



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS, REVISIÓN Y REFORZAMIENTO DEL SISTEMA
ESTRUCTURAL MIXTO DE LA I.E.I. N° 43 EN LA LOCALIDAD
DE AYAVIRI-MELGAR-PUNO, 2021**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ULISES BARSEN BELTRAN BARRIGA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2023



DEDICATORIA

La presente investigación está dedicado a mis padres Elsa Barriga Torres y Rafael Beltrán Pacheco por su sacrificio en brindarme una educación y apoyo incondicional en mi progreso académico.

A mi esposa Milagros, por su amor incondicional, por fortalecerme, apoyarme y ayudarme a salir de mi zona de confort.

A mi pequeño Thómas por ser la inspiración a seguir mejorando.

A mis familiares y amigos que me apoyaron y fortalecieron para en lograr este objetivo



AGRADECIMIENTOS

A Dios, Por brindarme la suficiente fortaleza para cumplir con mis objetivos, por ayudarme a ser una persona de buenos principios.

A mi familia, por haberme brindado su apoyo en todo momento, por ayudarme a entender que los objetivos se pueden lograr con esfuerzo y dedicación.

A la Universidad Nacional del Altiplano por haber contribuido significativamente en mi formación profesional, a todos los docentes de la escuela profesional de ingeniería Civil.

A mi Asesora Mg. Ing. Diana Elizabeth Quinto Gastiaburú por su apoyo desinteresado en el desarrollo de la presente investigación.

A mis jurados Mtr. Ing. Nicolás Luza Flores, Mg. Sc. Ing. Yasmani Teófilo Vitulas Quille e Mtr. C. Ing. Silvia Leonor Ingaluque Arapa, por sus certeras contribuciones en mi trabajo de investigación.

Al Ing. Rubén Esteba Flores, por su guía y enseñanza desinteresada de sus amplios conocimientos de la Ingeniería estructural.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN 15

ABSTRACT..... 16

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....19

1.1.1 Problema General..... 19

1.1.2 Problemas Específicos 19

1.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....19

1.2.1 Hipótesis General..... 19

1.2.2 Hipótesis Específica..... 19

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO19

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN21

1.4.1 Objetivo General..... 21

1.4.2 Objetivos Específicos..... 21

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....22

2.1.1 Antecedentes Internacionales..... 22



2.1.2 Antecedentes Nacionales	24
2.2 MARCO TEÓRICO	27
2.2.1 Sistema Estructural	27
2.2.2 Estructuras de Albañilería.....	28
2.2.3 Análisis Sísmico.....	29
2.2.4 Regularidad Estructural.....	34
2.2.5 Análisis Dinámico Modal Espectral	39
2.2.6 Albañilería Confinada.....	41
2.2.7 Reforzamiento de Estructuras	51

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN POLÍTICA.....	59
3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	60
3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PROYECTO	61
3.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	64
3.4.1 Tipo de Investigación.....	64
3.4.2 Nivel de Investigación	64
3.4.3 Diseño de Investigación.....	65
3.4.4 Operacionalización de Variables	65
3.4.5 Población	66
3.4.6 Muestra.....	66
3.4.7 Instrumentos.....	66
3.5 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	67
3.5.1 Recolección de Datos.....	67
3.5.2 Arquitectura de la Edificación a Analizar	67
3.5.3 Consideraciones de los Elementos de Concreto Armado	68



3.5.4	Metrado de Cargas para el Sistema Estructural Aporticado	69
3.5.5	Análisis del Sistema Estructural Aporticado	70
3.5.6	Análisis Dinámico Modal Espectral	77
3.5.7	Asignación del Espectro de Respuesta.....	77
3.5.8	Asignación del Tipo de Carga del Espectro.....	78
3.5.9	Cálculo de las Irregularidades (Ia, Ip).....	79
3.5.10	Cálculo del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(R).....	83
3.5.11	Fuerza Cortante en la Base.....	84
3.5.12	Corrección del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas(R)	85
3.5.13	Verificación de las Derivas de Entrepiso	87
3.5.14	Fuerza Cortante Mínima	88
3.5.15	Verificación del Diseño de Columnas	88
3.5.16	Análisis del Sistema Estructural Mixto.....	89
3.5.17	Criterio de la Sección Trasformada	90
3.5.18	Centro de Gravedad y Momento de Inercia de los Muros	94
3.5.19	Modelamiento del Sistema Estructural Mixto.	96
3.5.20	Análisis Dinámico Modal Espectral	100
3.5.21	Asignación del Espectro de Respuesta.....	100
3.5.22	Asignación del Tipo de Carga del Espectro.....	102
3.5.23	Cálculo de las Irregularidades (Ia, Ip).....	103
3.5.24	Cálculo del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(R).....	108
3.5.25	Fuerza Cortante en la Base.....	108
3.5.26	Corrección del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(R)	109
3.5.27	Verificación de las Derivas de Entrepiso	111
3.5.28	Reforzamiento del Sistema Estructural Mixto	113



3.5.29 Cálculo de las Irregularidades (Ia, Ip).....	118
3.5.30 Cálculo del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(R).....	122
3.5.31 Fuerza Cortante en la Base.....	123
3.5.32 Corrección del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(R)	124
3.5.33 Verificación de las Derivas de Entrepiso	126

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN DE LAS DERIVAS	128
4.1.1 Resultados de la Verificación del Sistema Estructural Aporticado	128
4.1.2 Resultados de la Verificación del Sistema Estructural Mixto.....	129
4.1.3 Resultados del Sistema Mixto con Reforzamiento en Columnas	133
4.2 CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.....	134
4.2.1 Cumplimiento del Objetivo Principal	134
4.2.2 Cumplimiento de Objetivos Específicos.....	134
4.3 CONTROL DE HIPÓTESIS PRINCIPAL.....	136
V. CONCLUSIONES.....	138
VI. RECOMENDACIONES	139
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
ANEXOS.....	144

Tema: Análisis, Revisión y Reforzamiento estructural

Área: Estructuras

Línea de investigación: análisis y diseño estructural

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de enero del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Peligro Sísmico Según la Escala de Mercalli en la Región Puno.....	30
Figura 2	Detalle de Muro Confinado	42
Figura 3	Objetivos del Diseño Sísmico de un Muro de Albañilería Confinada	43
Figura 4	Colapso de una Vivienda con Baja Densidad de Muros en la Fachada ...	45
Figura 5	Ensayos de Pilas y de Muretes	46
Figura 6	Refuerzo Horizontal para Muros con $\sigma > 0.05 f'm$	46
Figura 7	Áreas Tributarias en una Losa Maciza	47
Figura 8	Refuerzo de Columnas con Hormigón	52
Figura 9	Encamisado de Columna a Través de la Losa	54
Figura 10	Encamisado de Columna Hasta el Entrepiso	55
Figura 11	Encamisado de Columna Hasta la Losa	56
Figura 12	Encamisado Parcial de Columnas.....	57
Figura 13	Mapa de Ubicación Geográfica (Departamental y Provincial)	59
Figura 14	imagen satelital de la IEI N° 43	60
Figura 15	Vista Isométrica de la I.E.I. N°43.....	62
Figura 16	Vista del Acceso Principal al Centro Educativo Inicial N.° 43	62
Figura 17	Ubicación del Módulo N.° 04	64
Figura 18	Definición del Material Concreto en el Software ETABS 2017	71
Figura 19	Definición del Material Acero en el Software ETABS 2017	71
Figura 20	Definición de Vigas y Columnas en el Software ETABS 2017.....	72
Figura 21	Modelado del Módulo N.° 04 en el Software ETABS 2017.....	73
Figura 22	Definición de los Patrones de Carga.....	74
Figura 23	Definición de las Combinaciones de Carga.....	74
Figura 24	Definición del Peso Sísmico.....	75



Figura 25	Asignación de Cargas al Modelo Aporticado.....	76
Figura 26	Asignación de Diafragma Rígido	76
Figura 27	Asignación del Espectro de Respuesta	78
Figura 28	Asignación del Espectro de Respuesta	78
Figura 29	Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección X.....	86
Figura 30	Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección Y.....	86
Figura 31	Gráfico de las Derivas del Sistema Aporticado.....	87
Figura 32	Columnas del Sistema Estructural Aporticado del Módulo N°04	89
Figura 33	Columnas en Elementos Equivalentes de Albañilería.....	90
Figura 34	Muros Confinados en el eje A-A.....	91
Figura 35	Visualización de la Sección Transformada en el eje A-A	93
Figura 36	Muros Confinados en el eje H-H.....	93
Figura 37	Visualización de la Sección Transformada en el eje H-H.....	94
Figura 38	Definición del Material de la Unidad de Albañilería	96
Figura 39	Modelado del Módulo N.º 04 como Sistema Estructural Mixto	97
Figura 40	Definición de los Patrones de Carga para el Sistema Estructural Mixto..	98
Figura 41	Definición de las Combinaciones de Carga.....	98
Figura 42	Definición del Peso Sísmico.....	99
Figura 43	Asignación de Cargas al Modelo Estructural Mixto	99
Figura 44	Asignación de Diafragma Rígido al Modelo Estructural Mixto.....	100
Figura 45	Asignación del Espectro de Respuesta en la Dirección X:.....	101
Figura 46	Asignación del Espectro de Respuesta en la Dirección Y:.....	102
Figura 47	Espectro de Respuesta en la Dirección X(aporticado):	102
Figura 48	Espectro de Respuesta en la Dirección Y (albañilería confinada):	103
Figura 49	Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección X.....	110



Figura 50	Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección Y.....	111
Figura 51	Gráfico de las Derivas del Sistema Estructural Mixto	112
Figura 52	Flexibilidad de los Pórticos por Carga Vertical y por Sismo.	113
Figura 53	Columnas a Reforzar en la Dirección Flexible(X)	114
Figura 54	Asignación de Columnas T con Secciones Aumentadas.....	115
Figura 55	Asignación del Espectro de Respuesta en la Dirección X:.....	116
Figura 56	Asignación del Espectro de Respuesta en la Dirección Y:.....	117
Figura 57	Espectro de Respuesta en la Dirección X(aporticado)	117
Figura 58	Espectro de Respuesta en la Dirección Y (Albañilería Confinada).....	118
Figura 59	Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección X.....	125
Figura 60	Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección Y.....	126
Figura 61	Derivas del Sistema Estructural Mixto con Reforzamiento	127
Figura 62	Asentado de Muros de Ladrillo previo al Confinamiento	130
Figura 63	Asentado de Muros de Ladrillo en el Segundo Nivel.....	130
Figura 64	Asentado de Muros de Ladrillo previo al Confinamiento	131
Figura 65	Vaciado y/o Vertido de Concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ en Columnas.....	131
Figura 66	variación porcentual de la deriva.....	136



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Límites para la distorsión del entrepiso	34
Tabla 2	irregularidades en altura	35
Tabla 3	Irregularidades en planta	37
Tabla 4	Distribución de Ambientes del Módulo N.º 04	63
Tabla 5	Operalización de variables.....	65
Tabla 6	Resultados de laboratorio	68
Tabla 7	Consideraciones de los Elementos de Concreto Armado.....	69
Tabla 8	Peso Unitario para Metrado de Cargas	70
Tabla 9	Irregularidad de Piso Blando	79
Tabla 10	Irregularidad de Piso Débil.....	80
Tabla 11	Irregularidad Extrema Rigidez	80
Tabla 12	Irregularidad Extrema Resistencia.....	81
Tabla 13	Irregularidad de Masa o Peso	81
Tabla 14	Irregularidad Torsional	82
Tabla 15	Irregularidad Torsional Extrema	83
Tabla 16	Cálculo de la Deriva en la Dirección X y en la Dirección Y.....	87
Tabla 17	Irregularidad de Piso Blando	104
Tabla 18	Irregularidad de Piso Débil.....	104
Tabla 19	Irregularidad Extrema Rigidez	105
Tabla 20	Irregularidad Extrema Resistencia.....	105
Tabla 21	Irregularidad de Masa o Peso	106
Tabla 22	Irregularidad Torsional	107
Tabla 23	Irregularidad Torsional Extrema	107
Tabla 24	Deriva en la Dirección X y en la Dirección Y del Sistema Mixto	112



Tabla 25	Irregularidad de Piso Blando	119
Tabla 26	Irregularidad de Piso Débil.....	119
Tabla 27	Irregularidad Extrema Rigidez	120
Tabla 28	Irregularidad Extrema Resistencia.....	120
Tabla 29	Irregularidad de Masa o Peso	121
Tabla 30	Irregularidad Torsional	121
Tabla 31	Irregularidad Torsional Extrema	122
Tabla 32	Derivas del Sistema Estructural Mixto con Reforzamiento	127
Tabla 33	Deriva en la Dirección X, Y del Sistema Estructural Aporticado.....	128
Tabla 34	Límites para la Distorsión del Entrepiso	129
Tabla 35	deriva en la dirección X, Y del sistema estructural mixto.....	132
Tabla 36	Deriva en la Dirección X, Y con Reforzamiento en las Columnas	133



ÍNDICE DE ACRONIMOS

CM: Carga Muerta

CV: Carga Viva

CS: Carga de Sismo

Ro: Coeficiente Básico de Reducción de la Fuerzas Sísmicas

Fy: Esfuerzo de Fluencia del Acero de Refuerzo

Sa: Espectro de Pseudo Aceleraciones

Z: Factor de Zona

U: Factor de Uso o Importancia

C: Factor de Ampliación Sísmica

S: Factor de Amplificación Del Suelo

Ia: Factor de Irregularidad en Altura

Ip: Factor de Irregularidad en Planta

Ve: Fuerza Cortante en un Muro

V: Fuerza Cortante en la Base de la Estructura

IEI: Institución Educativa Inicial

Ec: Modulo de Elasticidad del Concreto

Em: Modulo de Elasticidad de la Albañilería

Es: Modulo de Elasticidad del Acero

Me: Momento flector del Muro



P: Peso Total de la Edificación

T: Periodo Fundamental de la Estructura

Tp: Periodo que Define la Plataforma del Factor C

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones

$f'c$: Resistencia a la Compresión Axial del Concreto

Vm: Resistencia al Corte de un Muro



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo plantear el reforzamiento del sistema estructural mixto del módulo N.º 4 (aulas) de la Institución Educativa Inicial N.º 43 para el cumplimiento de las derivas establecidas en la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para ello se determinó las derivas de entrepiso considerando las irregularidades en planta y en altura del sistema estructural a porticado el cual representa el sistema estructural planteado en el expediente técnico del proyecto, el sistema estructural mixto el cual representa el sistema estructural construido y el sistema estructural mixto con reforzamiento. La información recabada fue: expediente técnico, informes mensuales de la obra y la documentación referida a los ensayos de laboratorio, posteriormente se verificó que el sistema estructural mixto no cumplía con las derivas de entrepiso establecidas en la norma E.030. En ese sentido se planteó el reforzamiento del sistema estructural mixto del módulo N.º 4 mediante el aumento de las secciones de las columnas en la dirección de menor rigidez (dirección X), se adoptó el criterio de que para un sistema estructural mixto se considere la máxima deriva para albañilería confinada (0.005). Obteniendo una deriva de entrepiso de 0.0043 en la dirección aportificada (dirección X) y una deriva de entrepiso de 0.0009 en la dirección de la albañilería confinada (dirección Y).

Palabras Clave: Análisis sísmico, Deriva Máxima, Reforzamiento Estructural, Sistema Estructural Mixto.



ABSTRACT

The purpose of this research is to propose the reinforcement of the mixed structural system of module No. 4 (classrooms) of the Initial Educational Institution No. 43 in order to comply with the drifts established in Standard E.030 of the National Building Regulations. For this purpose, it was determined the drifts of mezzanine considering the irregularities in plan and height of the structural system to portico which represents the structural system proposed in the technical file of the project, the mixed structural system which represents the structural system built and the mixed structural system with reinforcement, the information collected was: technical file, monthly reports of the work and documentation relating to laboratory tests, then it was verified that the mixed structural system did not comply with the drifts of mezzanine established in the E.030 standard, In this sense, the reinforcement of the mixed structural system of module No. 4 was proposed by increasing the sections of the columns in the direction of less rigidity (X direction), the criterion was adopted that for a mixed structural system the maximum drift for confined masonry (0.005) is considered, obtaining a drift between floors of 0.0043 in the aperturada direction (X direction) and a drift between floors of 0.0009 in the direction of the confined masonry (Y direction).

Keywords: Seismic analysis, Maximum Drift, Structural Strengthening, Mixed Structural System.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la norma E.030 las instituciones educativas se encuentran dentro de la categoría de edificaciones esenciales, sin embargo, las modificaciones que presentó el proyecto que fue diseñado inicialmente como un sistema estructural aporticado, pasó en su etapa constructiva a un sistema estructural mixto sin haber realizado previo análisis el cual induce a ciertas fallas estructurales en caso de presentarse un evento sísmico. es por ello que mediante la presente investigación se planteó el reforzamiento de un sistema estructural mixto(sistema aporticado en un sentido y sistema estructural de muros de albañilería confinada en el otro sentido), consideremos que en el año 2016 se modificó la norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones, donde se recategoriza las zonas sísmicas, por ende la localidad de Ayaviri se encuentra catalogada dentro de la zona sísmica 2 (sismicidad media), de acuerdo al Instituto Geofísico del Perú es oportuno mencionar que durante el 2021 en la región de puno se han reportado 12 sismos. lo cual nos hace reconsiderar la importancia de diseñar estructuras esenciales tal es el caso de las instituciones educativas que sean capaces de resistir eventos sísmicos y cargas aplicadas sobre si durante su vida útil.

La presente investigación según la intervención del investigador es de tipo observacional, según la planificación de la medición es prospectivo, según la medición de mediciones de la variable de estudio es transversal, el nivel de investigación para este proyecto se considera descriptiva y tiene como objetivo plantear el reforzamiento del sistema estructural mixto del módulo N° 4 (aulas) de la IEI N°43 para que pueda cumplir las derivas establecidas en la norma E.030 del RNE, se realizó el análisis estructural del sistema aporticado el cual está representado en el expediente técnico, posteriormente se



verificó las irregularidades estructurales y las derivas de entrepiso del sistema estructural aporticado, posteriormente se realizó el análisis estructural del sistema estructural mixto el cual representa el modelo estructural real que se construyó. Finalmente se realizó el reforzamiento de dicho sistema estructural. El trabajo de investigación está conformado de la siguiente manera:

- a. **Introducción:** En este ítem se desarrolla una introducción a manera de resumen de la investigación realizada, se presenta el motivo por el cual realiza el trabajo de investigación, el objetivo, y como se desarrollará la investigación y la metodología a utilizar.
- b. **Revisión de literatura:** En este ítem se desarrolla los antecedentes y el marco teórico que es necesario describir para la mejor comprensión de los temas a desarrollar.
- c. **Materiales y métodos:** En este ítem contiene la metodología de la investigación, la determinación de variables de investigación, así como los materiales de investigación.
- d. **Resultados y discusión:** En este ítem se manifiesta los resultados que se obtuvieron mediante el análisis estructural realizado por medio del software Etabs 2017, así como también el reforzamiento del sistema estructural mixto.
- e. **Conclusiones:** En este ítem se da a conocer las conclusiones obtenidas de la presente investigación.
- f. **Recomendaciones:** En este ítem se expresa las propuestas dadas en la presente investigación, así como también ampliar la línea de investigación del tema realizado.
- g. **Referencias:** Para el presente estudio las fuentes bibliográficas utilizadas se encuentran en este acápite.



1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Problema General

¿Cómo reducir la deriva máxima permisible del sistema estructural mixto del módulo N° 4(aulas) de la IEI N° 43 establecidas en la norma E.030?

1.1.2 Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son las derivas de entrepiso considerando las irregularidades estructurales en altura y planta del sistema estructural aporticado?
- b. ¿Cuáles son las derivas de entrepiso considerando las irregularidades estructurales en altura y planta del sistema estructural mixto?
- c. ¿Cuáles son las características de los elementos estructurales a reforzar?

1.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Hipótesis General

Las derivas que se obtendrán en el análisis y diseño del proyecto construido son significativamente diferentes a las derivas establecidas en la Norma E.030.

1.2.2 Hipótesis Específica

- a. Las derivas del sistema estructural en el sentido aporticado están por encima del valor 0.005 pero menor al valor de 0.007 ya que este último valor él es admisible según la Norma E.030.
- b. Las derivas del sistema estructural mixto, en la dirección de albañilería confinada deberán estar debajo del valor de 0.005 establecido en la Norma E.030 del RNE

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El diseño adecuado para resistir las cargas inducidas por los terremotos es crucial en cualquier edificio de regiones con alto riesgo sísmico, como el cinturón del Pacífico,



el sur de Europa y Asia. La estructura debe tener suficiente rigidez para que sus deformaciones bajo estos efectos no sean excesivas, evitando el pánico entre los ocupantes. De este modo se reducen los daños en las instalaciones y en los elementos no estructurales, se evita el pánico entre los ocupantes, al menos durante los temblores de baja intensidad, y se controlan los efectos de segundo orden provocados por la interacción de las cargas verticales y los desplazamientos horizontales, que pueden afectar significativamente a la resistencia de las estructuras flexibles e incluso provocar fallos de inestabilidad.(Rochel, 2012).

“La evidente correlación entre los daños estructurales y los desplazamientos laterales que sufren las estructuras durante los terremotos de gran intensidad ha sido reconocida por los ingenieros sísmicos desde hace varias décadas. Esta comprensión es tan clara que casi todos los índices de daños propuestos implican desplazamientos laterales. Limitar los desplazamientos laterales a los valores que la propia estructura, de acuerdo con su sistema estructural, puede generar en forma de intrusiones inelásticas sin riesgo de colapso o daños excesivos es la técnica directa para prevenir daños en terremotos fuertes. Mantener bajo control los desplazamientos de entrepiso también salvaguarda los elementos no estructurales susceptibles de sufrir desplazamientos, como ventanas y tabiques”.(Muñoz, 2018).

Existen edificaciones mixtas donde los muros de albañilería confinada están orientados en una sola dirección, mientras que en la otra dirección se opta por una solución de pórticos de concreto armado, o por un sistema dual, utilizando las columnas de confinamiento de los muros de albañilería como columnas del pórtico. En caso que los pórticos sean muy flexibles, la albañilería no puede seguir su deformada y termina quebrándose, ya sea por carga vertical o por carga sísmica. La solución a este problema se logra aumentando la sección de las columnas en la dirección aporticada, de tal forma



que en esa dirección la derivas sean menores que el valor máximo (0.005) especificado en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 para los sistemas de albañilería reforzada, pese a que esta Norma permite una deriva de hasta 0.007 para los sistemas. el cambio de un sistema estructural aporticado a un sistema estructural mixto en la etapa de ejecución conlleva a verificar las derivas establecidas en la Norma E.030, norma de diseño sismorresistente, debido que para sistemas estructurales aporticados la máxima deriva considerada en dicha norma es de 0.007 y para estructuras de albañilería es de 0.005, La presente investigación se realizó con la finalidad de plantear el reforzamiento estructural en la dirección más flexible del sistema estructural mixto(sistema aporticado) para que dicho sistema cumpla con las derivas establecidas en la norma E.030 del RNE aporticados. (San Bartolome et al., 2018)

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Plantear el reforzamiento del sistema estructural mixto del módulo N° 4 (aulas) de la IEI N° 43, para el cumplimiento de las derivas establecidas en la Norma E.030 del RNE.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar las derivas de entrepiso considerando las irregularidades estructurales en altura y planta del sistema estructural aporticado.
- b. Determinar las derivas de entrepiso considerando las irregularidades estructurales en altura y planta del sistema estructural mixto
- c. Determinar el tipo de reforzamiento para reducir el desplazamiento en la dirección aporticada.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes Internacionales

(Soto, 2008) en su investigación: “Rehabilitación de estructuras de concreto tiene como objetivo presentar la técnica de inyección de resina epoxi y el encamisado de pilares, las ventajas e inconvenientes que presentan, y contrasta algunos estudios experimentales sobre encamisado de pilares que se han realizado. Concluye su investigación afirmando que las probetas con camisa de reparación alcanzaron casi tres veces la resistencia y rigidez de las probetas originales, así como que las estructuras de concreto armado pueden repararse”.

(Ayala & Giraldo, 2018) en su investigación: “Estudio del método de recrecido en concreto armado para el refuerzo de vigas y columnas de una edificación, sostiene que el refuerzo de estructuras es una modificación de las condiciones iniciales; se realiza en elementos estructurales que no tienen la resistencia con la que fueron formulados originalmente y no pueden repararse por métodos simples como la inyección con resinas epóxicas, que se utilizan para reparar grietas; el refuerzo de estructuras mediante encamisado de concreto armado es un proceso de refuerzo eficaz porque permite al ingeniero que desea usarlo optimizar los factores de análisis estructural”. Concluyen afirmando que los avances en el conocimiento de las propiedades de los materiales, las técnicas de inspección y caracterización, así como las herramientas de cálculo, permiten una mayor precisión en la evaluación de la capacidad resistente de las estructuras existentes y, en consecuencia, la detección de las verdaderas necesidades de refuerzo, lo que permite realizar un refuerzo ajustado.



(Montachana, 2014) en su investigación: “Verificación de las derivas de piso, para edificaciones de tres, seis y nueve pisos, de estructura metálica, para la ciudad de Ambato, Mediante el diseño sismo resistente, utilizando El Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2002) y Las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC-11), estudio de la estabilidad estructural, El objetivo de la investigación es la estabilidad estructural, con verificación de deriva de piso, para edificios de estructura metálica de tres, seis y nueve pisos en Ambato, empleando diseño sismorresistente y el Código Ecuatoriano de Construcción (CEC 2002) y Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC-11). Concluye su investigación enfatizando que es crítico manejar los desplazamientos laterales de las estructuras ya que son los que frecuentemente causan el colapso de las edificaciones, incurriendo en pérdidas económicas significativas y fatalidades para sus residentes.”

(Campiño, 2018) en su investigación: “Patología estructural de la institución educativa Nueva granada, Municipio de Dosquebradas tiene como objetivo determinar el estado estructural de la Institución Educativa Nueva Granada del municipio de Dosquebradas, se pretende establecer un diagnóstico patológico. Finaliza afirmando que, para asegurar y evitar la degradación de las partes estructurales, se debe asegurar el funcionamiento de la Institución Educativa Nueva Granada. Para ello se debe realizar mantenimiento preventivo a los componentes no estructurales de la institución”.

(Cedeño, 2017) en su investigación: “Análisis de la estructura deficiente del centro médico Virgen del Cisne y estudio de reforzamiento con elementos metálicos, el objetivo general es realizar un análisis estructural del dispensario médico Virgen del Cisne y establecer un estudio para proponer un tipo de refuerzo con elementos metálicos, concluyendo que ninguna estructura, especialmente los centros médicos, debe tener fallas estructurales o ser vulnerable porque estos son vitales y significativos y deben permanecer operativos antes y después de un evento sísmico, lo que justifica su refuerzo”.



2.1.2 Antecedentes Nacionales

(Curo & Olivo, 2020) en su investigación: “Evaluación de sistemas de reforzamientos para mejorar el comportamiento sismorresistente del edificio El Prado - Urb. Mayorazgo, Ate, 2020”, El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar de qué manera los sistemas de reforzamientos mejoran el comportamiento sismorresistente del edificio El Prado. El tipo investigación es aplicada y el diseño es cuasi experimental, la población fue los edificios sismorresistentes de concreto armado de la Urb. Mayorazgo del distrito de Ate y como muestra fue el edificio de 6 pisos El Prado”. Se utilizó como herramienta para el análisis estructural el software ETABS, donde se efectuó un análisis con reforzamiento de encamisado de concreto y adición de muros de corte, teniendo como resultado para el reforzamiento con muros de corte derivas en X de 0.0061 y en Y de 0.0026, una cortante basal en X y en Y de 80.2Tn, un periodo de vibración de 0.796s, el punto de desempeño para el sismo raro en dirección X de 10.98cm y en dirección Y de 4.98cm con una ductilidad en X de 11.93 y en Y de 10.89. Como principal conclusión se determinó que el reforzamiento con adición de muros de corte tiene un mejor comportamiento sismorresistente en relación a las derivas, cortante basal, periodo de vibración, punto de desempeño y ductilidad.

El análisis estructural se realizó utilizando el software ETABS, que produjo resultados para las derivas de refuerzo de los muros de cortante en X e Y de 0,0061 y 0,0026, un cortante basal en X e Y de 80,2Tn, un periodo de vibración de 0,796s, el punto de comportamiento para el terremoto raro en las direcciones X e Y de 10,98cm y 4,98cm, con una ductilidad en las direcciones X e Y de 11,93 y 10,89, respectivamente. concluye que, en términos de derivas, cortante basal, periodo de vibración, punto de comportamiento y ductilidad, se encontró que el refuerzo con la inclusión de muros de cortante ha mejorado el comportamiento sismorresistente.



(Belizario, 2017) desarrolla la investigación: “Reforzamiento estructural de una edificación de concreto armado de dos pisos con fines de ampliación, el objetivo de este estudio es explicar la conexión entre las derivas de piso y los periodos de expansión del sistema estructural de una estructura de hormigón armado de dos pisos. Según la investigación, el refuerzo permite reducir los desplazamientos, lo que hace que la deriva de piso más importante en el segundo nivel descienda al 22% de su valor inicial (de 0,0204 a 0,0044), dando lugar a derivas de piso que se encuentran dentro del rango permitido”.

(Vilca & Collao, 2021) desarrollaron la investigación: “Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la Institución Educativa Inicial 336 virgen de la Natividad, Tacna 2018” tuvo como objetivo determinar el estado estructural de la Institución Educativa Inicial N°336 Virgen de la Natividad y plantear una propuesta de reforzamiento para la seguridad de la estructura y concluyeron que la modelación obtenida de la estructura usando ETABS 2016, se halló que la capacidad sismorresistente No cumple con la Norma Técnica E.030 vigente. debido a la baja resistencia encontrada (49.3 kg/cm^2) en el concreto existente de las columnas, es importante realizar el reforzamiento de sus elementos”.

Se debía conocer el estado estructural de la Institución Educativa Inicial N°336 Virgen de la Natividad y proponer un plan de reforzamiento para la seguridad de la estructura. Sin embargo, de la modelación realizada con ETABS 2016 se determinó que la capacidad sismorresistente de la estructura no cumple con la Norma Técnica E.030 vigente. Es indispensable reforzar los componentes de las columnas ya que la escasa resistencia del concreto actual ($49,3 \text{ kg/cm}^2$) lo hace necesario.

(LLanos & Mora, 2022) en su investigación: “Análisis de propuestas de reforzamiento estructural para módulo educativo tipo Apenkai en la I.E.I. “3048 –



Santiago Antúnez de Mayolo” en Independencia, Tiene como objetivo reducir los problemas de irregularidad, flexibilidad del diafragma y torsión donde se determinó que la mejor opción era dividir la estructura en dos partes, la primera formada por la sección octogonal y parte del pasillo, y la otra por la sección rectangular y la parte del pasillo que faltaba, con el fin de determinar la propuesta de refuerzo estructural más rentable para el módulo tipo Apenkai del I.E 3048 - Santiago Antunez de Mayolo en Independencia. Con este concepto inicial. Como la construcción octogonal no presentaba problemas estructurales, sólo se reforzaron los componentes estructurales. En cambio, para la construcción rectangular se propusieron tres métodos diferentes de refuerzo. La primera alternativa consiste en utilizar placas de concreto armado -tres en cada extremo de las dos primeras plantas y una a cada lado de la planta superior- frente a otros métodos de construcción. La segunda consiste en utilizar arriostramientos longitudinales de acero, uno a cada lado en el nivel superior y tres en cada extremo de los dos primeros pisos. La última sugerencia tiene en cuenta las aletas de concreto armado, ya que las nuevas aletas absorben una gran parte del cortante sísmico. Las columnas se encamisaron previamente para crear secciones en "T". A continuación, los componentes estructurales se reforzaron mediante encamisado.

(Cantaro, 2021) en su investigación “Evaluación Del Diseño Sismorresistente y Propuesta de Reforzamiento Estructural de la Institución Educativa Santa Rosa del Distrito De Catac, Ancash tiene como objetivo evaluar el diseño sismorresistente y proponer un reforzamiento estructural, concluye manifestando que en cuanto al cálculo de las derivas los pabellones B y C son los más críticos, en el Pabellón A, las derivas superan lo establecido por la Norma E-030, teniendo como máxima deriva de 0.00714 en la dirección X, y 0.01432 en la dirección Y; en el Pabellón B las derivas son muy elevadas teniendo como deriva máxima de 0.0218 en X y 0.02706 en la dirección Y, y por último



el Pabellón C, obteniendo derivas máximas de 0.01869 en la dirección X y 0.0239 en la dirección Y, al realizar el reforzamiento mediante muros de corte en la dirección Y-Y del pabellón A, con un espesor de 0.20m y un ancho de 1.60m la rigidez aumenta considerablemente, es así que las nuevas derivas son máximos de 0.007 en la dirección X y 0.0064 en la dirección Y”.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Sistema Estructural

(Churata, 2022) Comenta que “el sistema estructural es una configuración de los elementos para la transmisión de cargas al suelo, todo ello realizado al amparo de un determinado mecanismo de resistencia y utilizando una disposición adecuada de sus componentes”.

De acuerdo a la Norma Peruana E.030, en el Art. N° 16, referente a los sistemas estructurales, establece los sistemas estructurales tales como las estructuras de concreto armado, estructuras de acero y las estructuras de albañilería.

2.2.1.1 Estructuras de Concreto Armado.

Conforme a la Norma técnica E.030, Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, las estructuras de concreto armado están divididos en 4 sistemas estructurales.

2.2.1.2 Pórticos.

“Por lo menos el 80% del cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos que cumplan los requisitos de esta Norma. En caso se tengan muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir la fracción de la acción sísmica total que les corresponda de acuerdo con su rigidez.”(Norma E.030, 2018).



2.2.1.3 Muros Estructurales.

(Bondarenko & García, 2012) afirman que “los muros estructurales son elementos de concreto armado, esencialmente diseñados para resistir combinaciones de momentos, fuerzas cortantes y fuerzas axiales, generadas principalmente por el viento, sismos y acciones gravitacionales. Morfológicamente son elementos con un desarrollo en altura de gran magnitud, contra un ancho intermedio y un espesor pequeño”.

2.2.1.4 Dual.

(Rochel, 2012) considera que “este sistema se compone de muros estructurales muy dúctiles y resistentes, junto con un pórtico tridimensional. Al menos el 25% de las cargas horizontales deben ser soportadas por los pórticos. La totalidad de las cargas laterales deben ser soportadas por el pórtico junto con los muros estructurales”.

2.2.1.5 Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada.

(Llerena, 2021) comenta que “este sistema se distingue por tener un sistema estructural en el que la resistencia a las cargas sísmicas y de gravedad viene dada por muros de concreto armado de espesor disminuido, en los que se prescinde de los extremos confinados y la armadura vertical se coloca en una sola capa”.

2.2.2 Estructuras de Albañilería

Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre Estructuras mixtas.(Norma E.030, 2018).

El sistema estructural mixto es aquella que combina dos sistemas estructurales, para la presente investigación se considerará el sistema estructural mixto como la combinación de muros de albañilería confinada en una dirección y pórticos de concreto armado en la otra dirección.

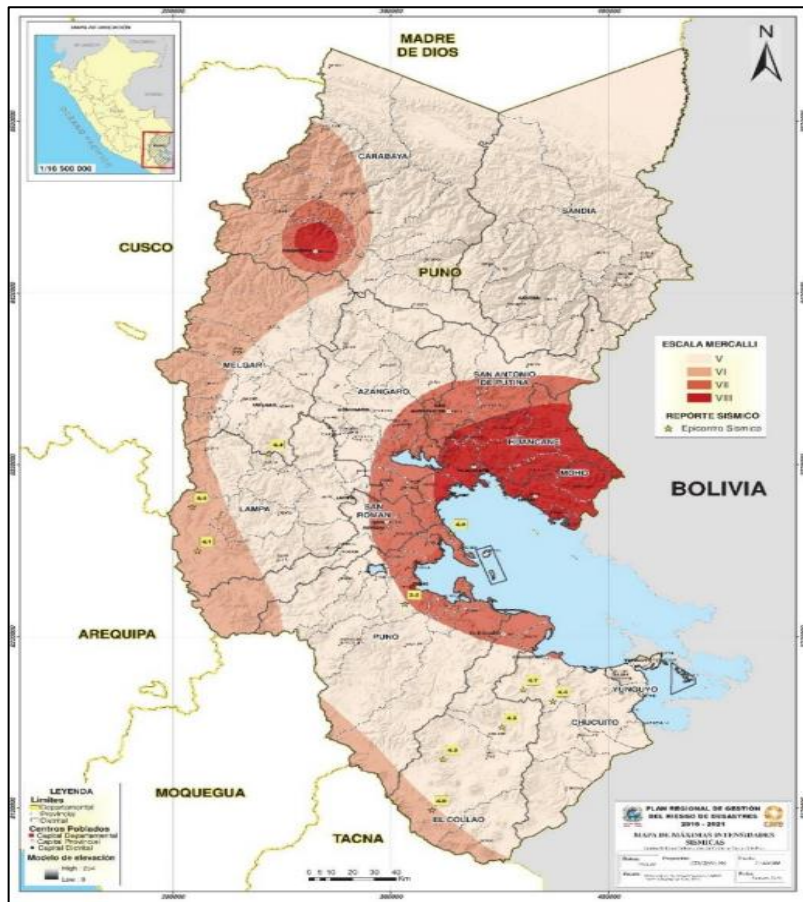


2.2.3 Análisis Sísmico

(Harmen & Mayorca, 2002), sostienen que “los sismos son desplazamientos de la corteza terrestre provocados por un realineamiento geológico continuo; que sólo se producen en determinadas zonas del mundo; nuestra nación es una de ellas; y que todos los terremotos provocan movimientos oscilatorios en las estructuras a las que se ven sometidos. La rigidez de la estructura y las características del movimiento del terreno son los factores que más influyen en la magnitud de los desplazamientos”. Debido a la naturaleza de los movimientos sísmicos en el Perú, las construcciones más rígidas se ven más afectadas por sus efectos. Debido a la naturaleza de los movimientos sísmicos en el Perú, sus efectos son particularmente severos en construcciones poco flexibles.

Figura 1

Peligro Sísmico Según la Escala de Mercalli en la Región Puno



Fuente: Gobierno Regional De Puno

La estructura susceptible a movimientos sísmicos es examinada bajo la influencia de cargas horizontales estimadas que son disminuidas por un factor basado en la ductilidad de la estructura, la cual es definida en nuestro medio por la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente. Incrementando el desplazamiento del análisis precedente por un factor mayor que la unidad, se calcula el desplazamiento inelástico máximo. De acuerdo con la Norma Peruana, este factor debe ser 75% tan grande como el factor de reducción utilizado para determinar las cargas sísmicas disminuidas. Es ventajoso suponer que las partes horizontales de la estructura están completamente agrietadas, para proporcionar una mejor aproximación de los desplazamientos horizontales de la estructura.



2.2.3.1 Fuerza Cortante en la Base.

De acuerdo a la norma E.030 la fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la ecuación (2.1)

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (2.1)$$

Donde:

V= Fuerza cortante en la Base

Z= Factor de zona

U= Factor de uso

C= Coeficiente sísmico

S= Factor de suelo

R= Factor de reducción

P= Peso de la edificación

El valor de C/R, no deberá considerarse menor que: $C/R \geq 0.11$

2.2.3.2 Periodo Fundamental de Vibración.

Según la norma E.030, el periodo fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_t} \quad (2.2)$$

Donde:

$C_t=35$ para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:



Pórticos de concreto armado sin muros de corte

Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_t = 45$ para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras

Pórticos de acero arriostrados

$C_t = 60$ para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada.

2.2.3.3 Análisis Dinámico Modal Espectral.

“El estudio de la dinámica de las estructuras lleva ya un gran desarrollo en el área de la ingeniería civil e ingeniería sísmica, con amplia aplicación tanto a estructuras de servicios como a edificios públicos y privados. De estos estudios se pueden obtener datos de gran importancia a la hora de diseñar un edificio para que de esta forma pueda soportar las distintas cargas a las que será afectado en su vida útil”.(Hormazábal, 2018).

2.2.3.4 Modos de Vibración.

“Los modos de vibración pueden determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas. En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres modos predominantes en la dirección de análisis”.(Norma E.030, 2018).

2.2.3.5 Aceleración Espectral.

De acuerdo a la Norma E.030 cada una de las direcciones horizontales analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo – aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \quad (2.3)$$

Para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales, considerando los valores de C, definidos en el artículo 14 de la Norma E.030, excepto para la zona de periodos muy cortos ($T < 0.2 T_p$) en la que se considera:

$$T < 0.2 T_p \quad (2.4)$$

$$C = 1 + 7.5 \cdot \left(\frac{T}{T_p}\right) \quad (2.5)$$

2.2.3.6 Derivas de Entrepiso.

“La Norma E.030 establece límites para el desplazamiento lateral según el tipo de estructura por medio de la distorsión o deriva de entrepiso (cociente entre el desplazamiento máximo de entrepiso y la altura de entrepiso); por ejemplo, para edificios de concreto armado el límite para la deriva es de 7% y para edificios de albañilería 5 %, muestra el límite de deriva para otros sistemas estructurales. Dadas las características de las naves industriales, estos límites no son aplicables a estas edificaciones. Los desplazamientos de entrepiso se obtienen en base a los desplazamientos esperados en régimen inelástico, los cuales se obtienen amplificando los desplazamientos obtenidos del análisis elástico lineal con solicitaciones reducidas” (Muñoz, 2018).

Tabla 1*Límites para la distorsión del entrepiso*

Material predominante	$\Delta_i = \Delta_{ei}$
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado Con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Adaptado de tabla N.º 11 de la Norma E.030 del RNE

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0.75 R, los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0.85 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se consideran los valores mínimos de C/R ($\frac{C}{R} \geq 0.11$) ni el cortante mínimo en la base. (Norma E.060, 2018)

2.2.4 Regularidad Estructural

Es necesario calificar toda edificación como regular e irregular con el fin de establecer el procedimiento de análisis apropiado, determinar el coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas (R) y eventualmente descalificar una estructura irregular para su uso de acuerdo a la importancia y ubicación de la edificación. Para establecer si una estructura es irregular, es necesario revisar la existencia de alguna irregularidad tanto en altura como en planta. Para cada una de las irregularidades, en altura o en planta, la Norma

establece valores menores que uno para los factores de irregularidad I_a o I_p , con el fin de reducir el factor básico, R_o , el valor final de la I_a que se debe de usar para todo el edificio, corresponde al valor mínimo de todos los valores encontrados para las irregularidades en altura al analizar el edificio en ambas direcciones, de manera similar, el valor de I_p corresponde al mínimo de los valores encontrados para las irregularidades en planta. El valor de 1 para la I_a o I_p , corresponde a edificios sin irregularidades de altura, o de planta. Si existen irregularidades y uno de los factores o ambos, I_a o I_p , es menor que uno, el edificio califica como irregular. (Muñoz, 2018).

para la determinación de irregularidades en altura, la Norma E.030 toma en cuenta el cambio de entrepiso a otro en la rigidez, la masa, las dimensiones en planta y la posible discontinuidad de los elementos verticales, los cuales se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2

irregularidades en altura

Irregularidades estructurales en altura	Factor de Irregularidad I_a
<p>Irregularidad de Rigidez-Piso Blando</p> <p>Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidades de resistencia-Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0.75



Irregularidades estructurales en altura	Factor de Irregularidad Ia
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez</p> <p>Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.</p> <p>Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia</p> <p>Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0.50
<p>Irregularidad de Masa o Peso</p> <p>Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical</p> <p>La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</p> <p>Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0.80



Irregularidades estructurales en altura	Factor de Irregularidad Ia
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	
Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.	0.60

Fuente: Adaptado de la Norma E.030 del RNE

La Norma E.030 establece irregularidades en planta, considera los casos de torsión, esquinas entrantes, discontinuidad de los diafragmas y ejes sismorresistentes no paralelos. Los cuales se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3

Irregularidades en planta

Irregularidades estructurales en planta	Factor de Irregularidad Ip
Irregularidad Torsional	
Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).	0.75
Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible.	
Irregularidad Torsional Extrema	
Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo	0.60



Irregularidades estructurales en planta	Factor de Irregularidad I_p
<p>desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible.</p>	
<p>Esquinas Entrantes</p> <p>La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0.90
<p>Discontinuidad del Diafragma</p> <p>La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma.</p> <p>También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0.85
<p>Sistemas no Paralelos</p>	0.90



Irregularidades estructurales en planta**Factor de Irregularidad I_p**

Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.

2.2.5 Análisis Dinámico Modal Espectral

(Morales, 2002) sostiene que “la estructura debe concebirse como un sistema o grupo de partes y piezas que funcionan juntas de forma sistemática para llevar a cabo un determinado propósito. La articulación de los objetivos que deben alcanzarse y la consideración de las limitaciones marcan el inicio del proceso de diseño del sistema. El procedimiento es circular; comienza con conceptos generales y los va perfeccionando mediante aproximaciones sucesivas a medida que se adquieren más información sobre el tema”.

2.2.5.1 El diseño por estado límite

(Morales, 2002) manifiesta que “el diseño en estado límite pretende mantener las características de acción-respuesta de un elemento estructural o estructura dentro de unos límites razonables. Esta técnica establece que una estructura o componente estructural deja de servir para el propósito para el que fue concebido cuando alcanza un estado límite”.

La idea es diseñar la estructura teniendo en cuenta varias situaciones límite. Los tres estados límite más cruciales son bajo carga de servicio, las deformaciones y la resistencia bajo carga máxima. En consecuencia, el diseño de las secciones se centra en

la teoría de la resistencia máxima, empleándose la teoría elástica únicamente para garantizar el comportamiento bajo cargas de servicio.

Para evaluar la seguridad de la estructura, se debe demostrar que cada elemento estructural y la estructura en su conjunto tienen una resistencia mayor que las fuerzas que actúan sobre ellos individualmente o en combinación.

2.2.5.2 Requisitos de resistencia y de servicio

Las estructuras y los elementos estructurales deberían diseñarse para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño (ϕR_n) por lo menos iguales a las resistencias requeridas (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en esta Norma. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse:

$$\phi R_n \geq R_u \quad (2.6)$$

Las estructuras y los elementos estructurales deberán además cumplir con todos los demás requisitos de esta Norma, para garantizar el comportamiento adecuado bajo cargas de servicio (Norma E.060, 2018)

2.2.5.3 Resistencia requerida

La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV \quad (2.7)$$

Si el diseño se tuviera que considerar cargas de viento (CV_i), además de lo indicado anteriormente, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1.25(CM + CV \pm CV_i) \quad (2.8)$$

$$U = 0.9 CM \pm 1.25 CV_i \quad (2.9)$$

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS), además de lo indicado en el ítem anterior, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1.25 (CM + CV) \pm CS \quad (2.10)$$

$$U = 0.9 CM \pm CS \quad (2.11)$$

No será necesario considerar acciones de sismo y de viento simultáneamente.

Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto del peso y empuje lateral de los suelos (CE), la presión ejercida por el agua contenida en el suelo o la presión y peso ejercidos por otros materiales, además de lo indicado en el ítem anterior, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1.4CM + 1.7CV + 1.7CE \quad (2.12)$$

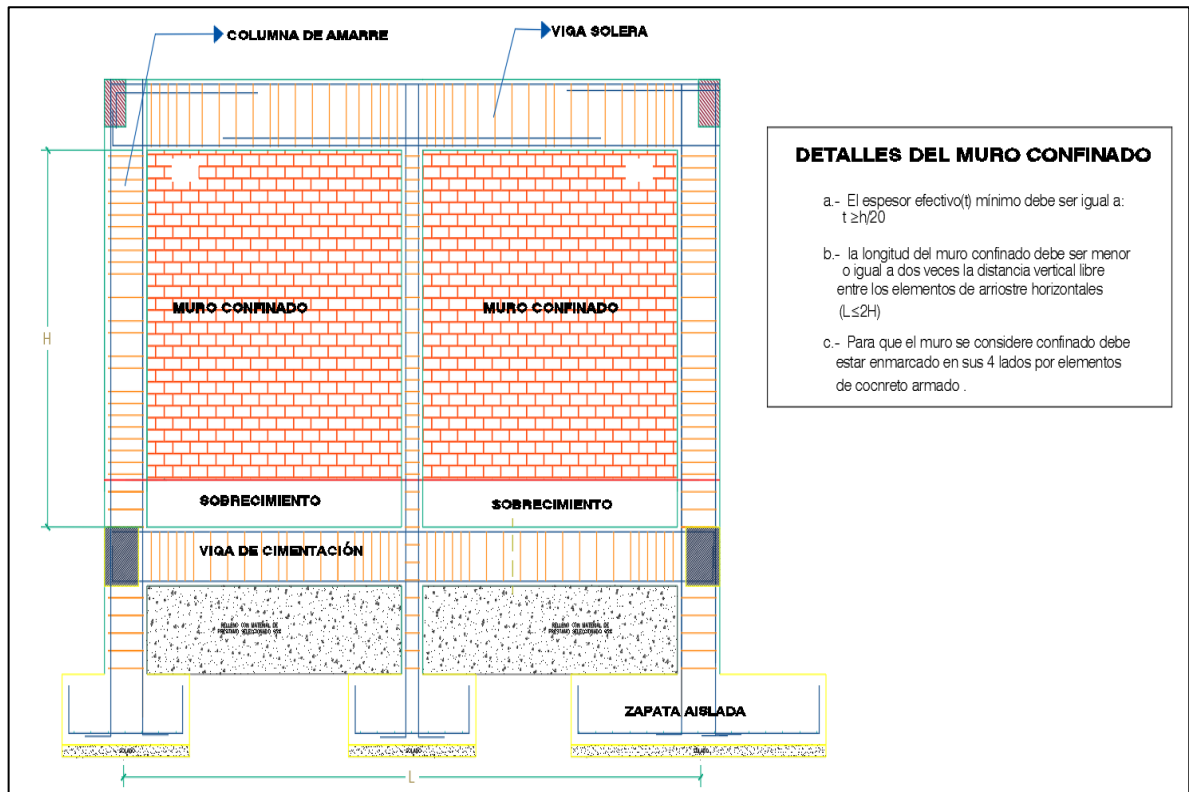
2.2.6 Albañilería Confinada

(Abanto, 2017) menciona que “la albañilería confinada es un sistema de construcción que resulta de la superposición de unidades de albañilería unidas entre sí por mortero formando un conjunto monolítico llamado muro. El mortero está conformado por cemento, arena gruesa y agua.”

“La albañilería confinada se origina cuando al muro se le coloca en todo su perímetro elementos de concreto armado, con la finalidad de hacerlo más resistente frente a movimientos sísmicos.” (Abanto, 2017), como se visualiza en la Figura 2.

Figura 2

Detalle de Muro Confinado

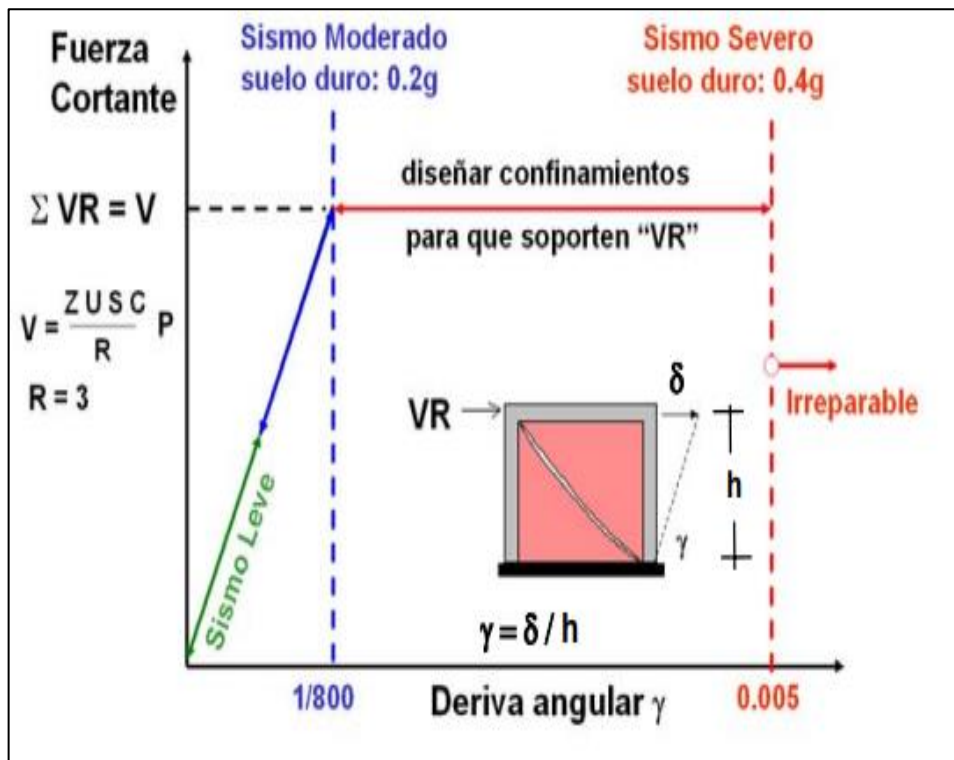


(San bartolomé & Quiun, 2010) mencionan que, “en una estructura de albañilería confinada, los muros de albañilería proveen resistencia y rigidez lateral, mientras que los confinamientos proporcionan ductilidad. Por tanto, el objetivo del diseño sísmico de edificaciones de albañilería confinada estaría conformado por dos aspectos”.

- Busca que los muros reaccionen elásticamente, sin agrietarse, durante sismos moderados (a veces denominados terremotos frecuentes de hasta 0,2 g de aceleración en suelos duros).
- Tratar de dejar los muros en un estado que pueda ser reparado de forma asequible, sin disminuir su resistencia, en caso de sismos fuertes (también conocidos como sismos no comunes, con aceleración de hasta 0,4g en suelos duros). Las aceleraciones mencionadas deben multiplicarse por el factor S indicado en la norma E.030 cuando la estructura esté situada en suelos blandos, como se visualiza en la figura 3.

Figura 3

Objetivos del Diseño Sísmico de un Muro de Albañilería Confinada



Fuente: adaptado de San Bartolomé & Quiun (2010)

El proceso de diseño planteado consta de cinco pasos: verificación de la densidad mínima de muros confinados en las direcciones del edificio, diseño por carga vertical, análisis elástico ante el sismo moderado, evitando el agrietamiento diagonal de los muros, determinación de la resistencia al corte "VR" y diseño para sismos severos.(San bartolomé & Quiun, 2010).

a. PASO 1: Verificación de la Densidad Mínima de Muros Confinados

Con el objetivo de evitar el colapso de la edificación por deficiencia en la resistencia a carga lateral (Figura 4), en la etapa de predimensionamiento se debe proporcionar en cada dirección principal del edificio, una densidad mínima de muros confinados, tal que se cumpla la expresión (2.13):



$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56} \quad (2.13)$$

Donde:

L: Longitud total del muro incluyendo columnas ($L > 1.20$ m)

t: Espesor efectivo del muro

Ap: Área de la planta típica

Z: Factor de zona

U: Factor de uso

S: Factor de suelo

N: Número de pisos de la edificación

Dado que todos los muros están vinculados al diafragma (losa de techo), el conjunto de muros confinados regulará el desplazamiento lateral de los demás muros, que pueden carecer de confinamientos o incluso ser portantes verticales.

En caso no se cumpla la ecuación (2.13) en alguna de las direcciones del edificio, se debe agregar muros de concreto armado (placas) o incrementar el espesor "t" en algunos muros de albañilería confinada (ver Figura 4).

Figura 4

Colapso de una Vivienda con Baja Densidad de Muros en la Fachada



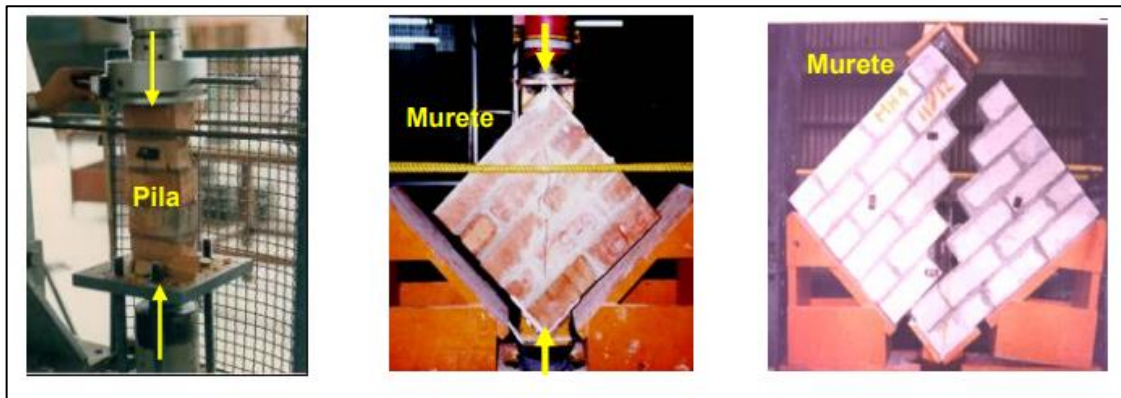
Fuente: adaptado de Bartolomé & Quiun (2010)

b. PASO 2: diseño por carga vertical

Por cualquier método racional (metrado de cargas con áreas tributarias, por ejemplo), se debe calcular la fuerza axial producida por las cargas de gravedad (P_g) en cada muro. Luego, el esfuerzo axial ($\sigma = P_g/(Lt)$) actuante deberá ser menor que $0.15 f'_m$, donde f'_m es la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería (**Figura 5**), en caso contrario, habrá que mejorar la calidad de la albañilería (f'_m), aumentar el espesor del muro, o transformarlo en una placa.

Figura 5

Ensayos de Pilas y de Muretes



Fuente: adaptado de Bartolomé & Quiun (2010)

Si el esfuerzo axial (σ) excede a $0.05 f'm$, debe agregarse en el muro una cuantía nominal de refuerzo horizontal (0.001), consistentes en varillas continuas de un diámetro no mayor que $1/4"$, ancladas en columnas de confinamiento (**Figura 6**).

Figura 6

Refuerzo Horizontal para Muros con $\sigma > 0.05 f'm$



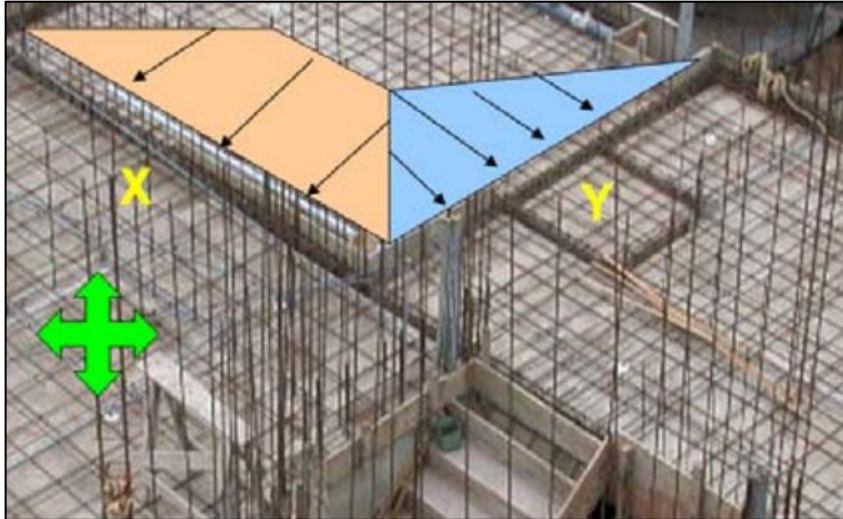
Fuente: adaptado de Bartolomé & Quiun (2010)

Una manera de reducir los esfuerzos axiales en los muros (σ), es mediante el empleo de losas de techo armadas en dos direcciones (macizas o aligeradas), ya que estas

distribuyen la carga proveniente del techo sobre los muros ubicados en ambas direcciones del edificio como detalla la **Figura 7**.

Figura 7

Áreas Tributarias en una Losa Maciza



Fuente: adaptado de Bartolomé & Quiun (2010)

c. PASO 3: Análisis elástico ante sismo moderado y diseño de otros elementos

En esta técnica se define al “sismo moderado” como aquel que produce fuerzas sísmicas iguales a la mitad de las causadas por el sismo severo. La fuerza cortante en la base del edificio generada por el sismo severo, se determina utilizando la expresión dada por la Norma sísmica peruana E.030:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (2.14)$$

Donde $R=3$, bajo la definición dada, para evaluar la fuerza cortante basal producida por el sismo moderado, puede emplearse la misma expresión, pero con $R=6$.

Es preferible que el análisis estructural sea echo utilizando las fuerzas del sismo moderado, porque las fuerzas del sismo severo podrían producir cortantes en los muros que superen a su resistencia del agrietamiento diagonal (VR); esto no significa que el



muro haya colapsado, sino que incurrió en el régimen inelástico, generándose una redistribución de fuerzas cortantes entre diversos muros, que no es contemplado por los programas de análisis estructural elástico.

El análisis sísmico se debe realizar empleando cualquier procedimiento reconocido. En el modelo estructural se debe contemplar: la acción de diafragma rígido dada por las losas de techo, los alfeizares de ventanas y tabiques no aislados de la estructura principal, la participación de los muros transversales a la dirección en análisis, el hecho que los muros están compuestos por dos materiales integrados, la albañilería y el concreto de las columnas, en este caso, el concreto puede transformarse en área equivalente de albañilería aplicando el criterio de la sección transformada. En el análisis puede emplearse las siguientes expresiones empíricas que permiten obtener el módulo de elasticidad “ E_m ” de la albañilería y su módulo de corte “ G_m ”.

- E_m (ladrillos de arcilla) = 500 f´m
- E_m (ladrillos sílico calcáreos) = 600 f´m
- E_m (ladrillos de concreto vibrado) = 700 f´m
- E_m (ladrillos de cualquier material) = 0.4 E_m (módulo de poisson= 0.25).

El diseño estructural en la etapa de sismo moderado comprende:

- Determinar las fuerzas internas producidas por el sismo moderado en cada muro (momento flector “ M_e ” y fuerza cortante “ V_e ”), debe verificarse que la fuerza cortante “ V_e ” no exceda al 55 % de su resistencia al agrietamiento diagonal “ V_R ”. La finalidad de lo indicado es que los muros se comporten elásticamente (sin grietas diagonales) ante el sismo moderado.
- Debe verificarse que las derivas inelásticas en cualquier piso no sean mayores que 0.005, de lo contrario habrá que rigidizar el edificio. Estas



- derivadas se calculan como: $0.75 \cdot (\Delta e) \cdot (R/h)$, donde $R= 6$ y $\Delta e =$ desplazamiento elástico relativo entre pisos consecutivos.
- De existir placas de concreto armado, también deben diseñarse a la rotura en la etapa de sismo moderado, amplificando los esfuerzos elásticos por un factor de 1.25, de tal modo que fallen por flexión, tal como se especifica en la Norma E.060
 - La cimentación también debe diseñarse en la etapa de sismo moderado. El suelo de cimentación no colapsara cuando ocurra el sismo severo, puesto que su resistencia admisible presenta un factor de seguridad de orden tres, mayor que la relación de fuerzas proporcionadas por el sismo severo y el moderado(dos).

d. PASO 4: Determinación de la resistencia a corte (V_m) y control de fisuración

Para cada muro y en cada piso debe determinarse su resistencia a corte “ V_m ” mediante las siguientes expresiones provenientes de la Norma E.070:

Unidades de arcilla y de concreto:

$$V_m = 0.5V'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g \quad (2.15)$$

Unidades sílico-calcareas:

$$V_m = 0.35 \cdot V'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g \quad (2.16)$$

Donde:

V'_m = Resistencia característica a corte puro de la albañilería

P_g = Carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida (NTE E.030 diseño sismorresistente)



t = Espesor efectivo del muro

L = Longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)

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

$$\frac{1}{3} \leq \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1 \quad (2.17)$$

Donde:

V_e = Fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico

M_e = Momento flector del muro obtenido del análisis elástico

En este paso debe verificarse que, ante la acción del sismo moderado, la albañilería de cualquier muro no se agriete diagonalmente, es decir mantiene un comportamiento elástico. Para ello, en la Norma E.070 se establece que deberá cumplirse: $V_e \leq 0.55V_m$. En caso que algún muro tenga $V_e > 0.55 V_m$, se deberá aumentar su resistencia al corte “ V_m ”, esto se logra, por ejemplo, mejorando la calidad de la albañilería ($v'm$), o aumentando su espesor “ t ” usando malla electrosoldada o geomalla anclada al muro y tarrajada con mortero.

e. PASO 5: Verificación de la resistencia al corte global

Una vez determinada la resistencia al corte de cada muro (V_m , paso 4) orientado en una cierta dirección del edificio (X o Y), se suman estos valores (ΣV_m) para obtener la resistencia global al corte de cada piso y en cada dirección. En el cálculo de ΣV_m no deben intervenir aquellos muros de una longitud menor que 1.2m o que no califiquen como confinados (por ejemplo, con una sola columna o sin columnas).



Cumplida la expresión $\Sigma V_m = VE$ en una dirección, el resto de muros en esa misma dirección pueden ser no confinados o de albañilería armada parcialmente rellena.

En caso de que la resistencia al corte global sea excesiva, es decir, cuando $\Sigma V_m \geq RVE$ (con $R=3$), la edificación se comportará elásticamente ante el sismo severo y solo se requerirá colocar refuerzo mínimo. Esta situación $\Sigma V_m \geq RVE$, se presenta en edificios con muros muy largos, donde predomina la deformación por corte sobre la flexión. Existen edificios de albañilería no reforzada que debido a su alta densidad de muros han podido soportar los sismos sin que se produzca ningún daño.

2.2.7 Reforzamiento de Estructuras

“Los sistemas de refuerzos que incrementan la resistencia y/o rigidez de la estructura pueden ser como los arriostramientos metálicos, pantallas con concreto reforzado, encamisado con concreto reforzado, encamisado metálico, fibras de carbono, entre otros. Mientras que también existen sistemas que modifican la respuesta de la estructura como son los disipadores de energía y aislamiento sísmico”. (Arellano & Gonzales, 2020).

El reforzamiento de estructuras está dirigido a incrementar la capacidad de carga de y serviciabilidad de una estructura. Se realiza cuando existen nuevas solicitaciones como errores en el diseño o defectuosa mano de obra durante el proceso constructivo.

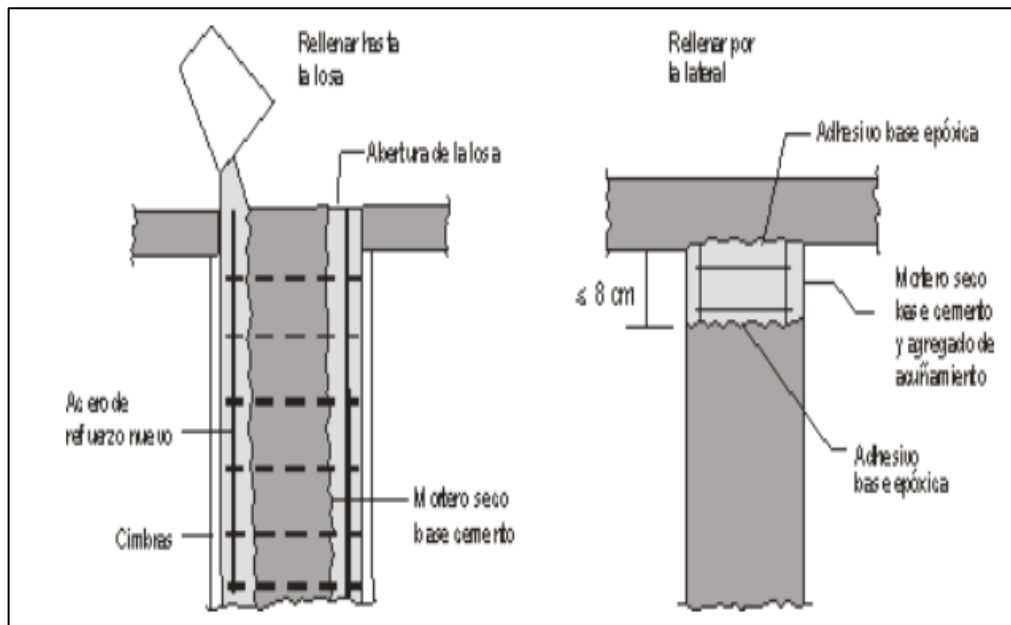
2.2.7.1 Refuerzos en columnas

2.2.7.1.1 Refuerzo con hormigón

(Helene & Pereira, 2003) sostienen que “puede aplicarse para cualquier dimensión siempre que el recubrimiento sea mayor o igual a 6.0 cm con un sustrato seco, con aplicación de puente de adherencia formado por adhesivo de base epoxi (de baja viscosidad)”.

Figura 8

Refuerzo de Columnas con Hormigón



Fuente: adaptado de Helene & Pazini (2003)

Para la preparación la relación agua total/cemento ≤ 0.50 ; revenimiento de 10 a 15 cm; aditivo superplastificante y tamaño máximo del agregado grueso igual a 1/4 de la menor dimensión de la pieza (Figura 8).

La aplicación consiste en perforar las losas o cimientos para anclar las barras longitudinales a una profundidad ≤ 6 cm. Limpiar las perforaciones a seco y fijar las barras longitudinales con expansor de anclaje de base poliéster (tixotropico). Colocar separadores en el acero de refuerzo longitudinal y en los estribos, tanto para mantenerlo a 2 cm, retirarlos y aplicar el puente de adherencia, adhesivo epoxi (de baja viscosidad). Recolocar la cimbra y verter el hormigón, compactándolo bien. Emplear desmoldante. Descimbrar después de 48 horas y repetir la operación en el tramo superior, el último tramo no debe tener una altura superior a 30 cm y el hormigón deberá ser vertido a través de los orificios practicados a la losa. En caso que esto último no sea posible, entonces se debe realizar un relleno a una altura no superior a 8 cm con mortero seco.



Para el curado se debe saturar con agua por 14 días o dos manos de adhesivo de base acrílica (membrana de curado) aplicadas con pistola, brocha o rodillo, inmediatamente después de descimbra. En las primeras 36 horas evitar la radiación solar directa tapando la superficie.

Siempre que es posible apuntalar la estructura y descargar la columna. Retirar los puntales solamente después de 14 días.

2.2.7.1.2 Pautas para el proceso constructivo del refuerzo

(Belizario, 2017) comenta las siguientes pautas para el proceso constructivo del refuerzo:

- a. La superficie del elemento debe de estar limpia y rugosa para garantizar una buena adherencia entre el concreto nuevo y el existente, promoviendo con ello, un comportamiento monolítico.
- b. El revenimiento y el tamaño máximo del agregado grueso serán de acuerdo con la separación mínima del refuerzo y la distancia mínima entre la cimbra y el concreto existente.
- c. En columnas, el refuerzo longitudinal debe extenderse a través de la losa de entrepiso, para proporcionar continuidad e incrementar la resistencia a flexión en los extremos del elemento. (Figura 9).

Figura 9

Encamisado de Columna a Través de la Losa



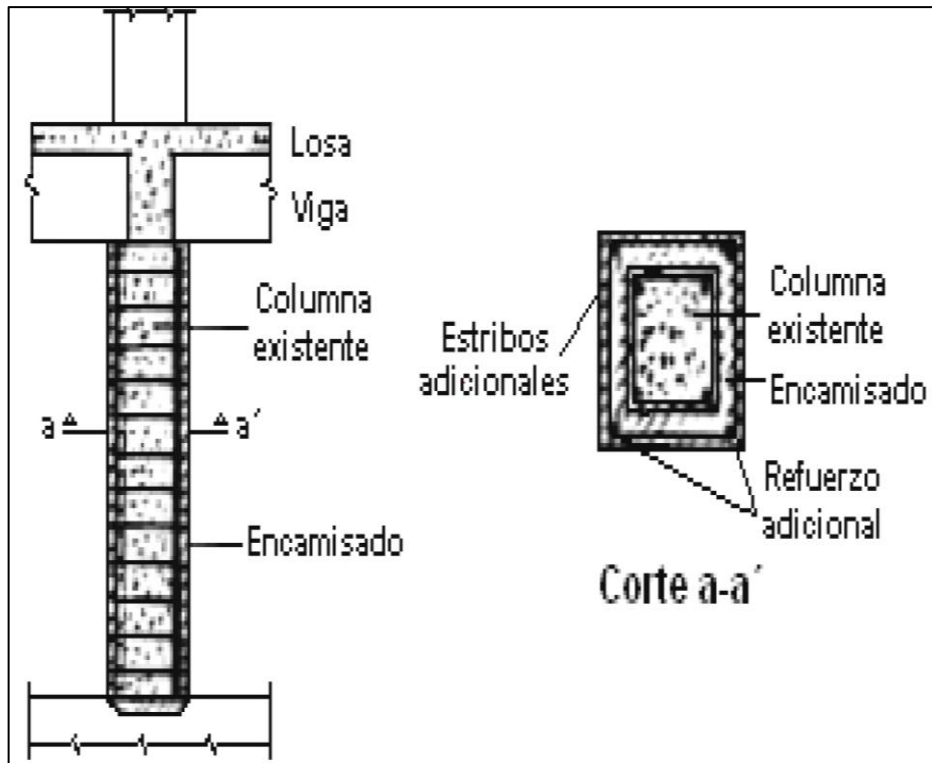
Fuente: (INIFED México, 2021)

- d. Cuando el encamisado no sea completo, deberá verificarse la necesidad de colocar elementos de conexión que garanticen la transmisión de los esfuerzos cortantes entre el encamisado y el elemento por reforzar.
- e. Para garantizar un comportamiento monolítico del elemento encamisado, es necesario tener un adecuado mecanismo de transferencia de cortante en la zona de contacto entre el encamisado y el elemento existente, tal que evite el movimiento relativo entre reforzamiento de columnas con encamisado de concreto.
- f. Los elementos encamisados se pueden analizar como elementos compuestos suponiendo una perfecta adherencia entre el concreto nuevo y el existente, siempre que se asegure un comportamiento monolítico

- g. Si solo se encamisa la columna en el entrepiso se obtiene un incremento en resistencia ante carga axial y fuerza cortante, y un comportamiento dúctil, pero no se altera la resistencia original a flexión. (Figura 10).

Figura 10

Encamisado de Columna Hasta el Entrepiso

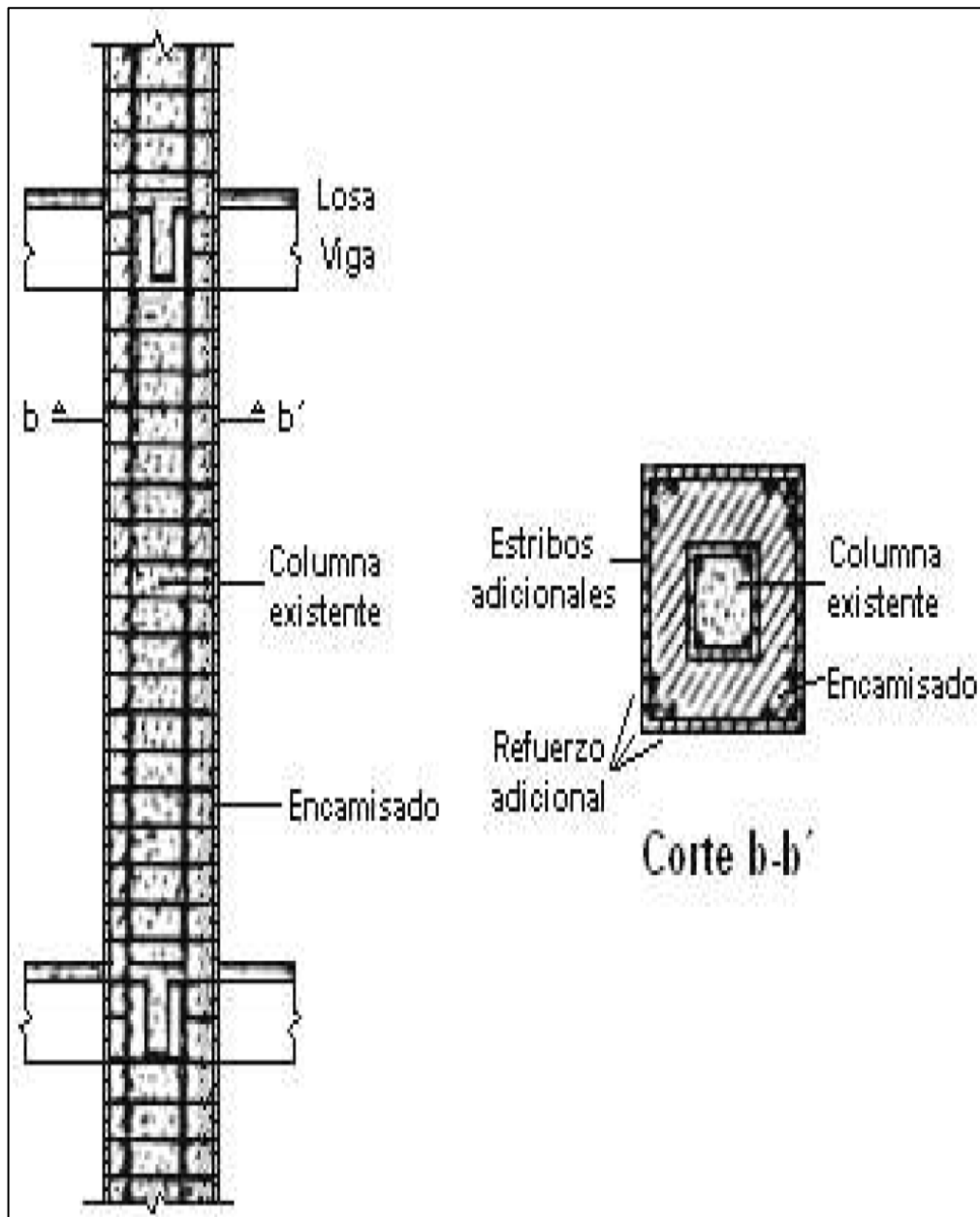


Fuente: (Belisario, 2017)

- h. Para incrementar la resistencia a flexión es necesario extender el encamisado a través de la losa, prolongando el acero longitudinal y añadiendo algunos estribos que atraviesen el alma de las vigas. (Figura 11).

Figura 11

Encamisado de Columna Hasta la Losa

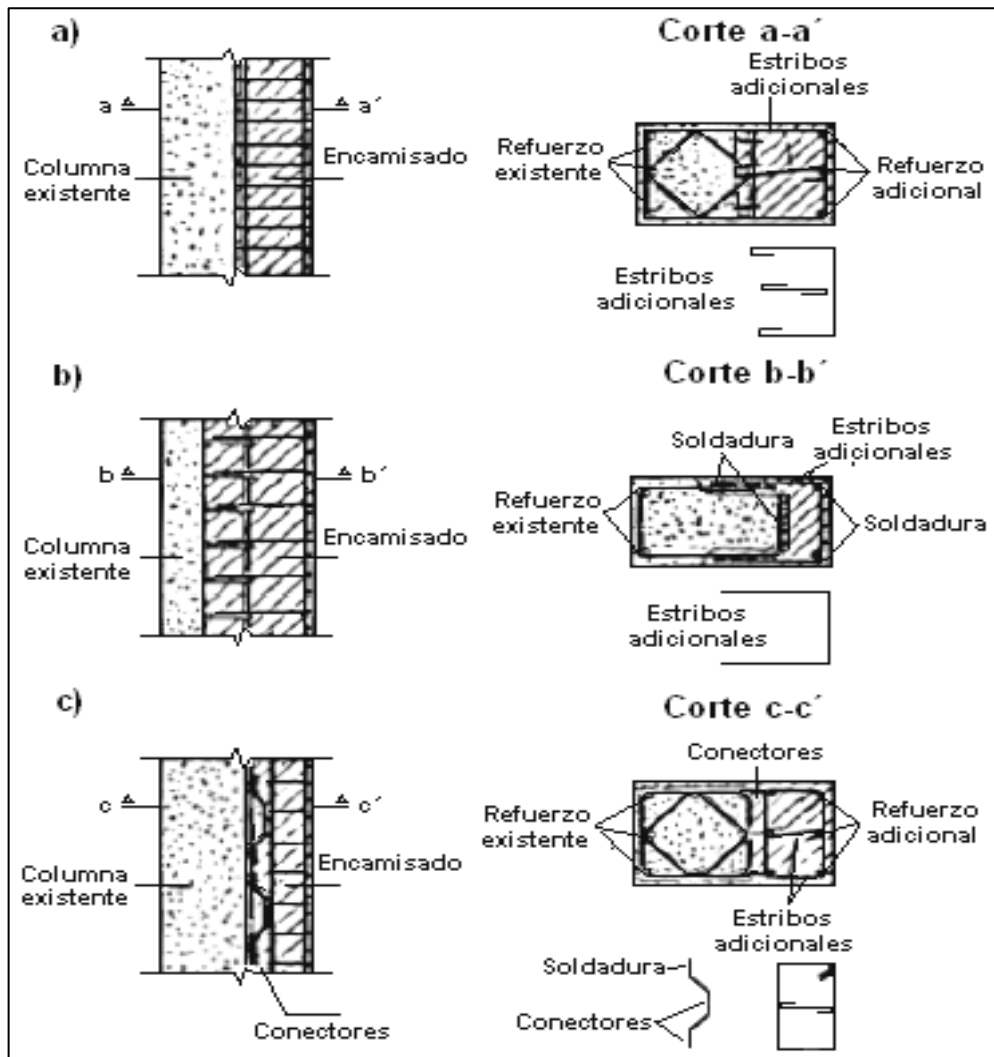


Fuente: (Belizario, 2017)

- i. Cuando hay restricciones de espacio, sólo se pueden encamisar uno, dos o tres lados. En este caso, se pueden utilizar conectores, estribos o ganchos para unir el refuerzo longitudinal. (Figura 12).

Figura 12

Encamisado Parcial de Columnas



Fuente: (Belizario, 2017)

- j. Si la columna es de sección rectangular el refuerzo se concentra cerca de las esquinas para permitir confinarlo con estribos, o bien se distribuye de manera uniforme uniendo el refuerzo nuevo al existente mediante conectores soldados.
- k. Si bien existe incertidumbre en la distribución de las cargas entre el elemento existente y el encamisado, un análisis suponiendo un comportamiento



monolítico entre el encamisado y el elemento existente proporciona un resultado razonable para el diseño.

1. Para obtener las propiedades geométricas de los elementos, se puede utilizar el método de la sección transformada equivalente. Si existe daño previo en él.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

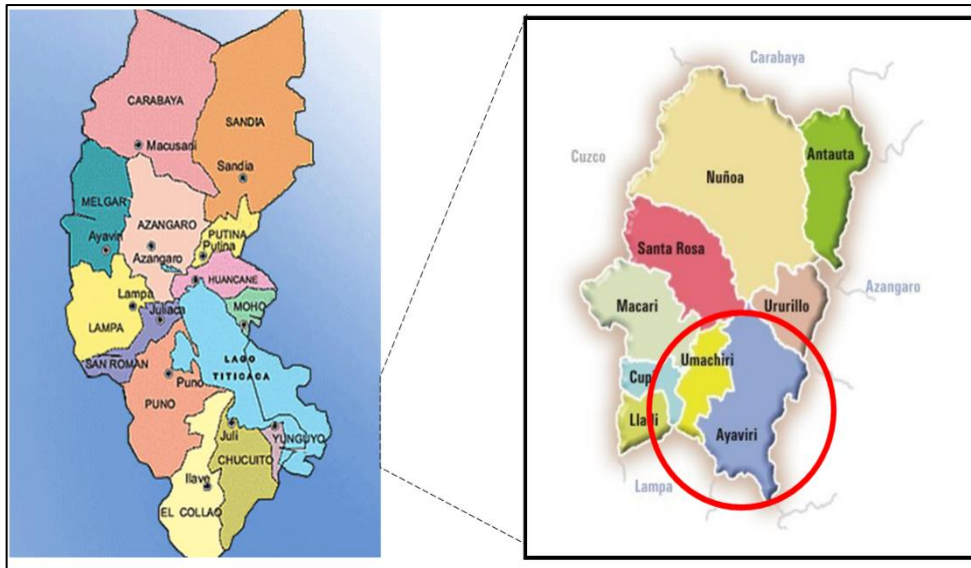
3.1 UBICACIÓN POLÍTICA

La Institución Educativa Inicial N.º 43 se encuentra ubicada en las intersecciones del Jr. Leoncio Prado y el Jr. Pumacahua del distrito de Ayaviri, provincia de Melgar, departamento de Puno (ver Figura 13). El territorio se encuentra a una altura de 3,907 msnm, geográficamente se encuentra ubicado en:

Departamento : Puno
Provincia : Melgar
Distrito : Ayaviri

Figura 13

Mapa de Ubicación Geográfica (Departamental y Provincial)



3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La institución educativa inicial N.º 43 geográficamente se encuentra ubicada de acuerdo a las siguientes coordenadas UTM:

Latitud: -14.877906°

Longitud: -70.589362°

Altitud: 3923 m

Figura 14

imagen satelital de la IEI N° 43



Fuente: (Google Earth, 2020)

3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PROYECTO

El proyecto denominado “Mejoramiento del Servicio Educativo de la IEI N.º 43 de la localidad de Ayaviri del distrito de Ayaviri-provincia de Melgar- departamento de Puno”, de acuerdo al expediente técnico está conformada por cinco componentes:

- Obras provisionales
- Infraestructura educativa
- Obras exteriores
- Mobiliario
- Capacitación

El componente de **infraestructura educativa**, está conformada por 6 módulos los cuales se detallan a continuación:

- MÓDULO 1: Área administrativa (02 niveles)
- MÓDULO 2: 04 aulas (02 niveles)
- MÓDULO 3: 04 aulas (02 niveles)
- MÓDULO 4: S.U.M, 01 aula, sala de psicomotricidad (02 niveles)
- MÓDULO 5: Caja de escaleras
- MÓDULO 6: Tanque cisterna y tanque elevado

De los 6 módulos planteados en el proyecto, se considerará el módulo 4, para el presente análisis.

Figura 15

Vista Isométrica de la I.E.I. N°43



Fuente: adaptado del expediente técnico del proyecto

Figura 16

Vista del Acceso Principal al Centro Educativo Inicial N.º 43



Fuente: adaptado del expediente técnico del proyecto

En la presente investigación para el análisis, revisión y reforzamiento estructural de la institución educativa inicial se tomará el MÓDULO 04 (SUM, aulas, salón



psicomotricidad), el cual está conformado por dos niveles, el cual está distribuido como detalla en la Tabla 4:

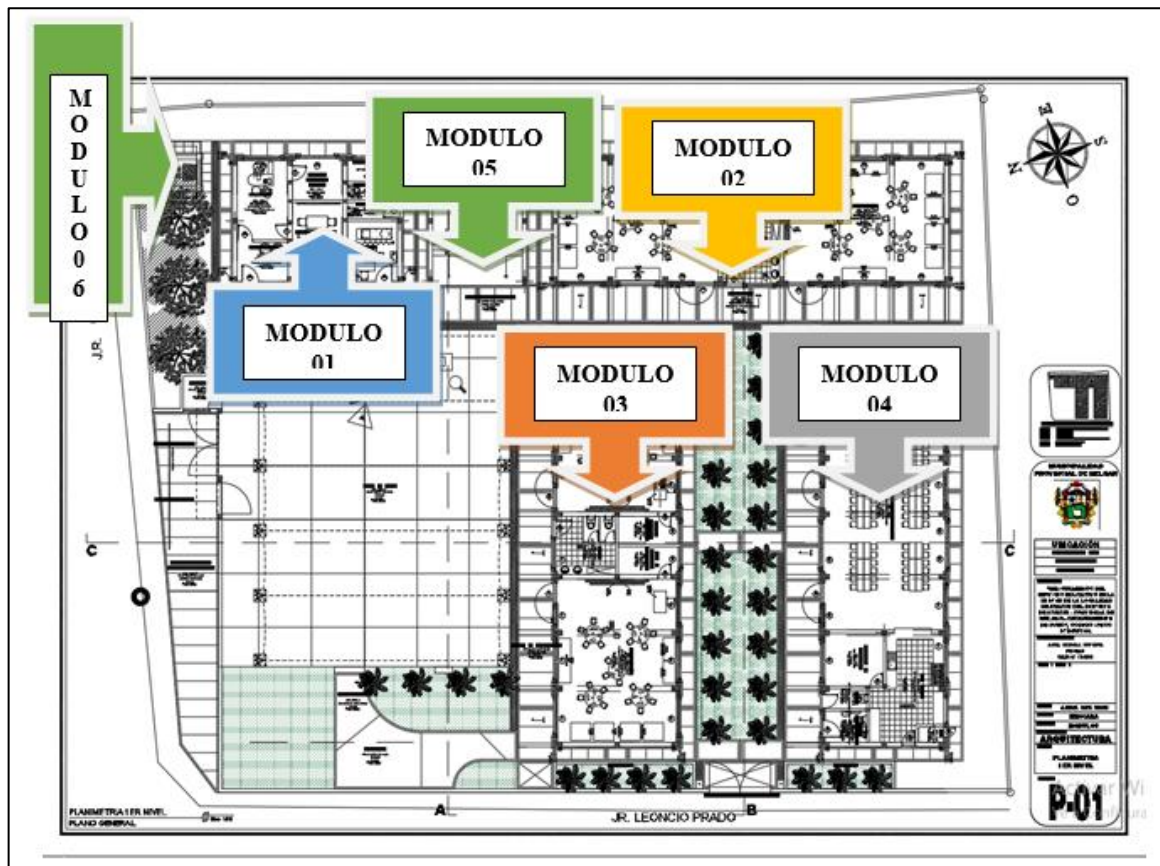
Tabla 4

Distribución de Ambientes del Módulo N.º 04

Nivel	Ambiente	Área	Área acumulada	Área total
01 nivel	Deposito	19.18 m ²		
	Salón de usos múltiples	85.28 m ²		
	Cocina	21.87 m ²		
	Dep. de alimentos	9.74 m ²	144.02 m ²	
	SSHH	2.60 m ²		
	SSHH de discapacitados	4.18 m ²		285.54 m ²
	Gas	1.17 m ²		
02 nivel	Aula inicial	60.00 m ²		
	Dep. de material educativo	5.26 m ²		
	Aula de psicomotricidad	60.00 m ²	141.52 m ²	
	Dep. de material educativo	5.26 m ²		
	SSHH	11.00 m ²		

Figura 17

Ubicación del Módulo N.º 04



Fuente: adaptado del expediente técnico del proyecto

3.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Tipo de Investigación

La presente investigación según la intervención del investigador es de tipo observacional, según la planificación de la medición es prospectivo, según la medición de mediciones de la variable de estudio es transversal.

3.4.2 Nivel de Investigación

(Hernández, 2014) sostiene que “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características, y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente

pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren”. Por ende, el nivel de investigación para este proyecto se considera descriptiva.

3.4.3 Diseño de Investigación

(Hernández, 2014) comentan que “la investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”. Considerando este concepto el diseño de la presente investigación es transversal.

3.4.4 Operacionalización de Variables

En la Tabla 5, se muestra el detalle de la operacionalización de variables de estudio.

Tabla 5

Operalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Índice
	Derivas entrepiso	de Permisible/No permisible	Pórticos: $\Delta_i/h_e = 0.007$ Albañilería confinada: $\Delta_i/h_e = 0.005$
Reforzamiento del Sistema estructural Mixto	Irregularidad estructural en altura y planta	Regular/Irregular	$R = R_o I_a I_p$



Variable	Dimensiones	Indicadores	Índice
	Características de los	Geometría de los elementos	Longitud variable
	Elementos estructurales a reforzar	Estructurales	

3.4.5 Población

(Chahuares, 2012) sostiene que “la población constituye la totalidad de un grupo de elementos u objetos a que se quiere investigar, es el conjunto de todos los casos que concuerdan con lo que se pretende investigar”. Para la presente investigación se considera la población de estudio a todas las instituciones educativas de la localidad de Ayaviri.

3.4.6 Muestra

(Chahuares, 2012) afirma que “la muestra está constituida por uno o varios de los elementos de la población y que dentro de ella se delimitarán con precisión”. La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, por lo tanto, para la presente investigación la muestra se considerará la institución educativa N.º 43.

3.4.7 Instrumentos

3.4.7.1 Instrumentos Metodológicos.

Los instrumentos metodológicos comprenden un conjunto de documentos y parámetros que tienen como objetivo orientar y facilitar la investigación. Para la presente investigación se constituirá por tesis, libros, investigaciones científicas, Normas nacionales referentes a la construcción civil, comentarios de especialistas en el área de estructuras.



3.4.7.2 Instrumentos de Ingeniería.

La presente investigación se fundamenta el reglamento nacional de edificaciones, donde resalta la norma E.030 (diseño sismorresistente), así como también la norma E.020 (cargas), la norma E.060 (concreto armado) y la norma E.070 (albañilería).

Referente a los datos para la determinación de las irregularidades y las derivas de entrepiso para el módulo N° 4, se ha extraído del expediente técnico del proyecto “Mejoramiento del servicio educativo en la IEI N° 43 de la localidad de Ayaviri del distrito de Ayaviri – provincia de melgar – departamento de puno” así como también la documentación de los ensayos de laboratorio que se han realizado durante la ejecución de dicho proyecto.

3.5 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1 Recolección de Datos

3.5.1.1 Características del Suelo.

Debido a su conformación de suelo limo-arcilloso, el estrato de apoyo de los cimientos es de suelo limo-arcilloso, con una presión admisible de 0,6 kg/cm². Se clasificaría como perfil de tipo S2 según la norma E.030 del Reglamento Nacional de edificaciones, que clasifica los perfiles de suelo (suelo intermedio).

3.5.2 Arquitectura de la Edificación a Analizar

En lo que concierne la arquitectura del proyecto a analizar, el Módulo N.º 04 de la Institución Educativa Inicial N.º 43, está conformada por dos niveles, cuyos ambientes están distribuidos para el uso administrativo y académico. La disposición de los ambientes tanto en el nivel 1 así como en el nivel 2, están detallados en el Anexo N.º 02.

3.5.3 Consideraciones de los Elementos de Concreto Armado

Para el modelamiento del sistema estructural aporcado es necesario tener la información referente a los elementos que comprenden dicho sistema estructural, como es el caso de la resistencia a compresión simple y el módulo de elasticidad del concreto.

Para la determinación del módulo de elasticidad, se ha tomado los datos referentes a la resistencia a la compresión simple de los elementos estructurales como vigas y columnas del módulo N° 4 de la IEI N° 43 los cuales se detallan en los ensayos de laboratorio que se encuentran en el anexo N° 03. Con estos datos se calcula el valor del módulo de elasticidad y se introduce en el programa de modelización Etabs, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Resultados de laboratorio

Resistencia a la compresión simple de vigas Y columnas a los 28 días($f'c$)	Módulo de Elasticidad considerado (E_c) Kg/cm^2
235.29 kg/cm^2	230087.48
235.92 kg/cm^2	230395.31
237.14 kg/cm^2	230990.26

Tabla 7

Consideraciones de los Elementos de Concreto Armado

Resistencia a compresión simple del concreto	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Peso específico del concreto armado	$\gamma_c = 2400 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del concreto	$E_c = 15000x\sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo de fluencia del acero	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del acero	$E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

3.5.4 Metrado de Cargas para el Sistema Estructural Aporticado

Conforme a los planos evidenciados en el expediente técnico se desarrolla el metrado de cargas considerando los anchos tributarios de los ejes principales para el sistema estructural Aporticado.

La Norma E.020 menciona que “la carga muerta es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo. La carga viva es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación”.

Para el metrado de los elementos estructurales del sistema estructural aporticado se ha considerado los pesos unitarios establecidos en el anexo N.º 04 de la Norma E.020. donde establece los siguientes lineamientos (ver Tabla 8).



Tabla 8

Peso Unitario para Metrado de Cargas

Materiales	Peso unitario
Albañilería cocida solida	1800 kg/cm ³
Concreto armado	2400 kg/cm ³
Losa aligerada de espesor =20 cm	300 kg/cm ²
Acabados	100 kg/cm ²

En el ANEXO N.º 04 de la presente investigación se adjunta el Metrado de cargas del sistema estructural aporticado.

3.5.5 Análisis del Sistema Estructural Aporticado

Para el análisis y posterior modelamiento del sistema estructural aporticado se ha utilizado el software Etabs V.17.1. el cual es un software para el dimensionamiento, análisis y diseño estructural de edificaciones.

3.5.5.1 Definición de Materiales.

Definida la configuración inicial del software Etabs, como la inicialización del modelo, así como la definición de las grillas de acuerdo a los planos, a continuación, se aplican las características de los materiales, como el acero y el concreto.

Figura 18

Definición del Material Concreto en el Software ETABS 2017

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. The 'General Data' section includes: Material Name (fc=210 kgf/cm2), Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (a cyan color), and Material Notes. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected with a value of 2.4 tonf/m³ and 'Specify Mass Density' with a value of 0.245 tonf-s²/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E (200000 kgf/cm²), Poisson's Ratio, U (0.15), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.000099 1/C), and Shear Modulus, G (86956.52 kgf/cm²). The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section includes buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The dialog has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Fuente: adaptado del Etabs 2017

Figura 19

Definición del Material Acero en el Software ETABS 2017

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a rebar material. The 'General Data' section includes: Material Name (fy=4200 kgf/cm2), Material Type (Rebar), Directional Symmetry Type (Uniaxial), Material Display Color (a dark grey color), and Material Notes. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected with a value of 7.85 tonf/m³ and 'Specify Mass Density' with a value of 0.8 tonf-s²/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E (2000000 kgf/cm²) and Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000117 1/C). The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section includes buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The dialog has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

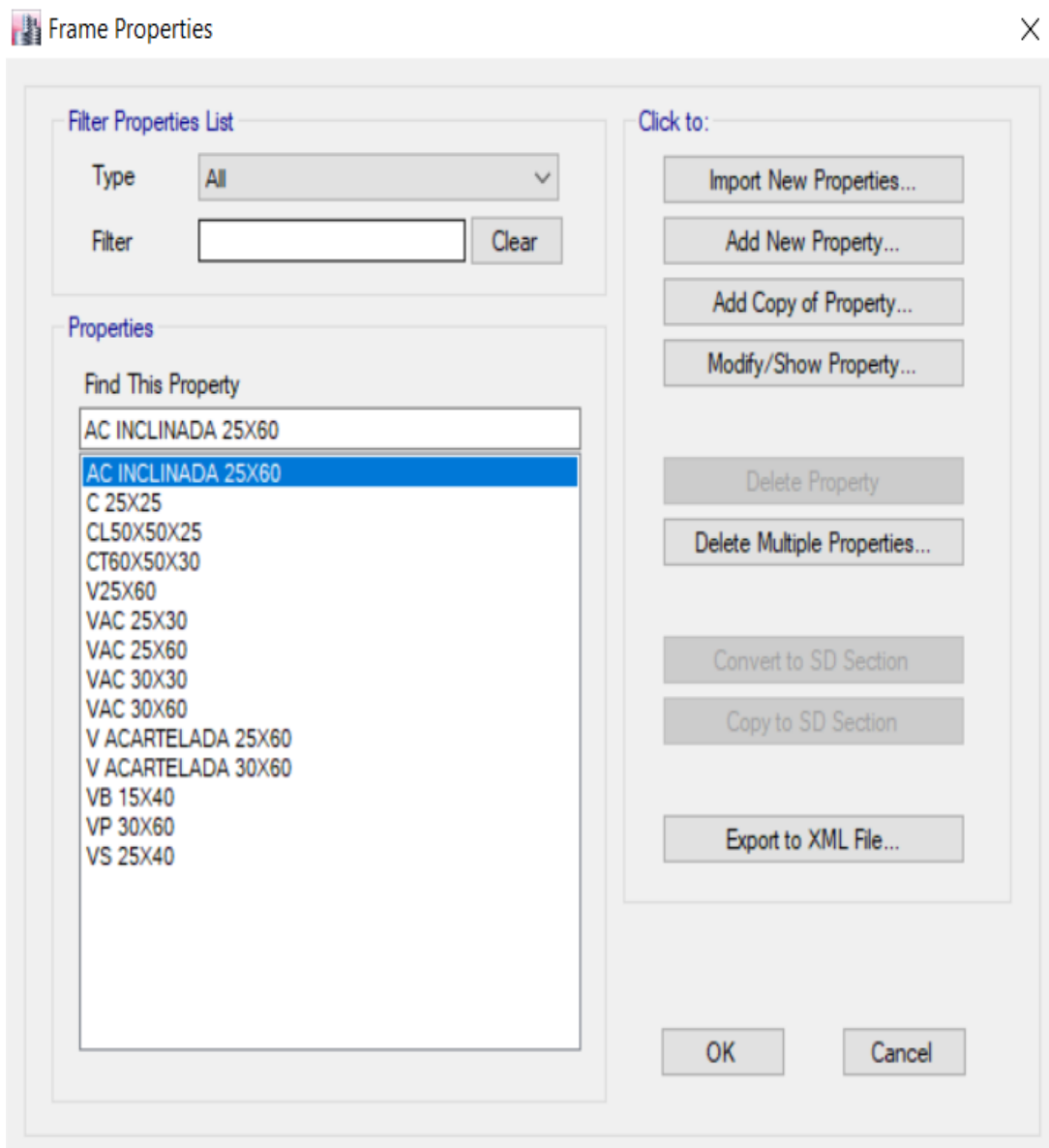
Fuente: adaptado del Etabs 2017

3.5.5.2 Definición de la Sección de Vigas y Columnas.

Las dimensiones de las secciones de los elementos como vigas y columnas son las que se consideraron en el diseño del sistema estructural aporticado que se consideró en el expediente técnico.

Figura 20

Definición de Vigas y Columnas en el Software ETABS 2017



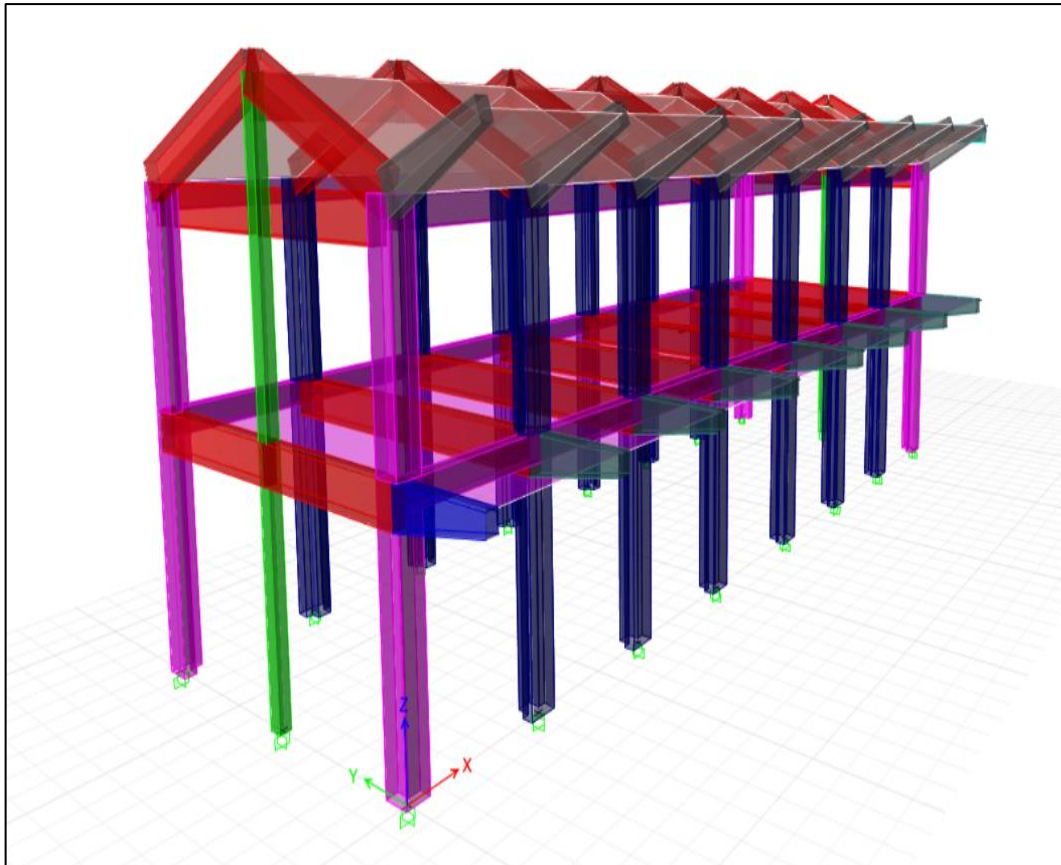
Fuente: adaptado del Etabs 2017

3.5.5.3 Modelado del Sistema Estructural Aporticado.

Consideradas las dimensiones de los elementos viga y columna, así como de la losa aligerada, se realiza el modelamiento del sistema estructural aporticado

Figura 21

Modelado del Módulo N.º 04 en el Software ETABS 2017



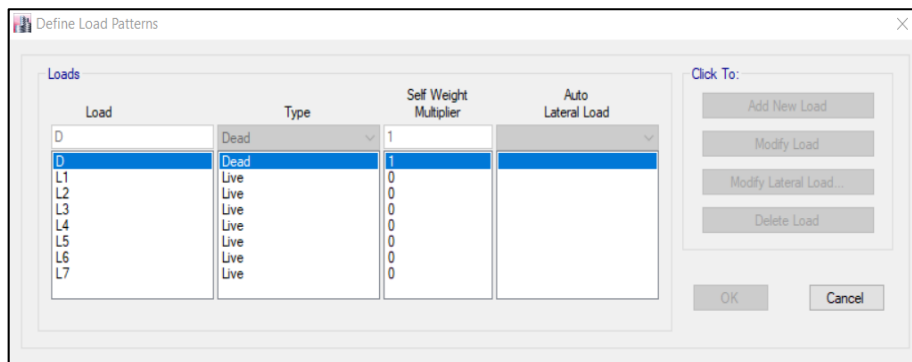
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.5.4 Definición de los Patrones de Carga.

Para los patrones de carga se consideró como D la carga muerta y como L la carga viva de la edificación.

Figura 22

Definición de los Patrones de Carga



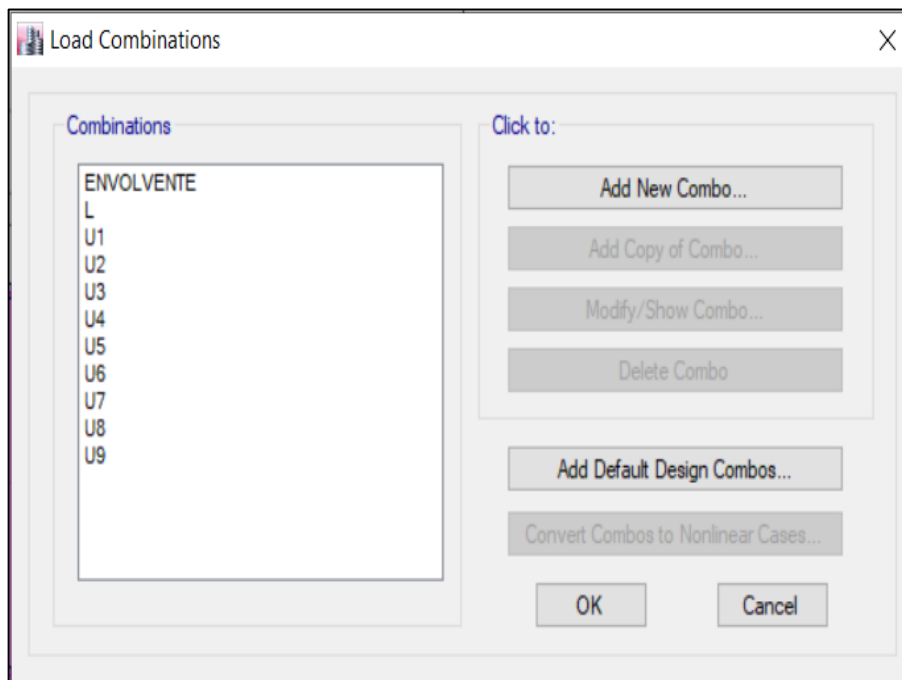
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.5.5 Definición de las Combinaciones de Carga.

En el Cap. 9 de la Norma E.060 del reglamento nacional de edificaciones establece los lineamientos para la combinación de cargas.

Figura 23

Definición de las Combinaciones de Carga



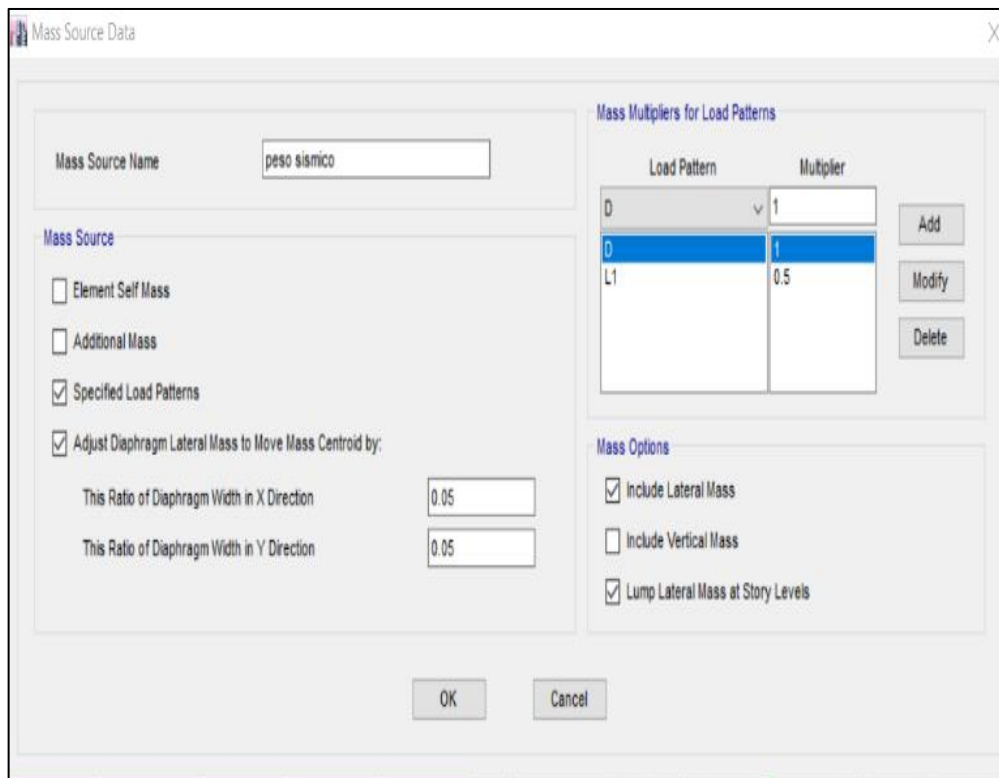
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.5.6 Definición del Peso Sísmico.

La Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones establece que “el peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente un porcentaje de la carga viva o sobrecarga, debido a que la edificación analizada es una institución educativa en la Norma E.030 establece que para edificaciones de la categoría A y B, se toma el 50% de la carga viva”.

Figura 24

Definición del Peso Sísmico



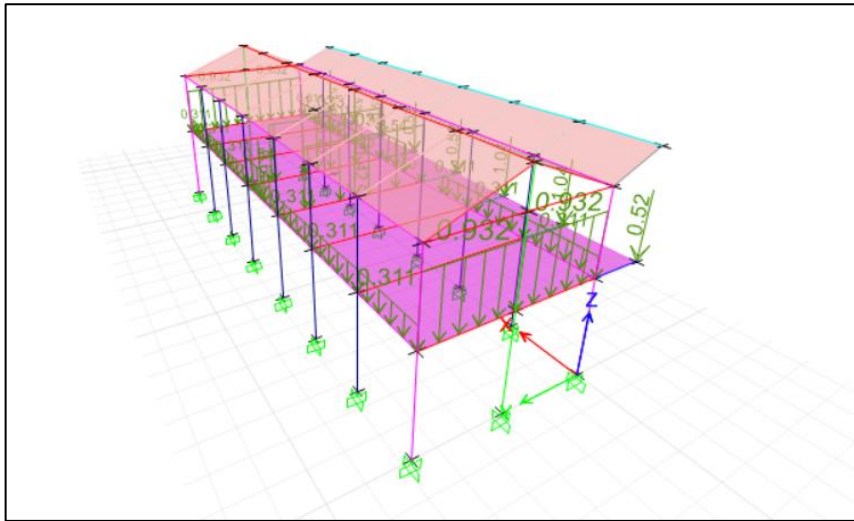
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.5.7 Asignación de Cargas de Cargas al Modelo Aporticado.

De los metrados establecidos en el punto 3.5.4 (metrado de cargas), Mediante el software Etabs se pasa a establecer dichos metrados.

Figura 25

Asignación de Cargas al Modelo Aporticado



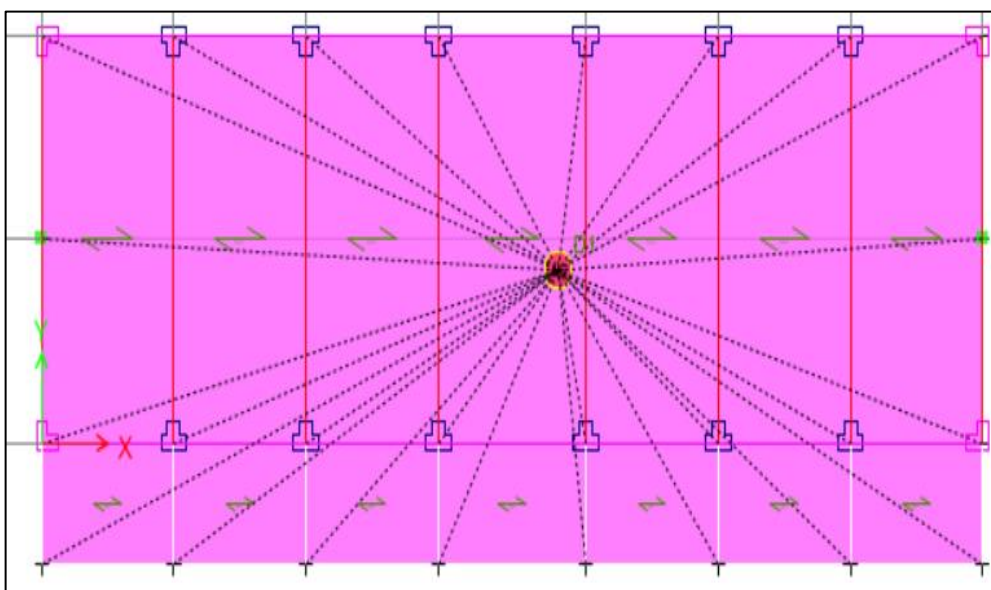
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.5.8 Definición del Diafragma Rígido.

Se considera asignar el diafragma rígido para mantener la unidad de la estructura frente a cargas horizontales de sismo.

Figura 26

Asignación de Diafragma Rígido





3.5.6 Análisis Dinámico Modal Espectral

(Carrascal, 2020) comenta que “el análisis dinámico consiste en determinar los efectos de someter a la estructura a una aceleración en el suelo. Esta aceleración será representada mediante un espectro de aceleraciones (S_a vs T) que será aplicada para cada dirección, según los parámetros sísmicos obtenidos. Se determinará las fuerzas inerciales y desplazamientos máximos en función de los modos y periodos que presente la estructura”.

3.5.7 Asignación del Espectro de Respuesta

Para la asignación del espectro de respuesta, se carga al Etabs un espectro de respuesta de acuerdo al artículo N.º 13 de la Norma E.030 tanto para el sentido en X como en el sentido Y , donde se establecen los siguientes factores:

$$\text{Factor de zona (Z)} = 0.25$$

$$\text{Factor de uso (U)} = 1.50$$

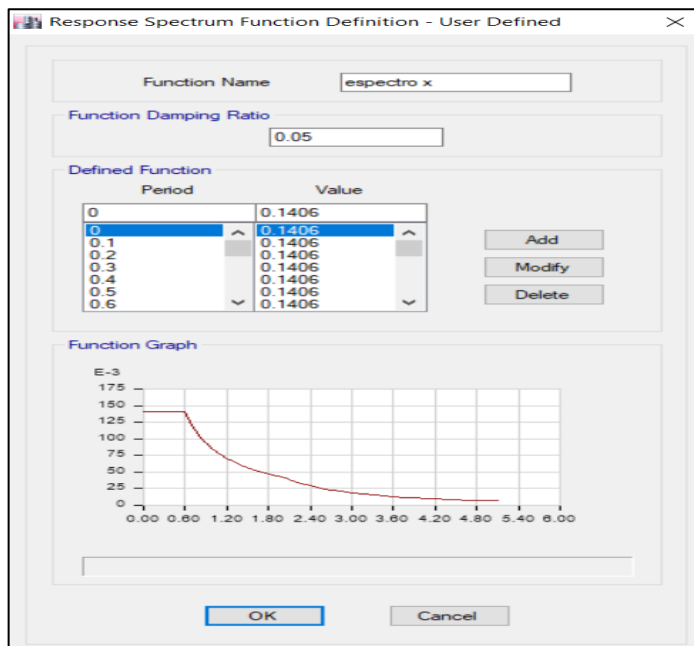
$$\text{Factor de reducción (R}_0\text{)} = 8$$

$$\text{Periodo (T}_p\text{)} = 0.6$$

$$\text{Periodo (T}_L\text{)} = 2$$

Figura 27

Asignación del Espectro de Respuesta



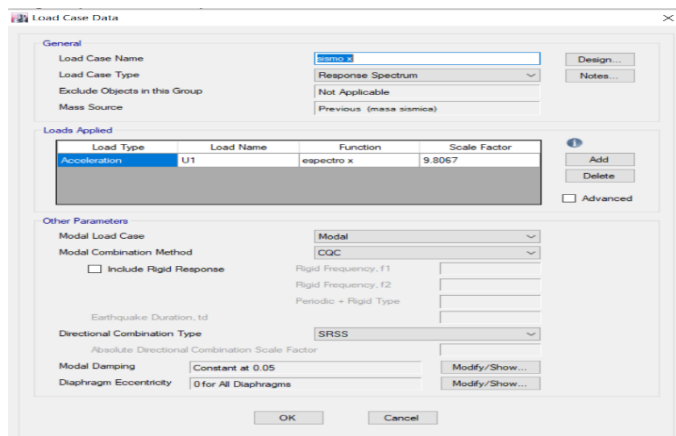
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.8 Asignación del Tipo de Carga del Espectro

Para la asignación del tipo de carga del espectro, también se considerará en la dirección X como en la dirección Y.

Figura 28

Asignación del Espectro de Respuesta



Una vez realizado la asignación del espectro de respuesta se obtiene el periodo de vibración de la edificación ($T= 0.342$).

3.5.9 Cálculo de las Irregularidades (I_a , I_p)

De acuerdo a la Norma E.030 mediante el Art. 20, establece las irregularidades en planta y las irregularidades en altura. Que serán necesarias obtenerlas para poder calcular el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R).

3.5.9.1 Irregularidad en Altura (I_a).

3.5.9.1.1 Irregularidad de Piso Blando.

Se determina cuando las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

Tabla 9

Irregularidad de Piso Blando

Nivel	Δ/L		X	Y
	Kx	Ky	$D_i/D_{i+1} < 0.7$	$D_i/D_{i+1} < 0.7$
2	7577.03	5723.73		
1	17138.13	12928.53	2.26 => Reg.	2.26=> Reg.

De acuerdo a los cálculos realizados se obtiene que no presenta irregularidad de piso blando.

3.5.9.1.2 Irregularidad de piso débil.

Esta irregularidad se presenta cuando la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior al 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 10*Irregularidad de Piso Débil*

Nivel	Cortante (tonf)		$V_i/V_{i+1} < 0.8$	
	V _x	V _y	X	Y
2	10.96	10.39		
1	59.55	55.59	0.18=> Irreg.	0.19=> Irreg.

De acuerdo a los cálculos realizados se determina que presenta irregularidad por piso blando afectado por un factor de 0.75

3.5.9.1.3 Irregularidad Extrema Rigidez.

Esta se considera cuando en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60 % de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 70 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores.

Tabla 11*Irregularidad Extrema Rigidez*

X	Y
$D_i/D_{i+1} < 0.6$	$D_i/D_{i+1} < 0.6$
2.26 => Reg.	2.26=> Reg.

De acuerdo a los resultados obtenidos se considera que no presenta irregularidad de extrema rigidez

3.5.9.1.4 Irregularidad Extrema Resistencia.

Esta irregularidad se considera cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 12

Irregularidad Extrema Resistencia

Nivel	Cortante (tonf)		Vi/Vi+1 < 0.65	
	Vx	Vy	X	Y
2	10.96	10.39		
1	59.55	55.59	0.18=> Irreg	0.18 => Irreg

De acuerdo a los resultados obtenidos presenta irregularidad de extrema resistencia por lo que contempla un factor de 0.5

3.5.9.1.5 Irregularidad de Masa o Peso.

Esta irregularidad se presenta cuando el peso de un piso, es mayor que 1.5 veces el peso un piso adyacente.

Tabla 13

Irregularidad de Masa o Peso

Peso	Verificación
Ton-f	Wi/Wi+1 < 1.5
183.8	
322.5	1.80 =>Irreg

De acuerdo a los cálculos realizados presenta una irregularidad de masa o peso con un factor de irregularidad de 0.9.

3.5.9.2 Irregularidad en planta (I_p).

3.5.9.2.1 Irregularidad Torsional.

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).

Tabla 14

Irregularidad Torsional

Nivel	D máx. (cm)		D min (cm)		TORSIONAL ($D_i/D_i > 1.3$) (cm)	
	x	y	x	y	X	Y
2	0.1418	0.21	0.135	0.128	1.02 =>Reg	1.24 =>Reg
1	0.333	0.47	0.303	0.256	1.05 =>Reg	1.30 =>Irreg

Conforme a los resultados obtenidos se tiene que en el sentido x no presenta irregularidad torsional, pero contrario a ello si presenta irregularidad torsional en el sentido y, donde se considera un factor de irregularidad de 0.75.

3.5.9.2.2 Irregularidad Torsional Extrema.

“Se considera que existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esta dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom})” (Norma E.030, 2018).

Tabla 15*Irregularidad Torsional Extrema*

NIVEL	D máx. (cm)		D min (cm)		Tor. Extrema (Di/Di cm >1.5)	
	x	y	x	y	X	Y
2	0.1418	0.21	0.135	0.128	1.02 =>Reg	1.24 =>Reg
1	0.333	0.47	0.303	0.256	1.05 =>Reg	1.30 =>Reg

De acuerdo a los resultados obtenidos no presenta irregularidad de torsión extrema.

3.5.10 Cálculo del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(R)

El coeficiente reducción sísmica se determina como el producto del coeficiente R_o y de los factores de irregularidad en planta y altura obtenidos anteriormente.

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p \quad (3.1)$$

Coeficiente de reducción sísmica en el sentido X:

$$I_a = 0.5, I_p = 1$$

$$R_x = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R_x = (8) (0.5) (1)$$

$$R_x = 4$$

Coeficiente de reducción sísmica en el sentido Y:

$$I_a = 0.5, I_p = 0.75$$

$$R_y = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$



$$R_y = (8) (0.5) (1)$$

$$R_y = 4$$

3.5.11 Fuerza Cortante en la Base

Para calcular la cortante basal, se establece la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (3.2)$$

Donde:

$$\text{Factor de zona (Z)} = 0.25$$

$$\text{Factor de uso (U)} = 1.50$$

$$\text{Coeficiente sísmico (C)} = 2.5$$

$$\text{Factor de suelo (S)} = 0.6$$

$$\text{Coeficiente básico de reducción (R}_x\text{)} = 4$$

$$\text{Coeficiente básico de reducción (R}_y\text{)} = 4$$

$$\text{Peso sísmico (P)} = 506.2 \text{ ton}$$

$$V_x = \frac{(0.25)(1.5)(2.5)(1.20)(506.2)}{4}$$

$$V_x = 142.37 \text{ ton}$$

$$V_y = \frac{(0.25)(1.5)(2.5)(1.20)(506.2)}{4}$$

$$V_y = 142.37 \text{ ton}$$



3.5.12 Corrección del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas(**R**)

Del cálculo de las irregularidades tanto en planta como en altura se obtienen los nuevos valores (**R**) establecido tanto para el sentido en X como en el sentido en Y.

$$\text{Factor de zona (Z)} = 0.25$$

$$\text{Factor de uso(U)} = 1.50$$

$$\text{Coeficiente básico de reducción (R}_x\text{)} = 4$$

$$\text{Coeficiente básico de reducción (R}_y\text{)} = 4$$

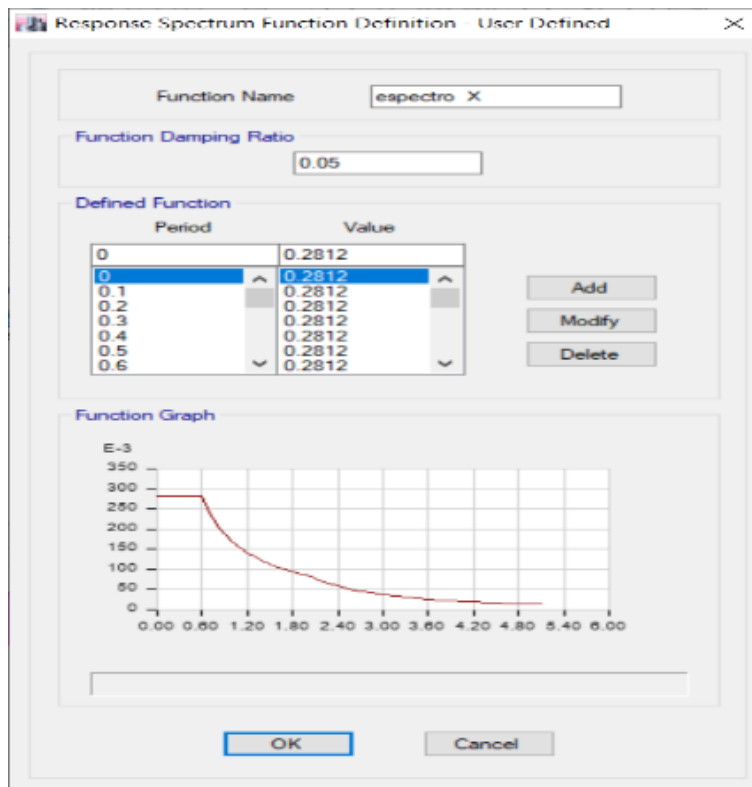
$$\text{Periodo (T}_p\text{)} = 0.6$$

$$\text{Periodo (T}_L\text{)} = 2$$

Con los datos obtenidos se calcula nuevamente el espectro de respuesta en la dirección X dirección Y.

Figura 29

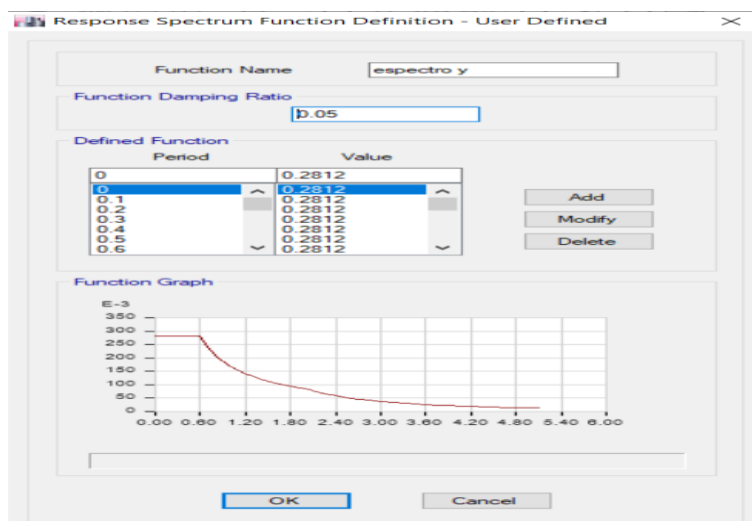
Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección X



Fuente: Adaptado del Etabs 2017

Figura 30

Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección Y



3.5.13 Verificación de las Derivas de Entrepiso

De acuerdo a la Norma E.030 sostiene que los “desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0.75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas”.

Tabla 16

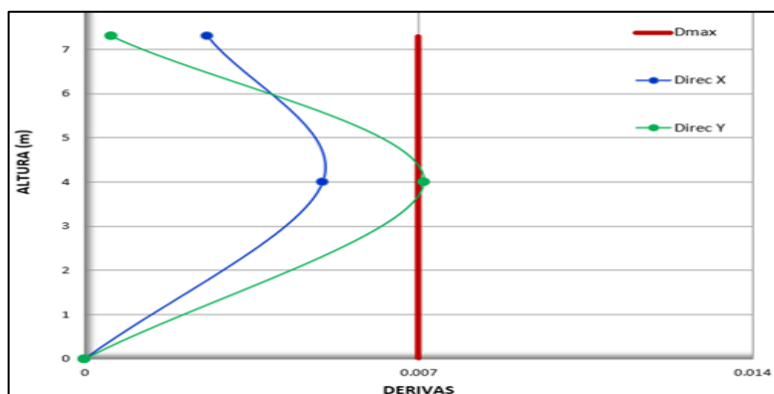
Cálculo de la Deriva en la Dirección X y en la Dirección Y

nive	altura de piso	Desp. Elástico (cm)		Desp. Inelast. (cm)		Desp. Piso (cm)		D/L	
		Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y
1	cm			X					
2	330	0.949	1.01	2.85	3.03	0.850	0.183	0.002	0.000
		5				5	9	6	6
1	400	0.666	0.94	2.00	2.85	1.998	2.846	0.005	0.007
						8	1	0	1

Mediante el siguiente gráfico se representa las derivas de entre piso del sistema estructural aporticado.

Figura 31

Gráfico de las Derivas del Sistema Aporticado





3.5.14 Fuerza Cortante Mínima

De acuerdo a la Norma E.030 indica que, para una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrespacio del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado en el punto 3.5.11.

Verificando las cortantes mediante el análisis dinámico modal espectral se obtuvo que la fuerza cortante en la base en la dirección X es $V_x = 141.03$ ton y en la dirección Y es $V_y = 131.17$ ton, y según la información recaudada en el acápite 3.4.10 la fuerza cortante en la base en la dirección X es $V_x = 142.37$ ton y en la dirección Y es $V_y = 142.37$ ton.

Por lo tanto, no se requiere realizar un escalamiento en ninguna dirección y se consideraría estos valores para el diseño de los elementos estructurales.

3.5.15 Verificación del Diseño de Columnas

Conforme al análisis estructural realizado mediante el software Etabs 2017 se procede a verificar el diseño de los elementos estructurales como vigas y columnas del sistema estructural aporticado.

Figura 32

Columnas del Sistema Estructural Aporticado del Módulo N°04

TIPO	SECCIÓN	ARMADURA	ESTRIBOS	f _c (Kg/cm ²)
C1		8 Ø=3/4"	2Ø=3/8" 1@0.05m + 10@0.10m, Resto. @0.20m, c/ext. c/tramo.	210
C2		8 Ø=3/4" + 4 Ø=1/2"	2Ø=3/8" 1@0.05m + 10@0.10m, Resto. @0.20m, c/ext. c/tramo.	210
C3		4 Ø=3/4"	Ø=3/8" 1@0.05m + 10@0.10m, Resto. @0.20m, c/ext. c/tramo.	210
C4		4 Ø=3/8"	Ø=1/4" 1@0.05m + 2@0.10m, Resto. @0.20m, c/ext. c/tramo.	210
CA		4 Ø=3/8"	Ø=1/4" 1@0.05m + 2@0.10m, Resto. @0.20m, c/ext. c/tramo.	210

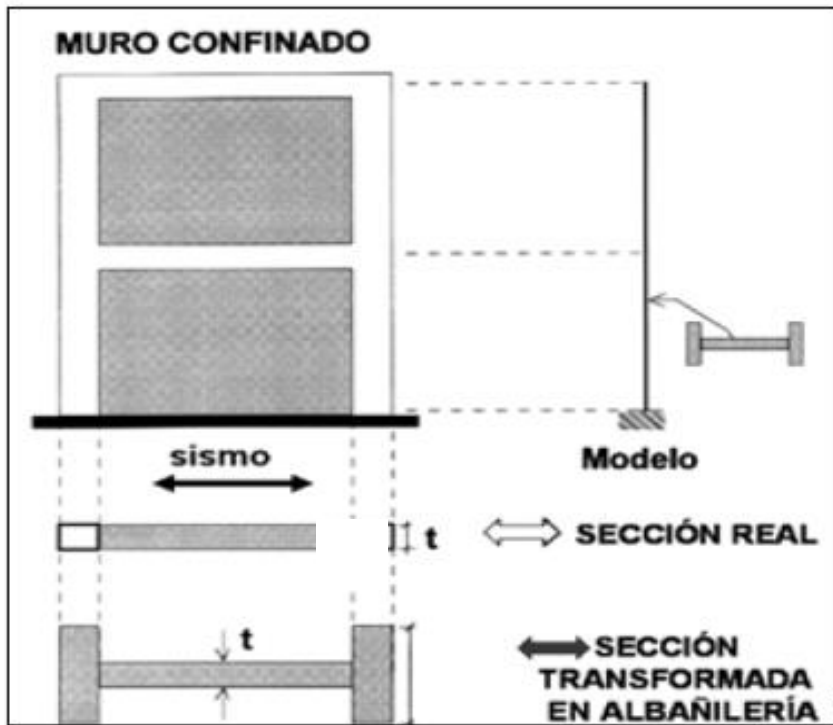
3.5.16 Análisis del Sistema Estructural Mixto

Según (San Bartolome et al., 2018), “cada pórtico está compuesto por una serie de barras (muros, columnas y vigas dintel) deformables por flexión, fuerza cortante y carga axial. Cada barra tiene su módulo de elasticidad (E_m o E_c) y módulo de corte (G_m o G_c), y para considerar el efecto del proceso constructivo en la albañilería confinada, se recurre al criterio de la sección transformada, multiplicando el espesor real de la columna por la relación de módulos de elasticidad (E_c/E_m), manteniendo constante el peralte de

la columna (Fig. 27), con lo cual, el muro presenta las propiedades del material predominante (albañilería)”.

Figura 33

Columnas en Elementos Equivalentes de Albañilería



Fuente: (San Bartolome et al., 2018)

3.5.17 Criterio de la Sección Transformada

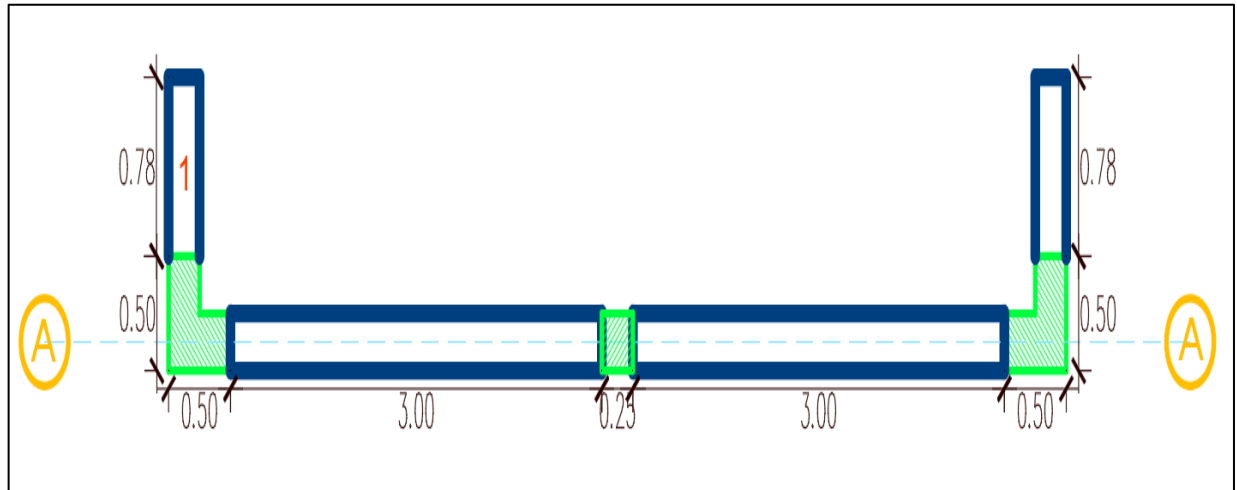
de acuerdo al proceso constructivo del módulo N.º 04 se observó que en el eje A-A y en el eje H-H se construyeron muros de albañilería confinada por lo que en la dirección X quedaría como un sistema estructural aporticado y la dirección Y quedaría como un sistema estructural de albañilería confinada, para poder modelar el sistema estructural en la dirección Y, se procede a desarrollar el criterio de la sección transformada el en el eje A-A y H-H.

3.5.17.1 Sección Transformada en el Eje A-A y en el Eje H-H

Se grafica la sección del muro y las columnas de confinamiento del eje A-A para los cálculos respectivos de la sección transformada.

Figura 34

Muros Confinados en el eje A-A



Por definición se tiene que:

$$E_c = 15000 * \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2 \quad (3.3)$$

$$n = \frac{E_c}{E_m} \quad (3.4)$$

Donde:

$$E_m = 500 * (f'm) \text{ kg/cm}^2 \quad (3.5)$$

E_c = Módulo de elasticidad del concreto

E_m = Módulo de elasticidad del muro de albañilería

Sección transformada = n.t;

Donde:

t = ancho efectivo



- Para la sección 2:

$$n = \frac{E_c}{E_m} = \frac{15000 * \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2}{500 * (f'm) \text{ kg/cm}^2} = = \frac{15000 * \sqrt{210} \text{ kg/cm}^2}{500 * (65) \text{ kg/cm}^2}$$

$$n = 6.69$$

$$n.t = (6.69) (0.50) = 3.35 \text{ m}$$

- Para la sección 3:

$$n.t = (6.69) (0.25) = 1.67 \text{ m}$$

- Para la sección 5

$$n.t = (6.69) (0.25) = 1.67 \text{ m}$$

- Para la sección 6

$$n.t = (6.69) (0.25) = 1.67 \text{ m}$$

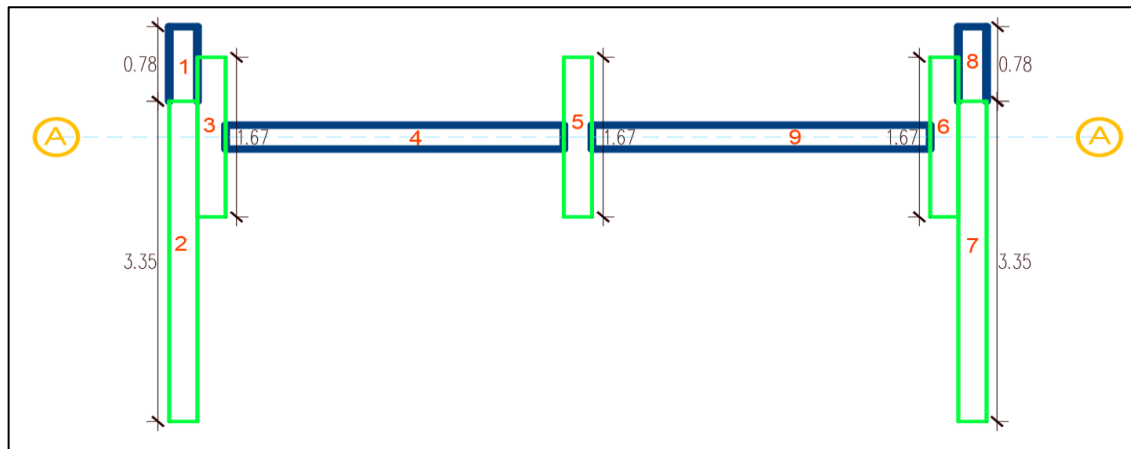
- Para la sección 7 se tiene:

$$n.t = (6.69) (0.50) = 3.35 \text{ m}$$

De los cálculos realizados se obtiene la sección transformada considerando que el mismo será del material predominante (muro de albañilería).

Figura 35

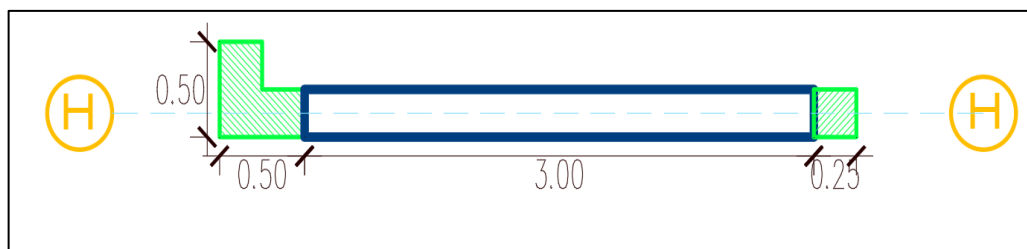
Visualización de la Sección Transformada en el eje A-A



Se grafica la sección del muro y las columnas de confinamiento del eje H-H para los cálculos respectivos de la sección transformada. Donde las secciones que se aplicó el método de la sección transformada comprenden la sección 2,3,5,6,7. Dichas secciones representan secciones conformadas por elementos de concreto armado, por lo que se transformaron en elementos de albañilería, para que la edificación pueda analizarse con un solo tipo de material.

Figura 36

Muros Confinados en el eje H-H



Por definición se tiene que:

- Para la sección 1:

$$n = \frac{E_c}{E_m} = \frac{15000 \cdot \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2}{500 \cdot (f'm) \text{ kg/cm}^2} = \frac{15000 \cdot \sqrt{210} \text{ kg/cm}^2}{500 \cdot (65) \text{ kg/cm}^2}$$

$$n = 6.69$$

$$n \cdot t = (6.69) (0.50) = 3.35 \text{ m}$$

- Para la sección 2:

$$n \cdot t = (6.69) (0.25) = 1.67 \text{ m}$$

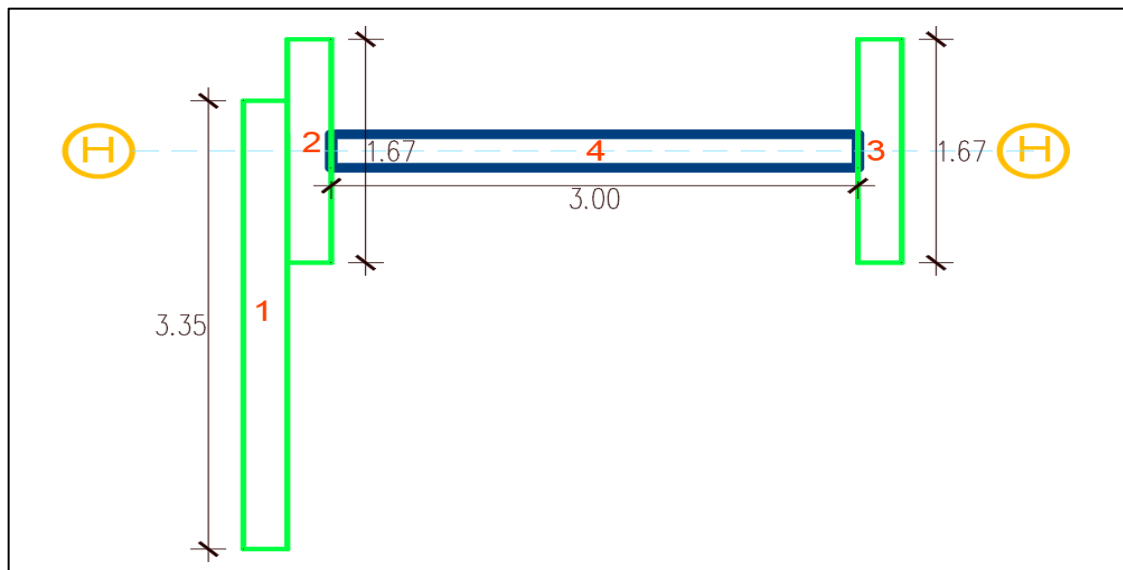
- Para la sección 3:

$$n \cdot t = (6.69) (0.25) = 1.67 \text{ m}$$

De los cálculos realizados se obtiene la sección transformada considerando que el mismo será del material predominante (muro de albañilería).

Figura 37

Visualización de la Sección Transformada en el eje H-H



3.5.18 Centro de Gravedad y Momento de Inercia de los Muros

Obtenida la sección transformada se procede a calcular el centro de gravedad de la misma en la dirección X y en la dirección Y.

- Centro de gravedad respecto a la dirección Y para el muro en el eje A-A:



$$C.G. = \frac{\sum Y_i A_i}{\sum A_i} \quad (3.6)$$

$$C.G. = 3.5 \text{ m}$$

- Centro de gravedad respecto a la dirección X para el muro en el eje A-A:

$$C.G. = \frac{\sum X_i A_i}{\sum A_i} \quad (3.7)$$

$$C.G. = -0.40 \text{ m}$$

- El momento de inercia está definido por $I = I_o + Ad^2$

El momento de inercia para el muro en la dirección A-A está considerado de acuerdo al eje X:

$$I_X = I_o + Ad^2 \quad (3.8)$$

$$I_X = 19.74 \text{ m}^4$$

- Centro de gravedad respecto a la dirección Y para el muro en el eje H-H:

$$C.G. = \frac{\sum Y_i A_i}{\sum A_i}$$

$$C.G. = 1.23 \text{ m}$$

- Centro de gravedad respecto a la dirección X para el muro en el eje H-H:

$$C.G. = \frac{\sum X_i A_i}{\sum A_i}$$

$$C.G. = -0.40 \text{ m}$$

- El momento de inercia está definido por $I = I_o + Ad^2$

El momento de inercia para el muro en la dirección H-H está considerado de acuerdo al eje X:

$$I_x = I_o + Ad^2$$

$$I_x = 4.07 \text{ m}^4$$

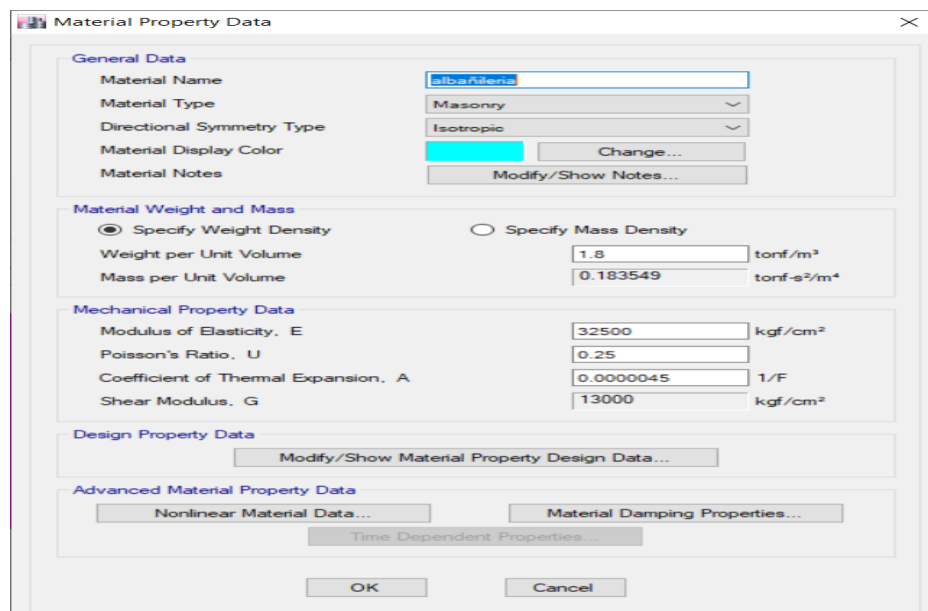
3.5.19 Modelamiento del Sistema Estructural Mixto.

3.5.19.1 Definición de Materiales.

Definida la configuración inicial del software Etabs, como la inicialización del modelo, así como la definición de las grillas de acuerdo a los planos, se procede poner las características de los materiales para el sistema estructural mixto. Tal es el caso de materiales como el concreto, el acero y de las unidades de albañilería (Figura 38).

Figura 38

Definición del Material de la Unidad de Albañilería



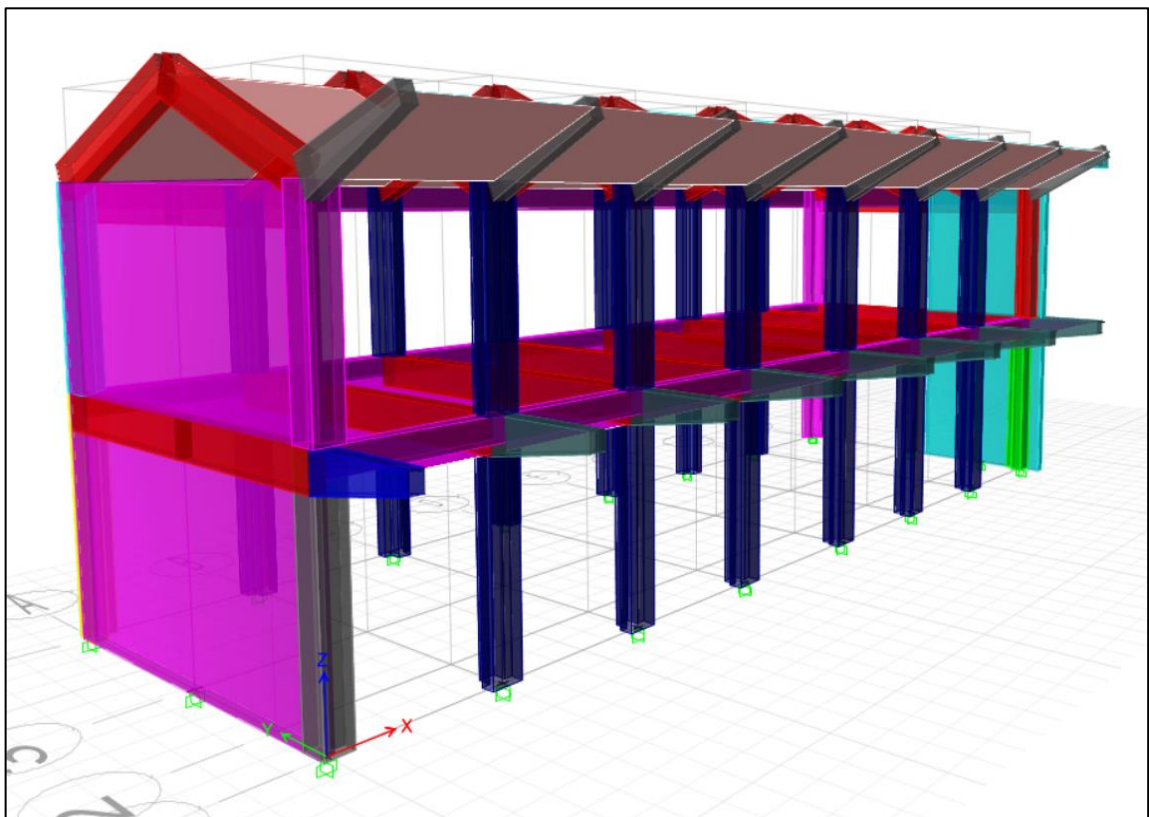
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.19.2 Modelado del Sistema Estructural Mixto.

Consideradas las secciones de los elementos viga, columna y albañilería, así como de la losa aligerada, se realiza el modelamiento del sistema estructural mixto, en donde se visualiza que se ha añadido los muros de albañilería confinada en el eje A-A y en el eje H-H.

Figura 39

Modelado del Módulo N.º 04 como Sistema Estructural Mixto



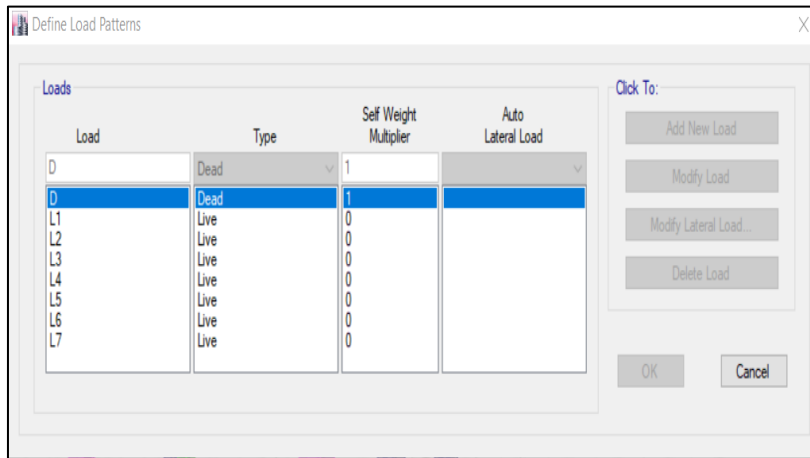
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.19.3 Definición de los Patrones de Carga.

Para los patrones de carga se consideró como “D” la carga muerta y como “L” la carga viva de la edificación al igual que el sistema estructural aperticado, pero con la contribución de los muros de albañilería confinada.

Figura 40

Definición de los Patrones de Carga para el Sistema Estructural Mixto.



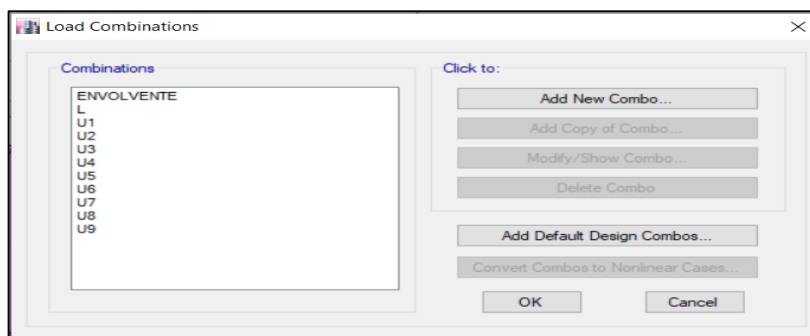
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.19.4 Definición de las Combinaciones de Carga.

Siguiendo los mismos criterios del sistema estructural aporricado se procede a realizar las combinaciones de carga del sistema estructural mixto.

Figura 41

Definición de las Combinaciones de Carga

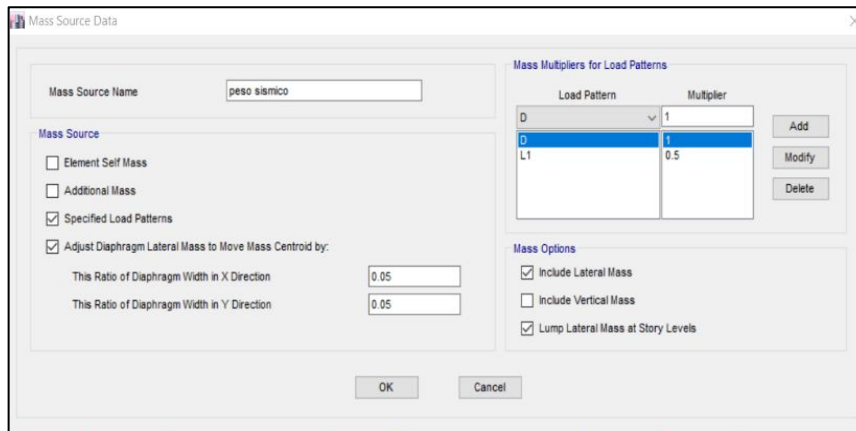


3.5.19.5 Definición del Peso Sísmico.

Siguiendo los lineamientos de La Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones establece que el peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente un porcentaje de la carga viva o sobrecarga, lo cual es asignado al sistema estructural mixto.

Figura 42

Definición del Peso Sísmico



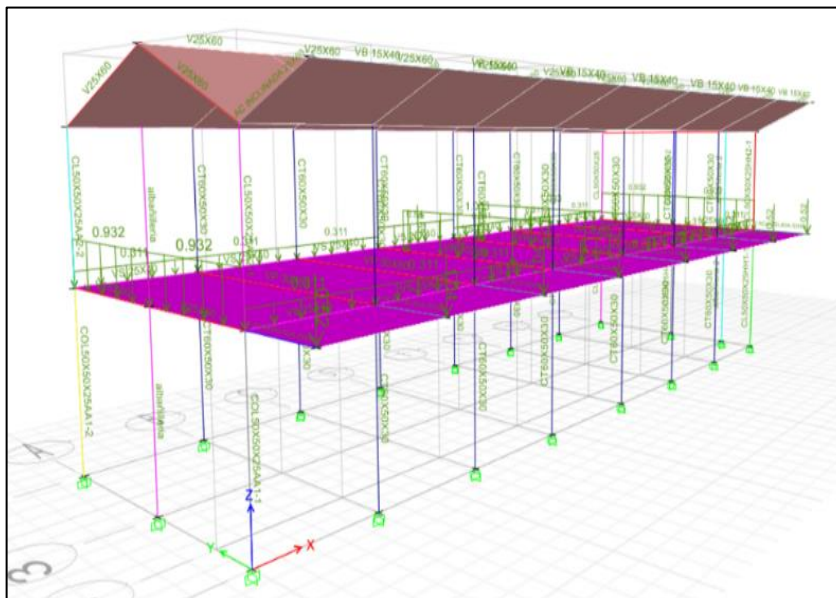
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.19.6 Asignación de Cargas de Cargas al Sistema Estructural Mixto.

Considerando los criterios para el sistema estructural aporticado se procede a asignar las cargas al sistema estructural mixto.

Figura 43

Asignación de Cargas al Modelo Estructural Mixto



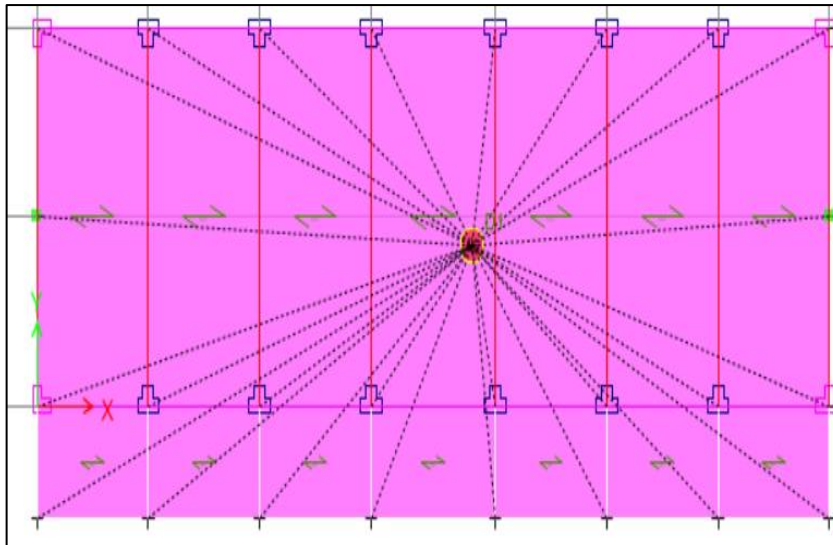
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.19.7 Definición del Diafragma Rígido.

se considera asignar el diafragma rígido para mantener la unidad de la estructura frente a cargas horizontales de sismo.

Figura 44

Asignación de Diafragma Rígido al Modelo Estructural Mixto



3.5.20 Análisis Dinámico Modal Espectral

3.5.21 Asignación del Espectro de Respuesta.

Para la asignación del espectro de respuesta, para mayor fiabilidad del cálculo se carga al Etabs un espectro de respuesta de acuerdo al artículo N.º 13 de la Norma E.030 tanto para la dirección X como en la dirección Y, donde se establecen los siguientes factores:

- Para la dirección X (sistema estructural aporticado):

Factor de zona (**Z**) = 0.25

Factor de uso(**U**) = 1.50

Factor de reducción (**R₀**) = 8

Periodo (T_P) = 0.6

Periodo (T_L) = 2

f. Para la dirección Y (albañilería confinada):

Factor de zona (Z) = 0.25

Factor de uso (U) = 1.50

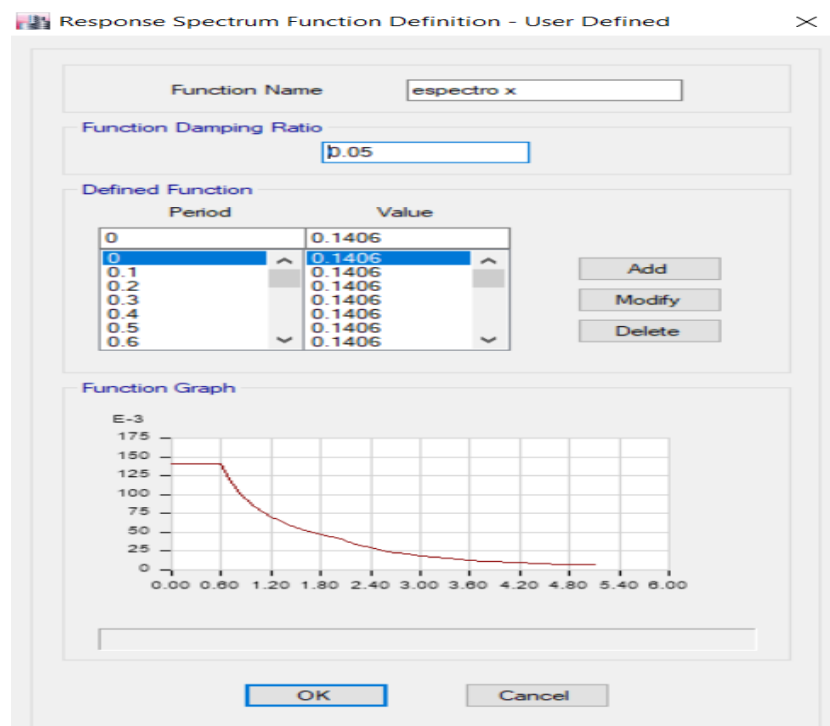
Factor de reducción (R_0) = 3

Periodo (T_P) = 0.6

Periodo (T_L) = 2

Figura 45

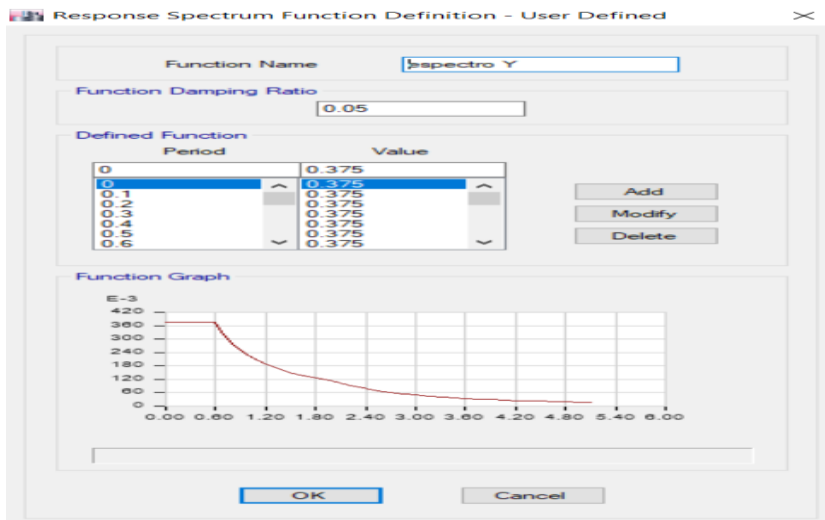
Asignación del Espectro de Respuesta en la Dirección X



Fuente: Adaptado del Etabs 2017

Figura 46

Asignación del Espectro de Respuesta en la Dirección Y



Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.22 Asignación del Tipo de Carga del Espectro.

Para la asignación del tipo de carga del espectro, se considerará en la dirección aporricada (X) como en la dirección (Y).

Figura 47

Espectro de Respuesta en la Dirección X(aporricado)

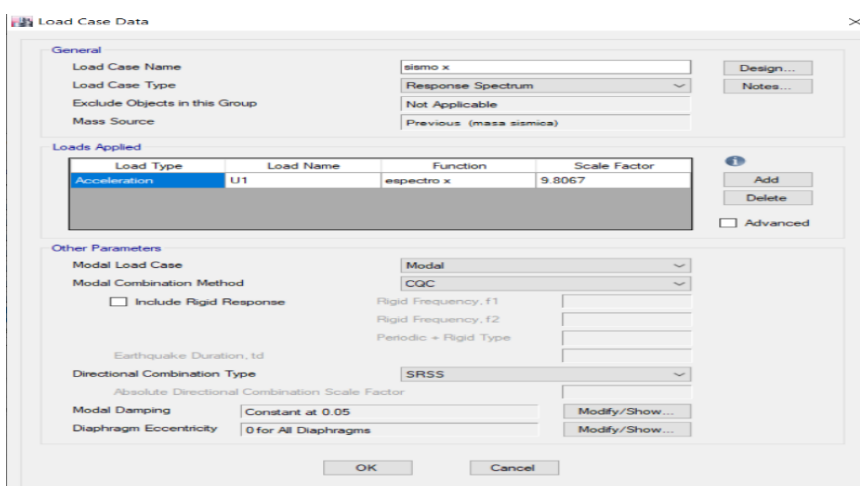
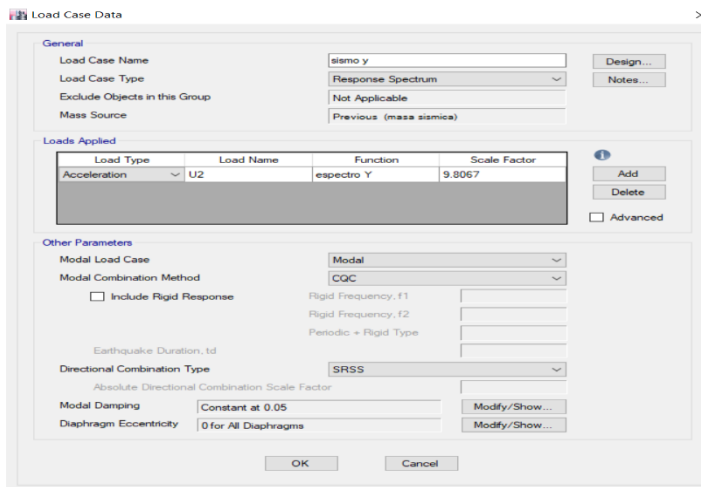


Figura 48

Espectro de Respuesta en la Dirección Y (albañilería confinada)



Fuente: Adaptado del Etabs 2017

Realizado la asignación del espectro de respuesta se obtiene el periodo de vibración de la edificación mixta ($T= 0.331$).

3.5.23 Cálculo de las Irregularidades (I_a , I_p)

Tomando en cuenta los criterios para el sistema estructural mixto, se procede a realizar el cálculo de las irregularidades para el sistema estructural mixto. Que serán necesarias para poder calcular el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R).

3.5.23.1 Irregularidad en Altura (I_a).

3.5.23.1.1 Irregularidad de Piso Blando.

Se determina cuando las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

Tabla 17*Irregularidad de Piso Blando*

nivel	Δ/L		x	y
	Kx	Ky	$D_i/D_{i+1} < 0.7$	$D_i/D_{i+1} < 0.7$
2	7620.30	32305.94		
1	18614.22	165559.69	2.44 => Reg.	5.12 => Reg.

Conforme a los cálculos realizados se obtiene que no contempla irregularidad de piso blando.

3.5.23.1.2 Irregularidad de Piso Débil.

Esta irregularidad se presenta cuando la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior al 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 18*Irregularidad de Piso Débil*

nivel	Cortante (tonf)		$V_i/V_{i+1} < 0.8$	
	Vx	Vy	X	Y
2	12.27	36.64		
1	64.90	128.53	0.19=> Irreg.	0.27=> Irreg.

De acuerdo a los cálculos realizados se determina que presenta irregularidad por piso blando afectado por un factor de **0.75**

3.5.23.1.3 Irregularidad Extrema Rigidez.

“Esta se considera cuando en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60 % de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 70 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores.”(Norma E.030, 2018).

Tabla 19

Irregularidad Extrema Rigidez

X	Y
$D_i/D_{i+1} < 0.6$	$D_i/D_{i+1} < 0.6$
2.44 => Reg.	5.12=> Reg.

Conforme a los resultados obtenidos se considera que no presenta irregularidad de extrema rigidez.

3.5.23.1.4 Irregularidad Extrema Resistencia.

Esta irregularidad se considera cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 20

Irregularidad Extrema Resistencia

Nivel	Cortante (tonf)		$V_i/V_{i+1} < 0.65$	
	V _x	V _y	X	Y
2	12.27	34.64		
1	64.90	128.53	0.19=> Irreg	0.27 => Irreg

De acuerdo a los resultados obtenidos presenta irregularidad de extrema resistencia por lo que contempla un factor de 0.5.

3.5.23.1.5 Irregularidad de Masa o Peso.

Esta irregularidad se presenta cuando el peso de un piso, es mayor que 1.5 veces el peso un piso adyacente.

Tabla 21

Irregularidad de Masa o Peso

MASA O PESO	
Peso	Verificación
Tonf	$W_i/W_{i+1} < 1.5$
198.98	
341.53	1.72 =>Irreg

De acuerdo a los cálculos realizados presenta una irregularidad de masa o peso con un factor de irregularidad de 0.9.

3.5.23.2 Irregularidad en Planta (Ip).

3.5.23.2.1 Irregularidad Torsional.

“Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio(Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga(Δ_{prom})”.(Norma E.030, 2018).

Tabla 22

Irregularidad Torsional

Nivel	D máx. (cm)		D min (cm)		Torsional (Di/DiCM >1.3)	
	x	y	x	y	X	Y
2	0.1673	0.17	0.5178	0.040	0.49=>Reg	1.62=>Irreg
1	0.352	0.13	0.3517	0.017	1.00 =>Reg	1.77 =>Irreg

Conforme a los cálculos desarrollados se obtuvo que en la dirección x no presenta irregularidad torsional, pero contrario a ello si contempla irregularidad torsional en la dirección y, por lo tanto, por criterio se considera un factor de irregularidad de 0.75.

3.5.23.2 Irregularidad Torsional Extrema.

“Se considera que existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio(Δ_{max}) en esta dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga(Δ_{prom})”.(Norma E.030, 2018).

Tabla 23

Irregularidad Torsional Extrema

Nivel	D máx. (cm)		D min (cm)		Tor. Extrema (Di/DiCM >1.5)	
	x	y	x	y	X	Y
2	0.1673	0.17	0.5178	0.040	0.49 =>Reg	1.62 =>Irreg
1	0.352	0.13	0.3517	0.017	1.00 =>Reg	1.77=>Irreg



De acuerdo a los resultados obtenidos no cuenta con irregularidad de torsión extrema en la dirección X. mientras que en la dirección Y si presenta irregularidad de torsión extrema.

3.5.24 Cálculo del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(R)

El coeficiente reducción sísmica se determina como el producto del coeficiente R_o y de los factores de irregularidad en planta y altura obtenidos anteriormente.

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p \quad (3.9)$$

Coeficiente de reducción sísmica en la dirección X:

$$I_a = 0.5, I_p = 1$$

$$R_x = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R_x = (8) (0.5) (1)$$

$$R_x = 4$$

Coeficiente de reducción sísmica en la dirección Y:

$$I_a = 0.5, I_p = 0.6$$

$$R_y = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R_y = (3) (0.5) (0.6)$$

$$R_y = 0.9$$

3.5.25 Fuerza Cortante en la Base

La Norma E.030 establece la siguiente expresión para el cálculo de la cortante basal:



$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (3.10)$$

Donde:

Factor de zona (Z)	= 0.25
Factor de uso(U)	= 1.50
Coefficiente sísmico (C)	= 2.5
Factor de suelo (S)	= 0.6
Coefficiente básico de reducción (R_x)	= 4
Coefficiente básico de reducción (R_y)	= 0.9
Peso sísmico(P)	= 540.51 ton

Fuerza cortante en la base, dirección X:

$$V_x = \frac{(0.25)(1.5)(2.5)(1.20)(540.51)}{4}$$

$$V_x = 152.01 \text{ ton}$$

Fuerza cortante en la base, dirección Y:

$$V_y = \frac{(0.25)(1.5)(2.5)(1.20)(540.51)}{0.9}$$

$$V_y = 675.64 \text{ ton}$$

3.5.26 Corrección del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(**R**)

Del cálculo de las irregularidades tanto en planta como en altura se obtienen los nuevos valores (**R**) establecido tanto para el sentido en X como en el sentido en Y.

$$\text{Factor de zona (**Z**)} = 0.25$$

$$\text{Factor de uso(**U**)} = 1.50$$

Coefficiente básico de reducción (R_x) = 4

Coefficiente básico de reducción (R_y) = 0.9

Periodo (T_p) = 0.6

Periodo (T_L) = 2

Con los datos obtenidos se calcula nuevamente el espectro de respuesta en la dirección X y en la dirección Y.

Figura 49

Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección X

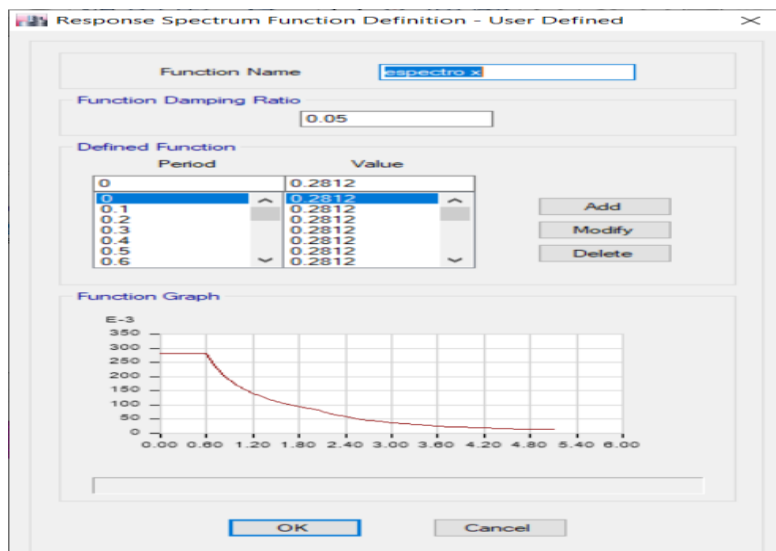
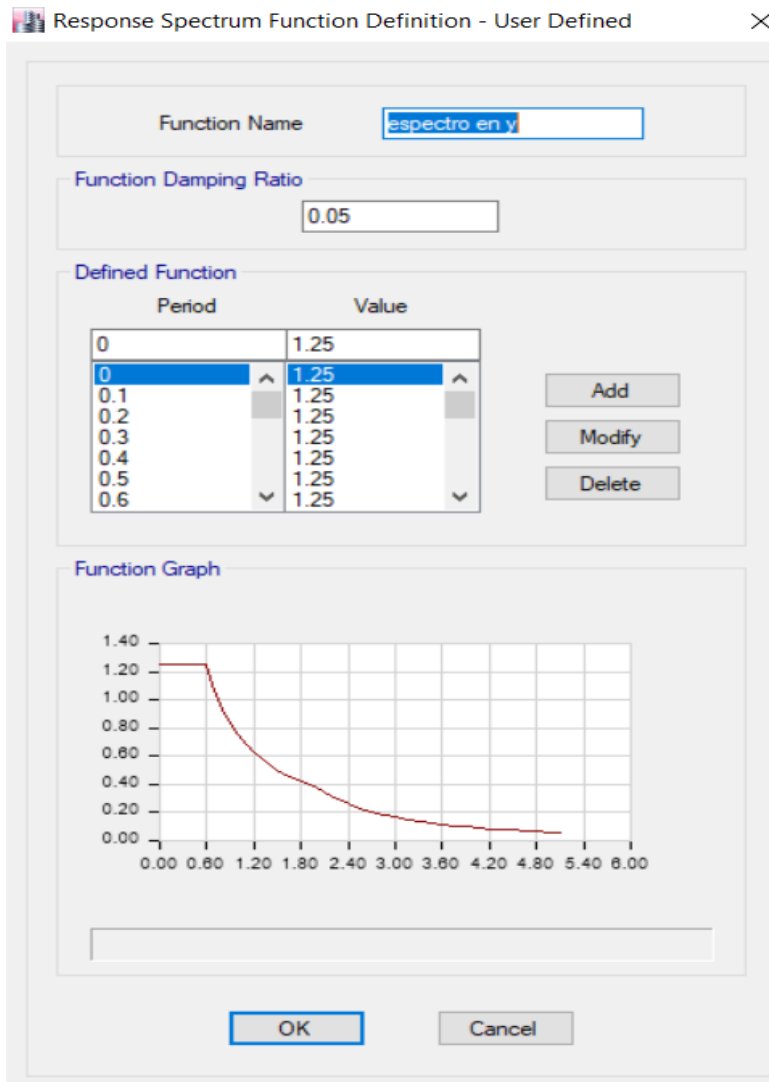


Figura 50

Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección Y



Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.27 Verificación de las Derivas de Entrepiso

De acuerdo a la Norma E.030 sostiene que “los desplazamientos laterales para estructuras regulares se calculan multiplicando por 0.75 R, en caso de estructuras irregulares se calculan multiplicando por 0.8R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas”.

Tabla 24

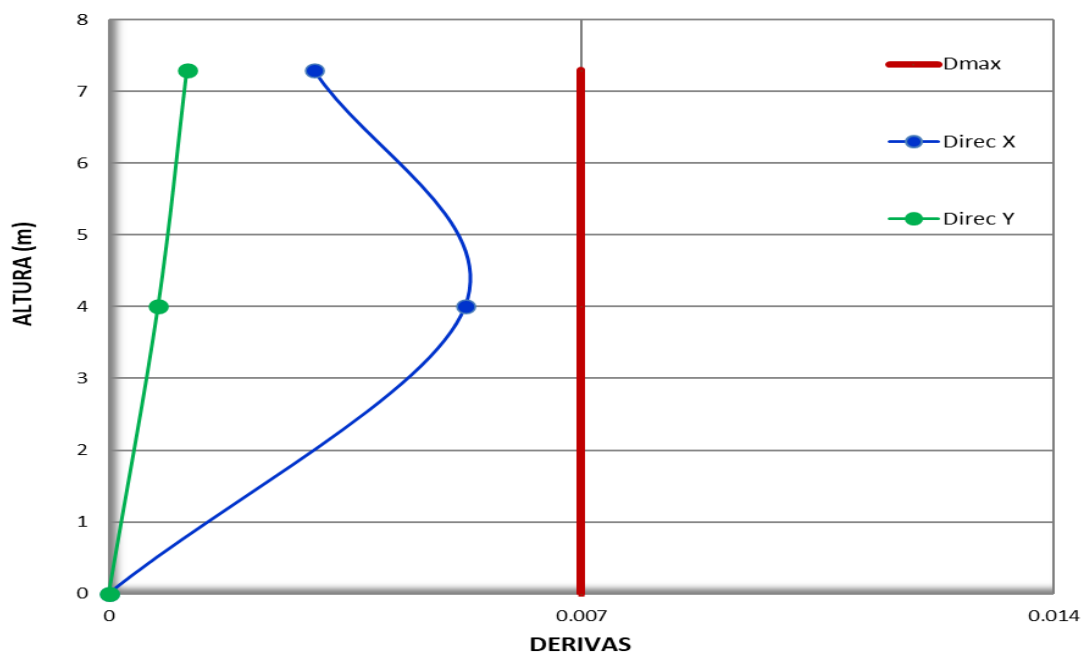
Deriva en la Dirección X y en la Dirección Y del Sistema Mixto

nive l	altura de piso cm	Desp. Elástico (cm)		Desp. Inelast. (cm)		Desp. Piso (cm)		D/L	
		Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y
2	330	1.038	0.010	3.53	0.01	1.138	0.333	0.003	0.001
		7	2			3	4	4	0
1	400	0.703	0.446	2.39	0.34	2.393	0.341	0.006	0.000
		9				3	2	0	9

Mediante el siguiente gráfico se representa las derivas de entre piso del sistema estructural mixto.

Figura 51

Gráfico de las Derivas del Sistema Estructural Mixto

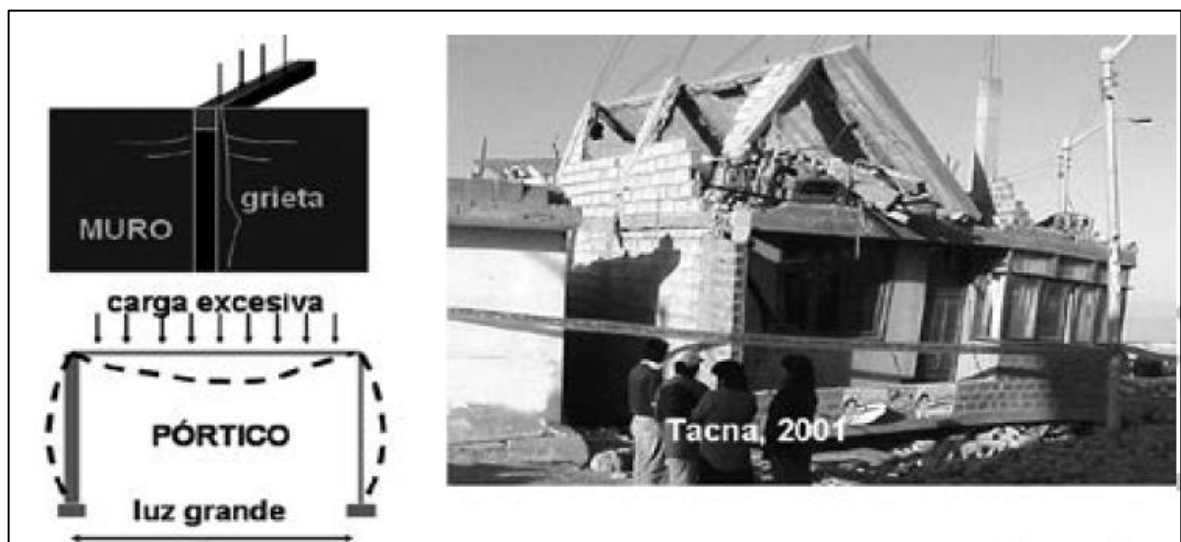


3.5.28 Reforzamiento del Sistema Estructural Mixto

Según (San Bartolome et al., 2018), sostienen que “en caso los pórticos sean muy flexibles, la albañilería no puede seguir su deformada y termina quebrándose (Fig. 45), ya sea por carga vertical o por carga sísmica, la solución a este problema se logra aumentando la sección de las columnas en la dirección aporticada, de tal forma que en esa dirección las derivas sean menores que el valor máximo (0.005) especificado en la Norma E.030”.

Figura 52

Flexibilidad de los Pórticos por Carga Vertical y por Sismo.



Fuente: San Bartolomé, Quiun & Silva (2011)

Teniendo en cuenta el criterio indicado por San Bartolomé, Quiun & Silva. Quienes dos ellos formaron parte del comité técnico para la elaboración de la Norma E.070 de albañilería vigente, se considera en la presente tesis adoptar que la máxima deriva permisible en ambas direcciones debe ser menor a 0.005 en ambas direcciones, indiferentemente que una de las direcciones sea aporticada.

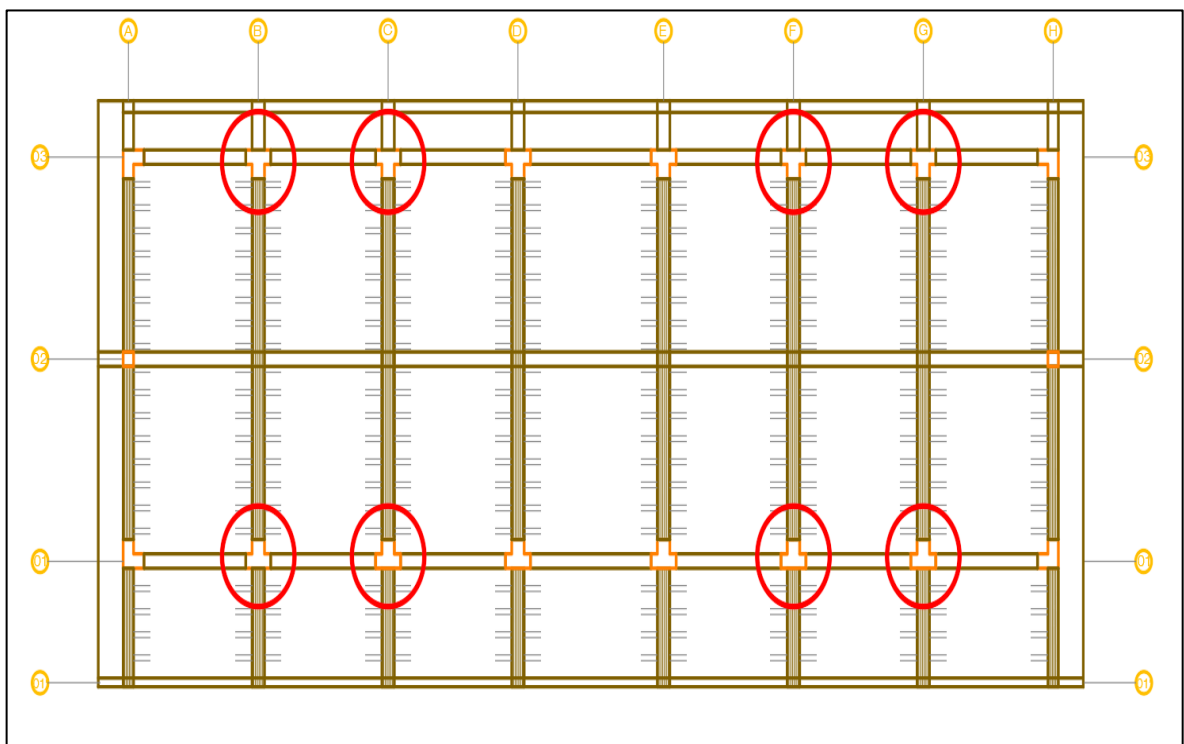
En la presente investigación se tiene que en la dirección X está constituido por el sistema aporticado y en la dirección Y está constituido por muros de albañilería. Como

se indicó en el párrafo anterior, se buscará disminuir las derivas en ambas direcciones logrando cumplir con el criterio indicado por San Bartolomé, Quiun & Silva (deriva máxima de 0.005). En ese sentido mediante el aumento de la rigidez en la dirección X se propone el reforzamiento estructural aumentando la rigidez en los elementos resistentes (columnas). El aumento de la rigidez se logrará proponiendo el ensanchamiento de las columnas en la dirección indicada.

Se procede a realizar el siguiente planteamiento para el reforzamiento de las columnas en la dirección más flexible (dirección X):

Figura 53

Columnas a Reforzar en la Dirección Flexible(X)



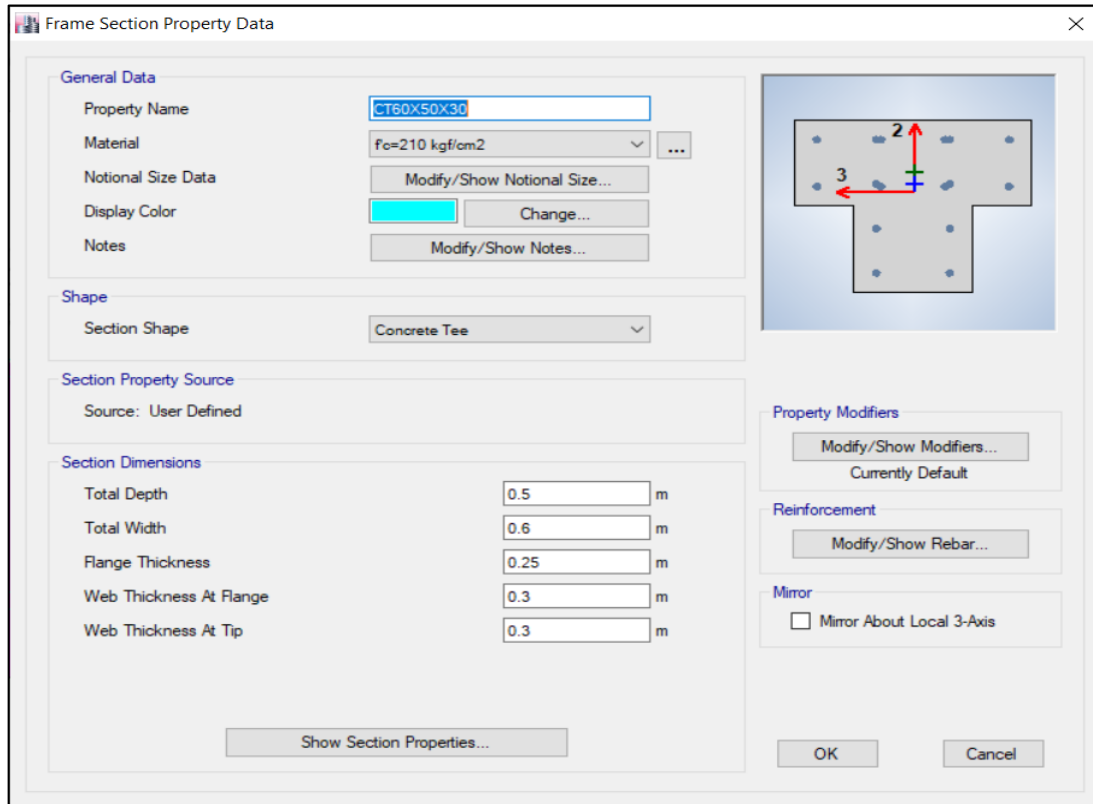
3.5.28.1 Definición de la sección de columna reforzada

Las columnas representadas en la Figura 53, cuenta con columnas en T, donde se ha propuesto el aumento de la sección B, C, F, G exceptuando los ejes D y E las mismas

que serán reforzadas aumentando la sección de las columnas, así como se detalla en la Figura 54

Figura 54

Asignación de Columnas T con Secciones Aumentadas



Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.28.2 Análisis dinámico modal espectral

3.5.28.2.1 Asignación del espectro de respuesta

Para la asignación del espectro de respuesta, se analizará en la dirección X así como en la dirección Y, donde se establecen los siguientes factores:

- Para la dirección X (sistema aporricado con columnas reforzadas):

Factor de zona (**Z**) = 0.25

Factor de uso(**U**) = 1.50

Factor de reducción (R_0) = 8

Periodo (T_P) = 0.6

Periodo (T_L) = 2

g. Para la dirección Y (albañilería confinada):

Factor de zona (Z) = 0.25

Factor de uso (U) = 1.50

Factor de reducción (R_0) = 3

Periodo (T_P) = 0.6

Periodo (T_L) = 2

Figura 55

Asignación del Espectro de Respuesta en la Dirección X

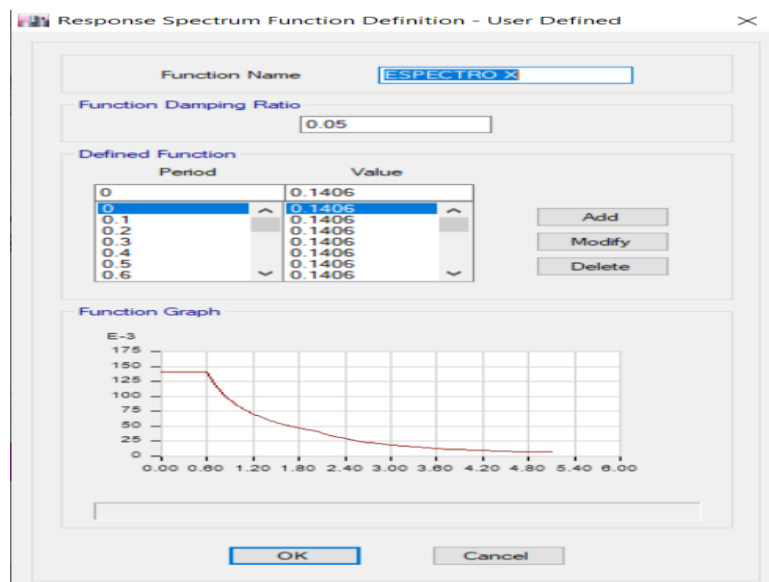
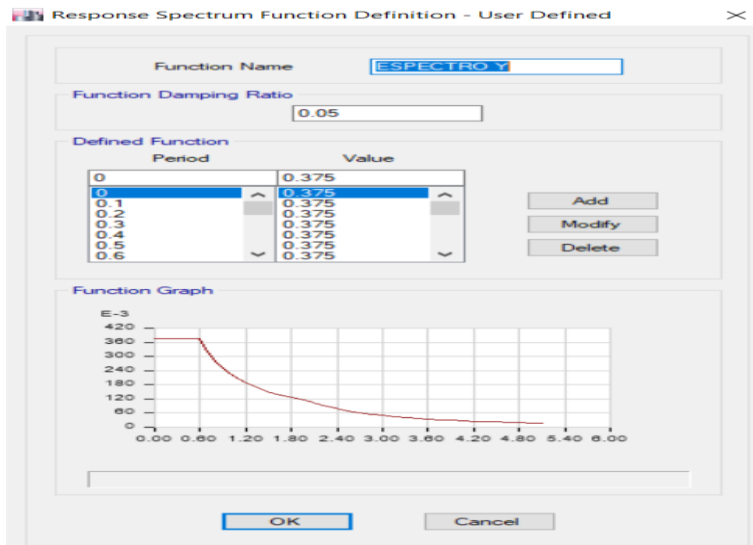


Figura 56

Asignación del Espectro de Respuesta en la Dirección Y



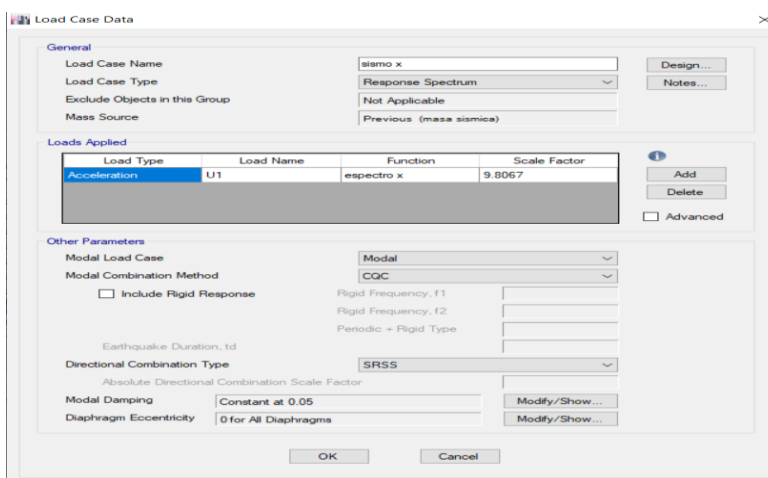
Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.28.3 Asignación del tipo de carga del espectro

Para la asignación del tipo de carga del espectro, se considerará en la dirección aporticada (X) como en la dirección (Y).

Figura 57

Espectro de Respuesta en la Dirección X(aporticado)



Fuente: Adaptado del Etabs 2017

Figura 58

Espectro de Respuesta en la Dirección Y (Albañilería Confinada)

Realizado la asignación del espectro de respuesta se obtiene el periodo de vibración de la edificación mixta ($T= 0.243$).

3.5.29 Cálculo de las Irregularidades (I_a , I_p)

Tomando en cuenta los criterios para el sistema estructural mixto, se procede a realizar el cálculo de las irregularidades para el sistema estructural mixto. Que serán necesarias para poder calcular el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R).

3.5.29.1 Irregularidad en Altura (I_a).

3.5.29.1.1 Irregularidad de Piso Blando.

Se determina cuando las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

Tabla 25*Irregularidad de Piso Blando*

Nivel	Δ/L		x		y	
	Kx	Ky	$D_i/D_{i+1} < 0.7$		$D_i/D_{i+1} < 0.7$	
2	11791.03	32531.3730				
1	36873.2230	168904.24	3.13 => Reg.		5.19 => Reg.	

De acuerdo a los cálculos realizados se obtiene que no presenta irregularidad de piso blando.

3.5.29.1.2 Irregularidad de Piso Débil.

Esta irregularidad se presenta cuando la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior al 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 26*Irregularidad de Piso Débil*

Nivel	Cortante (tonf)		$V_i/V_{i+1} < 0.8$	
	Vx	Vy	X	Y
2	13.52	34.93		
1	65.22	132.28	0.21=> Irreg.	0.26=> Irreg.

De acuerdo a los cálculos realizados se determina que presenta irregularidad por piso blando afectado por un factor de 0.75

3.5.29.1.3 Irregularidad Extrema Rigidez.

Esta se considera cuando en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60 % de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 70 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores.

Tabla 27

Irregularidad Extrema Rigidez

EXTREMA RIGIDEZ	
X	Y
$D_i/D_{i+1} < 0.6$	$D_i/D_{i+1} < 0.6$
2.80 => Reg.	5.15 => Reg.

De acuerdo a los resultados obtenidos se considera que no presenta irregularidad de extrema rigidez.

3.5.29.1.4 Irregularidad Extrema Resistencia.

Esta irregularidad se considera cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 28

Irregularidad Extrema Resistencia

nivel	Cortante (tonf)		$V_i/V_{i+1} < 0.65$	
	V_x	V_y	X	Y
2	19.94	34.78		
1	65.00	130.17	0.21 => Irreg	0.26 => Irreg

De acuerdo a los resultados obtenidos presenta irregularidad de extrema resistencia por lo que contempla un factor de 0.5.

3.5.29.1.5 Irregularidad de Masa o Peso.

Esta irregularidad se presenta cuando el peso de un piso, es mayor que 1.5 veces el peso un piso adyacente.

Tabla 29

Irregularidad de Masa o Peso

Peso	Verificación
Tonf	$W_i/W_{i+1} < 1.5$
206.1	
349.5	1.71 =>Irreg

De acuerdo a los cálculos realizados presenta una irregularidad de masa o peso con un factor de irregularidad de 0.9.

3.5.29.2 Irregularidad en Planta (Ip).

3.5.29.2.1 Irregularidad Torsional.

“Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom})”. (Norma E.030, 2018).

Tabla 30

Irregularidad Torsional

Nivel	D máx. (cm)		D min (cm)		Torsional (Di/DiCM >1.3)	
	x	y	x	y	X	Y
2	0.3987	0.31	0.003	0.0003	1.96 =>Irreg	2 =>Irreg
1	0.2527	0.13	0.253	0.0002	1.00=>Reg	2 =>Irreg

de acuerdo a los cálculos realizados se obtuvo que en la dirección x no presenta irregularidad torsional, pero contrario a ello si presenta irregularidad torsional en la dirección y, por lo tanto, se considera un factor de irregularidad de 0.75.

3.5.29.2.2 Irregularidad Torsional Extrema.

“Se considera que existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esta dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom})”. (Norma E.030, 2018).

Tabla 31

Irregularidad Torsional Extrema

Nivel	D máx. (cm)		D mín (cm)		Tor. Extrema ($D_i/D_{iCM} > 1.5$)	
	x	y	x	y	X	Y
2	0.146	0.175	0.003	0.0003	1.96 =>Irreg	2 =>Irreg
1	0.2527	0.135	0.253	0.0002	1.00 =>Reg	2 =>Irreg

De acuerdo a los resultados obtenidos no presenta irregularidad de torsión extrema en la dirección X. mientras que en la dirección Y, si manifiesta irregularidad de torsión extrema. Con un factor de irregularidad extrema de 0.60.

3.5.30 Cálculo del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(R)

El coeficiente reducción sísmica se determina como el producto del coeficiente R_o y de los factores de irregularidad en planta y altura obtenidos anteriormente.

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p \quad (3.11)$$

Coeficiente de reducción sísmica en la dirección X:

$$I_a = 0.5, I_p = 1$$

$$R_x = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$



$$R_x = (8) (0.5) (1)$$

$$R_x = 4$$

Coefficiente de reducción sísmica en la dirección Y:

$$I_a = 0.5, I_p = 0.6$$

$$R_y = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R_y = (3) (0.5) (0.6)$$

$$R_y = 0.9$$

3.5.31 Fuerza Cortante en la Base

La Norma E.030 establece la siguiente expresión para el cálculo de la cortante basal:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (3.12)$$

Donde:

$$\text{Factor de zona (Z)} = 0.25$$

$$\text{Factor de uso (U)} = 1.50$$

$$\text{Coeficiente sísmico (C)} = 2.5$$

$$\text{Factor de suelo (S)} = 0.6$$

$$\text{Coeficiente básico de reducción (R}_x\text{)} = 4$$

$$\text{Coeficiente básico de reducción (R}_y\text{)} = 0.9$$

$$\text{Peso sísmico (P)} = 555.6 \text{ ton}$$

Fuerza cortante en la base, dirección X:



$$V_x = \frac{(0.25)(1.5)(2.5)(1.20)(555.6)}{4}$$

$$V_x = 156.26 \text{ ton}$$

Fuerza cortante en la base, dirección Y:

$$V_y = \frac{(0.25)(1.5)(2.5)(1.20)(555.6)}{0.9}$$

$$V_y = 694.5 \text{ ton}$$

3.5.32 Corrección del Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas(R)

Del cálculo de las irregularidades tanto en planta como en altura se obtienen los nuevos valores (R) establecido tanto para el sentido en X como en el sentido en Y.

$$\text{Factor de zona (Z)} = 0.25$$

$$\text{Factor de uso(U)} = 1.50$$

$$\text{Coeficiente básico de reducción (R}_x\text{)} = 4$$

$$\text{Coeficiente básico de reducción (R}_y\text{)} = 0.9$$

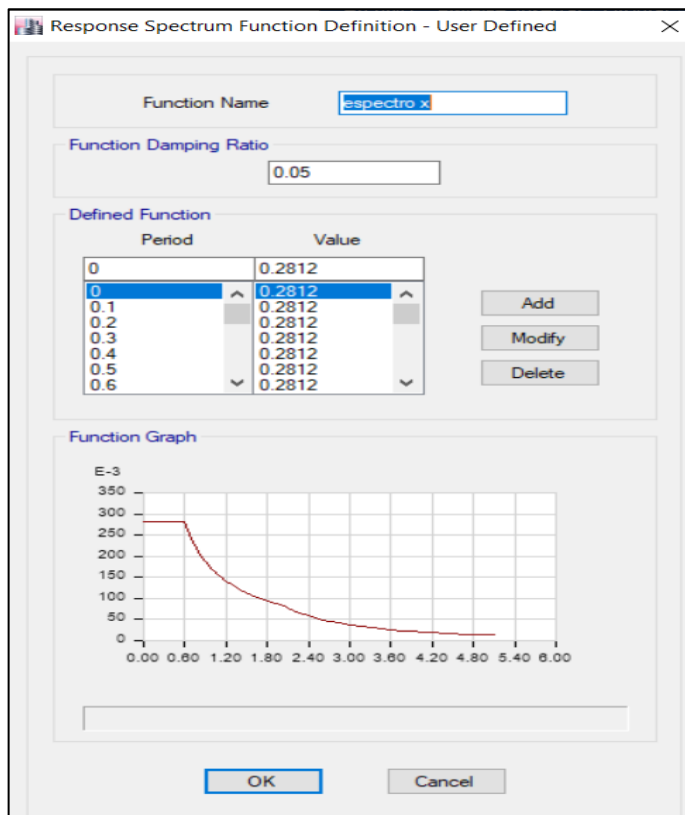
$$\text{Periodo (T}_p\text{)} = 0.6$$

$$\text{Periodo (T}_L\text{)} = 2$$

Con los datos obtenidos se calcula nuevamente el espectro de respuesta en la dirección X y en la dirección Y.

Figura 59

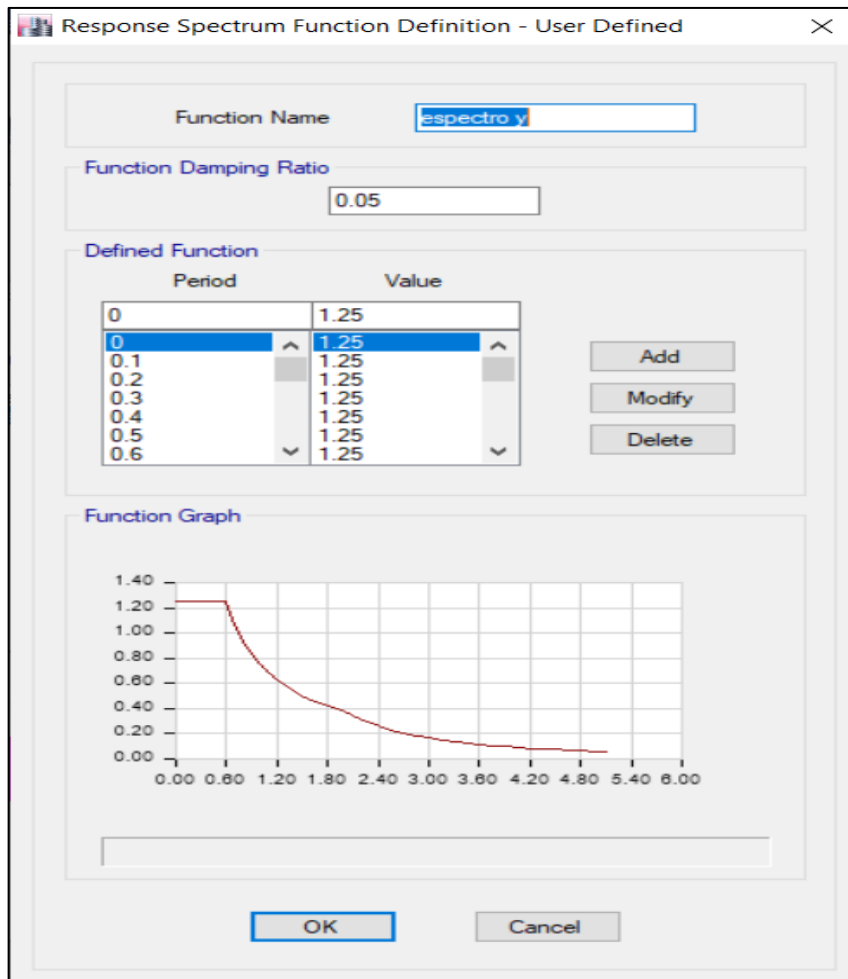
Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección X



Fuente: Adaptado del Etabs 2017

Figura 60

Asignación del Espectro de Respuesta en Dirección Y



Fuente: Adaptado del Etabs 2017

3.5.33 Verificación de las Derivas de Entrepiso

De acuerdo a la Norma E.030 sostiene que “los desplazamientos laterales para estructuras regulares se calculan multiplicando por 0.75 R, en caso de estructuras irregulares se calculan multiplicando por 0.8R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas”.

Tabla 32

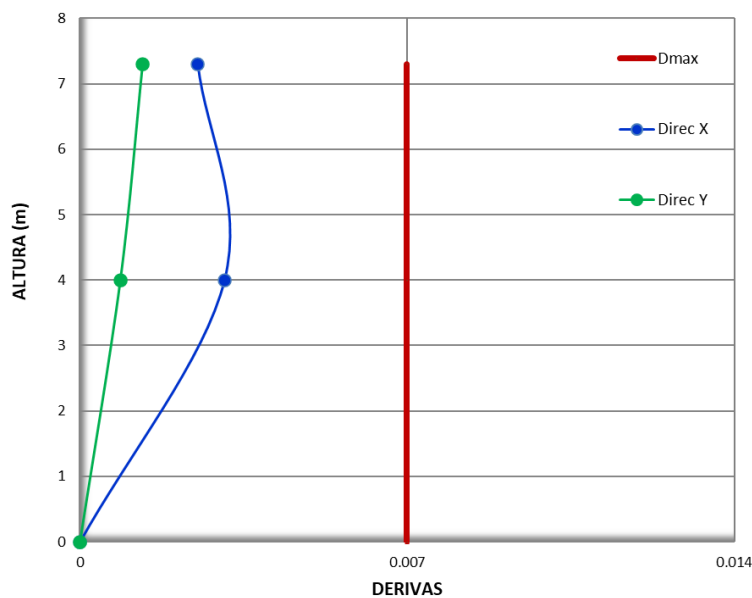
Derivas del Sistema Estructural Mixto con Reforzamiento

Nive l	Altura de piso cm	Desp. Elástico (cm)		Desp. Inelast. (cm)		Desp. Piso (cm)		D/L	
		Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y
2	330	0.797	0.010	2.71	0.01	0.992	0.335	0.003	0.001
		3	3			1	1		
1	400	0.505	0.448	1.72	0.34	1.717	0.342	0.004	0.000
		5	3			8	9	3	9

Mediante el siguiente gráfico se representa las derivas de entre piso del sistema estructural mixto con reforzamiento en las columnas.

Figura 61

Derivas del Sistema Estructural Mixto con Reforzamiento



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN DE LAS DERIVAS

4.1.1 Resultados de la Verificación del Sistema Estructural Aporticado

Mediante el presente estudio se ha realizado el análisis del sistema estructural aporticado del módulo N.º 04, dicho modelo representa el modelo presentado en el proyecto aprobado a nivel de expediente técnico “Mejoramiento del servicio educativo en la I.E.I. N.º 43 de la localidad de Ayaviri del distrito de Ayaviri – provincia de Melgar – departamento de Puno”, el cual se debió ejecutar. En el capítulo III se realizó el análisis de dicho sistema estructural obteniendo las máximas derivas de entrepiso en la dirección X y en la dirección Y que se representa en la siguiente tabla:

Tabla 33

Deriva en la Dirección X, Y del Sistema Estructural Aporticado

Nivel	Altura de piso	D/L	
	cm	Dir X	Dir Y
2	330	0.0026	0.0006
1	400	0.0050	0.0071

Mediante el siguiente gráfico se representa las máximas derivas de entrepiso del sistema estructural aporticado en las direcciones X, Y.

De acuerdo al reglamento nacional de edificaciones, El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, se detalla en la tabla 11 de la Norma E.030:

Tabla 34*Límites para la Distorsión del Entrepiso*

Material predominante	$\Delta_i = \Delta_{ei}$
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado Con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Adaptado de tabla N.º 11 de la Norma E.030 del RNE

De los lineamientos detallados en Tabla 33, se puede verificar que las derivas de entrepiso del sistema estructural aporticado en la dirección X se encuentra dentro del rango permisible, así como la deriva de entrepiso en la dirección Y también se encuentra en el límite permisible.

4.1.2 Resultados de la Verificación del Sistema Estructural Mixto

Se ha realizado el análisis del sistema estructural mixto del módulo N.º 04, debido a que dicho modelo representa el modelo ejecutado en la construcción del módulo N.º 04 de la I.E.I. N.º 43 de la localidad de Ayaviri, como se detalla en el punto 3.5.16, donde se da a conocer que el sistema estructural mixto está conformado por un sistema estructural aporticado (dirección **X**) y un sistema conformado por muros de albañilería (dirección Y), donde se puede visualizar ciertos detalles del proceso constructivo de los muros de albañilería confinada en las siguientes imágenes:

Figura 62

Asentado de Muros de Ladrillo previo al Confinamiento



Figura 63

Asentado de Muros de Ladrillo en el Segundo Nivel



Figura 64

Asentado de Muros de Ladrillo previo al Confinamiento



Figura 65

Vaciado y/o Vertido de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en Columnas



De acuerdo a las imágenes presentadas se pudo observar que el sistema estructural aporticado presentado en la etapa de diseño no se llevó a cabo en el proceso constructivo, añadiendo muros de albañilería confinada en los extremos del módulo N°04 (dirección Y), hace que este se convierta en un sistema estructural mixto (aporticado en la dirección X y muros de albañilería confinada en la dirección Y) en cuyo análisis difiere al sistema estructural aporticado.

En el capítulo III se realizó el análisis del sistema estructural mixto obteniendo las máximas derivas de entrepiso en la dirección X y en la dirección Y que muestra la siguiente tabla:

Tabla 35

deriva en la dirección X, Y del sistema estructural mixto

Nivel	Altura de piso	D/L	
	cm	Dir X	Dir Y
2	330	0.0034	0.0010
1	400	0.0060	0.0009

Respecto a los resultados obtenidos de las máximas derivas del sistema estructural mixto, en la dirección aporticada (dirección X) se tiene un valor de 0.006 y en la dirección con muros de albañilería (dirección Y) se tiene un valor de 0.0009, la deriva máxima en la dirección X está por encima del valor 0.005, donde el muro albañilería confinada no podrá seguir la deformada de la dirección porticada, surgiendo la necesidad de reforzar las columnas en la dirección aporticada (dirección X).

4.1.3 Resultados del Sistema Mixto con Reforzamiento en Columnas

El reforzamiento estructural se obtiene incrementando la sección de las columnas tipo T (ejes B, C, F, G) en la dirección X debiendo garantizar que la nueva sección añadida se comporte monolíticamente con la sección existente.

Con el ensanchamiento de las columnas en la dirección X de 0.10 m a cada extremo de las columnas, se realizó el análisis sísmico del sistema estructural mixto donde se tiene que la máxima deriva en la dirección aportricada (dirección X) es de 0.0043 y en la dirección con muros de albañilería (dirección Y) es de 0.0009, dichos valores menores a 0.005, lo cual cumple con lo establecido en la norma E.030.

En el capítulo III se realizó el análisis del sistema estructural mixto con reforzamiento en columnas obteniendo las máximas derivas de entrepiso en la dirección X y en la dirección Y que se representa en la Tabla 36:

Tabla 36

Deriva en la Dirección X, Y con Reforzamiento en las Columnas

Nivel	Altura de piso	D/L	
	cm	Dir X	Dir Y
2	330	0.0030	0.0010
1	400	0.0043	0.0009

Mediante el reforzamiento estructural planteado se consideró la necesidad de optimizar el sistema estructural por lo que solo se consideró reforzar la columna solamente en los ejes B,C,F,G. así como la sección donde la columna se reforzaría en la



dirección X se le dio una longitud de 10 cm, con estas consideraciones se obtuvo una deriva que cumple con las especificaciones en la norma E.030.

4.2 CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

4.2.1 Cumplimiento del Objetivo Principal

El objetivo principal fue Plantear el reforzamiento del sistema estructural mixto del módulo N° 4 (aulas) de la IEI N°43 para el cumplimiento de las derivas establecidas en la norma E.030 del RNE. Mediante la ejecución de este estudio se planteó el reforzamiento en las columnas del sistema estructural mixto, planteando aumentar la sección de las columnas en la dirección X(dirección aporticada) la longitud de 10 cm como se detalla en la Figura 53 , obteniéndose derivas por debajo del valor de 0.005 el mismo que se detalla en la Tabla 36, con respecto a la dirección Y(sistema de albañilería confinada) la deriva está muy por debajo del valor de 0.005, en ese sentido para estructuras mixtas el valor límite de deriva debe ser de 0.005.

La limitación que se tiene para determinar el comportamiento real de la estructura existente y así determinar la curva de demanda capacidad, es que, se tendría que construir un prototipo similar y a escala real, para luego aplicar cargas laterales. Las cargas laterales tendrían que incrementarse hasta que la estructura presente rotulas plásticas. Es por ello que la presente investigación se limita a realizar el reforzamiento y el cumplimiento de la deriva establecida en la norma E.030.

4.2.2 Cumplimiento de Objetivos Específicos

- a. referente al objetivo de determinar las derivas de entrepiso considerando las irregularidades estructurales en altura y planta del sistema estructural aporticado. se ha considerado analizar dicho sistema estructural tomando en cuenta las especificaciones en la norma E.030, obteniendo las derivas de entrepiso que se

- muestran en la Tabla 33, en donde la deriva en la dirección X comprende un valor de 0.005 y en la dirección Y un valor de 0.0071. dicho sistema estructural propuesto en el expediente técnico si cumple las derivas de entrepiso establecidos en la Norma E.030.
- b. referente al objetivo de determinar las derivas de entrepiso considerando las irregularidades estructurales en altura y en planta del sistema estructural mixto, contemplando las delimitaciones de la norma E.030, se ha logrado obtener las derivas de entrepiso como se detalla en la Tabla 35, en donde la deriva en la dirección aporticada(dirección X) es de 0.006 y en la dirección determinada por muros de albañilería confinada(dirección Y) es de 0.0009, el sistema estructural mixto el cual como se detalla de la Figura 62 a la
 - c. Figura **65**, fue el sistema estructural que se construyó. cabe precisar que por la fragilidad que presenta la albañilería, el mayor desplazamiento que tiene el sistema estructural aporticado generará fallas por punzonamiento en la albañilería, es por ello que para estructuras mixtas (aporticado en una dirección y albañilería confinada en otra dirección) se debe limitar al valor máximo permisible para la albañilería que es de 0.005.
 - d. referente al objetivo de determinar el tipo de reforzamiento para reducir el desplazamiento en la dirección aporticada, es evidente que se requiere aumentar la rigidez lateral por ello el planteamiento se limitó al aumento geométrico en la sección de las columnas en la dirección aporticada(dirección X) y el arriostramiento lateral con elementos metálicos, no obstante se descartó el arriostramiento porque modificaría sustancialmente la arquitectura los cuales pueden traer efectos adversos como la disminución en la iluminación a las aulas de la IEI. respecto del porque no se utilizó el reforzamiento con otros métodos como es el caso de la fibra de carbono.

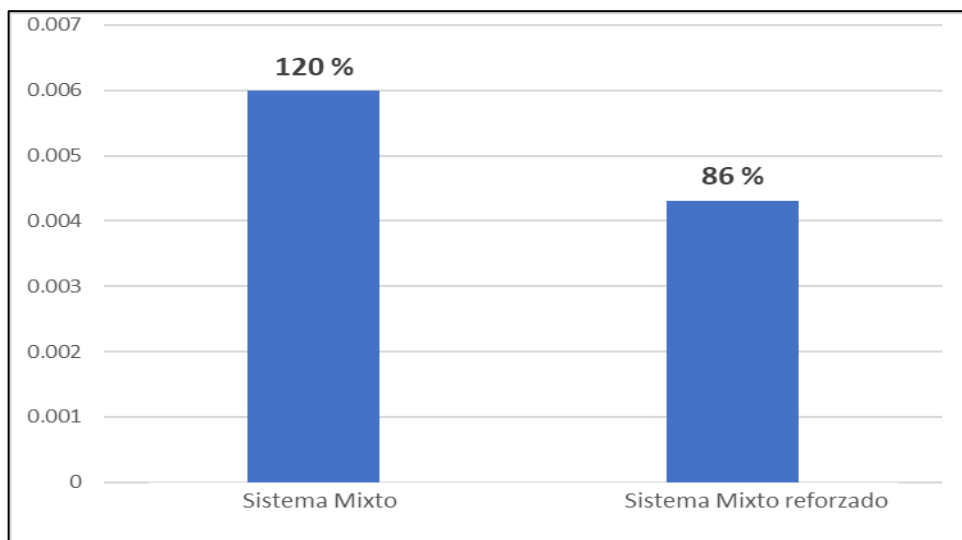
De acuerdo al (ACI, 2008) afirma que las propiedades mecánicas de la fibra de carbono solo aportan rigidez axial en tensión, pero como se vio en la presente investigación se requiere el aumento en la rigidez lateral, hecho que no cumpliría si se adoptara el reforzamiento con fibra de carbono.

4.3 CONTROL DE HIPÓTESIS PRINCIPAL

El presente acápite se formuló mediante un gráfico de barras en porcentajes, los cuales exponen gráficamente las derivas del sistema estructural mixto y del sistema estructural mixto con reforzamiento en las columnas. En la Figura 66. se expone la verificación de la hipótesis principal donde la deriva del sistema estructural mixto excede en un 20% a la deriva permisible para un sistema de albañilería que establece la norma E.030.

Figura 66

variación porcentual de la deriva



Con la optimización del reforzamiento del sistema estructural mixto en las columnas se obtuvo una deriva del 14 % debajo de la deriva permisible para un sistema de albañilería. Obteniendo una disminución porcentual del 34%. Las derivas establecidas



en la dirección de la albañilería confinada no presentan variaciones porcentuales debido a que el reforzamiento estructural se planteó en la dirección aporticada.



V. CONCLUSIONES

- a. Se planteó el reforzamiento del sistema estructural mixto del módulo N° 4(Aulas) de la IEI N.º 43, mediante el encamisado de columnas aumentando la rigidez en la dirección aporticada, logrando una deriva de entrepiso de 0.0043 en la dirección aporticada (dirección X) y una deriva de entrepiso de 0.0009 en la dirección de la albañilería confinada (dirección Y), en ese sentido para estructuras mixtas el valor límite de deriva debe ser de 0.005.
- b. Se determinó las derivas de entrepiso considerando las irregularidades en altura y en planta del sistema estructural aporticado, obteniéndose los siguientes resultados de las derivas en la dirección X de 0.005 y en la dirección Y de 0.007 por lo que el diseño cumple con la norma E.030 del RNE.
- c. Se estimó las derivas de entrepiso considerando las irregularidades en altura y en planta del sistema estructural mixto (aporticado en la dirección X y de albañilería en la dirección Y), realizado el análisis sísmico se obtuvo las siguientes derivas, en la dirección X de 0.006 y en la dirección Y de 0.0009. dicho análisis sísmico no cumple con las derivas establecidas ya que en la dirección X se debe considerar un valor permisible máximo de 0.005.
- d. Se planteo el tipo de reforzamiento estructural mediante el encamisado
- e. de la columna en la dirección aporticada (dirección X), donde aplicando el reforzamiento estructural se obtuvo una disminución porcentual de la deriva de entrepiso del 34 %.



VI. RECOMENDACIONES

- a. Se recomienda no tomar con ligereza el cambio de sistema estructural de la etapa de diseño a la etapa de ejecución ya que como se analizó en la presente investigación este cambio conlleva a variaciones en los resultados obtenidos en el cálculo de las derivas máximas de los sistemas estructurales.
- b. Considerar que cuando se tenga un sistema estructural mixto (aporticado en una dirección y con muros de albañilería en otra dirección) se considere como máxima deriva en ambas direcciones el valor 0.005.
- c. La Norma E.030, en el Art. 32, donde establece las derivas para las estructuras, no hace referencia respecto a las derivas de sistemas estructurales mixtos, por lo que se recomienda tomar en cuenta los criterios de los autores que estuvieron involucrados en el comité de la elaboración de la Norma técnica E.030(2018) diseño sismorresistente.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto. (2017). *Análisis y diseño de Edificaciones de Albañilería* (S. Edición (ed.)).
- ACI, 2008. (2008). *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems*.
- Arellano, & Gonzales. (2020). *Columnas Encamisadas de Concreto Reforzada que Atraviesan Sistemas de Piso*.
- Ayala, & Giraldo. (2018). Estudio del método de recrecido en concreto armado para el refuerzo de vigas y columnas de una edificación. In *Bitkom Research* (Vol. 63, Issue 2).
http://forschungsunion.de/pdf/industrie_4_0_umsetzungsempfehlungen.pdf
https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/import/9744_171012-KI-Gipfelpapier-online.pdf
<https://www.bitkom.org/sites/default/files/pdf/Presse/Anhaenge-an-PIs/2018/180607-Bitkom>
- Belizario. (2017). *“Reforzamiento Estructural de una Edificación de Concreto Armado de dos pisos Con fines de Ampliación .”*
- Bondarenko, & García. (2012). *Manual de Calculo y Diseño de Muros Estrcuturales de Concreto Armado*. Universidad de Carabobo.
- Campiño. (2018). Patología Estructural Institución Educativa Nueva Granada, Municipio de Dosquebradas. In *Photosynthetica* (Vol. 2, Issue 1).
<http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76887-8>
<http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-93594-2>
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00007-3>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
<http://dx.doi.org/10.1038/s41559-019-0877-3>



- Cantaro, N. (2021). *Evaluación del Diseño Sismoresistente y Propuestas de Reforzamiento Estructural De la Institución Educativa Santa Rosa del Distrito de Catac. Ancash.*
- Carrascal. (2020). *Diseño Estructural en Concreto Armado de un Edificio de Forma Irregular para Vivienda.* Pontificia universidad Catolica del Perú.
- Cedeño. (2017). *Analisis de la Estructura Deficiente del Centro Médico “Virgen del Cisne” y Estudio de Reforzamiento Con Elementos Metalicos.*
- Chahuares. (2012). *Preparación del Proyecto y Elaboración de Tesis Universitaria* (Primera Ed).
- Churata. (2022). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas híbridas autoconstruidas en la Urbanización 09 de Octubre De la Ciudad de Juliaca, Provincia de San Román y Departamento de Puno, 2021.* Universidad Nacional del Altiplano.
- Curo, & Olivo. (2020). Evaluación de Sistemas de Reforzamiento para Mejorar el Comportamiento Sismoresistente del Edificio “El PraDO”- Urb. mayorasgo, Ate, 2020.
- Harmen, & Mayorca. (2002). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. In *Diseño De Estructuras De Concreto Armado* (Tercera Ed).
- Helene, P., & Pereira, F. (2003). *Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: reparación, refuerzo y proteccion.*
- Hernández. (2014). Metodología de la investigación. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Hormazábal. (2018). *Análisis de modos de vibración en estructuras mediante registro de*



vibraciones de ruido ambiente [Escuela Superior de Ingeniería].

<http://hdl.handle.net/10498/21095%0Ahttps://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/210>

95

LLanos, P., & Mora, L. (2022). *Análisis de Propuestas de Reforzamiento Estructural para módulo Educativo Tipo Apenkai en la IEI. “3048-Santiago Antúnez de Mayolo” en Independencia.*

Llerena. (2021). *Evaluación de la Influencia de los Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Aporticado en la Respuesta Estructural de un Edificio Multifamiliar de Cinco Niveles, Ciudad de Puno.* Universidad Nacional del Altiplano.

Montachana. (2014). *Verificación de las derivas de piso, para edificaciones de tres, seis y nueve pisos, de estructura metálica, para la ciudad de Ambato, Mediante el diseño sismo resistente, utilizando El Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2002) y Las Normas Ecuator.*

Morales. (2002). *Diseño en Concreto Armado* (F. E. ICG (ed.); Edición 20).

Muñoz. (2018). Comentarios a La Norma E.030 Diseño Sismorresistente. In *Sencico*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS_A_LA_NORMA_PERUANA_E.030_DISEÑO_SISMORRESISTENTE.pdf

Norma E.030, 2018. (2018). *Reglamneto Nacional de Edificaciones, Norma E.030.*

Norma E.060, 2018. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.060.*

Rochel. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios* (segunda ed).

San bartolomé, A., & Quiun, D. (2010). *Diseño Sismico de Edificaciones De albañileria Confinada.*

San Bartolome, A., Quiun, D., & Silva, W. (2018). *Diseño y construcción de estructuras*



sismorresistentes de albañilería. In *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
https://books.google.com.ec/books?id=4H3ZDwAAQBAJ&pg=SA5-PA42&dq=piso+blando&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiDg5j5s_3zAhVzSzABHfFXAY4Q6AF6BAgHEAI#v=onepage&q&f=false%0Ahttps://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/19

Soto, E. (2008). La rehabilitación de estructuras de concreto. In *Tesis UNAM*.

Vilca, & Collao. (2021). *Evaluación Estructural y Propuesta de Reforzamiento de la Institución Educativa Inicial 336 Virgen Virgen de la Natividad, Tacna 2018*.



ANEXOS

ANEXO 01: Plano topográfico de la Institución Educativa Inicial N.º 43

ANEXO 02: Planos de arquitectura de la I.E.I. N.º 43

ANEXO 03: Documentos de los ensayos de laboratorio

ANEXO 04: Metrado de cargas

ANEXO 05: Planos de Estructuras de la I.E.I. N.º 43