



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Título De La Tesis

“Calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y desempeño de un módulo educativo – Cañete”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Br. Palomino Arenas, Juan Edgar Edwin (0000-0003-4661-3497)

ASESOR:

Mg. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy (0000-0002-0250-4363)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres Paulina y Porfirio y al resto de mi familia que estimo tanto y que siempre me dio las fuerzas; apoyo suficiente para lograr mis objetivos y haberme forjado con buenos valores y ser la persona que soy.

Muchos de mis logros se los debo a ellos en especial esta tesis porque me enseñaron a luchar por lo que me gusta y alcanzar mis sueños y nunca darme por vencido.

Agradecimientos

Agradecido con mi familia en general por su apoyo en todo momento y la confianza en mí, por educar y tratar de hacer una persona de bien a pensar de los errores.

Seguidamente brindo un agradecimiento a las personas que me guiaron a lograr este proyecto y poder conseguirlo lo cual será un inicio para seguir continuando con mis objetivos.

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenido.....	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Indices de abreviaturas	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	30
3.1. Tipo y diseño de investigación	30
3.2. Variables y operacionalización	31
3.3. Población, muestra y muestreo.....	32
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	44
3.5. Procedimientos	44
3.6. Métodos de análisis de datos.....	46
3.7. Aspectos éticos.....	47
IV. RESULTADOS.....	48
V. DISCUSION	64
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS.....	79

Índice de tablas

Tabla 1. Delimitación espacial del proyecto.	4
Tabla 2. Clasificación del desempeño según SEAOC	23
Tabla 3. Límites de deriva según el ATC-40.	24
Tabla 4. Características generales del Módulo A de la I.E. N° 20123	34
Tabla 5. Distribución de ejes del Módulo A de la I.E. N° 20123	35
Tabla 6. Propiedades del concreto	36
Tabla 7. Resistencia a la compresión de los elementos estructurales (Exp. técnico)	37
Tabla 8. Propiedades de la albañilería	37
Tabla 9. Características del acero de refuerzo	37
Tabla 10. Propiedades del acero de refuerzo	38
Tabla 11. Recubrimientos de elementos estructurales	38
Tabla 12. Cargas de peso propio que conforman la estructura Modulo A.	39
Tabla 13. Sobrecarga correspondiente a la estructura Modulo A de la I.E. N°20123	39
Tabla 14. Carga volumétrica del ladrillo con tarrajeo	39
Tabla 15. Carga lineal sobre vigas	40
Tabla 16. Tipos de columnas - Módulo A de la I.E. N° 20123	40
Tabla 17. Tipos de vigas - Módulo A de la I.E. N° 20123	41
Tabla 18. Modos de vibración y masa participativa.	49
Tabla 19. Parámetros sísmicos de la norma E030.	49
Tabla 20. Desplazamientos y derivas máximas en la dirección XX y YY	50
Tabla 21. Cortante estática, dinámica y factor de amplificación	50
Tabla 22. Capacidad Vm y demanda para verificación por corte	51
Tabla 23. Datos del ensayo 1 a calibrar	53
Tabla 24. Datos del ensayo 2 a calibrar.	55
Tabla 25. Características del muro de albañilería y fuerza - defor del link.	57
Tabla 26. Resultados del desempeño para sismo raro y máximo en la dirección YY.	60
Tabla 27. Resultados del desempeño para sismo raro y máximo en la dirección XX.	62

Índice de figuras

Figura 1.Ubicación satelital.	4
Figura 2.I.E. N° 20123 Inmaculada concepción.	4
Figura 3.Hospital de 3 niveles con muros de albañilería artesanal.	6
Figura 4.Diseño de muros de albañilería de rellena y cálculo del punto de desempeño.	7
Figura 5.Modelo de plasticidad para albañilería confinada tipo link.	8
Figura 6.Curva de capacidad considerando y sin considerar las columnas cortas.	9
Figura 7.Curva de capacidad para el colegio sin daño y con daño.	10
Figura 8.Cálculo del desempeño a 3 niveles de intensidad sísmica.	11
Figura 9.Edificio de pórticos con rotulas plásticas en columnas y vigas.	12
Figura 10.Cálculo del desempeño a 4 niveles de intensidad sísmica.	13
Figura 11.Modelo de plasticidad para albañilería confinada tipo puntual diagonal.	14
Figura 12.Derivas de estados de daños para albañilería confinada de dos niveles.	15
Figura 13.Reducción de un sistema de MDOF a SDOF	17
Figura 14.Obtención de la curva de capacidad en el análisis Pushover.	18
Figura 15.Conversión de curva de capacidad a espectro de capacidad.	19
Figura 16.Espectro de sismo de diseño y máximo considerado.	20
Figura 17.Punto de desempeño entre la curva de capacidad y espectro inelástico.	21
Figura 18.Sectorización propuesta por el SEAOC.	22
Figura 19.Modelo Mander para el concreto confinado y sin confinar.	24
Figura 20.Modelo simple para el acero de refuerzo.	25
Figura 21.Idealización de modelos para vigas y columnas.	26
Figura 22.Modelado del muro de albañilería confinada.	27
Figura 23.Curva trilineal dividida en los límites de niveles de daño.	28
Figura 24.Albañilería confinada con un pórtico con elementos tipo link.	29
Figura 25.Muros de ensayos para realizar la calibración numérica	32
Figura 26.Vista de planta del Módulo A, de la I.E. N° 20123 Inmaculada concepción.	33
Figura 27.Pórtico del eje 3 del Módulo A de la I.E. N° 20123	34
Figura 28.Vista frontal del modelo 3D del Módulo A de la I.E. N° 20123	35
Figura 29.Modelo estructural 3D del Módulo A de la I.E. N° 20123	35
Figura 30.Planta baja del Módulo A de la I.E. N° 20123	36
Figura 31.Características del muro 01 para calibrar	42
Figura 32.Características del muro 02 para calibrar	42
Figura 33.Flujograma de criterios de evaluación de muestra.	43

Figura 34. Diagrama de flujo del procedimiento	46
Figura 35. Análisis de datos.	46
Figura 36. Modelo tridimensional del colegio La Capilla	48
Figura 37. Modelo de Calibración en ETABS.	52
Figura 38. Dimensiones y características del ensayo 1.	53
Figura 39. Comparación entre ensayo de laboratorio 1 y modelo numérico.	54
Figura 40. Dimensiones y características del ensayo 2.	55
Figura 41. Comparación entre ensayo de laboratorio 2 y modelo numérico.	56
Figura 42. Modelo 3D del análisis no lineal.	57
Figura 43. Fuerza deformación del link que representa al muro de albañilería.	58
Figura 44. Curva constitutiva del concreto y acero.	58
Figura 45. Curva de capacidad en la dirección XX y YY.	59
Figura 46. Estado de daño para el colapso en la dirección XX.	59
Figura 47. Desempeño para sismo raro y máximo en la dirección YY.	60
Figura 48. Desempeño según SEAOC para sismo raro y máximo en la dirección YY.	61
Figura 49. Desempeño para sismo raro y máximo en la dirección XX.	61
Figura 50. Desempeño según SEAOC para sismo raro y máximo en la dirección XX.	62
Figura 51. Modelo par albañilería confinada.	64
Figura 52. Modelo 3D para albañilería confinada, vista transversal.	65
Figura 53. Módulo de 2 niveles ensayado en CISMID.	65
Figura 54. Derivas y comportamiento esperado del edificio de dos niveles.	66
Figura 55. Máxima deriva en la dirección Y-Y.	66
Figura 56. Vivienda de albañilería evaluada para aplicar un reforzamiento.	67
Figura 57. Muros de albañilería confinada ensayados.	68
Figura 58. Derivas máx. para muros de albañilería conf. para muros sin y con huecos.	68
Figura 59. Derivas máximas obtenida y deriva de muros con huecos -sin huecos.	69
<i>Figura 60. Curvas trilineal obtenidas de la calibración numérica.</i>	70
Figura 61. Puntos y sectorización del desempeño de la edificación en la dirección YY.	71
Figura 62. Puntos y sectorización del desempeño de la edificación en la dirección XX.	71
Figura 63. Comparación de derivas en la dirección XX.	72
Figura 64. Comparación de derivas en la dirección YY.	73
Figura 65. Comparación de derivas de la dirección YY con la deriva del CISMID.	73

Indices de Abreviaturas

ASCE/SEI 41-17: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (41-17).....	2
CISMID: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres.....	x
FEMA 356: Federal Emergency Management Agency.....	10
INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.....	1
PUCP: Pontificia Universidad Católica del Perú.....	1
SEAOC: Structural Engineers Association of California.	22

RESUMEN

La presente investigación cuyo objetivo general fue realizar la calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y desempeño de un módulo educativo – Cañete, por la cual la metodología fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, de nivel descriptivo correlacional, con diseño no experimental.

Como resultado se evidenció que el colapso en la dirección XX se da por falla en las columnas y en la dirección YY se da por una falla por corte en algunos muros de albañilería, además la deriva en la dirección YY para sismo raro es de 3.02‰ y para un sismo máximo es de 5.52‰. En la dirección XX para un sismo raro es de 27.72‰, mientras que el desempeño en la dirección YY para el sismo raro es de ocupación inmediata y para un sismo máximo se encuentra es de resguardo de vida, y el desempeño para la dirección XX ocupa un resguardo de vida para un sismo raro y de colapso para el sismo máximo.

Se concluye que el colapso para la dirección YY es similar a un ensayo real realizado por el CISMID para una edificación de dos niveles. Se calcula en el modelo numérico una deriva de 13.18 ‰ y en el ensayo se ha estimado en 10‰.

Palabras clave: Albañilería confinada, análisis no lineal estático, calibración, colegio.

ABSTRACT

The present investigation whose general objective was to carry out the calibration of confined masonry walls by means of a link type model in ETABS and performance of an educational module - Cañete, for which the methodology was of a quantitative approach, of an applied type, of a correlational descriptive level, with non-experimental design.

As a result, it was evident that the collapse in the XX direction is due to a failure in the columns and in the YY direction it is due to a shear failure in some masonry walls, in addition the drift in the YY direction for rare earthquakes is 3.02 ‰ and for a maximum earthquake it is 5.52 ‰. In the XX direction for a rare earthquake it is 27.72 ‰, while the performance in the YY direction for the rare earthquake is of immediate occupation and for a maximum earthquake it is found is life-saving, and the performance for the XX direction occupies a life guard for a rare earthquake and a collapse for the maximum earthquake.

It is concluded that the collapse for the YY direction is similar to a real test carried out by CISMID for a two-level building. A drift of 13.18 ‰ is calculated in the numerical model and in the test it has been estimated at 10 ‰

Keywords: Confined masonry, nonlinear static analysis, calibration, school.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú las viviendas que más abundan son del material de ladrillo, el INEI en (Es Salud, 2017) muestra que el 55 % de las viviendas son de ladrillo. Además, gran cantidad de colegios del Perú a fines del siglo 20 en la dirección transversal son de albañilería confinada y con déficit sismo-resistente en la dirección longitudinal (Blasco, 2017). En la presente tesis se evaluó el desempeño de un colegio que tiene muros de albañilería confinada en la dirección transversal y columnas orientadas en la que presenta poca rigidez en la dirección longitudinal, debido a esto, se evaluó cuál es la situación en la dirección longitudinal principalmente.

La evaluación que se plantea con la norma E030 no es suficiente para poder determinar un desempeño fuera del resguardo de vida que se plantea acorde a la filosofía de la norma E030.

La norma E030 nos indica una evaluación para estimar una respuesta estructural mediante el método de análisis lineal dinámico, debido que la respuesta real de la estructura es aleatoria, no lineal e inelástica (Gálvez, 2020). Por ello, se tiene que avanzar y plantear un análisis más sofisticado que permita poder determinar el estado en el que se encuentra la edificación.

La confiabilidad en el modelo numérico tiene que ser elevado y reducir incertidumbres, por ello, es necesario que el resultado del ensayo de laboratorio refleje resultados muy similares a los del modelo numérico y por ello se realiza una calibración (Sequera, y otros, 2013). La evaluación de una calibración se realiza en función de la rigidez elástica, luego de la fluencia y última en el caso de un ensayo monotónico que es el que se realizó en la presente tesis (Gálvez, 2010).

Se realizó una calibración de dos muros de albañilería ensayados en la Pontificia Universidad Católica del Perú [PUCP] mediante un elemento tipo link en el software ETABS V18.1.1 y se obtuvo como respuesta que el resultado del ensayo es similar al del modelo numérico. La calibración de los elementos de concreto armado no se realizó, debido a que las leyes constitutivas están ampliamente estudiadas y con muchas normas que regulan el comportamiento de los elementos estructurales (ASCE-41-17, 2017; ATC-40. , 1996).

El desempeño en la dirección transversal se plantea que sea de resguardo de vida acorde a la filosofía de la norma E030 y en la dirección longitudinal sea de cercano al colapso o colapso para el sismo máximo bajo el que se evalúa en caso de edificaciones esenciales.

Formulación del problema

Problema General

¿Cuál es el resultado de la calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y desempeño de un módulo educativo – Cañete?

Problemas Específicos

¿Cómo se calibrará los muros de albañilería confinada mediante un modelo de tipo link en ETABS?

¿Cuál es el nivel de desempeño de un módulo educativo siguiendo los lineamientos del FEMA 440?

¿Cuáles serán los resultados entre el análisis sísmico mediante la norma actual peruana E030 y mediante el análisis no lineal estático?

Justificación del estudio

La norma peruana E030 sismorresistente no tiene herramientas para conocer los diversos desempeños en los que una edificación puede estar, ni la capacidad para estimar desempeño a diversos niveles de intensidad, por otro lado, al ser prescriptiva tampoco se puede tener certeza de su respuesta exacta. Por otro lado, tampoco se conoce en la literatura un método ampliamente aceptado para modelar no linealmente los muros de albañilería debido a su compleja composición. Con la finalidad de conocer el desempeño de una institución educativa se ha planteado realizar un análisis no lineal estático acorde a normativa estadounidense ASCE/SEI 41-17 principalmente para conocer la situación actual y su desempeño ante el sismo severo y máximo que especifica la norma peruana sismorresistente E030. Para validar el modelo de la albañilería confinada se plantea realizar una calibración que consiste en comparar la respuesta del ensayo experimental y del modelo

numérico con la finalidad de observar que el resultado sea similar y el modelo numérico refleje la realidad.

Objetivos

Objetivo General

- Realizar la calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y el desempeño de un módulo educativo – Cañete”.

Objetivo Específicos

- Calibrar los muros de albañilería confinada mediante un modelo de tipo link en ETABS.
- Calcular el desempeño de un módulo educativo siguiendo los lineamientos del FEMA 440
- Comparar los resultados entre el análisis sísmico mediante la norma actual peruana E030 y mediante el análisis no lineal estático.

Hipótesis

Toda investigación con enfoque cuantitativo cuenta con una hipótesis si es correlacional y explicativa, salvo excepción que sea un estudio descriptivo que intente pronosticar una cifra o un hecho, a diferencia de la presente investigación que solo busca describir y realizar un análisis entre dos ensayos elaborados por lo cual vamos a determinar cuál es el óptimo ensayo que se aplicará en este proyecto.

Delimitaciones

Delimitación espacial

Esta investigación se desarrolla en el módulo A I.E. N° 20123 Inmaculada Concepción; alma mater de Asia según Tabla 1 y la Figura 1 , en el distrito de Asia, provincia de Cañete, región Lima con imagen satelital como lo muestra la Figura 2.

Tabla 1. Delimitación espacial del proyecto.

Objetivo	Sector
Realizar la calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y desempeño de un módulo educativo – Cañete”.	I.E. N° 20123 Inmaculada concepción; alma mater de Asia, en el distrito de Asia, provincia de Cañete, región Lima.



Figura 1. Ubicación satelital.



Figura 2. I.E. N° 20123 Inmaculada concepción.

Delimitación temporal

El desarrollo para la realización del trabajo de esta investigación propuesta será enmarcado dentro el periodo Abril-Agosto del 2021 según la programación planteada para el desarrollo de la tesis.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Trabajos Previos

2.1.1. A nivel internacional

Gonzales y otros (2020), en su estudio propusieron realizar un análisis dinámico incremental para un hospital que tenía unos 60 años de antigüedad que contenían muros de albañilería artesanal, por la cual como método fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y analítico, con diseño experimental. Como resultado, la curva IDA muestra una estructura con gran rigidez para registrar en un período de tiempo bastante corto. Esto se debe especialmente al efecto del impulso en la curva IDA de primer nivel. Además, se informaron los percentiles 16%, 50% y 8%, que muestran curvas IDA para cada dirección ortogonal. En cada caso, se encontró que la desviación lateral del primer nivel era mayor que la desviación general de la estructura. Por lo tanto, los estudios futuros de vulnerabilidad y riesgo sísmico deben utilizar la curva IDA correspondiente al primer nivel en el cálculo de la curva de vulnerabilidad. El límite de desviación lateral ajustada sísmicamente de Perú es 0.5%, y usando el promedio de las curvas IDA en cada dirección, el primer nivel alcanzado cuando el PGA es menor a 0.35g en NS es la estructura bidireccional y menor PGA 0.40g en la dirección EW, la pared tendrá grietas diagonales en este nivel de demanda y puede alcanzar rápidamente la ocupación por la seguridad de las personas. Se reconoce la necesidad de reforzar dicha facilidad.

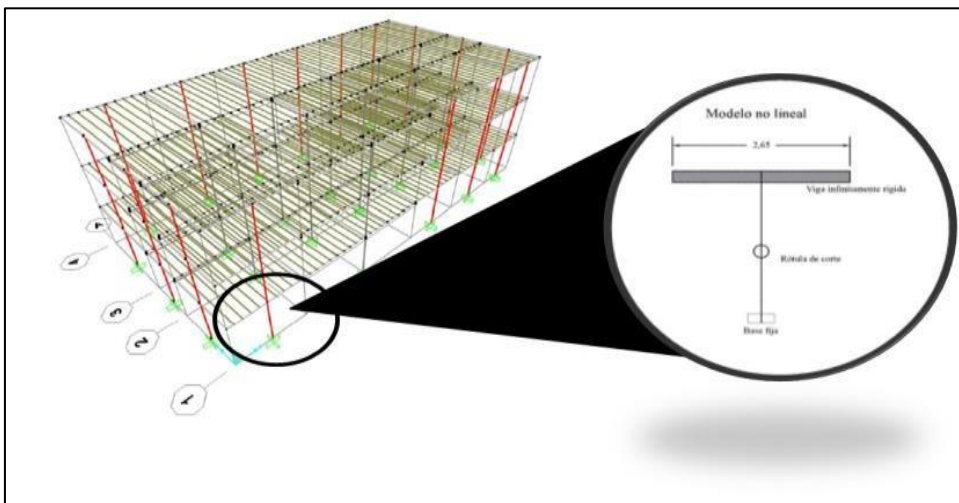


Figura 3. Hospital de 3 niveles con muros de albañilería artesanal.
Fuente: Tomado de Gonzales y otros (2020).

Lakshmi, y otros (2016) en su artículo científico planteo como objetivo general realizar una evaluación sísmica de edificio residencial con muro de mampostería usando etabs. Cuyo enfoque fue cuantitativo, de tipo aplicado, analítico, con diseño no experimental. Como resultados se evidenció que, se ha demostrado que el desplazamiento de la estructura RC con acción Strut es menor en comparación con la estructura RC con Muro de relleno de mampostería. Pero la cizalla de base es más para estructura RC con mampostería en comparación con RC con acción de puntal. La aceleración debe calcularse utilizando $1,36x (Z / 2)$, donde Z es el factor de zona. Observando la capacidad y curvas de demanda que se encuentran en un punto para ambos modelos, significa que el edificio es seguro contra la carga aplicada. Por la cual se concluye que, el relleno en el edificio con marco de RC en estudio se modela como un muro de mampostería de ladrillo con aberturas y un puntal diagonal. Se evalúa la resistencia sísmica de los marcos mediante análisis de empuje. Las respuestas de los marcos como rigidez, base del corte, el desplazamiento y la aceleración de ambos enfoques son casi iguales. La investigación muestra claramente que el enfoque de puntal diagonal es muy eficaz para simular la respuesta sísmica del marco RC con relleno de mampostería.

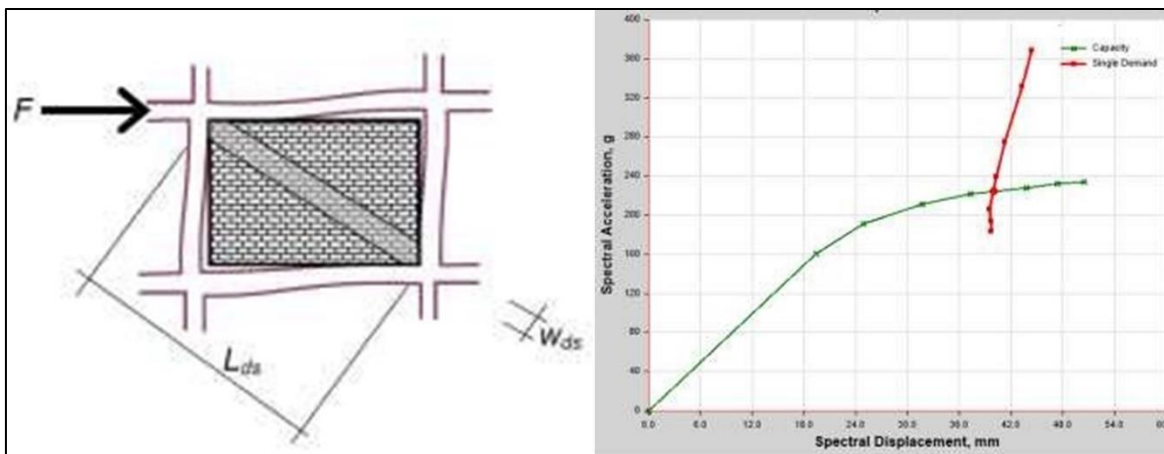


Figura 4. Diseño de muros de albañilería de relleno y cálculo del punto de desempeño.
Fuente: Tomado de Lakshmi y Sant- Hi (2016).

Sáenz (2018), señaló en su investigación el objetivo general de obtener automáticamente una curva de vulnerabilidad para cualquier tipo de estructura modelada de forma lineal o no lineal en el programa Sap200 u otros programas. Se trata de un enfoque de diseño cuantitativo no experimental del tipo aplicado. Por lo tanto, como resultado, de la base de datos utilizada contiene 4076 registros sísmico

de Chile. Aunque este número es alto, el análisis de las curvas de fragilidad solo se interesó por los registros que lograron el adquirente de la estructura más allá de la fluencia y estuvo limitado con estudios junto a estructura de albañilería confinada con una altura mediana, se pueden observar daños estructurales con perfiles de PGA superiores a 0.1(g).

En otras palabras, de los 7076 registros, solo 182 brindan información sobre daños estructurales. Lo restante de los registros tiene un comportamiento elástico que no causa daños. De los 4076 registros, el PGA máximo de 3500 registros es menor de 0.05(g), lo que no proporciona información sobre daños para este tipo de estructuras. Para el análisis de daño estructural en diferentes suelos de acuerdo con la clasificación Nchi 433, esta información de clasificación contiene solo alrededor de 182 registros de $PGA > 0.1(g)$. Para cada categoría, el número de registros fue insuficiente para general una curva de vulnerabilidad confiable, y debido a las distribuciones de datos y la falta de datos, no fue posible ajustar las curvas de suelo estándar para cada categoría.

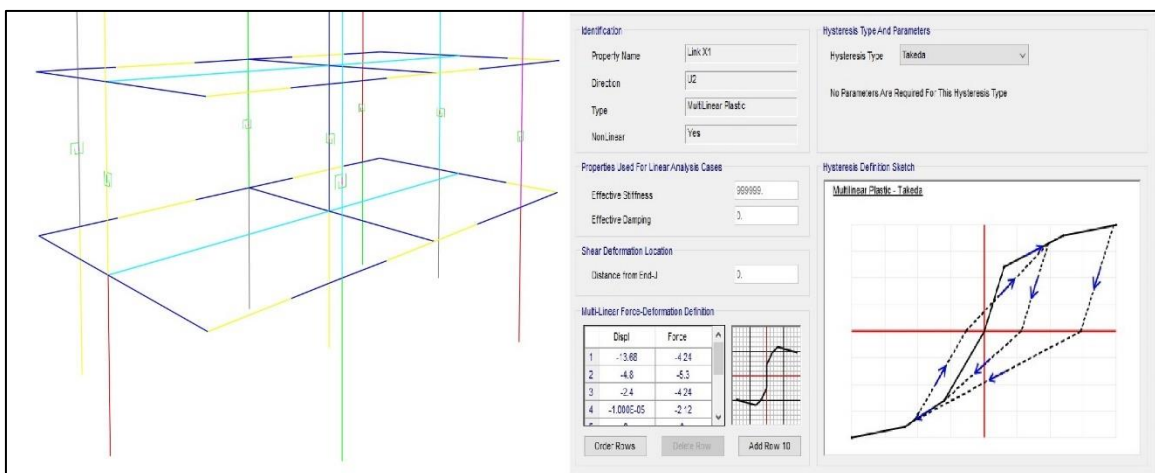


Figura 5. Modelo de plasticidad para albañilería confinada tipo link.
Fuente: Tomado de Sáenz (2018).

Pei y otros (2015) en su artículo planteó como objetivo general realizar un análisis sísmico de empuje y un método de reacondicionamiento aplicado a edificios escolares de RC de poca altura. Por la cual, tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y analítica. El método propuesto, llamado Evaluación de Estructuras Sísmicas de Taiwán por Análisis de Pushover (TEASPA), es un método de espectro de capacidad modificado desarrollado en el manual NCREE después del terremoto

de Chi-Chi de 1999. Como resultados se evidencia que, la curva de empuje obtenida por el análisis no lineal estático utilizando el modelo de bisagra de plástico de ASCE 41 es bastante conservador. Además, la curva de empuje obtenida por el análisis no lineal estático con TEASPA es más razonable en comparación con la prueba de empuje.

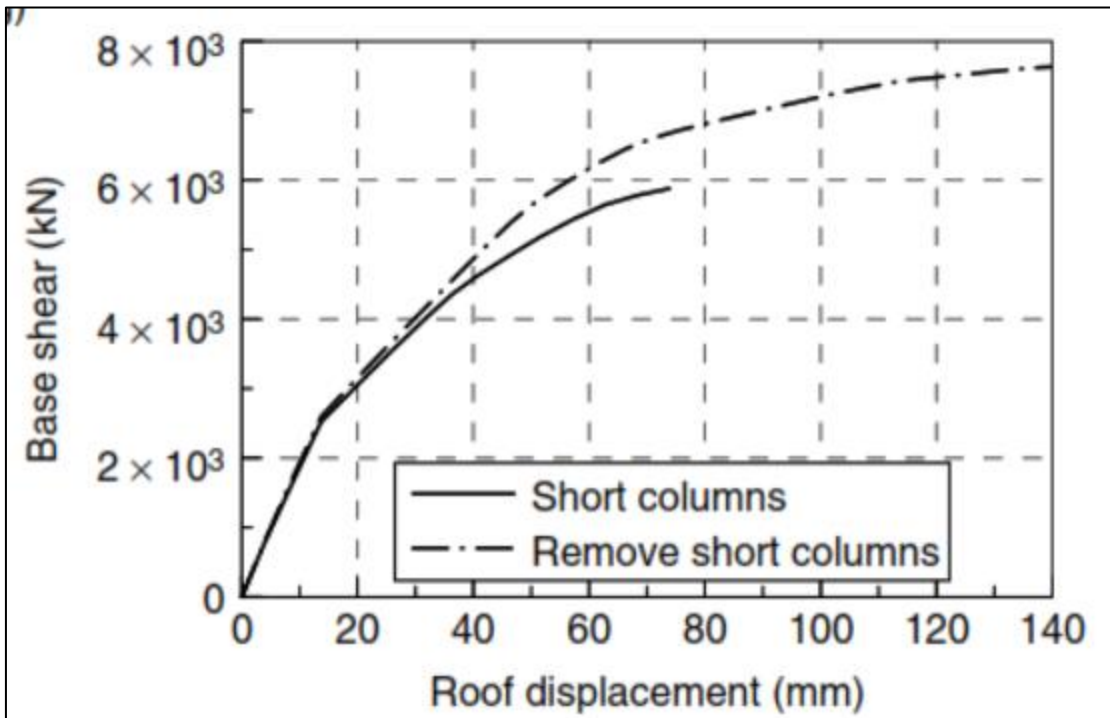


Figura 6. Curva de capacidad considerando y sin considerar las columnas cortas.
Fuente: Tomado de Pei y otros (2015).

Oyguc (2011) en su estudio planteó como objetivo principal investigar el comportamiento sísmico de los edificios escolares de hormigón armado (RC) después de los terremotos de Van de 2011. Siendo el enfoque cuantitativo, de tipo analítico y aplicada, con diseño no experimental. Como resultado, para tener una idea de las demandas de ductilidad impuestas a los edificios, los valores de aceleración espectral se comparan con los coeficientes sísmicos del código al que se adaptaron los edificios. Se puede concluir que la calidad de la construcción y el detalle del refuerzo son los problemas clave que afectan el desempeño sísmico de los edificios escolares de RC.

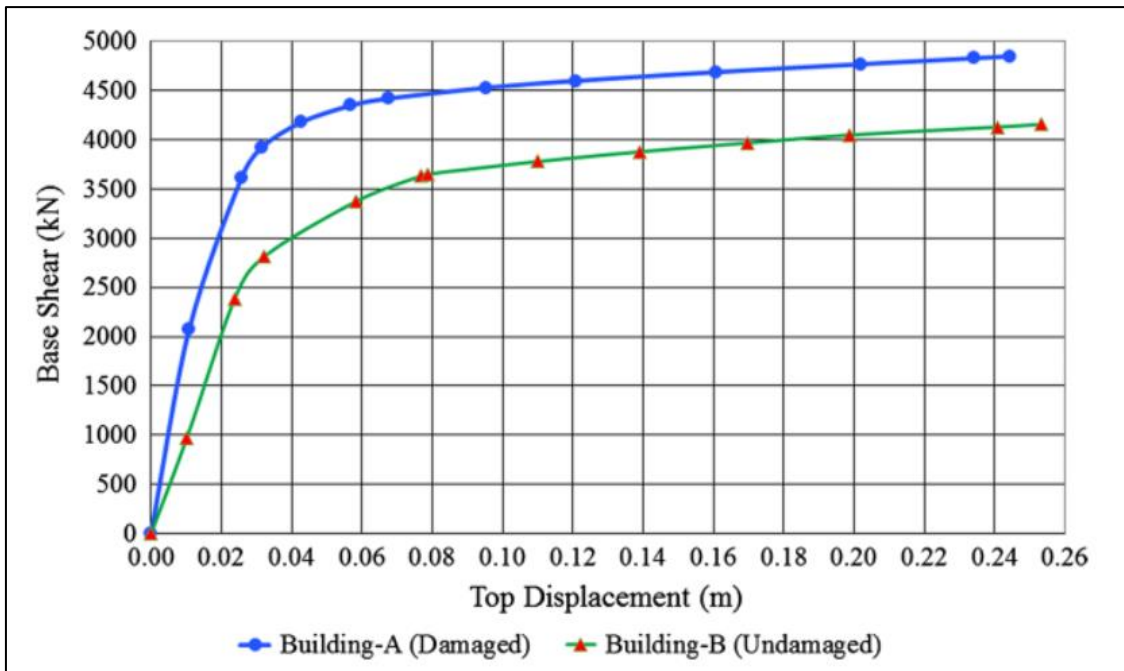


Figura 7. Curva de capacidad para el colegio sin daño y con daño.
Fuente: Tomado de Oyguc (2016).

2.2.2. A nivel nacional

En el estudio de Cumpa y Quispe (2019), el objetivo general fue determinar el desempeño estructural de la I.E. N°50217 en la comunidad Umachurco - San Salvador, tomando en cuenta los lineamientos de los documentos FEMA 356 y ATC-40 a diferentes limitaciones sísmicas, realizando el AENL (Pushover). Con un enfoque cuantitativo, el nivel de investigación de esta monografía es descriptivo y el diseño de la investigación es experimental. Además, la muestra elegida por conveniencia y es el bloque de la I.E. N°50217 en la comunidad Umachurco - Cusco.

Los resultados muestran que la representación estructural estudiada se realizó mediante modelado 3D utilizando el software estructural CSI SAP 2000, donde se realizó el análisis sísmico a partir del análisis estático lineal, tomando en cuenta la norma de diseño sísmico E030 para los primeros resultados, luego realizar el análisis sísmico de acuerdo a la normativa peruana y comenzar a editar la información necesaria para realizar el análisis estático no lineal de acuerdo con los lineamientos de las regulaciones estadounidenses FEMA 356 y ATC 40, teniendo en cuenta el modelo de degradación de la rigidez de los componentes estructurales sismo resistentes.

Al realizar el AENL, se crea la primera rótula con una fuerza de corte de 122,93 toneladas y un desplazamiento de 1,11 cm. Esto indica que la estructura está dentro del rango desde este punto es inelástica. El desplazamiento máximo se generó con un esfuerzo cortante de 282.06 toneladas y un desplazamiento horizontal de 7.0 cm, y se determinó el nivel de desempeño final. En el caso de sismo de servicio, la estructura tiene un nivel funcional de capacidad de actividad, y en el caso de sismo de diseño, la estructura es segura y finalmente, debido a la situación de crisis (sismo máximo), la estructura colapsó (Cumpa, y otros, 2019).

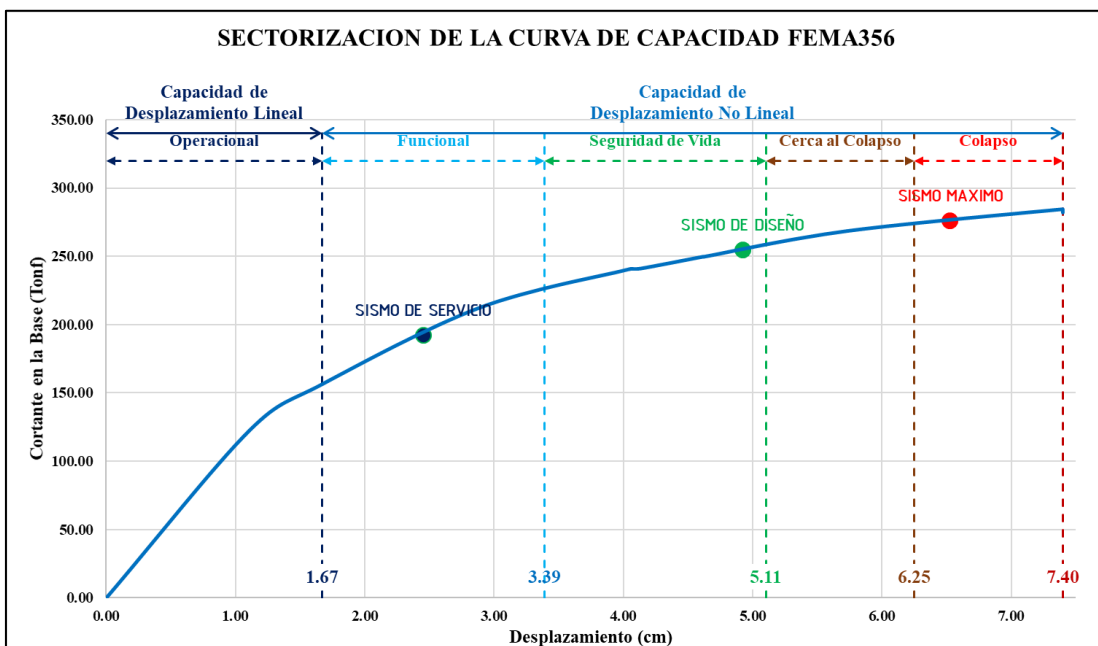


Figura 8. Cálculo del desempeño a 3 niveles de intensidad sísmica. Fuente: Tomado de Cumpa y Quispe (2019).

Según Ávila (2018), el objetivo principal es evaluar el factor de reducción de la resistencia sísmica de las edificaciones para las que se proporciona un análisis estático no lineal (AENL), también conocido como pushover para un sistema estructural aporticado. Por lo tanto, este estudio es un diseño descriptivo, aplicado, con diseño no experimental. Por lo tanto, el resultado del propósito general, el factor de reducción R de la estructura aporticado de 4 niveles obtenido por un análisis estático no lineal en el eje XX es 10.55, y al coeficiente R de la norma E.030 excede en 31.8%, para el eje YY es 13.23 y supera el 65% del factor R de la norma E.030. De lo anterior se sabe que el coeficientes obtenidos es mayor que el coeficiente de la norma E.030 para un sistema aporticado con $R=8$ ya que planta y altura de los dos ejes son estructura regulares.

Por lo tanto, se puede concluir que es muy bueno porque es conservador ya que los coeficientes obtenidos en la región no lineal de la estructura son mayores que los coeficientes del criterio E.030, sería inaceptable que se han amenuenados con un análisis estático no lineal, por lo siguiente en la configuración estructural con motivos que el R, influye en el diseño estructural que se ve incluido en la cortante basal.

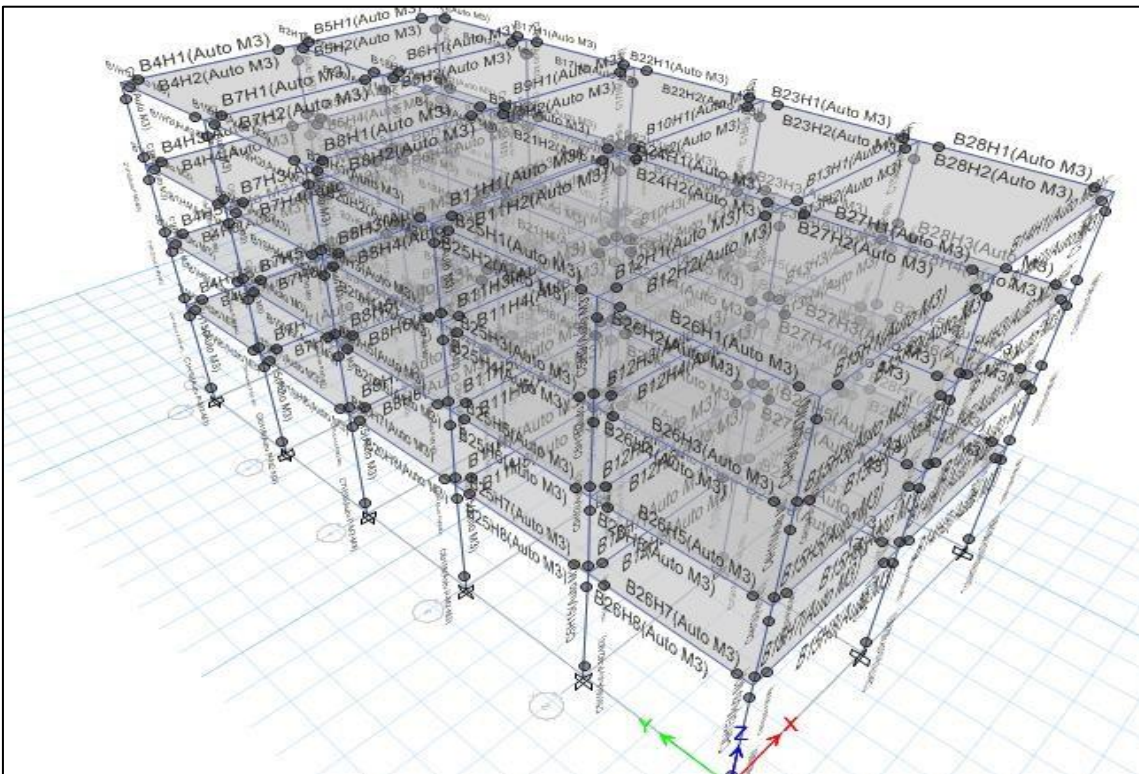


Figura 9. Edificio de pórticos con rotulas plásticas en columnas y vigas.
Fuente: Tomado de Ávila (2019).

Arone (2019) en su tesis planteo como objetivo general planteo como objetivo principal evaluar la vulnerabilidad sísmica estructural de la I.E. N° 1199 Mariscal Ramón Castilla UGEL N°6 del distrito de Chaclacayo. siendo el enfoque del estudio cuantitativa, de tipo aplicada, con diseño correlacional causal y no experimental. Como resultados se evidenció que, para un sismo frecuente tiene una demanda sísmica en una aceleración máxima de 0.17gr. y son menores en 16% a los por coeficientes estimados anteriormente, para un sismo ocasional con una aceleración máxima de 0.23 gr., también es menor en un 9% a los por coeficientes estimados anteriormente, para un sismo raro tiene una aceleración máxima de 0.48g y son mayores relativamente en un 16% a los por coeficientes estimados anteriormente.

Y para un sismo muy raro tiene una demanda de 0.58 gr. y son mayores también en un 14% a los por coeficientes estimados anteriormente. Por su parte con respecto al desempeño estructural se evidencia que, el método del análisis estático no lineal es un método eficiente para estimar el desempeño de una edificación construida. También permite identificar las secciones críticas y tomar medidas al respecto. Por la cual se concluye que, para la estructura con condiciones actuales presentan los siguientes desempeños, para un sismo frecuente y ocasional la estructura tendrá un desempeño de ocupación inmediata, para un sismo raro la estructura tendrá un desempeño de seguridad de vida, para un sismo muy raro la estructura tendrá un desempeño de prevención del colapso.

Para la estructura con reforzada con las columnas centrales presentan los siguientes desempeños, para un sismo frecuente tendrá el desempeño de Operacional, caracterizado por tener un daño leve, para un sismo ocasional, raro y muy raro tendrá el desempeño de Ocupación Inmediata, es decir la estructura puede seguir brindando servicios después que ocurra un sismo.

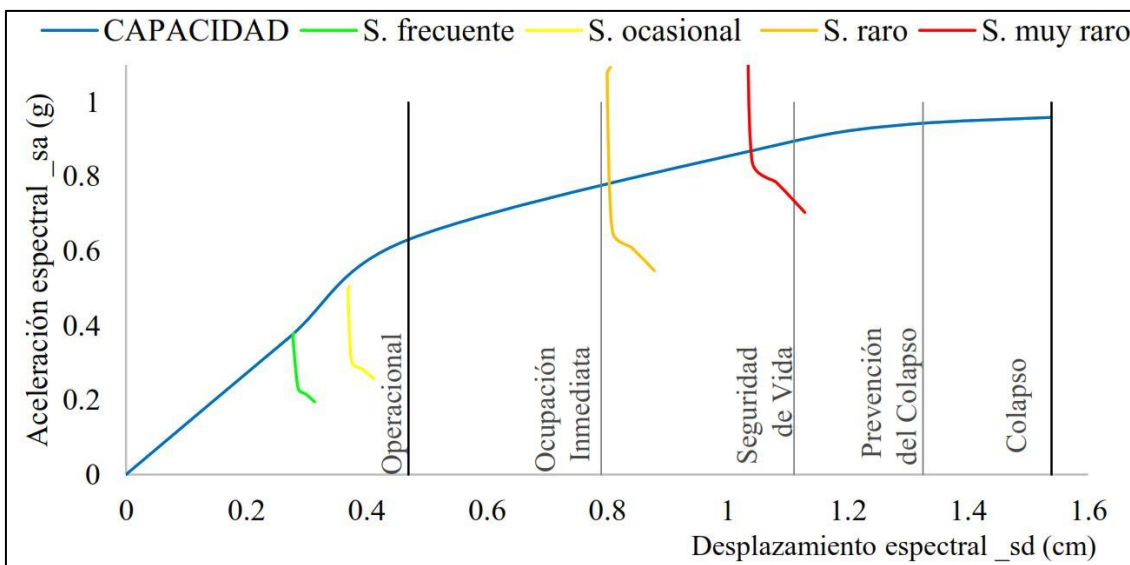


Figura 10. Cálculo del desempeño a 4 niveles de intensidad sísmica.
Fuente: Tomado de Arone (2019).

Loa (1997) , en su estudio propuesto como objetivo común para evaluar el desempeño sísmico aplicando tres técnicas de refuerzo durante etapas de periodos progresivos, aplicadas a edificaciones escolares típicos peruanos construidos antes de 1997. Además, como enfoque utilizado fue cuantitativo, de tipo aplicada, no experimental. Como resultado, el sistema estructural existente ha demostrado ser

tan flexible que se produzcan grandes desplazamientos durante sismo de baja intensidad.

El refuerzo se justifica porque el desempeño de la estructura existente ni si quiera cumple con las expectativas de la estructura tradicional. Además, si la columna no cuenta con refuerzo lateral necesario la capacidad de flexión de la columna será mucho menor de la estimada y puede cola pasar rápidamente en caso de algún sismo ocasional, por lo que cuando se suelta la junta puede provocar grandes problemas.

Similar a, un aspecto importante encontrado en el estudio es que el módulo 780PRE no tiene desempeño sísmico esperado en la dirección lateral. En sismos ocasionales, alcanza el nivel funcional esencial, pero en sismo raro la cimentación no es capaz de soportar el nivel de fuerza lateral del muro, reduciendo la resistencia del mismo. Esto no se ha corregido en estudios anteriores obteniendo resultados inconsistentes. A partir del análisis de la perdida esperada, se estima que la perdida esperara disminuye del 49% al 15% durante el primer periodo de refuerzo. sin embargo, la reducción en la fase dos es del 15% al 8% y el costo de la intervención es el 21.1% del costo de la estructura.

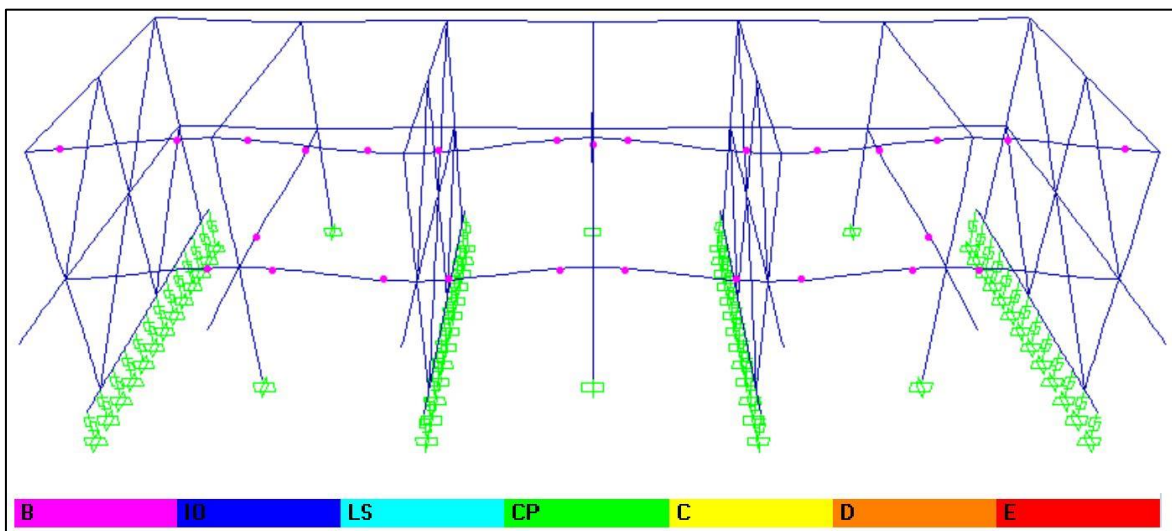


Figura 11. Modelo de plasticidad para albañilería confinada tipo puntual diagonal.
Fuente: Tomado de Loa (2017).

Zavala y otros (2003) , en su estudio señalaron el objetivo general de determinar el comportamiento de una vivienda de ladrillos de dos pisos a carga laterales a

través de ensayos en línea. Asimismo, el estudio fue cuantitativo, tipo aplica, no exprima. Los resultados demostraron. Como resultados obtenidos se evidenció que, se han presentado las características de daño estructural más frecuentes que se generan durante eventos sísmicos en estructuras de mampostería tradicional, Además, los procedimientos de análisis estructural combinados con el conocimiento de los materiales locales producen resultados fiables en el diagnóstico del comportamiento sísmico y los niveles de daños previstos. Por otro lado, en la actualidad los criterios de diseños sísmico protegen la vida de los ocupantes, en casos de edificios esenciales deben cumplir la salvaguarda la vida mas no el criterio de funcionalidad del centro de asistencia; con los límites que poseen la norma en la actualidad.

En este sentido, se presentaron los valores de deformación reales de la estructura de ladrillos de arcilla cocida para proporcionar una imagen de los valores de diagnóstico durante el análisis. Finalmente, a modo de ejemplo, las grietas se crean primero con un desplazamiento de 1/3200 y, en las condiciones más extremas, las grietas se producen de lado a lado, las paredes pierden su posición recta, existe el riesgo de colapso y las ventanas y puertas pueden no se pueden abrir porque colapsaron. Proporciona 1/100 de deriva.

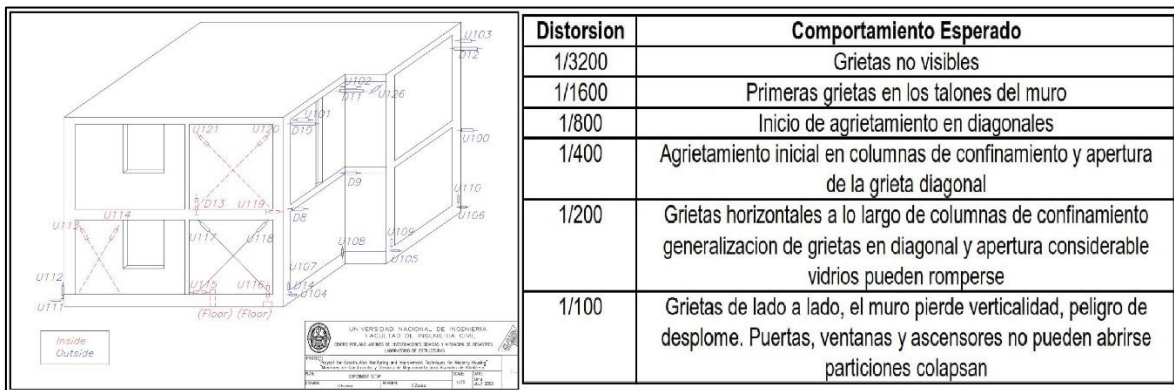


Figura 12. Derivas de estados de daños para albañilería confinada de dos niveles.
Fuente: Tomado de Zavala et al. (2003).

2.2. Teorías relacionadas al tema

Análisis lineal modal-espectral

La evaluación frente a cargas laterales es relevante cuando debido a su ubicación presenta actividad sísmica elevada (Tavera, y otros, 1998). El análisis que se realiza para este tipo de análisis es lineal, esta puede ser estático si el edificio es menor a 5 pisos o dinámico en caso contrario, para realizar este tipo de análisis y estimar la respuesta real, se utiliza los lineamientos presentados en la norma (SENCICO, 2018).

Para realizar este tipo de procedimiento con la norma E030 se debe de conocer el tipo de estructura sismo-resistente para determinar el factor "R", el tipo de suelo para evaluar el factor "S", el uso de la vivienda para determinar el factor "U", el periodo de la edificación para calcular el factor "C", la ubicación donde se encuentre la estructura para determinar su aceleración en el suelo "Z" y por último si existen irregularidades de altura o planta que modificar al factor "R" (SENCICO, 2018). Esto se logra debido a que estas características han sido analizadas en función de su ductilidad, sobre resistencia y redundancia (Muñoz, 2009). Por último, la respuesta total se obtiene al considerar todos los modos en función de su masa participativa mediante la regla de combinación cuadrática completa (CQC por sus siglas en inglés) (Chopra, 2014).

La albañilería confinada se realizará la verificación por corte

La albañilería confinada tiene que ser verificado por corte, por contar con gran rigidez y por lo tanto tiene limitado desplazamiento y de contar bajas derivas, por lo tanto, para el método de colapso se debe verificar por corte en la mayoría de veces. Por lo consiguiente de acuerdo a la norma E070 (SENCICO, 2006); se llegó a computar su curva de capacidad por corte V_m con las siguientes ecuaciones 2.1 y 2.2.

$$0.33 \leq \alpha = \frac{V_e * L}{M_e} \leq 1 \quad (2.1)$$

$$V_m = 0.5 v_m * \alpha * t * L + 0.23 * P_g \quad (2.2)$$

Entonces:

α = Factor de corte que depende de la esbeltez del muro

V_e = Fuerza cortante del muro, obtenido de un análisis elástico

M_e = Momento flector del muro, de la obtención para un análisis elástico.

L = Longitud o distancia del muro de albañilería confinada

V_m = Resistencia por corte del muro de albañilería

v_m = Resistencia característica de la albañilería a la corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.

t = Espesor del muro de albañilería.

P_g = Carga de servicio

Análisis estático no lineal y desempeño

El análisis Pushover se basa en el supuesto de que las estructuras oscilan predominantemente en el modo fundamental de vibración durante un evento sísmico. Esto conduce a una reducción del sistema Múltiples grados de libertad [MDOF] a un sistema equivalente de un solo grado de libertad [SDOF] como se muestra en la Figura 13 (Krawinkler y Seneviratna, 1998).

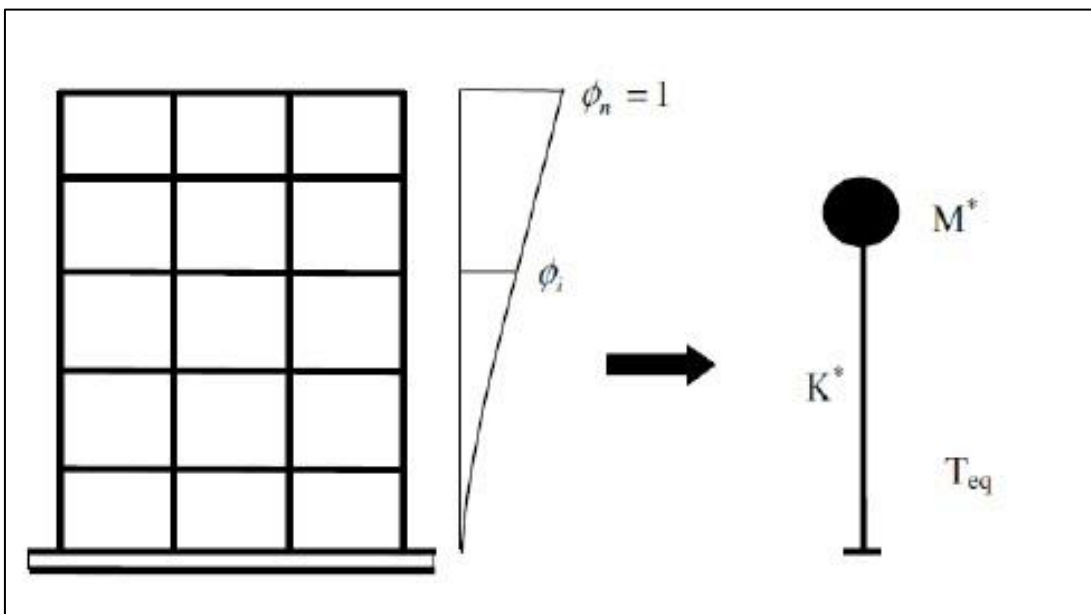


Figura 13.Reducción de un sistema de MDOF a SDOF

Fuente: Tomado de Torrealva (2016).

El análisis pushover consiste en representar la acción del sismo sobre el edificio como una carga horizontal distribuida con un patrón predeterminado en altura. Según el (ASCE-41-17, 2017), el patrón de cargas a considerar para el análisis no lineal estático [ANLE] será acorde con la forma del modo fundamental en la

dirección de análisis. La aplicación de dicho patrón de carga horizontal se efectúa de manera incremental empezando desde cero hasta niveles de fuerza que exigen a los elementos estructurales más allá del rango elástico, de manera que se pueda identificar el deterioro progresivo del edificio y el modo de falla de la estructura. La aplicación incremental de carga horizontal genera desplazamientos laterales cada vez mayores los cuales se pueden luego relacionar con los desplazamientos que demanden sismos de grado cada vez mayor. Como resultado del análisis pushover, se construye una gráfica de relación Fuerza Cortante Basal vs Desplazamiento en el Techo o Curva de Capacidad, que da una clara indicación de la respuesta completa de la estructura que abarca el rango lineal, rango no lineal y punto de capacidad última de la estructura. Como se muestra en la Figura 14.

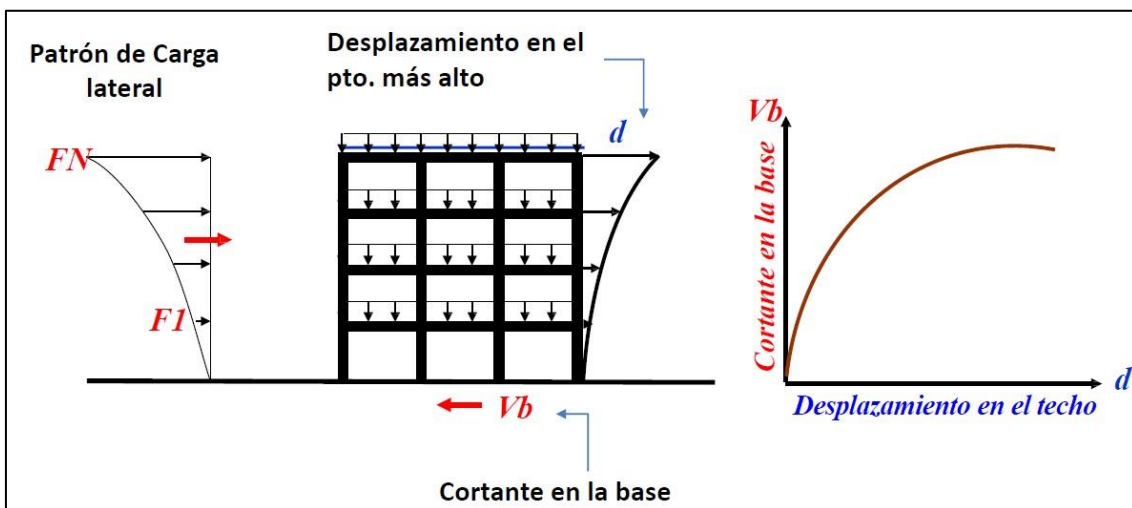


Figura 14. Obtención de la curva de capacidad en el análisis Pushover.
Fuente: Tomado de Torrealva (2016).

El procedimiento para determinar el nivel desempeño en un análisis Pushover es el siguiente:

- a) **Elaborar el modelo no lineal de la estructura:** Además de la geometría de la estructura, incluye la cantidad y distribución del acero de refuerzo en los elementos estructurales y las propiedades no lineales del material acero y concreto.
- b) **Aplicación de cargas de gravedad:** Se consideran las cargas del peso propio y sobrecarga como carga inicial.
- c) **Construcción de la curva de capacidad:** La construcción de la curva de

capacidad se obtiene al realizar un gráfico que tenga como abscisa el desplazamiento del punto de control del nudo central del último techo y en el eje de las ordenadas la cortante basal en la base del edificio al aplicar un patrón de cargas que para el proyecto será acorde al primer modo como se observa en la Figura 14.

- d) Conversión de curva de capacidad a espectro de capacidad:** Con las propiedades dinámicas como el factor de participación y masa efectiva se puede realizar esta conversión para estar en las mismas variables que el espectro de demanda, la conversión se muestra en la Figura 15.

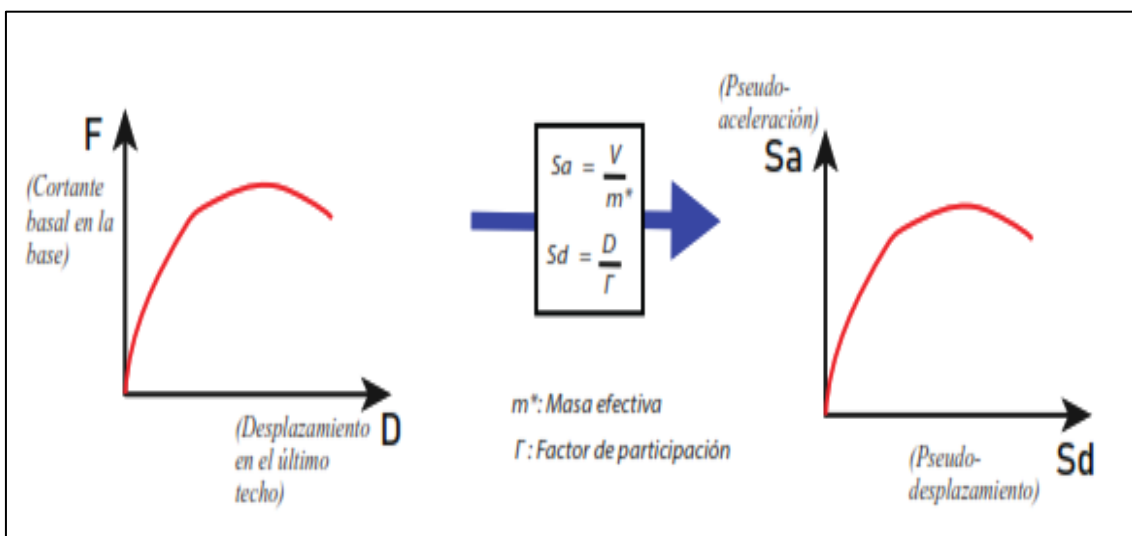


Figura 15. Conversión de curva de capacidad a espectro de capacidad.

Esta conversión es necesaria dado que el punto de desempeño se encuentra en desplazamiento espectral (desplazamiento del suelo) y para otros requerimientos como la sectorización según el (1995) se realiza a partir de la curva de capacidad, donde el desplazamiento es respecto del techo.

Espectro de diseño y máximo considerado: En la norma (SENCICO, 2018) Diseño sismo-resistente, en el Artículo 3 Filosofía de diseño sismo-resistente nos menciona el sismo moderado y el sismo severo que son los niveles de sismo para los cuales se establece un desempeño esperado de las edificaciones. Si bien la norma (SENCICO, 2018) no define explícitamente ninguno de los dos tipos de sismo, el sismo de diseño es comúnmente aceptado, definido como el sismo con un periodo que tiene de retorno de 475 años y que cuenta con una probabilidad del 10% de ocurrir en los próximos 50 años, es el sismo severo.

Con respecto al sismo máximo, la norma peruana (E031, 2019) de aislamiento sísmico en la sección 4.11 define el sismo máximo considerado como 1.5 veces el sismo de diseño especificado en la norma técnica E030 Diseño Sismorresistente. El sismo máximo es definido según la norma (ASCE-7-16, 2016), en la cual se basa el reglamento peruano, en la sección 21.3 como 1.5 veces el sismo de diseño y en la sección 21.5 de dicha norma, define al sismo máximo considerado como el sismo que cuenta con 2 % de probabilidad de ocurrencia cada 50 años (con un periodo de retorno cada 2475 años), tal como es solicitado en los términos de referencia. El sismo de diseño y máximo se presentan en la Figura 16.

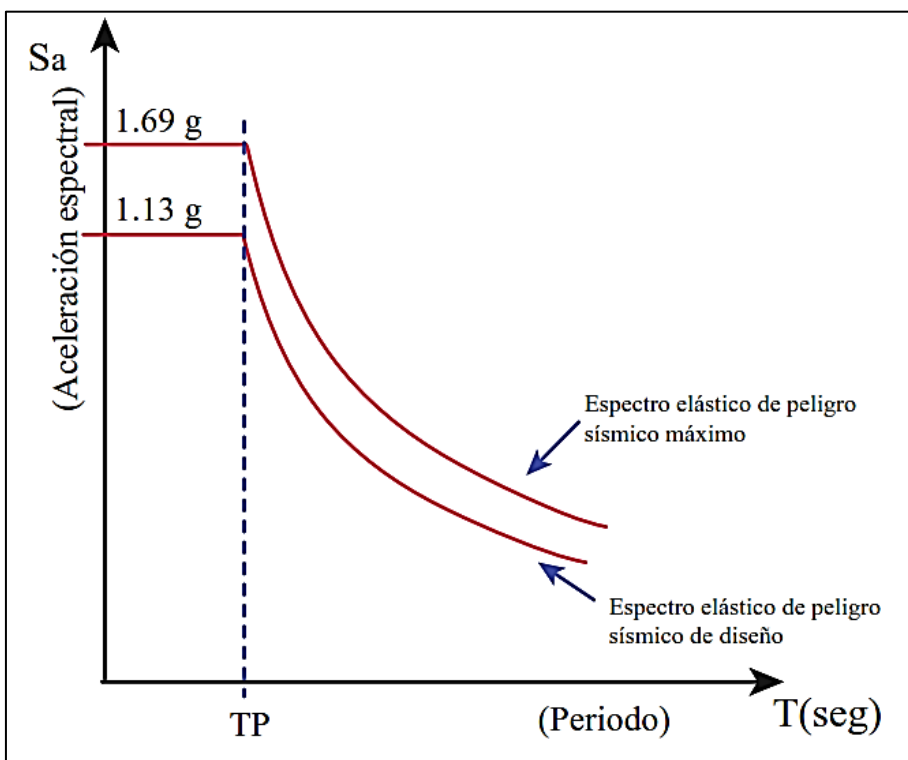


Figura 16. Espectro de sismo de diseño y máximo considerado.

Cálculo del punto de desempeño: De acuerdo con el FEMA-440, para calcular el desempeño de la estructura se convierte la Curva de Capacidad en curva de “Espectro de Capacidad” mediante una transformación de variables de Fuerza a Aceleración Espectral (S_a) y de Desplazamiento a Desplazamiento Espectral (S_d), esto con la finalidad de tener la capacidad de la estructura representada en las mismas variables de la demanda sísmica. La intersección de las curvas de capacidad espectral y de demanda espectral elástica para el nivel de sismo que se desee verificar nos dará el punto donde la estructura cumple con soportar la

demanda sísmica, pero sin considerar el daño que se refleja como un aumento de amortiguamiento, al considerar el aumento de amortiguamiento se obtiene el punto de desempeño real de la estructura como se observa en la Figura 17.

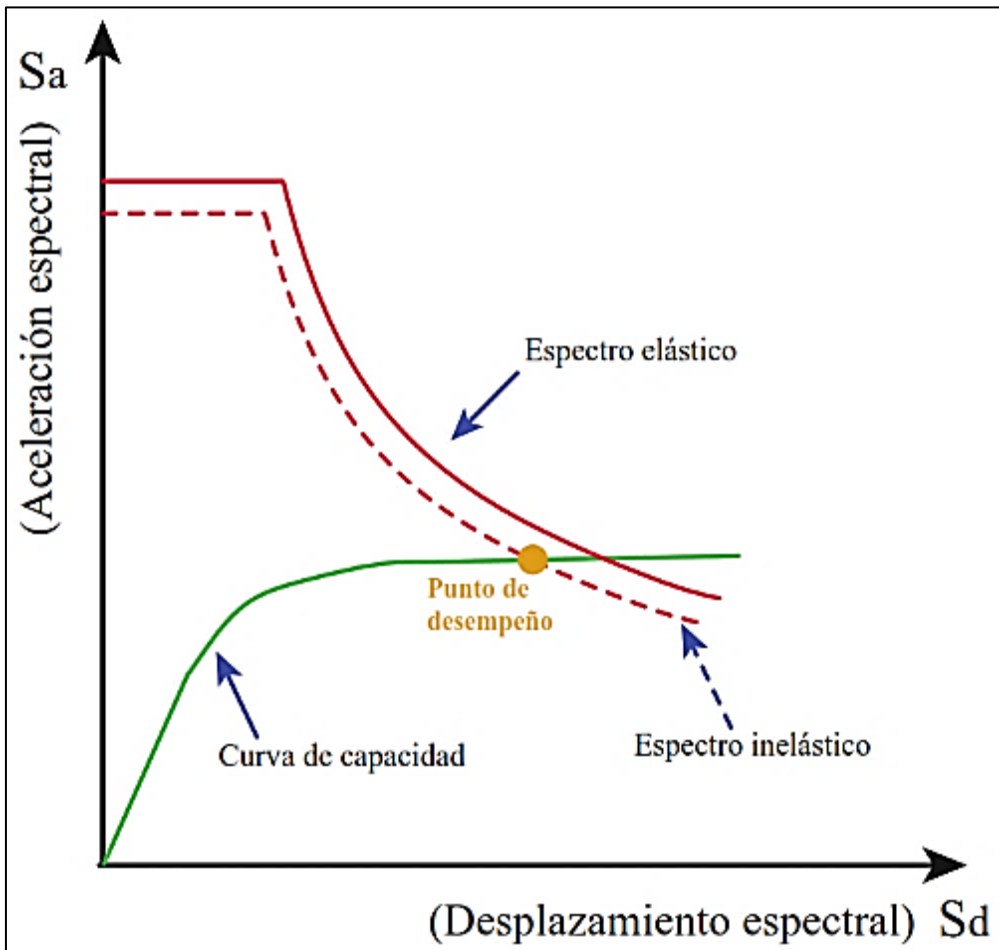


Figura 17. Punto de desempeño entre la curva de capacidad y espectro inelástico.

Para realizar este procedimiento se siguen los pasos que plantea el FEMA 440 en el documento del (FEMA 440, 2005)(método C).

Determinación del nivel de desempeño:

Una vez que se ha obtenido la curva de capacidad del edificio y el punto de desempeño, existiendo formas para evaluar el desempeño de la edificación:

1. A partir del desplazamiento espectral en el punto de desempeño, calcular los desplazamientos de la estructura en el rango no lineal y la correspondiente deriva máxima, la cual se compara con los límites que establece el ATC40 para

definir los rangos de ocupación inmediata y resguardo de vida como lo descrito en la Tabla 3.

2. Consiste en la sectorización de la curva de capacidad en rangos de desplazamiento inelástico y el desempeño del edificio se determina por la ubicación del punto de desempeño en uno de estos rangos según (SEAO, 1995). Como se muestra en la Figura 18.

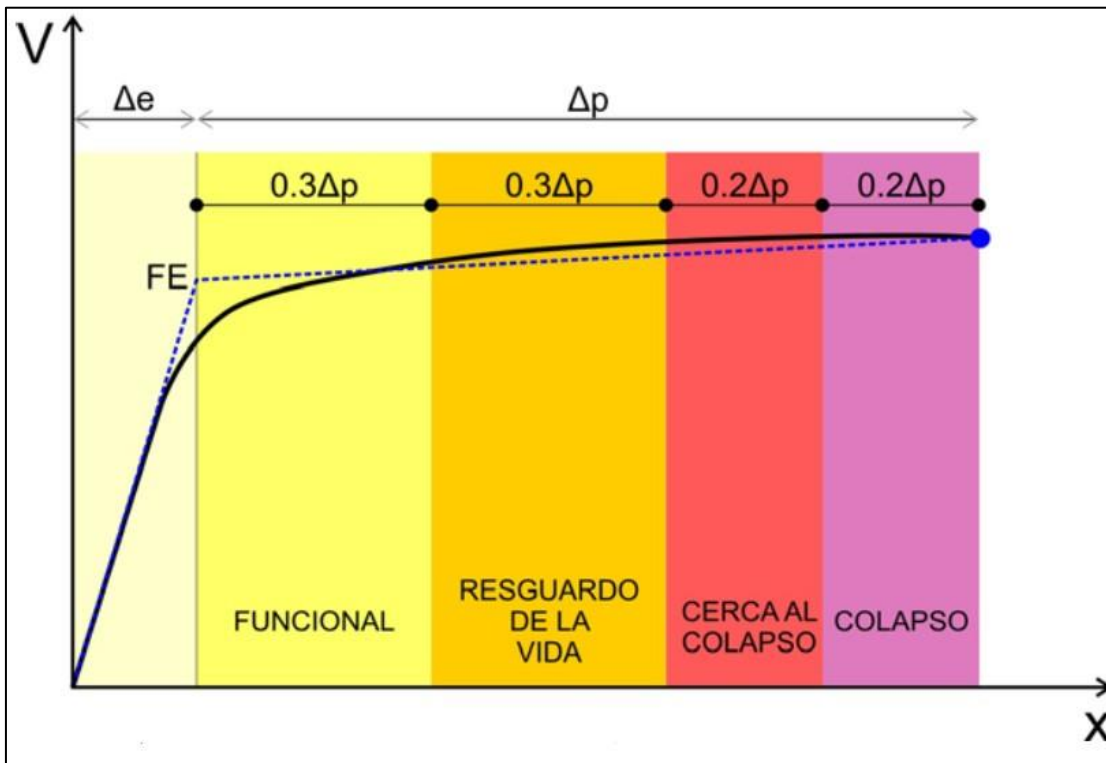


Figura 18. Sectorización propuesta por el SEAO.
Fuente: Tomado de (Muñoz, 2009).

En la Figura 18 se muestra la curva de capacidad y una bi - linealización de la curva de capacidad con el fin de determinar donde inicia el desplazamiento plástico. La bilinealización se realiza mediante dos rectas, una que siga con la pendiente de la parte elástica y la otra que una el punto final de la curva con el fin de la parte elástica, teniendo en cuenta que se cumpla el equilibrio de energía (área sobre la línea sea aproximadamente igual al área bajo la línea). El desplazamiento inelástico se divide en tramos de 0.3, 0.3, 0.2 y 0.2 con el fin de sectorizarlo en 4 desempeños, funcional, resguardo de la vida, cerca de colapso y colapso respectivamente. El desempeño del edificio se encuentra en el sector que caiga el punto de desempeño. Cada nivel de desempeño se describe según el SEAO acorde a la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación del desempeño según SEAOC

Desempeño	Comentarios sobre el significado del estado en el desempeño según SEAOC
Completamente operacional	No hay daño. El edificio es seguro. Todas las instalaciones y servicio operan normalmente. La estructura conserva su rigidez y resistencia. No es necesario hacer reparaciones.
Ocupación inmediata	Daño reducido en componentes no estructurales sin compromiso para la seguridad de los ocupantes. Daño muy reducido en elementos estructurales sin compromiso de la seguridad general. La estructura mantiene casi íntegramente su resistencia y rigidez. Luego del sismo, las instalaciones y servicios están operativos o podrían estar parcialmente interrumpidos, pero podrían ser fácilmente recuperados.
Resguardo devida	Daño estructural y no estructural moderado. La estructura ha perdido una parte importante de su rigidez y resistencia, pero conserva un margen de seguridad contra el colapso. Luego del sismo, es baja la probabilidad de derrumbes. Los ascensores podrían estar fuera de servicio, pero las rutas de evacuación están seguras. El edificio podría repararse, aunque no siempre resulte económicamente aconsejable.
Cerca al colapso	Daño importante y extendido. La estructura ha sido seriamente afectada en su capacidad de resistir acciones laterales y cargas de gravedad, pero aún conserva un pequeño margen contra el colapso. Componentes no estructurales desplomadas o en peligro de hacerlo. Probablemente, no es técnica o económicamente posible reparar el edificio. Las réplicas podrían ocasionar el colapso.
Colapso	La estructura no puede ya resistir acciones laterales y ha perdido su competencia para cargas de gravedad. Pérdida de verticalidad y problemas de inestabilidad. Colapso parcial o total. No es posible reparar la edificación.

Fuente: según SEAOC.

El ATC-40 define cuatro niveles de desempeño: Ocupación Inmediata, Control de Daño, Resguardo de Vida y Estabilidad Estructural, relacionando el desempeño del edificio con unos límites máximos de deriva lateral de entrepiso, lo que se muestran en la Tabla 3 (ATC, 1996).

Tabla 3. Límites de deriva según el ATC-40.

Deriva de entrepiso	Niveles de desempeño			
	Ocupación inmediata	Control de daño	Seguridad de vida	Estabilidad estructural
Deriva máximo total	0.01	0.01-0.02	0.02	0.33V/P
Deriva máxima inelástica	0.005	0.005-0.015	sin límite	sin límite

Fuente: según el ATC-40.

No linealidad del material

Los materiales que se han considerado en esta sección son el acero y el concreto, debido que sus diagramas constitutivos son necesarios para el cálculo del diagrama de momento-curvatura de la sección. El diagrama se calcula en base a la compatibilidad de deformaciones, equilibrio y diagramas constitutivos de los materiales (Ottazzi, 2018).

Para el concreto se ha considerado el modelo de Mander que diferencia entre el concreto sin confinar y confinado, tal como se observa en la Figura 19.

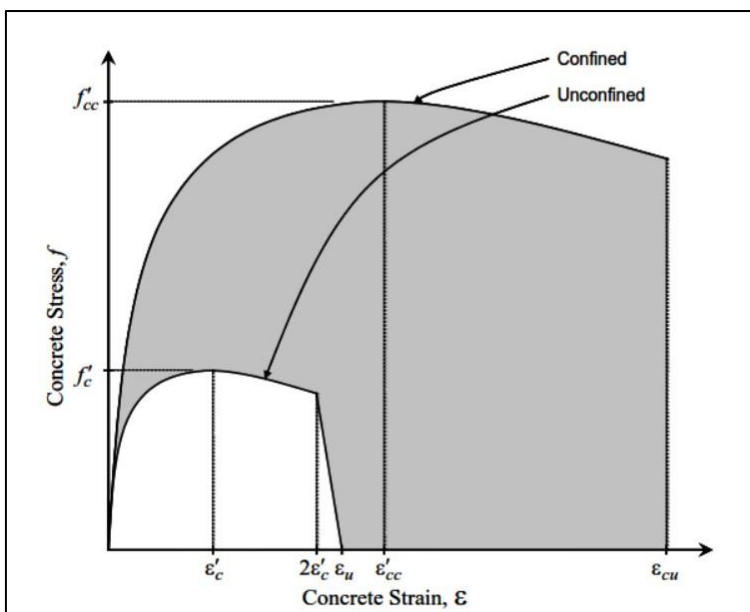


Figura 19. Modelo Mander para el concreto confinado y sin confinar.
Fuente: Tomado de (CSI, 2018).

La resistencia se incrementa un poco y la deformación última aumenta bastante más en el concreto confinado, esto depende si hay el núcleo se encuentra bien confinado y más aún si está espaciado a pequeñas distancias. Acorde a Mander, y otros (1988) para el concreto sin confinar, se considera un valor de máxima resistencia en 0.002 y los demás valores de la curva en función de este.

El modelo que se utiliza para el acero es el modelo simple que considera la parte elástica, la plataforma perfectamente plástica, el endurecimiento y el ablandamiento del acero refuerzo como se observa en la Figura 20. (Holzer, y otros, 1975)

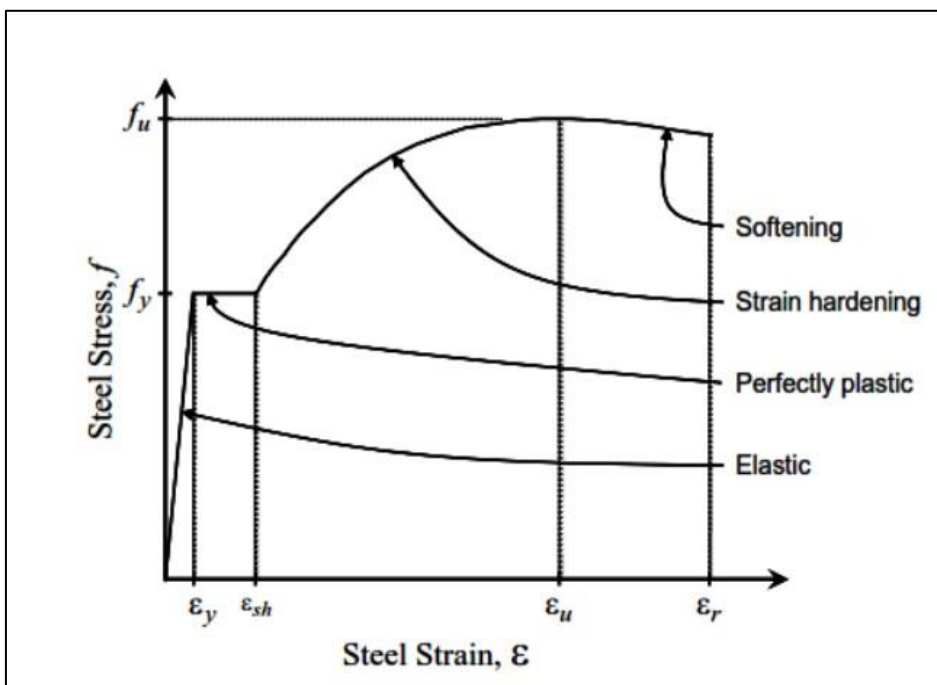


Figura 20. Modelo simple para el acero de refuerzo.
Fuente: Tomado de (CSI, 2018).

Se ha considerado para las propiedades mecánicas del acero, los valores otorgados por el fabricante en el Perú, Aceros Arequipa, un esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm², esfuerzo último de 6300 kg/cm², deformación de fluencia de 0.0021 y deformación última de 12% (Arequipa, 2019)

Modelos no lineales para los elementos estructurales

Los modelos inelásticos se pueden diferenciar acorde a cómo se distribuye la plasticidad a lo largo del elemento y a lo largo de la sección (Deierlein et al., 2010). En la Figura 21 se muestran ejemplos de 5 tipos de modelos para columnas y vigas.

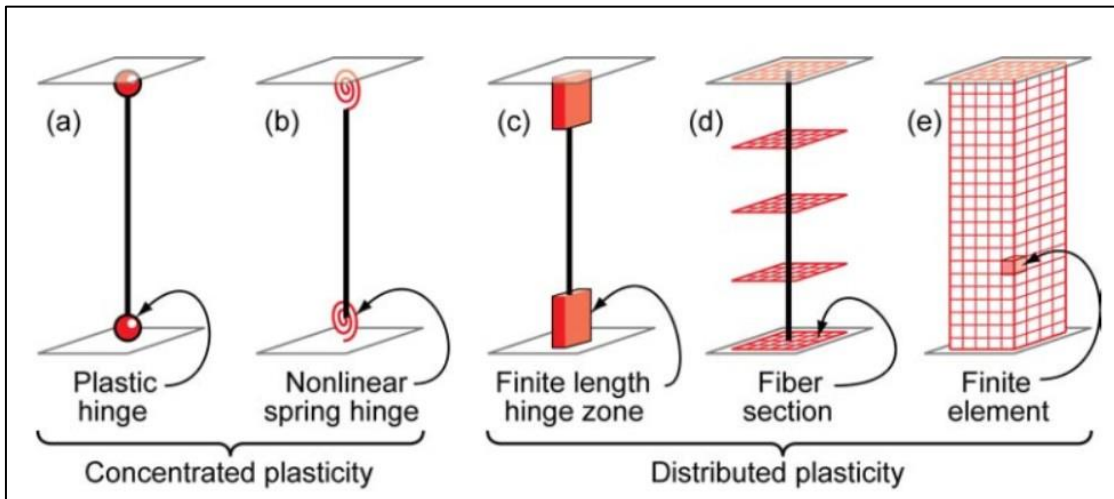


Figura 21. Idealización de modelos para vigas y columnas.
Fuente: Tomado de (Deierlein, y otros, 2010).

El modelo más simple es el de plasticidad concentrada que contiene la plasticidad del elemento estructural mediante un punto en el elemento estructural que tiene información del diagrama momento-rotación plástica para determinar el estado de daño del elemento. Los modelos más sofisticados son los de plasticidad distribuida que contienen la información de cada fibra del elemento de su material (concreto y acero de refuerzo) a lo largo del elemento y en su misma sección, mediante la representación de sus diagramas uniaxiales (Deierlein, y otros, 2010). Al contar el modelo distribuido con mayor cantidad de información, el gasto computacional es mayor respecto a un modelo de rótula concentrada. Al ser el modelo de rótula concentrada solo en algunos puntos, se debe de considerar el resto de la sección fisurada, dado que el concreto se fisura a esfuerzos bajos, por ello se deben de tomar en consideración factores de rigideces (ACI, 2019) para análisis no lineales. El modelo tipo fibra y rótula concentrada se encuentran en softwares comerciales como ETABS, SAP2000, otros.

Calibración

Los modelos computacionales juegan un rol esencial en las ingenierías, sin embargo, estos modelos deben estar validados debido a las asunciones que se realicen, detalles físicos que no pueden ser modelados y alguna falta de conocimiento, por ello, se considera esencial realizar las calibraciones si no se tiene mucha información respecto de un elemento estructural, en el presente documento, muros de albañilería (Jiang, y otros, 2020). En Petracca, y otros (2017) se plantean lineamientos para realizar modelos numéricos discretos y representar muros de albañilería confinada, para modelar correctamente estos modelos se requiere un modelo de distintos materiales, interfaces y plantear varios comportamientos entre estos, esto se puede realizar mediante micromodelos tal como se observa en la Figura 22.

Dado que los micromodelos en análisis no lineales tienen unos grandes costos computacionales y cuando se trabaja con un conjunto de elementos estructurales, la demanda computacional puede resultar inviable. Por ello, se plantea simular mediante un elemento tipo link que se defina mediante una curva fuerza-deformación que trabaje bajo carga monótonica, en el que inicie con un tramo elástico y varios segmentos inelásticos (Computer y Structures, 2015). La finalidad es de poder simular el comportamiento de un muro de albañilería confinada ensayada en un laboratorio, mediante el uso de estos elementos tipo link.

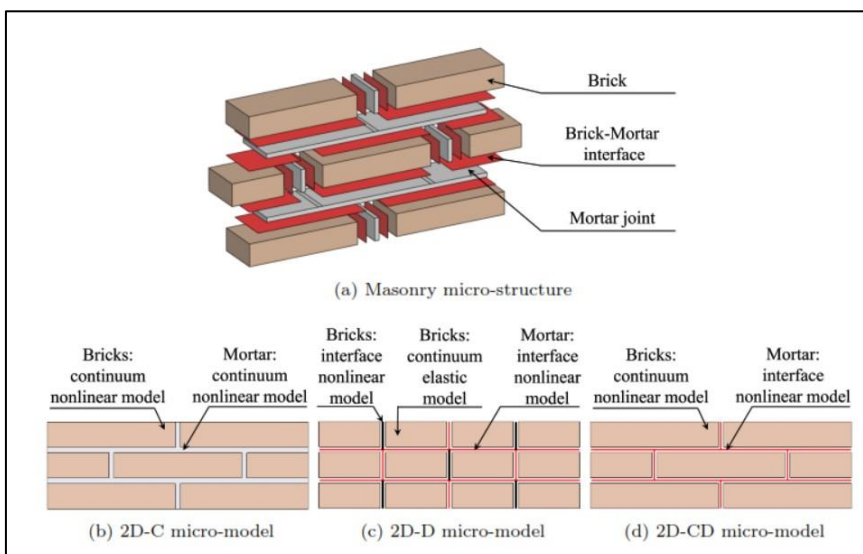


Figura 22. Modelado del muro de albañilería confinada.

Fuente: Tomado de Petracca, y otros (2017).

Para realizar la calibración se partió de un estudio ya realizado por (Alva, y otros, 2018) en el cual se realizaron 3 ensayos de laboratorio a muros de albañilería confinada con el fin de determinar el estado de daño para diferentes niveles de desempeño y armar una curva de capacidad de los muros de albañilería confinada, tal como se observa en la Figura 23.

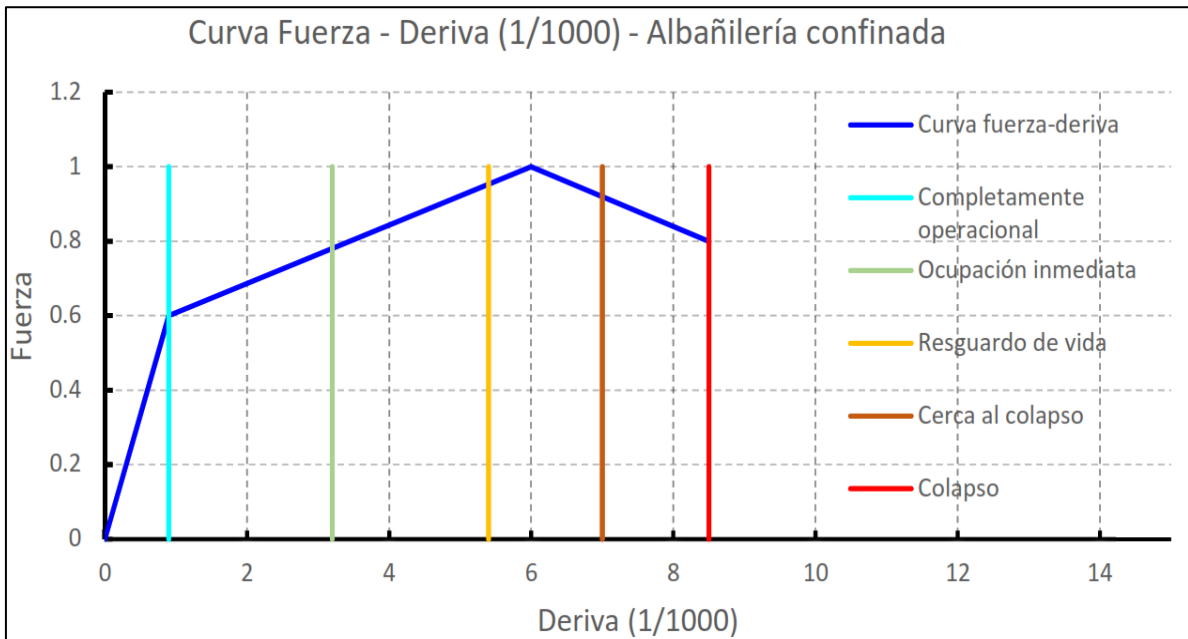


Figura 23. Curva trilineal dividida en los límites de niveles de daño.
Fuente: Adaptado de Alva, y otros (2018).

El modelo trilineal de la Figura 23 se utiliza en los links para que reflejen el comportamiento de un muro de albañilería confinada, tal como se muestra en la Figura 24, el valor de la deformación de los links, se colocan en función de la altura de entepiso y la deriva, el valor de la fuerza cortante del muro a colocar es la cortante basal $1.1V_m$ de la norma E070, que se presentó en la ecuación 2.2, debido a que este valor es horizontal, se descompone y se le coloca la fuerza al link acorde a su dirección, tal como se muestra en la Figura 24.

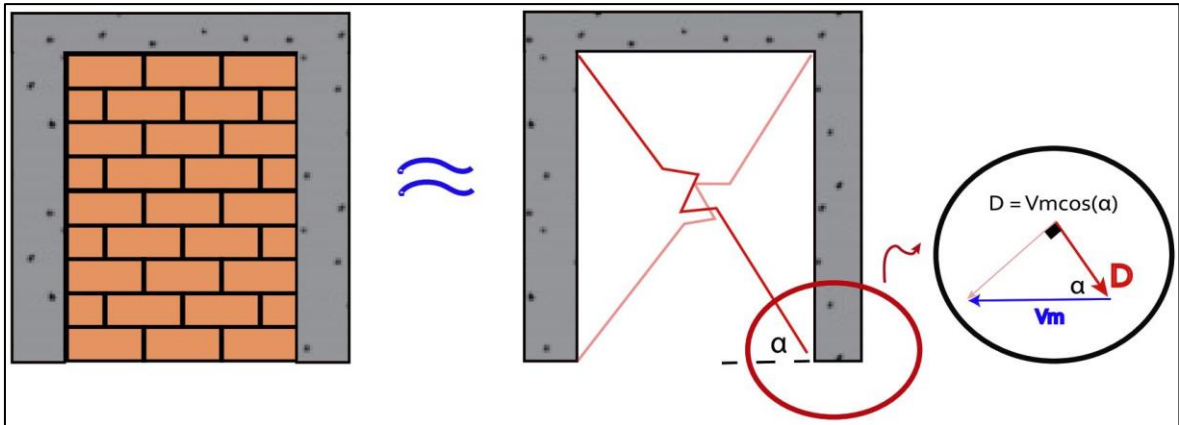


Figura 24. Albañilería confinada con un pórtico con elementos tipo link.

La calibración que se llevará a cabo será en función de dos muros de albañilería que fueron ensayados en otras tesis, distintas de esta para tener mayor validez. Los resultados de las calibraciones se presentan en la sección 4.2.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Ñaupas et al (2013) en su producción científica describe que el tipo de investigación se refiere a los métodos para descubrir a profundidad las características de un problema, esto conduce a generar nuevos conocimientos del tema estudiado.

Por otro lado, también manifiesta que se constituye en una herramienta importante dentro del que hacer científico, usando estos conocimientos se pueden corroborar o descartar algunas hipótesis planteadas a priori. En razón a estos análisis podemos afirmar categóricamente que esta investigación es de **tipo aplicada**, porque el objetivo central es tratar de solucionar el problema elegido de la sociedad instalada en la zona de estudio.

El tipo de investigación en la presente tesis es aplicado. Grajales (2000) describe 4 tipos de investigaciones: básica, aplicada, documental y de campo, El aplicado se describe como un método práctico con el fin de hacer, modificar o actuar esto parte necesariamente de un conocimiento básico.

Diseño de la investigación

El diseño es **no experimental** ya que las variables en estudio no sufrirán cambios ni manipulación. Morales (2012) define dentro de la investigación no experimental a la explicativa como aquella que se encarga de encontrar el motivo de los hechos, al establecer la causa-efecto. Este tipo de investigación intenta dar a cuenta un aspecto de la realidad al observarse ante determinadas condiciones.

Nivel de investigación

Acorde a Hernández, y otros (2014), la investigación de nivel descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno en análisis.

El nivel de la investigación es **descriptivo correlacional** porque describirá la situación actual, características, eventos o sucesos que las variables en estudio.

Método de la investigación

Para definir método debemos partir de la matriz literal, meta: “hacia” y hodós: “camino”, del cual podemos entender que es un “camino hacia algún objeto”. Quiere decir que, para lograr un fin, en cualquier circunstancia, debemos tener definido un camino o una guía para llegar o alcanzar esos fines. Esta afirmación es lo que define Concepto de (2020).

3.2. Variables y operacionalización

Variables

Acorde a Hernández, y otros (2014) es el sujeto a medición, el cual se estima que está sujeto a cambios. La variable dependiente no está presto a la manipulación, si no, que la variable independiente es la que se manipula y se ve el efecto de esta en la variable independiente.

Variable 1: Calibración de un ensayo de laboratorio

Dimensión 1: Curva de capacidad (indicadores: rigidez inicial, rigidez post fluencia, semejanza en curvas).

Dimensión 2: Análisis no lineal estático (indicadores: lineamiento del caso de carga según ASCE, Métodos numéricos).

Variable 2: Cálculo de desempeño de la edificación.

Dimensión 1: Desempeño del edificio (indicadores: sectorización según SEAOC, tipo de sismo).

Dimensión 2: Mecanismo de falla (indicadores: formación de rótulas, ingreso al rango no lineal en elementos estructurales).

Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables significa darle una presentación de tabla y descomponer las con el fin de tener una mejor comprensión. Las características de la columna que se acostumbra a tener son: Variable, definición teórica, operativa,

dimensiones, indicadores, tipo estadístico de la variable, escala, dato e instrumento (Caparó, 2019).

Con respecto a la operacionalización de variable y siguiendo el protocolo exigible por la universidad se visualiza en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Otzen y otros (2017) define la población como un conjunto de sujetos que están disponibles para ser utilizados como una muestra.

Las poblaciones son, unos especímenes de laboratorio de albañilería confinada ya ensayados para realizar la calibración numérica como e muestra en la Figura 25, y el módulo A del colegio, que son de dos niveles I.E. N° 20123 Inmaculada concepción; alma mater de Asia, en el distrito de Asia, provincia de Cañete, región Lima; como lo muestra la figura, de sistema estructurales albañilería confinada y pórticos, los cuales son comunes en el país como lo muestra la Figura 26.



(a) Tomado de (Bernardo Acuña y Peña de la Cuba, s.f.) (b) Tomado de (Pari, 2008)

Figura 25. Muros de ensayos para realizar la calibración numérica

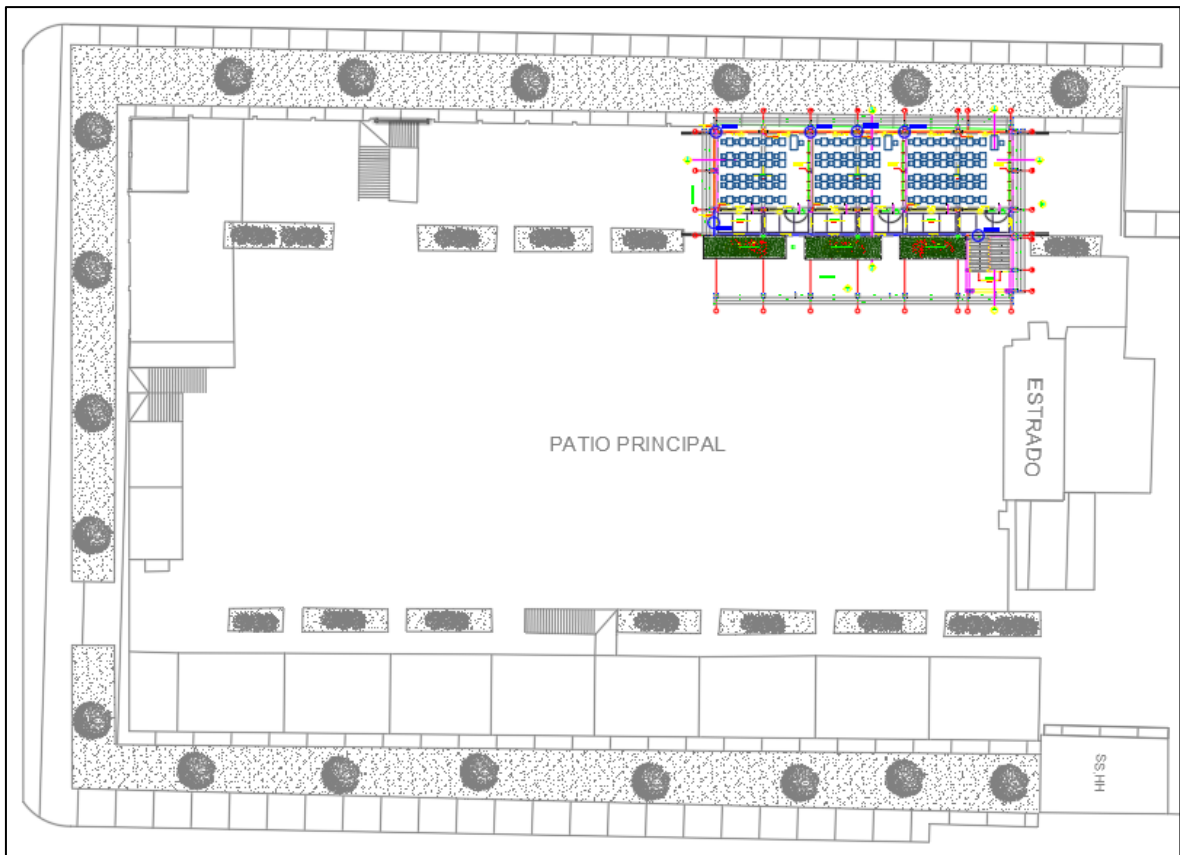


Figura 26. Vista de planta del Módulo A, de la I.E. N° 20123 Inmaculada concepción.

3.3.2. Muestra

Otzen y otros (2017) define la muestra como una parte de la población que puede ser seleccionada con técnicas de muestreo probabilística y no probabilística. La primera se estableció acorde a las probabilidades y la segunda a elección del investigador. Este último no es necesariamente bien representativo (Walpole, y otros, 1992).

3.3.2.1. Muestra 01:

La muestra escogida por conveniencia para el desarrollo de la presente investigación de tesis es el Módulo A de la I.E. N° 20123 Inmaculada concepción; alma mater de Asia, en el distrito de Asia, provincia de Cañete, región Lima; debido a que esta infraestructura se destina a actividades de enseñanza. Por esta razón la muestra es considerar no probabilística puesto que la elección de esta fue considerando la importancia del uso de la estructura. La estructura del Módulo A tiene las siguientes particularidades:

- Características generales

En la Tabla 4 se muestra las características generales del Módulo A de la I.E. N° 20123 Inmaculada concepción; alma mater de Asia, en el distrito de Asia, provincia de Cañete, región Lima.

Tabla 4. Características generales del Módulo A de la I.E. N° 20123

Uso	Modulo (Aulas)
Área:	233.75m ²
Perímetro:	67.90m
Altura de Entrepiso 1er nivel:	3.25m
Altura de Entrepiso 1er nivel:	3.25m
Altura Total:	6.50m

En la Figura 27 se muestra el corte del eje 3 de la planta estructural.

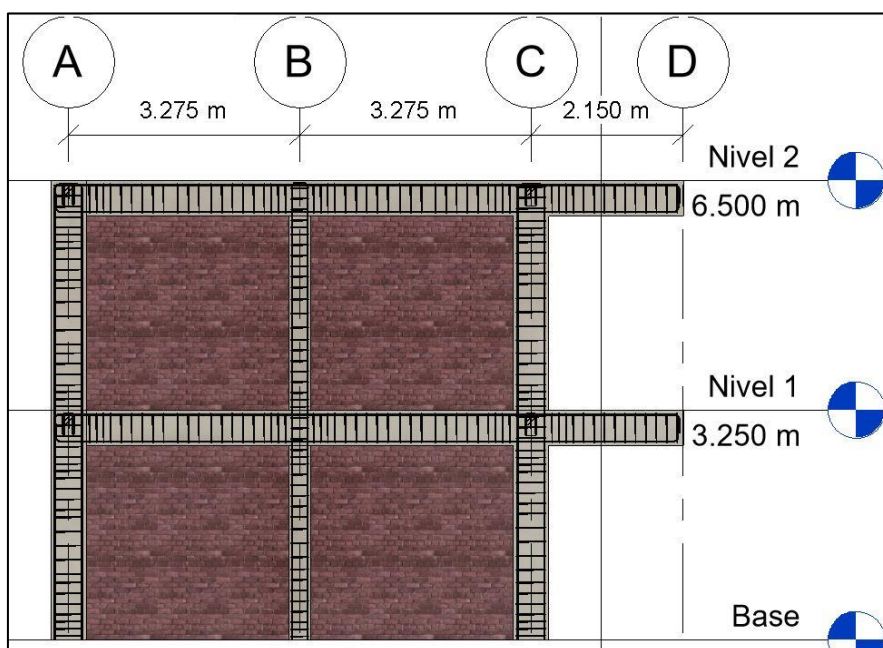


Figura 27. Pórtico del eje 3 del Módulo A de la I.E. N° 20123

La norma técnica peruana de diseño sismorresistente E0.30, la estructura en estudio esta categorizada como edificación esencial (categoría A).

La distribución de ejes en planta de la muestra de estudio con la que se trabajó esta investigación está definida de la siguiente manera como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Distribución de ejes del Módulo A de la I.E. N° 20123

Descripción	Sentido	Ejes
Ejes Verticales	Y-Y	1,2,3,4,5,6,7
Ejes Horizontales	X-X	A, B, C,D

La vista en 3D del área de estudio del módulo A como se muestra en la Figura 28.

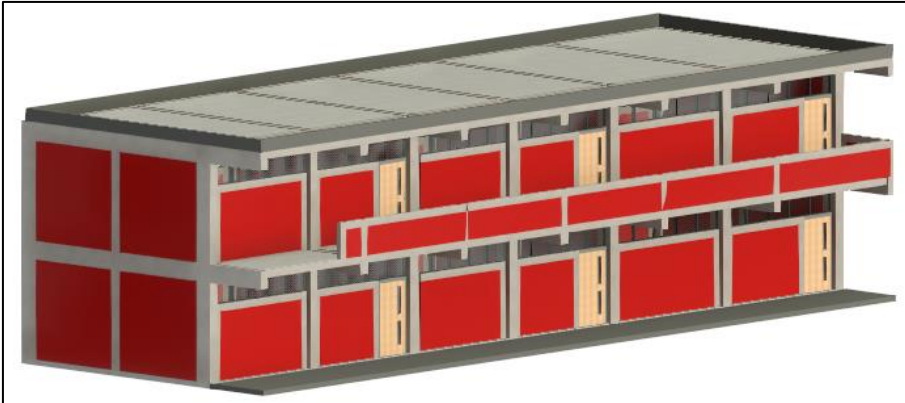


Figura 28. Vista frontal del modelo 3D del Módulo A de la I.E. N° 20123

- Distribución en planta:

La estructura del módulo A destinado a actividades de enseñanza está construida con concreto armado y muros de albañilería confinada con sistemas estructurales aporticado y albañilería confinada como se muestra en la Figura 29 , cuenta con 6 aulas con un área de 50.00m² cada una (entre ejes A-C y 1-7), el pasadizo (ejes C-D y 1-7) como se muestra en la Figura 30, la infraestructura cuenta con una escalera de acceso al segundo nivel, pero está aislada de la estructura de estudio, por tal razón no se considera en el modelo.

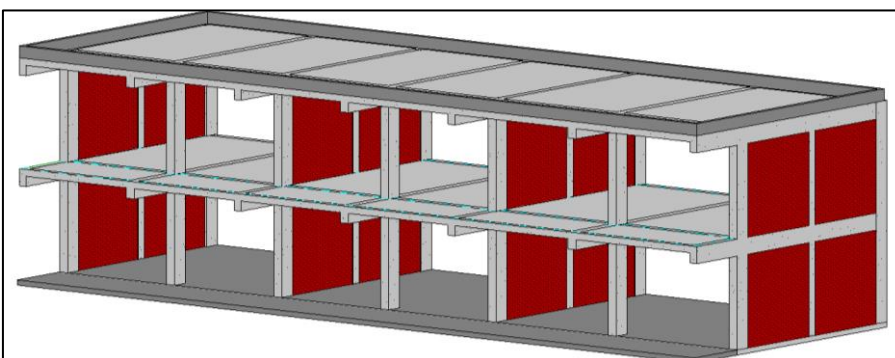


Figura 29. Modelo estructural 3D del Módulo A de la I.E. N° 20123

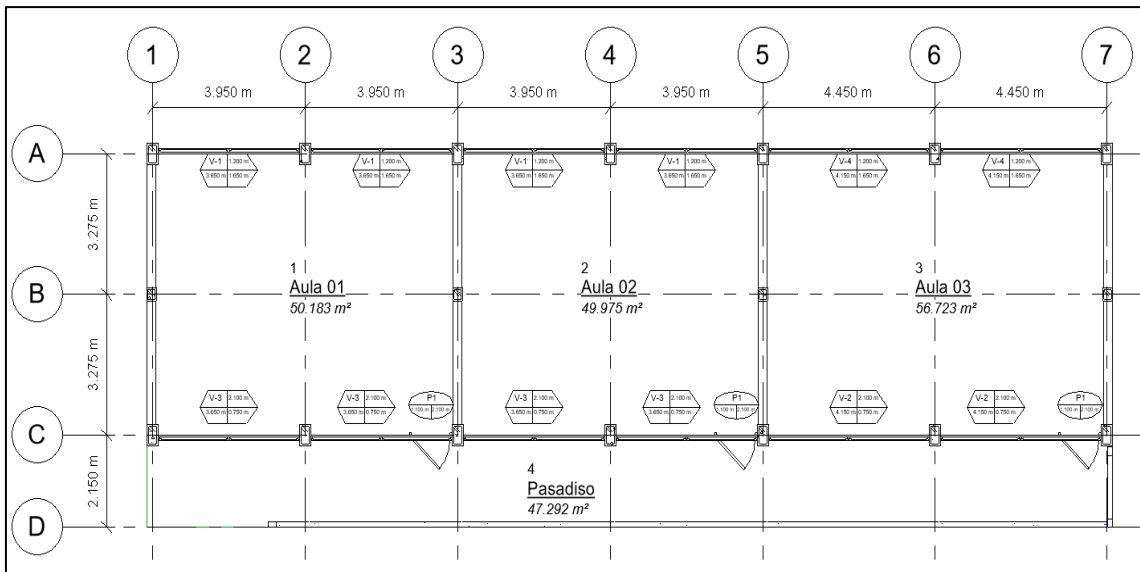


Figura 30. Planta baja del Módulo A de la I.E. N° 20123

- Especificaciones Técnicas

Las propiedades de los materiales, dimensiones de elementos, alturas de entrepiso y ejes de distribución con la que fue planteada esta investigación se describe a continuación, estos datos fueron recolectados de las especificaciones técnicas del expediente técnico y fichas técnicas de los materiales usados en la infraestructura en evaluación. Así mismo se realizó la corroboración de los datos recolectados con trabajos de campo y/o revisando los requerimientos mínimos exigidos por la Norma Técnica de Diseño en Concreto Armado E-060.

Propiedades de los materiales

Concreto armado

en la Tabla 6 se muestra las propiedades del concreto, en la Tabla 7 las resistencias compresión de los elementos estructurales

Tabla 6. Propiedades del concreto

Propiedades	Magnitud	Unidad
Resistencia a la compresión (f_c)	210	kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E_c)	217370.65	kg/cm ²
Módulo de corte ($G_c = E_c / 2(\mu_c + 1)$)	94508.98	kg/cm ²
Módulo de poisson (μ_c)	0.15	Adimensional
Peso volumétrico	2400	kg/cm ³

Tabla 7. Resistencia a la compresión de los elementos estructurales (Exp. técnico)

Elemento	f'c	Unidad
Vigas Principales	210	Kg/cm ²
Vigas Secundarias	210	Kg/cm ²
Vigas Chatas	210	Kg/cm ²
Columnas	210	Kg/cm ²
Losa Aligerada	210	Kg/cm ²

Albañilería confinada

En la Tabla 8 se muestra las propiedades de la albañilería para el uso del modelamiento

Tabla 8. Propiedades de la albañilería

Propiedades	Magnitud	Unidad
Resistencia a la compresión (f'm)	65	kg/cm ²
Módulo de elasticidad (Em)	32500	kg/cm ²
Resistencia al corte (v'm)	8.06	kg/cm ²
Módulo de corte (Gm=Em/2(μm+1))	13000	kg/cm ²
Módulo de poisson (μm)	0.25	Adimensional

Acero de refuerzo

En la Tabla 9 se muestra las varillas utilizadas y como también en la Tabla 10 se muestra las propiedades del acero

Tabla 9. Características del acero de refuerzo

Varillas de Acero Corrugado G60			
Diámetro (Pulg)	Nro.	Área (cm ²)	Diámetro (cm)
3/8"	#3	0.71	0.95
1/2"	#4	1.29	1.27
5/8"	#5	1.99	1.59
3/4"	#6	2.84	1.91

Tabla 10. *Propiedades del acero de refuerzo*

Propiedad	Magnitud	Unidad
Esfuerzo de fluencia (f_y)	4200	kg/cm ²
Resistencia mínima a la rotura (f'_y)	6300	kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E_s)	2000000	kg/cm ²
Peso específico	7850	kg/cm ³
Módulo de poisson (μ_s)	0.3	Adimensional

- **Consideración Constructivas**

Para los recubrimientos se cuenta con la Tabla 11, según como indica el expediente técnico.

Tabla 11. *Recubrimientos de elementos estructurales*

Recubrimientos Libres del Concreto		
Elementos	Recubrimientos	Unidad
Vigas Principales	4	cm
Vigas Secundarias	4	cm
Columnas	4	cm
Losa	4	cm

- **Metrados de cargas**

Se identifican los elementos que generan cargas actuantes sobre los componentes estructurales (losa aligerada, losa maciza, muros)

Las cargas permanentes (cargas muertas) que se distribuye en las vigas, para lo cual se considera los siguientes elementos:

- Tabiquería
- Losa aligerada
- Losa maciza
- Piso terminado

los pesos volumétricos de los materiales que componen los elementos que componen la carga permanente de la estructura como así se detalla en la siguiente Tabla 12:

Tabla 12. Cargas de peso propio que conforman la estructura Modulo A.

Cargas por Peso Propio		
Denominación	Cargas	Unidad
Peso propio elementos de concreto armado	2400	kg/m3
Peso propio de la albañilería simple	1800	kg/m3
Peso propio del tarrajeo	2000	kg/m3
Peso propio de losa aligerada (h=0.20m)	300	kg/m2
Peso propio de piso terminado	120	kg/m2

Norma Técnica de Metrados de Cargas E-020.

las sobrecargas (cargas vivas) para la estructura de acuerdo con el uso de cada ambiente en el Módulo A, para lo cual se usó la Norma Técnica de Metrados de Cargas E-020 como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Sobrecarga correspondiente a la estructura Modulo A de la I.E. N°20123

Cargas Vivas		
Denominación	Cargas	Unidad
Sobrecarga en aulas	250	kg/m2
Sobrecarga en pasadizos	400	kg/m2
Sobrecarga en azotea	125	kg/m2

Norma Técnica de Metrados de Cargas E-020.

Las cargas lineales de peso volumétrico del ladrillo con tarrajeo como se muestra en la Tabla 14 y cargas de metro lineales consideradas como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 14. Carga volumétrica del ladrillo con tarrajeo

Peso Volumétrico del Ladrillo 9x13x23cm con 1.5cm de Tarrajeo		
Denominación	Cargas	Unidad
De Soga	2261.54	kg/m3
De Cabeza	2060.87	kg/m3

Tabla 15. Carga lineal sobre vigas

Cargas de Metros Lineales Consideradas		
Denominación	Cargas	Unidad
Muros de Sogas H=2.10m	617.40	kg/m
Muros de Sogas H=1.20m	352.80	kg/m
Muros de Sogas H=1.10m	294.00	kg/m
Muro de Borde Perimetral H=0.35m	126.00	kg/m

Dimensiones de elementos estructurales

En la Tabla 16 se muestra las dimensiones de las columnas como también en la Tabla 17 se muestra las dimensiones de la viga.

Columnas:

Tabla 16. Tipos de columnas - Módulo A de la I.E. N° 20123

Denominación	Acero de refuerzo	Idealización
C-1	A's: 3ϕ5/8" As: 3ϕ5/8" Estribos #3: 1@5cm 3@10cm 3@15cm Rto.@20cm	
C-2	A's: 2ϕ1/2" As: 2ϕ1/2" Estribos #3: 1@5cm 3@10cm 3@15cm Rto.@20cm	

Vigas:

Tabla 17. Tipos de vigas - Módulo A de la I.E. N° 20123

Denominación	Acero de refuerzo	Idealización
V-101 (25x40cm)	A's: $2\phi 5/8'' + 1\phi 1/2''$ As: $2\phi 5/8''$ Estribos #3: 1@5cm 8@10cm Rto.@20cm	
V-P' (25x50cm)	A's: $4\phi 3/4''$ As: $2\phi 3/4''$ Estribos #3: 1@5cm 4@10cm 5@15cm Rto.@20cm	
V-P (30x50cm)	A's: $4\phi 3/4''$ As: $3\phi 3/4''$ Estribos #3: 1@5cm 4@10cm 5@15cm Rto.@20cm	

3.3.2.2. Muestra 02:

Para la calibración numérica de albañilería confinada se tomará especímenes de muros de albañilería confinado con las siguientes características de la siguiente Figura 31 y Figura 32.

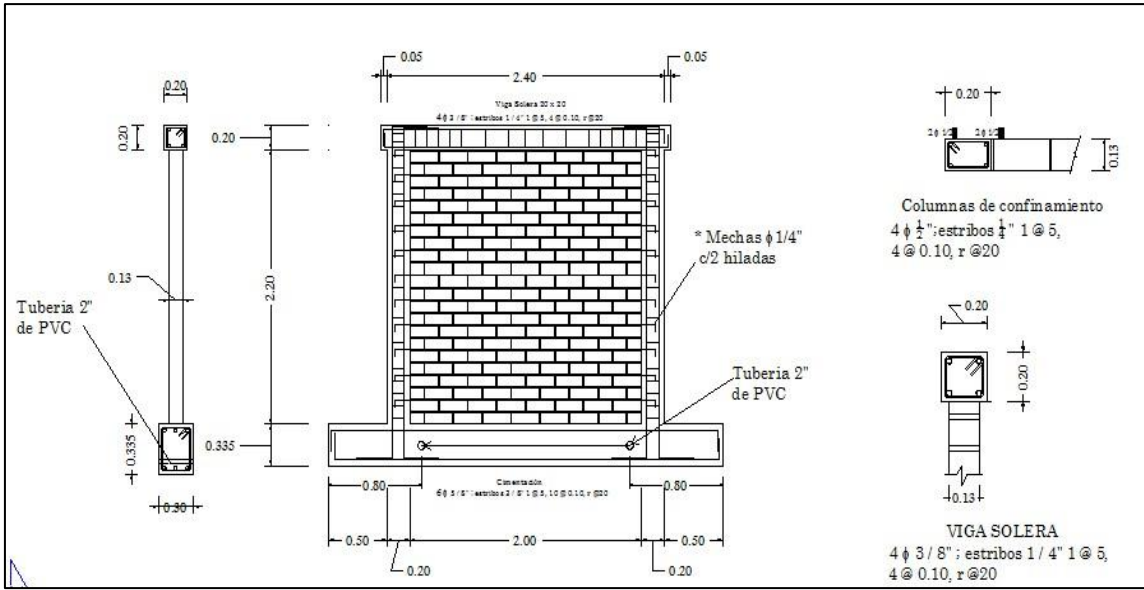


Figura 31. Características del muro 01 para calibrar

Fuente: Tomado de (Bernardo Acuña y Peña de la Cuba, s.f.)

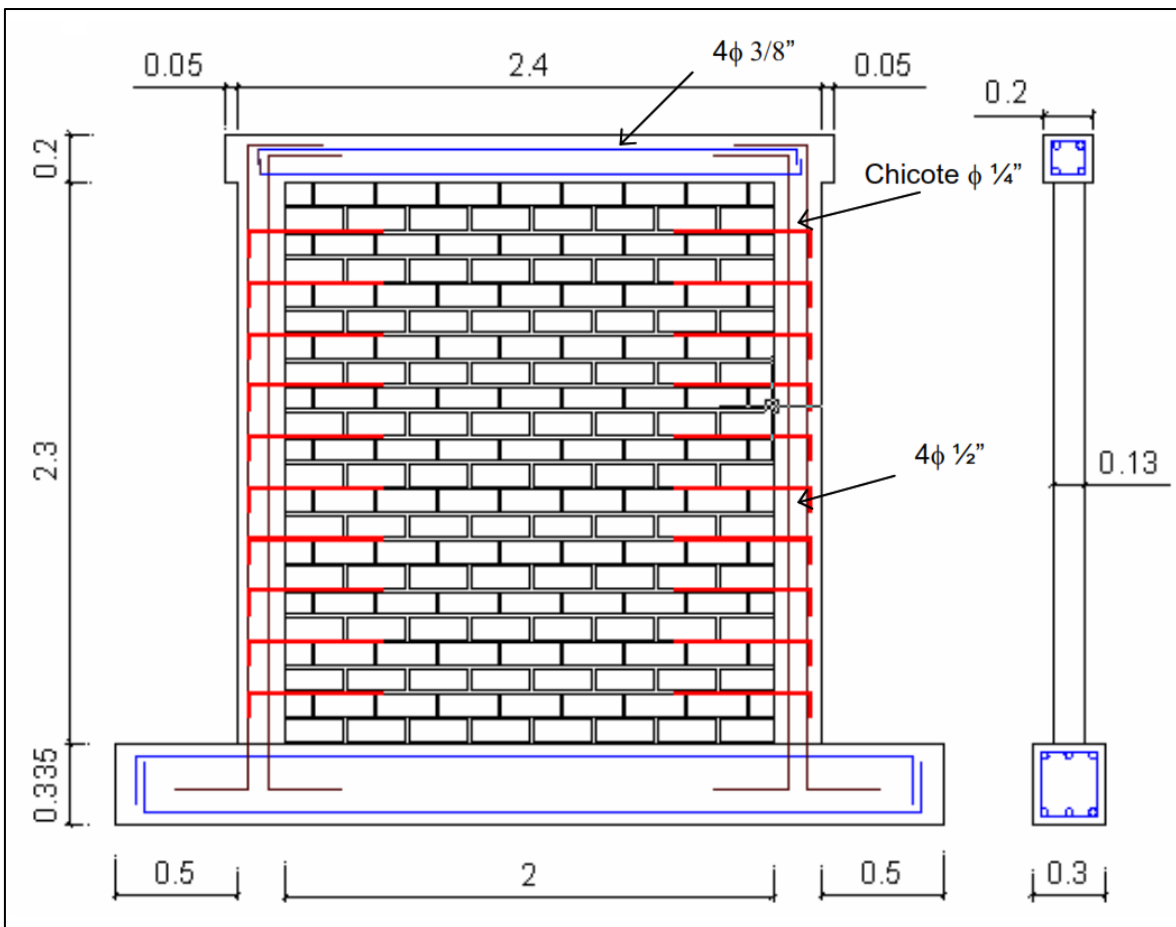


Figura 32. Características del muro 02 para calibrar

Fuente: Tomado de (Pari, 2008)

Cuantificación de la muestra

Por lo antes expuesto anteriormente, la muestra planteada para esta investigación son dos especímenes de albañilería confinada ensayados en el laboratorio y Modulo A de la I.E. N° 20123 Inmaculada concepción; alma mater de Asia, en el distrito de Asia, provincia de Cañete, región Lima.

Criterios de evaluación de la muestra

La muestra seleccionada para esta investigación fue evaluada bajo diversos criterios los cuales se mencionan a continuación en la Figura 33:

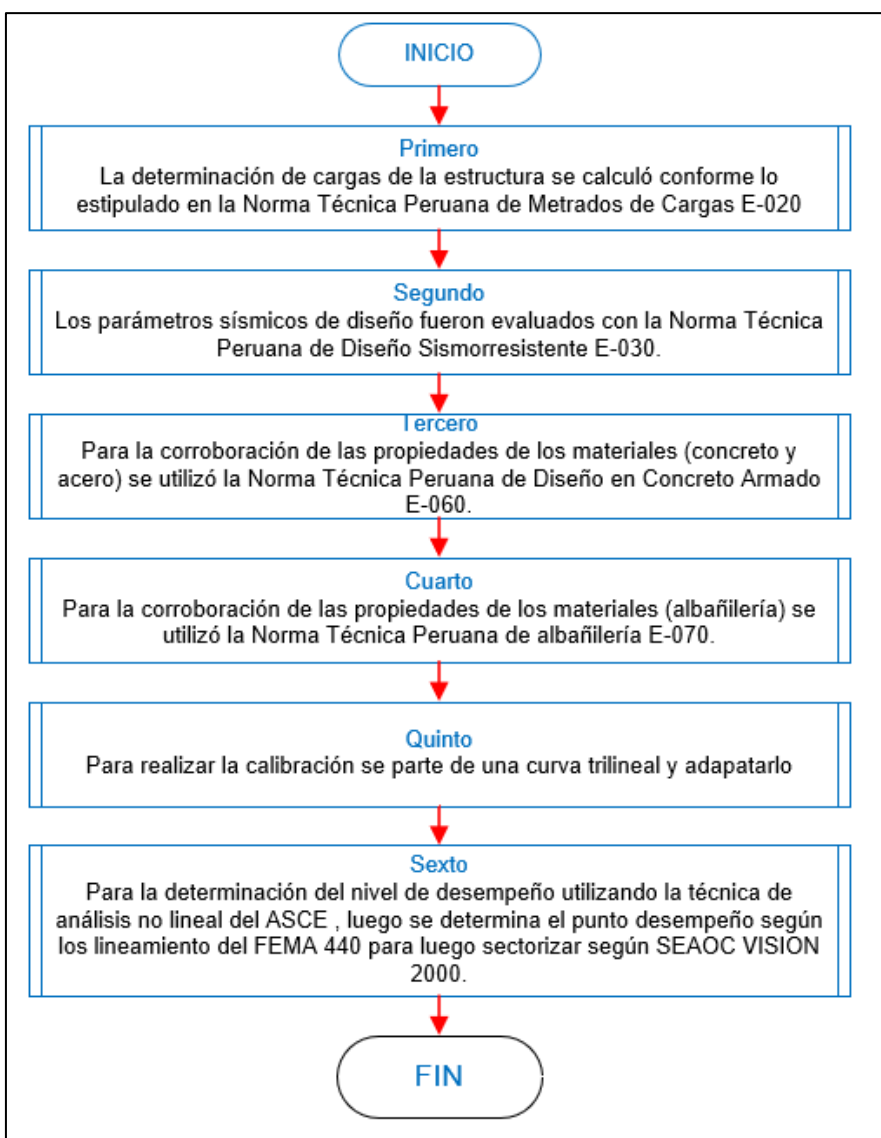


Figura 33. Flujograma de criterios de evaluación de muestra.

3.3.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico o por conveniencia, es decir, la muestra fue seleccionada por el investigador porque fue de fácil acceso y la disponibilidad de la población de formar parte de la muestra, en un intervalo de tiempo dado o cualquier otra especificación práctica de un elemento particular (Hernández, y otros, 2014)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas

Las técnicas constituyen los procedimientos para recolectar la información necesaria, son de carácter práctico y operativo (Abril, 2008). Por la cual se identificó como técnica la observación y el análisis documental.

Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos para la recolección de datos son los que se utilizan para almacenar y captar la información necesaria para la investigación (Torres, y otros, 2019) , como instrumentos se elaboraron la guía de observación y una ficha documental siendo los datos del ensayo los que se encuentran están documentados en (San Bartolomé, y otros, 2009) , el cual fue realizado por el laboratorio de estructuras de la PUCP. Debido a la seriedad del documento al ser una tesis, se considera que existe validez. Además, se cuenta con la documentación integral de la institución educativa I.E.P N° 20123 del centro poblado Capilla de Asia, distrito de Asia, Cañete.

3.5. Procedimientos

El método para realizar la recolección de información se desarrollará en 5 pasos tal como se muestra en la Figura 34. El primer paso es el análisis de los dos ensayos, en estos ensayos se analizan las propiedades mecánicas que tiene el concreto de las columnas y vigas de confinamiento además de la albañilería utilizada, el acero de refuerzo colocado, las dimensiones de los elementos estructurales y la curva de capacidad generada durante el ensayo. Este primero paso es necesario debido a que se busca simular el ensayo en el software ETABS y obtener una curva de capacidad similar al del ensayo.

En el segundo paso se registra la información más relevante, en ella se tiene que ambos ensayos de muros de albañilería confinada fueron realizados en el laboratorio de estructuras de la PUCP y la información es obtenida del repositorio de la PUCP de la tesis de (Bernardo Acuña y Peña de la Cuba, s.f.) y (Angles Pari, 2008). En las tesis los especímenes son de 240x250x13cm y 240x240x13cm de largo, alto y ancho de la albañilería respectivamente y fueron ensayadas hasta la pérdida de estabilidad vertical. Las columnas de confinamiento son de 20x13cm y las vigas de 20x20cm de sección transversal con resistencia característica del concreto de 175 kg/cm².

La resistencia de las unidades de albañilería es de 141 y 102 kg/cm². La curva de capacidad en los ensayos llega hasta una resistencia máxima de 18 y 22tonf y en desplazamiento de 20mm y 16mm.

En el paso 3 se realiza el procesamiento de la información en el software ETABS y se busca lograr que la curva de capacidad del ensayo y el modelo numérico sean similares debido a que ello nos llega a tener una confianza en el modelo numérico y poder utilizar el modelo numérico del muro de albañilería para el modelo numérico de un colegio de dos niveles que consta de varios muros de albañilería confinada.

En el paso 4 se espera obtener que la curva de capacidad de los ensayos del laboratorio sea similar al modelo numérico después del proceso de calibración. Además, se espera obtener el desempeño del colegio para un sismo raro y máximo mediante un análisis no lineal estático con la inclusión de los muros de albañilería confinada previamente calibrados. Además del desempeño se busca comparar el desplazamiento, cortante basal y deriva del análisis no lineal estático con el estipulado por la norma E030 para el sismo exigido por la norma peruana E030.

En el último paso se interpretarán los resultados. Para obtener los resultados en la calibración se modificarán los parámetros de fuerza y deformación axial en los elementos tipo link con la finalidad de obtener una curva de capacidad similar al del ensayo. Para obtener los resultados del desempeño del colegio se modelarán los muros de albañilería mediante elementos tipo link acorde a lo realizado en la calibración y los pórticos con elementos tipo fibra acorde a los diagramas constitutivos del acero y concreto. La creación del caso de carga no lineal estática

se realizará acorde al ASCE/SEI 41-17 mediante un patrón de carga modal y como punto de control de desplazamiento en el último nivel de la azotea. El cálculo del punto de desempeño se realizará mediante el método de espectro de capacidad y demanda del FEMA 440 con un espectro elástico para sismo raro y máximo. Por último, se calculará el desempeño de la edificación acorde a la sectorización establecida por SEAOC VISION 2000.

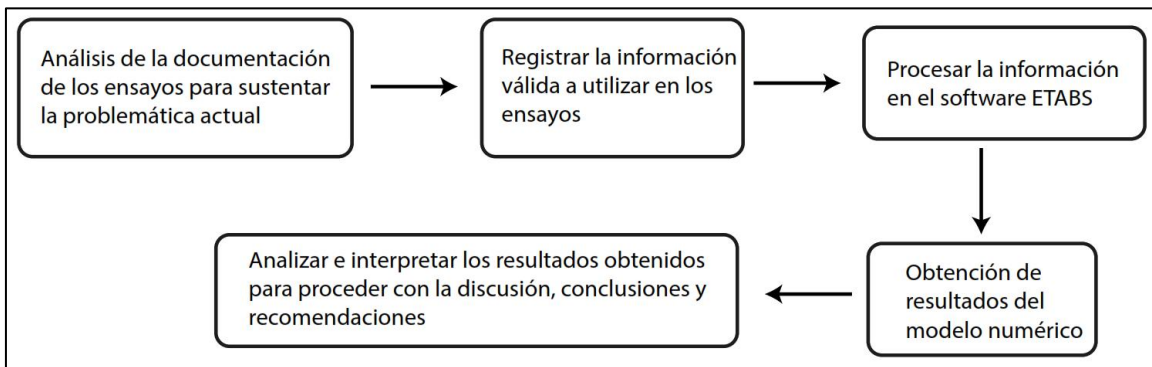


Figura 34. Diagrama de flujo del procedimiento

Métodos de análisis de datos

Hernández, y otros (2014) definen para el análisis de los datos 7 pasos, los cuales van desde la selección del software, pasando por la ejecución de este, analizados de información de entrada, evaluación de la confiabilidad del software, realización del análisis y preparación de los resultados obtenidos. Estos pasos para el análisis se muestran en la Figura 35.

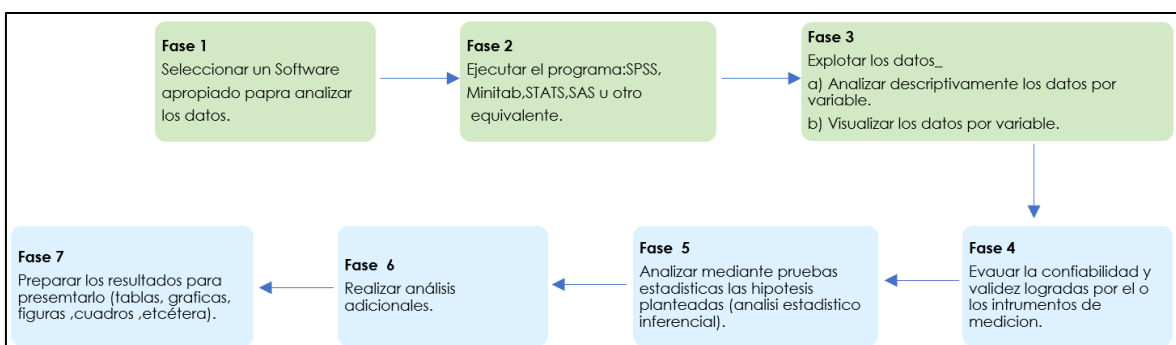


Figura 35. Análisis de datos.

Fuente: Tomado de (Hernández, y otros, 2014).

El tratamiento de los datos se realizará mediante el software ETABS, el cual es ampliamente conocido y utilizado para el análisis de edificios, en especial de

concreto armado. Sin embargo, para albañilería no hay una formulación práctica para modelarlo y por ello se realiza una calibración.

En la calibración se toman los datos de los ensayos de albañilería, dimensiones, acero de refuerzo y resultado de la curva de capacidad para ser comparada con los resultados obtenidos del modelo numérico en ETABS.

El método de análisis no lineal fue realizado bajo los lineamientos internacionales del ASCE 41-17. El cálculo del punto del desempeño se realiza bajo reglamentos internacionales del FEMA 440 y por último se calculará el desempeño de la edificación a la sectorización establecida por SEAOC VISION 2000.

3.7. Aspectos éticos

Los aspectos que se tuvo muy en cuenta fue la referida al código de ética en investigación de la Universidad Cesar Vallejo (Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV), principalmente los relacionados a los objetivos, donde se debe cumplir con los estándares del rigor científico, la promoción de buenas prácticas científicas. En cumplimiento del rigor científico, se aplicó los procedimientos del método científico, considerando criterios muy claros para alcanzar los objetivos, en base a los mecanismos de la obtención de los datos y su respectiva interpretación, para lo cual se tuvo que dar seriedad a las labores de campo y una minuciosa revisión de los materiales bibliográficos orientados al tema de investigación, específicamente a la problemática del estudio en sí.

De acuerdo con los considerandos del código de ética de la Universidad Cesar Vallejo respecto a las labores de investigación según la Ley Universitaria 30220, es preciso resaltar el contenido del Capítulo I, artículo 7 especifica claramente que las investigaciones deben implementar una metodología establecida para lograr resultados con características científicas en base a una recopilación e interpretación de datos minuciosos y rigurosos. Similarmente las labores de investigación deben estar sujetos a una sana competencia profesional y científica, para lo cual los investigadores debemos tener una adecuada preparación y actualización permanente en las labores de investigación cuyos resultados finales sean factibles de publicación.

IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se van a mostrar los resultados del análisis lineal modal-espectral del colegio La Capilla, calibración del muro de albañilería confinada y el desempeño ante un el sismo máxima considerado de periodo de retorno de 2500 años en un análisis no lineal estático del colegio La Capilla.

4.1. Aspectos éticos Resultados del análisis lineal modal-espectral

4.1.1. Modelo tridimensional del colegio La Capilla

Para obtener los resultados del modelo lineal, se modeló tridimensionalmente el colegio en el software ETABS, las losas se modelaron como elementos membrane que no aportan a la rigidez lateral y su principal función es repartir las cargas verticales, elementos frame para vigas y columnas y elementos shell para los muros de albañilería. Adicionalmente, en cada nivel se consideró un diafragma rígido y 3 grados de libertad por nivel. El modelo del análisis lineal se muestra en la Figura 36.

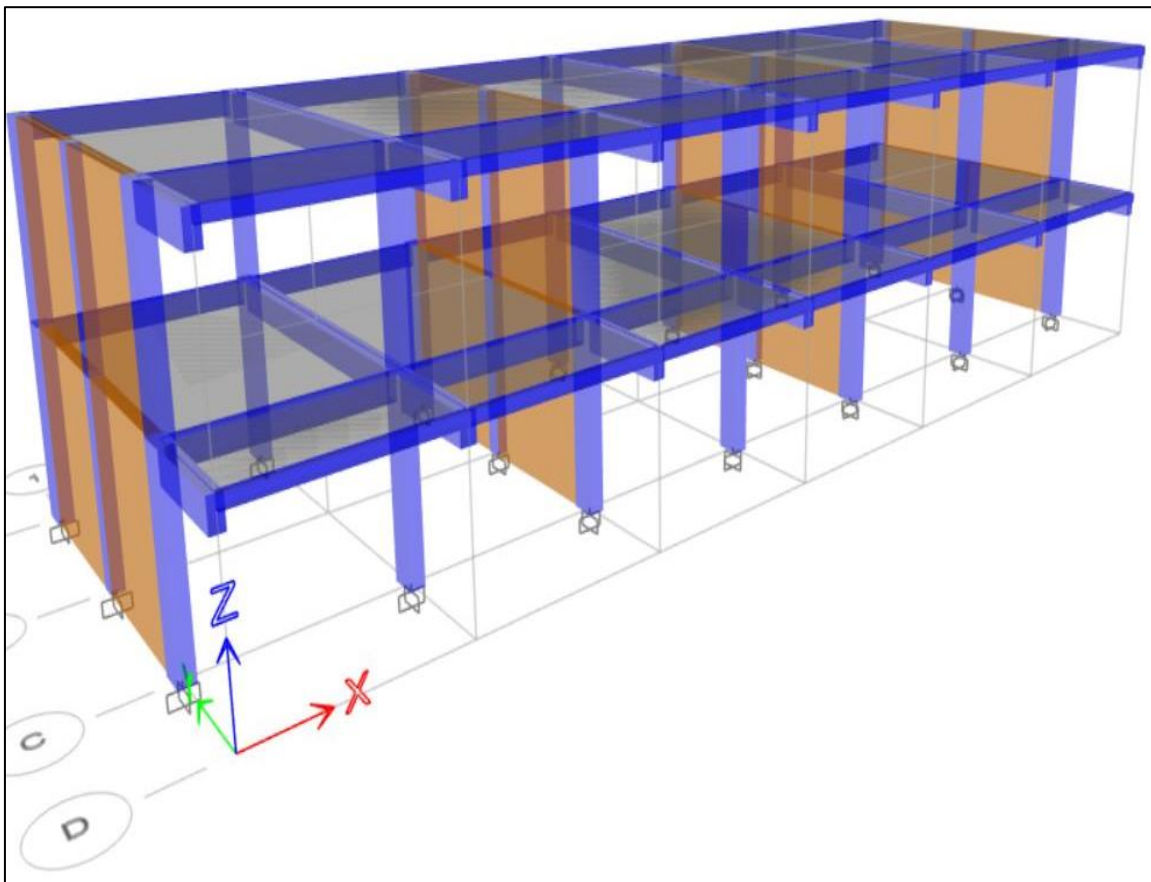


Figura 36. Modelo tridimensional del colegio La Capilla

4.1.2. Análisis de los modos de vibración

En la Tabla 18 se muestran los modos y la masa participativa de la edificación.

Tabla 18. Modos de vibración y masa participativa.

Case	Period	UX	UY	RZ
	sec			
Modal	0.45	0.90	0	0
Modal	0.09	0	0.91	0.01
Modal	0.08	0.00	0.01	0.91
Modal	0.15	0.10	0.00	0.00
Modal	0.04	0	0.08	0
Modal	0.03	0	0	0.08

De los modos se observa que el modo más flexible es en XX con un periodo de 0.45 segundos, el segundo modo traslacional más flexible es en YY con un periodo de 0.09 segundos. El primer modo traslacional para ambas direcciones tiene una masa participativa del 90%, lo cual significa que son bastante representativos.

4.1.3. Parámetros sísmicos

Para la realización del análisis lineal se toma en cuenta los parámetros sísmicos para el colegio, el cual es una edificación esencial. Los parámetros considerados se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Parámetros sísmicos de la norma E030.

Z (g)	0.45
U	1.50
C	2.50
S	1.05
Rx, Ry	8 y 3
W (ton)	394.74

4.1.4. Análisis por desplazamiento

Los desplazamientos se calculan acorde a la norma E030 para edificaciones regulares, se multiplica el desplazamiento lineal obtenido por un factor de $0.75R$, donde R es 8 para pórticos y 3 para albañilería confinada. Se presentan los desplazamientos laterales y derivas en ambas direcciones, en la Tabla 20.

Tabla 20. Desplazamientos y derivas máximas en la dirección XX y YY

Nivel	Desplazamiento XX (mm)	Desplazamiento YY (mm)	Deriva XX (‰)	Deriva YY (‰)
Nivel 2	14.01	1.54	12.59	0.47
Nivel 1	7.19	0.86	13.27	0.59

Se obtiene que en la dirección longitudinal (XX) la deriva de 13.27‰ es mayor a la de 7‰ permitida para estructuras de concreto armado acorde a la norma E030. En la dirección transversal (YY) se tiene una deriva de 0.59‰, menor a la de 5‰ permitida por la norma E030.

Por último, debido a que es un análisis lineal se puede estimar que la deriva máxima para un sismo raro dividiendo entre 1.5, por lo que se obtiene una deriva de 8.85 ‰, por ello, se evidencia que tampoco cumple con el máximo de 7‰ para sismo raro.

4.1.5. Cortante en la base

La cortante dinámica se debe escalar como mínimo al 80 % de la cortante estática para estructuras regulares acorde a la norma E030. El valor de escalonamiento se debe de aplicar como un factor proporcional a los resultados, salvo los desplazamientos. El factor de amplificación para ambas direcciones se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Cortante estática, dinámica y factor de amplificación

0.8 V_{xestat} (ton f)	0.8 V_{yestat} (ton f)	V_{xdinam} (ton f)	V_{ydinam} (ton f)	Factor X	Factor Y
69.94	186.52	79.04	214.01	1	1

4.1.6. Verificación estática, dinámica de amplificación

Con los resultados del análisis lineal y con las ecuaciones 2.1 y 2.2 se procede a calcular la cortante resistente de cada muro de albañilería. Los 4 muros tienen resistencias similares, dado que tienen misma longitud y similar carga axial, se muestra el resultado para el muro de albañilería de esquina.

$$0.33 \leq \alpha = \frac{V_e * L}{M_e} \leq 1 = \frac{53.11 * 7.05}{126.84} = 2.952 \leq 1, \text{ entonces } \alpha = 1$$

$$V_m = 0.5v_m * \alpha * t * L + 0.23 * P_g = 0.5 \times 8.1 \times 1 \times 23 \times 705 + 0.23 \times 2249 = 70.79 \text{ tonf}$$

En la Tabla 22 se muestra la cortante de demanda y la resistente V_m para evaluar si existen fallas por corte.

Tabla 22. Capacidad V_m y demanda para verificación por corte

Muro albañilería confinada	Cortante de demanda (tonf)	V_m (tonf)	¿Cumple?
Muros laterales	53.11	70.79	Sí
Muros internos	49.90	72.78	Sí

No se observan fallas por corte dado que están a la mitad de su capacidad ante un sismo máximo considerado de periodo de retorno de 2500 años.

4.1.7. Resumen de resultados del análisis lineal

Acorde a lo calculado, se resume en lo siguiente:

- El periodo en la dirección XX (longitudinal) es de 0.45 segundos y en la transversal (YY) es de 0.09 segundos.
- Los modos traslacionales son representativos dado que tienen masas participativas de 90%.
- En el análisis lineal acorde a las normas E030 y E070, se observa que en la dirección transversal (YY) cumple por derivas y corte
- En la dirección longitudinal XX no cumple por derivas dado que se tiene una deriva de 13.27‰, cuando la norma tiene como límite a 7‰.
- No se revisa por corte, dado que la demanda es baja y el concreto tiene bastante resistencia por corte.

4.2. Resultados de la calibración de muros de albañilería confinada

La calibración del muro de albañilería confinada se llevará a cabo en base a dos muros ensayados en los documentos de (Bernardo y Peña, s.f.) y (Pari, 2008) en la subsección 4.2.1 y 4.2.2 respectivamente.

El modelo de ETABS que va a reflejar el ensayo se muestra en la Figura 37 , en esta se observan las columnas y pórticos como tipo frame y el muro de albañilería como

tipo link que trabaja solo a compresión. El link ha sido modelado acorde al gráfico de fuerza y deriva que se muestran en la Figura 24.

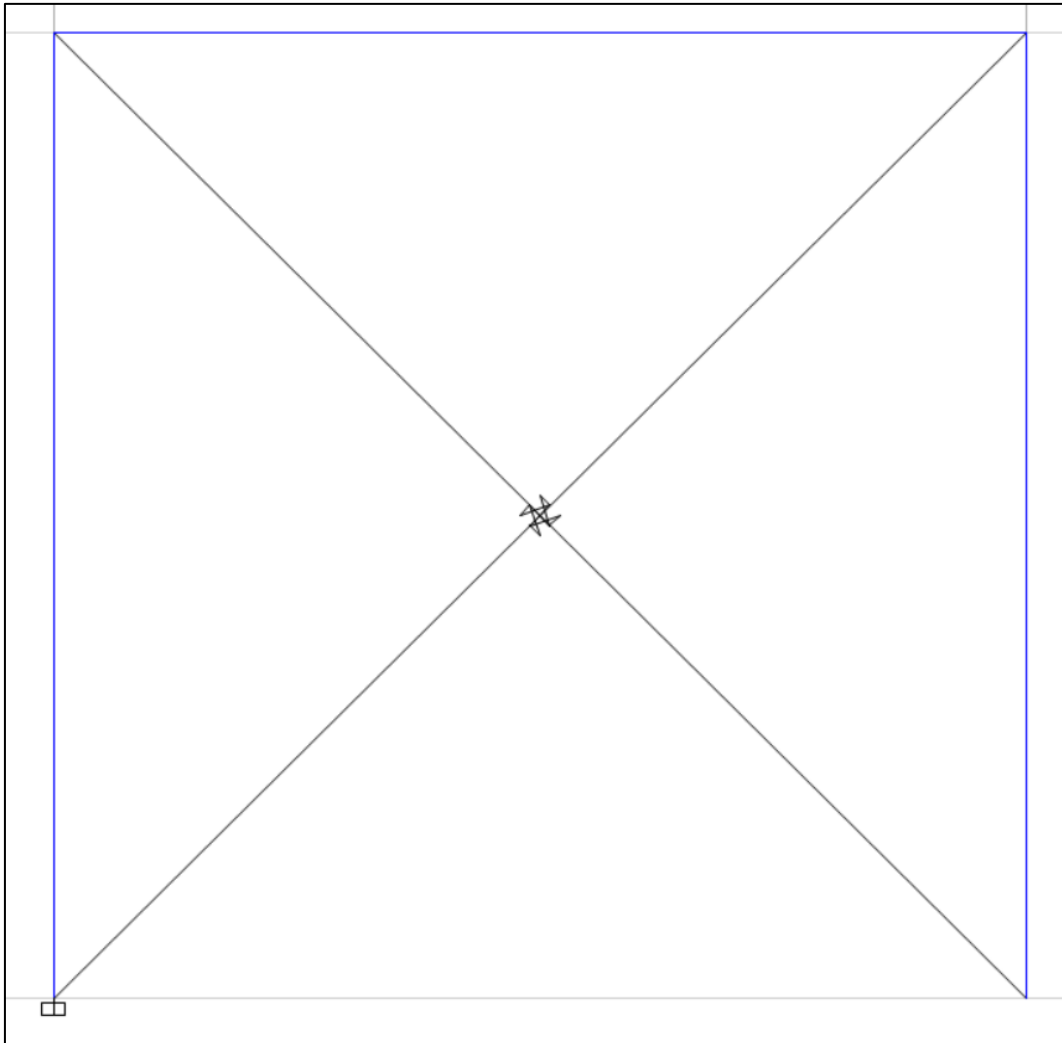


Figura 37. Modelo de Calibración en ETABS.

4.2.1. Calibración del muro de albañilería confinada del ensayo 1

En la presente sección se presenta el ensayo 1 del muro de albañilería confinada realizada en el laboratorio de estructuras de la PUCP mediante un ensayo cíclico que luego fue procesada para determinar la envolvente de esta y con ello su capacidad (Bernardo Acuña y Peña de la Cuba, s.f.). En la Figura 38 se presenta un gráfico del muro a ensayar, las dimensiones del espécimen y el acero instalado.

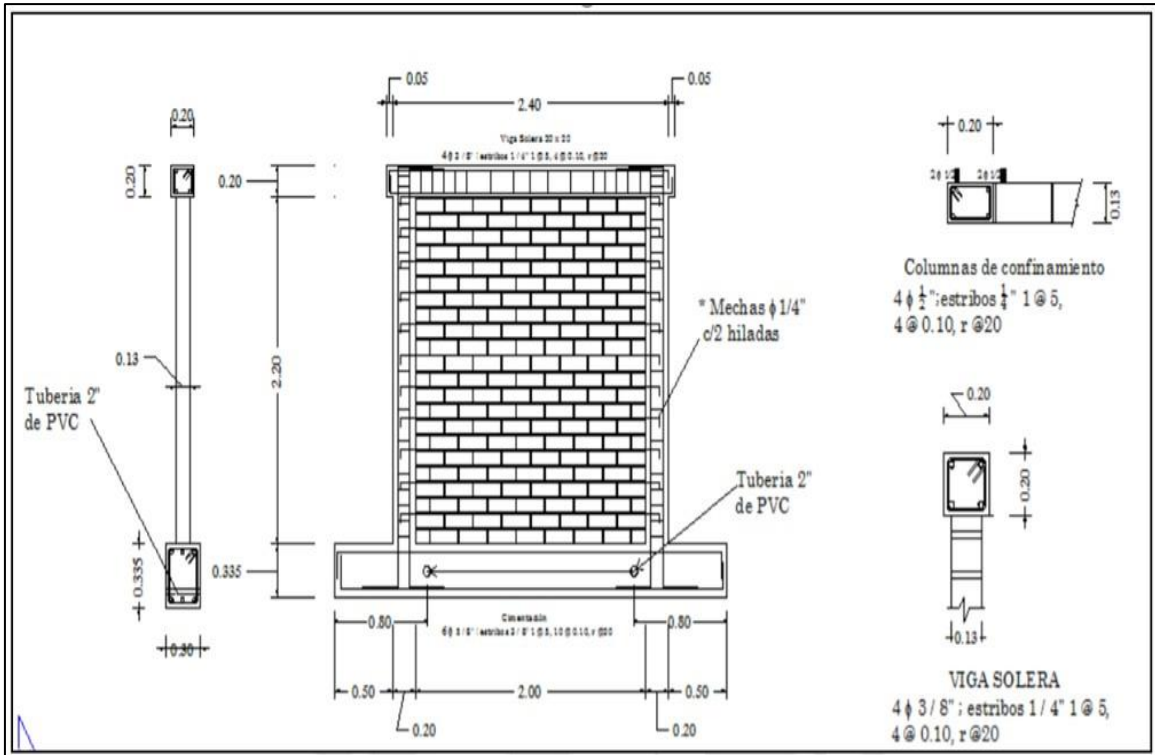


Figura 38. Dimensiones y características del ensayo 1.
Fuente: Tomado de (Bernardo y Peña, s.f.)

Se presentan en la Tabla 23 Las propiedades mecánicas y geométricas de los elementos estructurales extraídas del documento de (Bernardo Acuña y Peña de la Cuba, s.f.) necesarias para realizar las calibraciones.

Tabla 23. Datos del ensayo 1 a calibrar

Ensayo 1	F _m (kg/cm ²)	v' _m (kg/cm ²)	L(cm)	H(cm)	t (cm)
Albañilería	102	10.10	240	240	13

Ensayo 1	f' _c (kg/cm ²)	b(cm)	h(cm)	Acero	As(cm ²)
Columna	175	20	13	4Ø1/2"	5.16
Viga	175	20	20	4Ø3/8"	2.84

Fuente: Tomado de (Bernardo Acuña y Peña de la Cuba, s.f.)

En el ensayo 1 y el del modelo computacional realizado en ETABS se muestran en la Figura 39.

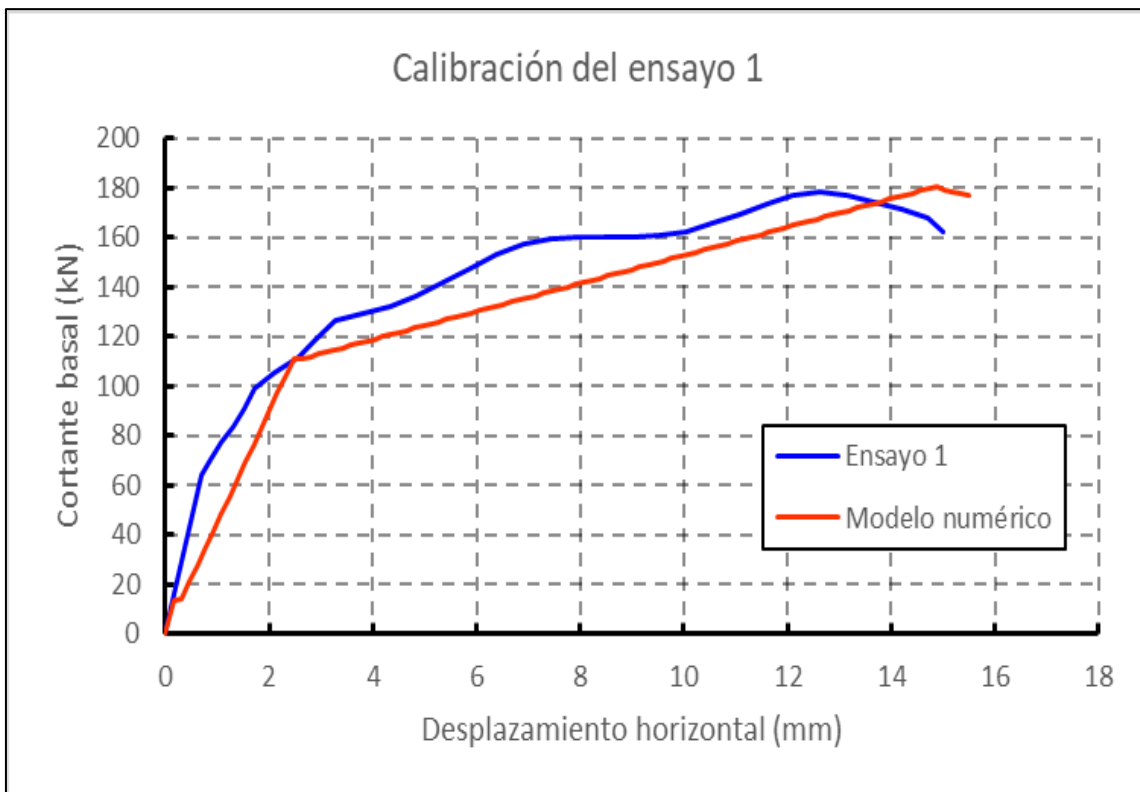


Figura 39. Comparación entre ensayo de laboratorio 1 y modelo numérico.

En la comparación se puede observar que el modelo numérico a pesar de ser trilineal se acomoda bien a la curva de capacidad del ensayo y simula bien los desplazamientos y fuerzas máximas.

4.1.8. Calibración del muro de albañilería confinada del ensayo 2

En la presente sección se presenta el ensayo 2 del muro de albañilería confinada realizada en el laboratorio de estructuras de la PUCP mediante un ensayo cíclico que luego fue procesada para determinar la envolvente de esta y con ello su capacidad (Angles Pari, 2008). en la Figura 40 se presenta un gráfico del muro a ensayar, las dimensiones del espécimen y el acero instalado.

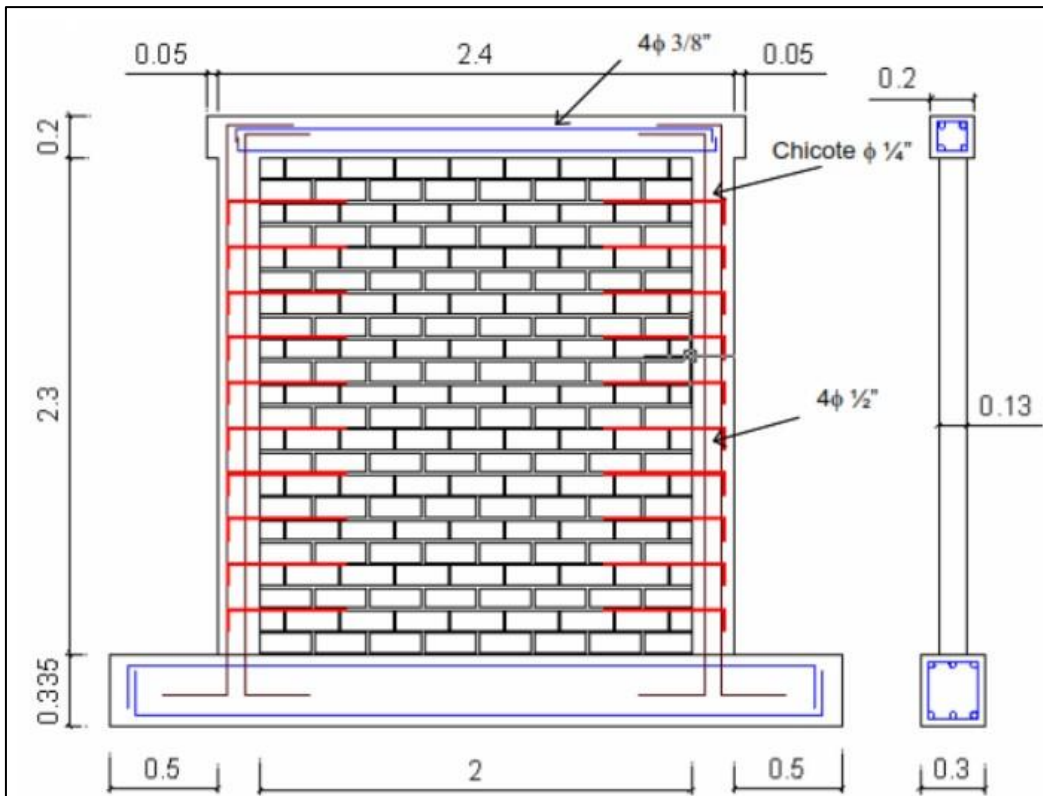


Figura 40. Dimensiones y características del ensayo 2.

Fuente: Tomado de (Pari, 2008) .

Se presentan en la Tabla 24 las propiedades mecánicas y geométricas de los elementos estructurales extraídas del documento de (Pari, 2008) necesarias para realizar las calibraciones.

Tabla 24. Datos del ensayo 2 a calibrar.

Ensayo 2	F _m (kg/cm ²)	v'm(kg/cm ²)	L(cm)	H(cm)	t (cm)
Albañilería	141	11.87	240	250	13

Ensayo 2	f' _c (kg/cm ²)	b(cm)	h(cm)	Acero	As(cm ²)
Columna	175	20	13	4Ø1/2"	5.16
Viga	175	20	20	4Ø3/8"	2.84

Fuente: Tomado de (Pari, 2008)

En el ensayo 2 y el del modelo computacional realizado en ETABS se muestran en la Figura 41.

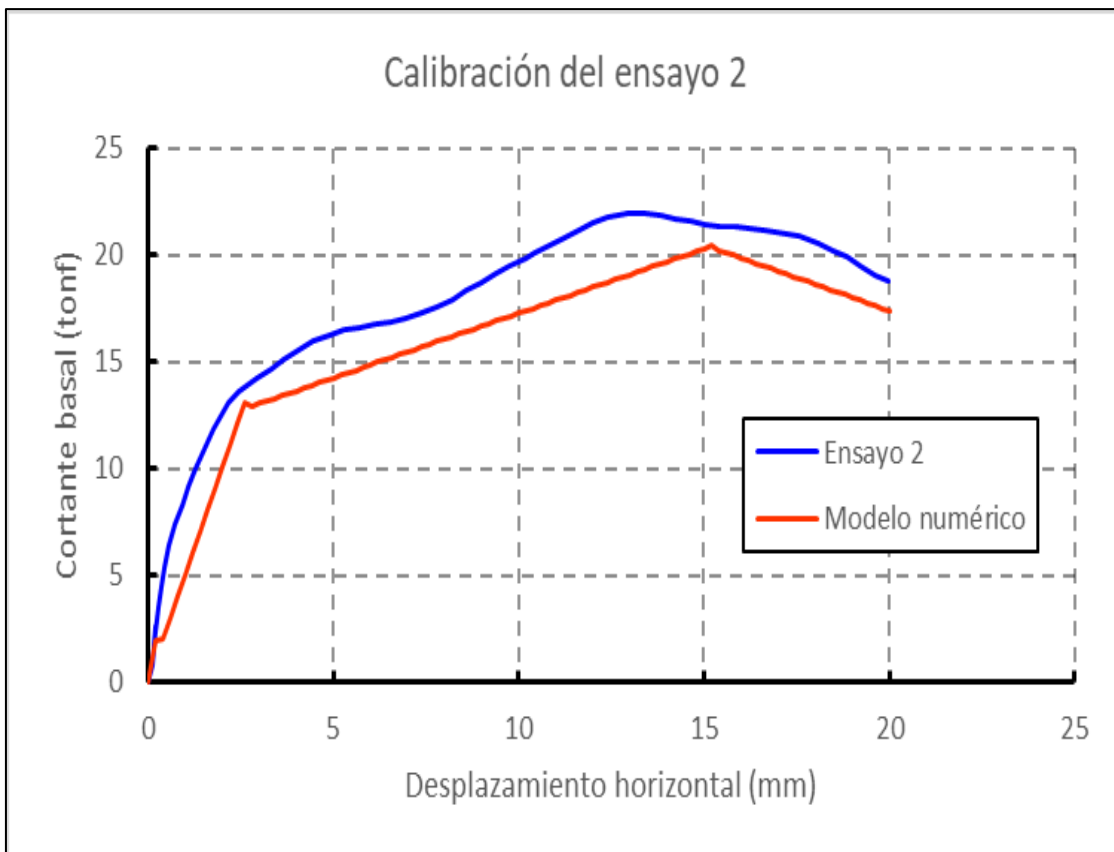


Figura 41. Comparación entre ensayo de laboratorio 2 y modelo numérico.

En la comparación se puede observar que el modelo numérico a pesar de ser trilineal se acomoda bien a la curva de capacidad del ensayo y simula bien los desplazamientos y fuerzas máximas.

4.3. Resultados del análisis estático no lineal

4.3.1. Modelo no lineal

En el modelamiento del análisis no lineal se necesitó el acero de refuerzo en los elementos estructurales y propiedades mecánicas de los materiales, debido a ello se utilizaron los planos que se encuentran en el anexo C. El modelo no lineal consta de vigas y columnas modeladas como elementos tipo frame y muros de albañilería como link y se muestra en la Figura 42. la no linealidad considerada para las vigas y columnas son del tipo fibra y la del muro de albañilería se encuentra en el link.

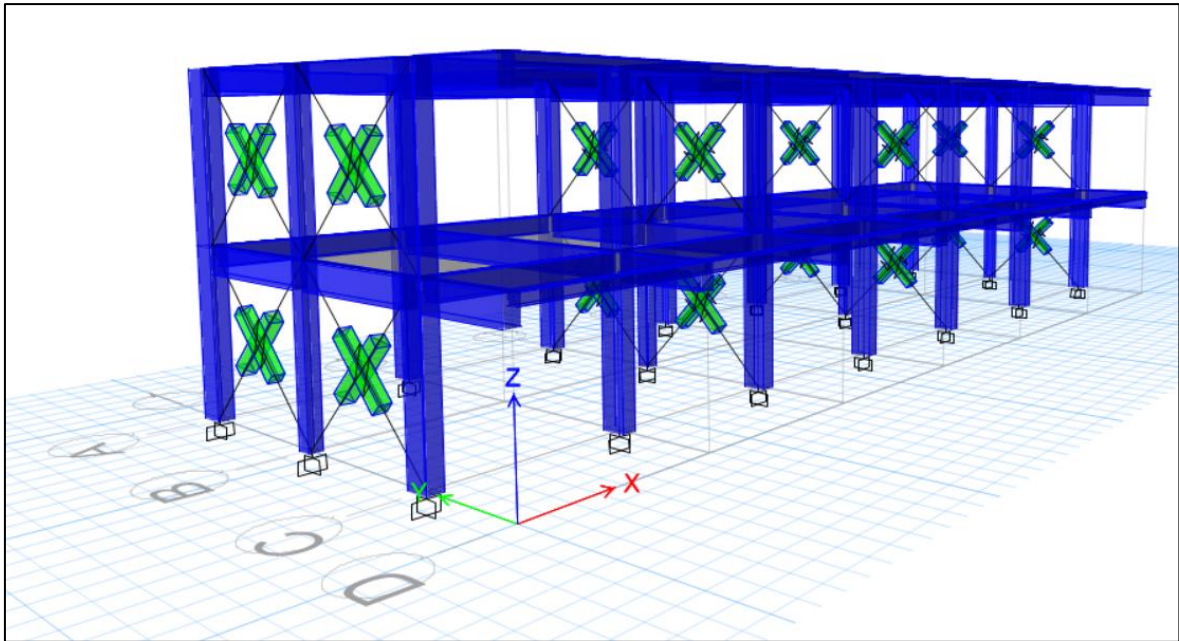


Figura 42. Modelo 3D del análisis no lineal.

La no linealidad de los muros de albañilería se encuentra definido por la curva fuerza-deriva descrita en la Figura 24. En la Tabla 25 se muestran las propiedades del muro de albañilería del colegio que es repetitivo en toda la edificación y las propiedades de deformación-fuerza del Link.

Tabla 25. Características del muro de albañilería y fuerza - defor del link.

Muro de albañilería confinada- Colegio			
L(cm)	367.50	H(cm)	325.00
D(cm)	490.59	$\alpha(^{\circ})$	41.49
$f'm$ (kg/cm ²)	65	t(cm)	23
α	1	v_m (kg/cm ²)	8.10
V_m (tonf)	36.25	P_g (tonf)	8.78
Link			
	Zona elástica	Zona máxima	Zona residual
Axial (tonf)	23.90	29.87	17.92
Deformación(cm)	0.219	1.461	2.069

Se agrega una caída con casi la misma pendiente para llevar al muro a una carga de 0, la curva fuerza-deformación para los muros de albañilería incluida en el link se muestra en la Figura 43.

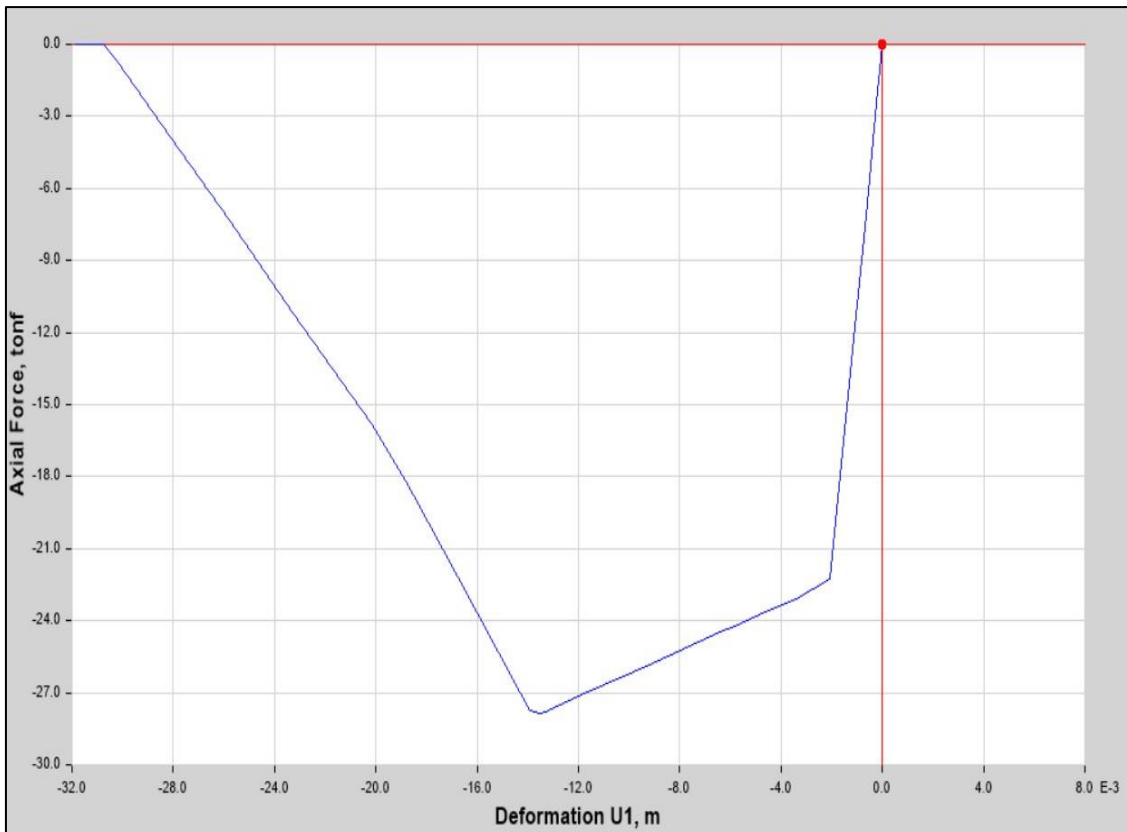
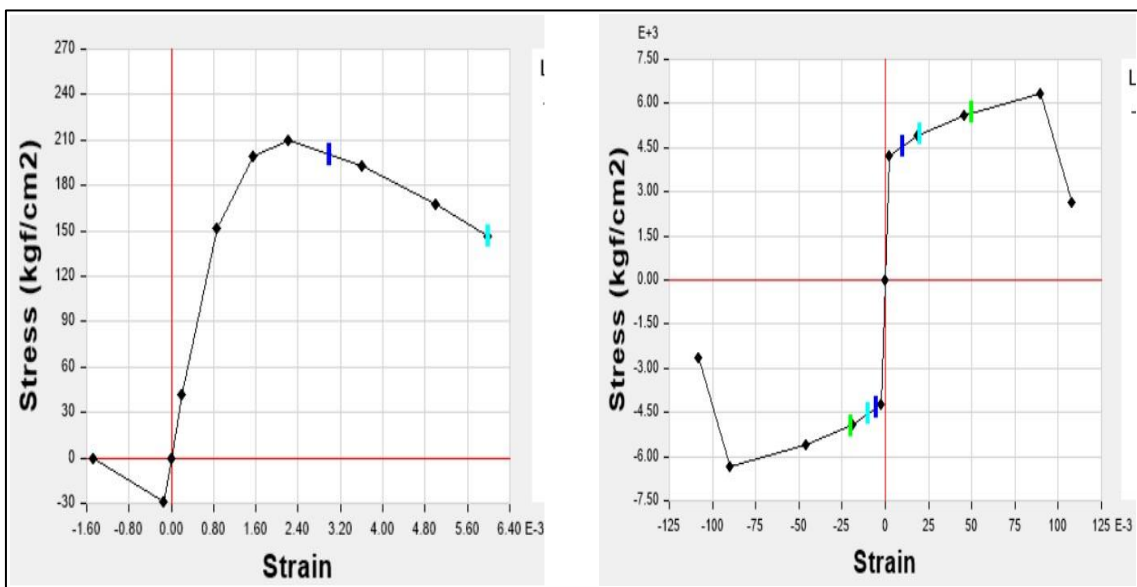


Figura 43. Fuerza deformación del link que representa al muro de albañilería.

La curva constitutiva para el concreto y acero se presenta en la Figura 44.



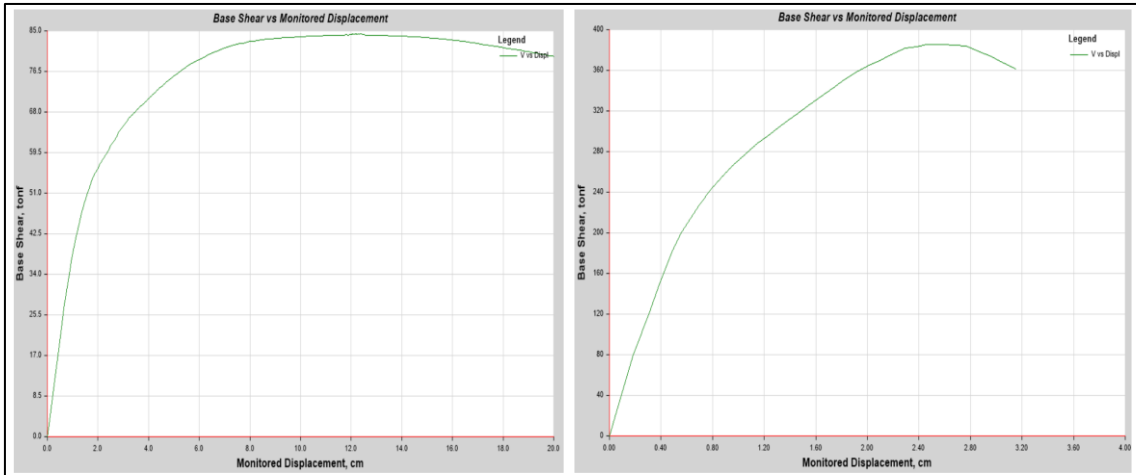
(a) Curva del concreto

(b) curva constitutiva del acero de refuerzo

Figura 44. Curva constitutiva del concreto y acero.

4.3.2. Curva de capacidad

En la Figura 45 se presenta la curva de capacidad para ambas direcciones, no se aplicó en ambos sentidos debido a que la estructura es simétrica y presenta la misma curva de capacidad en ambos sentidos.



a) Curva de capacidad en la dirección XX

b) curva de capacidad en la dirección YY

Figura 45. Curva de capacidad en la dirección XX y YY.

De la figura, en la dirección XX se tiene una falla en las columnas, la cual se puede visualizar de forma gráfica mediante puntos de color rojo en la Figura 46.

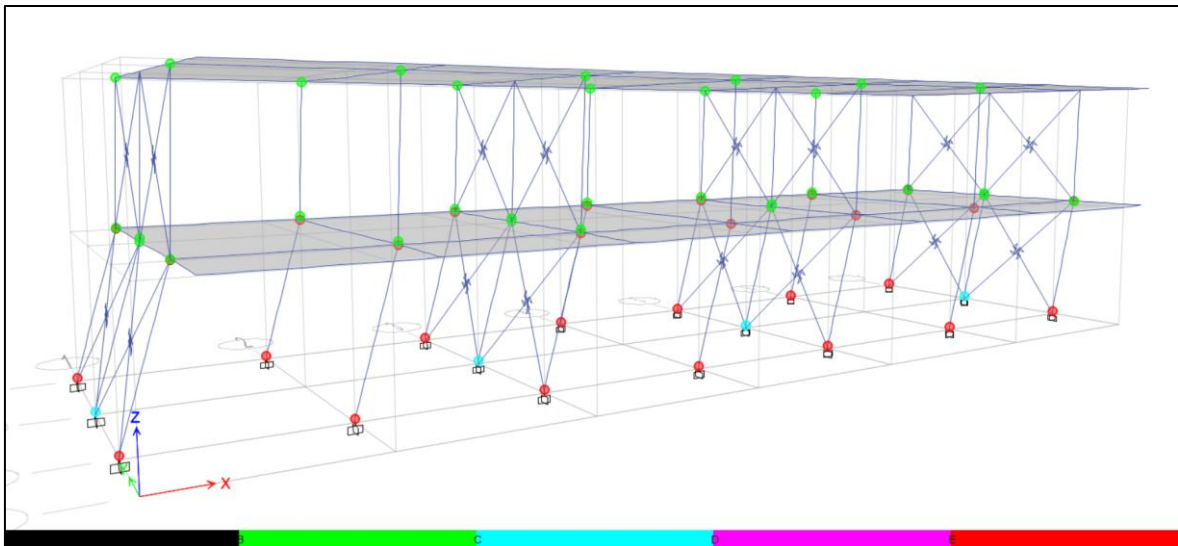
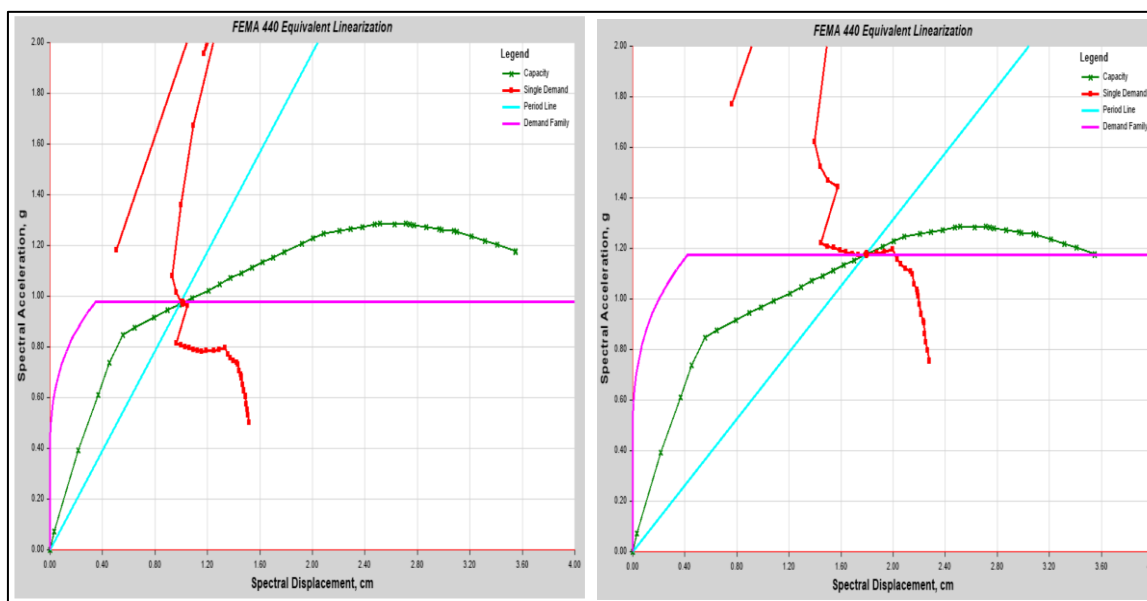


Figura 46. Estado de daño para el colapso en la dirección XX.

En la dirección YY la falla se debe a que los muros de albañilería fallan por corte y empiezan a perder cortante, esto se puede observar en la curva de capacidad, donde se observa una pérdida de cortante basal.

4.3.3. Desempeño en la dirección YY

Se muestra en la Figura 47 el desempeño calculado para el sismo muy raro y máximo mediante el método de espectro de demanda y capacidad del FEMA 440.



(a) Desempeño para sismo raro en la dirección YY (b) Curva de capacidad en la dirección YY

Figura 47. Desempeño para sismo raro y máximo en la dirección YY.

Lo que se obtiene en la gráfica es en función del desplazamiento y aceleración espectrales. En la Tabla 26 se muestran los resultados en función de desplazamiento en el techo, fuerza cortante y deriva.

Tabla 26. Resultados del desempeño para sismo raro y máximo en la dirección YY.

Dirección YY	Desplazamiento(mm)	Cortante basal (tonf)	Deriva (‰)
Sismo raro	8.90	256.90	3.02
Sismo máximo	16.28	333.10	5.52

Con la deriva obtenida para sismo raro según la Tabla 3 del ATC40 el edificio para una deriva menor a 10 estaría en ocupación inmediata.

Por último, se muestra el resultado del desempeño según SEAOC en la Figura 48.

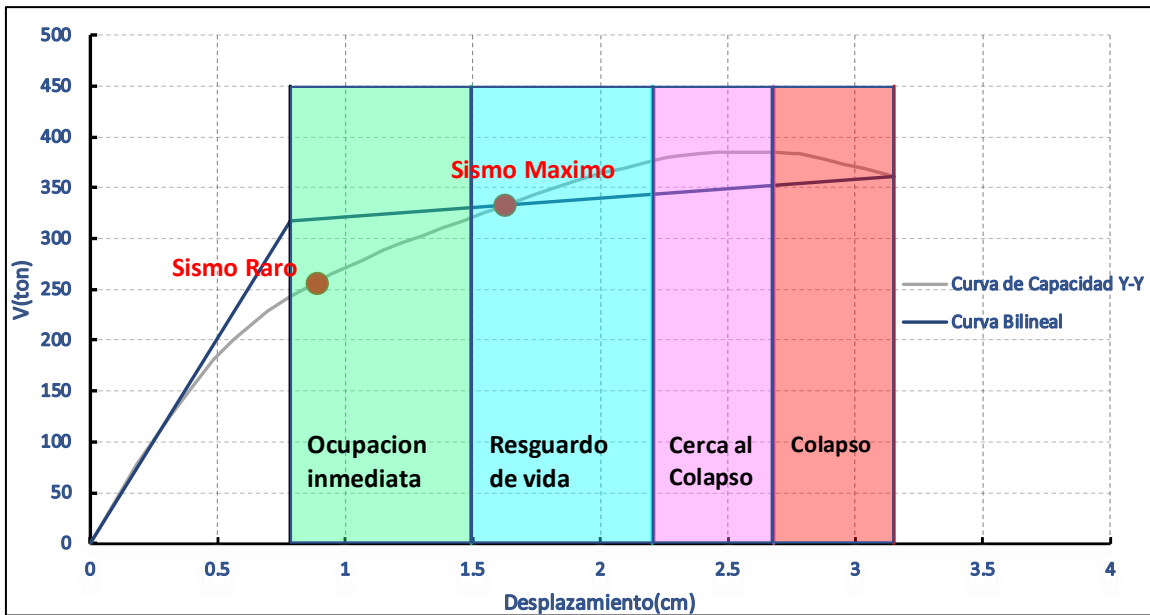
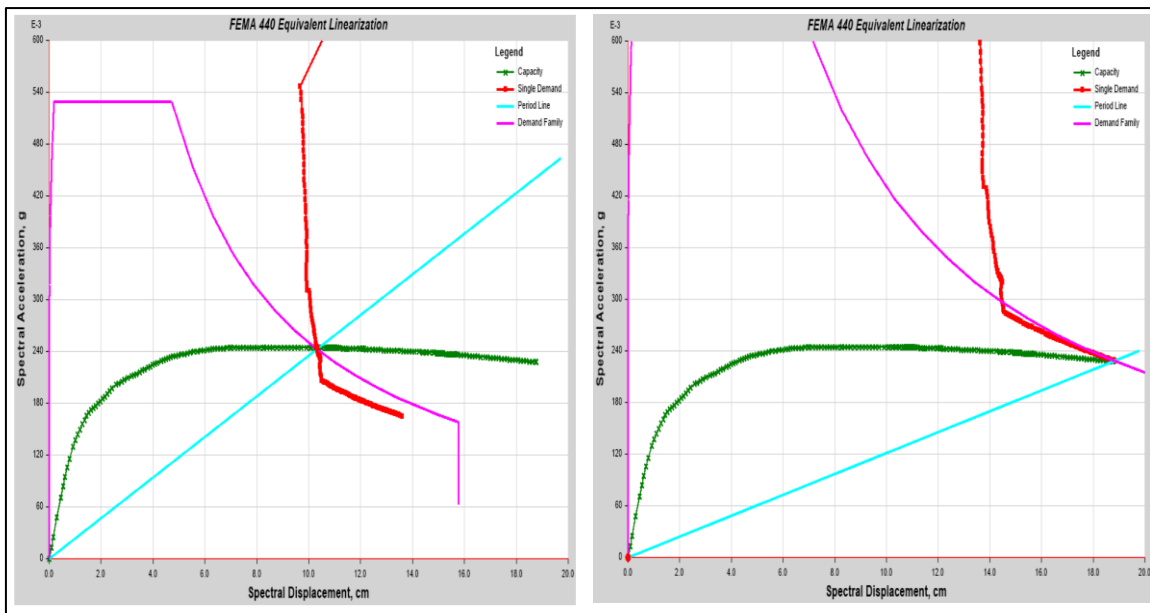


Figura 48. Desempeño según SEAOC para sismo raro y máximo en la dirección YY.

Se tiene en la dirección YY para un sismo raro un desempeño de ocupación inmediata y para un sismo máximo un desempeño de resguardo de vida.

4.3.4. Desempeño en la dirección XX

Se muestra en la Figura 49 el desempeño calculado para el sismo muy raro y máximo mediante el método de espectro de demanda y capacidad del FEMA 440.



(a) Desempeño para sismo raro dirección XX (b) Desempeño para sismo máximo dirección XX

Figura 49. Desempeño para sismo raro y máximo en la dirección XX.

Lo que se obtiene en la gráfica es en función del desplazamiento y aceleración espectral. en la Tabla 27 se muestran los resultados en función de desplazamiento en el techo, fuerza cortante y deriva. Cabe resaltar que para el sismo máximo no se encontró desempeño, sin embargo, está muy cerca del punto de capacidad final.

Tabla 27. Resultados del desempeño para sismo raro y máximo en la dirección XX.

Dirección XX	Desplazamiento (mm)	Cortante basal (tonf)	Deriva (‰)
Sismo raro	115.53	84.09	27.72
Sismo máximo	-	-	-

Con la deriva obtenida para sismo raro según la tabla 2 del ATC40 el edificio para una deriva mayor a 20 estaría saliendo del rango de resguardo de vida.

Por último, se muestra el resultado del desempeño según SEAOC en la Figura 50.

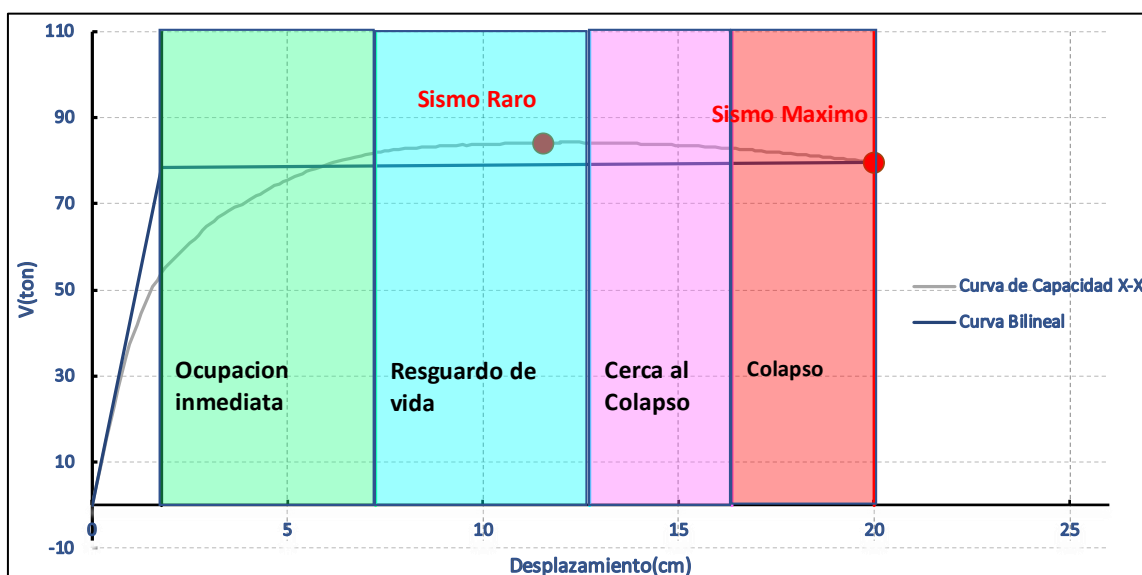


Figura 50. Desempeño según SEAOC para sismo raro y máximo en la dirección XX.

Se tiene en la dirección XX para un sismo raro un desempeño de resguardo de vida y para un sismo máximo no hay desempeño, dado que el punto cae hacia la derecha, es decir, la estructura colapsaría ante un sismo máximo, esto se debe a que en la dirección XX no hay elementos estructurales robustos, por ello sería necesario un reforzamiento.

4.3.5. Resumen del desempeño mediante un análisis no lineal estático

- El colapso en la dirección XX se da por falla en las columnas y en la dirección YY se da por una falla por corte en algunos muros de albañilería.
- La deriva en la dirección YY para sismo raro es de 3.02‰ y para sismo máximo es de 5.52‰. En la dirección XX para un sismo raro es de 27.72‰.
- El desempeño en la dirección YY para sismo raro es de ocupación inmediata y para un sismo máximo es de resguardo de vida.
- El desempeño en la dirección XX para sismo raro es de resguardo de vida y para un sismo máximo es de colapso.
- Se concluye que en la dirección YY el comportamiento es óptimo y en la dirección XX es necesario un reforzamiento.

V. DISCUSION

5.1. Respecto a una evaluación de desempeño sísmico

En la tesis de Loa (2017) , PUCP” Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997”, se evalúan de igual forma instituciones educativas con la finalidad de obtener el desempeño mediante un análisis no lineal estático.

5.1.1. Modelamiento

Respecto al modelamiento, se observa que la no linealidad de la albañilería considerada en la tesis de Loa (2017) no muestra una calibración para sustentar su modelamiento. Además, en la formulación como se observa en la Figura 51 , no se muestra la trilinealidad que se observa en todos los ensayos de muros de albañilería confinada acorde a las tesis de (Alva y Ornella, 2018), (Pari, 2008) y (San Bartolomé, y otros, 2009)

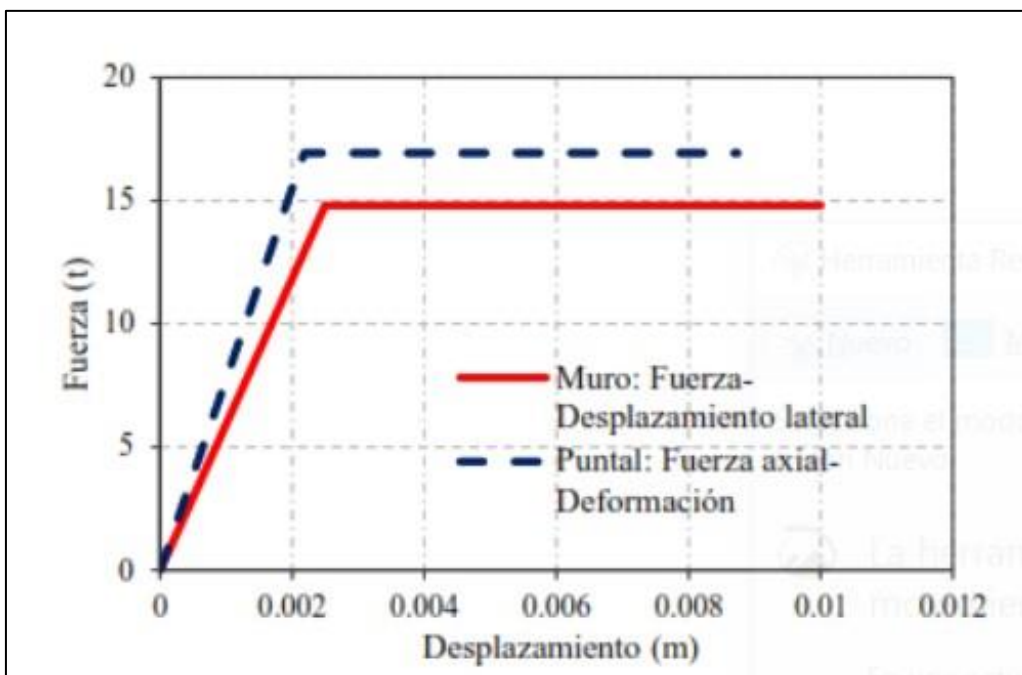


Figura 51. Modelo par albañilería confinada.
Fuente: Tomado de (Loa, 2017).

Se considera como fortaleza en el presente documento, haber realizado una calibración previa para modelar correctamente la albañilería acorde a ensayos de laboratorio realizados en el Perú.

Por otro lado, en el modelo de Loa (2017) también se consideró que el elemento de albañilería solo trabaja a compresión, por ello, solo se consideró en su modelo el puntal en una diagonal como se observa en la Figura 52 y no como un aspa, además de su modelo bilineal que solo muestra estar en un sentido de la fuerza como ya se observó en la Figura 51.

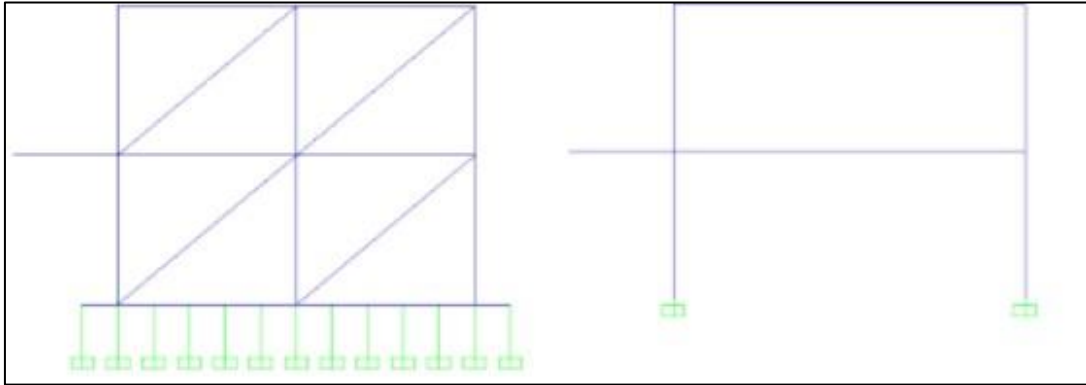


Figura 52. Modelo 3D para albañilería confinada, vista transversal.
Fuente: Tomado de Loa (2017).

5.2. Ensayo a escala real en el laboratorio CISMID

El CISMID realizó a escala real un Comportamiento Frente a Cargas Laterales de una Vivienda de Albañilería de Dos Pisos Mediante Ensayo en línea en el año 2003.

En el año 2003 se realizó un ensayo de laboratorio en el CISMID a escala real de una vivienda de dos niveles de albañilería confinada, construido bajo las normas peruanas vigentes y se muestra en la Figura 53. (Zavala et al., 2003).



Figura 53. Módulo de 2 niveles ensayado en CISMID.
Fuente: Tomado de (Zavala et al., 2003).

En el presente documento se muestra en la Figura 54 las derivas y el daño esperado en el edificio de dos niveles ensayado a escala real.

Distorsion	Comportamiento Esperado
1/3200	Grietas no visibles
1/1600	Primeras grietas en los talones del muro
1/800	Inicio de agrietamiento en diagonales
1/400	Agrietamiento inicial en columnas de confinamiento y apertura de la grieta diagonal
1/200	Grietas horizontales a lo largo de columnas de confinamiento generalizacion de grietas en diagonal y apertura considerable vidrios pueden romperse
1/100	Grietas de lado a lado, el muro pierde verticalidad, peligro de desplome. Puertas, ventanas y ascensores no pueden abrirse particiones colapsan

Figura 54. Derivas y comportamiento esperado del edificio de dos niveles.
Fuente: Tomado de (Zavala et al., 2003).

Se observa que la deriva máxima que se podría considerar de colapso en la Figura 54 es de 10‰, en el presente modelo computacional, se tiene una deriva en la curva final de capacidad de 13.18‰ como se muestra en la Figura 55. Por ello, se estima que la deriva de colapso es un valor que no está alejado de la realidad.

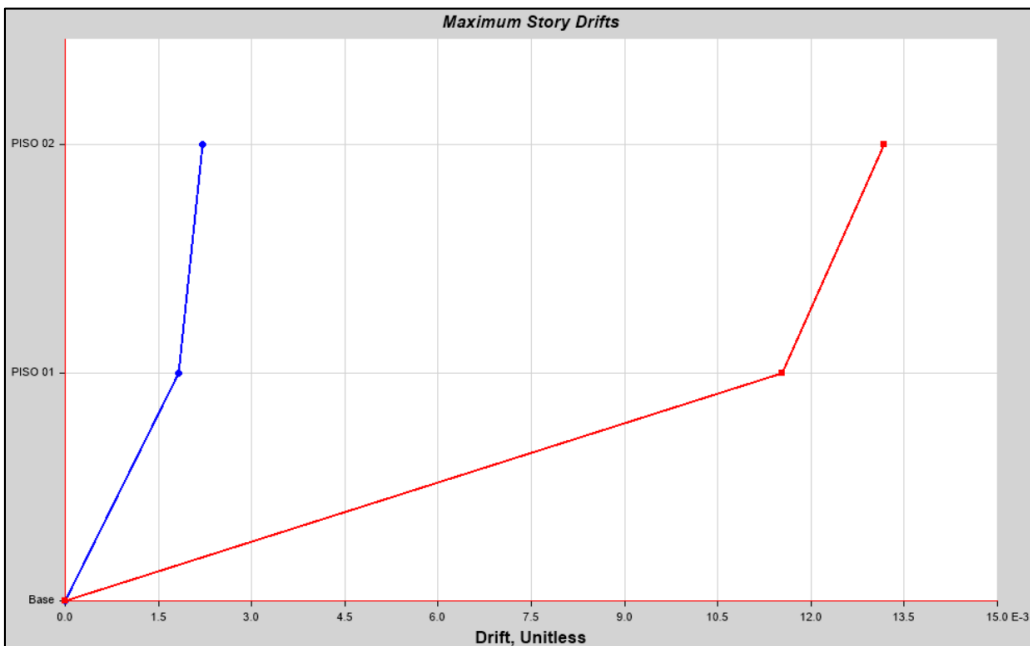


Figura 55. Máxima deriva en la dirección Y-Y.

5.3. Importancia de un modelo de albañilería que refleje la realidad

En el Perú la albañilería ha sido un material para la construcción que data de inicios del siglo XX, entre ellos existen varias unidades vecinales que tienen construcción de albañilería que datan de alrededores del año 1950. Actualmente según el INEI en su último informe del 2017 se tiene que las viviendas de ladrillo en el Perú corresponden a un 55.8% (EsSalud et al., 2017). Actualmente, existen aún muchas viviendas de albañilería para evaluar y reforzar. En Farje y Yabuta (2020) se evalúa el reforzamiento para albañilería confinada, en estos tipos de evaluaciones es necesario primero un diagnóstico del estado actual para evaluar el tipo de reforzamiento. en la Figura 56 se muestra una de las viviendas típicas que deben de evaluarse.



Figura 56. Vivienda de albañilería evaluada para aplicar un reforzamiento.
Fuente: Tomado de Farje y Yabuta (2020).

En Laucata (2013) se tiene un diagnóstico que ante un sismo severo las viviendas de albañilería confinada construidas en la ciudad de Trujillo informalmente podrían colapsar. En estas viviendas además de albañilería confinada también existen tabiques de relleno, estos elementos deberían ser también calibrados para posteriormente puedan ser incluidos en un modelo no lineal. Este análisis debería ser hecho no linealmente debido a que no existe un factor de reducción en la norma peruana para edificaciones con estructuras de albañilería confinada y tabiques de relleno.

5.4. Comportamiento de muros de albañilería confinada enteros y con huecos

La metodología planteada para la albañilería confinada no considera si existen orificios en los muros de albañilería, debido a que no es permitido en elementos estructurales y tampoco se encuentra en el colegio analizado. Sin embargo, debido a la informalidad en las construcciones de nuestro país existen orificios en los muros de albañilería. se muestran los muros con orificios ensayados en la Figura 57.

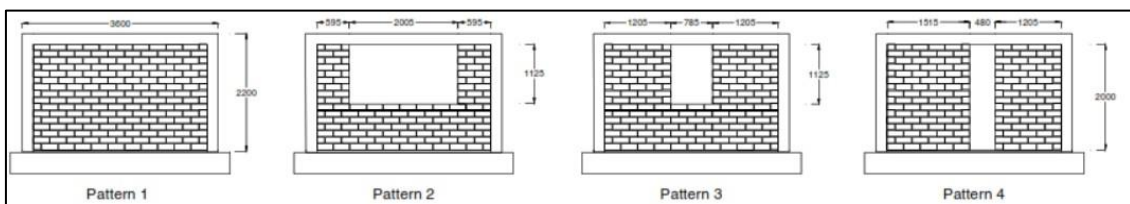


Figura 57. Muros de albañilería confinada ensayados.
Fuente: Tomado de Yañez y otros (2004).

Se muestra en la Figura 58 que la deriva máxima para los 4 tipos de muros de albañilería confinada es de 13.5 %, lo que se modifica en cada muro es la cortante basal.

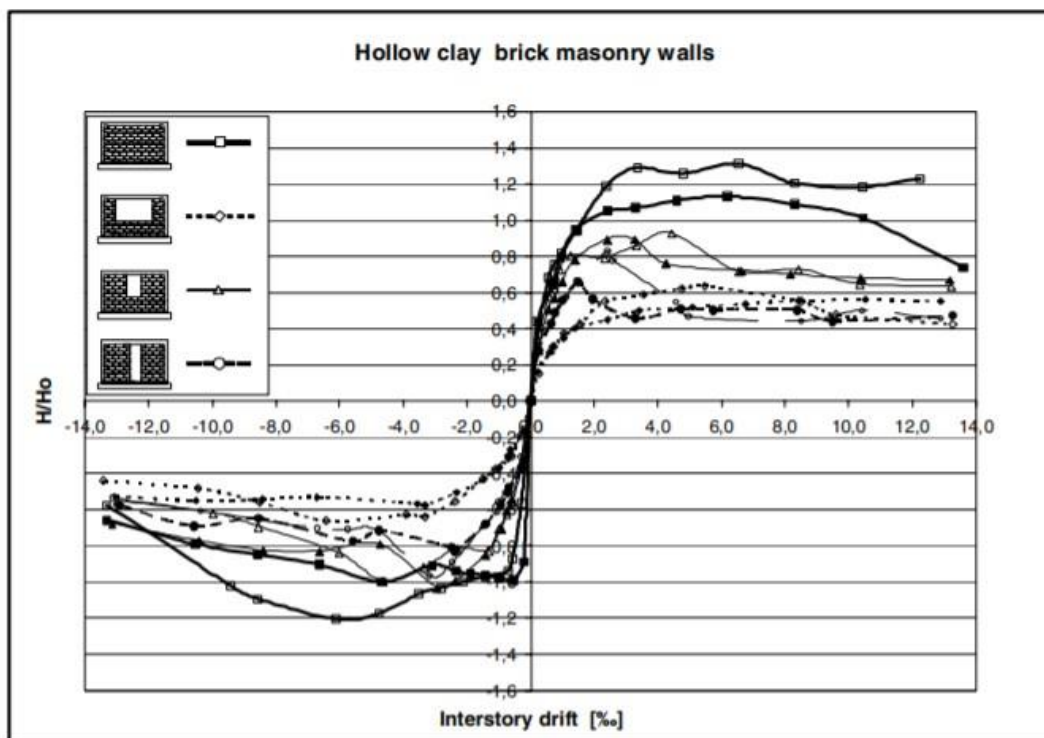


Figura 58. Derivas máx. para muros de albañilería conf. para muros sin y con huecos.
Fuente: Tomado de Yañez y otros (2004).

La deriva obtenida en el modelo es de 13.18‰ para la dirección Y-Y y aquí se observan que para estos muros la deriva máxima fue de 13.5‰ como se indica en la Figura 59 , por ello se estima que el colapso ha sido bien definido. por otro lado, debido a que el modelo utilizado del muro de albañilería está realizado para muros enteros, no podría ser utilizado en caso se quiera utilizar para muros con huecos porque la curva de capacidad es distinta.

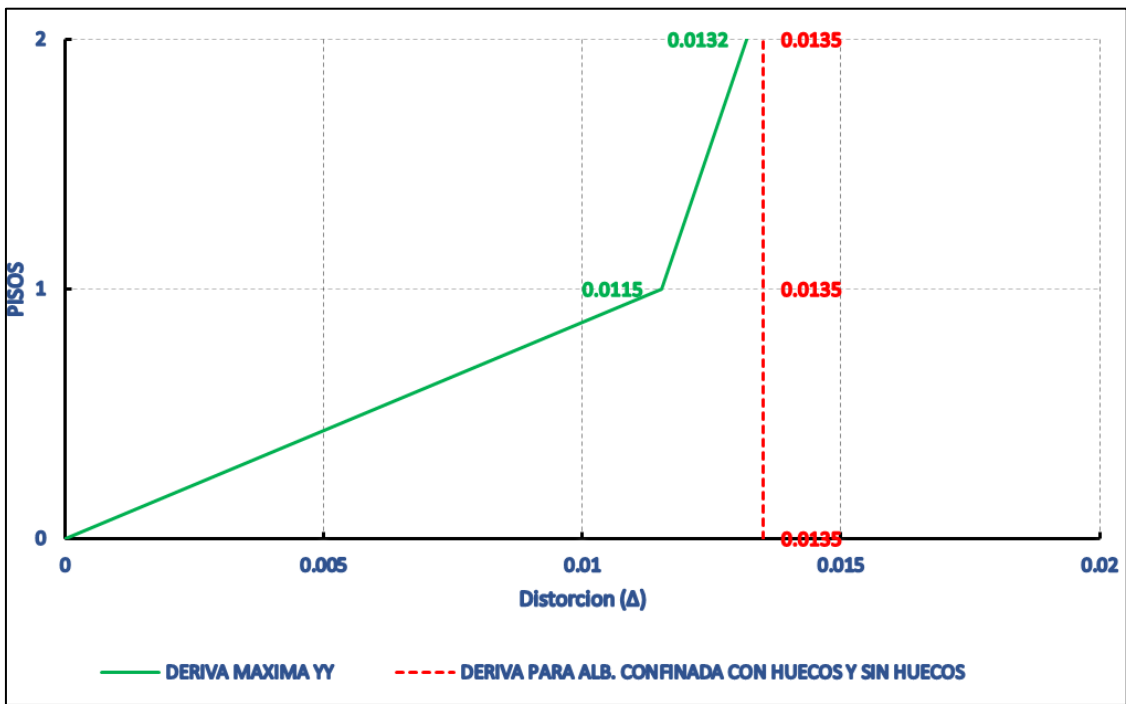


Figura 59. Derivas máximas obtenida y deriva de muros con huecos -sin huecos.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión general

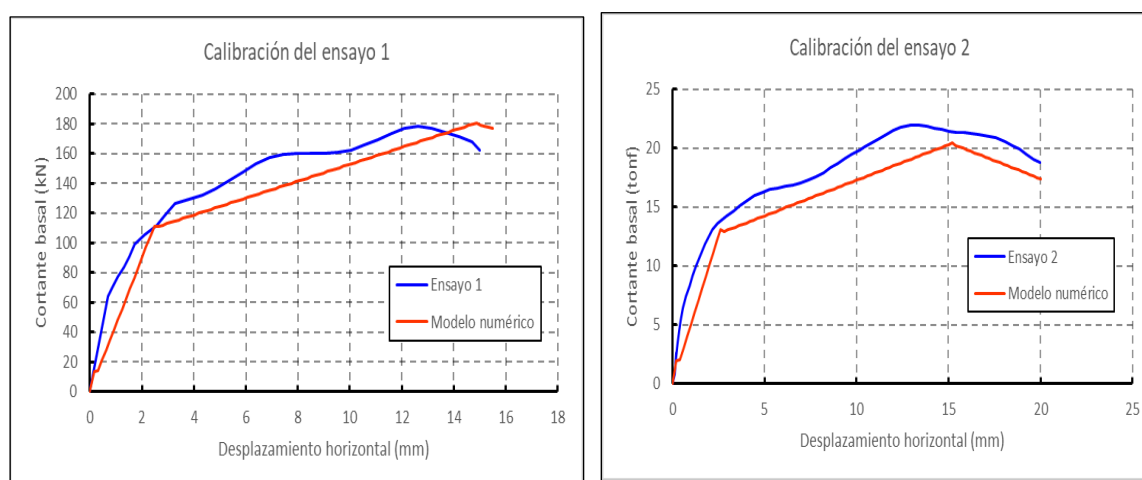
Se concluye que realizando la calibración numérica con dos especímenes de muros de albañilería ya realizada se llega a observar que la curva de capacidad trilineal numérica se acomoda a las curvas de capacidad trilineal del ensayo de laboratorio realizados para luego aplicar mediante tipo Link en ETABS; seguidamente se realizó el análisis estático no lineal de acorde al ASCESEI 41-17 y obtener los puntos desempeño mediante los lineamientos de los documentos FEMA 440 y sectorizar el desempeño de la edificación establecidas por SEAOC VISION 200.

Se concluye que la dirección XX es la más flexible con un periodo de 0.45 segundos y de 0.09 segundos en la dirección YY.

El primer modo traslacional para ambas direcciones tiene una masa participativa del 90 %, por lo que se concluye que son bastante representativos, esto ayudaría a que el análisis no lineal estático sea más representativo.

Conclusión específica 01

Se concluye que la calibración para ambos muros de albañilería ensayados en laboratorio es similar a los del modelo numérico con relación a la rigidez inicial, postfluencia y final como se observar en la Figura 60.



(a) ensayo 01 y calibración numérica

(a) ensayo 02 y calibración numérica

Figura 60. Curvas trilineal obtenidas de la calibración numérica.

Conclusión específica 02

Los niveles de desempeño frente a diferentes sollicitaciones sísmicas, aplicando el AENL(Pushover) para el módulo de la institución educativa I.E. N°20123, tomando en consideración los lineamientos de los documentos FEMA 440, describe una condición de límite de daño para un sismo raro en la dirección YY, la estructura ocupa un desempeño de ocupación inmediata, y para un sismo máximo un desempeño de resguardo de vida como lo muestra la Figura 61; para la dirección XX en un sismo raro con un desempeño de resguardo de vida y para un sismo máximo no hay desempeño, dado que el punto cae hacia la derecha, es decir, la estructura colapsaría ante un sismo máximo, esto se debe a que en la dirección xx no hay elementos estructurales robustos, por ello sería necesario un reforzamiento como lo muestra la Figura 62.

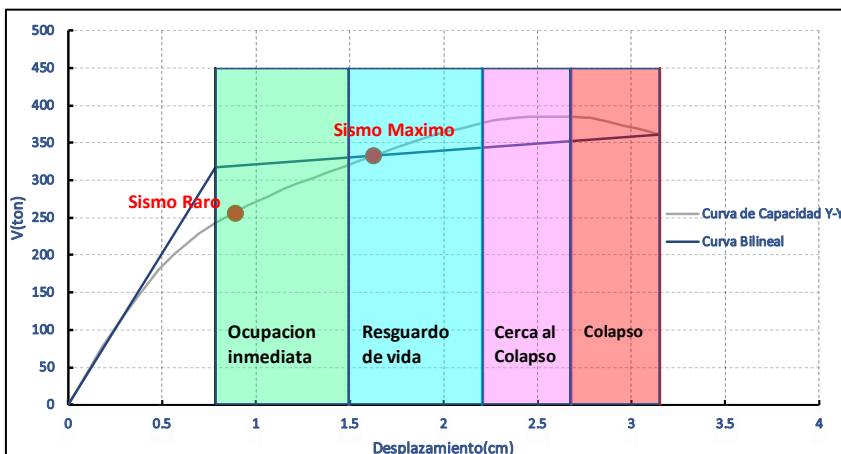


Figura 61. Puntos y sectorización del desempeño de la edificación en la dirección YY.

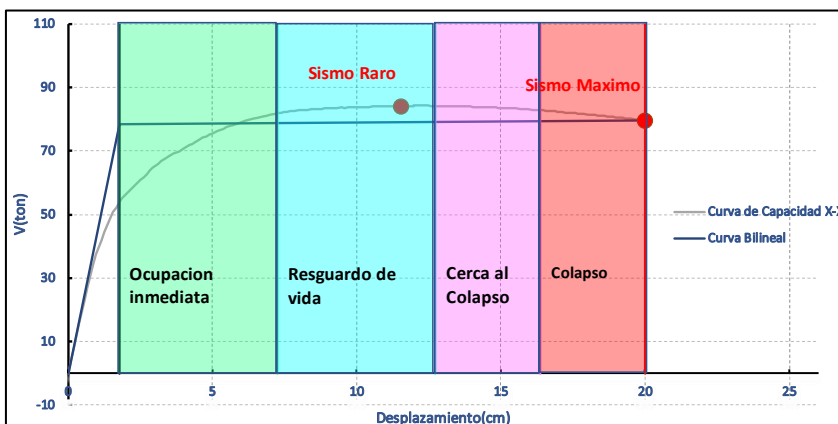


Figura 62. Puntos y sectorización del desempeño de la edificación en la dirección XX.

Conclusión específica 03

En el análisis lineal para la dirección XX bajo un sismo máximo se tiene una deriva de 13.27 ‰ y es mayor al máximo permitido de 7‰, en el análisis no lineal se obtuvo que el desempeño es de colapso. Por lo que se concluye que al no cumplir con la deriva máxima de la norma E030 se obtiene un desempeño desfavorable. Para un sismo raro, en el análisis lineal se obtuvo una deriva de 8.85‰ cercano al permitido del 7‰, en el análisis no lineal se obtuvo un desempeño de resguardo de vida, por lo que se concluye que cumple con la filosofía de la norma E030 y muestra la validez de la norma para encajar en el desempeño deseado.

Se realiza una comparación de las derivas obtenidas en un sismo raro y máximo con la norma e030 el análisis de dinámico como se muestra en la siguiente Figura 63.

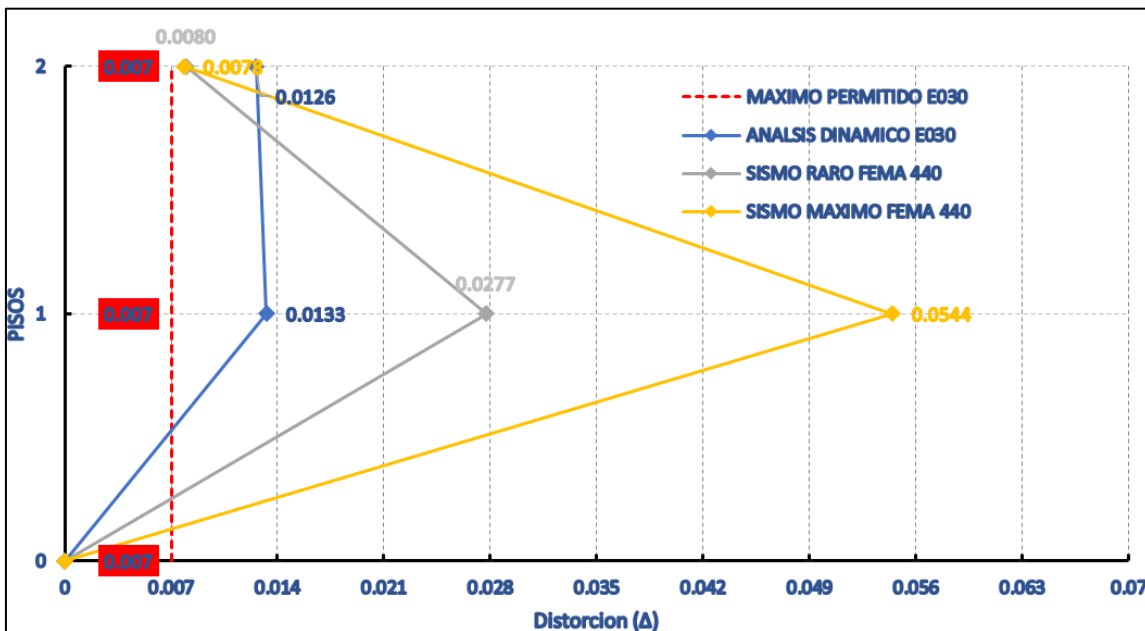


Figura 63. Comparación de derivas en la dirección XX.

Para la dirección YY se obtuvo la deriva máxima de 0.59 ‰ y por resistencia a corte los muros están a la mitad de su capacidad. El desempeño en el análisis no lineal es de ocupación inmediata y resguardo de vida, por lo que se concluye que cumple ampliamente con el desempeño de resguardo de vida que se deduce de la filosofía de la norma E030.

Se realiza una comparación de las derivas obtenidas en un sismo raro y máximo con la norma E30 el análisis de dinámico como se muestra en la siguiente Figura 64.

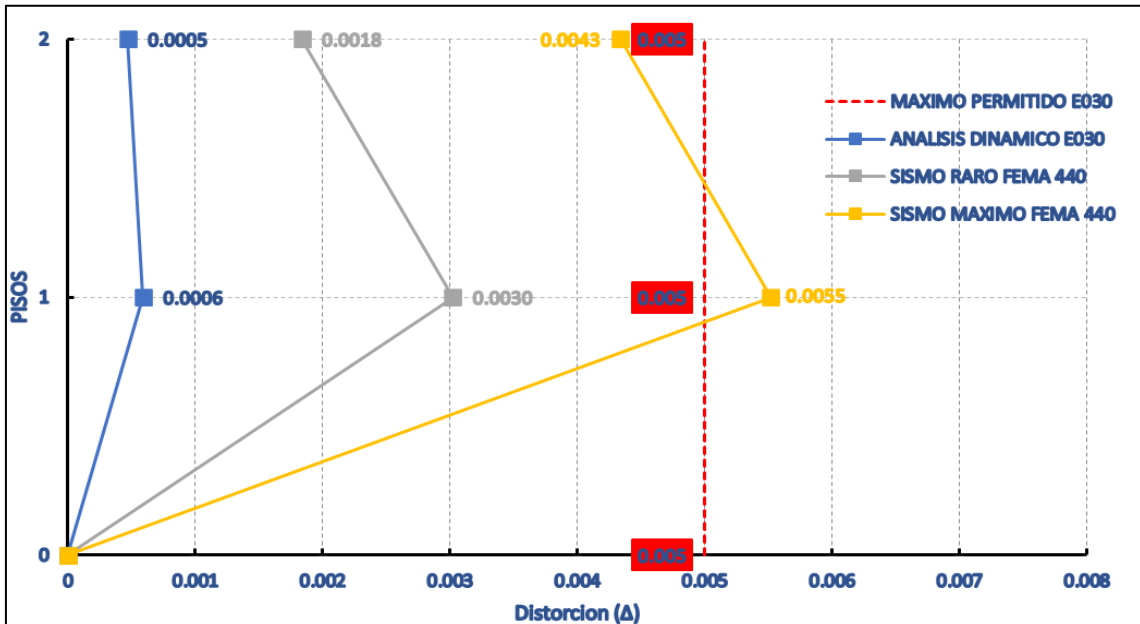


Figura 64. Comparación de derivas en la dirección YY.

Se concluye que el colapso para la dirección YY es similar a un ensayo real realizado por el CISMID para una edificación de dos niveles. Se calcula en el modelo numérico una deriva de 13.18‰ y en el ensayo se ha estimado en 10‰ como se muestra en la Figura 65.

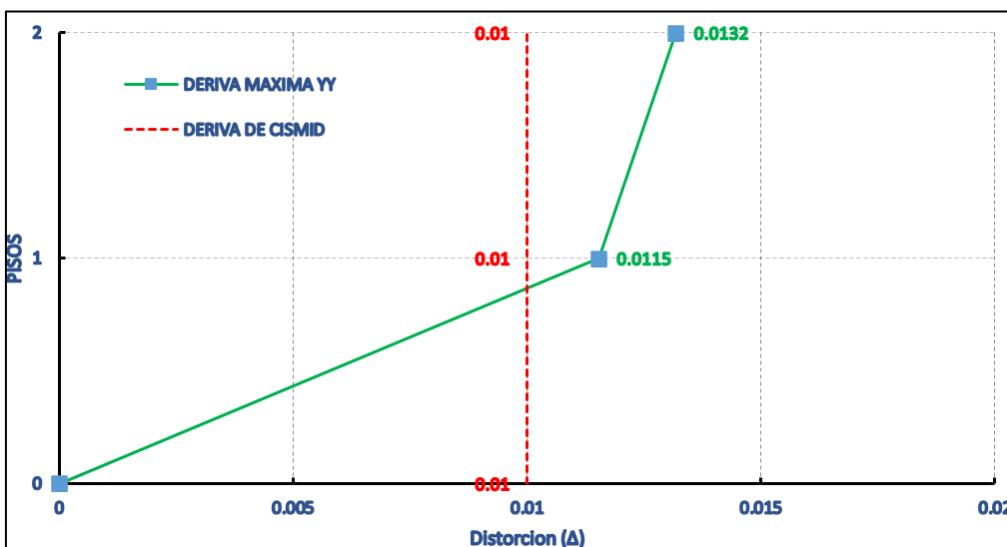


Figura 65. Comparación de derivas de la dirección YY con la deriva del CISMID.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda al ministerio de vivienda que se realicen reparaciones a los colegios y edificaciones que fueron estructuradas solo en una dirección, en el presente caso vimos que solo se presentaban muros de albañilería y columnas en la dirección transversal y la longitudinal era vulnerable.

Se recomienda al comité que se encarga de realizar la norma E070 de albañilería que agreguen en dicha norma lineamientos para el correcto análisis no lineal.

Se recomienda al comité de la norma E070 que se realice ensayos a escala real de edificaciones de albañilería confinada y que el resultado sea público para poder realizar calibraciones, no solo de muros, si no de edificaciones y poder estimar mucho mejor la respuesta no lineal.

Se recomienda a los estudiantes que puedan realizar otros modelos para albañilería sin confinar y muros de albañilería con huecos, al partir de una calibración previa, con el fin de tener una visión más amplia de las estructuras de nuestro país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(EsSalud et al., 2017). 2017. EsSalud, S., y cols. (2017). Población total y asegurada en salud, desde la perspectiva de resultados de los censos nacionales, 2017. [En línea] 2017. <https://n9.cl/qlfl>.

A., Cumpa y M., Quispe. <https://n9.cl/ig8np>. [En línea]

Abril, V. 2008. Técnicas e instrumentos de la investigación. [En línea] 2008. Recuperado de <https://n9.cl/duq6c>.

ACI. 2019. Building code requirements for reinforced concrete (aci 318-19). Chicago : Hall Prentice, 2019.

Alva, C. y Ornella, M. 2018. Ensayos cíclicos en muros de albañilería confinada construidos con ladrillos king kong de fabricación industrial. Lima : PUPC, 2018.

Arequipa, A. 2019. Fierro corrugado astm 615 - grado 60. Arequipa : s.n., 2019.

Arone, Juan. 2019. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural de la I.E. N°1199 Mariscal Ramón Castilla, UGEL N°6 del Distrito de Chacabuco. [En línea] 2019. <https://n9.cl/v1nkb>.

ASCE-41-17. 2017. Asce standard, asce/sei, 41–17: Seismic evaluation and retrofit of existing buildings. [En línea] 2017. <https://n9.cl/omg02>.

ATC-40. . 1996. Atc-40, seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. s.l. : SSC 96, 1., 1996.

Ávila, Gabriela. 2018. “Evaluación del coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martín de Porres, Lima - 2018”. [En línea] 2018. [Citado el: 6 de junio de 2021.] <https://n9.cl/qmpxf>.

Blasco, J. 2017. Las estructuras de los centros educativos (colegios) en el siglo xx en el Perú. diversos proyectos de reforzamiento y ejemplos de estructuración de edificaciones de la universidad católica del Perú. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú-CENTRUM Católica, 2017.

Caparó, E. 2019. ¿ cómo plantear las variables de una investigación: Operacionalización de las variables? s.l. : Odontología Activa Revista Científica, 2019.

Chopra, AK. 2014. Dinámica de estructuras. s.l. : Pearson Higher, 2014.

Computer y Structures. 2015. Guide User's ETABS. s.l. : Hall Education, 2015.

CSI. 2018. Technical note material stress-strain curves. s.l. : Pearson Higher, 2018.

Cumpa, Jinmy y Quispe, Brayan. 2019. Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco -San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover). [En línea] 2019. [Citado el: 06 de junio de 2021.] <https://n9.cl/jdkj>.

Deierlein, G., Reinhorn, A. y Willford, M. 2010. Nonlinear structural analysis for seismic design. NEHRP seismic design technical brief. Virginia : Hall Prentice, 2010.

Es Salud. 2017. Población total y asegurada en salud, desde la perspectiva de resultados de los censos nacionales, 2017. Lima : INEI, 2017.

FEMA 440. 2005. Fema 440, improvement of nonlinear static seismic analysis procedures. Redwood City : Hall Prentice, 2005.

Gálvez, A. 2020. Evaluación sísmica basado en desempeño. material del seminario análisis no lineal. s.l. : Grupo la Raiza, 2020.

Gálvez, Adolfo. 2010. El analisis no lineal dinamico y su aplicacion en la simulacion de respuestas estructurales. [En línea] 2010. <https://n9.cl/l5qyw>.

Gonzales, George, Aguilar, Ashily y Huaco, Guillermo. 2020. Análisis dinámico incremental de un hospital de 60 años de antigüedad con muros de albañilería artesanal. [En línea] 2020. <https://n9.cl/56yda>.

Grajales, T. 2000. Tipos de investigación. On line)(27/03/2.000). s.l. : Vértice, 2000.

Hernández, R, Fernández, C y Baptista, P. 2014. Metodología de la investigación (5ª.ed). Mexico : Cengage Learning, Editores, 2014.

Holzer, S., y otros. 1975. Singer: A computer code for general analysis of two-dimensional reinforced concrete structures. Virginia : Solution Process , 1975.

- Jiang, C., y otros. 2020. A sequential calibration and validation framework for model uncertainty quantification and reduction. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. Chicago : Hall Prentice, 2020.
- Lakshmi , Prasanna y Santhi, Hellen. 2016. Evaluación sísmica de edificio residencial con muro de mampostería utilizando etabs. [En línea] 2016. <https://n9.cl/o10er>.
- Loa, Gustavo. 2017. Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997. [En línea] 2017. <https://n9.cl/jock>.
- Mander, J., Priestley, M. y Park, R. 1988. Theoretical stress-strain model for confined concrete. s.l. : *Journal of structural engineering*, 1988.
- Morales, F. 2012. Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, exploratoria y explicativa. s.l. : Pirámide, 2012.
- Ottazzi, G. 2018. Apuntes del curso concreto armado. s.l. : Vértice, 2018.
- Otzen, T. y Manterola, C. 2017. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. s.l. : *International journal of morphology*,, 2017.
- Oyguc, Resat. 2011. Rendimiento sísmico de los edificios escolares de RC después de los terremotos de Van 2011. [En línea] 2011. <https://n9.cl/0ieeh>.
- Pari, Angles. 2008. Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla. Lima : PUPC, 2008.
- Pei, Fu y Yusak, Oktavianus. 2015. Un análisis sísmico de empuje y un método de reacondicionamiento aplicado a edificios escolares de RC de poca altura. [En línea] 2015. <https://n9.cl/sigk>.
- Petracca, M., y otros. 2017. Micro-scale continuous and discrete numerical models for nonlinear analysis of masonry shear walls. *Construction and Building Materials*. México : AM Editores, 2017.

Sáenz, Santiago. 2018. Curvas de fragilidad de estructuras de albañilería confinada empleando la base de registros sísmicos chilenos. [En línea] 2018. <https://n9.cl/xidc3>.

San Bartolomé, J., Bernardo, Jorge y Peña, Mario. 2009. Efectos del peralte de las columnas en el comportamiento sísmico de los muros de albañilería confinada. Lima : PUCP, 2009.

SEAOC, V. 1995. Vision 2000 committee. Performance based Seismic Engineering of Buildings, 4. Minnessota : Hall Prentice, 1995.

SENCICO. 2018. E-030 diseño sismorresistente. Lima : s.n., 2018.-. 2006. Norma Técnica E.070 albañilería. Lima : Diario Oficial el Peruano., 2006.

Sequera, D. y Solano, L. 2013. Algoritmo para la calibración de modelos estructurales en elementos finitos de puentes usando ansys. Colombia : Universidad La Javeriana, 2013.

Tavera, H. y Buforn, E. 1998. Sismicidad y sismotectónica de Perú. Lima : Pirámide, 1998.

Torrealva, D. 2016. Material de clase: Reparación y conservación del patrimonio. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú., 2016.

Torres, M., Salazar, F. y Paz, K. 2019. Métodos de recolección de datos para una investigación. s.l. : Vértice, 2019.

Walpole, R., Myers, R. y Cruz, R. 1992. Probabilidad y estadística. México : McGraw-Hill, 1992.

Zambrano, P., Toledo, C. y Menendez, M. 2020. Metodología de la investigación. México : Pearson Education, 2020.

Zavala, Carlos, y otros. 2003. Comportamiento frente a cargas laterales de una vivienda de albanileria de dos pisos mediante ensayo en linea. En Proceedings of the xiv congreso nacional de ingenieria civil–iquitos, peru. Iquitos : Colegio de Ingenieros del Perú, 2003.

ANEXOS

A. Anexo: Matriz de operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Variable 1: Calibración de un ensayo de laboratorio	La calibración se basa en asemejar el ensayo experimental al modelo numérico (Jiang et al., 2020)	La medición se realiza en función de la rigidez inicial, postfluencia y energía disipada.	Curva de capacidad	rigidez inicial	Pendiente inicial
				rigidez post fluencia	Pendiente post fluencia
				semejanza en curvas	Líneas de ensayo y modelo numérico similares
			Análisis no lineal estático	lineamiento del caso de carga según ASCE	Ejecución del caso no lineal estático
				Métodos numéricos	Convergencia en la solución y buen desarrollo de la curva de capacidad
Variable 2: Cálculo del desempeño de la edificación	El análisis no lineal estático se basa en fuerzas laterales estática a la estructura (Krawinkler,1998) y el desempeño a la respuesta frente a un sismo (FEMA440,2005)	La medición se realiza en función de en qué punto se ubique el desempeño respecto del puntode colapso.	Desempeño del edificio	Sectorización según SEAOC	Punto que pertenece el desempeño en la sectorización
				Tipo de sismo	Periodo de retorno del sismo
			Mecanismo de falla	Formación de rótulas	Orden del ingreso al régimen plástico de los elementos estructurales.
				Ingreso al rango no lineal en elementos estructurales	Estado de daño de los elementos estructurales en función de su rotación plástica.

B. Anexo: Matriz de consistencia

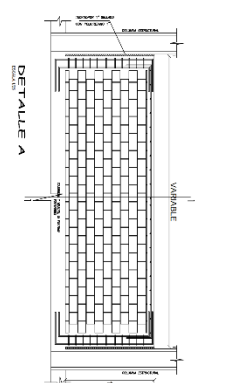
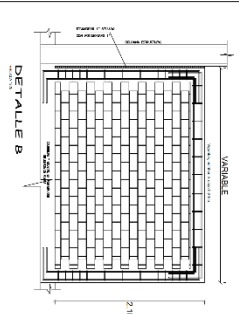
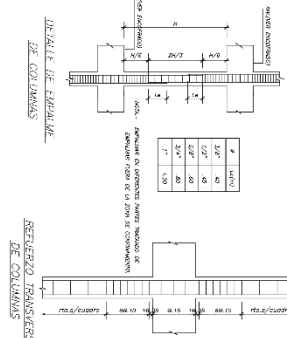
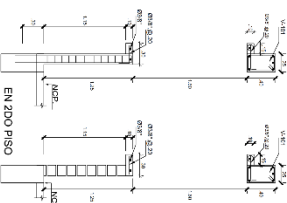
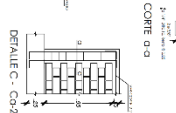
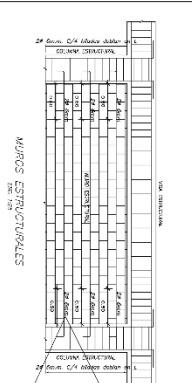
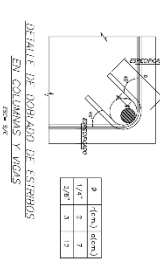
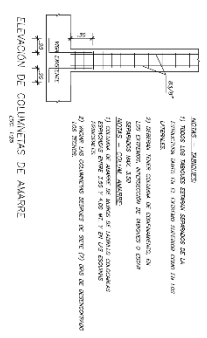
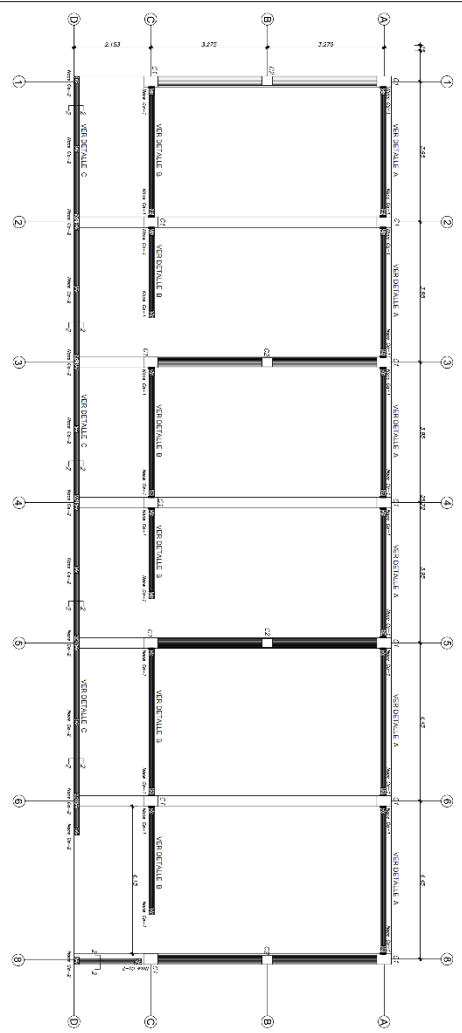
Título: “Calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y desempeño de un módulo educativo – Cañete”						
Problema	Objetivo General	Hipótesis	Variables, dimensiones		Escala de medición	Metodología de la Investigación
			Dimensiones	Indicadores		
Problema General ¿Cuál es el resultado de la calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y desempeño de un módulo educativo – Cañete?	Realizar la calibración de muros de albañilería confinada mediante un modelo tipo link en ETABS y desempeño de un módulo educativo – Cañete”	No cuenta con hipótesis ya que es un estudio descriptivo	Curva de capacidad	rigidez inicial	Pendiente inicial	Tipo de investigación
				rigidez post fluencia	Pendiente post fluencia	Aplicada
				semejanza en curvas	Líneas de ensayo y modelo numérico similares	Diseño de investigación
			Análisis no lineal estático	lineamiento del caso de carga según ASCE	Ejecución del caso no lineal estático	No experimental
				Métodos numéricos	Convergencia en la solución y buen desarrollo de la curva de capacidad	
Problemas Específicos	Objetivo Especifico		Cálculo del desempeño de la edificación			Nivel de Investigación
			Dimensiones	Indicadores		
1. ¿Cómo se calibrará los muros de albañilería confinada mediante un modelo de tipo link en ETABS? 2. ¿Cuál es el nivel de desempeño de un módulo educativo siguiendo los lineamientos del FEMA 440? 3. ¿Cuáles serán los resultados entre el análisis sísmico mediante la norma actual peruana E030 y mediante el análisis no lineal estático?	1. Calibrar los muros de albañilería confinada mediante un modelo de tipo link en ETABS. 2. Calcular el desempeño de un módulo educativo siguiendo los lineamientos del FEMA 440. 3. Comparar los resultados entre el análisis sísmico mediante la norma actual peruana E030 y mediante el análisis no lineal.		Desempeño del edificio	Sectorización según SEAOC	Punto que pertenece el desempeño en la sectorización	Descriptivo Correlacional
				Tipo de sismo	Periodo de retorno del sismo	Población
			Mecanismo de falla.	Formación de rótulas	Orden del ingreso al régimen plástico de los elementos estructurales.	La población son especímenes de laboratorio de albañilería confinada y los colegios de dos niveles de albañilería confinada y pórticos, los cuales son comunes en
	Ingreso al rango no lineal en elementos estructurales	Estado de daño de los elementos estructurales en función de su rotación plástica.	Muestra y Muestreo			
						La muestra son dos especímenes de albañilería confinada ensayados en el laboratorio de la PUCP y el colegio de dos niveles construido en Asia. El muestreo fue no probabilístico o por conveniencia.

C. Anexo: Planos de estructura

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ASIA

PLANTA ESTRUCTURAL DEL PRIMER Y SEGUNDO NIVEL

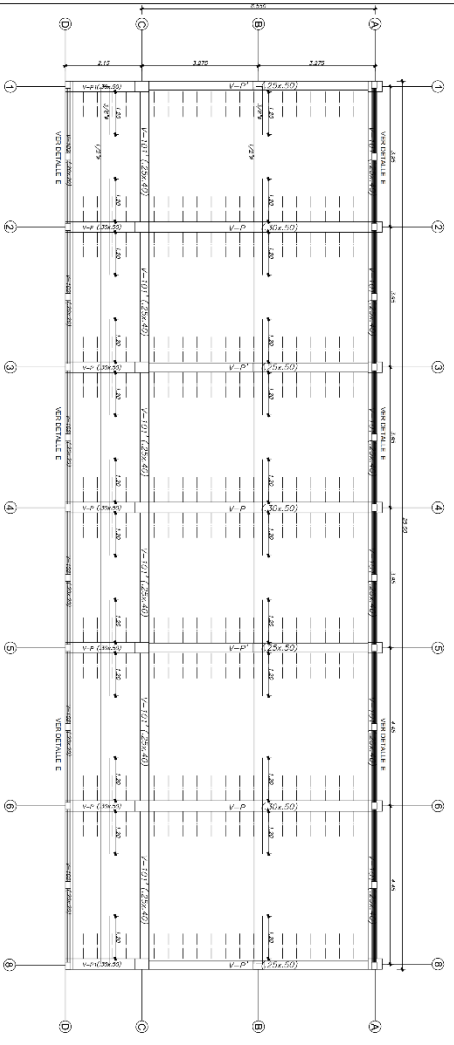
NOTA: - PLANO C/1 INDICA UBICACION PLANO DE ADJUNTAZIONE



TIPO	SECCION	DETALLE	NOTAS
COLUMNA DE COLUMNAS DE MARRON	C-1		Armadura según detalle
COLUMNA DE COLUMNAS DE ALBAÑILERIA	C-2		Armadura según detalle

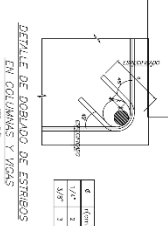
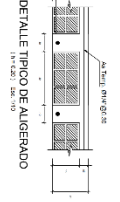
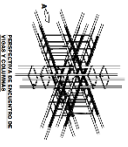
TIPO	SECCION	DETALLE	NOTAS
COLUMNA DE COLUMNAS DE MARRON	C-1		Armadura según detalle
COLUMNA DE COLUMNAS DE ALBAÑILERIA	C-2		Armadura según detalle

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ASIA
 Oficina General de Asesoría Jurídica
 Calle 12 de Agosto N° 1001, Lima 1
 Teléfono: (01) 426 2000
 E-mail: gadj@masia.gob.pe
E-01

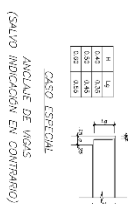
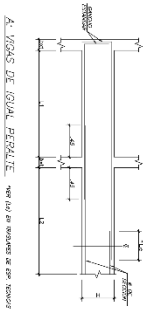
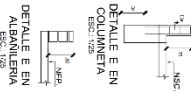
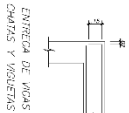
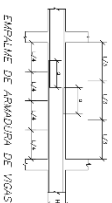


ENCUADRO PERIM Y SEGUNDO NIVEL
 NOTA: VER EN TABLA DE TIPOS VIGAS PARA DE EJECUCION
 ESC. 1:20

ESPECIFICACIONES TECNICAS
GENERALIDADES
 - $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$
 - CEMENTO PORTLAND 3250
 - ACERO PARA ARMADO: AS-200, AS-250, AS-300, AS-350, AS-400, AS-450, AS-500, AS-550, AS-600, AS-650, AS-700, AS-750, AS-800, AS-850, AS-900, AS-950, AS-1000, AS-1050, AS-1100, AS-1150, AS-1200, AS-1250, AS-1300, AS-1350, AS-1400, AS-1450, AS-1500, AS-1550, AS-1600, AS-1650, AS-1700, AS-1750, AS-1800, AS-1850, AS-1900, AS-1950, AS-2000, AS-2050, AS-2100, AS-2150, AS-2200, AS-2250, AS-2300, AS-2350, AS-2400, AS-2450, AS-2500, AS-2550, AS-2600, AS-2650, AS-2700, AS-2750, AS-2800, AS-2850, AS-2900, AS-2950, AS-3000, AS-3050, AS-3100, AS-3150, AS-3200, AS-3250, AS-3300, AS-3350, AS-3400, AS-3450, AS-3500, AS-3550, AS-3600, AS-3650, AS-3700, AS-3750, AS-3800, AS-3850, AS-3900, AS-3950, AS-4000, AS-4050, AS-4100, AS-4150, AS-4200, AS-4250, AS-4300, AS-4350, AS-4400, AS-4450, AS-4500, AS-4550, AS-4600, AS-4650, AS-4700, AS-4750, AS-4800, AS-4850, AS-4900, AS-4950, AS-5000, AS-5050, AS-5100, AS-5150, AS-5200, AS-5250, AS-5300, AS-5350, AS-5400, AS-5450, AS-5500, AS-5550, AS-5600, AS-5650, AS-5700, AS-5750, AS-5800, AS-5850, AS-5900, AS-5950, AS-6000, AS-6050, AS-6100, AS-6150, AS-6200, AS-6250, AS-6300, AS-6350, AS-6400, AS-6450, AS-6500, AS-6550, AS-6600, AS-6650, AS-6700, AS-6750, AS-6800, AS-6850, AS-6900, AS-6950, AS-7000, AS-7050, AS-7100, AS-7150, AS-7200, AS-7250, AS-7300, AS-7350, AS-7400, AS-7450, AS-7500, AS-7550, AS-7600, AS-7650, AS-7700, AS-7750, AS-7800, AS-7850, AS-7900, AS-7950, AS-8000, AS-8050, AS-8100, AS-8150, AS-8200, AS-8250, AS-8300, AS-8350, AS-8400, AS-8450, AS-8500, AS-8550, AS-8600, AS-8650, AS-8700, AS-8750, AS-8800, AS-8850, AS-8900, AS-8950, AS-9000, AS-9050, AS-9100, AS-9150, AS-9200, AS-9250, AS-9300, AS-9350, AS-9400, AS-9450, AS-9500, AS-9550, AS-9600, AS-9650, AS-9700, AS-9750, AS-9800, AS-9850, AS-9900, AS-9950, AS-10000.



VIGAS	TIPO	LONGITUD	ANCHO	ALTO
1	1	400	400	300
2	2	400	400	300
3	3	400	400	300
4	4	400	400	300
5	5	400	400	300
6	6	400	400	300
7	7	400	400	300
8	8	400	400	300
9	9	400	400	300
10	10	400	400	300
11	11	400	400	300
12	12	400	400	300



ESTRUCTURAS
 OFICINA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 DISEÑO Y EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 C/AV. LA PAZ N° 114
 T. (01) 425 4111
 F. (01) 425 4112
 E. info@asiamunicipalidad.gob.pe
 WWW.ASIAMUNICIPALIDAD.GOB.PE

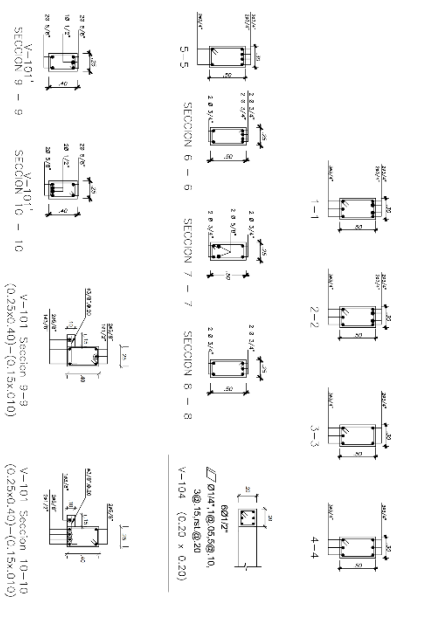
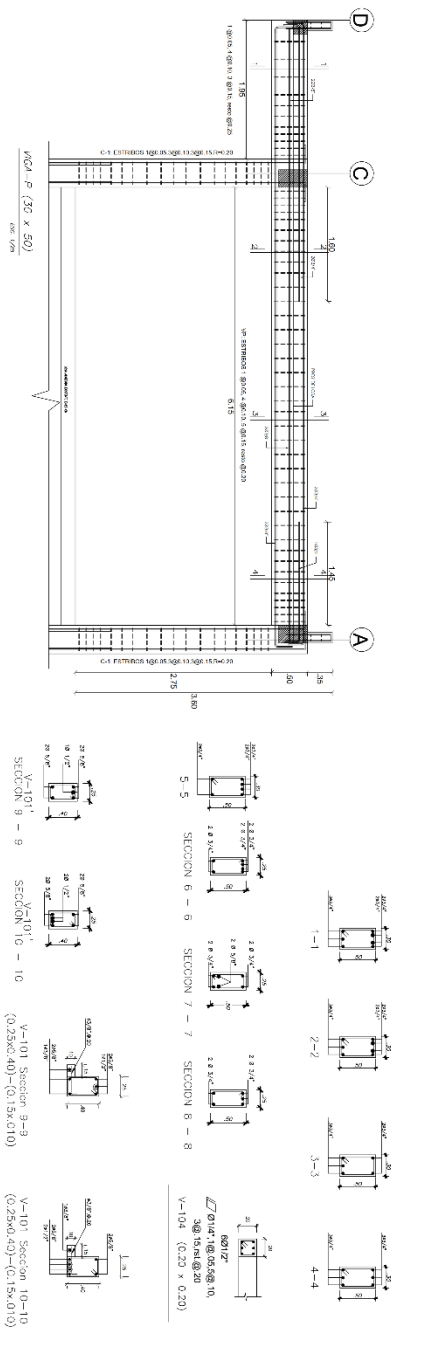
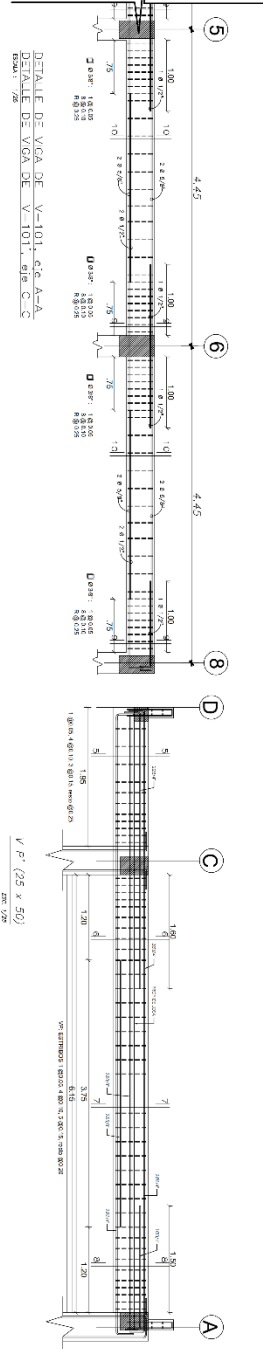
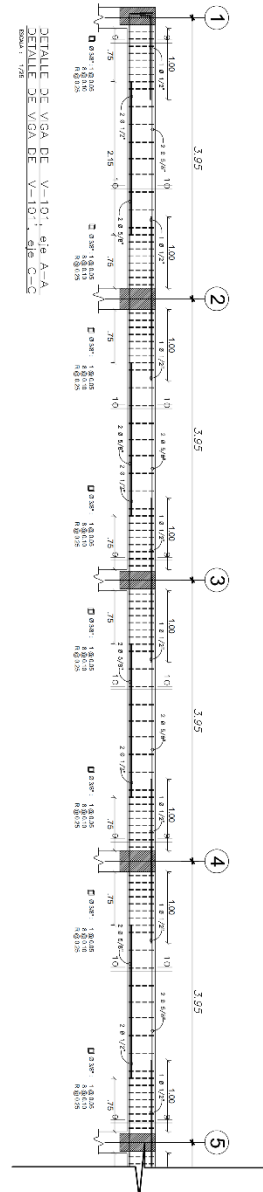
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ASIA
 OFICINA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 DISEÑO Y EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 C/AV. LA PAZ N° 114
 T. (01) 425 4111
 F. (01) 425 4112
 E. info@asiamunicipalidad.gob.pe
 WWW.ASIAMUNICIPALIDAD.GOB.PE

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ASIA
 OFICINA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 DISEÑO Y EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 C/AV. LA PAZ N° 114
 T. (01) 425 4111
 F. (01) 425 4112
 E. info@asiamunicipalidad.gob.pe
 WWW.ASIAMUNICIPALIDAD.GOB.PE

ALBERADO PERIM Y SEGUNDO NIVEL
 ESC. 1:20

E - 02

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ASIA



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ASIA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ASIA DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA OFICINA DE INGENIERÍA	
E-03	

Panel fotográfico

1. Cartel de identificación de la obra



2. Asentado de ladrillo cabeza en la dirección transversal



3. Vaciado de losa aligerada con concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$.



4. Pintura en el módulo de estudio.



5. Acabado con pintura en modulo de estudio.



6. Visita el I.E. N°20123 Inmaculada Concepcion.



7. Módulo de A pisos a intervenir.



8. Comprobación de medidas de columnas en el primer piso



9. Comprobación de vigas peraltas en el primer piso.



10. Comprobación de medidas de viga secundaria en el primer piso.



11. Comprobación de medidas longitudinal en el primer piso.



12. Comprobación de medidas en dirección transversal en los muros de albañilería.



13. Comprobación de medición del peralte en viga en el primer piso



14. Comprobación de medidas en la dirección longitudinal en el segundo piso.



15. Comprobación de medidas en la dirección longitudinal en el segundo piso.



16. comprobación de peralte de la viga en el segundo piso.



17. medición del muro de albañilería existente en el segundo piso.



18. medición de altura de la columna en el segundo piso.



19. medición de altura de la columna en el segundo piso.



20. medición de peralte de viga en el segundo piso.



21. segundo piso del módulo en el área de estudio.



22. Módulo de 2 pisos con 3 aulas cada uno.

