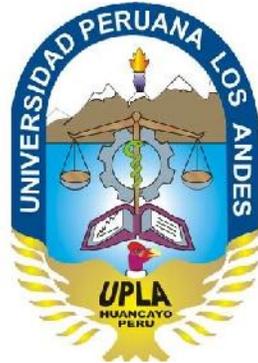


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA EN MUROS
CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN
EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO**

Líneas de investigación: TRANSPORTE Y URBANISMO.

PRESENTADO POR:

Bach. ENRÍQUEZ PINEDO, JHIM ERICK

PARA OPTAR EL TÍTULO DE PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2017

**HOJA DE CONFORMIDAD DEL PROYECTO DE
JURADOS**

**Dr. Casio Aurelio Torres López
PRESIDENTE**

**PH. D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED
JURADO**

**Ing. Nataly Lucia Cordova Zorrilla
JURADO**

**Ing. Rando Porras Olarte
JURADO**

**Mg. Miguel Angel Carlos Canales
SECRETARIO DOCENTE**

ASESOR: CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES

DEDICATORIA

A la memoria de Roberta Soto Oré, por haberme querido ver siempre profesional, a ella mi gratitud.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| CARATULA | 1 |
| HOJA DE CONFORMIDAD DEL PROYECTO DE JURADOS..... | 2 |
| NOMBRE DEL ASESOR | 3 |
| DEDICATORIA | 4 |
| ÍNDICE | 5 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 9 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 11 |
| RESUMEN | 14 |
| ABSTRACT..... | 15 |
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| CAPITULO I: EL PROBLEMA..... | 18 |
| 1.1 Planteamiento del problema: | 18 |
| 1.2 Formulación y sistematización del problema: | 19 |
| 1.2.1 Problema General | 19 |
| 1.2.2 Problemas Específicos | 20 |
| 1.3 Justificación: | 20 |
| 1.3.1 Practica o Social | 20 |
| 1.3.2 Metodológica | 20 |
| 1.4 Delimitación: | 21 |
| 1.4.1 Espacial..... | 21 |
| 1.4.2 Temporal | 21 |
| 1.5 Limitaciones..... | 21 |
| 1.6 Objetivos | 21 |
| 1.6.1 Objetivo general: | 21 |
| 1.6.2 Objetivos específicos: | 22 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | 23 |
| 2.1 Antecedentes:..... | 23 |
| 2.1.1 Antecedentes nacionales: | 23 |
| 2.1.2 Antecedentes internacionales: | 27 |
| 2.2 Marco Conceptual: | 32 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.2.1 | Muro de albañilería confinada (muro confinado): | 32 |
| 2.2.2 | Muro portante: | 33 |
| 2.2.3 | Muro no portante: | 34 |
| 2.2.4 | Zonificación sísmica: | 34 |
| 2.2.5 | Albañilería o mampostería: | 35 |
| 2.2.6 | Tabiquería | 35 |
| 2.2.7 | Unidades de albañilería..... | 35 |
| 2.2.8 | Malla metálica | 36 |
| 2.2.9 | Murete | 37 |
| 2.2.10 | Peligro sísmico..... | 37 |
| 2.2.11 | Vulnerabilidad sísmica | 37 |
| 2.2.12 | Riesgo sísmico..... | 38 |
| 2.2.13 | Magnitud: | 39 |
| 2.2.14 | Intensidad: | 39 |
| 2.2.15 | Ondas sísmicas: | 40 |
| 2.2.16 | Espectro de diseño: | 40 |
| 2.2.17 | Rigidez: | 41 |
| 2.2.18 | Albañilería para fines estructurales..... | 41 |
| 2.2.19 | Conexión albañilería – columna..... | 42 |
| 2.3 | Definición de conceptos claves: | 42 |
| 2.3.1 | Ladrillo tubular (pandereta): | 42 |
| 2.3.2 | Mortero:..... | 42 |
| 2.3.3 | Arriostre:..... | 42 |
| 2.3.4 | Confinamiento: | 43 |
| 2.3.5 | Ductilidad: | 43 |
| 2.3.6 | Viga solera: | 43 |
| 2.3.7 | Columna:..... | 43 |
| 2.3.8 | Carga axial: | 43 |
| 2.3.9 | Cimentación: | 43 |
| 2.3.10 | Aparejo:..... | 44 |
| 2.3.11 | Sobrecimiento: | 44 |
| 2.3.12 | Cemento: | 44 |
| 2.3.13 | Agregado: | 44 |
| 2.3.14 | Trabajabilidad: | 44 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.3.15 | Hormigón (denominado en el Perú): | 44 |
| 2.3.16 | Losa aligerada: | 45 |
| 2.3.17 | Tabique: | 45 |
| CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES | | 46 |
| 3.1 | Hipótesis:..... | 46 |
| 3.1.1 | General: | 46 |
| 3.1.2 | Específicos:..... | 46 |
| 3.2 | Diagrama de variables..... | 47 |
| 3.3 | Indicadores de variables:..... | 47 |
| 3.3.1 | Definición conceptual de las variables | 47 |
| 3.4 | Operacionalización de las variables | 47 |
| CAPITULO IV: METODOLOGÍA | | 49 |
| 4.1 | Método de investigación: | 49 |
| 4.1.1 | Método General: | 49 |
| 4.1.2 | Método específico: | 49 |
| a.1) | Manipulación intencional de las variables independientes | 49 |
| a.2) | Medición del efecto de la variable independiente | 50 |
| a.3) | Control interno de la situación experimental..... | 50 |
| 4.2 | Tipo de investigación..... | 51 |
| 4.3 | Nivel de investigación..... | 51 |
| 4.4 | Diseño de la investigación | 51 |
| 4.4.1 | Ensayo de Prisma de Albañilería: | 51 |
| 4.4.2 | Análisis Sísmico | 52 |
| 4.4.3 | Análisis de Costos..... | 53 |
| 4.5 | Población y muestra | 54 |
| 4.5.1 | Población: | 54 |
| 4.5.2 | Muestra: | 54 |
| 4.6 | Técnicas y/o instrumentos de recolección de datos | 54 |
| 4.6.1 | La Observación: | 54 |
| 4.6.2 | Instrumentos cuantitativos:..... | 55 |
| 4.7 | Técnicas y análisis de datos..... | 56 |
| CAPITULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | | 57 |
| 5.1. | GENERALIDADES: | 57 |

| | |
|---|------------|
| 5.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES: | 57 |
| 5.2.1. Unidad de albañilería: | 57 |
| 5.2.2. Malla metálica: | 58 |
| 5.3. ENSAYOS A LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA..... | 58 |
| 5.3.1. Variación dimensional de la unidad de albañilería (V)..... | 58 |
| 5.3.2. Alabeo | 60 |
| 5.3.3. Resistencia a compresión de la unidad de albañilería ($f'b$) | 61 |
| 5.3.4. Succión (S)..... | 64 |
| 5.3.5. Absorción (A) | 65 |
| 5.3.6. Eflorescencia..... | 67 |
| 5.4. ENSAYOS EN PRISMAS DE ALBAÑILERÍA SIMPLE | 68 |
| 5.4.1 Esbeltez en pila..... | 68 |
| 5.4.2 Resistencia característica a compresión axial ($f'm$)..... | 69 |
| 5.4.3 Módulo de elasticidad (E_m)..... | 71 |
| 5.4.4 Resistencia característica a corte puro ($V'm$) | 72 |
| 5.4.5 Módulo de Corte (G_m)..... | 72 |
| 5.5. ANÁLISIS SÍSMICO: | 73 |
| 5.6. ANÁLISIS DE COSTOS: | 107 |
| 5.7. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL..... | 110 |
| 5.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECIFICA | 111 |
| CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 114 |
| 6.1. GENERALIDADES..... | 114 |
| 6.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS..... | 114 |
| 6.2.1. ENSAYOS A LA UNIDAD | 114 |
| 6.2.2. RESULTADOS COMPLEMENTARIOS DE PRISMA DE ALBAÑILERÍA SIMPLE | 117 |
| 6.2.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO..... | 119 |
| 6.2.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COSTOS..... | 121 |
| CONCLUSIONES | 122 |
| RECOMENDACIONES | 123 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 124 |
| ANEXOS | 126 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---------------------------|---------|
| Figura N° 1 | Pag. 19 |
| Figura N° 2 | Pag. 42 |
| Figura N° 3 | Pag. 63 |
| Figura N° 4 | Pag. 63 |
| Figura N° 5 | Pag. 65 |
| Figura N° 6 | Pag. 66 |
| Figura N° 7 | Pag. 67 |
| Figura N° 8 | Pag. 70 |
| Figura N° 9 | Pag. 73 |
| Figura N° 10 | Pag. 77 |
| Figura N° 11 | Pag. 77 |
| Figura N° 12 | Pag. 77 |
| Figura N° 13 | Pag. 78 |
| Figura N° 14 | Pag. 78 |
| Figura N° 15 | Pag. 79 |
| Figura N° 16 | Pag. 79 |
| Figura N° 17 | Pag. 79 |
| Figura N° 18 | Pag. 79 |
| Figura N° 19 | Pag. 79 |
| Figura N° 20 | Pag. 80 |
| Figura N° 21 | Pag. 80 |
| Figura N° 22 | Pag. 80 |
| Figura N° 23 | Pag. 81 |
| Figura N° 24 | Pag. 84 |
| Figura N° 25 | Pag. 84 |
| Figura N° 26 | Pag. 85 |
| Figura N° 27 | Pag. 85 |
| Figura N° 28 | Pag. 85 |
| Figura N° 29 | Pag. 87 |

| | |
|---------------------------|----------|
| Figura N° 30 | Pag. 88 |
| Figura N° 31 | Pag. 89 |
| Figura N° 32 | Pag. 89 |
| Figura N° 33 | Pag. 90 |
| Figura N° 34 | Pag. 94 |
| Figura N° 35 | Pag. 94 |
| Figura N° 36 | Pag. 94 |
| Figura N° 37 | Pag. 95 |
| Figura N° 38 | Pag. 95 |
| Figura N° 39 | Pag. 96 |
| Figura N° 40 | Pag. 96 |
| Figura N° 41 | Pag. 96 |
| Figura N° 42 | Pag. 96 |
| Figura N° 43 | Pag. 96 |
| Figura N° 44 | Pag. 97 |
| Figura N° 45 | Pag. 97 |
| Figura N° 46 | Pag. 97 |
| Figura N° 47 | Pag. 98 |
| Figura N° 48 | Pag. 101 |
| Figura N° 49 | Pag. 101 |
| Figura N° 50 | Pag. 102 |
| Figura N° 51 | Pag. 102 |
| Figura N° 52 | Pag. 102 |
| Figura N° 53 | Pag. 104 |
| Figura N° 54 | Pag. 104 |
| Figura N° 55 | Pag. 105 |
| Figura N° 56 | Pag. 105 |
| Figura N° 57 | Pag. 105 |
| Figura N° 58 | Pag. 106 |
| Figura N° 59 | Pag. 107 |
| Figura N° 60 | Pag. 115 |
| Figura N° 61 | Pag. 116 |
| Figura N° 62 | Pag. 118 |
| Figura N° 63 | Pag. 119 |

| | |
|---------------------------|----------|
| Figura N° 64 | Pag. 128 |
| Figura N° 65 | Pag. 128 |
| Figura N° 66 | Pag. 129 |
| Figura N° 67 | Pag. 129 |
| Figura N° 68 | Pag. 130 |
| Figura N° 69 | Pag. 130 |
| Figura N° 70 | Pag. 131 |
| Figura N° 71 | Pag. 131 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--------------------------|---------|
| Tabla N° 1 | Pag. 47 |
| Tabla N° 2 | Pag. 48 |
| Tabla N° 3 | Pag. 55 |
| Tabla N° 4 | Pag. 59 |
| Tabla N° 5 | Pag. 59 |
| Tabla N° 6 | Pag. 60 |
| Tabla N° 7 | Pag. 61 |
| Tabla N° 8 | Pag. 61 |
| Tabla N° 9 | Pag. 52 |
| Tabla N° 10 | Pag. 64 |
| Tabla N° 11 | Pag. 64 |
| Tabla N° 12 | Pag. 65 |
| Tabla N° 13 | Pag. 66 |
| Tabla N° 14 | Pag. 66 |
| Tabla N° 15 | Pag. 68 |
| Tabla N° 16 | Pag. 68 |
| Tabla N° 17 | Pag. 69 |
| Tabla N° 18 | Pag. 70 |
| Tabla N° 19 | Pag. 71 |
| Tabla N° 20 | Pag. 71 |
| Tabla N° 21 | Pag. 72 |
| Tabla N° 22 | Pag. 76 |

| | |
|--------------------------|----------|
| Tabla N° 23 | Pag. 76 |
| Tabla N° 24 | Pag. 80 |
| Tabla N° 25 | Pag. 81 |
| Tabla N° 26 | Pag. 81 |
| Tabla N° 27 | Pag. 81 |
| Tabla N° 28 | Pag. 81 |
| Tabla N° 29 | Pag. 81 |
| Tabla N° 30 | Pag. 81 |
| Tabla N° 31 | Pag. 82 |
| Tabla N° 32 | Pag. 82 |
| Tabla N° 33 | Pag. 84 |
| Tabla N° 34 | Pag. 87 |
| Tabla N° 35 | Pag. 88 |
| Tabla N° 36 | Pag. 89 |
| Tabla N° 37 | Pag. 89 |
| Tabla N° 38 | Pag. 93 |
| Tabla N° 39 | Pag. 93 |
| Tabla N° 40 | Pag. 97 |
| Tabla N° 41 | Pag. 98 |
| Tabla N° 42 | Pag. 98 |
| Tabla N° 43 | Pag. 98 |
| Tabla N° 44 | Pag. 98 |
| Tabla N° 45 | Pag. 98 |
| Tabla N° 46 | Pag. 98 |
| Tabla N° 47 | Pag. 99 |
| Tabla N° 48 | Pag. 99 |
| Tabla N° 49 | Pag. 101 |
| Tabla N° 50 | Pag. 106 |
| Tabla N° 51 | Pag. 106 |
| Tabla N° 52 | Pag. 110 |
| Tabla N° 53 | Pag. 114 |
| Tabla N° 54 | Pag. 115 |
| Tabla N° 55 | Pag. 116 |
| Tabla N° 56 | Pag. 117 |

| | |
|--------------------------|----------|
| Tabla N° 57 | Pag. 117 |
| Tabla N° 58 | Pag. 118 |
| Tabla N° 59 | Pag. 119 |
| Tabla N° 60 | Pag. 119 |
| Tabla N° 61 | Pag. 120 |
| Tabla N° 62 | Pag. 120 |

RESUMEN

La investigación parte de la problemática: ¿Cómo influye la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo? El objetivo consiste en: Determinar la influencia de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo, de este objetivo se pudo inferir la hipótesis general de la investigación la cual es: La influencia de la malla metálica mejora el desempeño en muros confinados de ladrillo pandereta en la edificación de la provincia de Huancayo.

El tipo de investigación es aplicada, de nivel descriptivo, explicativo y correlacional, de diseño experimental, la población está conformada por las edificaciones de albañilería confinada de ladrillo pandereta en la provincia de Huancayo, el tipo de muestreo es no probabilística o dirigida, que para tal efecto se toma como muestra una edificación de 03 niveles de la Av. Centenario del distrito y provincia de Huancayo.

La conclusión de la presente investigación es que la influencia de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo ha mejorado el desempeño en un 28.89%, siendo considerado una estructura frágil ante un sismo severo.

Palabras clave: Malla metálica, muro confinado, ladrillo pandereta.

ABSTRACT

The investigation starts from the problem: How does the metal mesh influence confined walls of tambourine brick in buildings of the province of Huancayo? The objective is to: Determine the influence of the metal mesh in confined walls of tambourine brick in buildings of the province of Huancayo, from this objective the general hypothesis of the investigation could be inferred which is: The influence of the metallic mesh improves the performance in confined walls of tambourine brick in the building of the province of Huancayo. The type of research is applied, descriptive level, explanatory and correlational, experimental design, the population is made up of confined masonry buildings of brick tambourine in the province of Huancayo, the type of sampling is not probabilistic or directed, which for This effect is taken as sample a building of 03 levels of Centennial Avenue of the district and province of Huancayo. The conclusion of the present investigation is that the influence of the metallic mesh in confined walls of tambourine brick in buildings of the province of Huancayo has improved the performance in a 28.89%, being considered a fragile structure before a severe earthquake.

Keywords: Metal mesh, confined wall, brick tambourine.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Huancayo está clasificada en zona sísmica 3 de acuerdo a la norma técnica E.030. del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo que es necesario realizar análisis sismorresistentes a las edificaciones para cualquier tipo de solicitación sísmica que se pueda presentar en el tiempo. El tipo de construcción más común y usado es el sistema de albañilería confinada por ser de menor costo económico.

La existencia de edificaciones con muros confinados de ladrillos tubulares (ladrillo pandereta) para fines estructurales hace que sean vulnerables sísmicamente ante un posible sismo de mediana a gran magnitud, estas construcciones edificadas con materiales no adecuados y sin criterio técnico será el objeto de estudio en la presente investigación.

El reforzamiento con malla metálica influye en la construcción de muros confinados con ladrillo pandereta. Para demostrar la significancia se realizará ensayos dentro del marco de la calidad, análisis sísmico y análisis de costos con los métodos estipulados en la norma técnica peruana y el reglamento nacional de edificaciones E. 030 Diseño Sismorresistente y E.070. de Albañilería.

El Capítulo I se enfoca en el problema en general, delimitando y formulando los objetivos generales y específicos.

El Capítulo II hace referencia al marco teórico donde se describirá los antecedentes de la investigación nacional e internacional, así como el marco conceptual.

El Capítulo III hace referencia a la hipótesis y variables donde se hace el análisis de Operacionalización de la variable dependiente e independiente enfocándose a plantear la hipótesis general y específicas.

El Capítulo IV hace referencia a la metodología donde se plantea el nivel, tipo y diseño de investigación.

El Capítulo V hace referencia a la presentación de resultados donde se plasma los ensayos realizados, el análisis sísmico y de costos.

El Capítulo VI hace referencia a la discusión de resultados el cual es sistematizado en datos porcentuales y estadísticos de acuerdo a resultados de los ensayos realizados, el análisis sísmico y de costos.

La estructura que continúa contiene las conclusiones, sugerencias, referencia bibliográfica y anexos.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema:

El Perú se encuentra en una zona sísmica muy activa, ubicado en el cinturón de fuego del Pacífico, por consiguiente, la zona central del país es vulnerable a eventos sísmicos; en la región Junín se encuentran tres fallas, la de Huaytapallana en la provincia de Huancayo, la de Ricran en la provincia de Jauja y la de el Gran Pajonal en la provincia de Satipo. Por lo que Huancayo se encuentra ubicado en la zona sísmica de Zona 3.

En Lima, el 70% de las viviendas son informales, según el estudio del instituto Capeco. A nivel nacional, se eleva a 80%. De acuerdo con el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (Cismid), en las zonas periféricas de las ciudades, el nivel de informalidad en la construcción alcanza el 90%. Solo el 6% que realizan autoconstrucción a nivel nacional consulta a un profesional técnico, según Arellano Marketing (2017). La construcción de edificaciones en Huancayo se ha incrementado y la economía se ha hecho presente en la adquisición de materiales de menor costo, optando por comprar materiales como las unidades de albañilería sin la supervisión técnica. Según el colegio de Arquitectos de Lima (2017) "9 de cada 10 viviendas autoconstruidas a nivel nacional están hechos con ladrillos que tienen entre 40% y 50% de vacíos, menos denso y resistentes que indica el reglamento"

El ladrillo pandereta de dimensiones 9x12x23 cm es un “ladrillo tubular que no debe ser usado para fines estructurales” Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 Albañilería (2006), sin embargo, el ladrillo tubular pandereta es usado en el proceso constructivo, especialmente en muros confinados con el objetivo de que se comporte como un muro portante, siendo el sistema de albañilería confinada diseñado con el método de resistencia, con criterio de desempeño, limitando la degradación de resistencia y rigidez, evadiendo lo establecido en la norma técnica E.070 de Albañilería (2006), ni sustento técnico de la norma E.030 Diseño Sismorresistente (2016).

1.2 Formulación y sistematización del problema:

1.2.1 Problema General

- a) ¿Cómo influye la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo?



Figura N° 1. Edificación construida con ladrillo pandereta en ciudad de Huancayo, con el sistema de albañilería confinada.

1.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cómo influye la malla metálica en el límite de distorsión de entrepiso (deriva) de muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo?
- b) ¿Cómo influye la malla metálica en el ensayo de la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo?
- c) ¿Cómo intervine el costo económico de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo?

1.3 Justificación:

1.3.1 Practica o Social

La investigación desarrollada brindara una oportunidad para lograr dilucidar temas de carácter técnico y constructivo, logrando a su vez mejorar la calidad de vida en el tiempo. La construcción de albañilería confinada con ladrillo pandereta se ha expandido por ser económicos al construirlos, pero al mismo tiempo vulnerables ante un evento sísmico, la presente investigación será útil porque estudia el reforzamiento con malla metálica en el muro confinado, teniendo el beneficio de evacuar de la edificación ante un posible sismo de intensidad moderada.

1.3.2 Metodológica

El uso de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo experimentará y describirá el comportamiento ante sollicitaciones sísmicas, lo cual servirá para la investigación, para recopilar información, así mismo para analizar los efectos que pueden producir en el tiempo, los mismos que

serán orientados en todo momento por el método científico. La investigación utilizada servirá como antecedente en el uso de la información para futuras investigaciones.

1.4 Delimitación:

1.4.1 Espacial

La investigación estuvo situada en la provincia de Huancayo, determinándose el objeto de estudio en una vivienda de tres niveles en la Av. Centenario, ya que se contaban con instrumentos de medición para realizar la influencia de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo en el año 2017.

1.4.2 Temporal

Se recopilaron datos para la investigación principalmente en el periodo comprendido del 10 de marzo al 10 de setiembre del 2017; analizando y procesando la información sistematizada.

1.5 Limitaciones

El análisis de las edificaciones de muros confinados construidos con ladrillo pandereta están analizados a través del software ETABS, la comprobación fidedigna de las solicitaciones sísmicas frente a los muros confinados influenciado con la malla metálica, será en cuanto ocurra un evento sísmico en la provincia de Huancayo.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general:

- a) Determinar la influencia de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

1.6.2 Objetivos específicos:

- a)** Determinar la influencia de la malla metálica en el límite de distorsión de entrepiso (deriva) de muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

- b)** Determinar la influencia de la malla metálica en el ensayo de la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

- c)** Determinar el costo económico de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes:

2.1.1 Antecedentes nacionales:

2.1.1.1 El bachiller Johan Edgar Laucata Luna, sustento el año (2013) en su tesis **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO**, a la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Civil.

La investigación genera una metodología simple para determinar el riesgo sísmico de viviendas informales de albañilería confinada en la ciudad de Trujillo. Para ello se ha analizado las características técnicas, así como los errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de viviendas construidas informalmente.

La mayoría de las viviendas informales carecen de diseño arquitectónico, estructural y se construyen con materiales de baja calidad. Además, estas viviendas son construidas generalmente por los mismos pobladores de la zona, quienes no poseen los conocimientos, ni medios económicos necesarios para una buena práctica constructiva.

Para recolectar la información para este trabajo de tesis se encuestaron 30 viviendas en 02 distritos de la ciudad de Trujillo, que se seleccionaron por sus características

morfológicas y por la presencia de viviendas informales de albañilería. La información de campo se recolectó en fichas de encuesta, en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración, y calidad de la construcción. Posteriormente el trabajo de gabinete se procesó la información en fichas de reporte donde se resume las características técnicas, elaborando un análisis sísmico simplificado por medio de la densidad de muros, determinando la vulnerabilidad y peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. Luego con la información obtenida se detalló los principales defectos constructivos encontrados en las viviendas encuestadas.

Los resultados obtenidos contribuyeron a la elaboración de una cartilla para la construcción y mantenimiento de las viviendas de albañilería confinada de la costa peruana, zona de alto peligro sísmico.

2.1.1.2 Los bachilleres Tania Ana Araoz Escobedo y Jhonatan Pedro Velezmoro Girón, sustentaron el año (2012) en su tesis **REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS EXISTENTES CONSTRUIDAS CON MUROS CONFINADOS HECHOS CON LADRILLOS PANDERETA - SEGUNDA ETAPA**, a la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Civil.

Al momento de construir una vivienda uno de los factores más importantes es el económico, es por ello que muchas personas optan por construir sus viviendas con el material más barato, olvidando considerar la calidad de éste. Así sucede en el Perú, donde existen numerosas viviendas informales construidas con ladrillos tubulares (pandereta), el más económico en el mercado, pero de uso prohibido en la Norma E.070 en muros portantes en las zonas sísmicas 2 y 3 por su fragilidad ante los sismos. Estos ladrillos sólo se permiten en zonas de baja sismicidad y en viviendas de

hasta 2 pisos, a pesar de esta prohibición existen viviendas de hasta 5 pisos en zonas de alta sismicidad y en gran cantidad, como lo revela la encuesta (Conferencia Internacional en Ingeniería Sísmica 2007, Salinas y Lázares 2007) realizada en los distritos de San Martín de Porres y los Olivos, Lima, donde se indica que el 57% del total de viviendas encuestadas (168 viviendas) están construidas con ladrillo pandereta.

Ante este problema se necesita tomar medidas preventivas para evitar el colapso de estas viviendas en caso ocurra un terremoto, como el terremoto de Pisco el 2007, donde muchas viviendas hechas con ladrillos pandereta colapsaron.

Como medida preventiva, en este proyecto se plantea reforzar a los muros de estas viviendas con malla metálica recubierta con mortero. La efectividad de este reforzamiento, ha sido probada experimentalmente con éxito (San Bartolomé, 2007) en muros hechos con ladrillo del tipo King Kong con 40% de huecos, que habían quedado seriamente dañados por fuerza cortante en un ensayo de carga lateral cíclica previo.

En el proyecto se construyeron dos muros confinados a escala natural con ladrillos pandereta, uno del tipo tradicional y el otro fue reforzado externamente con malla metálica y tarrajado con mortero. Los muros fueron sometidos a ensayos de carga lateral cíclica con desplazamiento lateral controlado.

Además, se realizaron ensayos de clasificación de las unidades de albañilería; y la construcción y ensayos de cuatro pilas (a compresión axial) y cuatro muretes (a compresión diagonal), con la finalidad de obtener la resistencia característica a compresión axial de la albañilería simple ($f'm$), el módulo de la albañilería (E_m) y la resistencia característica a fuerza cortante pura de la albañilería ($V'm$).

2.1.1.3 El bachiller Plinio Mamani Quina, sustentó el año (2015) en su tesis **COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA TUBULAR CONFINADA REFORZADOS CON MALLA ELECTROSOLDADA ANTE CARGAS SÍSMICAS Y GRAVITACIONALES**, a la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, con la finalidad de optar el Grado Académico de Magíster en Ingeniería Civil, en el área de Ingeniería Estructural.

La albañilería confinada es un sistema de construcción que en el Perú conforma gran parte de las construcciones existentes para viviendas y especialmente en zonas de recursos limitados, zonas donde se acostumbró a edificar muros estructurales (muros portantes) con unidades de ladrillo tubular (ladrillo pandereta). El uso del ladrillo pandereta está prohibido para muros estructurales según la norma técnica de albañilería E0.70. Esto se está dando en la costa del Perú y en especial en la ciudad de Lima una zona altamente sísmica, donde existen edificaciones de hasta cinco niveles construidas con unidades tubulares.

Por lo que la presente tesis fue desarrollada con la finalidad de evaluar una técnica de reforzamiento mediante la utilización de una malla electrosoldada. Para esto se construyeron pilas, muretes y dos muros a escala natural construidas con ladrillos pandereta aplicando la técnica de reforzamiento mencionada. El efecto sísmico fue simulado mediante cargas laterales cíclicas que se aplicaron hacia los muros a escala natural con un actuador dinámico estructural en varias fases con desplazamiento lateral controlado. Al mismo tiempo se aplicaron cargas gravitacionales que representarían de una manera aproximada las cargas de servicio que tenemos en una edificación real.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de estructuras de la PUCP, en los cuales se determinó el comportamiento

mecánico y propiedades mecánicas de los muros reforzados con malla electrosoldada. Esta información de alguna manera es la base para la implementación de las normas existentes, ya que no se contemplan actualmente alternativas para dar una solución al problema ya descrito inicialmente.

2.1.2 Antecedentes internacionales:

- 2.1.2.1** Las alumnas Geraldin Alejandra Carvajalino Gentil y Jahaira Patricia Hernandez Pallares, sustentaron el año (2014) en su tesis **ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS BLOQUES H-10 UTILIZADOS EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA**, a la facultad de Ingenierías de la **UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**, con la finalidad de optar el título de Ingeniería Civil. En Colombia al igual que en muchas otras partes del mundo, la mayoría de las estructuras fueron construidas sin tener como base una normatividad que brindara los parámetros necesarios para hacer de ellas construcciones resistentes a los movimientos telúricos, motivo por el cual a lo largo de la historia se han registrado innumerables pérdidas de vidas humanas y de materiales difícilmente cuantificables, antecedentes que han llevado a la investigación del comportamiento de las edificaciones y de los materiales que las componen, logrando con ello una serie de normas y códigos que rigen y establecen los requerimientos básicos en todos y cada uno de los aspectos relacionados con la construcción de estructuras sismo resistentes. Teniendo en cuenta la importancia que tienen los materiales en la construcción de las edificaciones, este trabajo de investigación tiene como finalidad el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de

perforación horizontal H-10 utilizadas para mampostería en la ciudad de Ocaña.

Para tal fin, se hizo necesario el desarrollo de una serie de ensayos en el laboratorio de resistencia de materiales y sísmica de la UFPSO, los cuales se llevaron a cabo según lo estipulado en las normas técnicas colombianas (NTC) y en la norma sismo resistente del 2010 (NSR-10), prestando principal atención a los resultados obtenidos en cada ensayo para luego realizar un análisis estadístico de cada fabricante en estudio.

Entre los ensayos realizados se encuentra el reforzamiento externo de muros con malla electro soldada, en el cual se pretende hacer énfasis, pero sin restar importancia a los demás ensayos de laboratorio, los cuales fueron indispensables en la determinación de dichas propiedades; para llevar a cabo este ensayo se hizo necesario la construcción de 24 muretes perfectamente cuadrados de los cuales 8 no presentaban refuerzo y 16 se reforzaron con malla electro soldada de 150 x 150 x 3,5 x 3,5 mm, con el objeto de aplicarle carga hasta que presente falla por tensión diagonal, con lo que se pudo demostrar un aumento considerable en la resistencia a esfuerzos cortantes con respecto a la mampostería no reforzada.

- 2.1.2.2** Las alumnas María Angélica Molano Vergara y Andrea Serrano Bernal, sustentaron el año (2005) en su tesis **EVALUACIÓN SÍSMICA DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL REFORZADA CON LISTONES DE MADERA**, a la facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, con la finalidad de optar el título de Ingeniería Civil.

La historia cuenta que la mampostería no estructural es uno de los métodos constructivos más utilizados a lo largo de ella. Civilizaciones como la egipcia, con sus pirámides, o la

china y su monumental muralla, dan testimonio de la durabilidad y resistencia que puede alcanzar.

Razones como el bajo costo, disponibilidad, facilidad de fabricación y durabilidad hacen que éste material constructivo siga vigente al pasar del tiempo. Motivos como la protección que brinda contra el fuego, el aislamiento térmico y acústico, la distribución de espacios y mejora en la apariencia estética, más allá de la construcción de viviendas, son argumentos que le dan peso a la decisión de emplearlos. Sin embargo, eventos sísmicos ocurridos a lo largo de la historia dan testimonio de que las viviendas construidas en mampostería pueden representar un gran riesgo para sus habitantes, provocando grandes desastres en las poblaciones, cuyas edificaciones se ven gravemente afectas, ocasionando miles de pérdidas materiales y lamentablemente humanas, hechos que sirven como antecedente y precede a la creación e implantación de códigos y técnicas nuevas para hacer de las estructuras obras que garanticen la estabilidad de las mismas y por ende la seguridad de sus ocupantes; es decir, luego de observar la magnitud de los daños ocasionados por el colapso de las edificaciones, como respuesta ante fuerzas sísmicas importantes, se ha impulsado la actualización de los sistemas constructivos, levantando estructuras sismorresistentes en las cuales se reduzca la vulnerabilidad de las mismas y la ocurrencia de este tipo de desastres.

No obstante, en la actualidad aún muchas de las viviendas en Colombia no cumplen con los requisitos establecidos en las normas, además siempre existe la posibilidad de ocurrencia de un sismo con características mayores a las consideradas en el diseño que hacen de estas estructuras vulnerables, en distintos grados, ante estos fenómenos.

Cerca de un 75% de las muertes ocasionadas por terremotos en el siglo XX se atribuye al colapso de

edificaciones sin un adecuado diseño sismo resistente, construidas con materiales inapropiados o que simplemente perdieron su resistencia volviéndose vulnerables ante el evento.

En el caso colombiano, sismos como el del eje cafetero, ocurrido el 25 de enero de 1999, provocaron daños a miles de personas, especialmente de los estratos bajos, donde cerca de 50.000 construcciones sufrieron daño, total o parcial, concentrado en aquellas edificaciones antiguas, de mampostería no reforzada ni confinada y casas, principalmente.

Ante el panorama presentado anteriormente, se ve la necesidad de estudiar nuevas alternativas y sistemas constructivos enfocados a la mejora en sistemas estructurales resistentes, durables, livianos y con costos no muy elevados que permitan garantizar a las personas seguridad y satisfacción respecto al dinero invertido en sus viviendas.

Hace aproximadamente 20 años comenzaron a desarrollarse diferentes técnicas que permiten reforzar la mampostería no estructural. Sin embargo, a nivel colombiano son contados los estudios analíticos y experimentales en el tema. Por esta razón se convierte en una prioridad la necesidad de profundizar en el tema con el fin de lograr que la mampostería no estructural se comporte de una manera adecuada ante cargas sísmicas, donde se preserve la vida humana y se minimicen las pérdidas materiales.

- 2.1.2.3** El Ing. Camilo José Vega Vargas, sustentó el año (2015) en su tesis **COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL REFORZADOS MEDIANTE POLÍMEROS REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO, CFRP**, a la Escuela Colombiana de Ingeniería

Julio Garavito, la Tesis para optar al título de Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Estructural.

En muchos países predominan las viviendas construidas con muros de mampostería en arcilla no reforzada, dando lugar a edificaciones de baja resistencia y ductilidad, muy vulnerables a eventos sísmicos. Esto ha quedado demostrado con la experiencia de sismos precedentes, donde el comportamiento de las edificaciones con muros no estructurales fue inadecuado debido a su poca capacidad de disipación de energía, produciendo en los muros, grandes fallas que llevaron incluso al colapso de ellas.

Investigaciones realizadas demuestran que el uso de reforzamiento de polímeros reforzados con fibras de carbono (CFRP por sus siglas en inglés) adheridos a muros de mampostería puede mejorar la capacidad de disipación de energía de los mismos convirtiéndolos en muros resistentes a cargas laterales.

En el presente documento se exponen los resultados de un proyecto de investigación donde se evaluó el comportamiento ante cargas laterales en muros de mampostería no estructural, al ser reforzados mediante CFRP teniendo en cuenta diferentes sistemas de anclaje a la cimentación. En el programa experimental, fueron construidos 14 muros de mampostería de arcilla, a escala real, utilizando bloque No. 5, usado comúnmente en este tipo de edificaciones; 7 de ellos tenían dimensiones de 1,23 m de largo por 1,90 m de alto y 7 de 2,47 m de largo por 1,90 m de alto. Ocho muros fueron ensayados ante carga lateral estática y seis ante carga lateral cíclica en su plano.

Fueron comparadas las respuestas de los muros, en cuanto a comportamiento histerético, carga máxima, ductilidad y degradación de rigidez. Los resultados muestran que el material de refuerzo mejoró significativamente la capacidad de carga última de los muros, se mitigó la falla súbita ya que

fueron progresivas y menos frágiles, logrando de esta manera, un mejor nivel de desempeño.

2.2 Marco Conceptual:

2.2.1 Muro de albañilería confinada (muro confinado):

Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

Se considerará como muro portante confinado, aquél que cumpla las siguientes condiciones:

- a) Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.
- b) Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor que 5 m. De cumplirse esta condición, así como de emplearse el espesor mínimo especificado en la ecuación (2.1), la albañilería no necesitará ser diseñada ante acciones sísmicas ortogonales a su plano, excepto cuando exista excentricidad de la carga vertical (ver el Capítulo 10 NTE E.070).
- c) Que se utilice unidades de acuerdo a lo especificado en artículo 5 (5.3) de NTE E.070.
- d) Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción. (Ver Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado (NTE E.060) y artículo 11 (11.5) NTE E.070).
- e) Que los elementos de confinamiento funcionen integralmente con la albañilería. Ver artículo 11 (11.2 y 11.7) R.N.E. E.070.

- f) Que se utilice en los elementos de confinamiento, concreto con:
f'c 171.5 Mpa (175 kg/cm²)
- g) Se asumirá que el paño de albañilería simple (sin armadura interior) no soporta acciones de punzonamiento causadas por cargas concentradas. Ver 9.1.2. R.N.E. E.070
- h) El espesor mínimo de las columnas y solera será igual al espesor efectivo del muro.
- i) El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.
- j) El peralte mínimo de la columna de confinamiento será de 15 cm. En el caso que se discontinúen las vigas soleras, por la presencia de ductos en la losa del techo o porque el muro llega a un límite de propiedad, el peralte mínimo de la columna de confinamiento respectiva deberá ser suficiente como para permitir el anclaje de la parte recta del refuerzo longitudinal existente en la viga solera más el recubrimiento respectivo (ver artículo 11.10 R.N.E. E.070).
- k) Cuando se utilice refuerzo horizontal en los muros confinados, las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,50 cm. y terminarán en gancho a 90°, vertical de 10cm de longitud (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2006).

2.2.2 Muro portante:

Son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio. Estos muros están sujetos a todo tipo de sollicitación, tanto contenida en su plano como perpendicular al mismo, tanto vertical como lateral, así como permanente o eventual. (Diseño y construcción en estructuras, sismorresistentes de albañilería - Ángel Sanbartolome, Daniel Quium y Wilson Silva) Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos

muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical. (R.N.E. E.070)

2.2.3 Muro no portante:

Son los que no reciben carga vertical, son por ejemplo los cercos, parapetos y tabiques. Estos muros deben diseñarse básicamente para cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismos y otras cargas de empuje. No se diseñan para acciones sísmicas coplanares porque su masa es pequeña y genera fuerzas de inercia mínimas en comparación con su resistencia fuerza cortante.

Mientras que los cercos son empleados como elementos de cierre en los linderos de una edificación (o un terreno) los tabiques son utilizados como elementos divisorios de ambientes en los edificios; en tanto que los parapetos son usados como barandas de escaleras, cerramientos de azoteas, etc.

2.2.4 Zonificación sísmica:

La zonificación sísmica consiste en dividir una región en porciones, en cada una de ellas se especifican los parámetros constantes de diseño sísmico. Las leyes de atenuación reflejan la propagación de las ondas sísmicas en la roca de la corteza. El movimiento de la superficie del terreno en un sitio dado puede diferir radicalmente del que se tiene en la roca base, debido alteraciones de las ondas causadas por efectos geológicos topográficos y de rigidez del subsuelo. La importancia de estas alteraciones, llamadas en términos generales efectos locales, ha sido confiada cada vez más en los años recientes y ha conducido a la necesidad de realizar estudio de microzonificación de las áreas de asentamientos humanos para detectar aquellas zonas que presentan problemas especiales.

2.2.5 Albañilería o mampostería:

Material estructural compuesto por unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

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.

Bajo esta definición se concluye que la albañilería inicia desde tiempos remotos y que su forma inicial podría haber sido los muros hechos de piedras naturales con piedras naturales trabadas o adheridas con barro, lo que actualmente en nuestro medio se denomina "pirca".

2.2.6 Tabiquería

Generalmente son lechos de albañilería debido a sus buenas propiedades térmicas acústicas resistentes e incombustible por lo general, en estos elementos se emplea mortero de baja calidad y ladrillos tubulares (perforaciones paralelas a la cara del asentado), denominados "pandereta" cuya finalidad es aligerar el peso del edificio con la consiguiente, reducción de las fuerzas sísmicas. Sin embargo, si los tabiques no han sido cuidadosamente aislados de la estructura principal, haciéndolos flotantes, ocurrirá la interacción tabique estructura en el plano del pórtico.

2.2.7 Unidades de albañilería

La unidad de albañilería conocido como ladrillo o bloque, es el componente básico para la construcción de la albañilería.

Actualmente tenemos variedad de estas, por lo que se ve la necesidad de establecer clasificaciones de acuerdo a sus principales propiedades. Es importante recalcar que el comportamiento sísmico de nuestras edificaciones dependerá en su mayoría de la calidad de materiales empleados y el procedimiento constructivo adecuado. Las unidades de albañilería se clasifican:

a) Por sus Dimensiones. -

Los ladrillos: tienen la característica principal a su peso y sus dimensiones pequeñas que hace que se pueda manejar con una sola mano, en el proceso de asentado. Una pieza tradicional debe tener un ancho de 11cm a 14cm, un largo de 23cm a 29cm y una altura de 6cm a 9cm; con un peso oscilante de 3kg a 6kg.

Los bloques: a diferencia están hechos para ser manejados por las dos manos y puede llegar a pesar hasta los 15 kilogramos, su ancho no está determinado pues variara por los alveolos o huecos que tienen para ser manejados, claro que también son usados para la armadura o el concreto líquido.

b) Por su Materia Prima y fabricación. -

Por la materia prima existen tres tipos: de arcilla, de Sílice - Cal y de Concreto.

Por la fabricación existen dos tipos: los artesanales y los industriales.

c) Por sus alveolos. -

Esta clasificación se basa en el área neta de la unidad, respecto a la superficie bruta de la cara y las características de los alveolos.

2.2.8 Malla metálica

El acero destinado para la fabricación de la malla metálica cumple con la Norma:

- a) ASTM A653/a653 -09^a: "Standard Specification for Steel, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc - Iron Alloy – Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process.
- b) SAE J403 2009: Chemical Composition of SAE Carbon Steels.

2.2.9 Murete

Es una interface unidad-mortero, el comportamiento en compresión y el comportamiento frente a esfuerzos de cortantes. Se entregan valores útiles para el diseño como: densidad, módulo de elasticidad y el módulo de corte. También se describe el desempeño estructural de la albañilería simple y se resumen los efectos de eventos sísmicos seleccionados sobre edificaciones de esta materialidad.

2.2.10 Peligro sísmico

El peligro sísmico es una magnitud geofísica que da la probabilidad de ocurrencia de sismos en un área geográfica específica durante un intervalo de tiempo determinado e involucrando aceleraciones del suelo por encima de cierto valor dado. Da idea a la probabilidad de que se produzcan determinadas aceleraciones del suelo.

2.2.11 Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica de una edificación es una magnitud que permite cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo.

La vulnerabilidad sísmica cuantifica el riesgo debido únicamente a las características de la estructura. El peligro sísmico es la magnitud que cuantifica el riesgo debido a la zona geográfica

sobre la cual se emplaza la estructura. Tanto la vulnerabilidad sísmica de una estructura, como el peligro sísmico asociado a su emplazamiento, así como el daño sísmico potencial, contribuyen a cuantificar el riesgo sísmico asociado a un conjunto.

2.2.12 Riesgo sísmico

El riesgo se incrementa con el factor de vulnerabilidad, considerando que el peligro es un fenómeno natural que no puede ser eliminado o reducido. Debido a que predecir un sismo es muy difícil, se puede establecer la ocurrencia de un evento sísmico en un período de años, pero no se puede en una fecha determinada. (Ref. 37)

Se denomina peligro a la probabilidad de que se produzca un fenómeno natural potencialmente destructivo en un determinado lugar y tiempo.

Se denomina vulnerabilidad a los probables daños a ocasionarse, en la que influyen las características físicas socioeconómicas de la zona.

En conclusión, el riesgo es la consecuencia de la combinación del peligro y la vulnerabilidad.

La determinación del riesgo sísmico se realiza sobre la base de las proyecciones de las clases de daños para los diferentes tipos de edificaciones, lo cual es muy difícil de determinar, debido a que toma en cuenta parámetros tales como: distancia epicentral, profundidad focal, interacción suelo estructura, espectros sísmicos, etc.; con todos estos datos se puede calcular la respuesta sísmica y estimar los posibles daños. Debido a la cantidad de edificaciones con diferentes características, y a las limitaciones para la investigación de estos parámetros, se ha tomado como referencia el trabajo realizado por el Ing. Julio Kuroiwa, el cual está sobre la base del estudio de destrucción de diferentes tipos de edificaciones que estuvieron sometidas a diferentes intensidades sísmicas en el país, preparando tablas

para estimar el grado de destrucción que sufrirían las edificaciones.

Se ha determinado el riesgo sísmico de las edificaciones educativas, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) **Riesgo Alto.** - Las edificaciones tendrán probablemente los siguientes daños ante la intensidad máxima probable del evento sísmico: daños graves, colapso parcial y colapso total.

- b) **Riesgo Medio.** - Las edificaciones tendrán probablemente las siguientes clases de daños ante la intensidad máxima probable del evento sísmico: pequeñas fisuras, fisuras, grietas y con posibilidad de daños estructurales importantes.

- c) **Riesgo Bajo.** - Las edificaciones tendrán probablemente las siguientes clases de daños ante la intensidad máxima probable del evento sísmico: probablemente no sufrirán daños o sufrirán daños leves.

2.2.13 Magnitud:

Las escalas de magnitud sísmica son logarítmicas, representan una valoración cuantitativa (instrumental) indirecta de la energía liberada por un terremoto basada en el desplazamiento del terreno registrado en los sismogramas (Escala Richter). Un terremoto M6 produce en el sismograma un desplazamiento 10 veces mayor de lo que lo haría un M5, y del mismo modo un terremoto M7 produciría un desplazamiento 100 veces mayor que el M5.

2.2.14 Intensidad:

La intensidad responde a una estimación cualitativa de los efectos del terremoto basados en tres criterios básicos: cómo es percibido

por las personas, sus efectos sobre las edificaciones e infraestructuras y sus efectos sobre el terreno y el medioambiente. Por ejemplo, la escala de Mercalli es una escala de 12 grados desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras. En Europa se utiliza la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98). La intensidad de un terremoto varía con la cantidad de energía liberada (magnitud) y se encuentra condicionada por parámetros tales como la proximidad al epicentro, las características geológicas y la calidad y naturaleza de edificaciones e infraestructuras como carreteras, puentes, túneles, por lo que un terremoto puede poseer un único valor de magnitud, pero sentirse con diferentes valores de intensidad.

2.2.15 Ondas sísmicas:

Las ondas sísmicas son un tipo de onda elástica fuerte en la propagación de perturbaciones temporales del campo de tensiones que generan pequeños movimientos en las placas tectónicas.

Las ondas sísmicas pueden ser generadas por movimientos telúricos naturales, los más grandes de los cuales pueden causar daños en zonas donde hay asentamientos urbanos. Existe toda una rama de la sismología, que se encarga del estudio de este tipo de fenómenos físicos. Las ondas sísmicas pueden ser generadas también artificialmente como por ejemplo el uso de explosivos o camiones (vibroiseis).

2.2.16 Espectro de diseño:

Las fuerzas sísmicas se pueden calcular mediante la relación entre el peso de la edificación y la aceleración generada por la vibración del sismo. Partiendo de estos datos, se definen unas curvas llamadas espectros de diseño, las cuales recogen el

conjunto de los máximos valores de aceleración que pueden afectar diferentes edificaciones de acuerdo a sus características vibratorias, estas dependen de su rigidez y número de pisos, entre otras variables.

Un espectro de diseño, es la herramienta, que permite calcular las construcciones, teniendo en cuenta la actividad sísmica de la región, las condiciones locales de la respuesta del suelo, y las características de la estructural (periodo de vibración).

2.2.17 Rigidez:

Es una medida cualitativa de la resistencia a las deformaciones elásticas producidas por un material, que contempla la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones.

2.2.18 Albañilería para fines estructurales

La Norma establece que el diseño de los muros cubra todo su rango de comportamiento, desde la etapa elástica hasta su probable incursión en el rango inelástico, proveyendo suficiente ductilidad y control de la degradación de resistencia y rigidez. El diseño es por el método de resistencia, con criterios de desempeño. El diseño está orientado, en consecuencia, a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos frecuentes (sismo moderado) y a proveer la necesaria resistencia para soportar el sismo severo, conduciendo el tipo de falla y limitando la degradación de resistencia y rigidez con el propósito de limitar el nivel de daños en los muros, de manera que éstos sean económicamente reparables mediante procedimientos sencillos. (Art. 23 - CAPITULO 8 DE LA NORMA E. 070).

2.2.19 Conexión albañilería – columna

La norma E. 070 permite el uso de una conexión dentada o a ras entre la albañilería y la columna. Cuando se utiliza conexión dentada el diente no debe exceder de 5 centímetros, para evitar la formación de cangrejas debajo de él y para que éste no se fracture durante la compactación del concreto de la columna. En este caso, los desperdicios del mortero que hayan caído sobre el diente deberán limpiarse antes de encofrar las columnas, para que se desarrolle una adherencia adecuada concreto albañilería.

2.3 Definición de conceptos claves:

2.3.1 Ladrillo tubular (pandereta):

Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento, empleados para aligerar el peso de los muros.

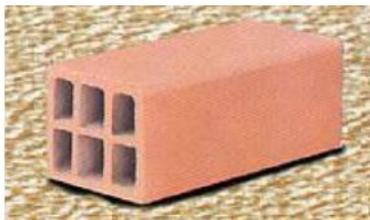


Figura N° 2. Ladrillo pandereta

2.3.2 Mortero:

Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

2.3.3 Arriostre:

Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.

2.3.4 Confinamiento:

Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

2.3.5 Ductilidad:

Es la propiedad que define la posibilidad de la estructura o algunos de sus componentes estructurales de experimentar deformaciones más allá del límite elástico sin reducir de manera significativa su resistencia o rigidez. Desde que un elemento sobrepasa el límite de fluencia o elástico, la curva que define su comportamiento empieza a cambiar su inclinación acercándose a la orientación del eje horizontal.

2.3.6 Viga solera:

Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

2.3.7 Columna:

Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.

2.3.8 Carga axial:

Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada fuerza axial.

2.3.9 Cimentación:

Es aquella que transmite cargas que soporta una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante

del suelo, y que las deformaciones producidas en éste sean admisibles para la estructura.

2.3.10 Aparejo:

Ley de traba sobre la manera de disponer los ladrillos, sillares y en general toda pieza ortoédrica y modulada, en la construcción de muros u otras obras de fábrica para garantizar su unidad constructiva.

2.3.11 Sobrecimiento:

Son elementos estructurales que se encuentran encima de los cimientos, y sirven de nexo entre el muro y el cimiento, cuya función es la de transmitir a estos las cargas debidas al peso propio de la estructura.

2.3.12 Cemento:

El cemento se conoce como cemento portland. Es una mezcla de calizas y arcillas pulverizadas a grandes temperaturas, con adición de yeso que, al entrar en contacto con el agua, desarrolla la capacidad de unir fragmentos de grava y arena, para formar un sólido único o piedra artificial, conocida con el nombre de concreto hidráulico.

2.3.13 Agregado:

Conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial que pueden ser tratadas o elaboradas, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la norma E. 060.

2.3.14 Trabajabilidad:

Propiedad del concreto, mortero, grout o revoque fresco, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para el mezclado, colocación, moldeo y acabado.

2.3.15 Hormigón (denominado en el Perú):

Material mixto de piedra, arena y finos, que se encuentra generalmente en los conos de deyección de los ríos y se utiliza, en algunos casos, en concretos no estructurales.

2.3.16 Losa aligerada:

Es la que se realiza colocando en los intermedios de los nervios estructurales, bloques, ladrillos, casetones de madera o metálicas (cajones) con el fin de reducir el peso de la estructura, y el acero en barras concentrado en puntos llamados nervios.

2.3.17 Tabique:

Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis:

3.1.1 General:

- a) La influencia de la malla metálica mejora el desempeño en muros confinados de ladrillo pandereta en la edificación de la provincia de Huancayo.

3.1.2 Específicos:

- a) La influencia de la malla metálica disminuye el límite de distorsión de entrepiso (deriva) en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.
- b) La influencia de la malla metálica en el ensayo de la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) mejora las propiedades físicas en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.
- c) El costo económico de la malla metálica es viable en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

3.2 Diagrama de variables

$$Y = f(x)$$

Tabla N°1: Diagrama de variables

| VARIABLE | VARIABLES INTERMEDIAS |
|---|-------------------------------|
| X: Malla metálica | Tipo de malla |
| | Tipo de alambre |
| Y: Muros confinados de ladrillo pandereta | Unidad de albañilería |
| | Prismas de albañilería simple |
| | Análisis sísmico |

3.3 Indicadores de variables:

3.3.1 Definición conceptual de las variables

- a) **Variable independiente (x):** Malla metálica. Utilizando un paño de malla metálica de alta resistencia puede utilizarse como refuerzo en muros (recubierta por una capa de mortero) en caso de que se necesite aumentar la resistencia a fuerzas cortantes de muros, tanto para estructuras nuevas como su uso en la reparación y rehabilitación de muros que ya presentan agrietamientos o fallas.
- b) **Variable dependiente (y):** Muros confinados de ladrillo pandereta. Es el medio donde se determina cuantitativamente la capacidad de desempeño de elementos estructurales verticales específicos, que posean una buena resistencia a la carga lateral. Su desempeño, expresado en términos de capacidad de resistencia al corte, tracción diagonal y deformación es de vital importancia para la evaluación del desempeño sísmico de estructuras existentes, así como para el diseño de las nuevas edificaciones de albañilería confinada resistentes a sismos de mediana y gran magnitud.

3.4 Operacionalización de las variables

Tabla N°2: Operacionalización de variables

| VARIABLE | VARIABLES INTERMEDIAS | DIMENSIÓN | INDICADOR | UNIDAD DE MEDIDA | DEFINICIÓN OPERACIONAL |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|---|
| X: Malla metálica | Malla metálica | Cantidad y costos | 1. Cantidad de malla metálica. | m ² | La influencia se expresa a través del uso de planchas de malla metálica. |
| | | | 2. Costo de malla metálica | S/. Soles | |
| | Alambre de amarre | Cantidad | 3. Cantidad de alambre | kg | |
| Y: Muros confinados de ladrillo pandereta | Unidad de albañilería | Pruebas clasificatorias | 1. Variación dimensional de la unidad de albañilería (V) | % | Los Muros confinados de ladrillo (pandereta), expresará resultados a través de los ensayos y análisis sísmico a fin de comparar con la norma técnica peruana E. 070 y E.030 |
| | | | 2. Alabeo | mm | |
| | | | 3. Resistencia a compresión de la unidad de albañilería (f'b) | kg/cm ² | |
| | | Pruebas no clasificatorias | 4. Succión (S) | gr/cm ² | |
| | | | 5. Absorción (A) | % | |
| | | | 6. Absorción máxima (Am) | % | |
| | | | 7. Coeficiente de saturación (CS) | R: A/Am | |
| | | | 8. Densidad (D) | gr/cm ³ | |
| | | | 9. Eflorescencia | Alta, baja o sin eflorescencia | |
| | Prismas de albañilería simple | Ensayos de compresión en pilas | 10. Esbeltez en pila | R: h/t | |
| | | | 11. Resistencia característica a compresión axial (f'm) sin malla metálica | kg/cm ² | |
| | | | 12. Resistencia característica a compresión axial (f'm) con malla metálica | kg/cm ² | |
| | | Fórmulas del R.N.E. Norma E.070 | 13. Módulo de elasticidad (Em) | kg/cm ² | |
| | | | 14. Resistencia característica a corte puro (V'm) | kg/cm ² | |
| | | | 15. Módulo de Corte (Gm) | kg/cm ² | |
| | Análisis sísmico | Límite de distorsión de entrepiso | 16. Análisis de desplazamiento con f'm sin malla metálica | metros | |
| | | | 17. Análisis de desplazamiento con f'm con malla metálica | metros | |

CAPITULO IV: METODOLOGÍA

4.1 Método de investigación:

Método científico.

4.1.1 Método General:

Inductivo – deductivo.

4.1.2 Método específico:

a) La experimentación:

El experimento, como método de investigación científica, surge como consecuencia del esfuerzo del ser humano por penetrar en la esfera de lo desconocido, utilizando para ello su actividad transformadora sobre el mundo que lo rodea. (D. Viera, 2012).

El experimento es aquella investigación del objeto cuyo proceso creamos las condiciones (o buscamos y adecuamos las existentes) necesarias y suficientes para medir y revelar las relaciones de los fenómenos que interesan a la ciencia (F. Rodríguez, 1984)

La experimentación en la presente investigación debe de contener:

a.1) Manipulación intencional de las variables independientes

La experimentación tendrá validez cuando las manipulaciones de las variables independientes

produzcan modificaciones en el comportamiento de la variable dependiente.

La manipulación de las variables en la presente investigación está dada en un rango de modalidad ya que incorporar una malla metálica utilizará diferentes formas en que se puede manifestar la variable independiente, sin que ello implique distintos niveles de intensidad.

a.2) Medición del efecto de la variable independiente

Consiste en determinar el nivel de influencia de la variable independiente sobre la dependiente. Para esto se utilizará cualquier método de medición disponible.

En la presente investigación se medirá las fases a través del ensayo característico a compresión ($f'm$) en pilas.

a.3) Control interno de la situación experimental

Implica asegurarse que las modificaciones que sufra la variable dependiente durante los experimentos, se deban exclusivamente a los cambios en las variables independientes.

En la presente investigación se tomará en cuenta experimentos de la misma naturaleza para controlar parámetros de la malla metálica.

Teniendo en cuenta los lineamientos descritos se afirma que la investigación es de carácter experimental, ya que tiene como objetivo principal determinar la influencia de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en la edificación de la provincia de Huancayo, y que lo más óptimo para calcular los efectos es realizar análisis y ensayos experimentales que ocasiona la malla metálica en su influencia.

b) La modelación:

Es un procedimiento teórico que consiste en la reproducción natural o artificial de un objeto o hecho original para el estudio de sus particularidades, cuando el estudio se hace muy complejo (D. Viera, 2012).

En la presente investigación se ha usado el software: ETABS 2016 para el análisis sísmico.

4.2 Tipo de investigación

La presente investigación es aplicada porque la investigación busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática.

4.3 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, explicativo y correlacional.

4.4 Diseño de la investigación

Es el diseño experimental con el tipo de experimento puro con pre-prueba, post-prueba y grupo de control. La hipótesis que se quiere someter a contrastación experimental es la siguiente:

“La influencia que produce la malla metálica logra un mejor desempeño en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo”.

4.4.1 Ensayo de Prisma de Albañilería:

a) Determinar las variables:

Var. Independiente (X): Malla metálica (Es el estímulo)

Var. Dependiente (Y): Muros confinados de ladrillo pandereta (Es el efecto)

b) Establecer diez prismas albañilería pandereta de aparejo soga de similares características (confinamiento y construcción). La mitad (cinco) será el grupo al cual se le

aplicará el experimento (GE) y el otro será el Grupo de Control (GC).

- c) Medición inicial de la variable dependiente (Muros confinados con ladrillo pandereta) a través de prismas de albañilería simple en ambos casos (con y sin malla metálica). Esta variable puede expresarse con el siguiente indicador: Resistencia característica a compresión axial ($f'm$) con malla metálica y sin malla metálica.
- d) Aplicación de la variable independiente (estímulo). La mitad de los prismas de ladrillo pandereta serán adicionados la malla metálica sujetos con alambre N° 16 y tarrajado con mortero de proporción 1:4, cemento Andino Tipo I – Agregado fino procedente de la cantera de rio Mantaro.
- e) Realización de una nueva medición de la variable dependiente (muros de ladrillo pandereta a través del ensayo de prismas de albañilería simple) en ambos grupos (GE y GC).
- f) Comparación entre las mediciones de la variable dependiente en el GE y el GC, para conocer si hay variaciones y de que magnitud son éstas.
- g) Interpretación de los resultados. Sin en el GE se observa un mejoramiento notable de la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) entonces se habrá demostrado la hipótesis.
- h) La representación lógica es la siguiente:
Oe ---- M1 ---- X1 ---- $f'm1$ (Grupo Experimental)
Oc ---- M1 ---- -X1---- $f'm2$ (Grupos de Control)

4.4.2 Análisis Sísmico

- a) Descripción del proyecto de análisis:
 - Ubicación.
 - Finalidad.
 - Distribución arquitectónica.

- b) Describir las características de los muros en cada dirección “X” e “Y”.
- c) Describir las especificaciones del tipo de albañilería
 - Unidad de Albañilería
 - Esfuerzos admisibles
- d) Realización de metrado de cargas
- e) Realización del análisis sísmico con el diseño por cargas verticales con $f'm1$ y $f'm2$ obtenidos experimentalmente.
 - Determinación de la rigidez en los muros de albañilería.
 - Determinación de análisis de fuerzas horizontales.
 - ✓ Calculo de la fuerza sísmica horizontal “V”
 - ✓ Calculo del peso total de la edificación
 - ✓ Distribución de la fuerza horizontal o cortante “V” en la altura del edificio.
 - ✓ Distribución de la fuerza cortante en planta.
 - ✓ Corrección por torsión.
- f) Comparación entre las mediciones de los dos diseños con $f'm1$ y $f'm2$, para conocer si hay variaciones y de que magnitud son éstas.
- g) Interpretación de los resultados. Si en el análisis sísmico se observa un mejoramiento notable del desempeño con el análisis $f'm1$ entonces se habrá demostrado la hipótesis.
- h) La representación lógica es la siguiente:

Oe ---- M1 ---- X1 ---- $f'm 1$ (Análisis con valor experimental $f'm1$)

Oc ---- M1 ---- -X1---- $f'm 2$ (Análisis de control con valor $f'm2$)

4.4.3 Análisis de Costos

- a) Realizar el análisis de partidas de albañilería confinada.
- b) Realizar el metrado de partidas a usarse.
- c) Realización de dos presupuestos; con la utilización de la malla metálica y no utilización de dicha malla en albañilería

confinada a través del software de costos S10 Presupuestos 2005.

- d) Comparación de ambos presupuestos
- e) Interpretación de los resultados. Si en el análisis de presupuesto se observa que el costo es viable, entonces se habrá demostrado que la hipótesis.

Oe ---- M1 ---- X1 ---- C1 (Análisis de costos con malla metálica)

Oc ---- M1 ---- -X1---- C2 (Análisis de costos sin malla metálica)

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población:

La población estará conformada por las edificaciones de albañilería confinada de ladrillo pandereta en la provincia de Huancayo

4.5.2 Muestra:

a. Tipo de muestreo:

No probabilística o dirigida.

La muestra que se ha tomado ha sido el objeto de estudio de una edificación de 03 niveles de la Av. Centenario del distrito y provincia de Huancayo.

4.6 Técnicas y/o instrumentos de recolección de datos

4.6.1 La Observación:

La observación se define como la percepción intencionada e ilustrada de un hecho o un conjunto de hechos o fenómenos. La observación científica es la más antigua y al mismo tiempo la más moderna técnica de investigación.

Los datos observados se plasmarán en formatos adecuados de recolección de información.

Los conocimientos observados se detallarán en forma descriptiva y sistematizada.

a. Elementos:

- Objeto de observación. - En la investigación será la malla metálica y el ladrillo pandereta en sus múltiples dimensiones.
- Observador. - Investigador
- Circunstancias en que ocurre la observación. - Influenciado por el medio ambiente del objeto y del observador (Laboratorio de estructuras)

b. Medios de observación:

Formado por los sentidos, instrumentos de medición y procedimientos.

4.6.2 Instrumentos cuantitativos:

En la ejecución del estudio experimental es el siguiente:

a. Experimentación estandarizada:

Tabla N°3: Descripción de las normas técnicas

| NORMA | N° | DESCRIPCIÓN |
|------------------------------|-----------|--|
| NORMA TÉCNICA PERUANA | 399.621 | Método de ensayo compresión diagonal en muretes de albañilería |
| NORMA TÉCNICA PERUANA | 399.613 | Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería |
| NORMA TÉCNICA PERUANA | 399.605 | Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería |

- b. Instrumentos o aparatos de medición: Equipo para rotura de especímenes de murete de albañilería en compresión diagonal y equipo de pruebas a la unidad de albañilería.

4.7 Técnicas y análisis de datos

Para la elaboración y procesamiento de datos se utilizó la distribución de frecuencias. Puede ser relativa en porcentajes simples o acumulada. Los gráficos de histogramas y circulares.

Las medidas de tendencia central: Moda, Mediana y Media.

La Moda es el valor que ocurre con mayor frecuencia. La Mediana es el valor que divide la distribución por la mitad; es decir la mitad de los casos caen por debajo de la mediana y la otra mitad se ubica por encima de la mediana. La Mediana es el valor que se localiza a la mitad de la distribución. Para encontrar la mediana se ubica la posición $(N+1)/2$ en la lista de todos los datos, donde N es el número total de datos. La Media es el promedio aritmético de una distribución.

CAPITULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1. GENERALIDADES:

El análisis de los resultados es la parte más importante de la presente investigación, pues debido a ello se obtiene las conclusiones y recomendaciones acerca del reforzamiento en los muros confinados de ladrillo pandereta, mediante el análisis de las propiedades a la unidad de albañilería como en su conjunto.

Este capítulo comprende la presentación y análisis de resultados mediante tablas y gráficos, en torno a las propiedades del ladrillo pandereta y una malla como reforzamiento en muros confinados construidos en la ciudad de Huancayo.

Se realizará un comparativo de muro confinado de ladrillo pandereta vs muro confinado de ladrillo pandereta con reforzamiento, en sus propiedades mecánicas, así como a la unidad de albañilería.

5.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES:

5.2.1. Unidad de albañilería:

a. Ladrillo pandereta:

La unidad de albañilería que se ha usado para los diferentes tipos de ensayos son los ladrillos de arcilla calcinada, de forma tubular con huecos paralelos a la superficie de asiento, empleados para aligerar el peso de los muros.

Se han considerado los ladrillos más usados en la ciudad de Huancayo, teniendo en cuenta que su alcance es por su costo en cuanto a la adquisición.

Ha sido objeto de estudio las siguientes unidades de albañilería:

- **Ladrillo N° 01**

| | |
|---------------|------------------------------------|
| Denominación: | pandereta a rayas |
| Medidas: | 9x11x23 |
| Peso: | 2.00 kg |
| Arreglo: | 35 und/m ² aparejo soga |
| Usos: | Paredes divisorias y tabiquería. |

5.2.2. Malla metálica:

Es una malla metálica formada de una sola pieza (plancha desplegada), sin costura ni soldadura alguna, que presenta una serie de aberturas en forma de rombos.

| | |
|-----------|-------------------------------------|
| Dimensión | : 25 mm |
| Espesor | : 0.55 mm |
| Nervio | : 1.0 mm |
| Uso | : Reforzamiento en muros confinados |

5.3. ENSAYOS A LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

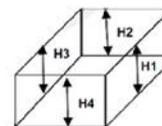
5.3.1. Variación dimensional de la unidad de albañilería (V)

Las longitudes largo, ancho y altura se tomaron como el promedio de las cuatro medidas (en milímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes de los ladrillos, como se muestra a continuación:

Según la Norma Técnica E.070, la variación dimensional de cada arista de la unidad se determinará como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra multiplicado por 100 según la siguiente ecuación:

$$V(\%) = 100 \frac{(D - D_p)}{D}$$

$$h = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}$$



Donde:

V = Variación dimensional de la unidad de albañilería (%)

Dp = Dimensión promedio de las cuatro medidas tomadas en una arista (mm)

De = Dimensión nominal, especificada por el fabricante (mm)

Tabla N°4: Datos de longitud de la muestra

| MUESTRA | L= 230 mm | | | | |
|---------|---------------|-----|-----|-----|----------|
| | Longitud (mm) | | | | |
| | L1 | L2 | L3 | L4 | Promedio |
| 1 | 224 | 226 | 229 | 226 | 226.25 |
| 2 | 229 | 230 | 228 | 226 | 228.25 |
| 3 | 228 | 229 | 227 | 225 | 227.25 |
| 4 | 224 | 227 | 228 | 225 | 226.00 |
| 5 | 229 | 230 | 231 | 230 | 230.00 |
| 6 | 228 | 225 | 224 | 224 | 225.25 |
| 7 | 230 | 231 | 232 | 231 | 231.00 |
| 8 | 224 | 224 | 227 | 227 | 225.50 |
| 9 | 227 | 225 | 227 | 228 | 226.75 |
| 10 | 227 | 225 | 227 | 228 | 226.75 |
| | | | | Lp= | 227.30 |
| | | | | V%= | 1.17 |

Tabla N°5: Datos de ancho de la muestra

| MUESTRA | A= 110 mm | | | | |
|---------|------------|-----|-----|-----|----------|
| | Ancho (mm) | | | | |
| | A1 | A2 | A3 | A4 | Promedio |
| 1 | 108 | 107 | 108 | 108 | 107.75 |
| 2 | 107 | 109 | 107 | 109 | 108.00 |
| 3 | 110 | 110 | 110 | 109 | 109.75 |
| 4 | 109 | 107 | 107 | 108 | 107.75 |
| 5 | 111 | 109 | 110 | 110 | 110.00 |
| 6 | 109 | 110 | 109 | 110 | 109.50 |
| 7 | 110 | 110 | 109 | 109 | 109.50 |
| 8 | 110 | 109 | 109 | 108 | 109.00 |
| 9 | 109 | 109 | 108 | 109 | 108.75 |
| 10 | 109 | 110 | 108 | 109 | 109.00 |
| | | | | Lp= | 108.90 |

| | | | | | V%= 1.00 |
|--|-------------|----|----|-----|----------|
| Tabla N°6: Datos de altura de la muestra | | | | | |
| MUESTRA | H= 90 mm | | | | Promedio |
| | Altura (mm) | | | | |
| | H1 | H2 | H3 | H4 | |
| 1 | 88 | 89 | 90 | 90 | 89.25 |
| 2 | 87 | 88 | 87 | 89 | 87.75 |
| 3 | 89 | 89 | 91 | 88 | 89.25 |
| 4 | 87 | 88 | 89 | 89 | 88.25 |
| 5 | 88 | 90 | 88 | 91 | 89.25 |
| 6 | 87 | 89 | 89 | 91 | 89.00 |
| 7 | 88 | 90 | 90 | 92 | 90.00 |
| 8 | 89 | 91 | 90 | 91 | 90.25 |
| 9 | 88 | 89 | 89 | 90 | 89.00 |
| 10 | 87 | 90 | 87 | 89 | 88.25 |
| | | | | Lp= | 89.03 |
| | | | | V%= | 1.08 |

5.3.2. Alabeo

El ensayo de alabeo determina la concavidad o convexidad que presentan las caras de asiento de la unidad de albañilería. La presencia exagerada de alabeo puede tener influencia en el espesor de la junta horizontal.

El ensayo se realizó colocando la superficie de asiento de la unidad sobre la mesa plana. Se midió el alabeo en cada diagonal de la cara de asiento con una regla metálica y la cuña graduada al milímetro.

Si la cara de medición presenta concavidad, se introduce la cuña en la zona que presente la mayor deflexión; y si la cara presenta convexidad, se adecua la regla metálica hasta que se presente valores iguales en los extremos.

Los datos obtenidos de la medición se expresan en milímetros, la muestra que se usó fue de diez unidades de albañilería.

Tabla N°7: Concavidad y convexidad de los especímenes

| Especímen | Cara Superior (mm) | | Cara inferior (mm) | |
|-----------------|--------------------|------------|--------------------|------------|
| | Concavidad | Convexidad | Concavidad | Convexidad |
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 |
| 3 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 |
| 7 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 1.0 |
| <i>Promedio</i> | Concavidad | | 0.125 | mm |
| | Convexidad | | 0.100 | mm |

5.3.3. Resistencia a compresión de la unidad de albañilería (f'b)

El ensayo de compresión se realizó con una muestra representativa de 5 unidades enteras de un lote de 600 unidades. Este ensayo nos permite determinar la resistencia a compresión axial.

Para realizar el ensayo, previamente se colocaron las unidades al horno por 24 horas a una temperatura de 110°C para eliminar la humedad natural. Se tomó medidas y se ha sistematizado en el siguiente cuadro.

Tabla N°8: Datos de la muestra

| Especímen | Largo | Ancho |
|------------|-------|-------|
| N°1 | (cm) | (cm) |
| 1 | 22.5 | 11.3 |
| 2 | 22.3 | 11.1 |
| 3 | 22.4 | 10.9 |
| 4 | 22.3 | 11.2 |
| 5 | 22.5 | 11.1 |

La resistencia a compresión de cada unidad (fb) se calculó como el cociente entre la carga máxima de rotura y el área bruta del

espécimen. La resistencia característica a compresión ($f'b$) se obtuvo restando una desviación estándar del valor promedio.

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

$$f'b = f - \sigma$$

Donde:

$f'b$: Resistencia característica a compresión

fb : Resistencia a compresión de una unidad.

P: Carga máxima de rotura de la unidad.

A: Área bruta de la unidad.

σ : Desviación estándar.

Tabla N°9: Resumen de cálculo de la resistencia característica a compresión

| Espécimen | Largo | Ancho | Área bruta | w | fb |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------------|----------|-------------|
| N°1 | (cm) | (cm) | (cm ²) | (KN) | (Mpa) |
| 1 | 22.5 | 11.3 | 254.25 | 129.5 | 5.09 |
| 2 | 22.3 | 11.1 | 247.53 | 118.4 | 4.78 |
| 3 | 22.4 | 10.9 | 244.16 | 116.7 | 4.78 |
| 4 | 22.3 | 11.2 | 249.76 | 127.6 | 5.11 |
| 5 | 22.5 | 11.1 | 249.75 | 123.8 | 4.96 |
| Promedio | | | | | 4.89 |
| Desviación estándar | | | | | 0.18 |
| f'b | | | | | 4.71 |

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ($f'b$) es: 4.71 Mpa cuyo valor es igual que el valor mínimo estipulado por la Norma Técnica E.070 para unidades de albañilería para fines estructurales (Ladrillo Tipo I 4.9 Mpa).

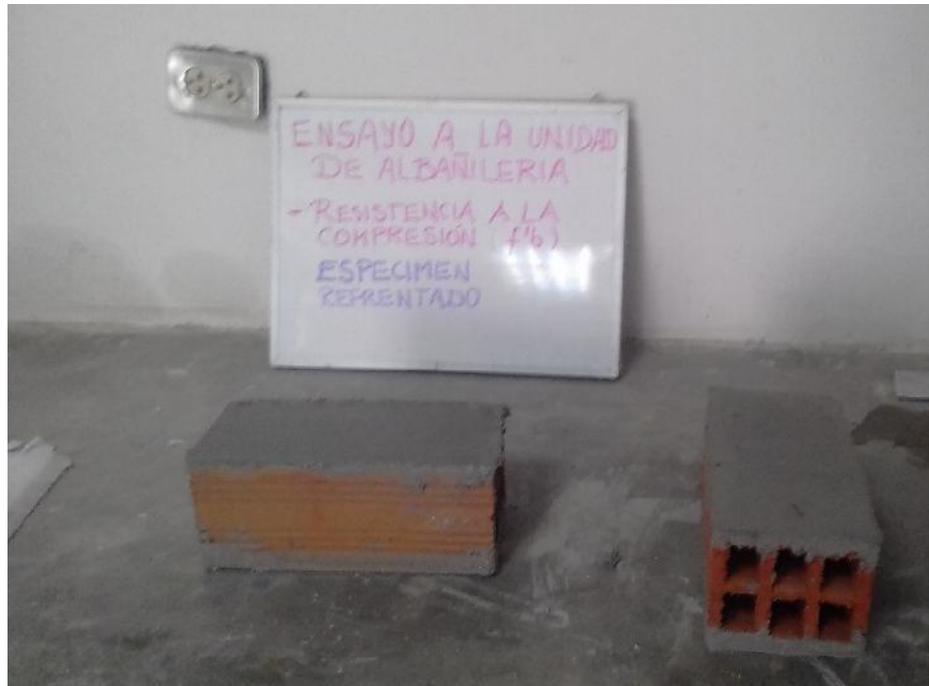


Figura N°3 – Refrentado previo al ensayo a la unidad de albañilería



Figura N°4 – Se realiza el ensayo a la unidad de albañilería

5.3.4. Succión (S)

El ensayo de succión mide la velocidad con que las unidades de albañilería absorben el agua del mortero en el momento del asentado de las unidades. Hay una relación de correspondencia con la adherencia ladrillo-mortero ya que esta se ve afectada si el ladrillo presenta una elevada succión. Si fuera este el caso se deberá realizar un tratamiento de humedecimiento previo asentado de las unidades.

Se realizó en seis unidades, las cuales se secaron previamente en un horno por 24 horas a una temperatura de 110°C. Posteriormente se pesaron las unidades para determinar su peso seco.

La succión se expresa en gramos por minuto en un área normalizada de 200 cm², se determinaron para cada unidad con la siguiente fórmula

$$X = 200W/L$$

Dónde:

X: Diferencia de pesos corregida, sobre la base de 200 cm².

W: diferencia de pesos del Espécimen (g).

L: longitud del Espécimen (cm).

B: Ancho del Espécimen (cm).

Tabla N°10: Longitud de la muestra

| | M-1 | M-2 | M-3 |
|-------------|------------|------------|------------|
| Largo (cm) | 22.5 | 22.4 | 22.3 |
| Ancho (cm) | 11.3 | 11.2 | 11.2 |
| Altura (cm) | 9.5 | 9.5 | 9.5 |

Tabla N°11: Pesos de la muestra

| | M-1 | M-2 | M-3 |
|--|------------|------------|------------|
| Peso de la unidad , luego de haber sumergido su cara de asiento una altura de 3 mm de una película de agua, durante 1 minuto | 2115 | 2128 | 2134 |
| Peso de la unidad secada en un horno a 110°C | 2044 | 2077 | 2093 |

Tabla N°12: Resultados de la succión

| | M-1 | M-2 | M-3 |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Succión (gr/200 cm²-min) | 56.43 | 40.75 | 32.83 |
| Promedio de la Succión (gr/200 cm²-min) | 43.34 | | |

Según la Norma Técnica E.070, se especifica que la succión de los ladrillos debe estar comprendida entre los 10 y 20 gr/ (200 cm²-min). Para el caso determinado se calculó una succión promedio (**S**) de **43.34 gr/ (200 cm²- min)**, el cual excede el límite máximo reglamentario por lo que se hizo un tratamiento regándose durante 30 minutos unas 12 horas previas al asentado de los muros para así evitar que la unidad succione el agua del mortero de las juntas.

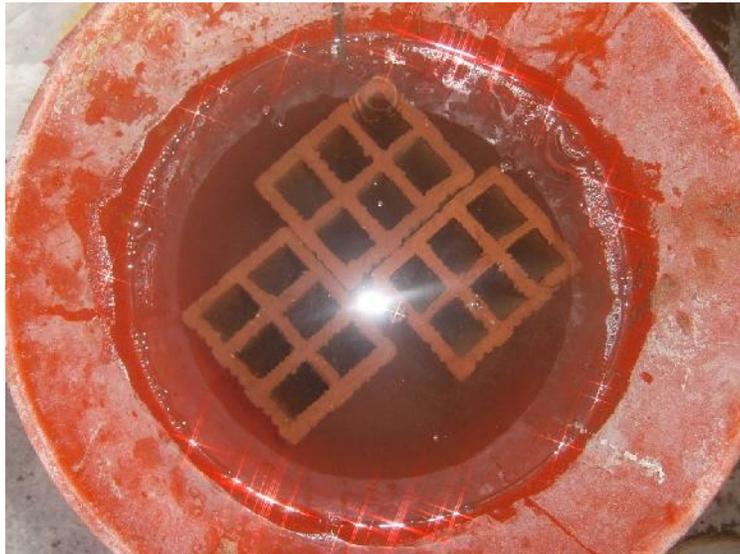


Figura N°5 – Saturación de la muestra previo al ensayo de Succión.

5.3.5. Absorción (A)

La absorción está directamente relacionada con la resistencia al intemperismo (durabilidad). Mientras una unidad sea más absorbente esto indicará que la unidad es porosa por lo que será más vulnerable a la humedad, el intemperismo y a su deterioro gradual en el tiempo.

Para el ensayo se emplearon 3 unidades las cuales previamente se secaron en un horno por 24 horas para determinar su peso (Peso Seco), luego se enfriaron por aproximadamente cuatro horas para posteriormente sumergirlas enteramente en agua en un recipiente durante 24 horas y finalmente se procedió a pesarlos (Peso Saturado).

Para el cálculo de la absorción se empleó la siguiente formula:

$$A \quad \text{ón \%} = 100(W - W)/W$$

Donde:

Wd : peso seco del espécimen;

Ws : peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría.

Tabla N°13: Tabla de pesos

| | M-1 | M-2 | M-3 |
|--|------|------|------|
| Peso de la unidad saturada, luego de haber estado 24 horas en una poza de agua | 2250 | 2269 | 2331 |
| Peso de la unidad secada en un horno a 110°C | 2044 | 2077 | 2093 |

Tabla N°14: Resultado de % de absorción

| | M-1 | M-2 | M-3 |
|--------------------|--------------|-------------|--------------|
| % Absorción | 10.08 | 9.24 | 11.37 |

La absorción promedio (A) fue de **10.23%** cuyo valor es menor que el límite máximo estipulado por la Norma Técnica E.070 para los ladrillos de arcilla (22%).



Figura N°6 – Colocación de los especímenes al horno de secado.

5.3.6. Eflorescencia

La **eflorescencia** se trata de un fenómeno que se produce en la superficie exterior de los muros y consiste en la recristalización de sales que pertenecen al mismo muro distribuidas mediante disolución con el agua que los atraviesa y una evaporación posterior al llegar a la superficie. Se produce la eflorescencia por la presencia de tres fenómenos: sales en disolución y presencia de humedad.

La muestra de 10 unidades se divide en dos grupos, de la manera que tenga la misma apariencia tanto como sea posible. Cada grupo se coloca en una bandeja (espaciando las unidades cada 5 cm), la misma que tiene una altura de agua de 25 mm. Esta operación se hace en una cámara de humedad controlada (30 a 70 % de humedad), exenta de corrientes de aire. Transcurridos 7 días, las unidades se secan durante 24 horas en un horno a 110 °C, para luego dejarlas enfriar a temperatura ambiental.

Finalmente, se aprecia la diferencia de colores entre los vértices y la zona central.

Dependiendo de que aparezcan manchas blancas, la unidad califica como "Eflorescencia", "Ligeramente Eflorescencia" o "Sin Eflorescencia". Cabe recalcar que la presencia de sales cristalizadas destruye la superficie del ladrillo; y que, de ocurrir este

problema, los muros deben limpiarse en seco con una escobilla metálica.



Figura N°7 – Especímenes en agua destilada

Tabla N°15: Resumen de resultado del ensayo de eflorescencia

| MARCA | HUMEDAD RELATIVA | TEMPERATURA °C | AUSENCIA DE CORRIENTE DE AIRE | RESULTADO | |
|-------|------------------|----------------|-------------------------------|------------|----------------------|
| | | | | INTENSIDAD | SUPERFICIE AFECTADA |
| DELTA | 64.9% | 18.5 | NO | Velo Fino | Ladrillo ligeramente |
| DELTA | 64.9% | 18.1 | NO | Velo Fino | Ladrillo ligeramente |
| DELTA | 64.9% | 19.3 | NO | Velo Fino | Ladrillo ligeramente |

5.4. ENSAYOS EN PRISMAS DE ALBAÑILERÍA SIMPLE

5.4.1 Esbeltez en pila

Las pilas de albañilería son prismas compuestos por dos o más hiladas de unidades enteras (ladrillos o bloques) asentadas una sobre la otra mediante mortero, con una altura total que no debe ser excesiva a fin de facilitar su construcción, almacenaje y transporte desde la obra hacia un laboratorio. Estas pilas, con una edad nominal de 28 días, se ensayan a compresión axial y los resultados se utilizan para diseñar estructuralmente los muros de un edificio, así como para controlar la calidad de la construcción de la albañilería.

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 nacional de Albañilería E.070, adopta un valor nominal de esbeltez igual a cinco. Para otras esbelteces, se especifica coeficientes que se aplican sobre la resistencia respectiva, para de este modo estimar la resistencia que se obtendría con la esbeltez nominal.

Tabla N°16: Factor de Corrección por esbeltez de $f'm$,

| ESBELTEZ | 1.3 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5 |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|
| FACTOR | 0.75 | 0.86 | 1.0 | 1.04 | 1.07 | 1.15 | 1.22 |

Fuente: Norma Técnica Peruana 399.605 - 2013.

5.4.2 Resistencia característica a compresión axial ($f'm$)

La resistencia individual a compresión axial de una pila (f_m) se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal, sin importar que la unidad de albañilería utilizada califique como hueca o sólida, sea ladrillo o bloque.

Este valor se corrige por el factor de esbeltez especificado en la Tabla 10 de la Norma E. 070, y si la edad de las pilas es distinta a la estándar (28 días), se corrige por el factor indicado en la Tabla N° 8.

Una vez ensayadas todas las pilas, se obtiene el valor promedio (f_m) y la desviación estándar:

$$f'm = f - \sigma$$

Donde:

$$f'm = R \quad c_1 \quad a \quad c_2 \quad a$$

$$f = R \quad a \quad c_2 \quad p \quad a \quad \left(\frac{k}{c-2}\right) \quad o \quad M$$

$$\sigma = D \quad e$$

El restar una desviación estándar al valor promedio estadísticamente significa que el 84% de las pilas ensayadas tendrán una resistencia mayor que el valor característico.

a) Ensayo sin influencia de malla metálica

Tabla N°17: Resumen de resultados del ensayo

| IDENTIFICACIÓN | h (mm) | e (mm) | RELACIÓN h/e | ÁREA BRUTA (cm ²) | CARGA (KN) | f'm (Mpa) | f'm corregido (Mpa) |
|----------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------------------|---------------|--------------|---------------------------|
| PRISMA A | 307.1 | 112.1 | 2.740 | 251.10 | 91.48 | 3.6 | 3.8 |
| PRISMA B | 309.2 | 111.4 | 2.776 | 250.70 | 75.36 | 3.0 | 3.2 |
| PRISMA C | 307.6 | 112.3 | 2.739 | 260.70 | 85.43 | 3.3 | 3.4 |
| PRISMA D | 308.3 | 111.7 | 2.760 | 249.70 | 79.65 | 3.2 | 3.3 |
| PRISMA E | 307.8 | 113.1 | 2.721 | 255.20 | 92.42 | 3.6 | 3.8 |

La Resistencia característica a compresión axial (f'm) fue de 3.50 Mpa cuyo valor es igual que el valor mínimo estipulado por la Norma Técnica E.070 para los ladrillos King Kong artesanal de albañilería para fines estructurales (f'm = 3.40 Mpa).

b) Ensayo con influencia de la malla metálica

Tabla N°18: Resumen de resultados del ensayo

| IDENTIFICACIÓN | h (mm) | e (mm) | RELACIÓN h/e | ÁREA BRUTA (cm ²) | CARGA (KN) | f'm (Mpa) | f'm corregido (Mpa) |
|----------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------------------|---------------|--------------|---------------------------|
| PRISMA A | 308.6 | 113.2 | 2.726 | 251.10 | 111.25 | 4.4 | 4.7 |
| PRISMA B | 308.2 | 112.5 | 2.740 | 250.70 | 115.28 | 4.6 | 4.8 |
| PRISMA C | 309.7 | 113.1 | 2.738 | 260.70 | 110.46 | 4.2 | 4.4 |
| PRISMA D | 308.3 | 112.8 | 2.733 | 249.70 | 117.86 | 4.7 | 5.0 |
| PRISMA E | 307.8 | 111.9 | 2.751 | 255.20 | 106.55 | 4.2 | 4.4 |

La Resistencia característica a compresión axial (f'm) fue de 4.67 Mpa cuyo valor es mayor que el valor del ladrillo King Kong artesanal de la tabla n° 9 de la Norma Técnica E.070.



Figura N°8 – Ensayo de prisma de albañilería

5.4.3 Módulo de elasticidad (E_m)

Para hallar el módulo de elasticidad se coloca un deformímetro en la máquina universal, para medir las deformaciones totales cada 400 kg de carga aplicada para cada una de las unidades de albañilería, con las dimensiones de, ancho, largo y altura encontradas anteriormente, con las 6 pilas ensayadas de cada tipo de bloque y con los datos obtenidos se procedió a dibujar la gráfica Esfuerzo vs deformación unitaria, haciendo un diagrama de dispersión para cada tipo de bloque. Para calcular el módulo de elasticidad se asume de la gráfica esfuerzo – deformación unitaria, tomando el 50% del esfuerzo y restado al 10 % del mismo, dividido al 50 % de la deformación unitaria menos el 10 %, esto se debe a que por razones de seguridad y precisión en los ensayos se obvia la parte inicial del ensayo (10%) porque las deformaciones obtenidas son del refrentado, y se toma el 50 %, debido a que las pilas contienen cemento y en este elemento se considera que el primer 50% es elástico lineal.

En el capítulo 8 de la Norma E.070, “Análisis y Diseño Estructural”, se proporciona el módulo de elasticidad E_m y de corte G_m para casos donde no se hayan hecho ensayos.

$$E = 500f'm$$

Tabla N°19: Módulo de elasticidad

| | | | |
|---------------------------|------------|-----------------|--------------------------|
| Sin Malla metálica | Em= | 17500.00 | kg/cm² |
| Con Malla metálica | Em= | 24336.54 | kg/cm² |

5.4.4 Resistencia característica a corte puro ($V'm$)

El ensayo de compresión diagonal en los muretes de albañilería sirve para determinar la resistencia característica a corte puro ($V'm$), y eventualmente si se instrumenta y registra las deformaciones diagonales para determinar el modulo corte de la albañilería (G_m). Este ensayo se acoge a la NTP 399.621-2004 que es similar a la ASTM E519-00.

Es válido tomar también que la resistencia característica a corte puro $V'm$ el cual no debe de superar a la siguiente formula:

$$V'm = \sqrt{f'm}$$

Tabla N°20: Resistencia característica a corte puro

| | | | |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| Sin Malla metálica | V'm= | 5.92 | kg/cm² |
| Con Malla metálica | V'm= | 6.98 | kg/cm² |

5.4.5 Módulo de Corte (G_m)

En el capítulo 8 de la Norma E.070, “Análisis y Diseño Estructural”, se proporciona el módulo de elasticidad E_m y de corte G_m para casos donde no se hayan hecho ensayos.

$$G = 0.4E$$

Tabla N°21: Modulo de corte

| | | | |
|---------------------------|------------|----------------|--------------------------|
| Sin Malla metálica | Gm= | 7000.00 | kg/cm² |
| Con Malla metálica | Gm= | 9734.62 | kg/cm² |

II. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Albañilería

Ladrillo tubular, tipo pandereta $t=12$ cm, $f'b=48.04$ kg/cm²

Mortero tipo P2: cemento-arena 1:4

Pilas: resistencia característica a la compresión $f'm=34.69$ kg/cm² = 356.94 ton/m²

Muretes: resistencia característica a corte puro: $V'm= 5.89$ kg/cm²= 58.90 ton/m²

Módulo de elasticidad: $E_m= 175\ 000$ ton/m²

Módulo de corte: $G_m=6938.72$ ton/m²

Módulo de Poisson: $n=0.25$

Concreto

Resistencia nominal a la compresión $f'c=175$ kg/cm²

Módulo de elasticidad $E_c= 198431.348$ kg/cm² = 1984313.48 ton/m²

Módulo Poisson: $n=0.20$

Acero de refuerzo

Corrugado, grado 60, esfuerzo de fluencia = $f'y=4200$ kg/cm² = 4.2 ton/m²

III. CARGAS UNITARIAS

Pesos volumétricos

Peso volumétrico del concreto armado: 2.4 ton/m³

Peso volumétrico de albañilería: 1.2 ton/m³

Peso volumétrico del tarrajeo: 2.0 ton/m³

Techos

Peso propio de la losa aligerada de techo 0.30 ton/m²

Muros

Peso de los muros de albañilería con 1 cm de tarrajeo: $1.2 \times 0.23 + 2 \times 0.02 = 0.29$ ton/m²

IV. ESTRUCTURACIÓN

Muros

La estructura está compuesta en sus dos direcciones por muros confinados.

V. PREDIMENSIONAMIENTO

A. Espesor efectivo de muros “t”

Para la zona sísmica 3, el espesor efectivo mínimo, descontando tarrajeo es $t=h/20$, $t=13$ cm, donde “h” es la altura libre de la albañilería. La vivienda ha sido construida con muros en aparejo de soga con espesor efectivo igual a 12 cm. No cumpliendo la normatividad.

B. Densidad mínima de muros confinados

La densidad mínima de muros confinados para cada dirección del edificio, se determina con la expresión:

$$\frac{\sum L}{A} \geq \frac{Z.U.C.N}{56}$$

Donde:

L= longitud total del muro incluyendo sus columnas (solo intervienen muros con L = 1.2 m)

t= espesor efectivo = 0.12

Ap= área de la planta típica 119.83 m²

Z=0.35 la edificación está ubicado en la zona sísmica 3 (Norma E.030)

U= 1 edificación para uso de vivienda (Norma E.030)

S= 1.15 el edificio se encuentra en un suelo intermedio

N= 3 número de plantas típicas de la edificación

En la tabla N° 22 se indica la longitud de los muros, el área de corte ($A_c= Lt$), el número de muros iguales características (Nm) y además se verifica que la densidad de muros que presenta el edificio es mayor que la expresión calculada de acuerdo al capítulo 19.1 de la norma E.070.

Tabla N°22 – Densidad de muros en el eje X

| MURO | L (m) | t (m) | L*t (m2) |
|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| X1 | 9.00 | 0.12 | 1.08 |
| X2 | 6.55 | 0.12 | 0.79 |
| X3 | 5.35 | 0.12 | 0.64 |
| X4 | 2.75 | 0.12 | 0.33 |
| X5 | 2.75 | 0.12 | 0.33 |
| X6 | 9.00 | 0.12 | 1.08 |
| X7 | 3.90 | 0.12 | 0.47 |
| Lt | | | 4.72 |
| Ap | | | 120.90 |
| Lt/Ap | | | 0.04 |

Tabla N°23- Densidad de muros en el eje y

| MURO | L (m) | t (m) | L*t (m2) |
|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| Y1 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y2 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y3 | 2.20 | 0.12 | 0.26 |
| Y4 | 3.40 | 0.12 | 0.41 |
| Y5 | 4.65 | 0.12 | 0.56 |
| Y6 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y7 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y8 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y9 | 3.00 | 0.12 | 0.36 |
| Lt | | | 2.02 |
| Ap | | | 120.90 |
| Lt/Ap | | | 0.02 |

VI. MODELAMIENTO GEOMÉTRICO

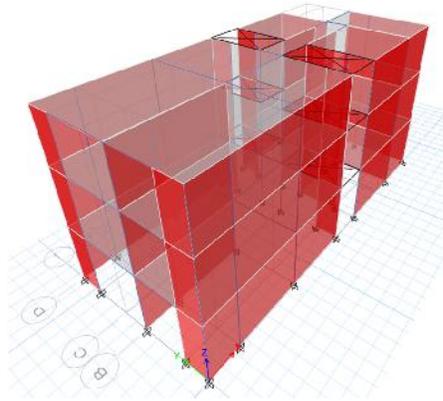


Figura N°10 – Modelamiento de la edificación

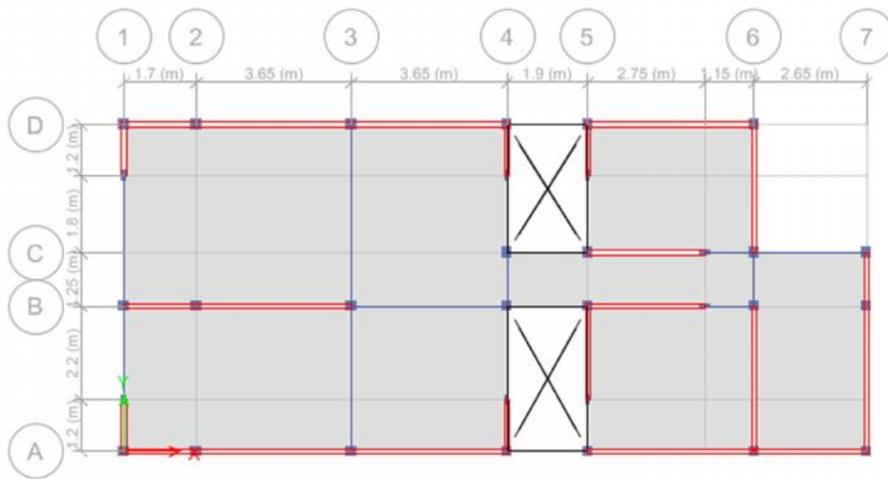


Figura N°11 – Planta típica en Etaps

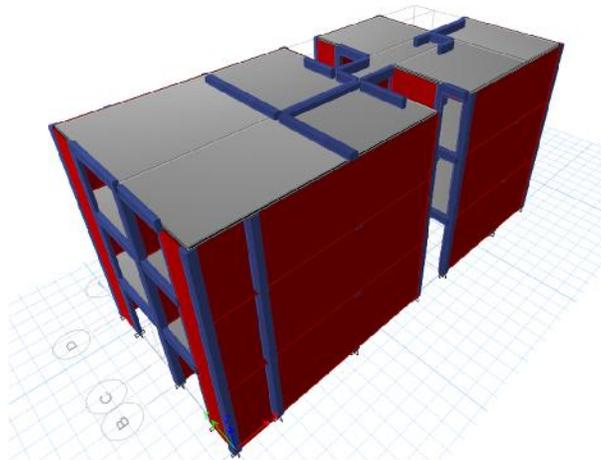
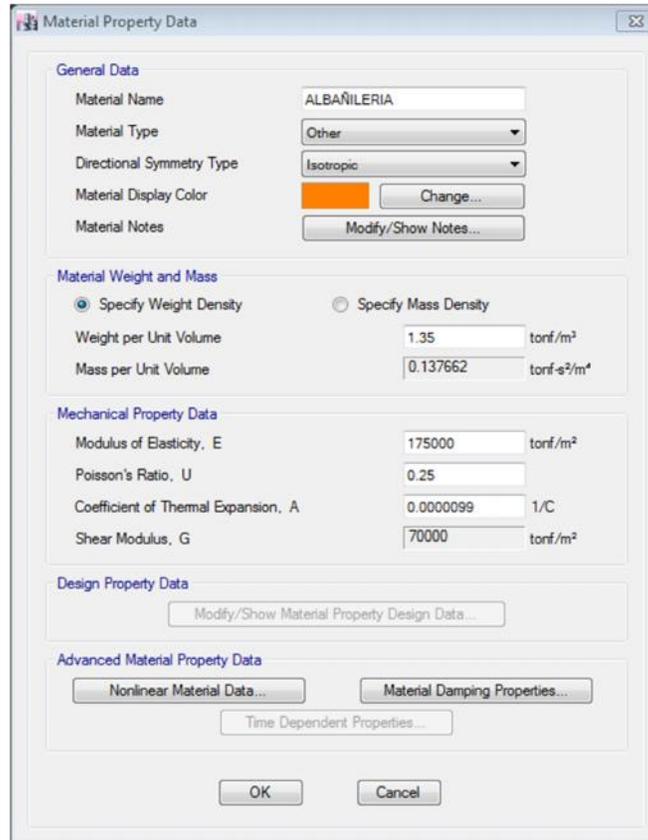


Figura N°12 – Modelación de elementos estructurales

A. MODELAMIENTO ASISTIDO EN ETABS

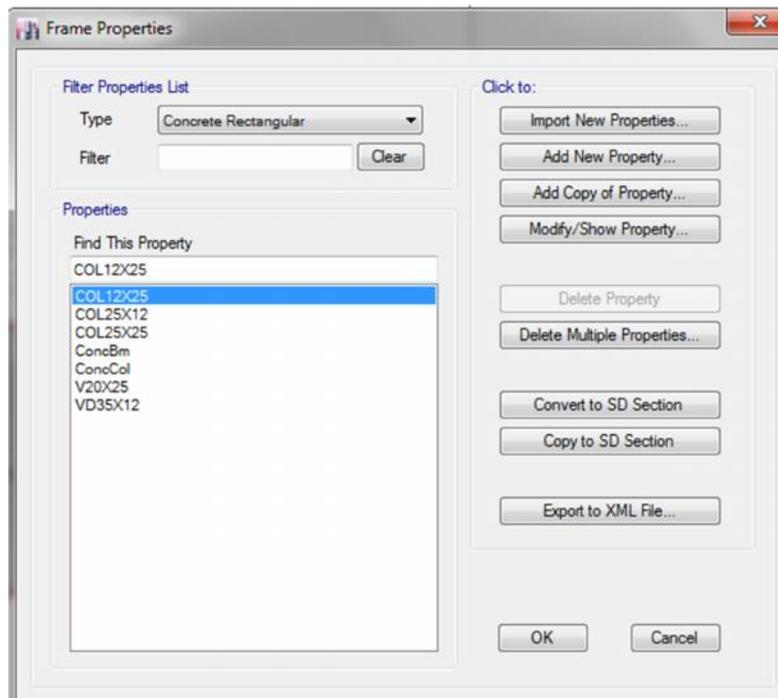


The dialog box is titled "Material Property Data" and is divided into several sections:

- General Data:** Material Name: ALBAÑILERIA; Material Type: Other; Directional Symmetry Type: Isotropic; Material Display Color: (orange swatch) Change...; Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:** Specify Weight Density (selected) or Specify Mass Density. Weight per Unit Volume: 1.35 tonf/m³; Mass per Unit Volume: 0.137662 tonf-s²/m⁴.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 175000 tonf/m²; Poisson's Ratio, U: 0.25; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C; Shear Modulus, G: 70000 tonf/m².
- Design Property Data:** Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:** Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties...

Buttons: OK, Cancel.

Figura N°13



The dialog box is titled "Frame Properties" and contains the following elements:

- Filter Properties List:** Type: Concrete Rectangular; Filter: (empty) Clear.
- Properties:** Find This Property list containing: COL12X25, COL12X25 (highlighted), COL25X12, COL25X25, ConcBm, ConcCol, V20X25, VD35X12.
- Click to:** Import New Properties..., Add New Property..., Add Copy of Property..., Modify/Show Property..., Delete Property, Delete Multiple Properties..., Convert to SD Section, Copy to SD Section, Export to XML File...

Buttons: OK, Cancel.

Figura N°14

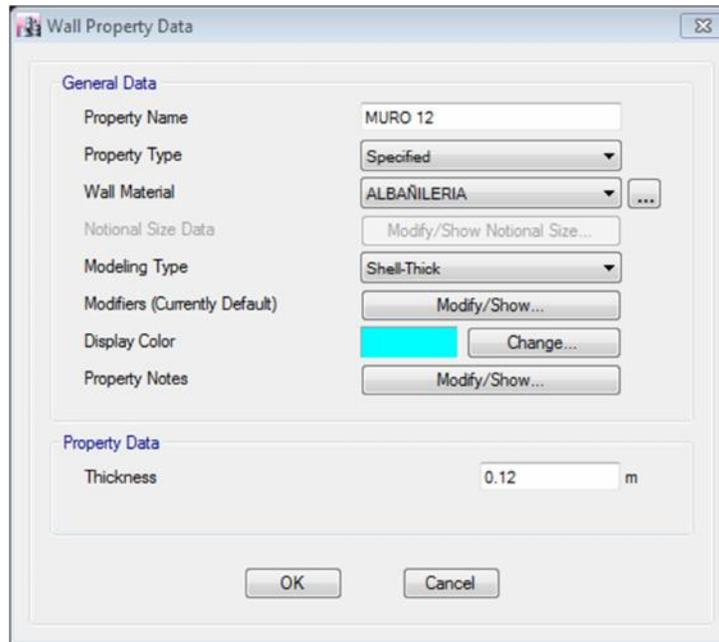


Figura N°15

B. PARÁMETROS SÍSMICOS



Figura N°16

| ZONA | Z |
|------|------|
| 4 | 0,45 |
| 3 | 0,35 |
| 2 | 0,25 |
| 1 | 0,10 |

TABLA N°1 Z= 0.35

TABLA 2 - SUELO INTERMEDIO

TABLA 2 S₂ = 1.05

| ZONA \ SUELO | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Z ₀ | 0,80 | 1,00 | 1,05 | 1,10 |
| Z ₁ | 0,80 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |
| Z ₂ | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
| Z ₃ | 0,80 | 1,00 | 1,60 | 2,00 |

| | Perfil de suelo | | | |
|--------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
| T _p (s) | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 |
| T _l (s) | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,6 |

Figura N°17,18 y 19

T_p = 0.6
T_l = 2

| Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES | |
|--|--|
| Sistema Estructural | Coficiente Básico de Reducción R_p (*) |
| Acero: | |
| Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) | 8 |
| Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF) | 7 |
| Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF) | 6 |
| Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF) | 8 |
| Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF) | 6 |
| Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF) | 8 |
| Concreto Armado: | |
| Pórticos | 8 |
| Dual | 7 |
| De muros estructurales | 6 |
| Muros de ductilidad limitada | 4 |
| Albanilería Armada o Confinada. | 3 |
| Madera (Por esfuerzos admisibles) | 7 |

TABLA 5 U = 1.00

Figura N°20

| Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U" | | |
|---|--|------------|
| CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FACTOR U |
| B Edificaciones Importantes | Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento. | 1,3 |
| C Edificaciones Comunes | Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes. | 1,0 |
| D Edificaciones Temporales | Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares. | Ver nota 2 |

TABLA 7 R = 3

Figura N°21

• ANÁLISIS ESTÁTICO

| | | | |
|---|------|-------|-----|
| Z | 0.35 | T_p | 0.6 |
| U | 1.00 | T_L | 2.0 |
| S | 1.15 | | |
| C | 2.50 | | |
| R | 3.00 | | |

Tabla N°24

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

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

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

Figura N°22

| | |
|-----------|-------|
| | T |
| PERIODO X | 0.112 |
| PERIODO Y | 0.217 |

Tabla N°25

| | |
|----|-----|
| Cx | 2.5 |
| Cy | 2.5 |

Tabla N°26

CORTANTE:

| | |
|----|----------|
| Vx | 0.3354 P |
| Vy | 0.3354 P |

Tabla N°27

FACTOR K

| | |
|----|---|
| Kx | 1 |
| Ky | 1 |

Tabla N°28

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

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

Figura N°23

RESULTADOS DE IRREGULARIDADES

Para x:

| | |
|-----|-------|
| Ro= | 3.000 |
| la= | 0.750 |
| lp= | 1.000 |
| R= | 2.250 |

Tabla N°29

Para y:

| | |
|-----|-------|
| Ro= | 3.000 |
| la= | 0.750 |
| lp= | 1.000 |
| R= | 2.250 |

Tabla N°30

CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN ESPECTRAL SEGÚN PARÁMETROS DE LA E.030

Tabla N°31- Para x:

| T | Sa (cm/seg ²) |
|------|---------------------------|
| 0.00 | 4.3873 |
| 0.05 | 4.3873 |
| 0.10 | 4.3873 |
| 0.15 | 4.3873 |
| 0.20 | 4.3873 |
| 0.25 | 4.3873 |
| 0.30 | 4.3873 |
| 0.35 | 4.3873 |
| 0.40 | 4.3873 |
| 0.45 | 4.3873 |
| 0.50 | 4.3873 |
| 0.55 | 4.3873 |
| 0.60 | 4.3873 |
| 0.65 | 4.0498 |
| 0.70 | 3.7605 |
| 0.75 | 3.5098 |
| 0.80 | 3.2904 |
| 0.85 | 3.0969 |
| 0.90 | 2.9248 |
| 0.95 | 2.7709 |
| 1.00 | 2.6324 |
| 1.05 | 2.5070 |
| 1.10 | 2.3930 |
| 1.20 | 2.1936 |
| 1.30 | 2.0249 |
| 1.40 | 1.8803 |
| 1.50 | 1.7549 |
| 1.60 | 1.6452 |
| 1.70 | 1.5484 |

Tabla N°32 - Para y:

| T | Sa (cm/seg ²) |
|------|---------------------------|
| 0.00 | 4.3873 |
| 0.05 | 4.3873 |
| 0.10 | 4.3873 |
| 0.15 | 4.3873 |
| 0.20 | 4.3873 |
| 0.25 | 4.3873 |
| 0.30 | 4.3873 |
| 0.35 | 4.3873 |
| 0.40 | 4.3873 |
| 0.45 | 4.3873 |
| 0.50 | 4.3873 |
| 0.55 | 4.3873 |
| 0.60 | 4.3873 |
| 0.65 | 4.0498 |
| 0.70 | 3.7605 |
| 0.75 | 3.5098 |
| 0.80 | 3.2904 |
| 0.85 | 3.0969 |
| 0.90 | 2.9248 |
| 0.95 | 2.7709 |
| 1.00 | 2.6324 |
| 1.05 | 2.5070 |
| 1.10 | 2.3930 |
| 1.20 | 2.1936 |
| 1.30 | 2.0249 |
| 1.40 | 1.8803 |
| 1.50 | 1.7549 |
| 1.60 | 1.6452 |
| 1.70 | 1.5484 |

| | |
|------|--------|
| 1.80 | 1.4624 |
| 1.90 | 1.3854 |
| 2.00 | 1.3162 |
| 2.10 | 1.1938 |
| 2.20 | 1.0877 |
| 2.30 | 0.9952 |
| 2.40 | 0.9140 |
| 2.50 | 0.8424 |
| 2.60 | 0.7788 |
| 2.70 | 0.7222 |
| 2.80 | 0.6715 |
| 2.90 | 0.6260 |
| 3.00 | 0.5850 |
| 3.10 | 0.5478 |
| 3.20 | 0.5141 |
| 3.30 | 0.4834 |
| 3.40 | 0.4554 |
| 3.50 | 0.4298 |
| 3.60 | 0.4062 |
| 3.70 | 0.3846 |
| 3.80 | 0.3646 |
| 3.90 | 0.3461 |
| 4.00 | 0.3290 |
| 4.10 | 0.3132 |
| 4.20 | 0.2985 |
| 4.30 | 0.2847 |
| 4.40 | 0.2719 |
| 4.50 | 0.2600 |
| 4.60 | 0.2488 |
| 4.70 | 0.2383 |
| 4.80 | 0.2285 |
| 4.90 | 0.2193 |
| 5.00 | 0.2106 |

| | |
|------|--------|
| 1.80 | 1.4624 |
| 1.90 | 1.3854 |
| 2.00 | 1.3162 |
| 2.10 | 1.1938 |
| 2.20 | 1.0877 |
| 2.30 | 0.9952 |
| 2.40 | 0.9140 |
| 2.50 | 0.8424 |
| 2.60 | 0.7788 |
| 2.70 | 0.7222 |
| 2.80 | 0.6715 |
| 2.90 | 0.6260 |
| 3.00 | 0.5850 |
| 3.10 | 0.5478 |
| 3.20 | 0.5141 |
| 3.30 | 0.4834 |
| 3.40 | 0.4554 |
| 3.50 | 0.4298 |
| 3.60 | 0.4062 |
| 3.70 | 0.3846 |
| 3.80 | 0.3646 |
| 3.90 | 0.3461 |
| 4.00 | 0.3290 |
| 4.10 | 0.3132 |
| 4.20 | 0.2985 |
| 4.30 | 0.2847 |
| 4.40 | 0.2719 |
| 4.50 | 0.2600 |
| 4.60 | 0.2488 |
| 4.70 | 0.2383 |
| 4.80 | 0.2285 |
| 4.90 | 0.2193 |
| 5.00 | 0.2106 |

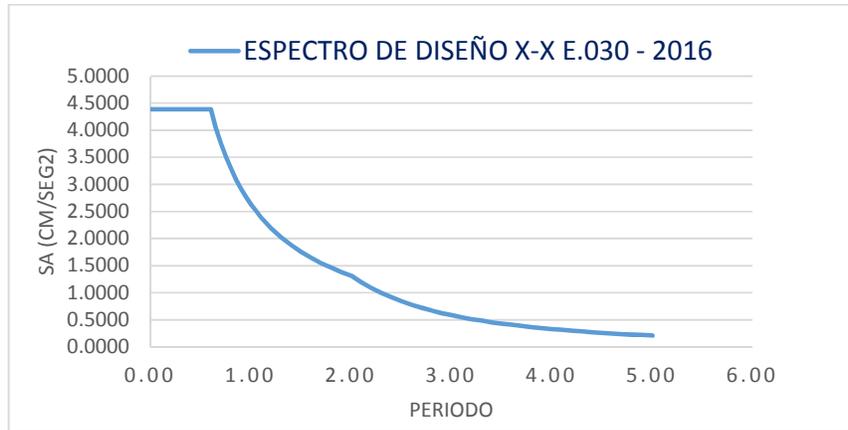


Figura N°24

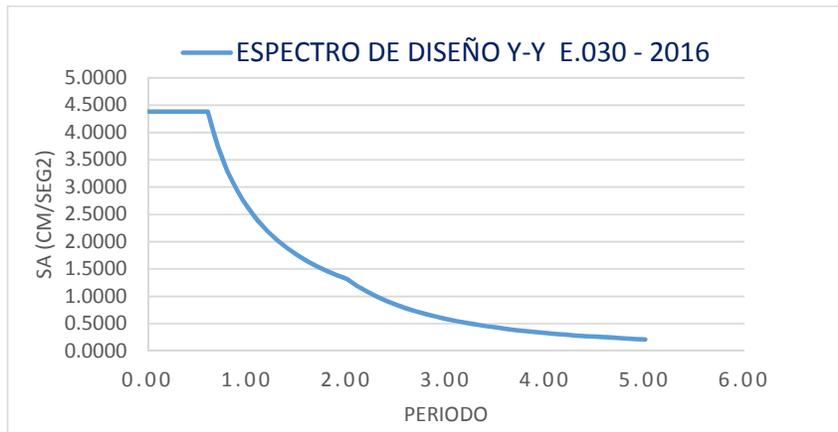


Figura N°25

C. CREACIÓN DE PATRONES DE CARGA – SISMO ESTÁTICO

| | |
|---|------|
| Z | 0.35 |
| U | 1.00 |
| C | 2.50 |
| S | 1.15 |
| R | 3.00 |

Tabla N°33

El análisis estático no se emplea usualmente para diseño, sin embargo, es de gran importancia:

- Poder determinar el sistema estructural de la edificación (muros estructurales)

La descripción y valor de cada parámetro se indicaron anteriormente para cada dirección de análisis.

La manera correcta de determinar la cortante en la base del edificio es la que se muestra a continuación:

a. Primer paso: determinar el periodo fundamental “T” de la estructura

| Case | Mode | Period sec | UX | UY |
|-------|------|------------|--------|--------|
| Modal | 1 | 0.272 | 0.0001 | 0.6708 |
| Modal | 2 | 0.137 | 0.7754 | 0.0165 |

Figura N°26

El periodo fundamental es:

$$\text{Dirección Ux} = 0.137$$

$$\text{Dirección Uy} = 0.272$$

b. Segundo paso: calcular el valor de factor de amplificación sísmica, C.

La norma técnica E.030 establece que el valor de C, se obtiene a través de las siguientes condiciones:

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

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

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

Figura N°27 – Método para hallar la amplificación sísmica

Los valores Tp y TL se obtiene de la tabla N° 3 de la norma E.030

| SUELO ZONA | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Z ₄ | 0,80 | 1,00 | 1,05 | 1,10 |
| Z ₃ | 0,80 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |
| Z ₂ | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
| Z ₁ | 0,80 | 1,00 | 1,60 | 2,00 |

Figura N°28

En la edificación analizada el perfil del suelo es S2.

$$T_p = 0.6$$

$$T_L = 2.0$$

Para la dirección X se cumple:

$$T > T_p$$

$$0.137 > 0.6; \text{ por lo tanto, } C=2.5$$

Para la dirección Y se cumple:

$$T > T_p$$

$$0.272 > 0.6; \text{ por lo tanto, } C=2.5$$

c. Tercer paso: Evaluar el valor de C/R

Según la norma E.030 el valor de $C/R > 0.125$

$$\frac{2.5}{3} \geq 0.1$$

$$0.8 \geq 0.1 \quad \text{Ok!}$$

d. Cuarto paso: Determinar el valor de ZUCS/R

Para la dirección x:

$$\frac{0.3 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.1}{3} = 0.3$$

Para la dirección y:

$$\frac{0.3 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.1}{3} = 0.3$$

D. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

| Load Pattern | Type | Direction | Eccentricity % | Ecc. Overriden | Top Story | Bottom Story | C | K | Weight Used tonf | Base Shear tonf |
|--------------|---------|------------|----------------|--------------------------|-----------|--------------|--------|---|------------------|-----------------|
| SISMOXX | Seismic | X + Ecc. Y | 5 | <input type="checkbox"/> | Story3 | Base | 0.4472 | 1 | 248.4191 | 111.093 |
| SISMOYY | Seismic | Y + Ecc. X | 5 | <input type="checkbox"/> | Story3 | Base | 0.4472 | 1 | 248.4191 | 111.093 |

Figura N°29

Por ser sistema de albañilería confinada en ambas direcciones la cortante basal es tomada en su totalidad por los muros estructurales de albañilería.

E. VERIFICACIÓN DE LA RELACIÓN CORTANTE DINÁMICA - ESTÁTICA

La norma técnica peruana E.030 -2016 señala en el numeral 4.6.4 Fuerza Cortante Mínima que:

$V \geq 8 \%V$ Para estructuras regulares.

$V \geq 9 \%V$ Para estructuras irregulares.

Donde:

Vd: Cortante basal dinámica.

Ve: Cortante basal estática.

| Story | Load Case/Combo | Location | P | VX | VY |
|--------|-----------------|----------|----------|-----------|-----------|
| | | | tonf | tonf | tonf |
| Story1 | Dead | Top | 199.2334 | 0 | 0 |
| Story1 | Dead | Bottom | 237.055 | 0 | 0 |
| Story1 | Live | Top | 78.9435 | 0 | 0 |
| Story1 | Live | Bottom | 78.9435 | 0 | 0 |
| Story1 | SISMOXX | Top | 0 | -106.1585 | 0 |
| Story1 | SISMOXX | Bottom | 0 | -111.093 | 0 |
| Story1 | SISMOYY | Top | 0 | 0 | -106.1585 |
| Story1 | SISMOYY | Bottom | 0 | 0 | -111.093 |
| Story1 | DINXX Max | Top | 0 | 91.5332 | 7.9888 |
| Story1 | DINXX Max | Bottom | 0 | 93.7797 | 8.2293 |
| Story1 | DINYY Max | Top | 0 | 8.0282 | 76.1474 |
| Story1 | DINYY Max | Bottom | 0 | 8.2293 | 77.8386 |

Tabla N°34 – Resultados de la cortante basal

Verificación en la dirección X

Vdx=93.7797, Vex=111.093
93.7797 > 111.093 (90%)
93.7797 > 99.98 (NO CUMPLE)

Verificación en la dirección Y

Vdy= 77.8386, Vey=111.093
77.8386 > 111.093 (90%)
77.8386 > 99.98 (NO CUMPLE)

F. VERIFICACIÓN DE LA MASA PARTICIPATIVA

| Case | Item Type | Item | Static % | Dynamic % |
|-------|--------------|------|----------|-----------|
| Modal | Acceleration | UX | 98.55 | 86.13 |
| Modal | Acceleration | UY | 99.89 | 95.05 |
| Modal | Acceleration | UZ | 0 | 0 |

Tabla N°35

La norma establece que la masa participativa en ambas direcciones debe ser mayor a 90%.

Ux (OK), Uy(OK)

| Case | Mode | Period sec | UX | UY | UZ | Sum UX | Sum UY |
|-------|------|------------|-----------|-----------|----|--------|--------|
| Modal | 1 | 0.272 | 0.0001 | 0.6708 | 0 | 0.0001 | 0.6708 |
| Modal | 2 | 0.137 | 0.7754 | 0.0165 | 0 | 0.7754 | 0.6873 |
| Modal | 3 | 0.13 | 0.0858 | 0.1341 | 0 | 0.8613 | 0.8214 |
| Modal | 4 | 0.085 | 2.466E-05 | 0.1115 | 0 | 0.8613 | 0.9329 |
| Modal | 5 | 0.061 | 2.219E-06 | 0.0003 | 0 | 0.8613 | 0.9332 |
| Modal | 6 | 0.06 | 2.179E-06 | 0.0003 | 0 | 0.8613 | 0.9335 |
| Modal | 7 | 0.058 | 0 | 5.762E-06 | 0 | 0.8613 | 0.9335 |
| Modal | 8 | 0.057 | 0 | 0.0009 | 0 | 0.8613 | 0.9344 |
| Modal | 9 | 0.057 | 0 | 0.0142 | 0 | 0.8613 | 0.9486 |
| Modal | 10 | 0.056 | 1.519E-06 | 2.775E-06 | 0 | 0.8613 | 0.9486 |
| Modal | 11 | 0.056 | 0 | 7.594E-07 | 0 | 0.8613 | 0.9486 |
| Modal | 12 | 0.055 | 8.436E-06 | 0.0019 | 0 | 0.8613 | 0.9505 |

Figura N°30

G. CONTROL DE DERIVAS DE ENTREPISO

La norma establece que las distorsiones de entrepiso se controlaran con respecto a los desplazamientos inelásticos.

$$D. ir = \frac{3}{4}(R)(D. e) \dots \text{Estructura regular}$$

| Story | Load Case/Combo | Direction | Maximum m | Average m | Ratio |
|--------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Story3 | DINXX Max | X | 0.002729 | 0.002602 | 1.048 |
| Story2 | DINXX Max | X | 0.002138 | 0.002044 | 1.046 |
| Story1 | DINXX Max | X | 0.001088 | 0.001045 | 1.042 |

Figura N°31

| Story | Load Case/Combo | Direction | Maximum m | Average m | Ratio |
|--------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Story3 | DINYY Max | Y | 0.014671 | 0.008852 | 1.657 |
| Story2 | DINYY Max | Y | 0.010759 | 0.006493 | 1.657 |
| Story1 | DINYY Max | Y | 0.004866 | 0.002949 | 1.65 |

Figura N°32

DIRECCIONX

| PISO SUP. | PISO INF. | DIFER. | R (irregular) | 3/4xR (Regular) | H piso | piso | Despl. Obtenidos | Despla. Max. Norma E.030 | OBSERVACIÓN |
|-----------|-----------|----------|---------------|-----------------|--------|---------|------------------|--------------------------|-------------|
| 0.002729 | 0.002138 | 0.000591 | 2.25 | | 2.6 | 0.00023 | 0.00051 | 0.005 | OK!! |
| 0.002138 | 0.001088 | 0.001050 | 2.25 | | 2.6 | 0.00040 | 0.00091 | 0.005 | OK!! |
| 0.001088 | 0.000000 | 0.001088 | 2.25 | | 2.6 | 0.00042 | 0.00094 | 0.005 | OK!! |

Tabla N°36 – Calculo del desplazamiento máximo en la dirección X

DIRECCION Y

| PISO SUP. | PISO INF. | DIFER. | R (irregular) | 3/4xR (Regular) | H piso | piso | Despl. Obtenidos | Despla. Max. Norma E.030 | OBSERVACIÓN |
|-----------|-----------|----------|---------------|-----------------|--------|---------|------------------|--------------------------|-------------|
| 0.014671 | 0.010759 | 0.003912 | 2.25 | | 2.6 | 0.00150 | 0.0034 | 0.005 | OK!! |
| 0.010759 | 0.004866 | 0.005893 | 2.25 | | 2.6 | 0.00227 | 0.0051 | 0.005 | NO CUMPLE |
| 0.004866 | 0.000000 | 0.004866 | 2.25 | | 2.6 | 0.00187 | 0.0042 | 0.005 | OK!! |

Tabla N°36 – Calculo del desplazamiento máximo en la dirección Y

5.5.2. SISTEMA ESTRUCTURAL DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON INFLUENCIA DE MALLA METÁLICA.

Guiados bajo la Norma Técnica E.070 de Albañilería y E.030 de Diseño Sismorresistente, se ha llevado los datos a planos de una edificación de 03 niveles, cuya planta típica es estándar para todos los pisos, tal como se ve en la figura n°33.

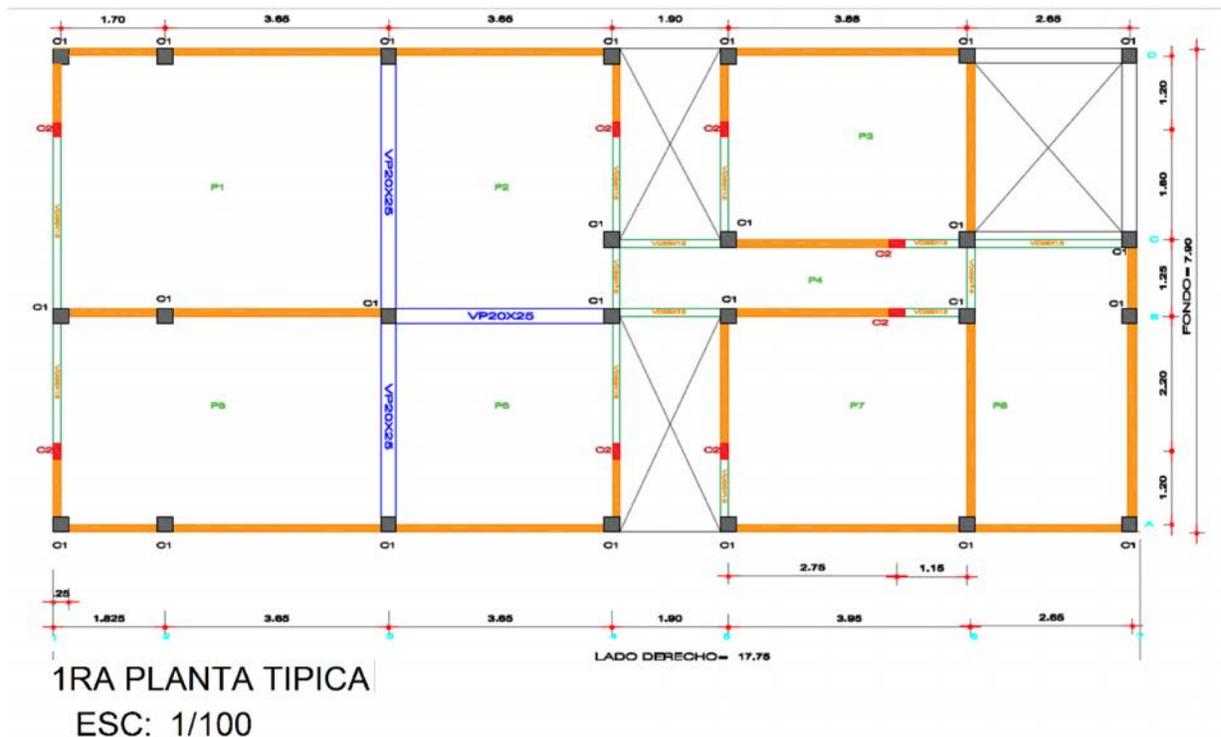


Figura N°33 – Planta típica de la edificación

I. INFORMACIÓN GENERAL

Ubicación del edificio: Huancayo

Sistema de techado: losa aligerada armada en un sentido, espesor $t=20$ cm.

Azotea: Con parapetos

Altura típica de piso a techo: 2.60 m

Ancho de puertas: Internas 0.90 m, Externas 1.95 m

Peralte de vigas soleras: 0.20 m (igual al espesor de techo)

Peralte de vigas dinteles: 0.35 m

II. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Albañilería

Ladrillo tubular, tipo pandereta $t=12$ cm, $f'b=47.11$ kg/cm²

Mortero tipo P2: cemento-arena 1:4

Pilas: resistencia característica a la compresión $f'm=48.67$ kg/cm² = 486.73 ton/m²

Muretes: resistencia característica a corte puro: $V'm= 6.98$ kg/cm²= 69.77 ton/m²

Módulo de elasticidad: $E_m= 24336.54$ tn/m²

Módulo de corte: $G_m= 9734.62$ tn/m²

Módulo de Poisson: $n=0.25$

Concreto

Resistencia nominal a la compresión $f'c=175$ kg/cm²

Módulo de elasticidad $E_c= 198431.348$ kg/cm² = 1984313.48 ton/m²

Módulo Poisson: $n=0.20$

Acero de refuerzo

Corrugado, grado 60, esfuerzo de fluencia = $f'y=4200$ kg/cm² = 4.2 ton/m²

Malla metálica para tarrajeo

III. CARGAS UNITARIAS

Pesos volumétricos

Peso volumétrico del concreto armado: 2.4 ton/m³

Peso volumétrico de albañilería: 1.2 ton/m³

Peso volumétrico del tarrajeo: 2.0 ton/m³

Techos

Peso propio de la losa aligerada de techo 0.30 ton/m²

Muros

Peso de los muros de albañilería con 1 cm de tarrajeo: $1.2 \times 0.23 + 2 \times 0.02 = 0.29$ ton/m²

IV. ESTRUCTURACIÓN

Muros

La estructura está compuesta en sus dos direcciones por muros confinados.

V. PREDIMENSIONAMIENTO

A. Espesor efectivo de muros “t”

Para la zona sísmica 3, el espesor efectivo mínimo, descontando tarrajeo es $t=h/20$, $t=13$ cm, donde “h” es la altura libre de la albañilería. La vivienda ha sido construida con muros en aparejo de soga con espesor efectivo igual a 12 cm. No cumpliendo la normatividad.

B. Densidad mínima de muros confinados

La densidad mínima de muros confinados para cada dirección del edificio, se determina con la expresión:

$$\frac{\sum L}{A} \geq \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot N}{56}$$

Donde:

L= longitud total del muro incluyendo sus columnas (solo intervienen muros con L = 1.2 m)

t= espesor efectivo = 0.12

Ap= área de la planta típica 119.83 m²

Z=0.35 la edificación está ubicado en la zona sísmica 3 (Norma E.030)

U= 1 edificación para uso de vivienda (Norma E.030)

S= 1.15 el edificio se encuentra en un suelo intermedio

N= 3 número de plantas típicas de la edificación

En la tabla N° 1 se indica la longitud de los muros, el área de corte ($A_c = L \cdot t$), el número de muros iguales características (N_m) y además se verifica que la densidad de muros que presenta el edificio es mayor que la expresión calculada de acuerdo al capítulo 19.1 de la norma E.070

Tabla N°38 – Densidad de muros en el eje X

| MURO | L (m) | t (m) | L*t (m2) |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| X1 | 9.00 | 0.12 | 1.08 |
| X2 | 6.55 | 0.12 | 0.79 |
| X3 | 5.35 | 0.12 | 0.64 |
| X4 | 2.75 | 0.12 | 0.33 |
| X5 | 2.75 | 0.12 | 0.33 |
| X6 | 9.00 | 0.12 | 1.08 |
| X7 | 3.90 | 0.12 | 0.47 |
| | Lt | | 4.72 |
| | Ap | | 120.90 |
| | Lt/Ap | | 0.04 |

Tabla N°39 – Densidad de muros en el eje Y

| MURO | L (m) | t (m) | L*t (m2) |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| Y1 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y2 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y3 | 2.20 | 0.12 | 0.26 |
| Y4 | 3.40 | 0.12 | 0.41 |
| Y5 | 4.65 | 0.12 | 0.56 |
| Y6 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y7 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y8 | 1.20 | 0.12 | 0.14 |
| Y9 | 3.00 | 0.12 | 0.36 |
| | Lt | | 2.02 |
| | Ap | | 120.90 |
| | Lt/Ap | | 0.02 |

VI. MODELAMIENTO GEOMÉTRICO

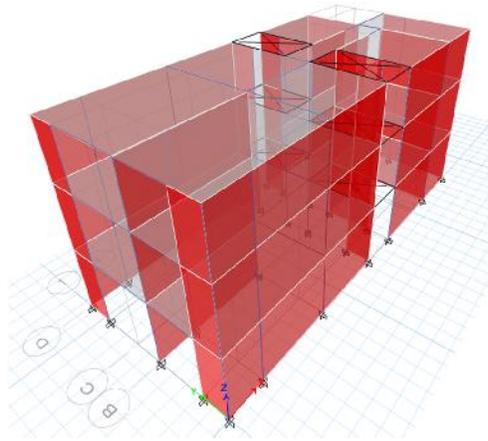


Figura N°34 - Modelamiento de la edificación

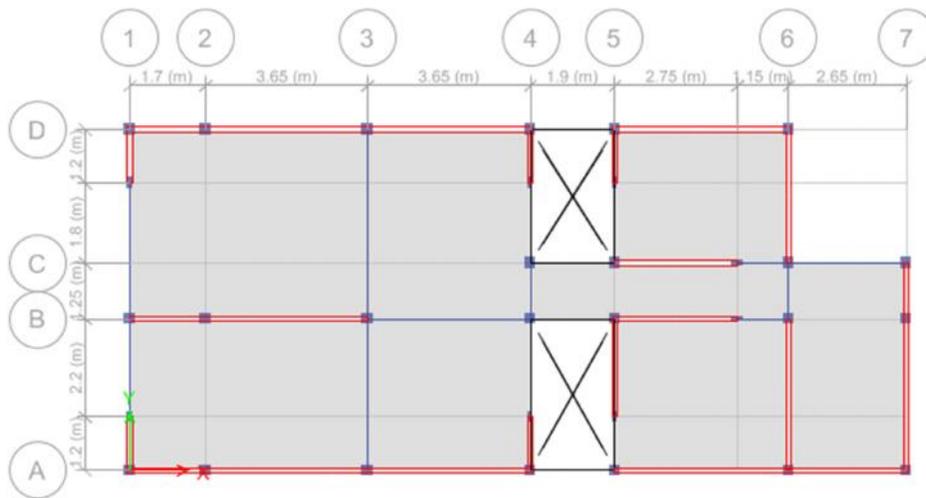


Figura N°35 – Planta típica en el software Etaps

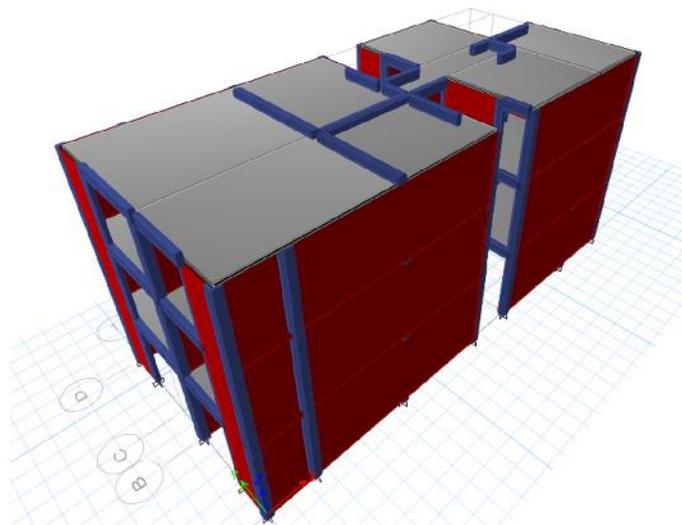


Figura N°36 – Modelamiento de elementos estructurales

A. MODELAMIENTO ASISTIDO EN ETABS

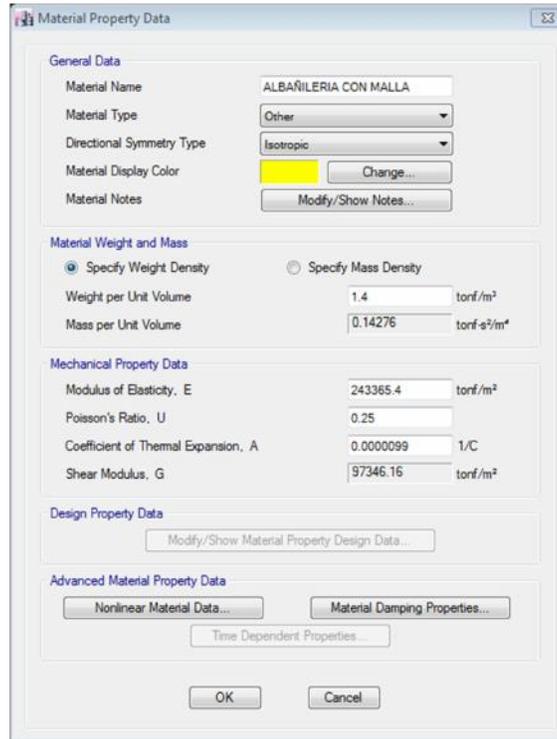


Figura N°37

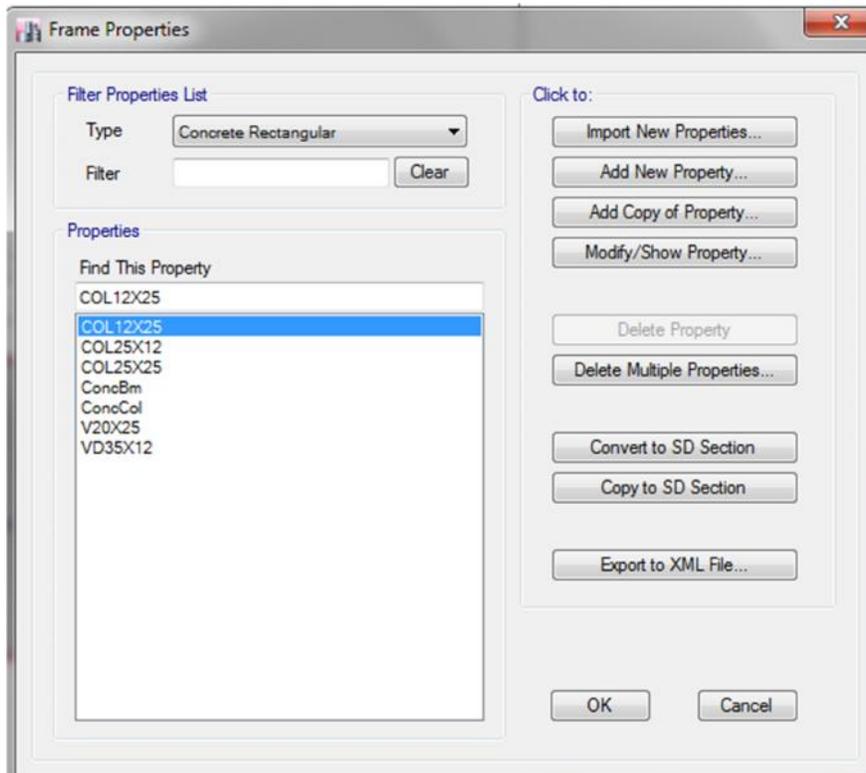


Figura N°38

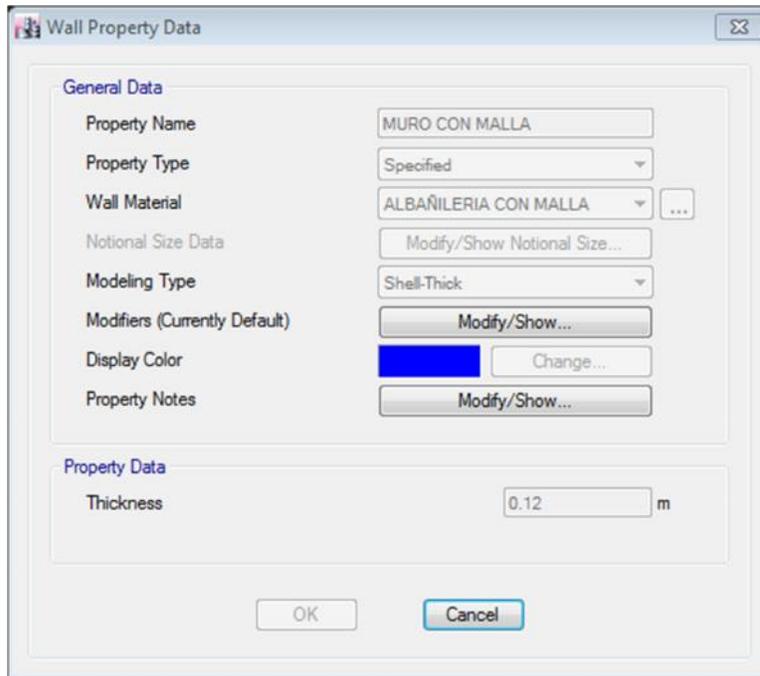


Figura N°39

B. PARÁMETROS SÍSMICOS

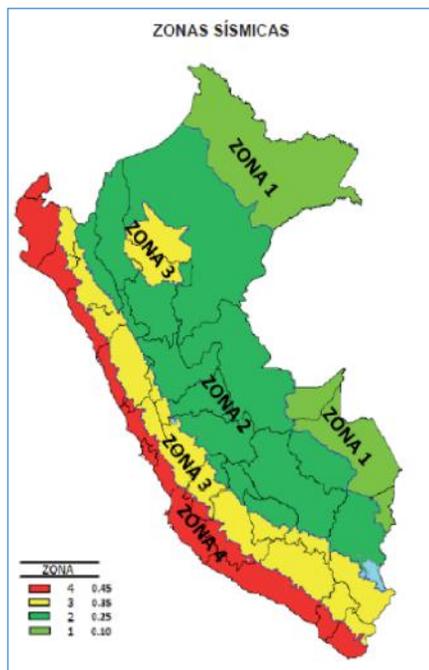


Figura N°40

Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

| ZONA | Z |
|------|------|
| 4 | 0,45 |
| 3 | 0,35 |
| 2 | 0,25 |
| 1 | 0,10 |

TABLA N°1 Z= 0.35

TABLA 2 - SUELO INTERMEDIO

TABLA 2 S₂ = 1.05

Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"

| SUELO ZONA | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Z ₄ | 0,80 | 1,00 | 1,05 | 1,10 |
| Z ₃ | 0,80 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |
| Z ₂ | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
| Z ₁ | 0,80 | 1,00 | 1,60 | 2,00 |

Tabla N° 4
PERÍODOS "T_p" Y "T_l"

| | Perfil de suelo | | | |
|--------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
| T _p (s) | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 |
| T _l (s) | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,6 |

T_p = 0.6
T_l = 2

Figura N°41,42,43

| Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES | |
|--|--|
| Sistema Estructural | Coficiente Básico de Reducción R_b (*) |
| Acero: | |
| Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) | 8 |
| Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF) | 7 |
| Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF) | 6 |
| Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF) | 8 |
| Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF) | 6 |
| Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF) | 8 |
| Concreto Armado: | |
| Pórticos | 8 |
| Dual | 7 |
| De muros estructurales | 6 |
| Muros de ductilidad limitada | 4 |
| Albanilería Armada o Confinada. | 3 |
| Madera (Por esfuerzos admisibles) | 7 |

TABLA 5 U = 1.00

Figura N°44

| Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U" | | |
|---|--|------------|
| CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FACTOR U |
| B Edificaciones Importantes | Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento. | 1,3 |
| C Edificaciones Comunes | Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes. | 1,0 |
| D Edificaciones Temporales | Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares. | Ver nota 2 |

TABLA 7 R = 3

Figura N°45

• ANÁLISIS ESTÁTICO

| | | | |
|---|------|-------|-----|
| Z | 0.35 | T_p | 0.6 |
| U | 1.00 | T_L | 2.0 |
| S | 1.15 | | |
| C | 2.50 | | |
| R | 3.00 | | |

Tabla N°40

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

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

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

Figura N°46

| | |
|-----------|-------|
| | T |
| PERIODO X | 0.112 |
| PERIODO Y | 0.217 |

Tabla N°41

| | |
|----|-----|
| Cx | 2.5 |
| Cy | 2.5 |

Tabla N°42

CORTANTE:

| | |
|----|----------|
| Vx | 0.3354 P |
| Vy | 0.3354 P |

Tabla N°43

FACTOR K

| | |
|----|---|
| Kx | 1 |
| Ky | 1 |

Tabla N°44

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

Figura N°47

RESULTADOS DE IRREGULARIDADES

Para x:

| | |
|-----|-------|
| Ro= | 3.000 |
| la= | 0.750 |
| lp= | 1.000 |
| R= | 2.250 |

Tabla N°45

Para y:

| | |
|-----|-------|
| Ro= | 3.000 |
| la= | 0.750 |
| lp= | 1.000 |
| R= | 2.250 |

Tabla N°46

CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN ESPECTRAL SEGÚN PARÁMETROS DE LA E.030

Tabla N°47- Para x:

| T | Sa (cm/seg ²) |
|------|---------------------------|
| 0.00 | 4.3873 |
| 0.05 | 4.3873 |
| 0.10 | 4.3873 |
| 0.15 | 4.3873 |
| 0.20 | 4.3873 |
| 0.25 | 4.3873 |
| 0.30 | 4.3873 |
| 0.35 | 4.3873 |
| 0.40 | 4.3873 |
| 0.45 | 4.3873 |
| 0.50 | 4.3873 |
| 0.55 | 4.3873 |
| 0.60 | 4.3873 |
| 0.65 | 4.0498 |
| 0.70 | 3.7605 |
| 0.75 | 3.5098 |
| 0.80 | 3.2904 |
| 0.85 | 3.0969 |
| 0.90 | 2.9248 |
| 0.95 | 2.7709 |
| 1.00 | 2.6324 |
| 1.05 | 2.5070 |
| 1.10 | 2.3930 |
| 1.20 | 2.1936 |
| 1.30 | 2.0249 |
| 1.40 | 1.8803 |
| 1.50 | 1.7549 |
| 1.60 | 1.6452 |
| 1.70 | 1.5484 |

Tabla N°48 - Para y:

| T | Sa (cm/seg ²) |
|------|---------------------------|
| 0.00 | 4.3873 |
| 0.05 | 4.3873 |
| 0.10 | 4.3873 |
| 0.15 | 4.3873 |
| 0.20 | 4.3873 |
| 0.25 | 4.3873 |
| 0.30 | 4.3873 |
| 0.35 | 4.3873 |
| 0.40 | 4.3873 |
| 0.45 | 4.3873 |
| 0.50 | 4.3873 |
| 0.55 | 4.3873 |
| 0.60 | 4.3873 |
| 0.65 | 4.0498 |
| 0.70 | 3.7605 |
| 0.75 | 3.5098 |
| 0.80 | 3.2904 |
| 0.85 | 3.0969 |
| 0.90 | 2.9248 |
| 0.95 | 2.7709 |
| 1.00 | 2.6324 |
| 1.05 | 2.5070 |
| 1.10 | 2.3930 |
| 1.20 | 2.1936 |
| 1.30 | 2.0249 |
| 1.40 | 1.8803 |
| 1.50 | 1.7549 |
| 1.60 | 1.6452 |
| 1.70 | 1.5484 |

| | |
|------|--------|
| 1.80 | 1.4624 |
| 1.90 | 1.3854 |
| 2.00 | 1.3162 |
| 2.10 | 1.1938 |
| 2.20 | 1.0877 |
| 2.30 | 0.9952 |
| 2.40 | 0.9140 |
| 2.50 | 0.8424 |
| 2.60 | 0.7788 |
| 2.70 | 0.7222 |
| 2.80 | 0.6715 |
| 2.90 | 0.6260 |
| 3.00 | 0.5850 |
| 3.10 | 0.5478 |
| 3.20 | 0.5141 |
| 3.30 | 0.4834 |
| 3.40 | 0.4554 |
| 3.50 | 0.4298 |
| 3.60 | 0.4062 |
| 3.70 | 0.3846 |
| 3.80 | 0.3646 |
| 3.90 | 0.3461 |
| 4.00 | 0.3290 |
| 4.10 | 0.3132 |
| 4.20 | 0.2985 |
| 4.30 | 0.2847 |
| 4.40 | 0.2719 |
| 4.50 | 0.2600 |
| 4.60 | 0.2488 |
| 4.70 | 0.2383 |
| 4.80 | 0.2285 |
| 4.90 | 0.2193 |
| 5.00 | 0.2106 |

| | |
|------|--------|
| 1.80 | 1.4624 |
| 1.90 | 1.3854 |
| 2.00 | 1.3162 |
| 2.10 | 1.1938 |
| 2.20 | 1.0877 |
| 2.30 | 0.9952 |
| 2.40 | 0.9140 |
| 2.50 | 0.8424 |
| 2.60 | 0.7788 |
| 2.70 | 0.7222 |
| 2.80 | 0.6715 |
| 2.90 | 0.6260 |
| 3.00 | 0.5850 |
| 3.10 | 0.5478 |
| 3.20 | 0.5141 |
| 3.30 | 0.4834 |
| 3.40 | 0.4554 |
| 3.50 | 0.4298 |
| 3.60 | 0.4062 |
| 3.70 | 0.3846 |
| 3.80 | 0.3646 |
| 3.90 | 0.3461 |
| 4.00 | 0.3290 |
| 4.10 | 0.3132 |
| 4.20 | 0.2985 |
| 4.30 | 0.2847 |
| 4.40 | 0.2719 |
| 4.50 | 0.2600 |
| 4.60 | 0.2488 |
| 4.70 | 0.2383 |
| 4.80 | 0.2285 |
| 4.90 | 0.2193 |
| 5.00 | 0.2106 |

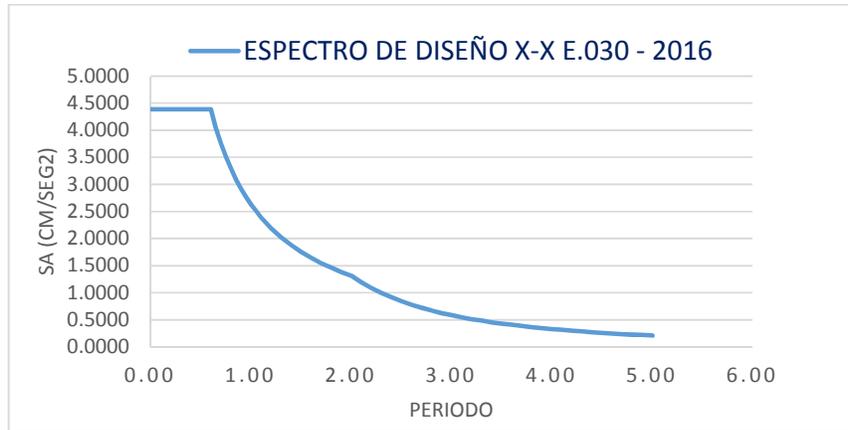


Figura N°48

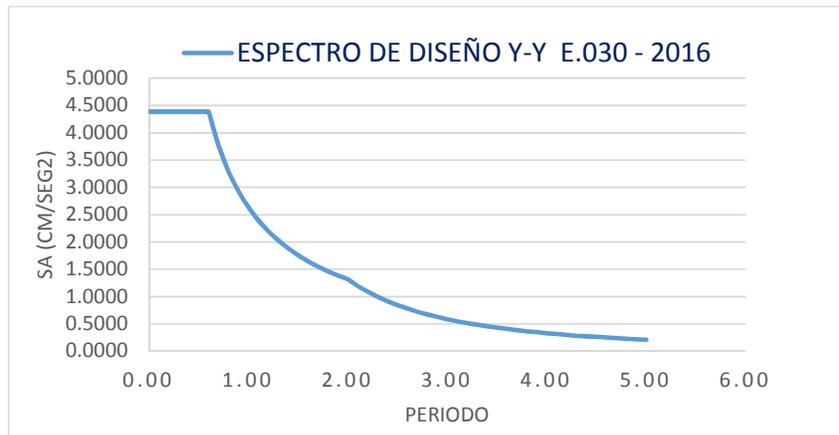


Figura N°49

C. CREACIÓN DE PATRONES DE CARGA – SISMO ESTÁTICO

| | |
|---|------|
| Z | 0.35 |
| U | 1.00 |
| C | 2.50 |
| S | 1.15 |
| R | 3.00 |

Tabla N°49

El análisis estático no se emplea usualmente para diseño, sin embargo, es de gran importancia:

- Poder determinar el sistema estructural de la edificación (muros estructurales)

La descripción y valor de cada parámetro se indicaron anteriormente para cada dirección de análisis.

La manera correcta de determinar la cortante en la base del edificio es la que se muestra a continuación:

a. Primer paso: determinar el periodo fundamental “T” de la estructura

| Case | Mode | Period sec | UX | UY |
|-------|------|------------|---------|--------|
| Modal | 1 | 0.227 | 3.4E-05 | 0.665 |
| Modal | 2 | 0.105 | 0.6829 | 0.0269 |

Figura N°50

El periodo fundamental es:

Dirección Ux = 0.105

Dirección Uy = 0.227

b. Segundo paso: calcular el valor de factor de amplificación sísmica, C.

La norma técnica establece que el valor de C, se obtiene a través de las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned}
 T < T_p \quad C &= 2,5 \\
 T_p < T < T_L \quad C &= 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T > T_L \quad C &= 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

Figura N°51

Los valores T_p y T_L se obtiene de la tabla N° 3 de la norma E.030

| SUELO ZONA | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Z ₄ | 0,80 | 1,00 | 1,05 | 1,10 |
| Z ₃ | 0,80 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |
| Z ₂ | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
| Z ₁ | 0,80 | 1,00 | 1,60 | 2,00 |

Figura N°52

En la edificación analizada el perfil del suelo es S2.

$$T_p = 0.6$$

$$T_L = 2.0$$

Para la dirección X se cumple:

$$T > T_p$$

$$0.137 > 0.6; \text{ por lo tanto, } C=2.5$$

Para la dirección Y se cumple:

$$T > T_p$$

$$0.272 > 0.6; \text{ por lo tanto, } C=2.5$$

c. Tercer paso: Evaluar el valor de C/R

Según la norma E.030 el valor de $C/R > 0.125$

$$\frac{2.5}{3} \geq 0.1$$

$$0.8 \geq 0.1 \quad \text{Ok!}$$

d. Cuarto paso: Determinar el valor de ZUCS/R

Para la dirección x:

$$\frac{0.3 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.1}{3} = 0.3$$

Para la dirección y:

$$\frac{0.3 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.1}{3} = 0.3$$

D. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

| Load Pattern | Type | Direction | Eccentricity % | Ecc. Overridden | Top Story | Bottom Story | C | K | Weight Used tonf | Base Shear tonf |
|--------------|---------|------------|----------------|--------------------------|-----------|--------------|--------|---|------------------|-----------------|
| SISMOXX | Seismic | X + Ecc. Y | 5 | <input type="checkbox"/> | Story3 | Base | 0.4472 | 1 | 260.1525 | 116.3402 |
| SISMOYY | Seismic | Y + Ecc. X | 5 | <input type="checkbox"/> | Story3 | Base | 0.4472 | 1 | 260.1525 | 116.3402 |

Figura N°53

Por ser sistema de albañilería confinada en ambas direcciones la cortante basal es tomada en su totalidad por los muros estructurales de albañilería.

E. VERIFICACIÓN DE LA RELACIÓN CORTANTE DINÁMICA - ESTÁTICA

La norma técnica peruana E.030 -2016 señala en el numeral 4.6.4 Fuerza Cortante Mínima que:

$V \geq 8 \%V$ Para estructuras regulares.

$V \geq 9 \%V$ Para estructuras irregulares.

Donde:

Vd: Cortante basal dinámica.

Ve: Cortante basal estática.

| Story | Load Case/Combo | Location | P tonf | VX tonf | VY tonf |
|--------|-----------------|----------|----------|-----------|-----------|
| Story1 | Dead | Top | 207.1025 | 0 | 0 |
| Story1 | Dead | Bottom | 249.1397 | 0 | 0 |
| Story1 | Live | Top | 78.9435 | 0 | 0 |
| Story1 | Live | Bottom | 78.9435 | 0 | 0 |
| Story1 | SISMOXX | Top | 0 | -110.5803 | 0 |
| Story1 | SISMOXX | Bottom | 0 | -116.3402 | 0 |
| Story1 | SISMOYY | Top | 0 | 0 | -110.5803 |
| Story1 | SISMOYY | Bottom | 0 | 0 | -116.3402 |
| Story1 | DINXX Max | Top | 0 | 92.505 | 10.109 |
| Story1 | DINXX Max | Bottom | 0 | 94.9413 | 10.414 |
| Story1 | DINYY Max | Top | 0 | 10.1429 | 78.7751 |
| Story1 | DINYY Max | Bottom | 0 | 10.4141 | 80.6543 |

Figura N°54

Verificación en la dirección X

Vdx=94.9413, Vex=116.3402
 94.9413 > 116.3402 (90%)
 94.9413 > 104.71 (NO CUMPLE)

Verificación en la dirección Y

Vdy= 80.6543, Vey=116.3402
 80.6543 > 116.3402 (90%)
 80.6543 > 104.71 (NO CUMPLE)

F. VERIFICACIÓN DE LA MASA PARTICIPATIVA

| Case | Item Type | Item | Static % | Dynamic % |
|-------|--------------|------|----------|-----------|
| Modal | Acceleration | UX | 98.39 | 84.6 |
| Modal | Acceleration | UY | 99.87 | 94.05 |
| Modal | Acceleration | UZ | 0 | 0 |

Figura N°55

La norma establece que la masa participativa en ambas direcciones debe ser mayor a 90%.

Ux (OK), Uy(OK)

| Case | Mode | Period sec | UX | UY | UZ | Sum UX | Sum UY |
|-------|------|------------|-----------|--------|----|---------|--------|
| Modal | 1 | 0.227 | 3.4E-05 | 0.665 | 0 | 3.4E-05 | 0.665 |
| Modal | 2 | 0.105 | 0.6829 | 0.0269 | 0 | 0.683 | 0.6919 |
| Modal | 3 | 0.099 | 0.163 | 0.1038 | 0 | 0.8459 | 0.7956 |
| Modal | 4 | 0.068 | 0.0001 | 0.128 | 0 | 0.846 | 0.9236 |
| Modal | 5 | 0.048 | 0 | 0.0002 | 0 | 0.846 | 0.9238 |
| Modal | 6 | 0.047 | 3.299E-06 | 0.0003 | 0 | 0.846 | 0.9241 |
| Modal | 7 | 0.047 | 0 | 0.0002 | 0 | 0.846 | 0.9242 |
| Modal | 8 | 0.046 | 3.226E-06 | 0.0013 | 0 | 0.846 | 0.9256 |
| Modal | 9 | 0.046 | 0 | 0.0133 | 0 | 0.846 | 0.9388 |
| Modal | 10 | 0.046 | 0 | 0.0007 | 0 | 0.846 | 0.9395 |
| Modal | 11 | 0.044 | 7.281E-06 | 0.0009 | 0 | 0.846 | 0.9404 |
| Modal | 12 | 0.044 | 0 | 0.0001 | 0 | 0.846 | 0.9405 |

Figura N°56

G. CONTROL DE DERIVAS DE ENTREPISO

La norma establece que las distorsiones de entrepiso se controlaran con respecto a los desplazamientos inelásticos.

$$D. ir = \frac{3}{4}(R)(D. e.) \dots \text{Estructura regular}$$

| Story | Load Case/Combo | Direction | Maximum m | Average m | Ratio |
|--------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Story3 | DINXX Max | X | 0.001604 | 0.001514 | 1.059 |
| Story2 | DINXX Max | X | 0.001219 | 0.001156 | 1.055 |
| Story1 | DINXX Max | X | 0.000599 | 0.000571 | 1.049 |

Figura N°57

| Story | Load Case/Combo | Direction | Maximum m | Average m | Ratio |
|--------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Story3 | DINYY Max | Y | 0.010263 | 0.006246 | 1.643 |
| Story2 | DINYY Max | Y | 0.007275 | 0.004409 | 1.65 |
| Story1 | DINYY Max | Y | 0.003141 | 0.001897 | 1.656 |

Figura N°58

DIRECCIÓN X

| N° | PISO SUP. | PISO INF. | DIFER. | R (irregular) | 3/4xR (Regular) | H piso | Δ piso | Despl. Obtenidos | Despla. Max. Norma E.030 | OBSERVACIÓN |
|----|-----------|-----------|----------|---------------|-----------------|--------|---------|------------------|--------------------------|-------------|
| 3 | 0.001604 | 0.001219 | 0.000385 | 2.25 | | 2.6 | 0.00015 | 0.00033 | 0.005 | OK!! |
| 2 | 0.001219 | 0.000599 | 0.000620 | 2.25 | | 2.6 | 0.00024 | 0.00054 | 0.005 | OK!! |
| 1 | 0.000599 | 0.000000 | 0.000599 | 2.25 | | 2.6 | 0.00023 | 0.00052 | 0.005 | OK!! |

Tabla N°50

DIRECCIÓN Y

| N° | PISO SUP. | PISO INF. | DIFER. | R (irregular) | 3/4xR (Regular) | H piso | Δ piso | Despl. Obtenidos | Despla. Max. Norma E.030 | OBSERVACIÓN |
|----|-----------|-----------|----------|---------------|-----------------|--------|---------|------------------|--------------------------|-------------|
| 3 | 0.010263 | 0.007275 | 0.002988 | 2.25 | | 2.6 | 0.00115 | 0.0026 | 0.005 | OK!! |
| 2 | 0.007275 | 0.003141 | 0.004134 | 2.25 | | 2.6 | 0.00159 | 0.0036 | 0.005 | OK!! |
| 1 | 0.003141 | 0.000000 | 0.003141 | 2.25 | | 2.6 | 0.00121 | 0.0027 | 0.005 | OK!! |

Tabla N°51

5.6. ANÁLISIS DE COSTOS:

S10

Página

1

Presupuesto

| | | | | |
|----------------|---------|--|----------|------------|
| Presupuesto | 0104002 | INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO | | |
| Subpresupuesto | 002 | MURO CONFINADO CON MALLA METALICA | | |
| Cliente | | UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES | Costo al | 14/12/2017 |
| Lugar | | JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO | | |

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------|-------------------------------------|------|---------|------------|-------------|
| 01 | MALLA METALICA | | | | 5,278.89 |
| 01.01 | PICADO DE TARRAJEO EN MURO PORTANTE | m2 | 427.44 | 1.72 | 735.20 |
| 01.02 | MALLA SAE J403 DE 25x0.55x1 mm. | m2 | 427.44 | 3.58 | 1,530.24 |
| 01.03 | TARRAJEO EN MUROS INTERIORES | m2 | 427.44 | 7.05 | 3,013.45 |
| | Costo Directo | | | | 5,278.89 |

SON : CINCO MIL DOSCIENTOS SETENTIOCHO Y 89/100 NUEVOS SOLES

Figura N°59

S10

Página :

1

Análisis de precios unitarios

| | | | | |
|----------------|---------|--|-------------------|------------|
| Presupuesto | 0104002 | INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO | | |
| Subpresupuesto | 002 | MURO CONFINADO CON MALLA METALICA | Fecha presupuesto | 14/12/2017 |

| Partida | 01.01 | PICADO DE TARRAJEO EN MURO PORTANTE | | | | | |
|---------|-------|-------------------------------------|--|--|--|--|--|
|---------|-------|-------------------------------------|--|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|-------------|--------|---------|-----|---------|------------------------------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DIA | 30.0000 | EQ. | 30.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 1.72 |
|-------------|--------|---------|-----|---------|------------------------------------|-------------|

| Código | Descripción | Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|------------|-------------|--------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| 0101010005 | PEON | Mano de Obra | hh | 1.0000 | 0.2667 | 6.25 | 1.67 |
| | | | | | | | 1.67 |

| | | | | | | | |
|------------|-----------------------|---------|-----|--|--------|------|------|
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | Equipos | %mo | | 3.0000 | 1.67 | 0.05 |
| | | | | | | | 0.05 |

| Partida | 01.02 | MALLA SAE J403 DE 25x0.55x1 mm. | | | | | |
|---------|-------|---------------------------------|--|--|--|--|--|
|---------|-------|---------------------------------|--|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|-------------|--------|----------|-----|----------|------------------------------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DIA | 200.0000 | EQ. | 200.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 3.58 |
|-------------|--------|----------|-----|----------|------------------------------------|-------------|

| Código | Descripción | Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|------------|-------------|--------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| 0101010003 | OPERARIO | Mano de Obra | hh | 1.0000 | 0.0400 | 9.00 | 0.36 |
| 0101010005 | PEON | | hh | 0.5000 | 0.0200 | 6.25 | 0.13 |
| | | | | | | | 0.49 |

Materiales

| | | | | | | |
|----------------|------------------------------|----|--|--------|------|------|
| 02040100030002 | ALAMBRE GALVANIZADO N°16 | kg | | 0.2500 | 3.50 | 0.88 |
| 02041500020002 | MALLA METALICA DE 20x55x1 mm | m2 | | 1.0000 | 2.20 | 2.20 |
| | | | | | | 3.08 |

Equipos

| | | | | | | |
|------------|-----------------------|-----|--|--------|------|------|
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.49 | 0.01 |
| | | | | | | 0.01 |

| | | | | | | |
|---------|-------|------------------------------|--|--|--|--|
| Partida | 01.03 | TARRAJEO EN MUROS INTERIORES | | | | |
|---------|-------|------------------------------|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|-------------|--------|---------|-----|---------|------------------------------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DIA | 40.0000 | EQ. | 40.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 7.05 |
|-------------|--------|---------|-----|---------|------------------------------------|-------------|

| Código | Descripción | Recurso Mano de Obra | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
|------------|-------------|----------------------------|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| 0101010003 | OPERARIO | | hh | 1.0000 | 0.2000 | 9.00 | 1.80 |
| 0101010005 | PEON | | hh | 0.5000 | 0.1000 | 6.25 | 0.63 |
| | | | | | | | 2.43 |

Materiales

| | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------------|-----|--|--|--------|-------|------|
| 02070200010001 | ARENA FINA | m3 | | | 0.0290 | 70.00 | 2.03 |
| 0213010001 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg) | bol | | | 0.1170 | 21.50 | 2.52 |
| | | | | | | | 4.55 |

Equipos

| | | | | | | | |
|------------|-----------------------|-----|--|--|--------|------|------|
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | | 3.0000 | 2.43 | 0.07 |
| | | | | | | | 0.07 |

Fecha : 15/12/2017 01:40:30 a.m.

| METRADO | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------------|------|-------------|---------|-------|------|--------------|--------|
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND. | N° VECES | MEDIDAS | | | SUB TOTAL | TOTAL |
| | | | | LARGO | ANCHO | ALTO | | |
| 01.00.00 | MALLA METÁLICA | | | | | | | |
| 01.01.00 | PICADO DE TARRAJEO EN MURO PORTANTE | m2 | | | | | | 427.44 |
| | 1ER NIVEL | | | | | | | |
| | X1 | | 1.00 | 8.25 | | 2.60 | 21.45 | |
| | X2 | | 1.00 | 6.05 | | 2.60 | 15.73 | |
| | X3 | | 1.00 | 4.85 | | 2.60 | 12.61 | |
| | X4 | | 1.00 | 2.75 | | 2.60 | 7.15 | |
| | X5 | | 1.00 | 2.75 | | 2.60 | 7.15 | |
| | X6 | | 1.00 | 8.25 | | 2.60 | 21.45 | |
| | X7 | | 1.00 | 3.65 | | 2.60 | 9.49 | |
| | Y1 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y2 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |

| | | | | | | | | |
|--|-----------|--|------|------|--|------|-------|--|
| | Y3 | | 1.00 | 2.20 | | 2.60 | 5.72 | |
| | Y4 | | 1.00 | 3.15 | | 2.60 | 8.19 | |
| | Y5 | | 1.00 | 4.15 | | 2.60 | 10.79 | |
| | Y6 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y7 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y8 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y9 | | 1.00 | 2.75 | | 2.60 | 7.15 | |
| | | | | | | | | |
| | 2DO NIVEL | | | | | | | |
| | X1 | | 1.00 | 8.25 | | 2.60 | 21.45 | |
| | X2 | | 1.00 | 6.05 | | 2.60 | 15.73 | |
| | X3 | | 1.00 | 4.85 | | 2.60 | 12.61 | |
| | X4 | | 1.00 | 2.75 | | 2.60 | 7.15 | |
| | X5 | | 1.00 | 2.75 | | 2.60 | 7.15 | |
| | X6 | | 1.00 | 8.25 | | 2.60 | 21.45 | |
| | X7 | | 1.00 | 3.65 | | 2.60 | 9.49 | |
| | Y1 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y2 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y3 | | 1.00 | 2.20 | | 2.60 | 5.72 | |
| | Y4 | | 1.00 | 3.15 | | 2.60 | 8.19 | |
| | Y5 | | 1.00 | 4.15 | | 2.60 | 10.79 | |
| | Y6 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y7 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y8 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y9 | | 1.00 | 2.75 | | 2.60 | 7.15 | |
| | | | | | | | | |
| | 3ER NIVEL | | | | | | | |
| | X1 | | 1.00 | 8.25 | | 2.60 | 21.45 | |
| | X2 | | 1.00 | 6.05 | | 2.60 | 15.73 | |
| | X3 | | 1.00 | 4.85 | | 2.60 | 12.61 | |
| | X4 | | 1.00 | 2.75 | | 2.60 | 7.15 | |
| | X5 | | 1.00 | 2.75 | | 2.60 | 7.15 | |
| | X6 | | 1.00 | 8.25 | | 2.60 | 21.45 | |

| | | | | | | | | |
|----------|---------------------------------|----|------|------|--|------|--------|--------|
| | X7 | | 1.00 | 3.65 | | 2.60 | 9.49 | |
| | Y1 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y2 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y3 | | 1.00 | 2.20 | | 2.60 | 5.72 | |
| | Y4 | | 1.00 | 3.15 | | 2.60 | 8.19 | |
| | Y5 | | 1.00 | 4.15 | | 2.60 | 10.79 | |
| | Y6 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y7 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y8 | | 1.00 | 1.20 | | 2.60 | 3.12 | |
| | Y9 | | 1.00 | 2.75 | | 2.60 | 7.15 | |
| | | | | | | | | |
| 01.02.00 | MALLA SAE J403 DE 25x0.55x1 mm. | m2 | | | | | 427.44 | 427.44 |
| | | | | | | | | |
| 01.03.00 | TARRAJEO EN MUROS INTERIORES | m2 | | | | | 427.44 | 427.44 |

Tabla N°52

5.7. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

5.7.1. HIPÓTESIS NULA (H₀)

La influencia de la malla metálica no mejora el desempeño en muros confinados de ladrillo pandereta en la edificación de la provincia de Huancayo.

5.7.2. HIPÓTESIS ALTERNA (H₁)

La influencia de la malla metálica mejora el desempeño en muros confinados de ladrillo pandereta en la edificación de la provincia de Huancayo.

DISCUSIÓN:

De las tablas N°4 al 15 podemos observar que las propiedades a la unidad de albañilería cumplen con los parámetros de la Norma Técnica Peruana. De la tabla N° 50 y 51 los valores de los desplazamientos laterales relativos admisibles de entrepiso son: en la dirección "X"

0.00033, 0.00054, 0.00052 y en la dirección “Y” 0.0026, 0.0036, 0.0027, son valores menores a lo estipulado en la norma E.030 que es de 0.005 en albañilería; referente a la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) con malla metálica ha aumentado en un 24.89% las propiedades físicas respecto su resistencia y el costo económico por metro cuadrado (m^2) es de S/12.35 soles, considerándolo viable. Por lo cual procedemos a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, es decir:

La influencia de la malla metálica mejora el desempeño en muros confinados de ladrillo pandereta en la edificación de la provincia de Huancayo.

5.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECIFICA

5.8.1 PRIMERA HIPÓTESIS ESPECIFICA

a. HIPÓTESIS NULA (H_0)

La influencia de la malla metálica no disminuye el límite de distorsión de entrepiso (deriva) en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

b. HIPÓTESIS ALTERNA (H_1)

La influencia de la malla metálica disminuye el límite de distorsión de entrepiso (deriva) en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

DISCUSIÓN:

De la tabla N° 50 y 51 podemos observar que los valores de los desplazamientos laterales relativos admisibles de entrepiso son: en la dirección “X” 0.00033, 0.00054, 0.00052 y en la dirección “Y” 0.0026, 0.0036, 0.0027, las mismas que están asociados a valores menores a lo estipulado en la norma E.030 en el capítulo 5 en la tabla N° 11, que no debe exceder de 0.005 en albañilería. Por lo cual procedemos a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, es decir:

La influencia de la malla metálica disminuye el límite de distorsión de entrepiso (deriva) en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

5.8.2 SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECIFICA

a. HIPÓTESIS NULA (H_0)

La influencia de la malla metálica en el ensayo de la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) no mejora las propiedades físicas en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

b. HIPÓTESIS ALTERNA (H_1)

La influencia de la malla metálica en el ensayo de la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) mejora las propiedades físicas en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

DISCUSIÓN:

De la tabla N°17 y 18 podemos observar que el valor promedio del ensayo a la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) es de 3.5 Mpa y el valor promedio del ensayo a la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) con malla metálica es de 4.66 Mpa, habiendo mejorado su propiedad física en un 24.89% sobre la resistencia característica a la compresión axial. Por lo cual procedemos a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, es decir:

La influencia de la malla metálica en el ensayo de la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) mejora las propiedades físicas en un 24.89 % en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

5.8.3 TERCERA HIPÓTESIS ESPECIFICA

a. HIPÓTESIS NULA (H_0)

El costo económico de la malla metálica no es viable en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

b. HIPÓTESIS ALTERNA (H1)

El costo económico de la malla metálica es viable en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

DISCUSIÓN:

De la figura N° 59 podemos observar que el costo económico es de S/ 5278.85 (Cinco mil doscientos setenta y ocho con 85/100 soles) en los 427.44 m² de toda la edificación, siendo el costo de S/ 12.35 soles por metro cuadrado (m²). Por lo cual procedemos a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, es decir:

El costo económico de la malla metálica es viable en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo.

CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. GENERALIDADES

El análisis de los resultados es la parte más importante de la presente investigación, pues debido a ello se obtiene las conclusiones y recomendaciones acerca de la influencia de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta, mediante el análisis de las propiedades a la unidad de albañilería, el análisis sísmico y análisis de costos en su conjunto.

Este capítulo comprende la presentación y análisis de resultados mediante tablas y gráficos, en torno a las propiedades del ladrillo pandereta y la influencia de la malla metálica en muros confinados construidos en la provincia de Huancayo.

Se realizará un comparativo de la influencia de la malla metálica en muro confinado de ladrillo pandereta vs muro confinado de ladrillo pandereta, en sus propiedades mecánicas, análisis sísmico y de costos.

6.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

6.2.1. ENSAYOS A LA UNIDAD

- a) La variación dimensional promedio (V%) es de 1.09 % lo cual se encuentra dentro de los parámetros del artículo 5.2 en tabla N° 1 de la norma E.070. Lo que indica que la resistencia a la

comprensión de la albañilería no disminuirá en el uso de mampostería.

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | LARGO | ANCHO | ALTURA |
|--|--------|-------|-------|--------|
| 1. Variación dimensional de la unidad de albañilería (V) | V% | 1.17 | 1.00 | 1.08 |

Tabla N°53

| TABLA 1 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

Figura N°60 - Fuente: Norma E.070

b) El alabeo de la unidad de albañilería tubular (ladrillo pandereta) en concavidad es de 0.125 mm y convexidad en 0.100 mm lo cual se encuentra dentro de los parámetros asignados de la tabla n° 1 de la norma E.070. Los resultados indican que los ladrillos al ser asentados en el aparejo de sogá tendrán buen contacto con el mortero y la superficie en contacto.

| DESCRIPCIÓN | PARÁMETRO | UNIDAD | |
|-------------|------------|--------|----|
| 2. Alabeo | Concavidad | 0.125 | mm |
| | Convexidad | 0.100 | mm |

Tabla N°54

c) El promedio a la resistencia a compresión de la unidad de albañilería (f'_b) es de 4.71 Mpa o 48.06 kg/cm² lo cual demuestra que el ladrillo tubular no se encuentra dentro de los parámetros de la tabla N° 1 del artículo N° 5.3 de la norma

E.070 para fines estructurales. Y contrastando con el problema general que no deben de ser usados para fines estructurales.

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | M-1 | M-2 | M-3 | M-4 | M-5 | PROMEDIO |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|------|-------------|
| 3. Resistencia a compresión de la unidad de albañilería (f'b) | f'b Mpa(kg/cm ²) | 5.09 | 4.78 | 4.78 | 5.11 | 4.96 | 4.71(48.06) |

Tabla N°55

| TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES | | | |
|--|---|--|--|
| TIPO | ZONA SÍSMICA 2 Y 3 | | ZONA SÍSMICA 1 |
| | Muro portante en edificios de 4 pisos a más | Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos | Muro portante en todo edificio |
| Sólido Artesanal * | No | Sí, hasta dos pisos | Sí |
| Sólido Industrial | Sí | Sí | Sí |
| Alveolar | Sí Celdas totalmente rellenas con grout | Sí Celdas parcialmente rellenas con grout | Sí Celdas parcialmente rellenas con grout |
| Hueca | No | No | Sí |
| Tubular | No | No | Sí, hasta 2 pisos |

Figura N°61 - Fuente: Norma E.070

- d) La succión que se ha obtenido y se muestra en la tabla n°56 es de 43.337%, mostrando una saturación alta, por lo que se debe de tener en consideración para el asentado y regar la unidad de albañilería antes de su uso.
- e) El porcentaje promedio de absorción (%A) es de 10.231% y la absorción máxima (Am) es 14.891; logrando estar en una absorción menor al 22% de unidades de arcilla y sílico – calcáreas según la norma E.070.
- f) Relacionando los datos de absorción y absorción máxima, se obtiene el coeficiente de saturación (CS) de 0.696, por lo que se considera un ladrillo relativamente poroso.
- g) La eflorescencia encontrada es considerada “ligeramente efloreceda” por lo que la presencia de sales y sulfatos en la

unidad de albañilería logra tener una mejor durabilidad y buena adherencia al mortero.

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | M-1 | M-2 | M-3 | PROMEDIO |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1. Succión (S) | Succión (gr/200 cm ² -min) | 56.433 | 40.748 | 32.832 | 43.337 |
| 2. Absorción (A) | % Absorción | 10.078 | 9.244 | 11.371 | 10.231 |
| 3. Absorción máxima (Am) | % Absorción máxima | 15.849 | 15.550 | 13.272 | 14.891 |
| 4. Coeficiente de saturación (CS) | CS=A/Am | 0.636 | 0.594 | 0.857 | 0.696 |
| 5. Densidad (D) | Densidad (D) Kg/cm ³ | 0.846 | 0.871 | 0.882 | 0.867 |
| 6. Eflorescencia | ----- | Ladrillo ligeramente | Ladrillo ligeramente | Ladrillo ligeramente | Ladrillo ligeramente |

Tabla N°56

6.2.2. RESULTADOS COMPLEMENTARIOS DE PRISMA DE ALBAÑILERÍA SIMPLE

- a)** El resultado de resistencia característica a compresión axial ($f'm$) sin influencia de la malla metálica ha sido en promedio de 3.5 Mpa (35.07 kg/cm²).
- b)** El resultado de resistencia característica a compresión axial ($f'm$) reforzado con malla metálica en promedio ha sido de 4.66 Mpa (47.53 kg/cm²)
- c)** Se ha llegado a un mejorar las propiedades en torno a la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) en un 24.89% en las pilas ensayadas, llegando a tener resistencia de 47.53 kg/cm², superando el mínimo de 35 kg/cm² para unidades de albañilería.

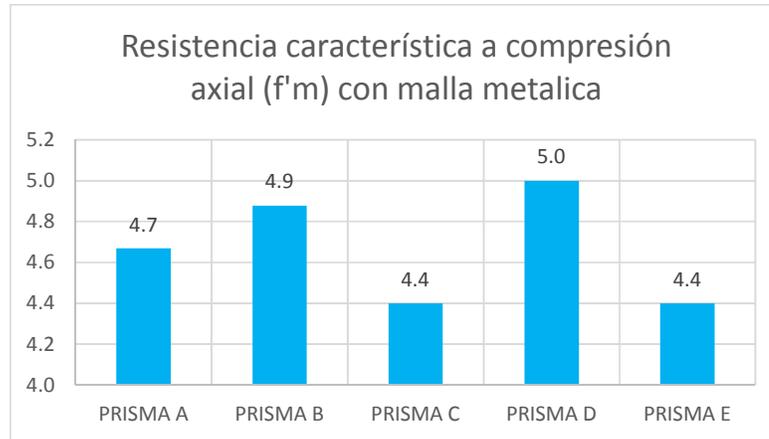


Tabla N°57

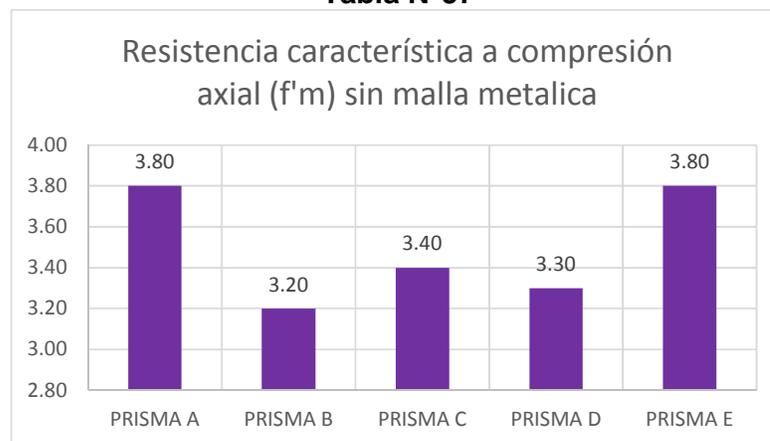


Tabla N°58

TABLA 9 ()**
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / 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) |
| Sílice-cal | King Kong Normal | 15,7 (160) | 10,8 (110) | 1,0 (9,7) |
| | Dédalo | 14,2 (145) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | Estándar y mecano (*) | 14,2 (145) | 10,8 (110) | 0,9 (9,2) |
| Concreto | Bloque Tipo P (*) | 4,9 (50) | 7,3 (74) | 0,8 (8,6) |
| | | 6,4 (65) | 8,3 (85) | 0,9 (9,2) |
| | | 7,4 (75) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | | 8,3 (85) | 11,8 (120) | 1,1 (10,9) |

Figura N°62 - Fuente: Norma E.070

- d) Se ha obtenido valores a través de la fórmula estipulada en la norma E.070 para el valor de resistencia característica a corte puro ($V'm$), obteniendo 6.98 kg/cm² superando el mínimo de

5.1 kg/cm² para unidades de albañilería con características de uso estructural según la tabla N°9 de la norma E.070.

- e) Se ha obtenido valores a través de la fórmula estipulada en la norma E.070 para el valor de Módulo de elasticidad (Em) obteniendo 24336.54 kg/cm².
- f) Se ha obtenido valores a través de la fórmula estipulada en la norma E.070 para el valor de Módulo de corte (Gm) obteniendo 9734.62 kg/cm².

6.2.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO

a) RESULTADOS DE DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS DE LA EDIFICACIÓN (DERIVA)

DIRECCIONX

| PISO SUP. | PISO INF. | DIFER. | R (irregular) | 3/4xR (Regular) | H piso | piso | Despl. Obtenidos | Despla. Max. Norma E.030 | OBSERVACION |
|-----------|-----------|----------|---------------|-----------------|--------|---------|------------------|--------------------------|-------------|
| 0.002729 | 0.002138 | 0.000591 | 2.25 | | 2.6 | 0.00023 | 0.00051 | 0.005 | OK!! |
| 0.002138 | 0.001088 | 0.001050 | 2.25 | | 2.6 | 0.00040 | 0.00091 | 0.005 | OK!! |
| 0.001088 | 0.000000 | 0.001088 | 2.25 | | 2.6 | 0.00042 | 0.00094 | 0.005 | OK!! |

Tabla N°59

DIRECCION Y

| PISO SUP. | PISO INF. | DIFER. | R (irregular) | 3/4xR (Regular) | H piso | piso | Despl. Obtenidos | Despla. Max. Norma E.030 | OBSERVACION |
|-----------|-----------|----------|---------------|-----------------|--------|---------|------------------|--------------------------|-------------|
| 0.014671 | 0.010759 | 0.003912 | 2.25 | | 2.6 | 0.00150 | 0.0034 | 0.005 | OK!! |
| 0.010759 | 0.004866 | 0.005893 | 2.25 | | 2.6 | 0.00227 | 0.0051 | 0.005 | NO CUMPLE |
| 0.004866 | 0.000000 | 0.004866 | 2.25 | | 2.6 | 0.00187 | 0.0042 | 0.005 | OK!! |

Tabla N°60

Se puede observar que los desplazamientos máximos no cumplen con la Tabla N° 11 del artículo 5.3 de la norma E.070 por lo que se contrasta con el problema inicial de investigación, en el uso del ladrillo pandereta para su uso de fines no estructurales.

| Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO | |
|---|-----------------------|
| Material Predominante | (Δ_i / h_{ei}) |
| Concreto Armado | 0,007 |
| Acero | 0,010 |
| Albañilería | 0,005 |
| Madera | 0,010 |
| Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada | 0,005 |

Figura N°63 - Fuente: Norma E.070

b) RESULTADOS DE DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS (DERIVA) DE LA EDIFICACIÓN CON MALLA METÁLICA

DIRECCIÓN X

| N° | PISO SUP. | PISO INF. | DIFER. | R (irregular) | 3/4xR (Regular) | H piso | Δ piso | Despl. Obtenidos | Despla. Max. Norma E.030 | OBSERVACIÓN |
|----|-----------|-----------|----------|---------------|-----------------|--------|---------------|------------------|--------------------------|-------------|
| 3 | 0.001604 | 0.001219 | 0.000385 | 2.25 | | 2.6 | 0.00015 | 0.00033 | 0.005 | OK!! |
| 2 | 0.001219 | 0.000599 | 0.000620 | 2.25 | | 2.6 | 0.00024 | 0.00054 | 0.005 | OK!! |
| 1 | 0.000599 | 0.000000 | 0.000599 | 2.25 | | 2.6 | 0.00023 | 0.00052 | 0.005 | OK!! |

Tabla N°61

DIRECCIÓN Y

| N° | PISO SUP. | PISO INF. | DIFER. | R (irregular) | 3/4xR (Regular) | H piso | Δ piso | Despl. Obtenidos | Despla. Max. Norma E.030 | OBSERVACIÓN |
|----|-----------|-----------|----------|---------------|-----------------|--------|---------------|------------------|--------------------------|-------------|
| 3 | 0.010263 | 0.007275 | 0.002988 | 2.25 | | 2.6 | 0.00115 | 0.0026 | 0.005 | OK!! |
| 2 | 0.007275 | 0.003141 | 0.004134 | 2.25 | | 2.6 | 0.00159 | 0.0036 | 0.005 | OK!! |
| 1 | 0.003141 | 0.000000 | 0.003141 | 2.25 | | 2.6 | 0.00121 | 0.0027 | 0.005 | OK!! |

Tabla N°62

Se puede observar que los desplazamientos máximos influenciados con la malla metálica han disminuido, llegando al objetivo de la investigación.

6.2.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COSTOS

- a)** El costo económico de la colocación de la malla metálica es de S/ 5278.85 (Cinco mil doscientos setenta y ocho con 85/100 soles) en los 427.44 m² de toda la edificación, siendo el costo de S/ 12.35 soles por metro cuadrado (m²).

CONCLUSIONES

1. La influencia de la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo ha mejorado el desempeño en un 28.89%, siendo considerado una estructura frágil ante un sismo severo.
2. La influencia de la malla metálica disminuyó el límite de distorsión de entrepiso (deriva) en muros confinados de ladrillo pandereta los cuales son: 0.0026, 0.0036, 0.0027, lo cual indica que un evento sísmico de gran magnitud se pueda evacuar de la estructura, quedando inservible esta misma después del sismo.
3. La malla metálica en la resistencia característica a compresión axial ($f'm$) de muros confinados de ladrillo pandereta en la edificación de la provincia de Huancayo ha contribuido a la mejora de las propiedades físicas en 11.93 kg/cm² lo que indica un 28.89%, siendo un muro frágil ante sollicitaciones sísmicas de gran magnitud.
4. El costo económico en el reforzamiento en la construcción de muros confinados de ladrillo pandereta en viviendas del distrito de Huancayo, aumenta por la adición de materiales en su reforzamiento llegando a costar S/ 12.35 soles por metro cuadrado, siendo viable económicamente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar la malla metálica en muros confinados de ladrillo pandereta en edificaciones de la provincia de Huancayo porque otorgará mayor tiempo de evacuación ante un sismo severo, sin embargo, posteriormente la edificación quedará inservible.
2. Se recomienda prohibir el uso del ladrillo pandereta en edificaciones construidas con el sistema de albañilería confinada para que la edificación logre tener menores desplazamientos laterales relativos admisibles (deriva).
3. Se recomienda que los muros confinados de ladrillo pandereta influenciados por la malla metálica se use para prolongar el tiempo que se generará la falla en tracción diagonal, aumentando el tiempo de evacuación ante un sismo severo.
4. Se recomienda que el costo económico no sea un factor limitante al momento de realizar la colocación de la malla metálica en la construcción de muros confinados de ladrillo pandereta en viviendas del distrito de Huancayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HÉCTOR GALLEGOS (1991) Albañilería Estructural. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). 2da Edición.
2. ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ (1993) Albañilería Confinada. Colegio de Ingenieros del Perú, 2da Edición.
3. ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ (1998) Análisis de edificios. Colegio de Ingenieros del Perú, 1ra Edición.
4. FRANCISCO GODIÑO POMA (2007) Ingeniería Antisísmica. 1ra Edición.
5. MANUEL CÓRDOVA ZAMORA (2009) Estadística Descriptiva e Inferencial. Ed. Moshera, 5ta Edición.
6. ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, DANIEL QUIUN Y WILSON SILVA (2011). Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería. Fondo Editorial PUCP. 1ra Edición.
7. MANUEL BORJA SUAREZ. (2012) Metodología de la investigación científica para ingenieros. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 1ra Edición.
8. FLAVIO ABANTO CASTILLO (2017) ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA. Editorial San Marcos. 2da Edición.

PAGINAS WEB:

- <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/01/Norma-E-070-MV-2006.pdf>
- <http://oviedos.tripod.com/riesgo-ica.html>
- <http://www.geologiadese.govia.info/terremotos-magnitud-intensidad/>
- http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/34/html/sec_10.html
- <http://www.col.ops-oms.org/desastres/docs/pereira/06espectro.htm>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Vulnerabilidad_s%C3%ADsmica
- https://es.wikipedia.org/wiki/Riesgo_s%C3%ADsmico
- https://es.wikipedia.org/wiki/Peligro_s%C3%ADsmico
- http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/72/constr_albanileria_cap06.pdf?sequence=11
- <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/01/Norma-E-070-MV-2006.pdf>
- <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Enero2005/CD1/pdf/spa/doc9644/doc9644-b9.pdf>
- <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/9254/6201>

ANEXOS

ANEXO N°1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | OPERACIONALIZACIÓN | | | | | | HIPÓTESIS | METODOLOGÍA |
|---|---|---|-------------------------------|--|--|--------------------------------|---|--|---|
| 1.PROBLEMA GENERAL | 1.OBJETIVO GENERAL | VARIABLE | VARIABLES INTERMEDIAS | DIMENSIÓN | INDICADOR | UNIDAD DE MEDIDA | DEFINICIÓN OPERACIONAL | 1. HIPÓTESIS GENERAL | 1. TIPO DE INVESTIGACIÓN: |
| 1. ¿CÓMO INFLUYE LA MALLA METÁLICA EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO? | 1. DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO? | X: Malla metálica | Malla metálica | Cantidad y costos | 1. Cantidad de malla metálica. | M2 | La influencia se expresa a través del uso de planchas de malla metálica. | 1. LA INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA MEJORA EL COMPORTAMIENTO EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO. | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada |
| | | | Alambre de amarre | Cantidad | 2. Costo de malla metálica | S/. soles | | | |
| 2. PROBLEMA ESPECIFICO | 2. OBJETIVO ESPECIFICO | Y: Muros confinados de ladrillo pandereta | Unidad de albañilería | Pruebas clasificatorias | 1. Variación dimensional de la unidad de albañilería (V) | % | Los Muros confinados de ladrillo (pandereta), expresará resultados a través de los ensayos y análisis sísmico a fin de comparar con la norma técnica peruana E. 070 y E.030 | 2. HIPÓTESIS ESPECIFICO | <ul style="list-style-type: none"> • Inductivo – deductivo • La experimentación • La modelación |
| | | | | | 2. Alabeo | mm | | | |
| 1. ¿COMO INFLUYE LA MALLA METÁLICA EN EL LÍMITE DE DISTORSIÓN DE ENTREPISO (DERIVA) DE MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO? | 1. DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA EN EL LÍMITE DE DISTORSIÓN DE ENTREPISO (DERIVA) DE MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO. | Y: Muros confinados de ladrillo pandereta | Unidad de albañilería | Pruebas no clasificatorias | 4. Succión (S) | gr/cm2 | Los Muros confinados de ladrillo (pandereta), expresará resultados a través de los ensayos y análisis sísmico a fin de comparar con la norma técnica peruana E. 070 y E.030 | 1. LA INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA DISMINUYE EL LÍMITE DE DISTORSIÓN DE ENTREPISO (DERIVA) EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN LA EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO. | <ul style="list-style-type: none"> • EXPERIMENTAL |
| | | | | | 5. Absorción (A) | % | | | |
| 2. ¿CÓMO INFLUYE LA MALLA METÁLICA EN EL ENSAYO DE LA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN AXIAL (f'm) EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO? | 2. DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA EN EL ENSAYO DE LA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN AXIAL (f'm) EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO. | Y: Muros confinados de ladrillo pandereta | Prismas de albañilería simple | Ensayos de compresión en pilas | 8. Densidad (D) | gr/cm3 | Los Muros confinados de ladrillo (pandereta), expresará resultados a través de los ensayos y análisis sísmico a fin de comparar con la norma técnica peruana E. 070 y E.030 | 2. LA INFLUENCIA DE LA MALLA METÁLICA EN EL ENSAYO DE LA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN AXIAL (f'm) MEJORA LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO. | <ul style="list-style-type: none"> • ANÁLISIS SÍSMICO • MODELACIÓN CON EL PROGRAMA ETABS. • CÁMARA FOTOGRÁFICA • CUADERNO DE APUNTES. |
| | | | | | 9. Eflorescencia | Alta, baja o sin eflorescencia | | | |
| 3. ¿CÓMO INTERVIENE EL COSTO ECONÓMICO DE LA MALLA METÁLICA EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO? | 3. DETERMINAR EL COSTO ECONÓMICO DE LA MALLA METÁLICA EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO | Y: Muros confinados de ladrillo pandereta | Análisis sísmico | Límite de distorsión de entrepiso (Deriva) | 12. Resistencia característica a compresión axial (f'm) con malla metálica | | Los Muros confinados de ladrillo (pandereta), expresará resultados a través de los ensayos y análisis sísmico a fin de comparar con la norma técnica peruana E. 070 y E.030 | 3. EL COSTO ECONÓMICO DE LA MALLA METÁLICA ES VIABLE EN MUROS CONFINADOS DE LADRILLO PANDERETA EN EDIFICACIONES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO. | <ul style="list-style-type: none"> • LA OBSERVACIÓN • EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON LADRILLO PANDERETA • MUESTRA • EDIFICACIÓN DE 03 PISOS |
| | | | | | 12. Módulo de elasticidad (Em) | kg/cm2 | | | |
| | | | | | 16. Análisis de desplazamiento con f'm sin malla metálica | metros | | | |
| | | | | | 17. Análisis de desplazamiento con f'm con malla metálica | metros | | | |

ANEXO N° 2

- Uso inadecuado de la unidad de albañilería tubular (ladrillo pandereta) en la construcción de muros confinados:



Figura N°64



Figura N°65



Figura N°66



Figura N°67



Figura N°68



Figura N°69



Figura N°70



Figura N°71