}}{\sum K_x dy^2 + \sum K_y dx^2}$$

Luego, se utilizará la siguiente expresión:

$$V_j = V_{tj} + V_{rj}$$

Tabla 68: Fuerzas cortantes actuantes en muros en X e Y

Muro	Fuerzas cortantes en cada muro (ton)		
	1° Piso	2° Piso	3° Piso
X1	3.03	2.51	1.48
X2	1.10	0.91	0.54
X3	2.78	2.31	1.36
X4	1.69	1.40	0.82
X5	2.61	2.17	1.28
X6	2.72	2.26	1.33
X7	4.43	3.67	2.16
X8	1.12	0.93	0.55
X9	3.03	2.51	1.48
X10	1.10	0.91	0.54
X11	2.78	2.31	1.36
X12	1.69	1.40	0.82
X13	2.61	2.17	1.28
X14	2.72	2.26	1.33
X15	4.43	3.67	2.16
X16	1.12	0.93	0.55
Y1	0.80	0.67	0.39
Y2	5.54	4.59	2.70
Y3	1.31	1.09	0.64
Y4	1.28	1.07	0.63
Y5	1.83	1.52	0.89
Y6	3.60	2.99	1.76
Y7	2.14	1.78	1.04
Y8	0.80	0.67	0.39
Y9	5.54	4.59	2.70
Y10	1.31	1.09	0.64
Y11	1.28	1.07	0.63
Y12	1.83	1.52	0.89
Y13	3.60	2.99	1.76
Y14	2.14	1.78	1.04
Y15	3.86	3.20	1.88
Y16	1.97	1.63	0.96

Fuente: Elaboración propia

3.6.5. Momentos en cada Muro

Tabla 69: Momentos actuantes en muros en X e Y

Muro	Momentos en cada muro (ton.m)		
	1° Piso	2° Piso	3° Piso
X1	18.77	10.38	3.85
X2	5.15	3.78	1.40
X3	16.67	9.52	3.53
X4	8.67	5.78	2.14
X5	15.34	8.96	3.32
X6	16.20	9.32	3.45
X7	32.31	15.17	5.62
X8	5.27	3.85	1.42
X9	18.77	10.38	3.85
X10	5.15	3.78	1.40
X11	16.67	9.52	3.53
X12	8.67	5.78	2.14
X13	15.34	8.96	3.32
X14	16.20	9.32	3.45
X15	32.31	15.17	5.62
X16	5.27	3.85	1.42
Y1	3.56	2.75	1.02
Y2	45.24	18.97	7.03
Y3	6.33	4.48	1.66
Y4	6.19	4.40	1.63
Y5	9.61	6.27	2.32
Y6	23.93	12.34	4.57
Y7	11.76	7.33	2.72
Y8	3.56	2.75	1.02
Y9	45.24	18.97	7.03
Y10	6.33	4.48	1.66
Y11	6.19	4.40	1.63
Y12	9.61	6.27	2.32
Y13	23.93	12.34	4.57
Y14	11.76	7.33	2.72
Y15	26.43	13.23	4.90
Y16	10.55	6.75	2.50

Fuente: Elaboración propia

3.7. Verificación por Sismo Moderado

3.8.2. Control de Fisuración

Esta disposición tiene por propósito evitar que los muros se fisuren ante los sismos moderado, que son los más frecuente. Para el efecto se considerarán las fuerzas cortantes producidas por el sismo moderado.

Para todos los muros de albañilería deberá verificarse que en cada entepiso se satisfaga la siguiente expresión que controla la ocurrencia de fisuras por corte (RNE, 2006).

$$V_e \leq 0.55V_m$$

Donde:

V_e : Fuerza cortante producida por el sismo moderado.

V_m : Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

3.8.3. Resistencia al Agrietamiento Diagonal

La resistencia al corte V_m de los muros de albañilería se calculara en cada entepiso mediante la siguiente expresión (RNE, 2006).

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

Donde:

v'_m : Resistencia característica a corte de la albañilería.

P_g : Carga gravitacional de servicio.

t : Espesor efectivo del muro.

L : Longitud total del muro.

α : Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

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

Donde:

V_e : Fuerza cortante del muro.

M_e : Momento flector del muro.

Tabla 70: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de muros reforzados en X e Y (1° Piso)

Muro	Sismo X-X								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
X1	3.00	0.14	11.01	3.03	18.77	0.48	8.89	4.89	OK
X2	1.88	0.14	6.88	1.10	5.15	0.40	4.87	2.68	OK
X3	3.00	0.14	14.19	2.78	16.67	0.50	9.83	5.41	OK
X4	2.35	0.14	13.06	1.69	8.67	0.46	7.71	4.24	OK
X5	3.00	0.14	9.22	2.61	15.34	0.51	8.83	4.86	OK
X6	3.08	0.14	18.82	2.72	16.20	0.52	11.28	6.20	OK
X7	4.00	0.14	7.26	4.43	32.31	0.55	11.27	6.20	OK
X8	2.00	0.14	8.47	1.12	5.27	0.43	5.68	3.12	OK
X9	3.00	0.14	11.01	3.03	18.77	0.48	8.89	4.89	OK
X10	1.88	0.14	6.88	1.10	5.15	0.40	4.87	2.68	OK
X11	3.00	0.14	14.19	2.78	16.67	0.50	9.83	5.41	OK
X12	2.35	0.14	13.06	1.69	8.67	0.46	7.71	4.24	OK
X13	3.00	0.14	9.22	2.61	15.34	0.51	8.83	4.86	OK
X14	3.08	0.14	18.82	2.72	16.20	0.52	11.28	6.20	OK
X15	4.00	0.14	7.26	4.43	32.31	0.55	11.27	6.20	OK
X16	2.00	0.14	8.47	1.12	5.27	0.43	5.68	3.12	OK
Muro	Sismo Y-Y								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
Y1	3.00	0.14	13.69	5.54	45.24	0.37	10.24	5.63	OK
Y2	1.60	0.14	2.90	1.31	6.33	0.33	3.00	1.65	OK
Y3	1.60	0.14	2.90	1.28	6.19	0.33	3.00	1.65	OK
Y4	1.85	0.14	3.36	1.83	9.61	0.33	3.47	1.91	OK
Y5	2.50	0.14	11.41	3.60	23.93	0.38	6.74	3.71	OK
Y6	2.00	0.14	3.63	2.14	11.76	0.36	4.02	2.21	OK
Y7	1.30	0.14	2.36	0.80	3.56	0.33	2.44	1.34	OK
Y8	3.00	0.14	13.69	5.54	45.24	0.37	10.24	5.63	OK
Y9	1.60	0.14	2.90	1.31	6.33	0.33	3.00	1.65	OK
Y10	1.60	0.14	2.90	1.28	6.19	0.33	3.00	1.65	OK
Y11	1.85	0.14	3.36	1.83	9.61	0.33	3.47	1.91	OK
Y12	2.50	0.14	11.41	3.60	23.93	0.38	6.74	3.71	OK
Y13	2.00	0.14	3.63	2.14	11.76	0.36	4.02	2.21	OK
Y14	2.65	0.14	4.81	3.86	26.43	0.39	7.70	4.24	OK
Y15	1.95	0.14	3.54	1.97	10.55	0.36	3.92	2.16	OK
Y16	3.00	0.14	13.69	5.54	45.24	0.37	10.24	5.63	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (2° Piso)

Muro	Sismo X-X								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
X1	3.00	0.14	7.30	2.51	10.38	0.73	11.21	6.17	OK
X2	3.08	0.14	4.56	0.91	3.78	0.74	11.07	6.09	OK
X3	3.00	0.14	9.40	2.31	9.52	0.73	11.70	6.43	OK
X4	2.35	0.14	8.65	1.40	5.78	0.57	7.84	4.31	OK
X5	3.00	0.14	6.12	2.17	8.96	0.73	10.94	6.02	OK
X6	3.08	0.14	12.46	2.26	9.32	0.74	12.88	7.09	OK
X7	4.00	0.14	4.84	3.67	15.17	0.97	18.06	9.93	OK
X8	2.00	0.14	5.61	0.93	3.85	0.48	5.53	3.04	OK
X9	3.00	0.14	7.30	2.51	10.38	0.73	11.21	6.17	OK
X10	3.08	0.14	4.56	0.91	3.78	0.74	11.07	6.09	OK
X11	3.00	0.14	9.40	2.31	9.52	0.73	11.70	6.43	OK
X12	2.35	0.14	8.65	1.40	5.78	0.57	7.84	4.31	OK
X13	3.00	0.14	6.12	2.17	8.96	0.73	10.94	6.02	OK
X14	3.08	0.14	12.46	2.26	9.32	0.74	12.88	7.09	OK
X15	4.00	0.14	4.84	3.67	15.17	0.97	18.06	9.93	OK
X16	2.00	0.14	5.61	0.93	3.85	0.48	5.53	3.04	OK
Muro	Sismo Y-Y								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
Y1	2.50	0.14	1.57	0.67	2.75	0.61	6.98	3.84	OK
Y2	3.00	0.14	9.08	4.59	18.97	0.73	11.62	6.39	OK
Y3	1.60	0.14	1.94	1.09	4.48	0.39	3.16	1.74	OK
Y4	1.60	0.14	1.94	1.07	4.40	0.39	3.16	1.74	OK
Y5	1.85	0.14	2.24	1.52	6.27	0.45	4.14	2.28	OK
Y6	2.50	0.14	7.56	2.99	12.34	0.61	8.36	4.60	OK
Y7	2.00	0.14	2.42	1.78	7.33	0.48	4.79	2.64	OK
Y8	2.50	0.14	1.57	0.67	2.75	0.61	6.98	3.84	OK
Y9	3.00	0.14	9.08	4.59	18.97	0.73	11.62	6.39	OK
Y10	1.60	0.14	1.94	1.09	4.48	0.39	3.16	1.74	OK
Y11	1.60	0.14	1.94	1.07	4.40	0.39	3.16	1.74	OK
Y12	1.85	0.14	2.24	1.52	6.27	0.45	4.14	2.28	OK
Y13	2.50	0.14	7.56	2.99	12.34	0.61	8.36	4.60	OK
Y14	2.00	0.14	2.42	1.78	7.33	0.48	4.79	2.64	OK
Y15	2.65	0.14	3.21	3.20	13.23	0.64	8.18	4.50	OK
Y16	1.95	0.14	2.36	1.63	6.75	0.47	4.57	2.51	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72: Control de fisuración y verificación de resistencia al agrietamiento de los muros en X e Y (3° Piso)

Muro	Sismo X-X								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
X1	3.00	0.14	3.60	1.48	3.85	1.00	13.95	7.67	OK
X2	3.08	0.14	2.25	0.54	1.40	1.00	13.97	7.68	OK
X3	3.00	0.14	4.62	1.36	3.53	1.00	14.19	7.80	OK
X4	2.35	0.14	4.24	0.82	2.14	0.90	10.27	5.65	OK
X5	3.00	0.14	3.03	1.28	3.32	1.00	13.82	7.60	OK
X6	3.08	0.14	6.11	1.33	3.45	1.00	14.86	8.17	OK
X7	4.00	0.14	2.42	2.16	5.62	1.00	18.06	9.93	OK
X8	2.00	0.14	2.76	0.55	1.42	0.77	7.37	4.05	OK
X9	3.00	0.14	3.60	1.48	3.85	1.00	13.95	7.67	OK
X10	3.08	0.14	2.25	0.54	1.40	1.00	13.97	7.68	OK
X11	3.00	0.14	4.62	1.36	3.53	1.00	14.19	7.80	OK
X12	2.35	0.14	4.24	0.82	2.14	0.90	10.27	5.65	OK
X13	3.00	0.14	3.03	1.28	3.32	1.00	13.82	7.60	OK
X14	3.08	0.14	6.11	1.33	3.45	1.00	14.86	8.17	OK
X15	4.00	0.14	2.42	2.16	5.62	1.00	18.06	9.93	OK
X16	2.00	0.14	2.76	0.55	1.42	0.77	7.37	4.05	OK
Muro	Sismo Y-Y								
	L (m)	t (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton.m)	α	Vm (ton)	0.55Vm	Ve \leq 0.55 Vm
Y1	2.50	0.14	0.79	0.39	1.02	0.96	10.70	5.88	OK
Y2	3.00	0.14	4.46	2.70	7.03	1.00	14.15	7.78	OK
Y3	1.60	0.14	0.97	0.64	1.66	0.62	4.53	2.49	OK
Y4	1.60	0.14	0.97	0.63	1.63	0.62	4.53	2.49	OK
Y5	1.85	0.14	1.12	0.89	2.32	0.71	6.02	3.31	OK
Y6	2.50	0.14	3.72	1.76	4.57	0.96	11.37	6.25	OK
Y7	2.00	0.14	1.21	1.04	2.72	0.77	7.01	3.85	OK
Y8	2.50	0.14	0.79	0.39	1.02	0.96	10.70	5.88	OK
Y9	3.00	0.14	4.46	2.70	7.03	1.00	14.15	7.78	OK
Y10	1.60	0.14	0.97	0.64	1.66	0.62	4.53	2.49	OK
Y11	1.60	0.14	0.97	0.63	1.63	0.62	4.53	2.49	OK
Y12	1.85	0.14	1.12	0.89	2.32	0.71	6.02	3.31	OK
Y13	2.50	0.14	3.72	1.76	4.57	0.96	11.37	6.25	OK
Y14	2.00	0.14	1.21	1.04	2.72	0.77	7.01	3.85	OK
Y15	2.65	0.14	1.60	1.88	4.90	1.00	11.96	6.58	OK
Y16	1.95	0.14	1.18	0.96	2.50	0.75	6.67	3.67	OK

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de los muros de albañilería, podemos notar que los muros Y2, Y9 y Y15 del primer piso, reforzados con tejido de fibra de carbono ya no se agrietan por sismo moderado; cumpliendo con la expresión $V_e \leq 0.55V_m$.

Para el segundo y tercer piso los muros no sufren fisuración.

De esta forma se dio solución al mejorar la calidad de la albañilería, habiéndose obtenido una mayor resistencia característica a la compresión diagonal con la fibra de carbono.

3.8. Verificación por Sismo Severo

3.8.1. Verificación de la Resistencia al Corte del Edificio

Con el objeto de proporcionar una adecuada resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso y en cada dirección principal del edificio, se deberá cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo, es decir que (RNE, 2006).

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

El valor V_{Ei} corresponde a la fuerza cortante actuante en el entrepiso del edificio, producida por el sismo severo.

Cumplida la expresión $\Sigma V_{mi} \geq V_{Ei}$ por los muros portantes de carga sísmica, el resto de muros que componen al edificio podrán ser no reforzados para la acción sísmica coplanar.

Cuando ΣV_{mi} en cada entrepiso sea mayor o igual a $3V_{Ei}$, se considerara que el edificio se comporta elásticamente. En este paso culminara el diseño de estos edificios ante cargas sísmicas coplanares (RNE, 2006).

3.8.2. Verificación del Agrietamiento Diagonal en los Entrepisos Superiores

En cada entrepiso superior al primero, debe verificarse para cada muro confinado que $V_{mi} \geq V_{ui}$. De no cumplirse esta condición, el entrepiso “i” también se agrietará y sus confinamientos deberán ser diseñados para soportar V_{mi} , en forma similar al primer entrepiso (RNE, 2006).

Se utilizará las siguientes expresiones:

- Factor de amplificación para pasar a condición de sismo severo.

$$2 \leq \frac{V_{mi}}{V_{ei}} \leq 3$$

- Fuerza cortante ultima ante sismo severo.

$$V_u = V_e \left(\frac{V_{mi}}{V_{ei}} \right)$$

- Momento flector ultimo ante sismo severo.

$$M_u = M_e \left(\frac{V_{mi}}{V_{ei}} \right)$$

3.8.3. Cálculo del Cortante Basal para Sismo Severo

$$V_x = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{3} \times 219.80 = 73.73 \text{ ton}$$

$$V_y = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{3} \times 219.80 = 73.73 \text{ ton}$$

3.8.4. Distribución del Cortante Basal para Sismo Severo

Tabla 73: Distribución de cortantes por sismo severo en X e Y

Piso	P (ton)	h (m)	P x h	$\frac{P_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times h_i}$	En X-X		En Y-Y	
					Fx (ton)	Vx (ton)	Fy (ton)	Vy (ton)
3	70.97	7.80	553.54	0.49	35.99	35.99	35.99	35.99
2	74.42	5.20	386.98	0.34	25.16	61.15	25.16	61.15
1	74.42	2.60	193.49	0.17	12.58	73.73	12.58	73.73
Σ	219.80		1134.01		73.73		73.73	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74: Verificación de la resistencia al corte global - Muros reforzados (1° Piso)

Muro	Sismo X-X					
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)
X1	3.03	18.77	8.89	3.00	9.09	56.31
X2	1.10	5.15	10.43	3.00	3.31	15.46
X3	2.78	16.67	9.83	3.00	8.34	50.01
X4	1.69	8.67	7.71	3.00	5.06	26.02
X5	2.61	15.34	8.83	3.00	7.84	46.01
X6	2.72	16.20	11.28	3.00	8.17	48.59
X7	4.43	32.31	11.27	2.54	11.27	82.18
X8	1.12	5.27	5.68	3.00	3.37	15.80
X9	3.03	18.77	8.89	3.00	9.09	56.31
X10	1.10	5.15	10.43	3.00	3.31	15.46
X11	2.78	16.67	9.83	3.00	8.34	50.01
X12	1.69	8.67	7.71	3.00	5.06	26.02
X13	2.61	15.34	8.83	3.00	7.84	46.01
X14	2.72	16.20	11.28	3.00	8.17	48.59
X15	4.43	32.31	11.27	2.54	11.27	82.18
X16	1.12	5.27	5.68	3.00	3.37	15.80
$\Sigma V_{mx} = 147.83 \text{ ton} > V_{Eix} = 73.73 \text{ ton} (\Sigma V_{mx} = 2.01 V_{Eix} < 3 V_{Eix})$					Resistencia Global OK	
Muro	Sismo Y-Y					
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)
Y1	0.80	3.56	9.60	11.97	9.60	42.61
Y2	5.54	45.24	10.24	1.85	10.24	83.62
Y3	1.31	6.33	2.98	2.28	2.98	14.43
Y4	1.28	6.19	2.99	2.33	2.99	14.42
Y5	1.83	9.61	3.62	1.98	3.62	19.03
Y6	3.60	23.93	6.74	1.87	6.74	44.78
Y7	2.14	11.76	4.02	1.88	4.02	22.08
Y8	0.80	3.56	9.60	11.97	9.60	42.61
Y9	5.54	45.24	10.24	1.85	10.24	83.62
Y10	1.31	6.33	2.98	2.28	2.98	14.43
Y11	1.28	6.19	2.99	2.33	2.99	14.42
Y12	1.83	9.61	3.62	1.98	3.62	19.03
Y13	3.60	23.93	6.74	1.87	6.74	44.78
Y14	2.14	11.76	4.02	1.88	4.02	22.08
Y15	3.86	26.43	7.70	2.00	7.70	52.75
Y16	1.97	10.55	3.92	1.99	3.92	21.00
$\Sigma V_{my} = 92.02 \text{ ton} > V_{Eiy} = 73.73 \text{ ton} (\Sigma V_{my} = 1.25 V_{Eiy} < 3 V_{Eiy})$					Resistencia Global OK	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75: Verificación de la resistencia al corte global y al agrietamiento diagonal - Muros sin refuerzo (2° Piso)

Muro	Sismo X-X						
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)	Vm ≥ Vu
X1	2.51	10.38	11.21	3.00	7.54	31.15	OK
X2	0.91	3.78	11.07	3.00	2.74	11.33	OK
X3	2.31	9.52	11.70	3.00	6.92	28.57	OK
X4	1.40	5.78	7.84	3.00	4.20	17.35	OK
X5	2.17	8.96	10.94	3.00	6.51	26.87	OK
X6	2.26	9.32	12.88	3.00	6.77	27.97	OK
X7	3.67	15.17	18.06	2.64	9.72	40.13	OK
X8	0.93	3.85	5.53	3.00	2.79	11.54	OK
X9	2.51	10.38	11.21	3.00	7.54	31.15	OK
X10	0.91	3.78	11.07	3.00	2.74	11.33	OK
X11	2.31	9.52	11.70	3.00	6.92	28.57	OK
X12	1.40	5.78	7.84	3.00	4.20	17.35	OK
X13	2.17	8.96	10.94	3.00	6.51	26.87	OK
X14	2.26	9.32	12.88	3.00	6.77	27.97	OK
X15	3.67	15.17	18.06	2.64	9.72	40.13	OK
X16	0.93	3.85	5.53	3.00	2.79	11.54	OK
$\Sigma V_{mx} = 178.46 \text{ ton} > V_{Eix} = 61.15 \text{ ton}$ ($\Sigma V_{mx} = 2.92 V_{Eix} < 3 V_{Eix}$)					Resistencia Global OK		
Muro	Sismo Y-Y						
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)	Vm ≥ Vu
Y1	0.67	2.75	6.98	2.13	1.42	5.86	OK
Y2	4.59	18.97	11.62	2.18	10.02	41.39	OK
Y3	1.09	4.48	3.16	2.61	2.83	11.71	OK
Y4	1.07	4.40	3.16	2.66	2.84	11.72	OK
Y5	1.52	6.27	4.14	2.28	3.46	14.28	OK
Y6	2.99	12.34	8.36	2.16	6.47	26.71	OK
Y7	1.78	7.33	4.79	2.16	3.84	15.84	OK
Y8	0.67	2.75	6.98	2.13	1.42	5.86	OK
Y9	4.59	18.97	11.62	2.18	10.02	41.39	OK
Y10	1.09	4.48	3.16	2.61	2.83	11.71	OK
Y11	1.07	4.40	3.16	2.66	2.84	11.72	OK
Y12	1.52	6.27	4.14	2.28	3.46	14.28	OK
Y13	2.99	12.34	8.36	2.16	6.47	26.71	OK
Y14	1.78	7.33	4.79	2.16	3.84	15.84	OK
Y15	3.20	13.23	8.18	2.32	7.44	30.74	OK
Y16	1.63	6.75	4.57	2.28	3.72	15.37	OK
$\Sigma V_{my} = 97.17 \text{ ton} > V_{Eiy} = 61.15 \text{ ton}$ ($\Sigma V_{my} = 1.59 V_{Eiy} < 3 V_{Eiy}$)					Resistencia Global OK		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76: Verificación de la resistencia al corte global y al agrietamiento diagonal - Muros sin refuerzo (3° Piso)

Muro	Sismo X-X						
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)	Vm ≥ Vu
X1	1.48	3.85	13.95	3.00	4.44	11.54	OK
X2	0.54	1.40	13.97	3.00	1.61	4.20	OK
X3	1.36	3.53	14.19	3.00	4.07	10.59	OK
X4	0.82	2.14	10.27	3.00	2.47	6.43	OK
X5	1.28	3.32	13.82	3.00	3.83	9.96	OK
X6	1.33	3.45	14.86	3.00	3.99	10.36	OK
X7	2.16	5.62	18.06	2.64	5.72	14.87	OK
X8	0.55	1.42	7.37	3.00	1.64	4.27	OK
X9	1.48	3.85	13.95	3.00	4.44	11.54	OK
X10	0.54	1.40	13.97	3.00	1.61	4.20	OK
X11	1.36	3.53	14.19	3.00	4.07	10.59	OK
X12	0.82	2.14	10.27	3.00	2.47	6.43	OK
X13	1.28	3.32	13.82	3.00	3.83	9.96	OK
X14	1.33	3.45	14.86	3.00	3.99	10.36	OK
X15	2.16	5.62	18.06	2.64	5.72	14.87	OK
X16	0.55	1.42	7.37	3.00	1.64	4.27	OK
$\Sigma V_{mx} = 212.96 \text{ ton} > V_{Eix} = 35.99 \text{ ton} (\Sigma V_{mx} = 5.92 V_{Eix} > 3 V_{Eix})$					Resistencia Global OK		
Muro	Sismo Y-Y						
	Vei (ton)	Mei (ton.m)	Vmi	Vm / Ve	Vu (ton)	Mu (ton)	Vm ≥ Vu
Y1	0.39	1.02	10.70	2.13	0.83	2.17	OK
Y2	2.70	7.03	14.15	2.18	5.90	15.34	OK
Y3	0.64	1.66	4.53	2.61	1.67	4.34	OK
Y4	0.63	1.63	4.53	2.66	1.67	4.34	OK
Y5	0.89	2.32	6.02	2.28	2.03	5.29	OK
Y6	1.76	4.57	11.37	2.16	3.81	9.89	OK
Y7	1.04	2.72	7.01	2.16	2.26	5.87	OK
Y8	0.39	1.02	10.70	2.13	0.83	2.17	OK
Y9	2.70	7.03	14.15	2.18	5.90	15.34	OK
Y10	0.64	1.66	4.53	2.61	1.67	4.34	OK
Y11	0.63	1.63	4.53	2.66	1.67	4.34	OK
Y12	0.89	2.32	6.02	2.28	2.03	5.29	OK
Y13	1.76	4.57	11.37	2.16	3.81	9.89	OK
Y14	1.04	2.72	7.01	2.16	2.26	5.87	OK
Y15	1.88	4.90	11.96	2.32	4.38	11.39	OK
Y16	0.96	2.50	6.67	2.28	2.19	5.70	OK
$\Sigma V_{my} = 135.24 \text{ ton} > V_{Eiy} = 35.99 \text{ ton} (\Sigma V_{my} = 3.76 V_{Eiy} > 3 V_{Eiy})$					Resistencia Global OK		

Fuente: Elaboración propia

Como puede apreciarse del análisis de los muros reforzados:

- En el sentido X, los muros de todos los niveles cumplen con la condición $\Sigma V_{mi} \geq V_{Ei}$.
- En el sentido X, los muros de los niveles superiores cumplen con la condición $V_{mi} \geq V_{ui}$.
- En el sentido Y, los muros de todos los niveles cumplen con la condición $\Sigma V_{mi} \geq V_{Ei}$.
- En el sentido Y, los muros de los niveles superiores cumplen con la condición $V_{mi} \geq V_{ui}$.

En este caso, se reforzó los muros Y2, Y9 e Y15 (1º Piso) con tejido de fibra de carbono y de esta forma se cumplen con los requisitos indicados en 5.7.7 y 5.7.8.

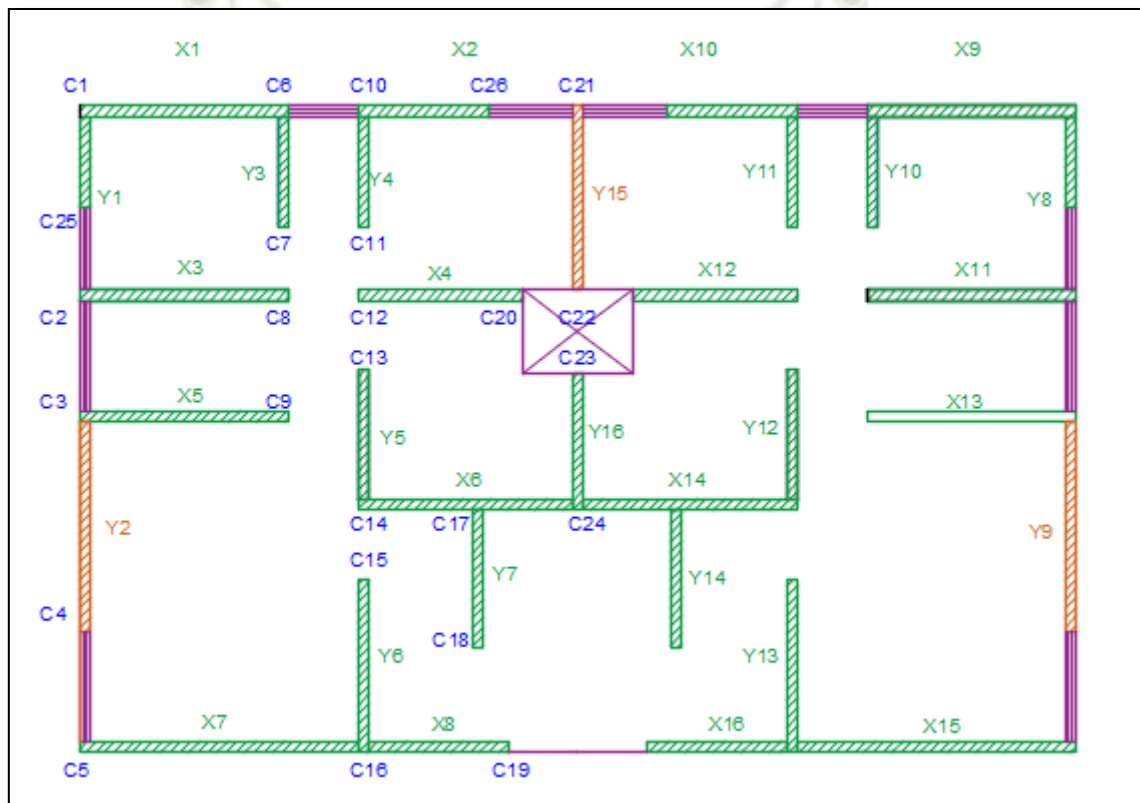


CAPITULO VII
DISEÑO DE ELEMENTOS DE
CONFINAMIENTO

1. Especificaciones Generales

Empleando las especificaciones de la norma técnica de edificaciones E.070, se diseñará los muros confinados y vigas soleras del edificio para cada uno de los tres pisos. En esta etapa de diseño, se utilizará el mayor refuerzo y la mayor sección proveniente del diseño de ambos muros. En la figura 64 se muestra la distribución de columnas.

Figura 65: Diseño de columnas



Fuente: Elaboración propia

2. Diseño de los Elementos de Confinamiento de los Muros de Primer Piso

Según interpretación realizada en el acápite 6.7.7. y 6.7.8., se puede deducir que ante la acción del sismo moderado los muros del primer piso no fallan, pero con acción del sismo severo los muros más críticos fallan Y2, Y9 y Y15.

Con la finalidad de mejorar la calidad de los muros de albañilería, se considera reforzar los muros más críticos con fibra de carbono.

Además, cada dirección se ha diseñado en forma independiente para los muros más críticos, y se debe considerar que, en las columnas de la intersección entre 2 muros ortogonales, se utilizara el mayor refuerzo y la mayor sección proveniente del diseño de ambos muros. Se verifico el diseño de los muros agrietados en X-X y Y-Y para el piso más crítico (piso 1), y se cumplió con los requerimientos mínimos para dichos muros agrietados.

- Parámetros comunes:

$f'c=0.175 \text{ ton/cm}^2$	$f'y=4.2 \text{ ton/cm}^2$
$t=14 \text{ cm} = \text{espesor efectivo}$	$t_n=14-4=10\text{cm} = \text{espesor de núcleo confinado}$
$h= 2.4 \text{ m}$	$\mu= 1.0 = \text{coeficiente de fricción en junta rayada}$
estribos $[\] \frac{1}{4}'' \text{ av}=0.64 \text{ cm}^2$	recubrimiento= 2 cm

- Nomenclatura, formulas y secuencias del diseño de columnas de confinamiento:

- 1) $P_g = PD+0.25PL = \text{Carga de gravedad acumulada (ton, ver tablas ...)}$
- 2) $V_m = \text{Cortante de agrietamiento diagonal (ton, ver tablas ...)}$
- 3) $M_u = \text{Momento flector ante sismo severo (ton-m, ver tablas ...)}$
- 4) $L = \text{Longitud total del muro (m), incluyendo columnas de confinamiento}$
- 5) $L_m = \text{Longitud del paño mayor o } 1/2L, \text{ lo que sea mayor (m). En muros de 1 paño: } L_m=L$
- 6) $N_c = \text{Numero de columnas de confinamiento en el muro en análisis}$
- 7) $M = M_u - 1/2V_m h \text{ (ton-m)}$
- 8) $F = M/L = \text{Fuerza axial producida por "M" en una columna extrema (ton)}$
- 9) $P_c = P_g/N_c = \text{Carga axial producida por "Pg" en una columna (ton)}$
- 10) $P_t = \text{carga tributaria proveniente del muro transversal a la columna en análisis, puede emplearse: } P_t = (L_t P_g/ L) \text{ del muro transversal (ton)}$
- 11) $T = \text{Tracción en columna (ton):}$

Extrema: $T=F-P_c-P_t$
Interna: $T=V_m h/ L-P_c-P_t$
- 12) $C = \text{Comprensión en columnas (ton)}$

Extrema: $C=P_c+F$
Interna: $C=P_c-1/2V_m h/L$
- 13) $V_c = \text{Cortante en columna (ton)}$

Extrema $V_c=1.5 V_m L_m/(L(N_c+1))$
Interna $V_c=V_m L_m/(L(N_c+1))$

- 14) $A_s = (T + V_c / \mu) / (f_y \Phi) =$ Área de acero vertical requerida (cm², min 4 Φ 8mm), usar $\Phi=0.85$
- 15) $A_s =$ área de acero vertical colocada (cm²)
- 16) $\delta =$ factor de confinamiento: $\delta=0.8$ para columnas sin muros transversales
 $\delta=1.0$ para columnas con muro transversales
- 17) $A_n = A_s + (C / \Phi - A_s f_y) / (0.85 \delta f'_c) =$ área del núcleo de concreto (cm²), usar $\Phi=0.7$
- 18) $A_{cf} = V_c / (0.2 f'_c \Phi) \geq 15t \geq A_c =$ área de la columna por corte- fricción (cm²), usar $\Phi=0.85$
- 19) Dimensiones de la columna a emplear (cm x cm)
- 20) $A_c =$ área de concreto de la columna definitiva (cm²)
- 21) $A_n =$ área del núcleo de la columna definitiva (cm²)
- 22) $A_{s \text{ min}} = 0.1 f'_c A_c / f_y =$ área de acero vertical mínima (cm²), o 4 Φ 8 mm
- 23) $s_1 = A_v f_y / (0.3 t n f'_c (A_c / A_n - 1)) =$ espaciamiento de estribos de compresión (cm)
- 24) $s_2 = A_v f_y / (0.12 t n f'_c) =$ espaciamiento de estribos de compresión (cm)
- 25) $s_3 = \frac{1}{4} d$ o 5cm, lo que sea mayor = espaciamiento de estribos por compresión (cm)
- 26) $s_4 = 10\text{cm} =$ espaciamiento máximo de estribos por compresión
- 27) Zona a confinar en los extremos de la columna: 45 cm o 1.5 d (cm)
- 28) $s =$ espaciamiento a utilizar en la zona de confinamiento (cm)

Notas:

Estribaje mínimo: $[\] \Phi \frac{1}{4}"$, 1@5, 4@10, r@25cm
(San Bartolome A. , 2011)

- Nomenclatura, formulas y secuencias del diseño de vigas soleras:

- 29) $T_s = \frac{1}{2} V_m L_m / L =$ Tracción en la solera (ton)
- 30) $A_s = T_s / (\Phi f_y) =$ Área de acero horizontal requerida (cm²), usar $\Phi=0.9$
- 31) Acero longitudinal a utilizar

Notas:

$A_{s \text{ min}} = 0.1 f'_c A_{sol} / f_y$ o 4 Φ 8mm. Así = 20cmx14cm=280 cm²

$A_{s \text{ min}} = 0.1 \times 0.175 \times 280 / 4.2 = 1.17 \text{ cm}^2 =$ Usar como mínimo 4 Φ 8mm.

En la solera se usa estribaje mínimo: $[\] \Phi \frac{1}{4}"$, 1@5, 4@10, r@25cm²

Tabla 77: Piso 1, Diseño de los muros agrietados X-X

PISO 1 - DISEÑO DE MUROS AGRIETADOS X-X																	
N°	Muro	X1		X2		X3		X4		X5		X6		X7		X8	
	Columna	C1	C6	C10	C26	C2	C8	C12	C20	C3	C9	C14	C24	C5	C16	C19	C16
	Ubicación	extrema	extrema	extrema	interna	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	interna	extrema	interna	externa	interna
1	Pg	11.01		6.88		14.19		13.06		9.22		18.82		7.26		8.47	
2	Vm	8.89		10.43		9.83		7.71		8.83		11.28		11.27		5.68	
3	Mu	56.31		15.46		50.01		26.02		46.01		48.59		82.18		15.80	
4	L	3.00		1.88		3.00		2.35		3.00		3.08		4.00		2.00	
5	Lm	3.00		1.88		3.00		2.35		3.00		1.54		2.00		1.00	
6	Nc	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		3.00		3.00		3.00	
7	M	45.65		2.95		38.21		16.77		35.41		35.06		68.66		8.98	
8	F	15.22		1.57		12.74		7.13		11.80		11.40		17.16		4.49	
9	Pc	5.50		3.44		7.09		6.53		4.61		6.27		2.42		2.82	
10	Pt	1.14	0.73	0.73	1.20	1.14	0.00	0.00	0.00	3.42	0.00	0.84	0.89	0.00	2.85	0.00	2.85
11	T	8.58	8.99	-2.59	-3.07	4.51	5.64	0.60	0.60	3.77	7.19	4.29	1.65	14.75	1.49	1.67	1.14
12	C	20.72	20.72	5.01	5.01	19.83	19.83	13.66	13.66	16.41	16.41	17.67	1.87	19.58	-0.96	7.31	-0.58
13	Vc	4.44	4.44	5.22	5.22	4.92	4.92	3.85	3.85	4.42	4.42	2.12	1.41	2.11	1.41	1.06	0.71
14	As	3.65	3.76	0.73	0.60	2.64	2.96	1.25	1.25	2.29	3.25	1.79	0.86	4.72	0.81	0.77	0.52
	As a usar	2#3+2#4	2#3+2#4	2#3+2#4	2#3+2#4	4#3	4#3	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	2#3+2#4	4φ8mm	4φ8mm	4#4	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm
15	As a usar	4.00	4.00	4.00	4.00	2.83	2.83	2.00	2.00	2.00	2.84	2.00	2.00	5.08	2.00	2.00	2.00
16	δ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
17	An	90.04	90.04	-60.82	-60.82	113.39	141.03	95.45	95.45	103.16	99.64	115.27	-36.50	49.72	-63.70	15.77	-60.09
18	Acf	149.40	149.40	175.31	175.31	165.21	165.21	129.54	129.54	148.46	148.46	71.10	47.40	71.00	47.34	35.78	23.85
19	Usar	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20
20	Ac	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00
21	An	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
22	As min	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
23	s1	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83

24	s2	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80
25	s3	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
26	s4	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
27	zona c	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
29	Soleras	muro X1		muro X2		muro X3		muro X4		muro X5		muro X6		muro X7		muro X8	
30	Ts	4.44	4.44	5.22	5.22	4.92	4.92	3.85	3.85	4.42	4.42	2.82	2.82	2.82	2.82	1.42	1.42
31	As	1.18	1.18	1.38	1.38	1.30	1.30	1.02	1.02	1.17	1.17	0.75	0.75	0.75	0.75	0.38	0.38
32	As min	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
33	usar	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm

Fuente: Elaboración propio



Tabla 78: Piso 1, Diseño de los muros agrietados Y-Y

PISO 1 - DISEÑO DE MUROS AGRIETADOS Y-Y																			
N°	Muro	Y1		Y2		Y3		Y4		Y5		Y6		Y7		Y15		Y16	
	Columna	C1	C25	C3	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C21	C22	C23	C24
	Ubicación	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	interna	interna	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema
1	Pg	2.36		13.69		2.90		2.90		3.36		11.41		3.63		4.81		8.47	
2	Vm	9.60		10.24		2.98		2.99		3.62		6.74		4.02		7.70		3.92	
3	Mu	42.61		83.62		14.43		14.42		19.03		44.78		22.08		52.75		21.00	
4	L	1.30		3.00		1.60		1.60		1.85		2.50		2.00		3.63		1.95	
5	Lm	1.30		3.00		1.60		1.60		1.85		1.25		1.00		1.81		0.98	
6	Nc	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		3.00		3.00		3.00		3.00	
7	M	31.09		71.33		10.85		10.83		14.68		36.69		17.26		43.50		16.29	
8	F	23.92		23.78		6.78		6.77		7.93		14.68		8.63		11.99		8.36	
9	Pc	1.18		6.85		1.45		1.45		1.68		3.80		1.21		1.60		2.82	
10	Pt	2.75	3.55	2.31	0.00	2.75	0.00	2.82	0.00	0.00	4.71	0.00	2.12	4.71	0.00	2.82	0.00	0.00	4.71
11	T	19.99	19.19	14.63	16.93	2.58	5.33	2.50	5.32	6.25	1.55	10.87	8.75	-1.09	7.42	7.57	10.39	5.53	-2.70
12	C	25.10	25.10	30.62	30.62	8.23	8.23	8.22	8.22	9.61	9.61	18.48	18.48	-1.20	9.84	13.59	13.59	11.18	0.41
13	Vc	4.80	4.80	5.12	5.12	1.49	1.49	1.50	1.50	1.81	1.81	1.26	1.26	0.50	0.75	1.44	1.44	0.73	0.49
14	As	6.94	6.72	5.53	6.18	1.14	1.91	1.12	1.91	2.26	0.94	3.40	2.81	-0.16	2.29	2.52	3.31	1.76	-0.62
		2#3+2# 4	2#3+2# 4	2#3+2# 5	2#4+2# 5	4φ8m m	4φ8m m	4φ8m m	4φ8m m	4#3	4φ8m m	2#3+2# 4	4#3	4φ8m m	4#3	4#3	2#3+2# 4	4φ8m m	4φ8m m
15	As a usar	4.00	4.00	5.42	6.54	2.00	2.00	2.00	2.00	2.84	2.00	4.00	2.00	2.00	2.84	2.84	4.00	2.00	2.00
16	δ	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80
17	An	132.10	132.10	146.48	143.34	24.60	30.25	24.46	30.07	17.99	37.84	84.66	123.00	-66.02	20.72	53.18	25.98	52.88	-63.66
18	Acf	161.34	161.34	172.06	172.06	50.13	50.13	50.29	50.29	60.92	60.92	42.48	42.48	16.89	25.34	48.56	48.56	24.70	16.46
19	Usar	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20
20	Ac	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00
21	An	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
22	As min	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17

23	s1	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83
24	s2	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80
25	s3	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
26	s4	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
27	zona c	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
28	s [1/4"	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5	9@5
29	Soleras	muro Y1		muro Y2		muro Y3		muro Y4		muro Y5		muro Y6		muro Y7		muro Y15		muro Y16	
30	Ts	4.80	4.80	5.12	5.12	1.49	1.49	1.50	1.50	1.81	1.81	1.69	1.69	1.01	1.01	1.93	1.93	0.98	0.98
31	As	1.27	1.27	1.35	1.35	0.39	0.39	0.40	0.40	0.48	0.48	0.45	0.45	0.27	0.27	0.51	0.51	0.26	0.26
32	As min	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
33	usar	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm

Fuente: Elaboración propia

3.1.Reducción de Columnas y Soleras

Para facilitar la construcción, debe reducirse al máximo el número de columnas, para ello se aplica el siguiente criterio:

- Unificar las columnas que presentan poca variación en su refuerzo y sección transversal.
- En las columnas de la intersección entre 2 muros ortogonales, se utilizará el mayor refuerzo y mayor sección proveniente del diseño (San Bartolome A. , 2011).

De tal manera se reducen de la siguiente manera:

- CT1, Las columnas C3 y C4, con 14x20 cm, con 2#3+2#5, 9 \square 1/4" @ 5 cm.
- CT2, Las columnas C1, C2, C6, C10, C15, C22 y C25, con 14x20 cm, con 2#3+2#4, 9 \square 1/4" @ 5 cm.
- CT3, Las columnas C5, con 14x20 cm, con 4#4, 9 \square 1/4" @ 5 cm.
- CT4, Las columnas C8, C13, C16, C18, C21 y C26, con 14x20 cm, con 4#3, 9 \square 1/4" @ 5 cm.
- CT5, Las columnas C7, C9, C11, C12, C14, C17, C19, C20, C23 y C24, con 14x20 cm, con 4 Φ 8mm, 9 \square 1/4" @ 5 cm.

Asimismo, las vigas soleras serán de 20x14cm, serán para el primer nivel:

- S1, Las vigas soleras, con 4 Φ 8mm.

Tanto en las columnas como en las soleras el estribaje es mínimo: \square 1/4" 1@5, 4@10, r @25 cm

3.2.Refuerzo Horizontal en Muros Agrietados

Según la norma E.070, en todo muro agrietado, debe colocarse refuerzos horizontales continuos, anclado en las columnas, con una cuantía igual a $\rho=As/(s t)=0.001$. Empleando varilla de 1/4" ($As=0.32 \text{ cm}^2$), se obtiene un espaciamiento $s=0.32/(0.001 \times 14) = 22.85 \text{ cm}$, con lo cual se empleará 1 Φ 1/4" @ 2 hiladas cada 20 cm.

3. Diseño de los Elementos de Confinamiento de los Muros no Agrietados de Pisos Superiores

Según la interpretación realizada en el acápite 6.6., se puede decir que ante la acción del sismo moderado los muros del segundo y tercer piso no fallan. Para sismo severo, los muros del piso 2 y 3 no se agrietan por corte ($V_u \leq V_m$). Además, cada dirección se ha diseñado en forma independiente para los muros, y se deberá considerar que, en la columna de la intersección entre 2 muros ortogonales, se utilizará el mayor refuerzo y la mayor sección proveniente del diseño de ambos muros. Se verificó el diseño de los muros no agrietados en X-X y Y-Y para los pisos 2 y 3, y se cumplió con los requerimientos mínimos para dichos muros agrietados.

Para este diseño se facilita ya que la albañilería absorberá la fuerza cortante, con lo cual, las columnas no necesitan diseñarse por corte- fricción. Solo se diseñan las columnas extremas a tracción y compresión, mientras que las columnas internas llevan refuerzo mínimo (San Bartolome A. , 2011).

- 1) $P_g = PD + 0.25PL =$ Carga de gravedad acumulada (ton)
- 2) $V_u =$ Fuerza cortante ante sismo severo (ton)
- 3) $M_u =$ Momento flector ante sismo severo (ton-m)
- 4) $L =$ Longitud total del muro (m), incluyendo columnas de confinamiento
- 5) $L_m =$ Longitud del paño mayor o $1/2L$, lo que sea mayor (m). En muros de 1 paño: $L_m = L$
- 6) $N_c =$ Numero de columnas de confinamiento en el muro en análisis
- 7) $F = M_u/L =$ Fuerza axial producida por “ M_u ” en una columna extrema (ton)
- 8) $P_c = P_g/N_c =$ Carga axial producida por “ P_g ” en una columna (ton)
- 9) $P_t =$ Carga tributaria proveniente del muro transversal a la columna en análisis, puede emplearse: $P_t = (L_t P_g / L)$ del muro transversal (ton)
- 10) $T = F - P_c - P_t$ Tracción en columna extrema (ton)
- 11) $C = P_c + F$ Compresión en columnas extrema (ton)
- 12) $A_s = T / (f_y \Phi) =$ Área de acero vertical requerida (cm^2 , min $4\Phi 8mm$), usar $\Phi = 0.9$
- 13) $A_s =$ área de acero vertical colocada (cm^2)
- 14) $\delta =$ factor de confinamiento: $\delta = 0.8$ para columnas sin muros transversales
 $\delta = 1.0$ para columnas con muro transversales

- 15) $A_n = A_s + (C/\Phi - A_s f_y) / (0.85 \delta f'c) =$ área del núcleo de concreto (cm²), usar $\Phi=0.7$
- 16) Dimensiones de la columna a emplear (cm x cm)
- 17) $A_c =$ área de concreto de la columna definitiva (cm²)
- 18) $A_n =$ área del núcleo de la columna definitiva (cm²)
- 19) $A_{s \text{ min}} = 0.1 f'c A_c / f_y =$ área de acero vertical mínima (cm²), o 4 Φ 8 mm
- 20) $T_s = \frac{1}{2} V_u L_m / L =$ Tracción en la solera (ton)
- 21) $A_s = T_s / (\Phi f_y) =$ Área de acero horizontal requerida (cm²), usar $\Phi=0.9$
- 22) Acero longitudinal a utilizar

Notas:

$A_{s \text{ min}} = 0.1 f'c A_{sol} / f_y$ o 4 Φ 8mm. Así = 20cmx14cm=280 cm²

$A_{s \text{ min}} = 0.1 \times 0.175 \times 280 / 4.2 = 1.17 \text{ cm}^2 =$ Usar como mínimo 4 Φ 8mm.

En la solera se usa estribaje mínimo: [] $\Phi \frac{1}{4}$ ", 1@5, 4@10, r@25cm²

Tabla 79: Piso 2, Diseño de los muros no agrietados X-X

PISO 2 - DISEÑO DE MUROS NO AGRIETADOS X-X																	
N°	Muro	X1		X2		X3		X4		X5		X6		X7		X8	
	Columna	C1	C6	C10	C26	C2	C8	C12	C20	C3	C9	C14	C24	C5	C16	C19	C16
	Ubicación	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	interna	extrema	interna	externa	interna
1	Pg	7.30		4.56		9.40		8.65		6.12		12.46		4.84		5.61	
2	Vu	7.54		2.74		6.92		4.20		6.51		6.77		9.72		2.79	
3	Mu	31.15		11.33		28.57		17.35		26.87		27.97		40.13		11.54	
4	L	3.00		3.08		3.00		2.35		3.00		3.08		4.00		2.00	
5	Lm	3.00		1.54		3.00		2.35		3.00		1.54		2.00		1.00	
6	Nc	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		3.00		3.00		3.00	
7	F	10.38		3.68		9.52		7.38		8.96		9.10		10.03		5.77	
8	Pc	3.65		2.28		4.70		4.33		3.06		4.15		1.61		1.87	
9	Pt	0.76	0.49	0.49	0.80	0.76	0.00	0.00	0.00	2.27	0.00	0.56	0.59	0.00	1.89	1.89	0.00
10	T	5.98	6.25	0.92	0.60	4.07	4.82	3.06	3.06	3.63	5.90	4.38	4.35	8.42	6.53	2.01	3.90
11	C	14.03	14.03	5.97	5.97	14.23	14.23	11.71	11.71	12.02	12.02	13.25	13.25	11.64	11.64	7.64	7.64
12	As	1.58	1.65	0.24	0.16	1.08	1.28	0.81	0.81	0.96	1.56	1.16	1.15	2.23	1.73	0.53	1.03
	As	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm
13	As a usar	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
14	δ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80
15	An	80.31	80.31	2.83	2.83	82.15	102.19	57.98	71.97	60.95	75.68	72.80	72.80	71.20	57.36	18.89	23.11
16	Usar	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20
17	Ac	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00
18	An	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
19	As min	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
	Soleras	muro X1		muro X2		muro X3		muro X4		muro X5		muro X6		muro X7		muro X8	
20	Ts	3.77		0.69		3.46		2.10		3.25		1.69		2.43		0.70	
21	As	1.00		0.18		0.92		0.56		0.86		0.45		0.64		0.18	
22	usar	4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80: Piso 2, Diseño de los muros no agrietados Y-Y

PISO 2 - DISEÑO DE MUROS NO AGRIETADOS Y-Y																			
N°	Muro	Y1		Y2		Y3		Y4		Y5		Y6		Y7		Y15		Y16	
	Columna	C1	C25	C3	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C21	C22	C23	C24
	Ubicación	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	interna	interna	extrema	extrema	extrema	interna	
1	Pg	1.57		9.08		1.94		1.94		2.24		7.56		2.42		3.21		2.36	
2	Vu	1.33		10.02		2.83		2.84		3.46		6.47		3.84		7.44		3.72	
3	Mu	5.50		41.39		11.71		11.72		14.28		26.71		15.84		30.74		15.37	
4	L	1.30		3.00		1.60		1.60		1.85		2.50		2.00		2.65		1.95	
5	Lm	1.30		3.00		1.60		1.60		1.85		1.25		1.00		1.33		0.98	
6	Nc	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		3.00		3.00		3.00		3.00	
7	F	4.23		13.80		7.32		7.32		7.72		10.68		7.92		11.60		7.88	
8	Pc	0.79		4.54		0.97		0.97		1.12		2.52		0.81		1.07		0.79	
9	Pt	1.83	2.35	1.53	0.00	1.83	0.00	1.87	0.00	0.00	3.12	0.00	1.40	3.12	0.00	1.87	0.00	0.00	3.12
10	T	1.62	1.09	7.73	9.26	4.52	6.35	4.48	6.36	6.60	3.49	8.16	6.76	4.00	7.12	8.66	10.53	7.10	3.98
11	C	5.01	5.01	18.34	18.34	8.28	8.28	8.29	8.29	8.84	8.84	13.20	13.20	8.73	8.73	12.67	12.67	8.67	8.67
12	As	0.43	0.29	2.05	2.45	1.20	1.68	1.19	1.68	1.75	0.92	2.16	1.79	1.06	1.88	2.29	2.79	1.88	1.05
	As	4#3	4#3	4#3	2#3+2#4	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4#3	4φ8mm	2#3+2#4	4#3	4φ8mm	4#3	4#3	2#3+2#4	4#3	4φ8mm
13	As a usar	2.84	2.84	2.84	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.84	2.00	4.00	2.84	2.00	2.84	2.84	4.00	2.84	2.00
14	δ	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00
15	An	-29.19	-29.19	98.75	82.94	25.09	30.86	25.15	30.94	8.71	30.41	21.33	49.45	29.35	7.38	44.30	14.89	6.69	28.80
16	Usar	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20
17	Ac	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00
18	An	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
19	As min	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
	Soleras	muro Y1		muro Y2		muro Y3		muro Y4		muro Y5		muro Y6		muro Y7		muro Y15		muro Y16	
20	Ts	0.67		5.01		1.42		1.42		1.73		1.62		0.96		1.86		0.93	
21	As	0.18		1.33		0.37		0.38		0.46		0.43		0.25		0.49		0.25	
22	usar	4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81: Piso 3, Diseño de los muros no agrietados X-X

PISO 3 - DISEÑO DE MUROS NO AGRIETADOS X-X																	
N°	Muro	X1		X2		X3		X4		X5		X6		X7		X8	
	Columna	C1	C6	C10	C26	C2	C8	C12	C20	C3	C9	C14	C24	C5	C16	C19	C16
	Ubicación	extrema	extrema	extrema	interna	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	interna	extrema	interna	externa	interna
1	Pg	3.60		2.25		4.62		4.24		3.03		6.11		2.42		2.76	
2	Vu	4.44		1.61		4.07		2.47		3.83		3.99		5.72		1.64	
3	Mu	11.54		4.20		10.59		6.43		9.96		10.36		14.87		4.27	
4	L	3.00		3.08		3.00		2.35		3.00		3.08		4.00		2.00	
5	Lm	3.00		1.54		3.00		2.35		3.00		1.54		2.00		1.00	
6	Nc	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		3.00		3.00		3.00	
7	F	3.85		1.37		3.53		2.74		3.32		3.37		3.72		2.14	
8	Pc	1.80		1.12		2.31		2.12		1.51		2.04		0.81		0.92	
9	Pt	0.38	0.24	0.24	0.40	0.38	0.00	0.00	0.00	1.23	0.00	0.28	0.30	0.00	1.03	1.03	0.00
10	T	1.67	1.80	0.00	-0.16	0.84	1.22	0.61	0.61	0.57	1.81	1.05	1.04	2.91	1.88	0.19	1.22
11	C	5.65	5.65	2.49	2.49	5.84	5.84	4.86	4.86	4.83	4.83	5.41	5.41	4.52	4.52	3.06	3.06
12	As	0.44	0.48	0.00	-0.04	0.22	0.32	0.16	0.16	0.15	0.48	0.28	0.28	0.77	0.50	0.05	0.32
	As	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm
13	As a usar	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
14	δ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80
15	An	-0.24	-0.24	-30.56	-30.56	1.60	1.50	-7.83	-10.28	-8.07	-10.59	-2.55	-2.55	-14.29	-11.03	-25.11	-31.89
16	Usar	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20
17	Ac	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00
18	An	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
19	As min	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
	Soleras	muro X1		muro X2		muro X3		muro X4		muro X5		muro X6		muro X7		muro X8	
20	Ts	2.22		0.40		2.04		1.24		1.91		1.00		1.43		0.41	
21	As	0.59		0.11		0.54		0.33		0.51		0.26		0.38		0.11	
22	usar	4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82: Piso 3, Diseño de los muros no agrietados Y-Y

PISO 3 - DISEÑO DE MUROS NO AGRIETADOS Y-Y																			
N°	Muro	Y1		Y2		Y3		Y4		Y5		Y6		Y7		Y15		Y16	
	Columna	C1	C25	C3	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C21	C22	C23	C24
	Ubicación	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	extrema	interna	interna	extrema	extrema	extrema	interna	
1	Pg	0.79		4.46		0.97		0.97		1.12		3.72		1.21		1.60		1.18	
2	Vu	0.83		5.90		1.67		1.67		2.03		3.81		2.26		4.38		2.19	
3	Mu	2.17		15.34		4.34		4.34		5.29		9.89		5.87		11.39		5.70	
4	L	2.50		3.00		1.60		1.60		1.85		2.50		2.00		2.65		1.95	
5	Lm	2.50		3.00		1.60		1.60		1.85		1.25		1.00		1.33		0.98	
6	Nc	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		3.00		3.00		3.00		3.00	
7	F	0.87		5.11		2.71		2.71		2.86		3.96		2.93		4.30		2.92	
8	Pc	0.39		2.23		0.48		0.48		0.56		1.24		0.40		0.53		0.39	
9	Pt	0.90	1.16	0.76	0.00	0.90	0.00	0.92	0.00	0.00	1.53	0.00	0.69	1.53	0.00	0.92	0.00	0.00	1.53
10	T	-0.42	-0.68	2.12	2.88	1.33	2.23	1.31	2.23	2.30	0.77	2.72	2.03	1.00	2.53	2.84	3.76	2.53	1.00
11	C	1.26	1.26	7.34	7.34	3.19	3.19	3.20	3.20	3.42	3.42	5.20	5.20	3.34	3.34	4.83	4.83	3.31	3.31
12	As	-0.11	-0.18	0.56	0.76	0.35	0.59	0.35	0.59	0.61	0.20	0.72	0.54	0.27	0.67	0.75	1.00	0.67	0.26
	As	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4#3	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm	4φ8mm
13	As a usar	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
14	δ	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	1.00
15	An	-42.36	-42.36	16.04	19.55	-23.79	-30.24	-23.77	-30.21	-27.54	-21.63	-6.20	-4.56	-22.41	-28.52	-8.07	-10.59	-28.80	-22.64
16	Usar	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20	14x20
17	Ac	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00
18	An	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
19	As min	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
	Soleras	muro Y1		muro Y2		muro Y3		muro Y4		muro Y5		muro Y6		muro Y7		muro Y15		muro Y16	
20	Ts	0.42		2.95		0.83		0.83		1.02		0.95		0.56		1.09		0.55	
21	As	0.11		0.78		0.22		0.22		0.27		0.25		0.15		0.29		0.14	
22	usar	4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm		4φ8mm	

Fuente: Elaboración propia

3.1.Reducción de Columnas y Soleras para el Piso 2 y 3

Para facilitar la construcción, debe reducirse al máximo el número de columnas, para ello se siguieron los siguientes criterios:

- Unificar las columnas que presentan poca variación en su refuerzo y sección transversal
- En las columnas de la intersección entre 2 muros ortogonales, se utilizará el mayor refuerzo y mayor sección proveniente del diseño (San Bartolome A. , 2011).

De tal manera se reducen de la siguiente manera:

Piso 2:

- CT2, Las columnas C4 y C15 y C22, con 14x20 cm, con 2#3+2#4.
- CT4, Las columnas C1, C2 y C3, C16, C18, C23 y C25, con 14x20 cm, con 4#3.
- CT5, Las columnas C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C17, C19, C20, C21 y C24, con 14x20 cm, con 4 Φ 8mm.

Piso 3:

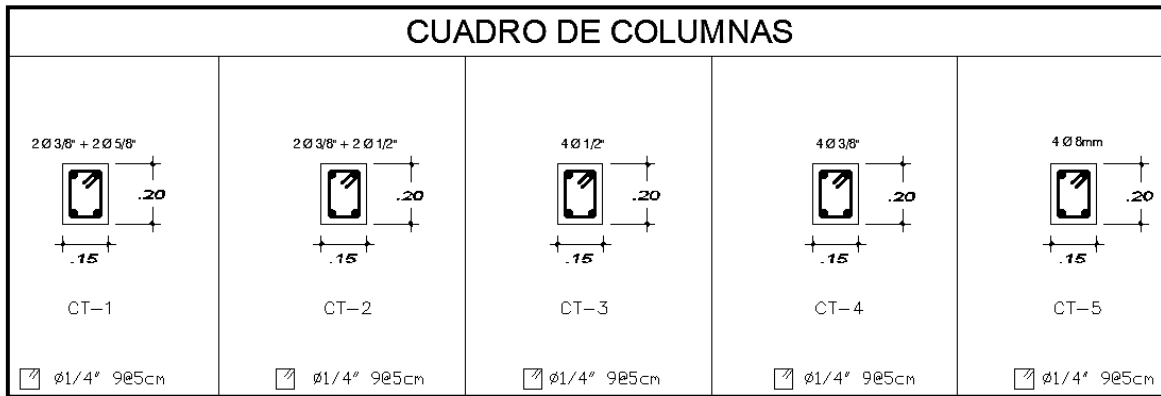
- CT4, Las columnas C13, con 14x20 cm, con 4#3
- CT5, Las columnas C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24 y C26, con 14x20 cm, con 4 Φ 8mm.

Asimismo, las vigas soleras para el piso 1 y 2 serán de 20x14cm, las mismas empleadas en el primer nivel:

S1, Las vigas soleras, con 4 Φ 8mm.

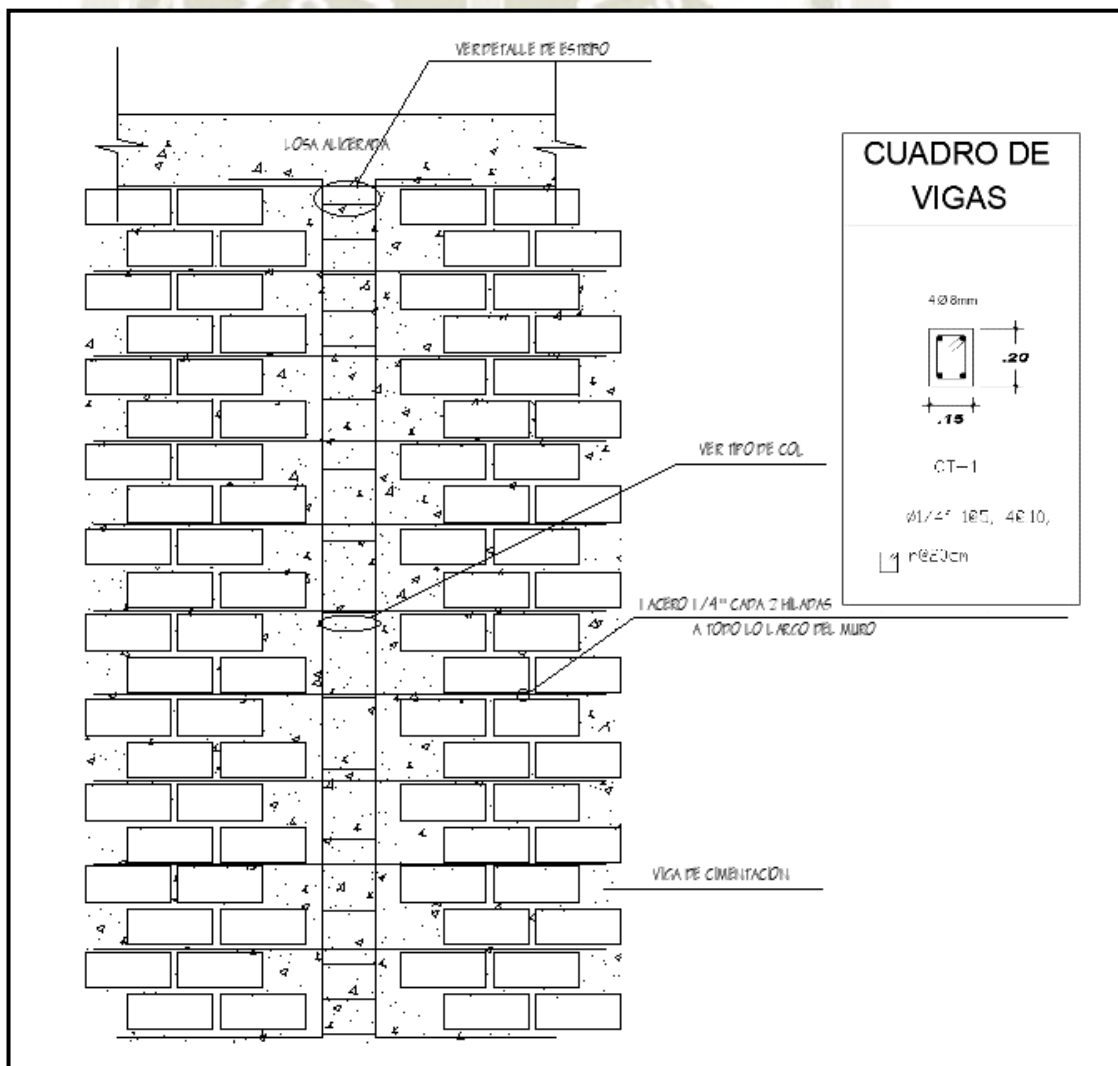
Tanto en las columnas como en las soleras el estribaje es mínimo: []1/4" 1@5, 4@10, r @25 cm.

Figura 66: Cuadro de columnas



Fuente: Elaboración propia

Figura 67: Detalle de conexión albañilería-columna, detalle de viga solera



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Se ensayaron seis pilas de albañilería, de los cuales tres estaban reforzadas con fibra de carbono y diseñados para fallar en compresión, de igual manera se ensayaron seis muretes de albañilería, de los cuales tres están reforzados con fibra de carbono y diseñados para fallar en corte.

El objetivo del trabajo de investigación desarrollado consistió en evaluar la influencia del refuerzo externo de la fibra de carbono en el comportamiento a compresión y corte. Para ellos se analizaron aspectos relativos a la resistencia al corte, como el modo de falla. También se hizo una aplicación en el diseño de albañilería y la comparación de estas. A continuación, se presentan las conclusiones particulares de cada una de estas características analizadas:

- 1) De los ensayos clasificatorios del ladrillo mecanizado King Kong H-9, se obtuvo una resistencia a la compresión de 103.30 kg/cm², con una máxima variación porcentual dimensional de 0.80 % y alabeo de 0.329 mm, clasificando la unidad como Tipo III para fines estructurales.
- 2) De los ensayos no clasificatorios del ladrillo mecanizado King Kong H-9, se obtuvo un porcentaje de vacíos de 44.65 % y absorción máxima de 17.11%, clasificando la unidad como tipo hueca y de acuerdo a la norma E 0.70 esta unidad no debería utilizarse para muros portantes en la zona sísmica 3, a la cual pertenece Arequipa.
- 3) De los ensayos de pilas de ladrillo mecanizado King Kong H-9 sin refuerzo se obtuvo una resistencia característica a compresión axial de 40.73 kg/cm² y de las pilas reforzadas con tejido de fibra de carbono se obtuvo resistencia característica a compresión axial de 42.44 kg/cm², presentando un incremento de 4.20 %.
- 4) De los ensayos de muretes de ladrillo mecanizado King Kong H-9 sin refuerzo se obtuvo una resistencia característica a compresión diagonal de 6.25 kg/cm² y de los muretes reforzados con tejido de fibra de carbono se obtuvo resistencia característica a compresión diagonal de 9.19 kg/cm², presentando un incremento de 47.04 %.

- 5) El tipo de falla de las pilas de ladrillo mecanizado King Kong H-9 sin refuerzo fue frágil y explosiva y las unidades sufrieron aplastamiento; mientras que para las pilas reforzadas con tejido de fibra de carbono la falla fue dúctil, las unidades se trituraron, pero el refuerzo sirvió como confinamiento, disminuyendo la explosión y las fallas atraviesan tanto la unidad como el mortero.
- 6) El tipo de falla de los muretes de ladrillo mecanizado King Kong H-9 sin refuerzo fue frágil y abrupta, por lo cual se trituraron de manera explosiva presentando fallas que atraviesan tanto la unidad como el mortero; mientras que los muretes reforzados con tejido de fibra de carbono tuvieron comportamiento de falla gradual, con desprendimiento parcial de la fibra de carbono, pero los muretes se mantuvieron confinados gracias a que el resto de la fibra de carbono mantuvo la integridad de las unidades de albañilería.
- 7) Del análisis realizado a una edificación de 3 pisos, como aplicación de los resultados obtenido en esta investigación se puede concluir que algunos de los muros portantes del primer piso dirección Y-Y se agrietaban para sismo moderado, y que al reforzar estos muros con tejido de fibra de carbono se evitó que los muros se agrieten; para sismo moderado de igual manera el refuerzo contribuye a controlar el agrietamiento de los muros.
- 8) Se ha demostrado mediante este estudio de investigación que reforzar albañilería con fibra de carbono aumenta las capacidades de confinamiento de muros y mejora la resistencia a la compresión y corte. Por ello es recomendable utilizar para el reforzamiento de edificaciones de albañilería.

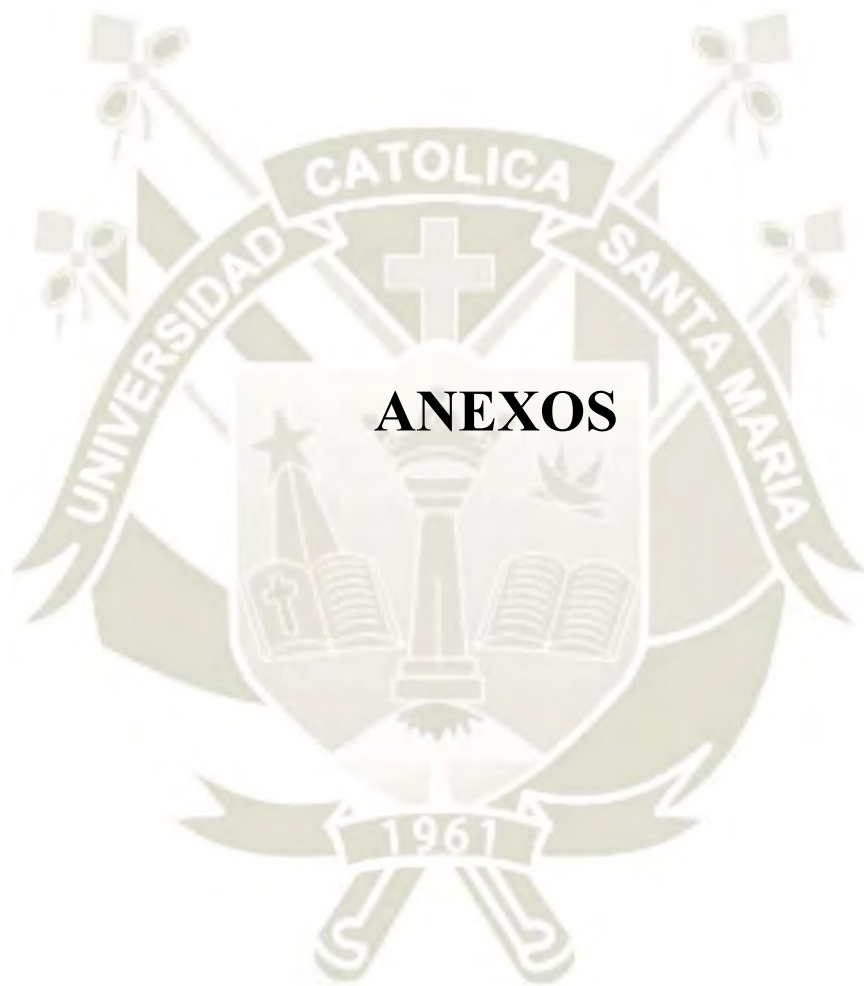
RECOMENDACIONES

- 1) En la construcción y/o ampliación de edificaciones de albañilería, debe procurarse que las unidades cumplan con las especificaciones técnicas que indica la normativa sobre el porcentaje de vacíos máximo, no siendo suficiente que cumpla con la resistencia a la compresión de la unidad, ya que al ser unidades huecas fallan explosivamente.
- 2) Es recomendable utilizar el tejido de fibra de carbono en muros de albañilería confinada de viviendas o edificaciones existentes, que tengan baja densidad de muros en una o ambas direcciones o que hayan sido construidos con ladrillos huecos; y de esta manera evitar fallas frágiles ante eventos sísmicos.
- 3) Se recomienda para la aplicación de la fibra sobre los muros de albañilería realizar un tratamiento superficial, a la zona en que ira adherida el tejido de fibra de carbono, que consiste en desbastar la superficie del ladrillo lijándola y luego limpiarla para dejarla libre de polvo o restos de lija, lo cual resulta fundamental para lograr una buena adherencia.
- 4) Las empresas que fabrican y comercializan unidades de albañilería deben brindar información completa y asistencia técnica para el adecuado uso de las unidades de albañilería, de acuerdo a la función estructural que cumplirán.
- 5) Para un estudio más completo, se recomienda la posibilidad de ensayar muros de albañilería reforzados con tejido de fibra de carbono a escala real, ya que la representación con pilas y muretes solo es aproximada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

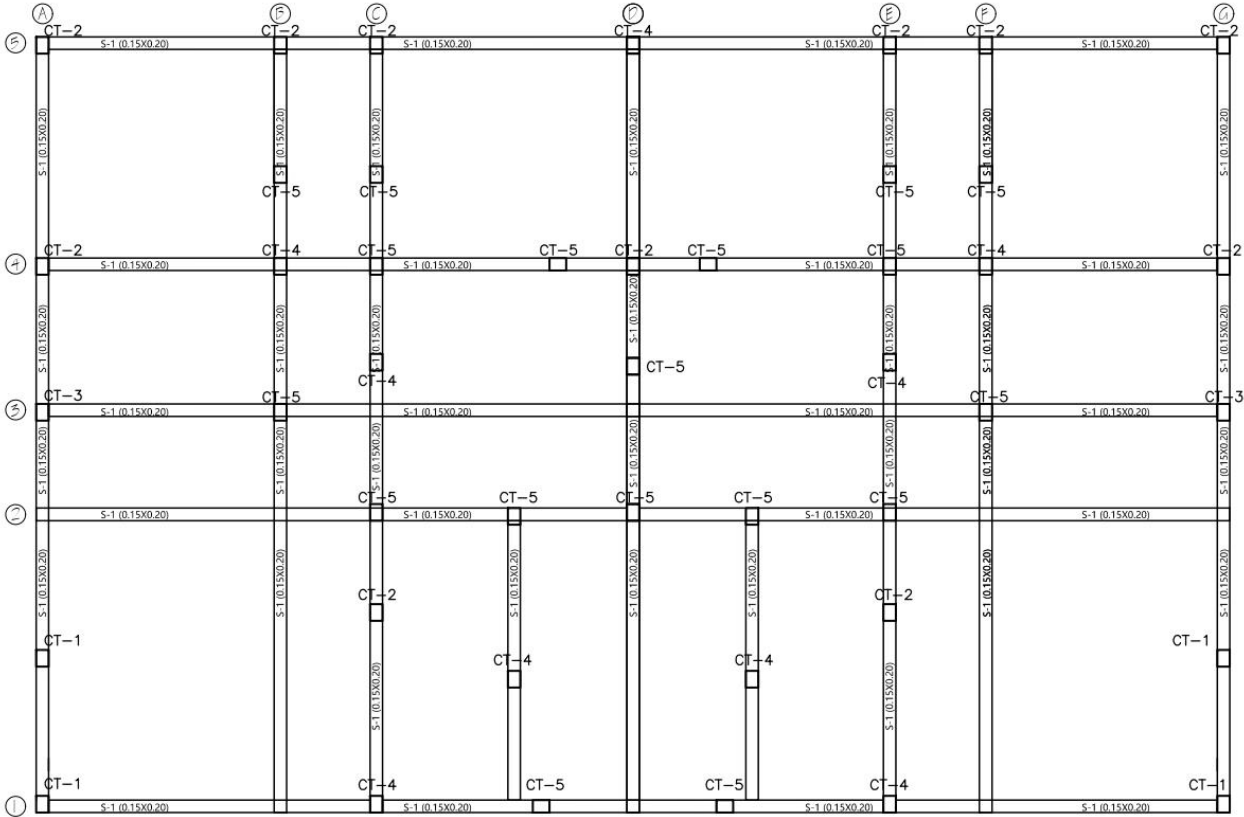
- 1) Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). Albañilería Estructural. Lima, Perú. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 2) San Bartolomé, A. (1994). Construcciones de albañilería: Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Lima, Perú. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 3) San Bartolomé, A. (2006). Ejemplo De Aplicación De La Norma E.070 En El Diseño De Un Edificio De Albañilería Confinada. Lima, Perú.
- 4) Abanto, T., (2017). Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería. Lima, Perú. Fondo Editorial Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- 5) Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú.
- 6) INDECOPI. (2003). Norma Técnica Peruana NTP 331.017:2003 Unidades de albañilería. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima, Perú.
- 7) INDECOPI. (2004). Norma Técnica Peruana NTP 399.621:2004 Unidades de albañilería. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería. Lima, Perú.
- 8) INDECOPI. (2005). Norma Técnica Peruana NTP 399.613:2005 Unidades de albañilería. Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima, Perú.
- 9) INDECOPI. (2013). Norma Técnica Peruana NTP 399.605:2013 Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. Lima, Perú.

- 10) Belizario, C. (2017). Reforzamiento Estructural de una Edificación de Concreto Armado de Dos Pisos con Fines de Ampliación. Huancayo, Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- 11) Cueto, P. & Vilca, R. (2018). Reforzamiento De La Albañilería Confinada Más Utilizada En Arequipa Con Malla Electrosoldada. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín.
- 12) Toloza, L. (2005). Recuperación de Estructuras de Hormigón en Base a CFRP (Polímeros Reforzados con Fibra de Carbono). Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile.
- 13) Moncayo, M, Rodríguez, J, Alcivar, Lopez, Soriano & Villacis. (2016). Las Fibras de Carbono como una Alternativa para Reforzamiento de Estructuras. Mérida, México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- 14) Guillermo, A & Silva, S. (2019). Evaluación y Diseño de dos Propuestas de Reforzamiento para Vigas y Columnas de Concreto Armado en una Edificación de Hotel. Lima, Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- 15) Loayza, J. (2011). Reparación y Reforzamiento con Varillas de Fibra de Vidrio en un Muro de Albañilería Confinada. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 16) Barr, K. & Pineda, C. (2011). Control de la Trituración de los Ladrillos Huecos Mediante Malla de Refuerzo en Muros de Albañilería Confinada Sujetos a carga Lateral Cíclica. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 17) Alcaino, P. (2007). Respuesta Sísmica de Muros de Albañilería Reforzados Externamente con Telas de Fibras de Carbono: Análisis Experimental, Santiago, Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- 18) Irias A. (2013). Refuerzo de Elementos Estructurales con Hormigones con Fibras o solo Fibras. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid.



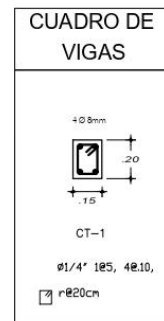
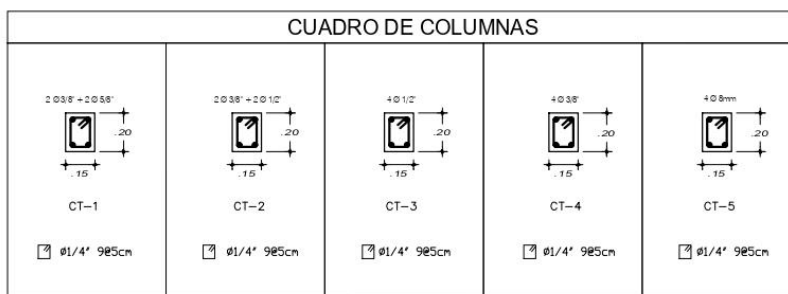


Anexo A: Planos Estructurales de Vivienda de Albañilería Confinada



ALIGERADO PRIMER NIVEL

ESC: 1/75



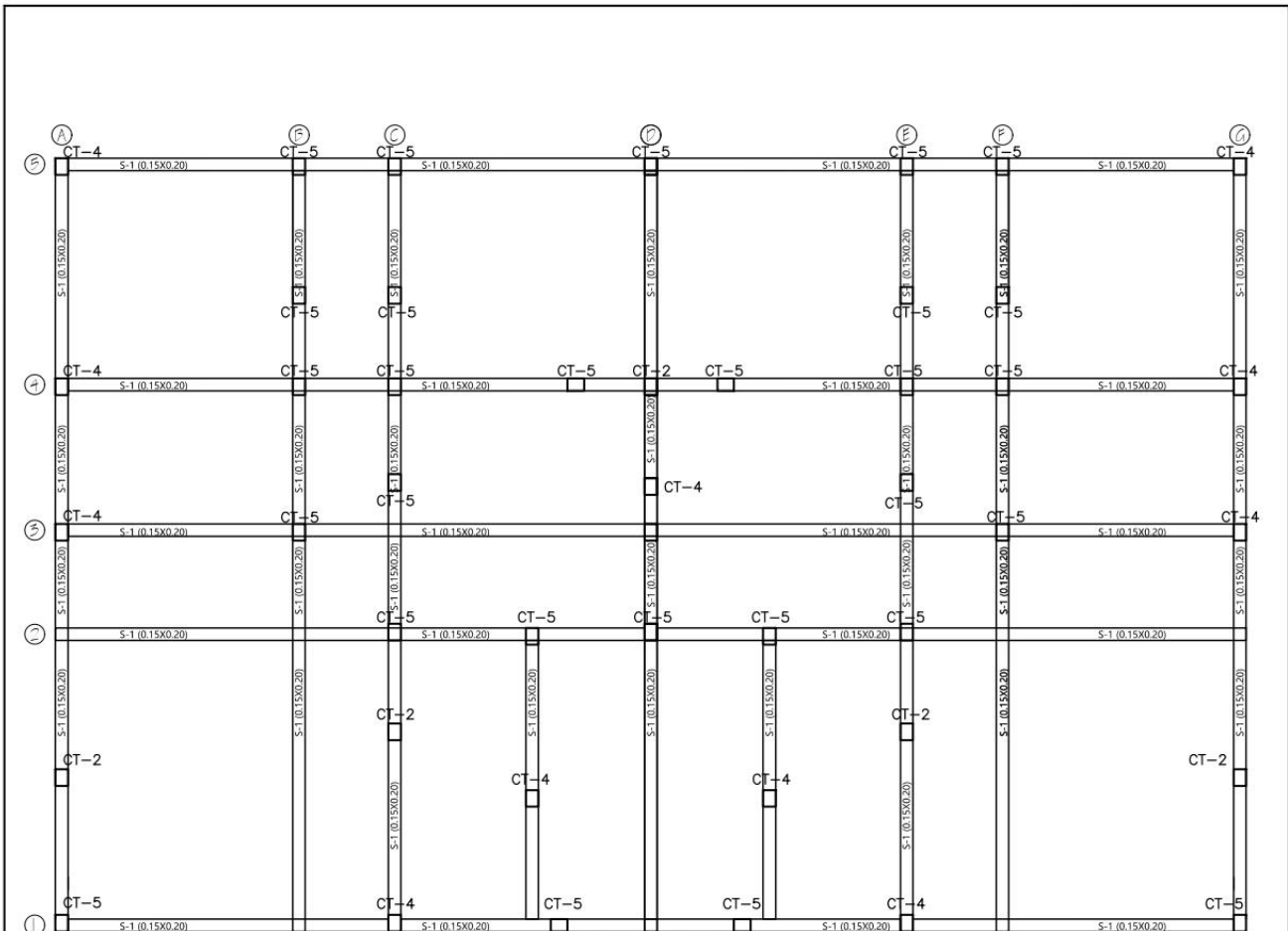
TESIS: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PRIMAS DE ALBAÑILERÍA REFORZADOS CON TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

ESCALA: INDICADA
FECHA: 2020

PLANO
DISEÑO DE VIGAS Y COLUMNAS DE
PRIMER PISO

BACHILLERES: DELIA M. ADUVIRI FLORES
FABIOLA B. PEREZ AMANQUI

PLANO:
E-1



ALIGERADO SEGUNDO NIVEL

ESC: 1/75

CUADRO DE COLUMNAS				
<p>CT-1</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cm</p>	<p>CT-2</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cm</p>	<p>CT-3</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cm</p>	<p>CT-4</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cm</p>	<p>CT-5</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cm</p>

CUADRO DE VIGAS
<p>CT-1</p> <p>Ø1/4" 1Ø5, 4Ø10.</p> <p>rØ20cm</p>

TESIS: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PRIMAS DE ALBAÑILERÍA REFORZADOS CON TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

ESCALA: INDICADA

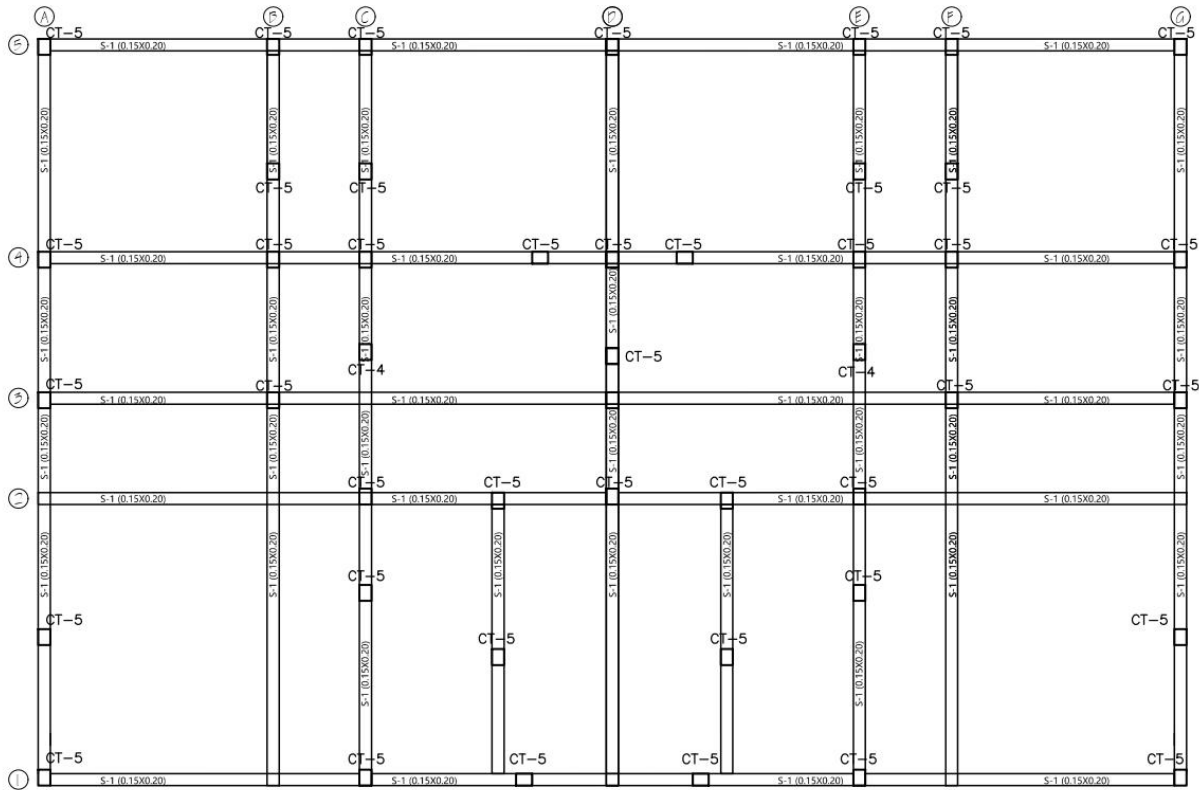
FECHA: 2020

PLANO
DISEÑO DE VIGAS Y COLUMNAS DE
SEGUNDO PISO

BACHILLERES:
DELIA M. ADUVIRI FLORES
FABIOLA B. PEREZ AMANQUI

PLANO:

E-1



ALIGERADO TERCER NIVEL

ESC: 1/75

CUADRO DE COLUMNAS				
<p>CT-1</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cn</p>	<p>CT-2</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cn</p>	<p>CT-3</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cn</p>	<p>CT-4</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cn</p>	<p>CT-5</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cn</p>

CUADRO DE VIGAS
<p>CT-1</p> <p>Ø1/4" 1Ø5, 4Ø10,</p> <p>Ø1/4" 9Ø5cn</p>


TESIS: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PRIMAS DE ALBAÑILERÍA REFORZADOS CON TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

ESCALA: INDICADA
FECHA: 2020

PLANO
DISEÑO DE VIGAS Y COLUMNAS DE
TERCER PISO

BACHILLERES: DELIA M. ADUVIRI FLORES
FABIOLA B. PEREZ AMANQUI

PLANO:
E-1



**Anexo B: Constancias de Ensayos del
Laboratorio de Concreto y EMC de la
Universidad Nacional de San Agustín**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierías



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: COMPRESION DIAGONAL DE MURETE

SOLICITA DELIA ADUVIRI FLORES / FABIOLA PÉREZ AMANQUI
OBRA TESIS - UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
LOCALIZACION LABORATORIO UCSM
MATERIAL 03 MURETES DE ALBAÑILERIA
 Construido con Unidades de Albañilería: MURETE NORMAL S/R Ladrillo KING KONG H-9 de (24x14x9 cm.)
NORMA NORMA TECNICA E 070 ALBAÑILERIA - 2006
 NTP 399.621 - 2004
FECHA AREQUIPA, 2019 AGOSTO 19.
EXPEDIENTE 184-65

MUESTRA N°	FECHA DE FABRICAC.	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	LARGOS		ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA Pu (kg)	AREA A (cm ²)	PRESION v'm (kg/cm ²)	PRESION v'm (MPa)
				L1 (cm)	L2 (cm)					
M - 1	17/07/2019	19/08/2019	33	62.2	61.2	14.1	7709	869.97	6.26	0.61
M - 2	17/07/2019	19/08/2019	33	62.0	61.1	14.0	7709	861.70	6.32	0.62
M - 3	17/07/2019	19/08/2019	33	62.2	61.0	14.0	7709	862.40	6.32	0.62

PROMEDIO X = 6.29 kg/cm²
DESVIACIÓN ESTANDAR S = 0.04 kg/cm²
 v'm = 6.25 kg/cm²

Corrección por Edad (28 días) F = 1.00

Resistencia de la Albañilería Característica
 v'm = 6.25 kg/cm²
 v'm = 0.61 MPa

NOTA:

- La muestra fue colocada en el Laboratorio por el solicitante.
- Los datos de origen y las muestras fueron proporcionados al Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil

Lucio Gamero Huarcaya
Ing. Lucio Gamero Huarcaya
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 48873



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierias



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: COMPRESION DIAGONAL DE MURETE

SOLICITA DELIA ADUVIRI FLORES / FABIOLA PÉREZ AMANQUI
OBRA TESIS - UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
LOCALIZACION LABORATORIO UCSM
MATERIAL 03 MURETES DE ALBAÑILERIA
 Construido con Unidades de Albañilería. MURETE C/REFUERZO DE FIBRA DE CARBONO Ladrillo KING KONG H-9 de (24x14x9 cm.)
NORMA NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA - 2006
 NTP 399.621 - 2004
FECHA AREQUIPA, 2019 AGOSTO 19.
EXPEDIENTE 184-65-2

MUESTRA N°	FECHA DE FABRICAC.	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	LARGOS		ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA Pu (kg)	AREA A (cm ²)	PRESION v'm (kg/cm ²)	PRESION v'm (MPa)
				L1 (cm)	L2 (cm)					
M - 4	18/07/2019	19/08/2019	32	61.7	61.2	14.0	11213	860.30	9.21	0.90
M - 5	18/07/2019	19/08/2019	32	61.3	60.1	14.0	11213	849.52	9.33	0.92
M - 6	18/07/2019	19/08/2019	32	61.3	60.3	13.9	12147	845.12	10.16	1.00

PROMEDIO X = 9.27 kg/cm²
DESVIACIÓN ESTANDAR S = 0.08 kg/cm²
 v'm = 9.19 kg/cm²

Corrección por Edad (28 días) F = 1.00


Resistencia de la Albañilería Característica
 v'm = 9.19 kg/cm²
 v'm = 0.90 MPa

NOTA:

- La muestra fue colocada en el Laboratorio por el solicitante.
- Los datos de origen y las muestras fueron proporcionados al Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil

Lucio Gamero Huarcaya
Ing. Lucio Gamero Huarcaya
JEFE DE LABORATORIO
CIR N° 48473



**Anexo C: Constancia de Ensayos del
Laboratorio de Suelos y Concreto de la
Universidad Católica Santa María**



Universidad Católica
de Santa María

Escuela Profesional de
Ingeniería Civil

Laboratorio de Suelos y Concreto

CONSTANCIA

El que suscribe, **Mgter. Ing. Rubén Francisco Gamarra Tuco** Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

HACE CONSTAR:

Que las Señoritas Bachilleres en Ingeniería Civil:

DELIA MARYETH ADUVIRI FLORES
FABIOLA BEATRIZ PÉREZ AMANQUI

(COD – 2011200032)

(COD - 2011203042)

Han realizado ensayos en el Laboratorio de Suelos y Concreto correspondiente a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada:

“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA REFORZADOS CON TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO, Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA”

Los ensayos efectuados por las Bachilleres fueron los siguientes:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
130	Análisis Granulométrico de Agregado Fino	1	S/10.00	S/10.00
209	Dimensionamiento de Unidades de Albañilería (Muestra de 10 und.)	1	S/8.00	S/8.00
210	Alabeo de Unidades de Albañilería (Muestra de 10 und.)	1	S/8.00	S/8.00
215	Compresión de Unidades de Albañilería (Muestra de 5 und.)	1	S/31.00	S/31.00
219	Porcentaje de Vacíos de Unidades de Albañilería (Muestra de 5 und.)	1	S/25.00	S/25.00
192	Absorción de Unidades de Albañilería (Muestra de 5 und.)	1	S/19.00	S/19.00
217	Compresión de Pilas de Albañilería	6	S/26.00	S/156.00
			TOTAL:	S/257.00

El costo cancelado por dichos ensayos es de: **S/ 257.00** (Comprobante BO17-00002825)

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Concreto, se llevaron a cabo entre el **08/07/2019** y el **12/08/2019**

Se expide la presente constancia a solicitud de las interesadas para continuidad en el trámite de titulación.

Arequipa, 06 de Marzo del 2020

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Mgter. Ing. RUBÉN GAMARRA TUCO
DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Anexo D: Fichas Técnicas

CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaWrap[®]-600 C

TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO PARA REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un tejido unidireccional de fibra de carbono. El material es un laminado que se instala usando Sikadur[®]-301 o Sikadur[®] Hex -300/306 (adhesivos epóxicos) para conformar el polímero reforzado con fibras de carbono (CFRP), el cual es empleado para el reforzamiento de elementos estructurales.

USOS

SikaWrap[®]-600 C debe ser utilizado sólo por profesionales expertos.

Para refuerzo a flexión, cortante, confinamiento de elementos estructurales tales como vigas, columnas, losas y muros por las siguientes causas.

- Incremento de cargas
- Incremento de carga viva
- Incremento de volumen de tráfico en puentes
- Instalación de maquinaria pesada en edificios industriales
- Estructuras con vibración
- Cambios en el uso de edificios
- Refuerzo sísmico
- Envoltura de columnas (confinamiento)
- Paredes de mampostería portante
- Daño de partes estructurales
- Envejecimiento de materiales de construcción (corrosión), previo tratamiento
- Impacto de vehículos
- Cambio en el sistema estructural
- Supresión de muros o columnas
- Remoción de secciones de losa y muros con aperturas
- Defectos de diseño o construcción
- Refuerzo insuficiente
- Altura insuficiente de los elementos
- Reforzamiento temporal

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Puede colocarse envolviendo elementos de forma compleja
- Alta resistencia
- Bajo peso
- No se corroe
- Resistente a sustancias ácidas y a álcalis.
- Bajo impacto estético
- Económico
- Puede ser aplicado por sistema en húmedo o en seco.

CERTIFICADOS / NORMAS

- Avis Technique N° 3/16-875 (annule et remplace N° 3/10-669) Sika[®] CarboDur[®], SikaWrap[®]
- CIT n°290 18/07/2017 (certificato di idoneità tecnica all'impiego) ; Sika[®] CarboDur[®], SikaWrap[®], Sikadur[®]

Hoja De Datos Del Producto
SikaWrap[®]-600 C
Abril 2019, Versión 02.01
020206020010000045

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Tipo de Fibra	Tejido negro oscuro	
Empaques	Rollo de 25.00 m ² (50 cm x 50.00 m) Orientación de la Fibra: 0° (unidireccional)	
Vida Útil	2 años	
Condiciones de Almacenamiento	Se debe proteger el material de posibles ataques mecánicos o contaminación por tal razón se debe almacenar en su empaque bien cerrado. Transportar con las precauciones normales para productos delicados.	
Densidad de la Fibra Seca	1.81 g/cc	
Espesor de la Fibra Seca	0.337 mm (0.0133 pulgadas)	
Densidad del Área	610 g	
Resistencia a la Tensión de la Fibra Seca	620,000 psi (4,300 N/mm ²)	(ISO 10618)
Módulo de Elasticidad en Tensión de la Fibra Seca	34.9 x 10 ⁶ psi (240,000 N/mm ²)	(ISO 10618)
Elongación a la Rotura de la Fibra Seca	1.55%	(ISO 10618)

INFORMACIÓN TÉCNICA

Espesor Nominal del Laminado	1.0 mm (Lamina Curada)	
Módulo de Elasticidad a Tracción del Laminado	10.6 x 10 ⁶ psi (73,000 N/mm ²) - Lamina Curada	
Elongación de Rotura del Laminado	1.33% (Lamina Curada)	
Resistencia a la Tensión	139,000 psi (960 N/mm ²) - Lamina Curada	

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

CALIDAD DEL SUSTRATO

La superficie debe estar limpia y sana. Debe estar seca, con un porcentaje de agua aproximadamente de 4%. Remover polvo, lechada, grasa, compuestos curadores, impregnaciones, partículas extrañas, material suelto o cualquier otro elemento que impida la adherencia.

Cuando la superficie sea irregular debe ser nivelada con un mortero de reparación adecuado. La resistencia en adherencia del concreto debe ser verificada, después de la preparación de superficie por un ensayo aleatorio de resistencia a la adherencia (ACI 503R) a criterio del ingeniero. La mínima resistencia a la adherencia debe ser de 15 kg/cm² con falla del concreto.

PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

Para la preparación de la superficie de concreto se recomienda utilizar chorro de arena o cualquier otro procedimiento de limpieza mecánica (escarificado con amoladora) que provea textura rugosa a la superficie.

MÉTODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

Para información sobre mezclado del Sikadur®-301 referirse a la hoja técnica del producto. El consumo de la resina epóxica Sikadur®-301, depende de la rugosidad de la superficie y la práctica que se tengan en el procedimiento de impregnación del tejido. Sin embargo, el

consumo teórico aproximado es de 1.5 kg/m² a 1.6 kg/m² de producto para la imprimación de la superficie del sustrato y para la saturación o impregnación del tejido (método de aplicación en húmedo).

Aplicación

Antes de la colocación del tejido la superficie de concreto debe ser imprimada y sellada usando el epóxico Sikadur®301, el producto puede ser aplicado por brocha o rodillo. El SikaWrap®- 600C debe ser saturado o impregnado en forma manual o mecánica.

Mezclado del epóxico

En cualquier caso, la instalación de los epóxicos de adherencia (Sikadur®301) debe ser realizada por un aplicador autorizado o personal calificado.

Corte del tejido

El tejido puede ser cortado a la longitud apropiada usando tijeras de tipo industrial o para trabajo pesado. Debe evitarse el uso de cualquier elemento de corte sin filo que pueda debilitar o deshilar la fibra.

MÉTODO DE APLICACIÓN EN SECO

Aplicar la mezcla de resina epóxica Sikadur®-301 directamente sobre el sustrato en una proporción de 1.2 – 1.5 kg/m², dependiendo de la rugosidad de la superficie. Colocar cuidadosamente el tejido sobre la resina con guantes de goma y alisar las irregularidades o bolsas de aire usando un rodillo de plástico. Permitir que la resina pase a través de los hilos del tejido. Si se necesita más de una capa de tejido aplicar una capa adi-

Hoja De Datos Del Producto
SikaWrap®-600 C
Abril 2019, Versión 02.01
020206020010000045

CONSTRUYENDO CONFIANZA



cional de Sikadur®-301 a una lata de 0.5 kg/m² y repetir el proceso anterior. Aplicar una capa final de Sikadur®-

301 sobre la superficie expuesta a una lata de 0.2 kg/m².

MÉTODO DE APLICACIÓN EN HÚMEDO

Aplicar la mezcla de resina epóxica Sikadur®-301 directamente sobre el sustrato, dependiendo de la rugosidad de la superficie, en una proporción 1.5 – 1.6 kg/m², incluyendo la saturación de la fibra. Colocar cuidadosamente el tejido sobre la resina con guantes de goma y

alisar las irregularidades o bolsas de aire usando un rodillo de plástico. Permitir que la resina pase a través de los hilos del tejido. Si se necesita más de una capa de tejido aplicar una capa adicional de Sikadur® -301 a una lata de 0.5 kg/m² y repetir el proceso anterior.

Aplicar una capa final de Sikadur®-301 sobre la superficie expuesta a una lata de 0.2 kg/m².

IMPORTANTE

Los cálculos de diseño deben ser realizados por un ingeniero independiente, debidamente acreditado. El sistema es barrera de vapor. No se debe encapsular elementos de concreto en zonas donde se presente ciclo de hielo – deshielo.

RECOMENDACIONES PREVIAS A LA APLICACIÓN DEL SIKAWRAP 600C

- Temperatura del sustrato: ± 8°C
- Máxima humedad relativa: 4%
- Contenido máximo de humedad menos 3°C sobre la temperatura del punto de rocío.
- Se debe medir el punto de rocío durante toda la aplicación.
- Hacer una prueba de adherencia, la cual no debe ser menor a 1.5 N/mm²

Para pequeñas aplicaciones: 4 mínimas

Para grandes aplicaciones: 1 cada 10 m

- Para nivelar la superficie puede aplicar la línea Sika Rep®, línea SikaGrout® o Sikadur®-31

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

Hoja De Datos Del Producto
SikaWrap®-600 C
Abril 2019, Versión 02.01
020206020010000045

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

CONSTRUYENDO CONFIANZA



INFORMACIÓN TÉCNICA

Resistencia a la Compresión	1 día	4,000 psi (27.6 MPa).	(ASTM D-695)
	3 días	11,900 psi (82.1 MPa).	
	7 días	13,900 psi (96.0 MPa)	
Módulo de Elasticidad a Compresión	250 ksi (1,725 MPa).		(ASTM D-695)
Módulo de Elasticidad a Flexión	500,000 psi (3448 MPa)		(ASTM D-790)
Resistencia a la Tensión	8,000 psi (52.0 MPa) (7 días)		(ASTM D-638)
	13,000 psi (90.0 MPa) (7 días)		
Módulo de Elasticidad	290 ksi (2,000 MPa). (7 days)		(ASTM D-638)
Elongación de Rotura	3.5%		(ASTM D-638)
Deformación por Fluencia	3.0% (deformación unitaria)		
Temperatura de Deflexión Térmica	47°C. (7 days)		(ASTM D-648)

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Consumo	Aproximadamente 1.5 kg/m ² a 1.6 kg/m ²
Duración de la Mezcla	Approx. 40 minutos (1 galon).
Tiempo de Contacto	Aprox. 90 minutos.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

La superficie debe estar limpia, sana y libre de humedad superficial. Remover polvo, lechada, grasa, compuestos curadores, impregnaciones, grasas, partículas extrañas, material suelto o cualquier otro elemento que impida la adherencia por medios mecánicos como chorro de arena. Para mejores resultados el sustrato debe estar seco. Sin embargo, una condición de base saturada superficialmente seca (SSS) es aceptable.

MEZCLADO

Premezclar cada componente por separado. Mezcle la unidad completa, no divida las unidades. Vierta el contenido de la parte B en la parte A. Mezcle vigorosamente por 5 minutos usando un mezclador mecánico de bajas revoluciones (400-600 rpm) hasta que la mezcla sea uniforme.

MÉTODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

RECOMENDACIONES PREVIAS PARA LA APLICACIÓN DE SIKADUR-301

- Temperatura del sustrato $\pm 8^{\circ}\text{C}$
- Máxima humedad relativa en toda la aplicación: 85%
- Contenido máximo de humedad: 4%
- El sustrato debe estar al menos 3°C sobre la temperatura del punto de rocío.
- Se debe medir el punto de rocío durante toda la aplicación.
- Hacer una prueba de adherencia, la cual no debe ser menor a 1.5 N/Mm²
- Para pequeñas aplicaciones: 4 mínimas
- Para grandes aplicaciones 1 cada 10 m

- Para nivelar la superficie se debe aplicar Sikagrout®-212, Sikadur® 31

METODO DE APLICACIÓN

Aplicación del SikaWrap-600C: aplique la mezcla de Sikadur®-301 a razón de 1,500 a 1,600 g/m². El producto es sensible a los rayos ultravioleta, en caso de estar a la intemperie, protegerlo con una pintura. Para mayor información consulte las especificaciones generales de instalación del Sistema SikaWrap®.

DOCUMENTOS ADICIONALES

PRECAUCIÓN DE MANIPULACIÓN

Componente A – Irritante

Contiene resinas epóxicas que pueden causar sensibilidad después de prolongado o repetitivo contacto. Altas concentraciones de vapores pueden causar irritación en vías respiratoria. Evite el contacto con la piel. Úselo solamente con adecuada ventilación. El uso de gorro y guantes de seguridad es recomendable. Se recomienda el uso de máscaras de protección adecuadas. Retirar las prendas contaminadas.

Componente B – Corrosivo

Contiene aminas. Su contacto con ojos o piel puede causar quemaduras severas. Puede causar sensibilidad después de contacto prolongado o repetitivo. Altas concentraciones de vapor pueden causar irritación en vías respiratorias. Evite el contacto con la piel. Úselo solamente con adecuada ventilación. El uso de gorro y guantes de seguridad es recomendable. Se recomienda el uso de máscaras de protección adecuadas. Retirar las prendas contaminadas. Primeros auxilios. En caso de contacto con la piel lavar muy bien con agua y jabón. Para contacto con los ojos, lavar inmediatamente

Hoja De Datos Del Producto
Sikadur®-301
Abril 2019, Versión 01.01
02020604001000009

CONSTRUYENDO CONFIANZA



con abundante agua por lo menos durante 15 minutos y acudir al médico inmediatamente. Para problemas respiratorios llevar a la persona a un lugar con aire fresco. Lavar las prendas antes de usarlas nuevamente.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Hoja De Datos Del Producto
Sikadur®-301
Abril 2019, Versión 01.01
020206040010000009

Sikadur-301-es-PE-(04-2019)-1-1.pdf

CONSTRUYENDO CONFIANZA



CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sikadur®-301

RESINA DE IMPREGNACIÓN DE ALTA RESISTENCIA Y ALTO MÓDULO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sistema epóxico de dos componentes, 100% de contenido de sólidos, de alta resistencia y alto módulo, admite presencia de humedad.

USOS

Sikadur®-301 debe ser utilizado sólo por profesionales expertos.
Como resina de impregnación de los tejidos SikaWrap®, para refuerzo de estructuras.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Largo tiempo abierto después de mezclado.
- Fácil de mezclar.
- Admite presencia de humedad antes, durante y después de curado.
- Adhesivo de alta resistencia y alto módulo.
- Excelente adherencia a concreto, mampostería, metales, madera y a la mayoría de materiales de construcción.
- Completamente compatible y desarrollado específicamente para el sistema SikaWrap®.
- Resistencia a más altas temperaturas comparado con los epóxicos convencionales.
- Alta resistencia a flujo plástico (creep) ante cargas permanentes.
- Alta resistencia a abrasión e impacto.
- Libre de solventes, cumple VOC.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Juego de 4 kg.
Color	Gris claro viscoso
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado en su envase original, bien cerrado, almacenado en un lugar fresco y seco (4°C a 35°C) y bajo techo. Transportar con las precauciones normales para productos químicos.
Densidad	1.31 kg/L
Viscosidad	Aproximadamente 2,700 cps

Hoja De Datos Del Producto
Sikadur®-301
Julio 2019, Versión 01.01
020206040010000009

1 / 3

INFORMACIÓN TÉCNICA

Resistencia a la Compresión	1 día	4,000 psi (27.6 MPa).	(ASTM D-695)
	3 días	11,900 psi (82.1 MPa).	
	7 días	13,900 psi (96.0 MPa)	
Módulo de Elasticidad a Compresión	250 ksi (1,725 MPa).		(ASTM D-695)
Módulo de Elasticidad a Flexión	500,000 psi (3448 MPa)		(ASTM D-790)
Resistencia a la Tensión	8,000 psi (52.0 MPa) (7 días)		(ASTM D-638)
	13,000 psi (90.0 MPa) (7 días)		
Módulo de Elasticidad	290 ksi (2,000 MPa). (7 days)		(ASTM D-638)
Elongación de Rotura	3.5%		(ASTM D-638)
Deformación por Fluencia	3.0% (deformación unitaria)		
Temperatura de Deflexión Térmica	47°C. (7 days)		(ASTM D-648)

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Consumo	Aproximadamente 1.5 kg/m ² a 1.6 kg/m ²
Duración de la Mezcla	Approx. 40 minutos (1 galón).
Tiempo de Contacto	Aprox. 90 minutos.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

La superficie debe estar limpia, sana y libre de humedad superficial. Remover polvo, lechada, grasa, compuestos curadores, impregnaciones, grasas, partículas extrañas, material suelto o cualquier otro elemento que impida la adherencia por medios mecánicos como chorro de arena. Para mejores resultados el sustrato debe estar seco. Sin embargo, una condición de base saturada superficialmente seca (SSS) es aceptable.

MEZCLADO

Premezclar cada componente por separado. Mezcle la unidad completa, no divida las unidades. Vierta el contenido de la parte B en la parte A. Mezcle vigorosamente por 5 minutos usando un mezclador mecánico de bajas revoluciones (400-600 rpm) hasta que la mezcla sea uniforme.

MÉTODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

RECOMENDACIONES PREVIAS PARA LA APLICACIÓN DE SIKADUR-301

- Temperatura del sustrato $\pm 8^{\circ}\text{C}$
- Máxima humedad relativa en toda la aplicación: 85%
- Contenido máximo de humedad: 4%
- El sustrato debe estar al menos 3°C sobre la temperatura del punto de rocío.
- Se debe medir el punto de rocío durante toda la aplicación.
- Hacer una prueba de adherencia, la cual no debe ser menor a 1.5 N/Mm²
- Para pequeñas aplicaciones: 4 mínimas
- Para grandes aplicaciones 1 cada 10 m

- Para nivelar la superficie se debe aplicar SikagROUT®-212, Sikadur® 31

METODO DE APLICACIÓN

Aplicación del SikaWrap-600C: aplique la mezcla de Sikadur®-301 a razón de 1,500 a 1,600 g/m².

El producto es sensible a los rayos ultravioleta, en caso de estar a la intemperie, protegerlo con una pintura. Para mayor información consulte las especificaciones generales de instalación del Sistema SikaWrap®.

DOCUMENTOS ADICIONALES

PRECAUCIÓN DE MANIPULACIÓN

Componente A – Irritante

Contiene resinas epóxicas que pueden causar sensibilidad después de prolongado o repetitivo contacto. Altas concentraciones de vapores pueden causar irritación en vías respiratoria. Evita el contacto con la piel. Úselo solamente con adecuada ventilación. El uso de gorro y guantes de seguridad es recomendable. Se recomienda el uso de máscaras de protección adecuadas. Retirar las prendas contaminadas.

Componente B – Corrosivo

Contiene aminas. Su contacto con ojos o piel puede causar quemaduras severas. Puede causar sensibilidad después de contacto prolongado o repetitivo. Altas concentraciones de vapor pueden causar irritación en vías respiratorias. Evite el contacto con la piel. Úselo solamente con adecuada ventilación. El uso de gorro y guantes de seguridad es recomendable. Se recomienda el uso de máscaras de protección adecuadas. Retirar las prendas contaminadas. Primeros auxilios. En caso de contacto con la piel lavar muy bien con agua y jabón. Para contacto con los ojos, lavar inmediatamente

Hoja De Datos Del Producto
Sikadur®-301
Julio 2019, Versión 01.01
020206040010000009

2 / 3

CONSTRUYENDO CONFIANZA



con abundante agua por lo menos durante 15 minutos y acudir al médico inmediatamente. Para problemas respiratorios llevar a la persona a un lugar con aire fresco. Lavar las prendas antes de usarlas nuevamente.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Hoja De Datos Del Producto
Sikadur®-301
Julio 2019, Versión 01.01
020206040010000009

3 / 3

Sikadur-301-es-PE-(07-2019)-1-1.pdf

CONSTRUYENDO CONFIANZA

