



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



**COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL Y COSTOS
DE CONSTRUCCIÓN PARA MUROS DE DUCTILIDAD
LIMITADA Y ALBAÑILERÍA CONFINADA DE UN EDIFICIO EN
EL CENTRO POBLADO ALTO PUNO - 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MANOLO REINARIO MAMANI PONCE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2024



MANOLO REINARIO MAMANI PONCE

COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN PARA MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y ALBAÑILERÍA CONFINADA DE UN EDIFICIO EN EL CENTRO POBLADO ALTO PUNO-2023

- My Files
- My Files
- Manukau Institute of Technology

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::28378:72299584

Fecha de entrega
25 nov 2024, 8:37 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
25 nov 2024, 8:47 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
2_ok_TESIS 25.11.24.pdf

Tamaño de archivo
4.3 MB

165 Páginas

27,063 Palabras

142,583 Caracteres


Mg. FAUSTO P. MAMANI MAMANI
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 38080

Vººº

25 000 2024
Ing. Jaime M. de la Leiva
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 910543
SUBDIRECTOR INV. EDC





15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 13% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

Caracteres reemplazados

51 caracteres sospechosos en N.º de páginas

Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Mg. FAUSTO P. MAMANI MAMANI
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 38080

V.030

25 NOV 2021

Ing. Jaime Medina Leiva
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 910545
SUBDIRECTOR INO. EPIC





DEDICATORIA

En primer lugar, dedico el presente estudio a nuestro creador, Jehová quien permitió desarrollarla con mucho esfuerzo y dedicación; en segundo lugar, a mis padres, Santiago y Felipa, personas quienes motivaron mi travesía en la ingeniería y por enseñarme que la vida no es sencilla, sino una lucha constante por trascender; en tercer lugar, una dedicatoria muy especial a mi amada, Raquel, persona quien con mucha amor y ternura permitió inspirar esta meta.

Manolo Reinario Mamani Ponce



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis hermanos, Soledad, Rosario (†), Claudia, Sócrates, Luis y Milagros, por brindarme su compañía y alegrías vividas.

Agradecer a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por su formación profesional.

Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis, Mg.Ing. Fausto Ponciano Mamani Mamani, por su orientación y paciencia a lo largo de la ejecución de la presente tesis; asimismo, agradecer al Mgtr.Ing. Nicolas Luza Flores, Mgtr.Ing. Diana Elizabeth Quinto Gastiaburu y Mg.Sc.Ing. Yasmani Teófilo Vitulas Quille, por sus sugerencias y recomendaciones para lograr esta meta tan anhelada.

Manolo Reinario Mamani Ponce



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS Y NOTACIÓN	
RESUMEN	26
ABSTRACT.....	27
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	30
1.1.1. Descripción de la realidad problemática	30
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	31
1.2.1. Pregunta general.....	31
1.2.2. Preguntas específicas.....	31
1.3. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO	31
1.3.1. Hipótesis general	31
1.3.2. Hipótesis específicas	32
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	32
1.4.1. Importancia del estudio	32
1.4.2. Relevancia del estudio.....	32
1.4.2.1. Credibilidad.....	33
1.4.2.2. Transferibilidad.....	33



1.4.2.3. Fidelidad.....	34
1.4.2.4. Confirmabilidad	34
1.4.3. Consecuencias del estudio.....	35
1.4.4. Limitaciones del estudio.....	35
1.4.5. Cuestiones éticas	36
1.5. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	36
1.5.1. Objetivo general	36
1.5.2. Objetivos específicos.....	36

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	37
2.1.1. Antecedentes internacionales	37
2.1.2. Antecedentes nacionales	39
2.1.3. Antecedentes locales	41
2.2. MARCO TEÓRICO	41
2.2.1. Sistema de muros de ductilidad limitada	41
2.2.2. Sistema de albañilería confinada.....	42
2.2.3. Efectos sísmicos en los edificios.....	42
2.2.4. Criterios de estructuración y diseño	43
2.2.4.1. Simplicidad y simetría	43
2.2.4.2. Resistencia y ductilidad	43
2.2.4.3. Hiperestaticidad y monolitismo	43
2.2.4.4. Uniformidad y continuidad de la estructura.....	44
2.2.4.5. Rigidez lateral	44
2.2.5. Métodos de análisis estructural	44



2.2.5.1. Análisis estático	44
2.2.5.2. Análisis dinámico modal espectral	46
2.2.6. Aplicación de diafragma rígido.....	47
2.3. MARCO NORMATIVO LEGAL	47
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	49
3.1.1. Localización del área de estudio	49
3.2. MATERIALES E INSTRUMENTOS DE ESTUDIO	50
3.2.1. Materiales bibliográficos.....	50
3.2.2. Materiales, herramientas y equipos de campo	50
3.2.3. Materiales, herramientas y equipos de laboratorio	50
3.2.4. Instrumentos computacionales	51
3.2.5. Instrumentos de ingeniería	51
3.3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	52
3.3.1. Tipo de investigación	52
3.3.2. Enfoque de investigación	52
3.3.3. Nivel de investigación.....	52
3.3.4. Método de investigación	52
3.3.5. Diseño de investigación	52
3.3.6. Proceso de investigación.....	52
3.3.7. Población y muestra	54
3.3.7.1. Población.....	54
3.3.7.2. Muestra	54
3.3.8. Recolección de datos.....	55



3.3.8.1. Levantamiento topográfico	55
3.3.8.2. Estudio de mecánica de suelos.....	55
3.3.8.3. Plano arquitectónico del proyecto.....	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PROPIEDADES PARA ELEMENTOS DE MDL.....	57
4.2. PROPIEDADES PARA ELEMENTOS DE AC	57
4.3. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS SÍSMICOS.....	58
4.3.1. Zonificación sísmica	58
4.3.2. Perfil del suelo.....	59
4.3.3. Parámetros de sitio (S, TP, TL).....	60
4.3.4. Factor de amplificación sísmica (C)	60
4.3.5. Categoría de la edificación y factor uso (U)	61
4.3.6. Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmica (R).....	61
4.4. SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	62
4.4.1. Cargas de diseño	62
4.4.2. Predimensionamiento de elementos estructurales.....	62
4.4.2.1. Losa maciza.....	62
4.4.2.2. Muros de ductilidad	63
4.4.3. Metrado de cargas para MDL	64
4.4.3.1. Losa maciza.....	64
4.4.3.2. Muros de ductilidad limitada	64
4.4.4. Modelamiento estructural.....	64
4.4.4.1. Inicio del modelo estructural.....	64
4.4.4.2. Configuración de rejillas.....	65



4.4.4.3.	Definición de materiales	65
4.4.4.4.	Definición de secciones para MDL.....	67
4.4.4.5.	Modelado de MDL.....	68
4.4.4.6.	Cargas y combinaciones.....	70
4.4.4.7.	Estimación del peso	71
4.4.4.8.	Asignación de cargas a la estructura.....	71
4.4.4.9.	Definición de diafragma rígido de entrepiso.....	72
4.4.4.10.	Discretización de MDL.....	73
4.4.5.	Análisis estático	73
4.4.5.1.	Selección de parámetros sísmicos.....	73
4.4.5.2.	Periodo fundamental (T).....	74
4.4.5.3.	Factor de amplificación sísmica (C)	75
4.4.5.4.	Coefficiente de reducción de la fuerza sísmica (R).....	75
4.4.5.5.	Cálculo de la fuerza cortante en la base.....	75
4.4.5.6.	Fuerza cortante en la base	77
4.4.5.7.	Derivas máximas.....	79
4.4.5.8.	Desplazamientos máximos.....	81
4.4.6.	Análisis dinámico modal espectral.....	83
4.4.6.1.	Asignación del espectro de respuesta.....	83
4.4.6.2.	Asignación del caso de carga del espectro.....	85
4.4.6.3.	Fuerza cortante en la base	86
4.4.6.4.	Derivas máximas.....	88
4.4.6.5.	Desplazamientos máximos.....	90
4.5.	SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA	92
4.5.1.	Cargas de diseño	92



4.5.2. Predimensionamiento de elementos	92
4.5.2.1. Losas aligeradas	92
4.5.2.2. Elementos de confinamiento	93
4.5.3. Densidad de muros	93
4.5.4. Metrado de cargas	95
4.5.5. Modelado estructural.....	95
4.5.5.1. Inicio del modelo estructural.....	95
4.5.5.2. Configuración de rejillas.....	96
4.5.5.3. Definición de materiales	96
4.5.5.4. Definición de muros y losa aligerada.....	98
4.5.5.5. Modelado de albañilería confinada.....	99
4.5.5.6. Cargas y combinaciones.....	100
4.5.5.7. Estimación del peso	101
4.5.5.8. Asignación de cargas a la estructura.....	102
4.5.5.9. Asignación de diafragma rígido.....	102
4.5.5.10. Discretización de albañilería confinada	103
4.5.6. Análisis estático	104
4.5.6.1. Parámetros sísmicos.....	104
4.5.6.2. Periodo fundamental (T).....	105
4.5.6.3. Factor de amplificación sísmica (C)	106
4.5.6.4. Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R).....	106
4.5.6.5. Cálculo de la fuerza cortante en la base.....	106
4.5.6.6. Fuerza cortante en la base	108
4.5.6.7. Derivas máximas.....	110
4.5.6.8. Desplazamientos máximos.....	112



4.5.7.	Análisis dinámico modal espectral.....	114
4.5.7.1.	Asignación del espectro de respuesta.....	114
4.5.7.2.	Asignación del caso de carga del espectro.....	116
4.5.7.3.	Fuerza cortante en la base	117
4.5.7.4.	Derivas máximas.....	119
4.5.7.5.	Desplazamientos máximos.....	121
4.5.8.	Diseño de muros de albañilería	122
4.5.8.1.	Diseño por carga vertical	122
4.5.8.2.	Diseño por fisuración	124
4.5.8.3.	Diseño por resistencia	124
4.5.8.4.	Diseño de columnas de confinamiento	125
4.5.8.5.	Diseño de estribos y refuerzo longitudinal	125
4.5.8.6.	Diseño de vigas soleras.....	126
4.6.	ANÁLISIS DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	128
4.6.1.	Costos de construcción de MDL	128
4.6.1.1.	Planilla de metrados.....	128
4.6.1.2.	Análisis de costos unitarios.....	128
4.6.1.3.	Presupuestos.....	128
4.6.2.	Costos de construcción de AC	129
4.6.2.1.	Planilla de metrados.....	129
4.6.2.2.	Análisis de costos unitarios.....	130
4.6.2.3.	Presupuestos.....	130
4.7.	PRUEBA DE NORMALIDAD DE DATOS.....	131
4.7.1.	Planteamiento de hipótesis.....	131
4.7.2.	Nivel de significancia (α) y nivel de confianza.....	131



4.7.3. Estadístico de prueba.....	131
4.7.4. Regla de decisión	131
4.7.5. Resultado para la deriva en dirección “X”	132
4.7.6. Resultado para la deriva en dirección “Y”	133
4.7.7. Resultado para fuerza cortante en dirección “X”	134
4.7.8. Resultado para fuerza cortante en dirección “Y”	136
4.7.9. Resultado para la variable costos de construcción	137
4.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS	138
4.8.1. Coeficientes de correlación aplicados	138
4.8.2. Nivel de correlación para la hipótesis N° 01	139
4.8.2.1. Planteamiento de hipótesis en dirección “X”	139
4.8.2.2. Regla de decisión en dirección “X”	140
4.8.2.3. Interpretación de resultados en dirección “X”	140
4.8.2.4. Planteamiento de hipótesis en dirección “Y”	141
4.8.2.5. Regla de decisión en dirección “Y”	141
4.8.2.6. Interpretación de resultados en dirección “Y”	141
4.8.3. Nivel de correlación para la hipótesis N° 02.....	142
4.8.3.1. Planteamiento de hipótesis en dirección “X”	142
4.8.3.2. Regla de decisión en dirección “X”	142
4.8.3.3. Interpretamos resultados en dirección “X”	143
4.8.3.4. Planteamiento de hipótesis en dirección “Y”	143
4.8.3.5. Regla de decisión en dirección “Y”	144
4.8.3.6. Interpretación de resultados en dirección “Y”	144
4.8.4. Nivel de correlación para la hipótesis N° 03.....	145
4.9. DISCUSIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS	145



4.10. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	152
4.10.1. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 01	152
4.10.2. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 02	154
4.10.3. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 03	155
4.10.4. Cumplimiento del objetivo general	155
V. CONCLUSIONES.....	157
VI. RECOMENDACIONES.....	159
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	160
ANEXOS.....	163

TEMA: Comparación de la respuesta estructural y costos de construcción

ÁREA: Estructuras

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Análisis y Diseño Estructural

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 16 de diciembre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Coordenadas UTM del área de estudio.....	50
Tabla 2 Propiedades de los elementos de concreto armado.....	57
Tabla 3 Propiedades de los elementos de albañilería confinada.....	58
Tabla 4 Factor de suelo “S”	60
Tabla 5 Periodos T_L y T_P	60
Tabla 6 Metrado de cargas de losa maciza	64
Tabla 7 Participación modal y periodos MDL.....	74
Tabla 8 Fuerza cortante basal por sismo estático en X.....	77
Tabla 9 Fuerza cortante basal por sismo estático en Y	78
Tabla 10 Derivas de entrepiso por sismo estático en X.....	79
Tabla 11 Derivas de entrepiso por sismo estático en Y.....	80
Tabla 12 Desplazamientos máximos por sismo estático en X.....	81
Tabla 13 Desplazamientos máximos por sismo estático en Y.....	82
Tabla 14 Fuerza cortante por sismo dinámico en X	86
Tabla 15 Fuerza cortante por sismo dinámico en Y	87
Tabla 16 Derivas de entrepiso por sismo dinámico en X	88
Tabla 17 Derivas de entrepiso por sismo dinámico en Y	89
Tabla 18 Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X	90
Tabla 19 Desplazamientos máximos por sismo dinámico en Y	91
Tabla 20 Criterios para definir el espesor de la losa aligerada	92
Tabla 21 Densidad de muros en dirección X.....	93
Tabla 22 Densidad de muros en dirección Y	94
Tabla 23 Cargas por cada piso	95



Tabla 24 Participación modal y periodos AC	105
Tabla 25 Fuerza cortante por sismo estático en X	108
Tabla 26 Fuerza cortante por sismo estático en Y	109
Tabla 27 Derivas de entrepiso por sismo estático en X	110
Tabla 28 Derivas de entrepiso por sismo estático en Y	111
Tabla 29 Desplazamientos máximos por sismo estático en X.....	112
Tabla 30 Desplazamientos máximos por sismo estático en Y.....	113
Tabla 31 Fuerza cortante por sismo dinámico en X	117
Tabla 32 Fuerza cortante por sismo dinámico en Y	118
Tabla 33 Derivas de entrepiso por sismo dinámico en X	119
Tabla 34 Derivas de entrepiso por sismo dinámico en Y	120
Tabla 35 Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X	121
Tabla 36 Desplazamientos máximos por sismo dinámico en Y	122
Tabla 37 Diseño por carga vertical de muros portantes de AC	123
Tabla 38 Diseño por resistencia de muros de albañilería	124
Tabla 39 Diseño de estribos y acero longitudinal.....	125
Tabla 40 Diseño de acero en vigas soleras	126
Tabla 41 Partidas consideradas.....	128
Tabla 42 Presupuesto para MDL	129
Tabla 43 Partidas consideradas.....	129
Tabla 44 Presupuesto para albañilería confinada.....	130
Tabla 45 Prueba de Shapiro-Wilk para deriva en “X”.....	132
Tabla 46 Prueba de Shapiro-Wilk para deriva en “Y”.....	133
Tabla 47 Prueba de Shapiro-Wilk para fuerza cortante en “X”.....	134
Tabla 48 Prueba de Shapiro-Wilk para fuerza cortante en “Y”.....	136



Tabla 49 Valores del grado de correlación	139
Tabla 50 P-valor para la deriva en dirección “X”	140
Tabla 51 P-valor para la deriva en dirección “Y”	141
Tabla 52 P-valor para la fuerza cortante en dirección “X”	143
Tabla 53 P-valor para la fuerza cortante en dirección “Y”	144
Tabla 54 Cuadro comparativo para sismo estático	145
Tabla 55 Cuadro comparativo para sismo dinámico.....	145
Tabla 56 Cuadro comparativo de costos de construcción.....	146
Tabla 57 Peso por piso para MDL y AC.....	150
Tabla 58 Matriz comparativa de resultados	152



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Representación de la fuerza sísmica (P).....	45
Figura 2 Desplazamientos de diafragma rígido en las losas.....	47
Figura 3 Localización del área de estudio	49
Figura 4 Diagrama de flujo del proceso del estudio	53
Figura 5 Plano arquitectónico del primer al quinto nivel	56
Figura 6 Mapa de zonificación sísmica del Perú	59
Figura 7 Distribución del sistema de MDL	63
Figura 8 Inicialización de modelo sistema MDL.....	65
Figura 9 Configuración de rejillas del sistema MDL	65
Figura 10 Definición del concreto $f'c=210$ kg/cm ²	66
Figura 11 Definición del acero de refuerzo $f_y=4,200$ kg/cm ²	66
Figura 12 Sección de MDL.....	67
Figura 13 Sección de losa maciza.....	67
Figura 14 Modelado del sistema MDL.....	68
Figura 15 Distribución de MDL en planta.....	69
Figura 16 Combinaciones de carga para MDL.....	70
Figura 17 Combinaciones de carga.....	70
Figura 18 Peso sísmico sistema MDL	71
Figura 19 Cargas del sistema MDL	71
Figura 20 Asignación de diafragma rígido	72
Figura 21 Discretización del sistema MDL	73
Figura 22 Asignación de coeficiente en X.....	76
Figura 23 Asignación de coeficiente en Y.....	77



Figura 24	Fuerza cortante basal por sismo estático en X	78
Figura 25	Fuerza cortante basal por sismo estático en Y	79
Figura 26	Derivas de entrepiso por sismo estático en X.....	80
Figura 27	Derivas de entrepiso por sismo estático en Y.....	81
Figura 28	Desplazamientos máximos por sismo estático en X	82
Figura 29	Desplazamientos máximos por sismo estático en Y	83
Figura 30	Espectro de diseño en X.....	84
Figura 31	Espectro de diseño en Y	84
Figura 32	Asignación de casos de carga en X	85
Figura 33	Asignación de casos de carga en Y	85
Figura 34	Fuerza cortante por sismo dinámico en X.....	86
Figura 35	Fuerza cortante por sismo dinámico en Y.....	87
Figura 36	Derivas de entrepiso por sismo dinámico en X.....	88
Figura 37	Derivas de entrepiso por sismo dinámico en Y.....	89
Figura 38	Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X.....	90
Figura 39	Desplazamientos máximos por sismo dinámico en Y.....	91
Figura 40	Inicialización del modelo de albañilería confinada.....	96
Figura 41	Configuración de grillas sistema Albañilería	96
Figura 42	Definición del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	97
Figura 43	Definición del acero de refuerzo $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$	97
Figura 44	Definición de la mampostería	98
Figura 45	Sección de muros de muros de albañilería	98
Figura 46	Sección de losa aligerada	99
Figura 47	Modelado del sistema de Albañilería Confinada	99
Figura 48	Distribución de AC en planta	100



Figura 49 Combinaciones de carga para AC	100
Figura 50 Combinaciones de cargas mayoradas.....	101
Figura 51 Peso sísmico sistema AC.....	101
Figura 52 Cargas del Sistema Albañilería Confinada.....	102
Figura 53 Asignación de diafragma rígido al Sistema de AC	103
Figura 54 Discretización del sistema AC	104
Figura 55 Asignación de coeficiente en X.....	107
Figura 56 Asignación de coeficiente en Y.....	108
Figura 57 Fuerza cortante por sismo estático en X.....	109
Figura 58 Fuerza cortante por sismo estático en Y.....	110
Figura 59 Derivas de entrepiso por sismo estático en X.....	111
Figura 60 Derivas de entrepiso por sismo estático en Y.....	112
Figura 61 Desplazamientos máximos por sismo estático en X	113
Figura 62 Desplazamientos máximos por sismo estático en Y	114
Figura 63 Espectro de diseño en X.....	115
Figura 64 Espectro de diseño en Y	115
Figura 65 Asignación de casos de carga en X	116
Figura 66 Asignación de casos de carga en Y	116
Figura 67 Fuerza cortante por sismo dinámico en X.....	117
Figura 68 Fuerza cortante por sismo dinámico en Y.....	118
Figura 69 Deriva por sismo dinámico en X.....	119
Figura 70 Deriva en X por sismo dinámico en Y	120
Figura 71 Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X.....	121
Figura 72 Desplazamientos máximos por sismo dinámico en Y.....	122
Figura 73 Distribución de datos para deriva de MDL en “X”	132



Figura 74 Distribución de datos para deriva de AC en “X”	132
Figura 75 Distribución de datos para deriva de MDL en “Y”	133
Figura 76 Distribución de datos para deriva de AC en “Y”	134
Figura 77 Distribución de datos para deriva de MDL en “X”	135
Figura 78 Distribución de datos para deriva de AC en “X”	135
Figura 79 Distribución de datos para deriva de MDL en “Y”	136
Figura 80 Distribución de datos para deriva de AC en “Y”	137
Figura 81 Derivas máximas por sismo estático en X-Y para MDL y AC	146
Figura 82 Derivas máximas por sismo dinámico en X-Y para MDL y AC	146
Figura 83 Desplazamientos máximos por sismo estático en X-Y para MDL y AC....	147
Figura 84 Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X-Y para MDL y AC .	147
Figura 85 Fuerza cortante por sismo estático en X-Y para MDL y AC	149
Figura 86 Fuerza cortante por sismo dinámico en X-Y para MDL y AC	149



ACRÓNIMOS Y NOTACIÓN

AC:	Albañilería Confinada
ACI:	American Concrete Institute
EMS:	Estudio de Mecánica de Suelos
ETABS:	Extend Three Dimensional Analysis of Building System.
MDL:	Muros de Ductilidad Limitada
SENCICO:	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción
A_g :	Área bruta de la sección
A_{sf} :	Área de acero vertical por corte fricción en columna de confinamiento
A_{st} :	Área total de refuerzo longitudinal no preesforzada
A_v :	Área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento “S”
b_w :	Ancho del alma del elemento
C:	Factor de amplificación sísmica
CM:	Carga muerta
CV:	Carga viva
CS:	Carga de sismo
C_T :	Coficiente para estimar el periodo fundamental de un edificio
d_i :	Desplazamientos laterales del centro de masa del nivel “i” en traslación pura
d:	Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide de refuerzo longitudinal en tracción
e_i :	Excentricidad accidental en el nivel “i”



e :	Espesor de losa o espesor bruto del muro
E_c :	Módulo de elasticidad de concreto
E_s :	Módulo de elasticidad del acero
E_m :	Módulo de la albañilería
f'_b :	Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería
f'_m :	Resistencia a la compresión de la albañilería
F_i :	Fuerza sísmica horizontal en el nivel "i"
f_i :	Fuerza lateral en el nivel "i"
g :	Aceleración de la gravedad
G_m :	Módulo de corte de la albañilería
h_i :	Altura del nivel "i" con relación al nivel del terreno
h_n :	Altura total de la edificación en metros
I_a :	Factor de irregularidad en altura
I_p :	Factor de irregularidad en planta
k :	Exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T)
L_n :	Menor Luz libre
L :	Longitud de muro portante
M_{tt} :	Momento torsor accidental en el nivel "i"
m :	Número de modos usados en la combinación modal
n :	Número de pisos del edificio para el análisis sísmico
N :	Número de pisos del edificio para el sistema de albañilería
\bar{N}_{60} :	Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar
P :	Peso total de la edificación
P_i :	Peso del nivel "i"



P_m :	Carga gravitacional de servicio máxima en muro
$P_{nm\acute{a}x}$:	Máximo valor permitido de P_n
P_{on} :	Resistencia nominal inicial
R :	Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas
R_0 :	Coefficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas
R_n :	Resistencia nominal del elemento
R_u :	Resistencia última del elemento
s :	Espaciamiento del refuerzo transversal
S :	Factor de amplificación del suelo
S_a :	Espectro de pseudo aceleraciones
\bar{S}_u :	Promedio ponderado de la resistencia al corte en la condición no drenada
t :	Espesor efectivo del muro portante
T :	Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico
T_P :	Periodo que define la plataforma del factor “C”
T_L :	Periodo que define el inicio de la zona del factor “C” con desplazamiento constante plataforma del factor “C”
U :	Factor de uso o importancia
V :	Fuerza cortante en la base
V_c :	Resistencia a cortante del concreto
V_n :	Resistencia nominal a cortante
V_s :	Resistencia a cortante del acero de refuerzo
V_u :	Resistencia última a cortante
\bar{V}_s :	Velocidad promedio de propagación de ondas de corte



$Z:$	Factor de zona
$\phi:$	Factor de reducción de resistencia
$\delta:$	Factor de confinamiento de columna
$v_m:$	Resistencia al corte de la albañilería
$\alpha_i:$	Coefficiente relacionado a la fuerza sísmica de entrepiso
$\sigma_m:$	Esfuerzo axial máximo en un muro



RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el centro poblado de Alto Puno, región de Puno. La investigación contempló una vivienda multifamiliar de cinco niveles, configurada bajo los sistemas estructurales de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en un área de 224.40 m². El objetivo general fue Comparar la respuesta estructural y costos de construcción para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de un edificio en el centro poblado Alto Puno – 2023. La imposición de cargas se realizó en base a la E.020 Cargas; el estudio de mecánica de suelos, se realizó en base a la E.050 Suelos y Cimentaciones; el diseño de elementos portantes de muros de ductilidad limitada se realizó en base a la E.060 Concreto Armado; el diseño de elementos portantes de albañilería confinada se realizó en base a la E.070 Albañilería; el diseño sismorresistente de ambos sistemas se realizó en base a la E.030 Diseño Sismorresistente. Se aplicó el método de análisis estático y dinámico modal espectral. La comparación de costos de construcción se realizó mediante presupuestos. Los resultados fueron: En dirección “X” para MDL, se obtuvo un valor promedio de deriva que representa el 51 % del valor promedio de deriva de la AC. Por otro lado, en dirección “Y” para MDL, se obtuvo un valor promedio de deriva que representa el 37 % del valor promedio de deriva de la AC. Asimismo, en dirección “X” para MDL, se obtuvo un valor de promedio de fuerza cortante que representa el 85 % del valor promedio de fuerza cortante de la AC. Por otro lado, en dirección “Y” para MDL, se obtuvo un valor de promedio de fuerza cortante que representa el 77 % del valor promedio de fuerza cortante de la AC. Por otro lado, del análisis de costos de construcción se obtuvo que el sistema estructural de Albañilería Confinada representa el 81% del costo de construcción de Muros de Ductilidad Limitada.

Palabras Clave: Configuración estructural, Costo unitario, Deriva, Fuerza cortante.



ABSTRACT

The present study was developed in the Alto Puno population center, Puno region. The investigation contemplated a five-level multi-family dwelling, configured under the structural systems of limited ductility walls and confined masonry in an area of 224.40 m². The general objective was to compare the structural response and construction costs for limited ductility walls and confined masonry of a building in the Alto Puno population center - 2023. The imposition of loads was carried out based on E.020 Loads; the soil mechanics study was carried out based on E.050 Soils and Foundations; the design of load-bearing elements of limited ductility walls was carried out based on E.060 Reinforced Concrete; the design of load-bearing elements of confined masonry was carried out based on E.070 Masonry; The earthquake resistant design of both systems was carried out based on E.030 Earthquake Resistant Design. The modal spectral static and dynamic analysis method was applied. The construction costs were compared using budgets. The results were: In the “X” direction for MDL, an average drift value was obtained that represents 51 % of the average drift value of the AC. On the other hand, in the “Y” direction for MDL, an average drift value was obtained that represents 37 % of the average drift value of the AC. Likewise, in the “X” direction for MDL, an average shear force value was obtained that represents 85 % of the average shear force value of the AC. On the other hand, in the “Y” direction for MDL, an average shear force value was obtained that represents 77 % of the average shear force value of the AC. On the other hand, from the construction cost analysis it was obtained that the Confined Masonry structural system represents 81% of the construction cost of Limited Ductility Walls.

Keywords: Structural ConFfiguration, Unit cost, Drift, Shear force.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el siglo XXI, Perú, un país rico en historia y diversidad cultural, en donde las grandes urbes como Lima, Arequipa, Trujillo, Cusco, Huancayo, Puno, etc. concentran más del 50% de la población nacional. Debido a ello se evidenció la construcción de edificaciones de manera incontrolable y sin ninguna supervisión de las entidades competentes en la materia (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2024). En su mayoría, nuestra sociedad no toma en consideración las normas técnicas peruanas de diseño para la edificación de sus viviendas, debido a que solo priorizan los costos de construcción, es decir, mano de obra, materiales, equipos y herramientas. Cabe mencionar que, en nuestro país, la albañilería constituye el sistema estructural con mayor presencia, constituyéndose con un 60 % de viviendas edificadas en el Perú (Abanto Castillo, 2017), asimismo, el sistema de muros de ductilidad limitada se constituye como una alternativa de construcción a la albañilería por ser de mayor practicidad, debido a que se constituye de muros delgados de concreto armado de fácil encofrado. Por otro lado, los códigos de diseño sísmico resistentes del Perú abarcan metodologías para evaluar las demandas sísmicas y las reacciones estructurales, delineando así las características de resistencia y rigidez requeridas que deben poseer los edificios de acuerdo con su importancia, posicionamiento geográfico y configuración estructural (SENCICO, 2020a).

El presente estudio tiene como objetivo, comparar la respuesta estructural y costos de construcción para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de un edificio en el centro poblado Alto Puno – 2023; para ello, se tomó como muestra de estudio una vivienda de cinco niveles ubicada en el centro poblado de Alto Puno configurada por dos sistemas estructurales, es decir, el sistema estructural de muros de ductilidad limitada y



el de albañilería confinada, posteriormente se analizó y diseñó la vivienda tomando en consideración los límites máximos permisibles para las derivas contempladas en la Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente; para finalizar se realizó una evaluación comparativa de costos de construcción para ambos sistemas estructurales

En el capítulo I se abordó la introducción al tema de estudio, el planteamiento del problema, hipótesis, objetivos y la justificación del estudio.

En el capítulo II se abordó los antecedentes, marco teórico, marco conceptual, marco normativo legal.

En el capítulo III se abordó la caracterización del área de estudio, los materiales, métodos y técnicas empleadas por cada objetivo planteado. Asimismo, se señaló la metodología empleada y el análisis estadístico del estudio.

En el capítulo IV se abordó los resultados obtenidos en la presente investigación, y se generó discusión de los resultados obtenidos en contraste con los resultados de investigaciones previas contempladas en el capítulo II de revisión de literatura. Los resultados obtenidos fueron contrastados por cada objetivo planteado.

En la sección de Conclusiones se expuso de manera concisa los resultados obtenidos en el capítulo IV con el fin de cumplir los objetivos del capítulo I.

En la sección de Recomendaciones se realizó sugerencias a futuras investigaciones y limitaciones encontradas en el presente estudio.

En la sección de Referencias bibliográficas se consideró todos los autores que fueron necesarios para la elaboración del trabajo de investigación.

Finalmente se contempló los Anexos.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

En el 2010, Haití sufrió un terremoto de siete grados de magnitud que casi extermina su población y sus infraestructuras, debido a que el país no estaba preparado para hacerle frente al evento sísmico (Desikachari, 2014, p. 135).

El evento sísmico $M_w = 8.8$ ocurrido el 27 de febrero de 2010 en Chile es reconocido como uno de los terremotos más importantes documentados por la instrumentación hasta el momento, posicionándose como el segundo más poderoso en los anales de la historia telúrica de la nación y como uno de los diez más potentes a nivel mundial (Contreras & Winckler, 2013).

El Perú se encuentra en un área vulnerable a la ocurrencia de terremotos, debido a que está ubicada en la zona donde la placa tectónica de Nazca se subduce con la Placa Sudamericana, formando parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, en donde se registran más del 80 % de los movimientos sísmicos a nivel mundial (CEPLAN, 2021, p.30).

En este contexto, los ingenieros estructurales deben diseñar y construir edificios con la estructuración del sistema pertinente (albañilería, aporticada, muros de ductilidad limitada, dual, etc), de acuerdo a los códigos y normativas de diseño, de tal manera, permita dotar a la estructura de una respuesta eficiente frente a la demanda sísmica y de gravedad. Por otro lado, en la actualidad, en la ciudad de Puno, específicamente en el centro poblado de Alto Puno se presencia la construcción de viviendas con diseños inapropiados y procesos constructivos deficientes, muchas veces sin algún tipo de asistencia técnica y con materiales inapropiados, muchas veces por abaratar costos. La presente investigación tiene



como objetivo, Comparar la respuesta estructural y costos de construcción para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de un edificio en el centro poblado Alto Puno – 2023.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

- ¿Cómo se relaciona la respuesta estructural y los costos de construcción de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cómo se relacionan las derivas de entrepiso de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada?
- ¿Cómo se relacionan las fuerzas cortantes de entrepiso de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada?
- ¿Cómo se relacionan los costos de construcción de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada?

1.3. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

1.3.1. Hipótesis general

- La respuesta estructural y los costos de construcción inciden en un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada.



1.3.2. Hipótesis específicas

- Las derivas de entrepiso en un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada son menores en un edificio estructurado con muros de albañilería confinada.
- Las fuerzas cortantes de entrepiso en un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada son menores en un edificio estructurado con muros de albañilería confinada.
- Los costos de construcción en un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada son mayores en un edificio estructurado con muros de albañilería confinada.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.4.1. Importancia del estudio

La presente investigación acarrea mucha importancia, debido a que permitirá que los grupos de interés en la construcción puedan elegir con idoneidad el sistema estructural apropiado, buscando un balance entre la seguridad, funcionalidad y economía de una vivienda multifamiliar.

1.4.2. Relevancia del estudio

El Centro Poblado Alto Puno está emplazado en un espacio de significativa actividad sísmica, lo que plantea un reto significativo en cuanto a la construcción de edificaciones seguras y eficientes. La elección del sistema estructural adecuado es crucial para poner en recaudo la integridad de los ocupantes del edificio, de tal manera se pueda minimizar el riesgo de colapso estructural.



1.4.2.1. Credibilidad

El presente estudio se realizó siguiendo el diagrama de flujo planteado en la Figura 4 (p.53), es decir, partiendo del levantamiento topográfico, prosiguiendo con el estudio de mecánica de suelos (EMS), del cual se recopilaban datos en campo que fueron tratados en laboratorio, resultados que posteriormente fueron interpretados. Cabe mencionar que las pruebas de suelos fueron tratadas en gabinete y en laboratorio, este último cuenta con los documentos formales y equipos certificados. Asimismo, cuenta con un profesional calificado, lo cual queda evidenciado en los certificados de resultados adjuntados en el Anexo 3 y los certificados de los equipos utilizados. Asimismo, se realizó la consulta a múltiples fuentes de información, como el análisis numérico (software de modelado estructural, ETABS V.20), revisión bibliográfica de normas técnicas peruanas (NTP E.030 Diseño Sismorresistente, E.060 Concreto Armado, E.050 Suelos y Cimentaciones, E.020 Cargas, E.070 Albañilería), y entrevistas con expertos en ingeniería estructural. Este análisis sistemático de la información permitirá contrastar y validar los resultados obtenidos.

1.4.2.2. Transferibilidad

El presente estudio tiene como una de sus características, que es replicable a otros contextos de espacio-tiempo, debido a que las variables de estudio inciden directamente en la toma de decisiones para la elección del sistema de muros de ductilidad frente al sistema de albañilería confinada, considerando sus costos de construcción y la respuesta estructural frente a las cargas laterales de carácter sísmico y de gravedad.



1.4.2.3. Fidelidad

El presente estudio se realizó respetando la normativa establecida en nuestro contexto nacional, asimismo, se siguió los procedimientos contemplados en el diagrama de flujo de la Figura 4 (p.53), partiendo desde el estudio topográfico, el estudio del terreno a través de los ensayos en suelos, el predimensionamiento de los elementos estructurales, el estudio sismorresistente, y finalmente la estimación de los presupuestos para ambos sistemas estructurales.

1.4.2.4. Confirmabilidad

El presente estudio se desarrolló siguiendo el diagrama de flujo de la Figura 4 (p.53), el cual tuvo una secuencia lógica para la recolección, tratamiento, procesamiento de datos, cuyos resultados permitieron responder las preguntas de investigación y dar las conclusiones respectivas del estudio. Cabe mencionar que los procedimientos aplicados en el presente estudio son estándares, en tal sentido se puede mencionar como ejemplo el uso del programa ETABS V.20, software utilizado para el análisis y diseño de edificios, el cual se integran de exactos procedimientos numéricos, y los procesos de diseño y códigos internacionales de diseño, que funcionan juntos de manera sistemática. Además del uso de estándares normativos, de las cuales podemos mencionar, las normas técnicas peruanas, E.030 Diseño Sismorresistente, E.070 Albañilería, E.060 Concreto Armado. Asimismo, se puede mencionar que se tomó en consideración la aplicación del método de análisis estático y el modal espectral, el cual se hace mención a lo consignado en la norma E.30 Diseño



Sismorresistente, tomando en consideración como datos de entrada los parámetros de sísmicos, así podemos mencionar, factor zona, factor uso o importancia, factor suelo, coeficiente de reducción sísmica, coeficiente de amplificación sísmica. La estimación de los presupuestos para ambos sistemas se realizó mediante el software de S10 Costos y Presupuestos, en los cuales se trabajaron con costos de recursos actuales al ámbito de estudio.

1.4.3. Consecuencias del estudio

Con el presente estudio se pretende que en un futuro lograr edificar viviendas adecuadas partiendo de una adecuada estructuración y/o configuración estructural de tal manera dotar a la vivienda la seguridad necesaria, funcionalidad y economía al someterse el edificio a las cargas laterales de sismo y las verticales de gravedad. Asimismo, brindar conocimiento para fines metodológicos de análisis sismorresistente y tratamiento de datos económicos.

1.4.4. Limitaciones del estudio

Las limitaciones que provocaron que el estudio no llegue a ser abordado en su amplitud fueron: el desarrollo de un estudio de mecánica de suelos más allá de la roca madre, debido a que se encontró roca a una profundidad de 0.80 m estrato sobre el cual se decidió realizar la cimentación. Asimismo, tomando en consideración que la geología es variable en sus diferentes estratos, del mismo modo cabe mencionar que, el centro poblado de Alto Puno y el Departamento de Puno no cuenta con edificaciones edificadas mediante los muros de ductilidad limitada, lo que imposibilitó ejecutar un procedimiento apropiado para la recabación de la data respectiva de campo.



1.4.5. Cuestiones éticas

El presente estudio pretende promover una cultura de buenas prácticas constructivas, brindando conocimiento de la importancia de la aplicación de las normas técnicas peruanas, asimismo una adecuada aplicación de los recursos materiales de calidad, personas capacitadas y calificadas, con una dirección técnica idónea; de tal manera, se brindé a la población la calidad de vida necesaria mediante la edificación de viviendas seguras, funcionales y económicas.

1.5. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.5.1. Objetivo general

- Comparar la respuesta estructural y los costos de construcción de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada.

1.5.2. Objetivos específicos

- Comparar las derivas de entrepiso de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada.
- Comparar las fuerzas cortantes de entrepiso de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada.
- Comparar los costos de construcción de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1. Antecedentes internacionales

En 2015, Li y otros realizaron un estudio investigativo titulado “Experimental Evaluation of Seismic Performance of Squat RC Structural Walls with Limited Ductility Reinforcing Details” (evaluación experimental del desempeño sísmico de muros estructurales con menos detalles de refuerzos de ductilidad limitada). El objetivo fue evaluar el comportamiento de los muros de concreto armado frente al sismo considerando una cuantía de acero de confinamiento inferior al recomendado por la ACI 318. Se testearon ocho muros, a los cuales se les impuso una fuerza de confinamiento aplicado en su eje axial con magnitud mínima y a una fuerza lateral de carácter sísmico simulado. Las conclusiones a las que se llevaron fueron el tipo de falla, deriva, resistencia, deformación y la evolución de la energía sísmica en los muros. En los resultados, se demostró que los ocho muros fueron capaces de desarrollar su resistencia a la flexión antes de la falla, lo que es un requisito previo para un desempeño sísmico adecuado. Todos los especímenes, excepto el espécimen LW3, exhibieron un comportamiento más dúctil de lo esperado, incluso si tenían un refuerzo de confinamiento limitado correspondiente en un 13 % al 40 % de la cantidad de refuerzo de confinamiento especificada en ACI 318. Los muros pueden experimentar una deriva de piso promedio de al menos 1.0 % sin una degradación significativa de su resistencia.



Chillagana Anaguano, (2013), realizó una investigación denominada, “Sistemas constructivos de muros de ductilidad limitada aplicados en viviendas de Quito bajo el reglamento del ACI 318S-08 y la norma ecuatoriana de la construcción”. El objetivo planteado fue, desarrollar normas y especificaciones de la norma internacional ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE) y de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2011), de tal manera se pueda hacer uso de manera pertinente en el proceso de diseño y edificación de viviendas de muros de ductilidad limitada. Las conclusiones que se obtuvieron fueron las siguientes: Los desplazamientos relativos de entrepiso, resultaron menores a los máximos permitidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, es decir en la dirección X se tuvo una deriva de 0.0002 y en la dirección Y se tuvo una deriva 0.0001. En ambas direcciones los desplazamientos son menores a lo estipulado por código ecuatoriano de construcción (0.010). Por otro lado, este sistema estructural presenta un menor tiempo de ejecución, menor uso de recursos de mano de obra y menor costo de construcción en comparación al sistema más usado, del cual se obtuvo una diferencia del 15 %.

Páez, (2006), desarrolló la investigación denominada “Tipología estructural de muretes en mampostería solicitados a esfuerzos cortantes” cuyo artículo fue publicado en la Universidad Pedagógica de Colombia. El objetivo fue evaluar la incidencia de unidades de mampostería y el espesor de la junta en la relación al comportamiento de mampostería no reforzada al ser sometida a esfuerzos laterales sísmicos. Se determinó que el comportamiento sismorresistente depende directamente de la rugosidad las unidades de mampostería, pues afecta a la adherencia entre el mortero y la pieza, además se



logró determinar que las distorsiones angulares resultaron 0.5 %, el cual está por debajo del valor indicado por la norma NSR-98.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Navarro Garcia & Osorio Obregon, (2020), desarrollaron su tesis de pregrado titulada: “Análisis comparativo de un edificio de muros de ductilidad limitada de cinco niveles con otro de albañilería distrito de Pucusana”, presentada a la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma. Se planteó como objetivo general, Realizar el análisis comparativo de un edificio de muros de ductilidad limitada de cinco niveles con otro de albañilería distrito de Pucusana. Las conclusiones a las que se llegaron en la investigación fueron las siguientes: se estimó un valor de S/ 389,147.96 para la AC y S/ 504,791.86 para MDL. Obteniendo un 30% de diferencia.

Carnero Arevalo, (2019), en su tesis de pregrado titulada: “Análisis lineal comparativo entre sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada, Lima – 2019”. La tesis planteó como objetivo general, determinar el comportamiento lineal de los sistemas estructurales: Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada frente a la amenaza sísmica. La investigación fue tipificada como aplicada de enfoque cuantitativa, no experimental y transversal, con niveles descriptivo, explicativo y correlacional. Las conclusiones a las que se llegaron fueron: la distorsión en el eje X fue 0.000427 para MDL y 0.001771 para AC. Asimismo, la distorsión para el eje Y fue 0.000438 para MDL y 0.001073 para AC.

Deza Espinoza & Orihuela Collazos, (2019), en su tesis de pregrado titulada: “Parámetros Comparativos de Albañilería Confinada y Muros de



Ductilidad Limitada del Edificio Multifamiliar de Cinco Niveles, Residencial Araya en el Distrito de Santiago de Surco – 2019”. La tesis planteó como objetivo general, Establecer los parámetros óptimos para la construcción de una vivienda multifamiliar de cinco niveles construida con los sistemas estructurales de Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada en el distrito de Santiago de Surco. Las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes: se estimó un valor de S/ 204,990.11 para la AC y S/ 261,315.90 para MDL. Obteniendo un 30% de diferencia.

Cáceres Cáceres & Enríquez Ranilla, (2017), en su tesis de pregrado titulada: “Análisis de Costos, Diseño Sismorresistente- Estructural Comparativo entre los Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Estructural de un Edificio Multifamiliar”. La tesis planteó como objetivo general, realizar una comparación entre la respuesta sísmica de una edificación de Albañilería estructural y una edificación de muros de concreto armado e identificar el sistema constructivo más económico, mediante una comparación de análisis de costos unitarios. Las conclusiones a la que se llegaron fueron: Las conclusiones a las que se llegaron fueron: la fuerza cortante en el eje X fue 143.39 tonf para MDL y 195.44 tonf para AC. Asimismo, la fuerza cortante para el eje Y fue 131.79 tonf para MDL y 176.10 tonf para AC.

Quiroz Cruzado & Quispe Rodríguez, (2016), realizaron una investigación titulada, “Comparación del Comportamiento Estructural de una Vivienda Multifamiliar Proyectada Mediante los Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada en la Ciudad de Cajamarca”. El objetivo de la Investigación fue, comparar el comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y



albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca. Las conclusiones a las que se llegaron fueron: la distorsión en el eje X fue 0.001680 para MDL y 0.001846 para AC. Asimismo, la distorsión para el eje Y fue 0.00350 para MDL y 0.0039 para AC.

2.1.3. Antecedentes locales

Llerena Pariapaza, (2021), en su tesis de pregrado titulada: “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”. La tesis tuvo como objetivo, Evaluar 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. Las conclusiones a las que llegó en la presente investigación fueron: El análisis sísmico estático para muros de ductilidad limitada presentó una deriva máxima de 0.00259 que representa el 51.9 % del 0.05 estipulado por la norma y para el análisis dinámico una deriva máxima de 0.00185 que representa 37.08 % del 0.05 estipulado por la norma. Por otro lado, el sistema de muros de ductilidad limitada tiene una fuerza cortante promedio 324.90 tonf y 214.67 tonf para el análisis estático y dinámico respectivamente. El costo para muros de ductilidad limitada fue S/ 495,997.72.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistema de muros de ductilidad limitada

Configuración estructural que contrarresta las fuerzas laterales causados por los movimientos telúricos y las fuerzas de verticales de gravedad, aplicados en ejes de análisis, los muros de mínimo espesor de concreto armado solo pueden soportar desplazamientos inelásticos significativos. En este sistema de muros



portantes se configura con una sola malla de acero vertical en razón de ser un elemento de espesor reducido (SENCICO, 2020a, pp. 165-166).

2.2.2. Sistema de albañilería confinada

La albañilería o mampostería es un sistema de elementos de mampostería adheridas por una clase de mortero que puede ser de barro o cemento. Los elementos de mampostería pueden ser piedras, ladrillos tapias o bloques. Este sistema fue creado con fines de vivienda (San Bartolomé Ramos, 1994, p.2).

La albañilería es un componente estructural constituido por elementos adheridos con mortero. Esta tiene una resistencia idónea a la fuerza uniaxial de compresión, propiamente por sus unidades macizas, y, sin embargo, tiene una baja resistencia a la resistencia a la tracción (Gallegos & Casabonne, 2005, p.19).

Albañilería confinada constituida por un marco perimetral de concreto armado, colocado tras ejecutar la mampostería, adherida las unidades macizas con una mezcla de arena gruesa, un cementante y agua que cumpla la especificación. Siendo la cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel (SENCICO, 2020b, p.15).

2.2.3. Efectos sísmicos en los edificios

El terreno en el cual se emplazan las estructuras, son inducidas a movimientos vibratorios, los cuales generan daños importantes y en muchos casos el colapso de la estructura. Las edificaciones resisten con relativa facilidad los movimientos verticales, sin embargo, los movimientos horizontales son los de mayor incidencia en lo que respecta a la generación de daños y deformaciones (Abanto Castillo, 2017, p.34).



2.2.4. Criterios de estructuración y diseño

Para el presente apartado se tomará en consideración lo presentado por el Ingeniero Blanco Blasco, (1999), en su libro Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado.

2.2.4.1. Simplicidad y simetría

El ingeniero estructural predice de mejor manera el comportamiento sismorresistente de una estructura simple que el de una compleja. asimismo, la idealización de los elementos estructurales es más eficaz para un sistema estructural simple que para una intrincada.

La simetría de una estructura debe concebirse en las dos direcciones principales, X e Y; la asimetría produce efectos torsionales.

2.2.4.2. Resistencia y ductilidad

Debe considerarse en los dos ejes ortogonales la resistencia a las fuerzas sísmicas, y que por consiguiente tenga la estabilidad del edificio.

La fuerza sísmica se establece para magnitudes intermedias de las sollicitaciones, asignando al edificio de una capacidad resistente menor de la máxima, debiéndose complementarse el saldo con la capacidad de deformación que debe desarrollar la estructura antes de fallar; a este concepto se le denomina ductilidad.

2.2.4.3. Hiperestaticidad y monolitismo

Para el diseño de una estructura, se debe adoptar el criterio de disposición hiperestática de la edificación. Este criterio permite que la



estructura trabaje con rótulas plásticas, quienes se encargan de disipar energía, dotando de esta manera una mayor seguridad a la edificación.

2.2.4.4. Uniformidad y continuidad de la estructura

Una edificación debe estar estructurada, de tal manera tenga la capacidad de mantener continuidad en planta y altura, y por consiguiente evite la concentración de esfuerzos y dote a la estructura de una uniformidad en la rigidez de cada elemento estructural.

2.2.4.5. Rigidez lateral

Los sismos se manifiestan mediante fuerzas laterales en las dos direcciones principales (X e Y), por lo cual es necesario que el ingeniero estructural tenga la experiencia de estructurar la vivienda con componentes que doten rigidez en los lados, de tal forma se evite que la estructura desarrolle deformaciones significativas, que puedan generar daños.

2.2.5. Métodos de análisis estructural

En el presente estudio se desarrolla los métodos de análisis estático y dinámico con las solicitaciones sísmicas reducidas (SENCICO, 2020a, pp.25-26).

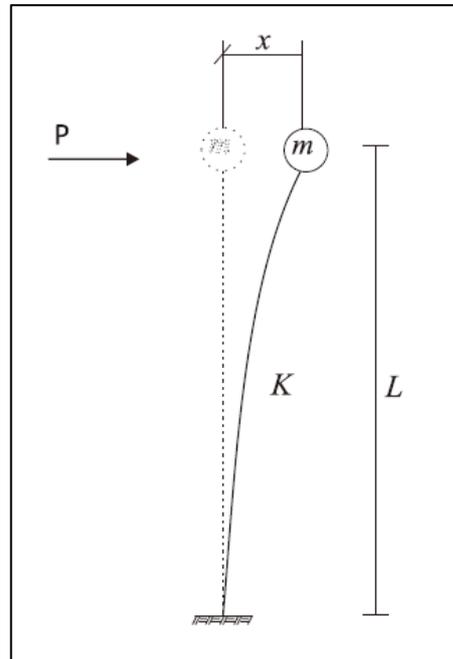
2.2.5.1. Análisis estático

Análisis en el que se aplican cargas laterales a través del centro de masas por nivel del inmueble, cargas laterales que generan desplazamientos en direcciones distintas, incluso en direcciones verticales.

Este modelo representativo es ampliamente usado para análisis de cargas laterales de eventos telúricos (Ver Figura 1).

Figura 1

Representación de la fuerza sísmica (P)



Nota. Fuente, Dinámica Estructural, (Delgado Contreras, 2011, p.17).

Este análisis debe ser aplicado para todo tipo de estructuras regulares e irregulares localizadas en la zona uno. En edificaciones regulares de no mayor de 30 m de altura ubicadas en las demás zonas, y para edificaciones con muros portantes de muros portantes de concreto armado y albañilería confinada no mayor a 15 m de altura, sin importar que sea irregular (SENCICO, 2020a, p.26).

La fuerza cortante en la base viene expresada en la ecuación 1:

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P \quad (1)$$

Donde:

V: Fuerza cortante en la base

Z: Factor zona



U: Factor de uso o importancia

C: Factor de amplificación sísmica

S: Factor de amplificación del suelo

R: Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas

P: Peso total de la edificación

2.2.5.2. Análisis dinámico modal espectral

Este método implica analizar cualquier tipo de estructuras y hacer uso de los hallazgos proveniente de la investigación dinámica por composición modal espectral.

Por cada eje incidente analizado se consideran aquellos modos de vibración, donde el total de masas efectivas comprenda al sumo un 90% de la masa total, por lo que se considera toma a lo sumo los primeros tres modos incidentes en los ejes de estudiados.

La aceleración espectral para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por la ecuación 2:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g \quad (2)$$

Donde:

Sa: Espectro de pseudo aceleraciones

Z: Factor zona

U: Factor de uso o importancia

C: Factor de amplificación sísmica

S: Factor de amplificación del suelo

R: Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas

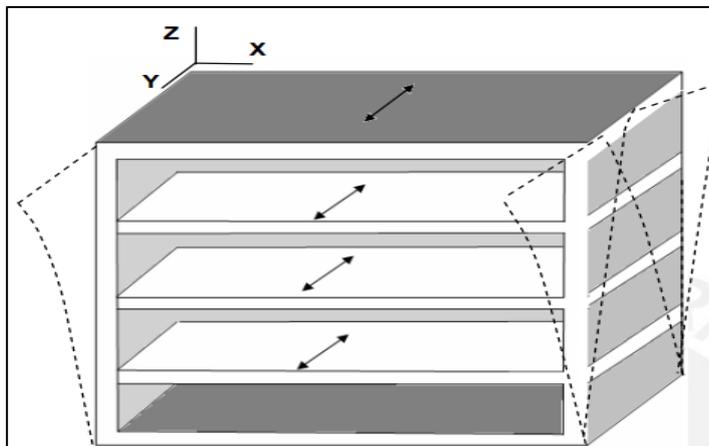
g: Aceleración de la gravedad

2.2.6. Aplicación de diafragma rígido

Los diafragmas rígidos se constituyen por losas de entrepiso y losas de techo que, al suscitarse las fuerzas sísmicas, este se desplaza sin deformarse, asimismo, genera que los elementos estructurales verticales se desplacen en una misma cantidad como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Desplazamientos de diafragma rígido en las losas



Nota. Fuente: <https://www.lis.ucr.ac.cr/25>.

2.3. MARCO NORMATIVO LEGAL

La imposición de cargas se ejecutó a través de la E.020 Cargas; el estudio del terreno, a través de ensayos en suelos, se realizó en base a la norma E.050 Suelos y Cimentaciones; el diseño de elementos portantes de muros de ductilidad limitada se realizó en base a la norma E.060 Concreto Armado; el diseño de componentes soportantes de albañilería contorneada perimetralmente, se ejecutó en base a la norma E.070



Albañilería; el diseño sismorresistente de ambos sistemas estructurales se realizó en base a la norma E.030 Diseño Sismorresistente. Se trabajó con el análisis de fuerza equivalente y el análisis dinámico espectral.

- E.020 Cargas
- E.050 Suelos y Cimentaciones
- E.060 Concreto Armado
- E.070 Albañilería
- E.030 Diseño Sismorresistente

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Localización del área de estudio

El presente trabajo de estudio abordó un edificio de uso multifamiliar de cinco niveles, el cual se ubica en el departamento, provincia y distrito de Puno; específicamente en el centro poblado de Alto Puno, en el Jr. Maravillas S/N. En la Figura 3 se muestra la ubicación específica.

Figura 3

Localización del área de estudio



Nota: El área de estudio se enmarca resaltado en color amarillo.

A continuación, en la Tabla 1, se presenta las coordenadas UTM del área de estudio:

Tabla 1

Coordenadas UTM del área de estudio

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)
01	389,287.24	8'250,953.84	4,004.00
02	389,288.52	8'250,934.64	4,005.00
03	389,324.20	8'250,934.45	4,005.00
04	389,320.77	8'250,953.28	4,004.00

Nota: Se consideró cuatro puntos para la delimitación.

3.2. MATERIALES E INSTRUMENTOS DE ESTUDIO

Los materiales, herramientas, equipos e instrumentos tecnológicos aplicados en la presente tesis fueron los siguientes:

3.2.1. Materiales bibliográficos

Contemplados como libros, artículos, tesis, revistas, normativa técnica, manuales, etc. Consultado para la ejecución del presente estudio.

3.2.2. Materiales, herramientas y equipos de campo

Contemplados como materiales: tablero A4, bolígrafo, papel bond, bolsas de plástico, cinta scotch, estacas de madera, yeso, cordel, guantes, mandil, zapato de seguridad, protector, chaleco de seguridad. Asimismo, se contempla herramientas como: pico, pala, barreta, combo, flexómetro y wincha. Por último, se considera equipos como: estación total, calculadora y GPS.

3.2.3. Materiales, herramientas y equipos de laboratorio

Contemplados como materiales, se tiene: recipientes, taras, mallas para el cribado de suelo, tablero A4, bolígrafo, papel bond, bolsas de plástico, cinta



scotch, agua, espátulas, guantes, mandil, zapato de seguridad, protector, chaleco se seguridad. Asimismo, se contempla herramientas como: espátulas, cuchillo, pico, pala, combo y flexómetro. Por último, se considera equipos como: copa de Casagrande, horno, balanza digital, reloj, equipo de compresión uniaxial para la rotura de roca, computadora, calculadora e impresora.

3.2.4. Instrumentos computacionales

Los programas utilizados para la presente investigación fueron los siguiente:

- Software Autocad V.2021
- S10 Costos y Presupuestos
- Excel V.2013
- Software SPSS Statistic V.25
- Software ETABS V.20

3.2.5. Instrumentos de ingeniería

Constituido por material técnico de consulta, es decir normativa nacional y códigos internacionales, específicamente lo referente a las normas técnicas peruanas siguientes:

- E.020 Cargas
- E.050 Suelos y Cimentaciones
- E.060 Concreto Armado
- E.070 Albañilería
- E.030 Diseño Sismorresistente



3.3. MÉTODOLÓGÍA DEL ESTUDIO

3.3.1. Tipo de investigación

Según la planificación de las mediciones es prospectivo, según la cantidad de medidas de las variables en indagación es transversal, según la cantidad de variables analíticas es analítico, según la finalidad de la investigación es aplicada.

3.3.2. Enfoque de investigación

El enfoque de investigación aplicado en la presente tesis es cuantitativo, atendiendo a los datos a tratar y con base en el cálculo de cifras numéricas.

3.3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación adaptado para la presente tesis es correlacional, atendiendo a las variables de estudio.

3.3.4. Método de investigación

El método de investigación adaptado en el presente estudio es deductivo, en razón a que se realizó un razonamiento lógico que infiere conclusiones a partir de premisas generales hasta llegar a lo particular.

3.3.5. Diseño de investigación

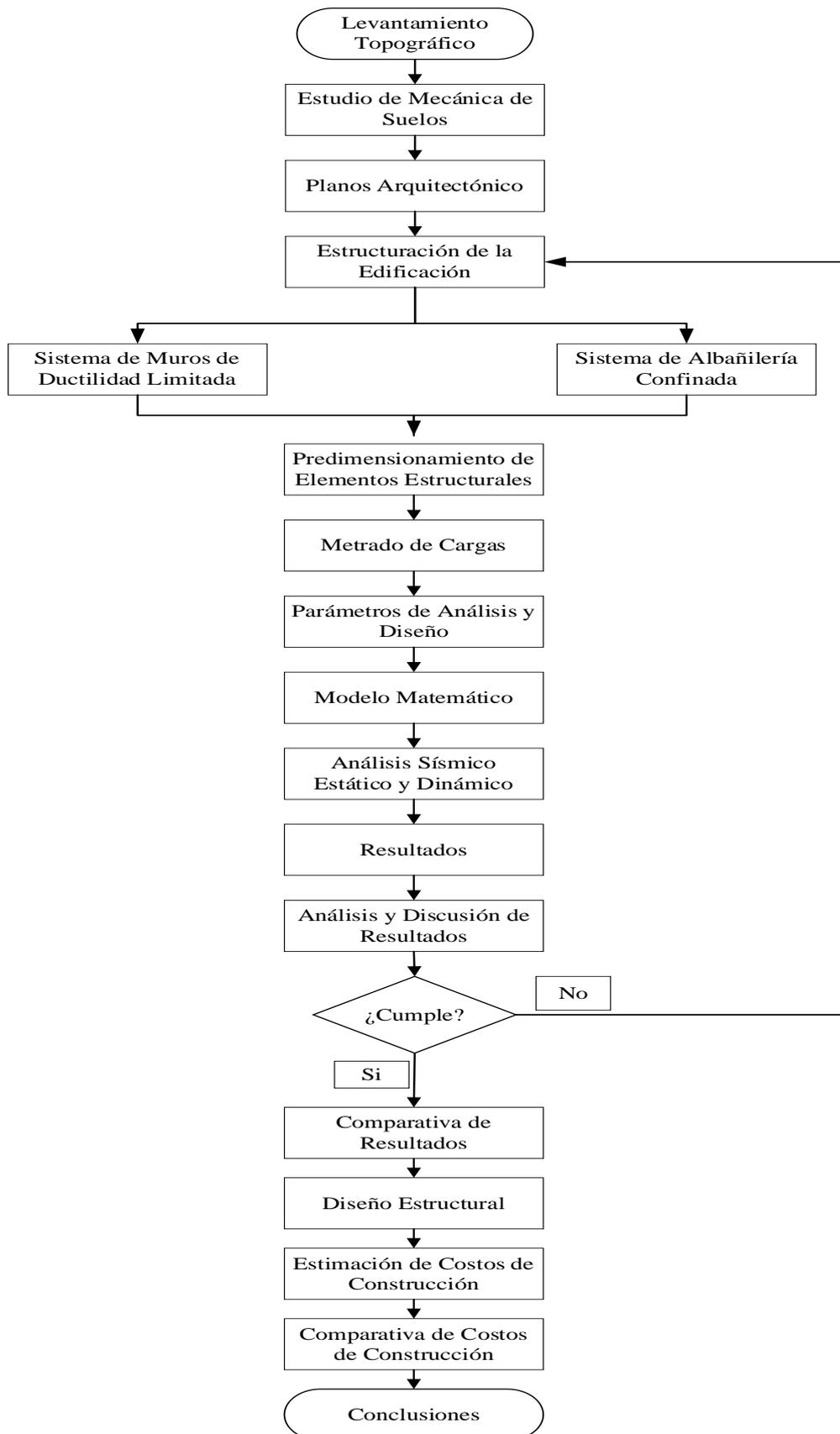
El diseño de este estudio es no experimental-observacional, porque que no se manipularon intencionalmente los datos de las variables.

3.3.6. Proceso de investigación

Para la ejecución del presente estudio investigativo, se realizó el siguiente proceso representado en la Figura 4.

Figura 4

Diagrama de flujo del proceso del estudio





3.3.7. Población y muestra

3.3.7.1. Población

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 174)

Para la presente investigación, se seleccionó una población constituida por 300 viviendas multifamiliares de cinco niveles, ubicada en el centro poblado de alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, construidas bajo los sistemas de Muros de ductilidad limitada y bajo el sistema de albañilería confinada.

3.3.7.2. Muestra

La muestra es un grupo pequeño significativo del total, es decir, la población en análisis sobre el cual se recolectan atributos, el cual debe evaluarse y seleccionarse tomando en consideración los criterios analíticos de la estadística con la respectiva precisión, además de que debe ser representativo de la población (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 173).

Para el presente estudio, se seleccionó una muestra de clase no probabilística de muestreo por conveniencia, esto por la disponibilidad de datos y costos de análisis de una muestra probabilística. Por lo tanto, solo será objeto de análisis un edificio de uso multifamiliar de cinco pisos, emplazado en la urbe denominado, Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, diseñada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y el sistema de albañilería confinada.



3.3.8. Recolección de datos

3.3.8.1. Levantamiento topográfico

Consistió en el proceso de obtener información detallada sobre la superficie del terreno en estudio, incluyendo características geológicas y geomorfológicas, como coordenadas, altitudes, pendientes, etc.

3.3.8.2. Estudio de mecánica de suelos

De acuerdo a los ensayos de mecánica de suelos contemplados en el Anexo 3, se obtuvo las siguientes características del terreno:

- Nivel de agua freática: No Presenta
- Tipo de suelo/roca: Ígnea-volcánica-extrusiva denominado pumita de color gris oscuro
- Profundidad de la cimentación: 1.20 m.
- Esfuerzo admisible del terreno: 11.05 kg/cm^2
- Densidad Húmeda: 1.735 gr/cm^3
- Tipo de cimentación: Losa de cimentación (MDL)

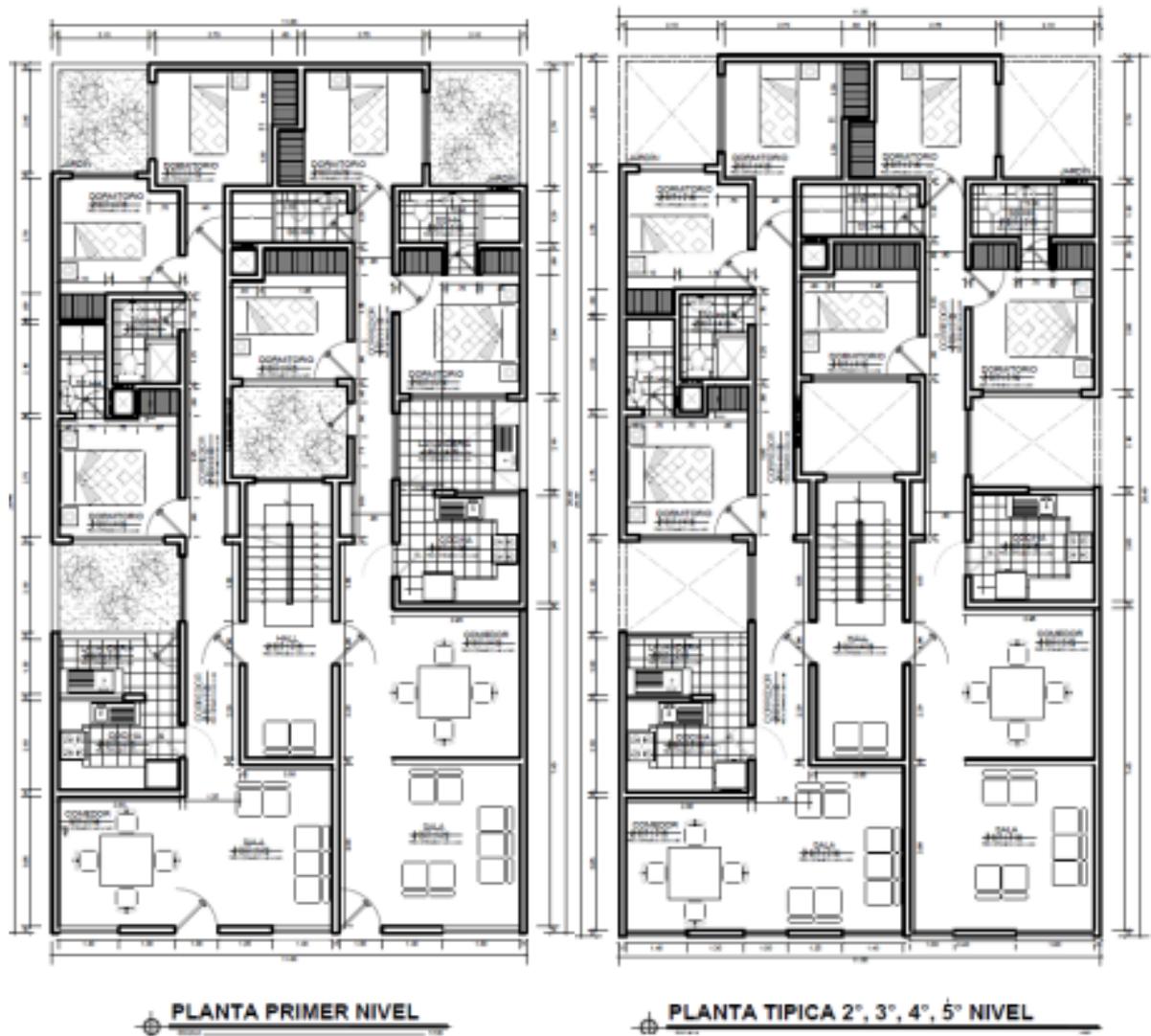
3.3.8.3. Plano arquitectónico del proyecto

El proyecto arquitectónico contempla un inmueble de uso multifamiliar de cinco niveles, con un área de 224.40 m^2 , interconectada por una escalera que llega hasta la azotea. El primer nivel consta de dos dormitorios matrimoniales, cuatro dormitorios simples, dos comedores, dos salas, dos lavanderías, dos cocinas y cuatro SS.HH. Los niveles superiores, desde el segundo al quinto son típicos y consta de dos dormitorios matrimoniales, cuatro dormitorios simples dos comedores,

dos salas, una lavanderías, dos cocinas y cuatro SS.HH., cabe mencionar que la limitación del número de pisos de la vivienda a construirse esta en base a la premisa de la comparativa de ambos sistemas estructurales, siendo el sistema de albañilería que determina el límite de pisos, cinco niveles como máximo establecido por la normativa E.070, Albañilería. La vivienda no tendrá ascensor por ser de cinco niveles, por lo cual la comunicación entre niveles se hizo mediante escaleras (Ver Figura 5).

Figura 5

Plano arquitectónico del primer al quinto nivel



Nota: Se observa la primera planta y las plantas típicas del segundo al quinto nivel.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PROPIEDADES PARA ELEMENTOS DE MDL

Se consideraron las siguientes características de los materiales, es decir el concreto y acero de refuerzo, los cuales se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2

Propiedades de los elementos de concreto armado

Propiedad	Valor
Resistencia a compresión simple del concreto:	$f_c = 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Peso específico del concreto armado:	$\gamma_c = 2,400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$
Esfuerzo de fluencia del acero:	$f_y = 4,200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de Elasticidad del acero:	$E_s = 2'000,000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de Elasticidad del concreto: (Artículo 8.5.2 E.060)	$E_c = 15,000\sqrt{f_c} \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de rigidez al esfuerzo cortante del concreto (Artículo 8.5.4 E.060):	$G_c = \frac{E_c}{2.3} \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de Poisson del concreto:	$\nu_c = \frac{E_c}{2G_c} - 1$

4.2. PROPIEDADES PARA ELEMENTOS DE AC

Se consideraron las siguientes características de los materiales, es decir del concreto, acero de refuerzo y de las unidades de albañilería, los cuales se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3*Propiedades de los elementos de albañilería confinada*

Propiedad	Valor
Resistencia a compresión simple del concreto:	$f'_c = 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Peso específico del concreto armado:	$\gamma_c = 2,400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$
Esfuerzo de fluencia del acero:	$f_y = 4,200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de Elasticidad del acero:	$E_s = 2'000,000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de Elasticidad del concreto: (Artículo 8.5.2 E.060)	$E_c = 15,000\sqrt{f'_c} \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de rigidez al esfuerzo cortante del concreto (Artículo 8.5.4 E.060):	$G_c = \frac{E_c}{2.3} \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de Poisson del concreto:	$\nu_c = \frac{E_c}{2G_c} - 1$
Resistencia a la compresión axial de la unidad de albañilería	$f'_b = 145 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Resistencia a la compresión axial en pilas	$f'_m = 65 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Resistencia al corte en muretes	$V'_m = 8.10 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de elasticidad ($E_m = 500f'_m$)	$E_m = 32,500 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Módulo de corte ($G_m = 0.4E_m$)	$G_m = 13,000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

4.3. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS SÍSMICOS

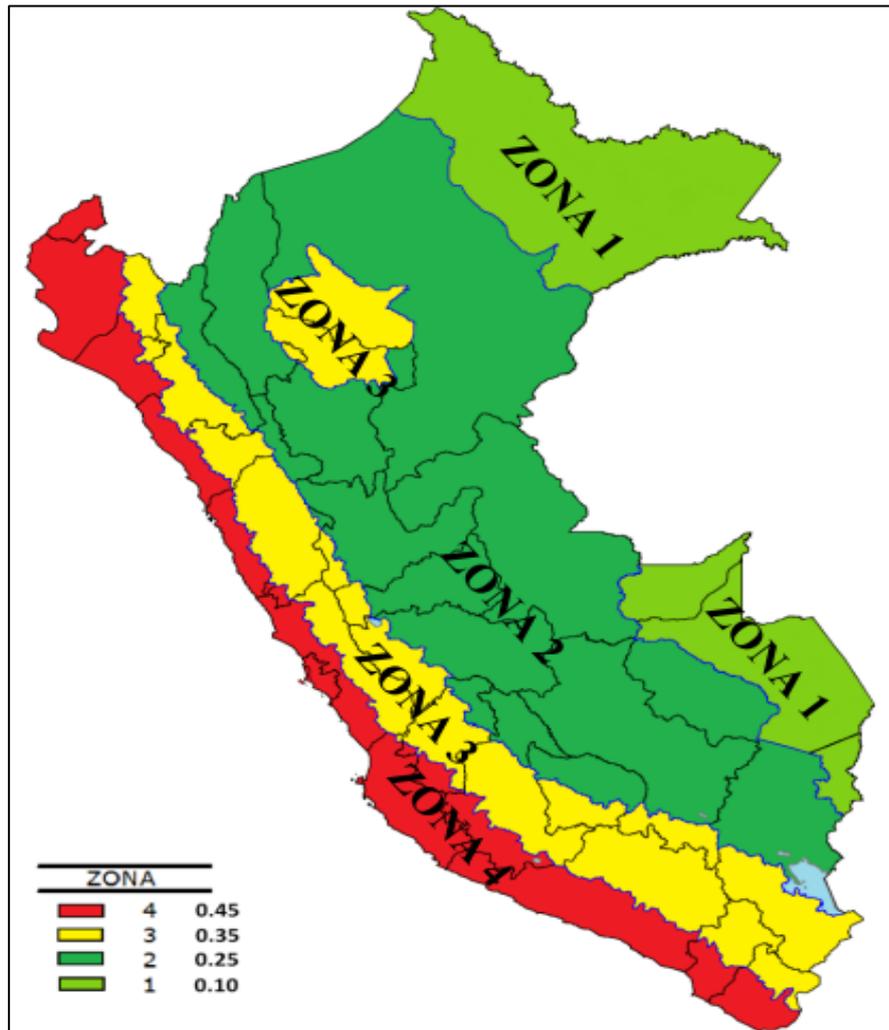
4.3.1. Zonificación sísmica

El Perú se divide en cuatro zonas sísmicas (Ver Figura 6), la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con

la distancia epicentral, a su vez la información geotectónica (SENCICO, 2020, P.12).

Figura 6

Mapa de zonificación sísmica del Perú



Nota: Se observa cuatro zonas sísmicas.

4.3.2. Perfil del suelo

Para la presente investigación, en concordancia al estudio del terreno mediante ensayos en suelos, se tuvo en cuenta un terreno rocoso correspondiente a una roca ígnea, volcánica-extrusiva denominado pumita de color gris oscuro. El cual se ubicó a una profundidad de 0.80 m. cabe mencionar que no presenta nivel freático.

4.3.3. Parámetros de sitio (S, TP, TL)

Para determinar los parámetros de sitio en mención, se consideró lo establecido en la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente (Ver Tabla 4):

Tabla 4

Factor de suelo “S”

FACTORES DE SUELO “S”				
ZONA\SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

Nota. Fuente E.030 Diseño Sismorresistente.

Asimismo, se define los periodos T_L y T_P mostradas en la Tabla 5:

Tabla 5

Periodos T_L y T_P

PERIODOS “T _L ” y “T _P ”				
	Perfil del suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
T _L (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Nota. Fuente E.030 Diseño Sismorresistente.

4.3.4. Factor de amplificación sísmica (C)

Según los parámetros de sitio definidos previamente, se consideró las ecuaciones 3, 4, 5 y 6 establecidas en la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente:

$$\text{Si, } T < T_p$$

Entonces,

$$C = 2.5 \quad (3)$$

Si, $T_p < T < T_L$

Entonces,

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) \quad (4)$$

Si, $T > T_L$

Entonces,

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right) \quad (5)$$

Asimismo, no se debe considerar periodos cortos:

Si, $T < 0.2T_p$

Entonces,

$$C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p}\right) \quad (6)$$

El factor “C”, se comprende como la mayoración de la aceleración estructural respecto de la aceleración del terreno.

4.3.5. Categoría de la edificación y factor uso (U)

De acuerdo a la clasificación de las estructuras de la norma técnica peruana E.030 Diseño Sismorresistente, nuestro edificio en estudio, corresponde a la categoría “C”, EDIFICACIONES COMUNES, es decir viviendas. Por tanto, el factor de uso o importancia tiene un valor de $U = 1$.

4.3.6. Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmica (R)

Este factor fue hallado por la multiplicación del factor R_0 por los factores correspondientes a la irregularidad en planta (I_p) y en altura (I_a). Los valores para

estos factores de irregularidad en planta y en altura, están establecidos en la norma técnica peruana, E.030 Diseño Sismorresistente se muestran en la ecuación 7:

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad (7)$$

4.4. SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

4.4.1. Cargas de diseño

- Sobre carga (S/C) en Dormitorios: 200 kg/m²
- Sobre carga (S/C) en Corredor: 200 kg/ m²
- Sobre carga (S/C) en Azotea: 100 kg/ m²
- Peso propio de acabados pisos y cielorrasos: 100 kg/ m²
- Peso propio de acabados en azoteas: 100 kg/ m²
- Peso propio de losa maciza (h=0.12m): 288 kg/ m²

4.4.2. Predimensionamiento de elementos estructurales

4.4.2.1. Losa maciza

Se hizo uso de la ecuación 8 para determinar el peralte de la losa:

$$h \geq \frac{\text{Perímetro}}{180} \quad (8)$$

Para uniformizar el peralte de la losa maciza en cada planta, se optó por elegir el paño más crítico, es decir el de mayor perímetro situado entre los ejes 1-6 y A-C.

$$h \geq \frac{20.80 \text{ m}}{180} = 0.115 \cong 0.12 \text{ m}$$

En consecuencia, se optó por tomar un peralte de losa maciza de 0.12 m

4.4.2.2. Muros de ductilidad

Se hizo uso de la ecuación 9 para determinar el espesor del muro, para nuestro caso se consideró una altura libre de 2.80 m (Ver Figura 7):

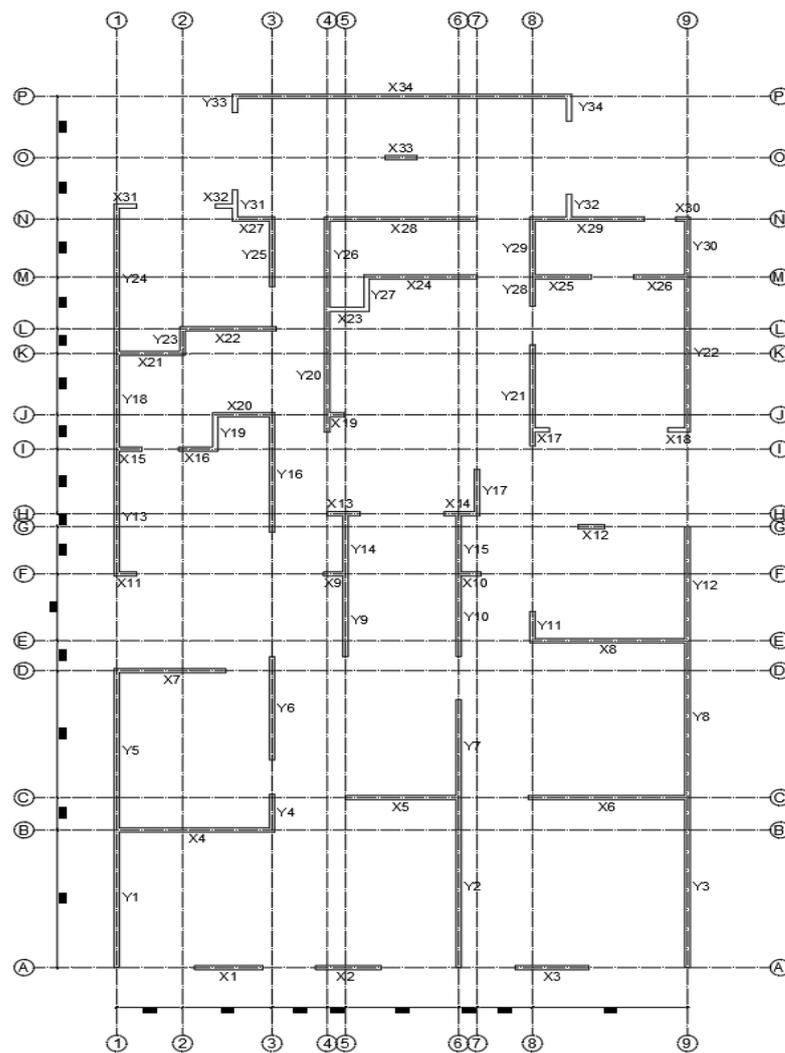
$$E \geq \frac{\text{Altura libre}}{180} \quad (9)$$

$$E \geq \frac{2.80 \text{ m}}{180} = 0.11 \text{ m}$$

En consecuencia, se optó por un espesor de muro de 0.10 m.

Figura 7

Distribución del sistema de MDL



Nota: Se observa la codificación de muros en el eje X e Y.

4.4.3. Metrado de cargas para MDL

4.4.3.1. Losa maciza

Los pesos verticales de gravedad impuestos en las losas macizas están compuestos por el peso propio, la sobrecarga permanente del piso terminado, carga viva de cada nivel y carga viva de techo, todas estas cargas están estipuladas en la norma técnica E.020, para lo cual se elaboró la Tabla 6 en el cual se contempla las cargas de losas por nivel.

Tabla 6

Metrado de cargas de losa maciza

Elemento Estructural	Espesor Losa (m)	Peso Propio (kg/m²)	Piso Terminado (kg/m²)	Carga Viva (kg/m²)
Losa 1° Nivel	0.12	288.00	100.00	200.00
Losa 2° Nivel	0.12	288.00	100.00	200.00
Losa 3° Nivel	0.12	288.00	100.00	200.00
Losa 4° Nivel	0.12	288.00	100.00	200.00
Losa 5° Nivel	0.12	288.00	100.00	100.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.3.2. Muros de ductilidad limitada

Para determinar la cantidad de cargas expresadas numéricamente, se consideró los valores de los materiales contemplados en la Tabla 2.

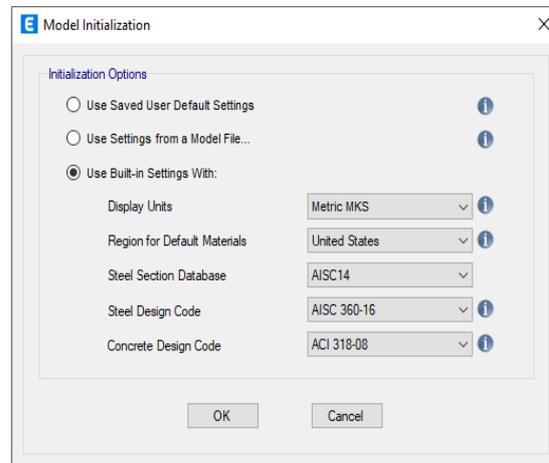
4.4.4. Modelamiento estructural

4.4.4.1. Inicio del modelo estructural

La configuración del modelo, se realizó mediante las siguientes definiciones presentadas en la Figura 8.

Figura 8

Inicialización de modelo sistema MDL



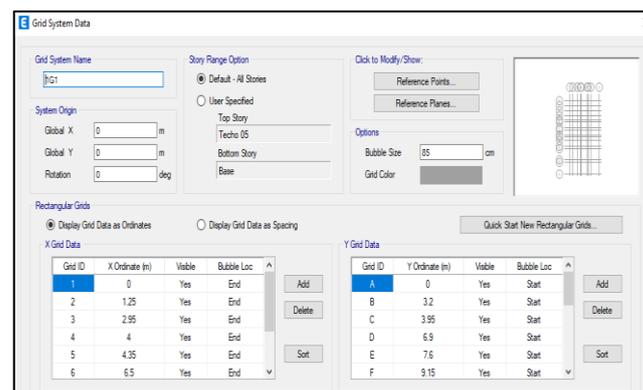
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.4.2. Configuración de rejillas

Esta configuración se realizó de acuerdo a los ejes, tanto en las direcciones X e Y (Ver Figura 9).

Figura 9

Configuración de rejillas del sistema MDL



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.4.3. Definición de materiales

La definición de materiales en el programa, se consideró la Figura 22, en base a ello se planteó las siguientes configuraciones presentadas en la Figura 10 y Figura 11.

Figura 10

Definición del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Material Property Data dialog box showing the definition of concrete material properties. The Material Name is "Concreto f'c= 210 kgf/cm²", Material Type is "Concrete", and Directional Symmetry Type is "Isotropic". The Material Weight and Mass section is set to "Specify Weight Density" with a Weight per Unit Volume of 2400 kgf/m³ and a Mass per Unit Volume of 244.732 kgf-s²/m⁴. The Mechanical Property Data section includes Modulus of Elasticity, E (217370.65 kgf/cm²), Poisson's Ratio, U (0.25), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000099 1/C), and Shear Modulus, G (86948.26 kgf/cm²). The Design Property Data section has a button for "Modify/Show Material Property Design Data...". The Advanced Material Property Data section includes buttons for "Nonlinear Material Data...", "Material Damping Properties...", and "Time Dependent Properties...". The Modulus of Rupture for Cracked Deflections section is set to "Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)".

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 11

Definición del acero de refuerzo $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$

Material Property Data dialog box showing the definition of reinforcement steel material properties. The Material Name is "Acero fy= 4200 kgf/cm²", Material Type is "Rebar", and Directional Symmetry Type is "Uniaxial". The Material Weight and Mass section is set to "Specify Weight Density" with a Weight per Unit Volume of 7849.05 kgf/m³ and a Mass per Unit Volume of 800.38 kgf-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 button for "Modify/Show Material Property Design Data...". The Advanced Material Property Data section includes buttons for "Nonlinear Material Data...", "Material Damping Properties...", and "Time Dependent Properties...".

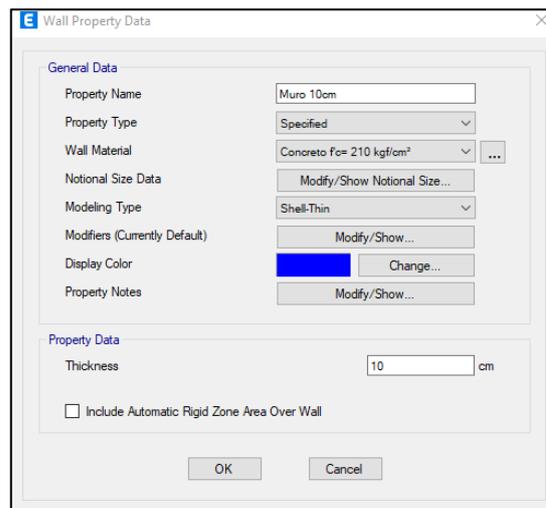
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.4.4. Definición de secciones para MDL

Las secciones que se consideraron para los muros y losas macizas, son las que fueron determinadas por el predimensionamiento de los elementos en mención (Ver Figura 12 y Figura 13).

Figura 12

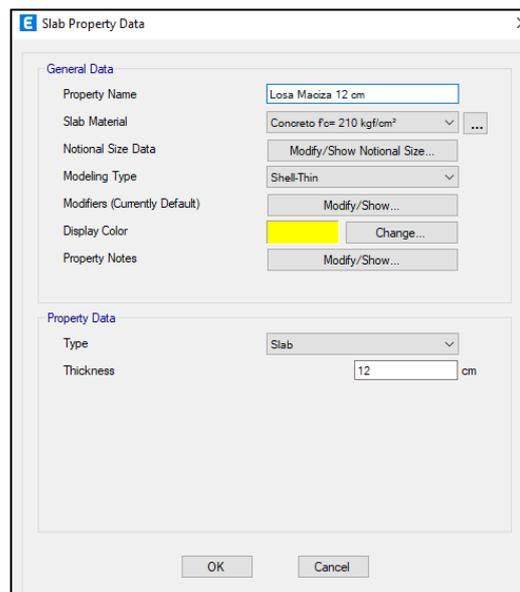
Sección de MDL



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 13

Sección de losa maciza



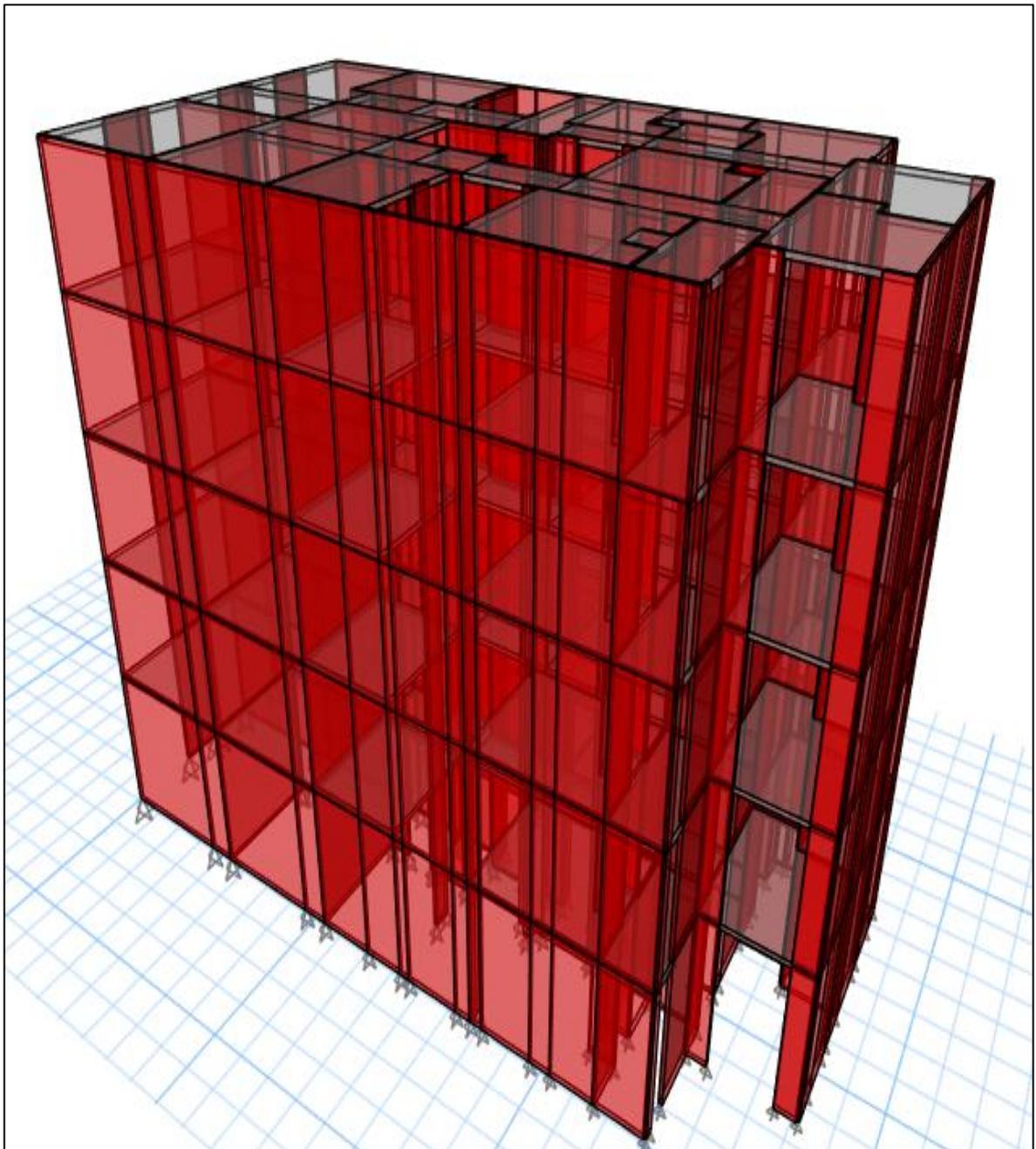
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.4.5. Modelado de MDL

Se modeló los elementos estructurales del sistema muros de ductilidad limitada en el programa, de acuerdo con la definición de material y sección respectiva (Ver Figura 14 y Figura 15).

Figura 14

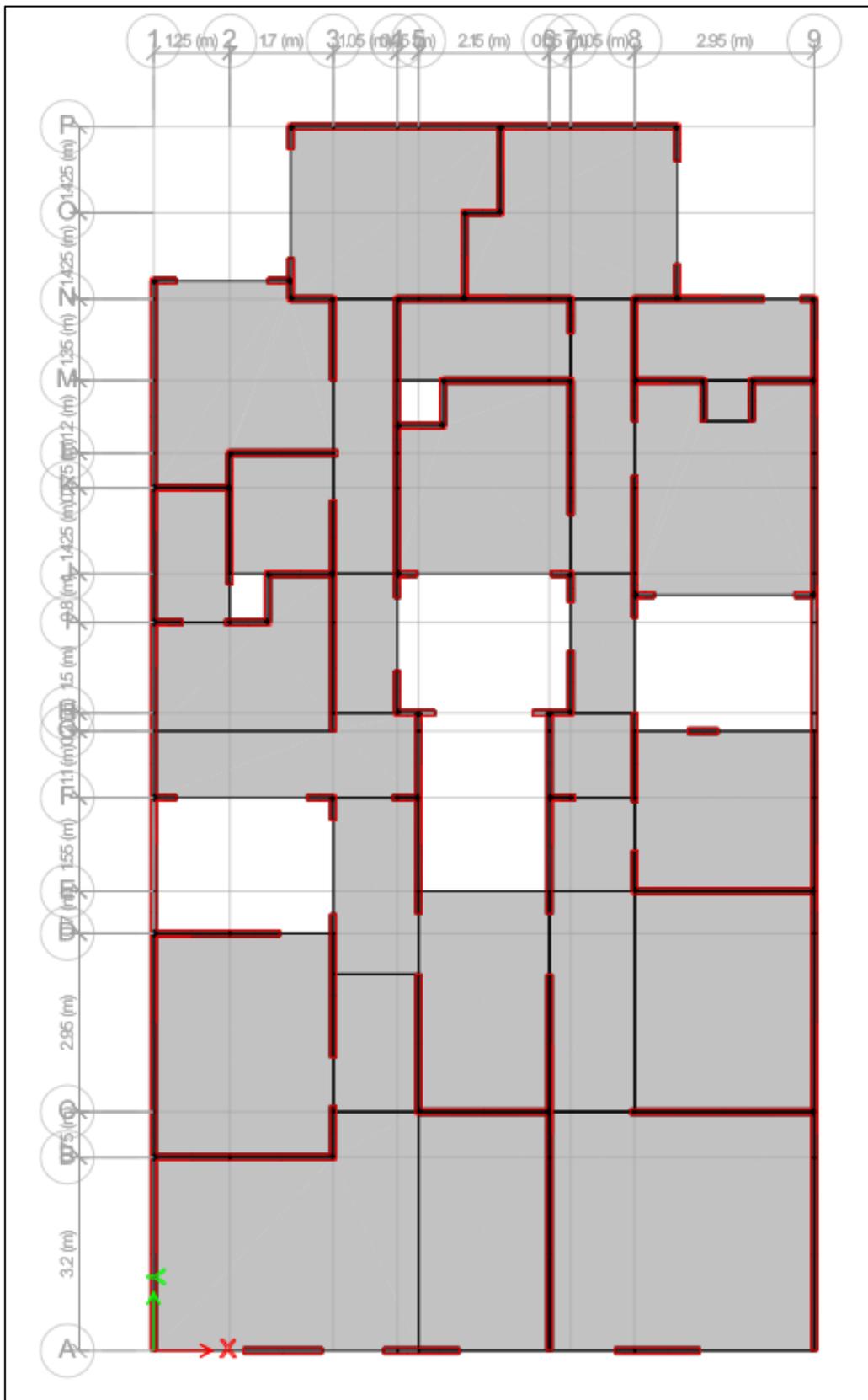
Modelado del sistema MDL



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 15

Distribución de MDL en planta



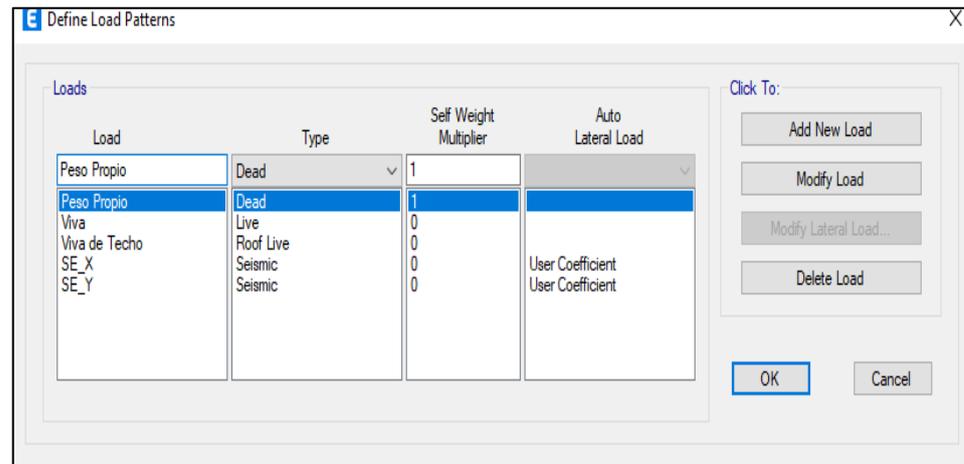
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.4.6. Cargas y combinaciones

La impuso de cargas al modelo contemplando cargas por peso propio, cargas vivas por nivel y cargas vivas de techo (Ver Figura 16).

Figura 16

Combinaciones de carga para MDL

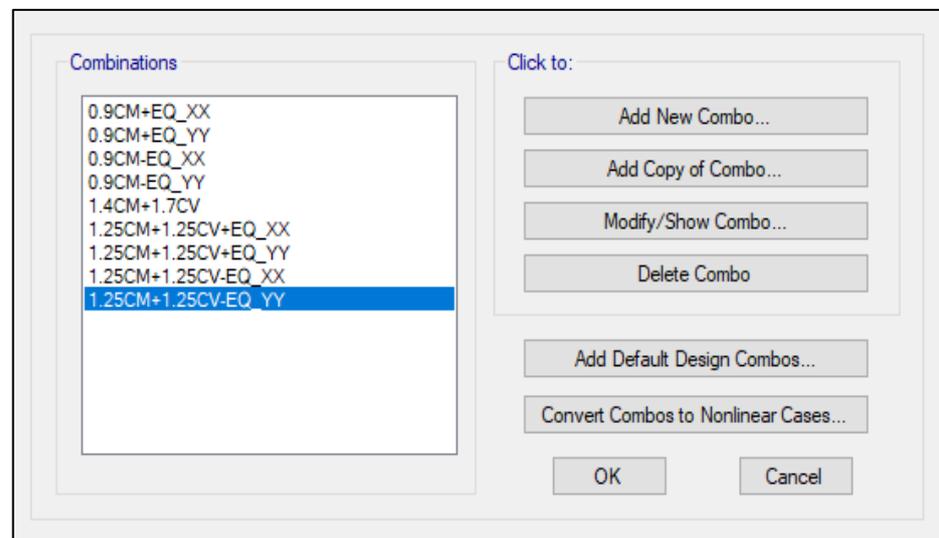


Nota: Reporte de ETABS V.20.

Para el diseño de los elementos estructurales se consideró las combinaciones de carga contemplada en norma E.060 (Ver Figura 17).

Figura 17

Combinaciones de carga



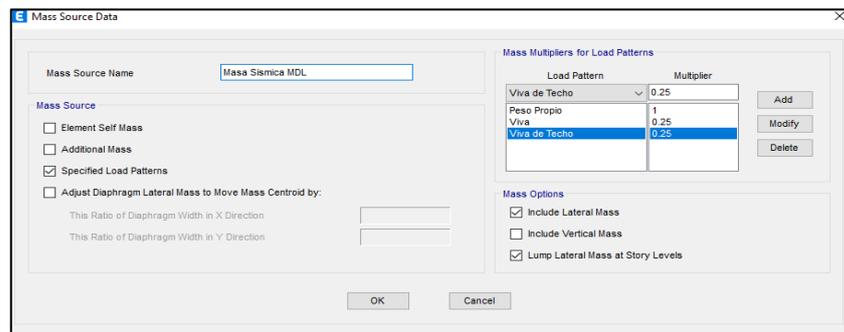
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.4.7. Estimación del peso

La determinación del peso sísmico se realizó según la norma técnica E.030, la cual contempla que, para la categoría C, viviendas, se debe tomar el 25 % de la Carga viva (Ver Figura 18).

Figura 18

Peso sísmico sistema MDL



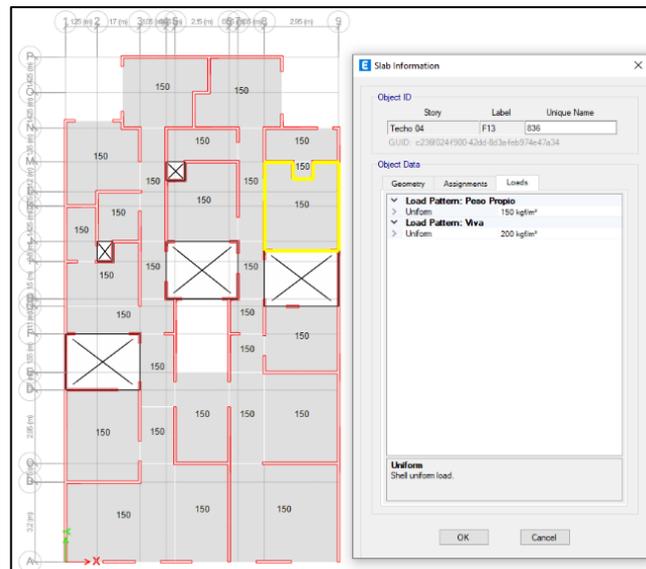
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.4.8. Asignación de cargas a la estructura

Se asignó carga muerta y viva a la estructura (Ver Figura 19).

Figura 19

Cargas del sistema MDL



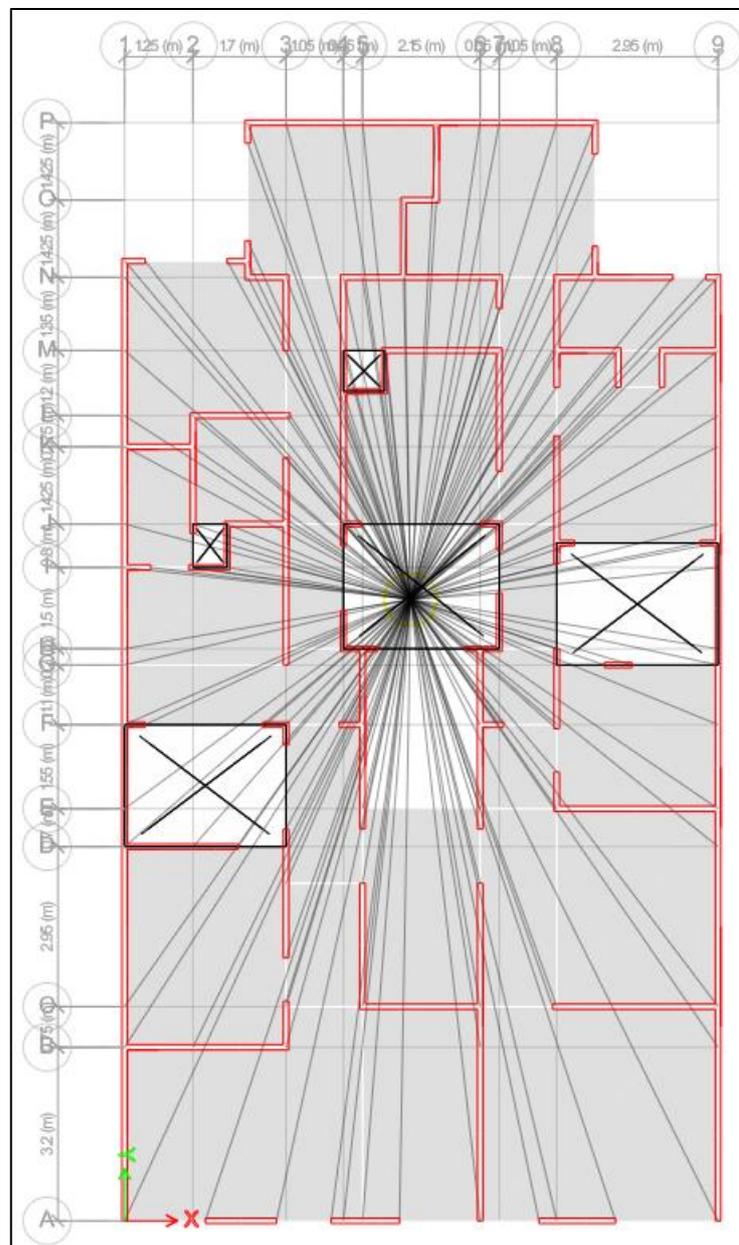
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.4.9. Definición de diafragma rígido de entrepiso

Para el modelo, se tomaron en cuenta diafragmas rígidos en el plano horizontal en cada entrepiso, lo que significaría que el movimiento de los nudos estaría vinculado al movimiento del centro de masas de cada piso del inmueble. (Ver Figura 20).

Figura 20

Asignación de diafragma rígido



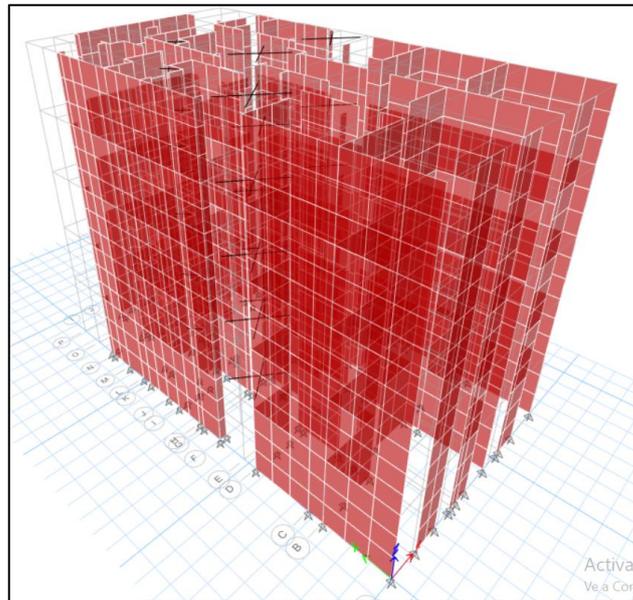
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.4.10. Discretización de MDL

El proceso de descomposición de los elementos fue realizado en una malla individual de $0.50 \times 0.50 \text{ m}^2$ (Ver Figura 21).

Figura 21

Discretización del sistema MDL



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.5. Análisis estático

4.4.5.1. Selección de parámetros sísmicos

Se consideró los siguientes valores, de acuerdo a la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

- Zona sísmica = 3
- Factor de Zona (Z) = 0.35
- Perfil de Suelo = S1 (Roca o Suelo muy rígido)
- Factor de uso (U) = 1.00
- Factor de Suelo (S) = 1.00

4.4.5.2. Periodo fundamental (T)

Se consideró un periodo fundamental para ambas direcciones principales X e Y, según contempla la norma técnica E.030. Asimismo, esta se expresa mediante la ecuación 10:

$$T \geq \frac{h_n}{C_T} \quad (10)$$

Se consideró $C_T = 60$, debido a que, se analizó muros de ductilidad limitada en las direcciones X e Y, por tanto, se expresa:

$$T_X = T_Y = \frac{5 * 3 \text{ m}}{60} = 0.25 \text{ s}$$

Por otro lado, se obtuvo mediante el análisis modal en el programa ETABS V.20, el periodo fundamental, en la dirección X, así como en Y, de $T_X = 0.224 \text{ s}$ y $T_Y = 0.138 \text{ s}$. Los valores se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Participación modal y periodos MDL

Caso	Modo	Periodo (s)	Ux	Uy	Uz
Modal	1	0.224	0.6541	0.0003	0.00
Modal	2	0.138	0.0058	0.6884	0.00
Modal	3	0.134	0.0913	0.0650	0.00
Modal	4	0.056	0.1604	0.0001	0.00
Modal	5	0.036	0.0081	0.1097	0.00
Modal	6	0.035	0.0144	0.0827	0.00
Modal	7	0.027	0.0414	1.214E-05	0.00
Modal	8	0.018	0.0025	0.0192	0.00
Modal	9	0.017	0.0052	0.0202	0.00
Modal	10	0.017	0.0106	0.0009	0.00
Modal	11	0.013	0.0045	5.284E-07	0.00
Modal	12	0.012	0.0006	0.0061	0.00
Modal	13	0.012	0.0006	0.005	0.00
Modal	14	0.01	0.0001	0.0023	0.00
Modal	15	0.01	0.0003	0.0003	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.



4.4.5.3. Factor de amplificación sísmica (C)

La composición perfil de suelo obtenido, corresponde a un S_1 , correspondiente a una roca o suelo muy rígido, por tanto, se tiene:

$$\text{Si, } T_P = 0.4 \text{ y } T_L = 2.5$$

Por tanto, T_X y $T_Y < 0.4$

Por consiguiente, $C_X = C_Y = 2.5$

4.4.5.4. Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)

Para obtener este valor, se realizó el producto del coeficiente R_0 , definido por el sistema estructura, asimismo, se considera irregularidad en altura (I_a) e irregularidad en planta (I_p), El cual se expresa mediante la ecuación 11.

Es decir:

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad (11)$$

Para nuestro proyecto $R_0 = 4$, $I_a = 1$ y $I_p = 1$ por ser regular en altura. Cabe mencionar que se evidenció una irregularidad en el eje “X” por discontinuidad del diafragma, es por ello que se consideró un valor de $I_p = 0.85$.

$$R_x = 4 * 1 * 0.85 = 3.4 \quad \text{y} \quad R_y = 4 * 1 * 1 = 4$$

4.4.5.5. Cálculo de la fuerza cortante en la base

Se determinó la fuerza cortante basal a través de la ecuación 12 para ambas direcciones, vale decir, X e Y:

$$V_X = V_Y = \frac{ZUCS}{R} * P \quad (12)$$

La norma técnica E.30 Diseño Sismorresistente menciona que se debe cumplir la siguiente condición, $\frac{C}{R} \geq 0.11$. por tanto, se obtuvo los siguientes valores:

$$V_X = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1}{3.4} * P$$

$$V_X = 0.257P$$

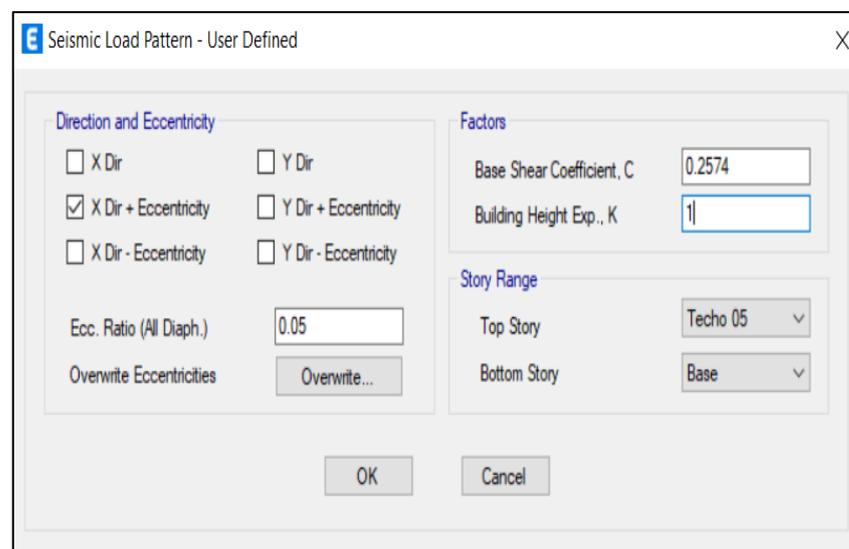
$$V_Y = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1}{4} * P$$

$$V_Y = 0.219P$$

Los valores determinados son considerados en el programa ETABS V.20 para ambas direcciones X e Y, por consiguiente, lo mencionado se aprecia en la Figura 22 y Figura 23:

Figura 22

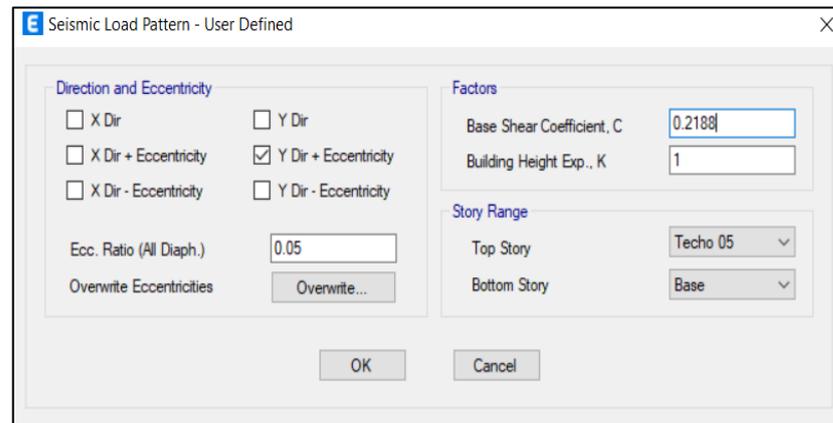
Asignación de coeficiente en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 23

Asignación de coeficiente en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.5.6. Fuerza cortante en la base

Se realizó el análisis estático para Muros de Ductilidad Limitada, del cual se obtuvo las siguientes fuerzas cortantes en el eje X e Y, como se muestra en la Tabla 8 y Tabla 9. Asimismo, se presenta las gráficas en las Figura 24 y Figura 25.

Tabla 8

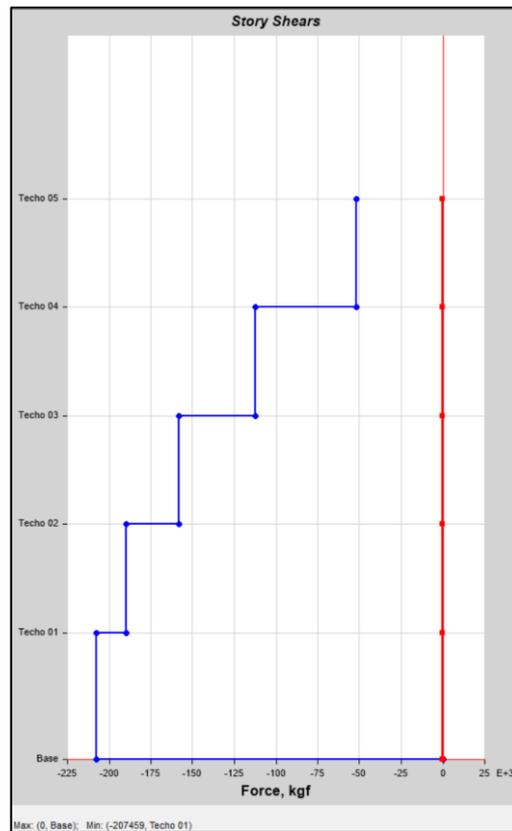
Fuerza cortante basal por sismo estático en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir (kgf)	Y-Dir (kgf)
Techo 05	15.50	Superior	-51,608.70	0.00
		Inferior	-51,608.70	0.00
Techo 04	12.50	Superior	-112,228.87	0.00
		Inferior	-112,228.87	0.00
Techo 03	9.50	Superior	-158,300.21	0.00
		Inferior	-158,300.21	0.00
Techo 02	6.50	Superior	-189,822.69	0.00
		Inferior	-189,822.69	0.00
Techo 01	3.50	Superior	-207,458.70	0.00
		Inferior	-207,458.70	0.00
Base	0.00	Superior	0.00	0.00
		Inferior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 24

Fuerza cortante basal por sismo estático en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 9

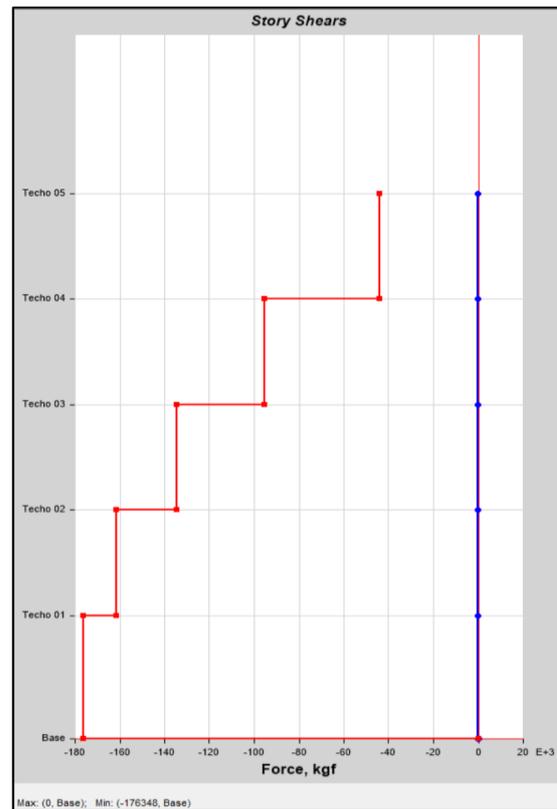
Fuerza cortante basal por sismo estático en Y

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir (kgf)	Y-Dir (kgf)
Techo 05	15.50	Superior	0.00	-43,869.40
		Inferior	0.00	-43,869.40
Techo 04	12.50	Superior	0.00	-95,398.90
		Inferior	0.00	-95,398.90
Techo 03	9.50	Superior	0.00	-134,561.32
		Inferior	0.00	-134,561.32
Techo 02	6.50	Superior	0.00	-161,356.67
		Inferior	0.00	-161,356.67
Techo 01	3.50	Superior	0.00	-176,347.95
		Inferior	0.00	-176,347.95
Base	0.00	Superior	0.00	0.00
		Inferior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 25

Fuerza cortante basal por sismo estático en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.5.7. Derivas máximas

En la Tabla 10 y Tabla 11, se visualiza las derivas máximas para cada nivel, en ambos ejes de análisis, determinadas por el estudio estático. Asimismo, en las Figuras 26 y Figura 27 se observan las gráficas.

Tabla 10

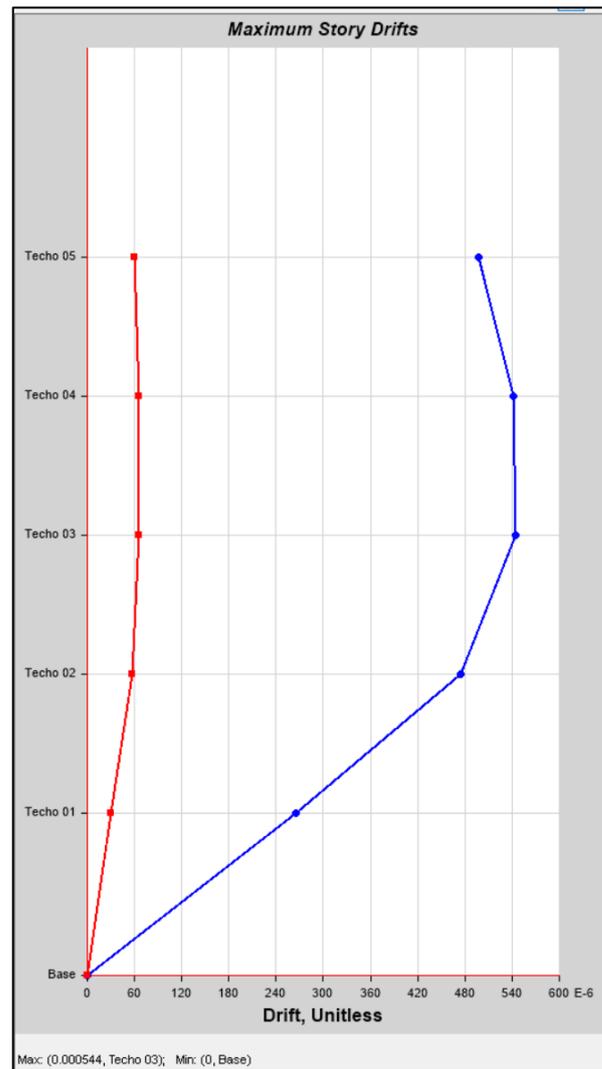
Derivas de entrepiso por sismo estático en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	Dir-X
Techo 05	15.50	Top	0.000497
Techo 04	12.50	Top	0.000541
Techo 03	9.50	Top	0.000544
Techo 02	6.50	Top	0.000474
Techo 01	3.50	Top	0.000266
Base	0.00	Top	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 26

Derivas de entrepiso por sismo estático en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 11

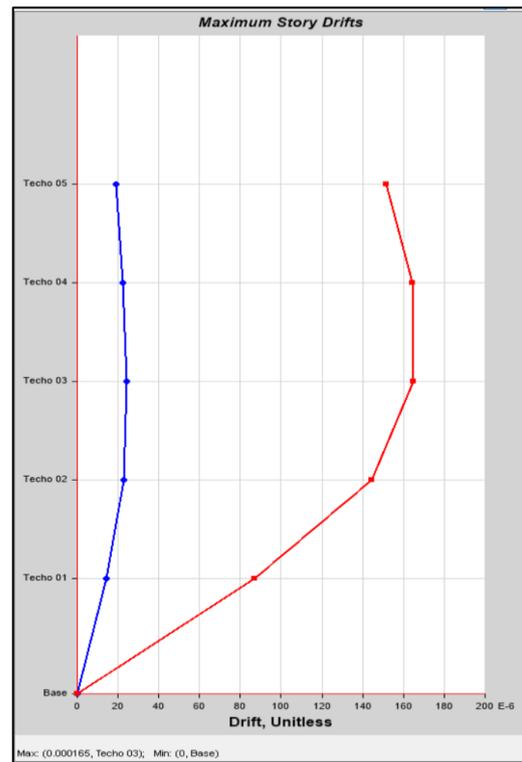
Derivas de entrepiso por sismo estático en Y

Piso	Elevación (m)	Ubicación	Dir-Y
Techo 05	15.50	Superior	0.000152
Techo 04	12.50	Superior	0.000165
Techo 03	9.50	Superior	0.000165
Techo 02	6.50	Superior	0.000144
Techo 01	3.50	Superior	0.000087
Base	0.00	Superior	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 27

Derivas de entrepiso por sismo estático en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.5.8. Desplazamientos máximos

En las Tablas 12 y Tabla 13 se visualiza las derivas máximas para cada nivel, en ambos ejes de análisis, determinadas por el estudio estático. Asimismo, en las Figuras 28 y Figura 29.

Tabla 12

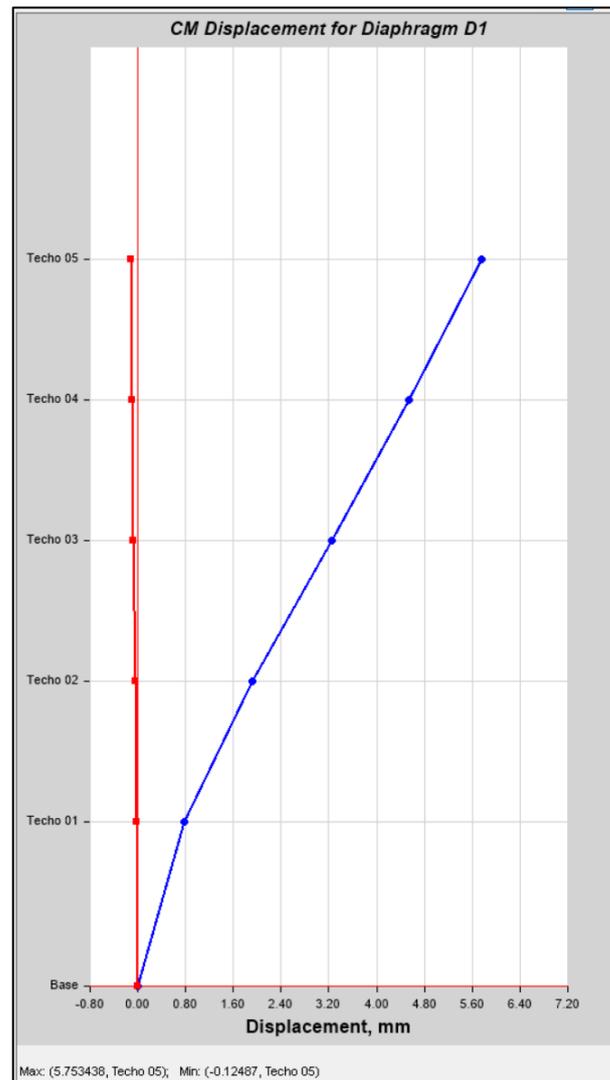
Desplazamientos máximos por sismo estático en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir. (mm)	Y-Dir. (mm)
Techo 05	15.50	Superior	5.753438	-0.124870
Techo 04	12.50	Superior	4.547514	-0.102788
Techo 03	9.50	Superior	3.239395	-0.075900
Techo 02	6.50	Superior	1.921600	-0.046943
Techo 01	3.50	Superior	0.768384	-0.019344
Base	0.00	Superior	0.000000	0.000000

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 28

Desplazamientos máximos por sismo estático en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 13

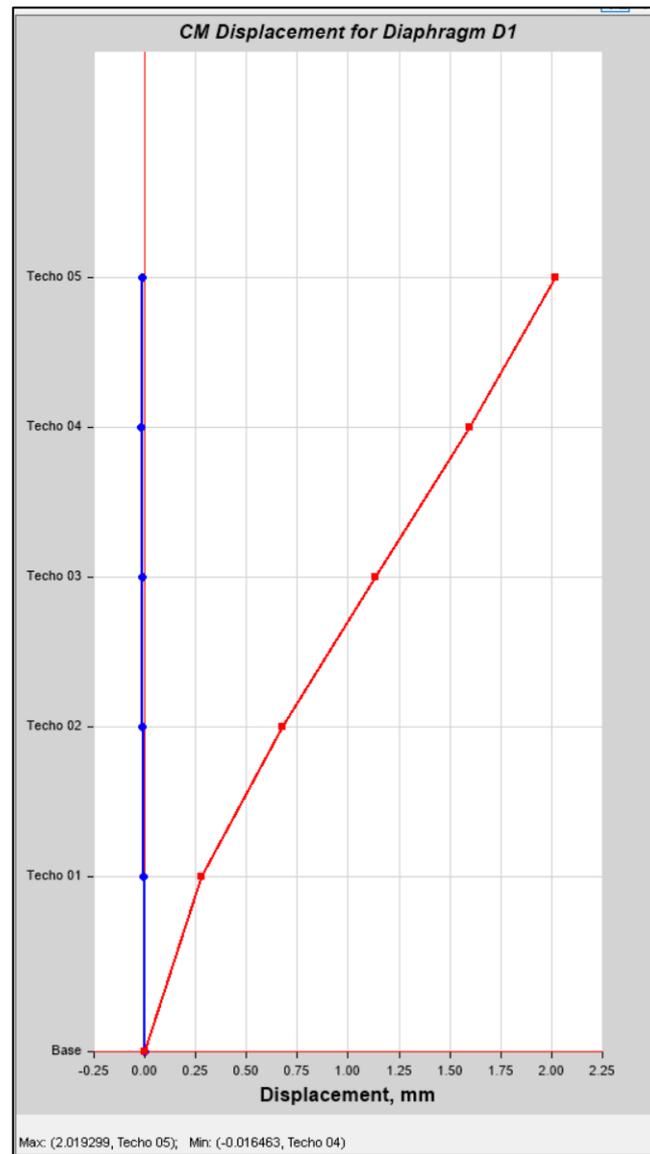
Desplazamientos máximos por sismo estático en Y

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir. (mm)	Y-Dir. (mm)
Techo 05	15.50	Superior	-0.015023	2.019299
Techo 04	12.50	Superior	-0.016463	1.594231
Techo 03	9.50	Superior	-0.013925	1.135576
Techo 02	6.50	Superior	-0.010054	0.678910
Techo 01	3.50	Superior	-0.004969	0.280409
Base	0.00	Superior	0.000000	0.000000

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 29

Desplazamientos máximos por sismo estático en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

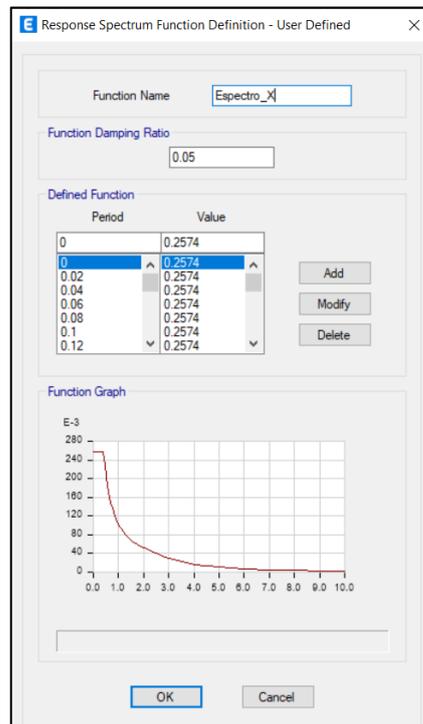
4.4.6. Análisis dinámico modal espectral

4.4.6.1. Asignación del espectro de respuesta

Para realizar este proceso, se cargó al programa los espectros, para ambos ejes de análisis, es decir, X e Y conjuntamente con las determinantes sísmicas previamente determinados, los cuales se presentan en las Figura 30 y Figura 31.

Figura 30

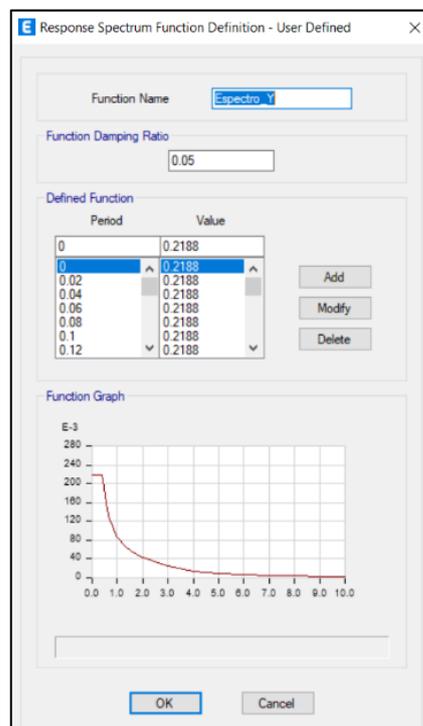
Espectro de diseño en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 31

Espectro de diseño en Y



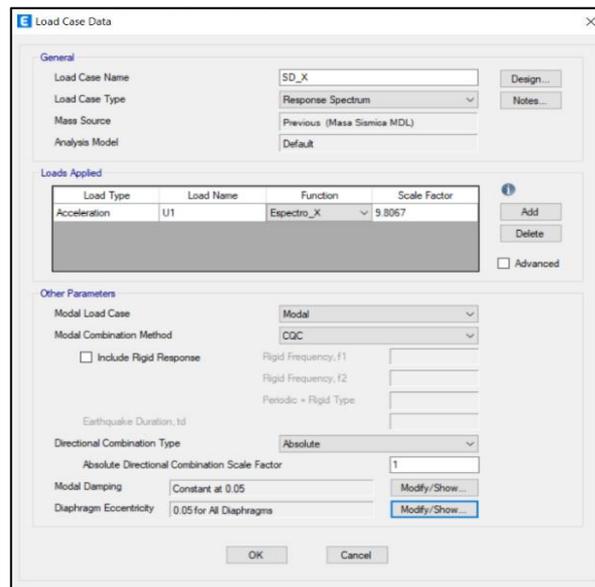
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.6.2. Asignación del caso de carga del espectro

Se prosiguió a la atribución de fuerza sísmica en el programa ETABS V.20 para ambas direcciones, X e Y (Ver Figura 32 y 33).

Figura 32

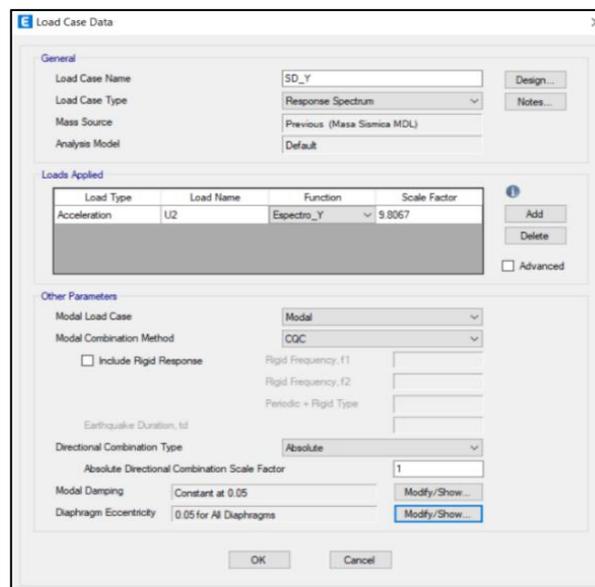
Asignación de casos de carga en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 33

Asignación de casos de carga en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.6.3. Fuerza cortante en la base

En la Tabla 14 y Tabla 15 se muestran valores de fuerza cortante para las direcciones X e Y. Asimismo, se grafican en las Figuras 34 y 35.

Tabla 14

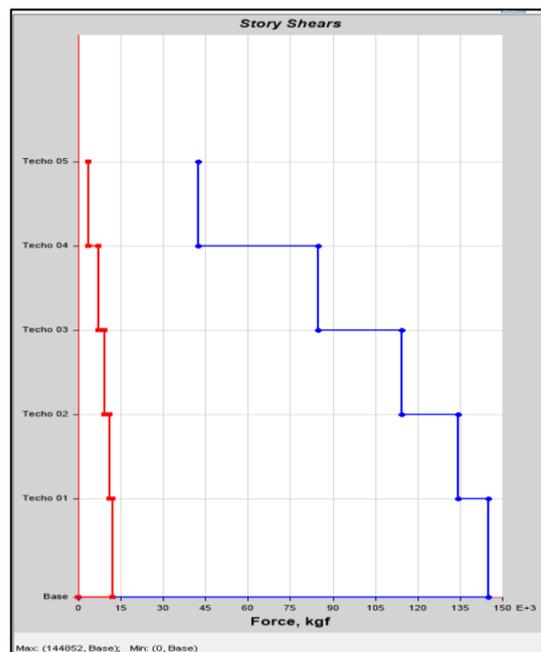
Fuerza cortante por sismo dinámico en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir (kgf)	Y-Dir (kgf)
Techo 05	15.50	Superior	42,325.98	3,693.42
		Inferior	42,325.98	3,693.42
Techo 04	12.50	Superior	84,910.03	7,059.02
		Inferior	84,910.03	7,059.02
Techo 03	9.50	Superior	114,487.79	9,300.99
		Inferior	114,487.79	9,300.99
Techo 02	6.50	Superior	134,181.90	10,970.15
		Inferior	134,181.90	10,970.15
Techo 01	3.50	Superior	144,852.44	12,060.32
		Inferior	144,852.44	12,060.32
Base	0.00	Superior	0.00	0.00
		Inferior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 34

Fuerza cortante por sismo dinámico en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 15

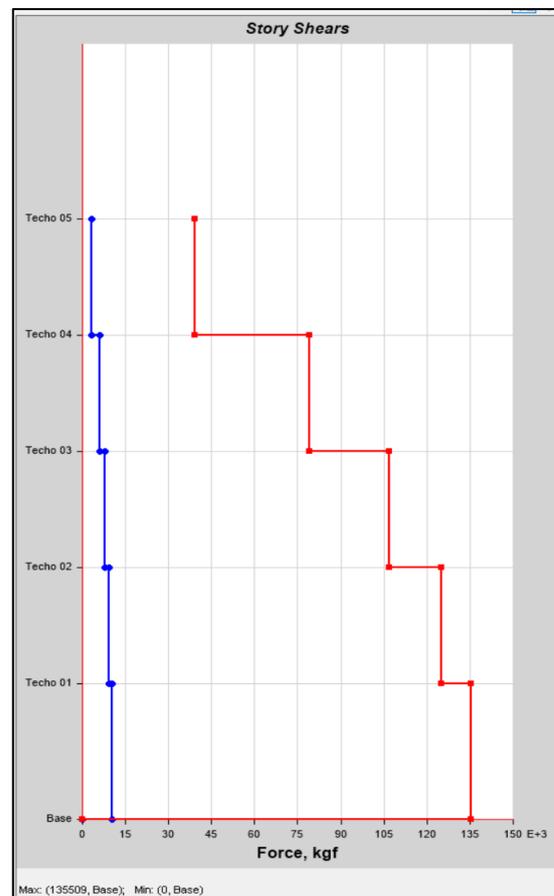
Fuerza cortante por sismo dinámico en Y

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir (kgf)	Y-Dir (kgf)
Techo 05	15.50	Superior	3,062.01	39,257.96
		Inferior	3,062.01	39,257.96
Techo 04	12.50	Superior	5,929.65	79,197.30
		Inferior	5,929.65	79,197.30
Techo 03	9.50	Superior	7,853.15	106,794.39
		Inferior	7,853.15	106,794.39
Techo 02	6.50	Superior	9,296.88	125,234.95
		Inferior	9,296.88	125,234.95
Techo 01	3.50	Superior	10,251.74	135,509.26
		Inferior	10,251.74	135,509.26
Base	0.00	Superior	0.00	0.00
		Inferior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 35

Fuerza cortante por sismo dinámico en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.4.6.4. Derivas máximas

Según la norma E.030, menciona que, para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales deben ser factores de 0.85R y para estructuras regulares 0.75R (Ver Figura 36 y Figura 37). Por lo tanto:

Para la dirección X = $0.85 \cdot 4 = 3.4$ (Ver Tabla 16)

Para la dirección Y = $0.75 \cdot 4 = 3.0$ (Ver Tabla 17)

Tabla 16

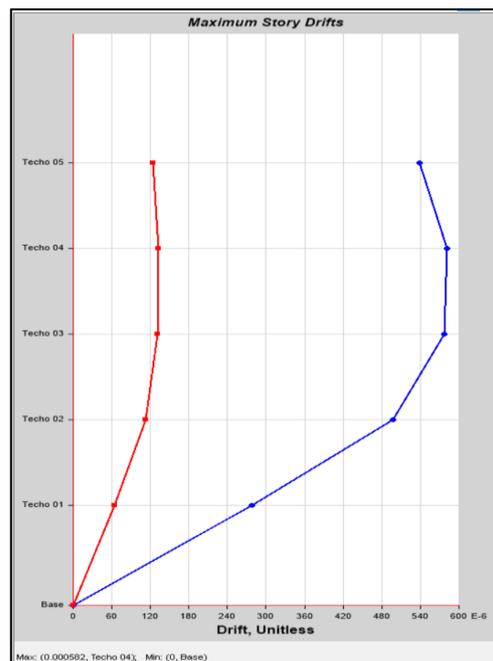
Derivas de entrepiso por sismo dinámico en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	Dir-X	Dir-Y
Techo 05	15.50	Superior	0.000538	0.000124
Techo 04	12.50	Superior	0.000582	0.000133
Techo 03	9.50	Superior	0.000577	0.000131
Techo 02	6.50	Superior	0.000497	0.000113
Techo 01	3.50	Superior	0.000278	0.000064
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 36

Derivas de entrepiso por sismo dinámico en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 17

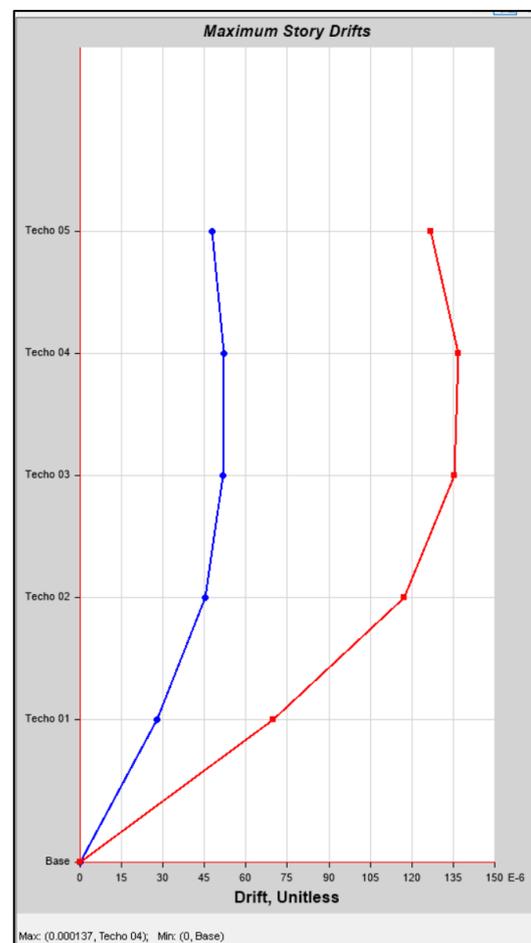
Derivas de entrepiso por sismo dinámico en Y

Piso	Elevación (m)	Ubicación	Dir-X	Dir-Y
Techo 05	15.50	Superior	0.000048	0.000127
Techo 04	12.50	Superior	0.000052	0.000137
Techo 03	9.50	Superior	0.000052	0.000136
Techo 02	6.50	Superior	0.000045	0.000117
Techo 01	3.50	Superior	0.000028	0.00007
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 37

Derivas de entrepiso por sismo dinámico en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Cabe mencionar, nuestra NTP E.030, estipula para la configuración estructural de MDL, las derivas que obtuvieron no deben sobrepasar el valor límite de 0.005.

4.4.6.5. Desplazamientos máximos

En la Tabla 18 y Tabla 19 se muestran los desplazamientos máximos presentados. Asimismo, se grafican las Figura 38 y Figura 39.

Tabla 18

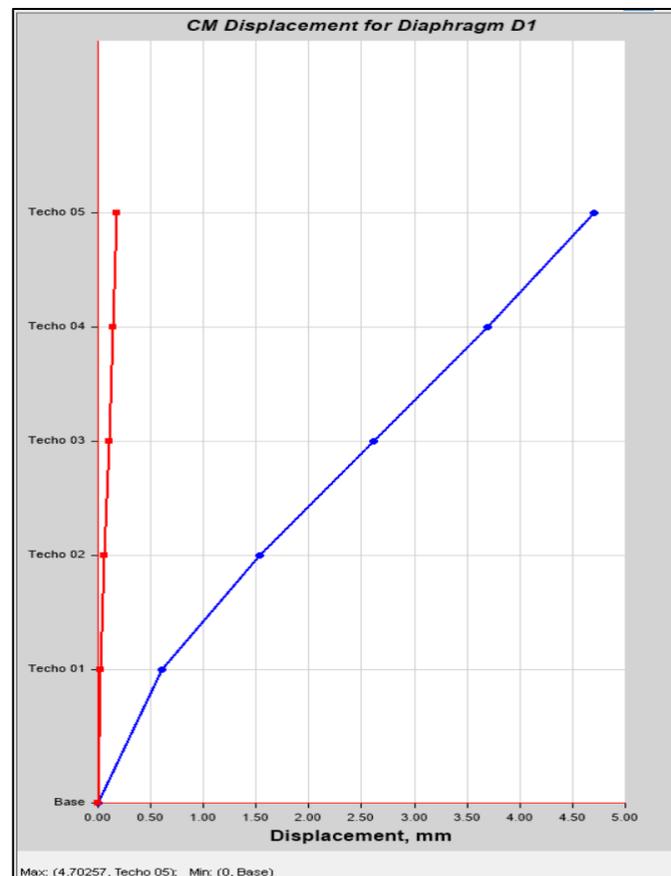
Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir. (mm)	Y-Dir. (mm)
Techo 05	15.50	Superior	4.702570	0.179116
Techo 04	12.50	Superior	3.688319	0.142421
Techo 03	9.50	Superior	2.610362	0.101404
Techo 02	6.50	Superior	1.536131	0.06068
Techo 01	3.50	Superior	0.607236	0.024901
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 38

Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 19

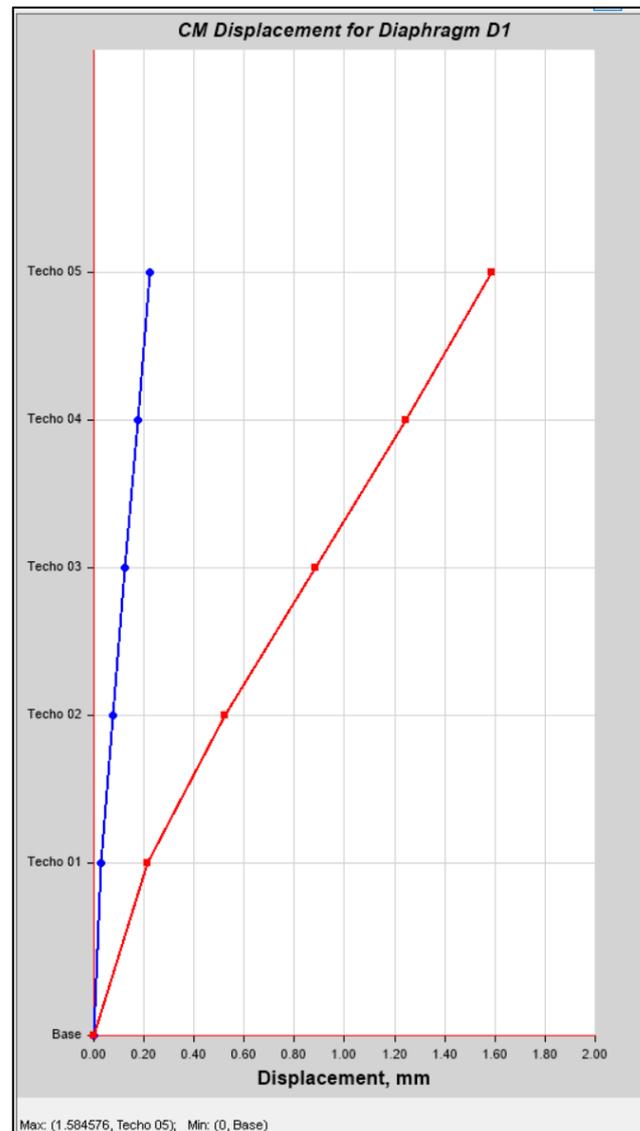
Desplazamientos máximos por sismo dinámico en Y

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir. (mm)	Y-Dir. (mm)
Techo 05	15.50	Superior	0.22314	1.584576
Techo 04	12.50	Superior	0.176055	1.246353
Techo 03	9.50	Superior	0.124887	0.883075
Techo 02	6.50	Superior	0.073862	0.524696
Techo 01	3.50	Superior	0.029611	0.215396
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 39

Desplazamientos máximos por sismo dinámico en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5. SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

4.5.1. Cargas de diseño

- Sobre carga (S/C) en Dormitorios: 200 kg/m²
- Sobre carga (S/C) en Corredor: 200 kg/m²
- Sobre carga (S/C) en Azotea: 100 kg/m²
- Peso propio de acabados pisos y cielorrasos: 100 kg/m²
- Peso propio de acabados en azoteas: 100 kg/m²
- Peso propio de losa aligerada (h=0.20m): 300 kg/m²

4.5.2. Predimensionamiento de elementos

4.5.2.1. Losas aligeradas

Se consideró el criterio presentado en la Tabla 20.

Tabla 20

Criterios para definir el espesor de la losa aligerada

Luz Libre (m): Ln	Espesor del Aligerado (m): e	Altura del Ladrillo (m): H
Ln≤4	0.17	0.12
4<Ln≤5	0.20	0.15
5<Ln≤6.5	0.25	0.20
6.5<Ln≤7.5	0.30	0.25

Nota: Se toma en cuenta las luces libres del paño.

Seguidamente, se aplicó la ecuación 13 del espesor “e”:

$$e = \frac{L_n}{25} \quad (13)$$

Donde:

e: Espesor de losa aligerada



Ln: Menor luz libre

Debido a que se trató con longitud de luz correspondientes entre 4 m y 5 m, se obtuvo un valor del peralte de la losa de 0.20 m.

4.5.2.2. Elementos de confinamiento

En concordancia a la norma técnica E.070 Albañilería, se asumió un ancho de vigas y columnas igual al espesor efectivo de muros de albañilería, es decir 0.13 m. El peralte asumido para las vigas soleras fue igual al espesor que las losas aligeradas, y para el peralte de vigas que no cumplen la función de confinamiento se eligió un peralte de 0.40 m.

4.5.3. Densidad de muros

Se verificó la densidad de muros para el eje X e Y (Ver Tabla 21 y 22).

Tabla 21

Densidad de muros en dirección X

Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L*t (m ²)
1X	1.550	0.13	0.202
2X	1.250	0.13	0.163
3X	1.400	0.13	0.182
4X	2.950	0.23	0.679
5X	2.300	0.23	0.529
6X	3.100	0.23	0.713
7X	3.100	0.13	0.403
8X	1.450	0.13	0.189
9X	3.100	0.13	0.403
10X	1.200	0.13	0.156
11X	1.850	0.13	0.241
12X	2.250	0.13	0.293
13X	1.250	0.13	0.163
14X	1.150	0.13	0.150
15X	3.000	0.13	0.390
16X	6.500	0.23	1.495

Tabla 22*Densidad de muros en dirección Y*

Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L*t (m ²)
1Y	7.050	0.13	0.917
2Y	8.700	0.13	1.131
3Y	2.100	0.13	0.273
4Y	0.900	0.13	0.117
5Y	2.400	0.13	0.312
6Y	3.950	0.13	0.514
7Y	1.500	0.13	0.195
8Y	7.000	0.13	0.910
9Y	2.350	0.13	0.306
10Y	3.250	0.13	0.423
11Y	1.400	0.13	0.182
12Y	1.400	0.13	0.182
13Y	6.300	0.13	0.819
14Y	3.250	0.13	0.423
15Y	2.150	0.13	0.280
16Y	2.150	0.13	0.280
17Y	1.150	0.13	0.150
18Y	1.100	0.13	0.143
19Y	2.050	0.13	0.267
20Y	1.950	0.13	0.254
21Y	10.400	0.13	1.352
22Y	5.050	0.13	0.657

La densidad de muros debe cumplir la ecuación 14 y ecuación 15 (SENCICO, 2020d, p. 35).

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área de planta típica}} = \frac{\sum L * t}{A_p} \quad (14)$$

$$\frac{\sum L * t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56} \quad (15)$$

En tal sentido, se verificó en ambas direcciones principales

Para el eje X-X

$$\frac{6.35 \text{ m}^2}{199.86 \text{ m}^2} \geq \frac{0.35 * 1 * 1 * 5}{56}$$

$$0.0318 \geq 0.0313$$

Por tanto, cumple con la restricción en el eje X-X

Para el eje Y-Y

$$\frac{10.90 \text{ m}^2}{199.86 \text{ m}^2} \geq \frac{0.35 * 1 * 1 * 5}{56}$$

$$0.0545 \geq 0.0313$$

Por tanto, cumple con la restricción en el eje Y-Y

4.5.4. Metrado de cargas

A continuación, se muestra la Tabla 23, donde se aprecia el peso propio, la carga muerta (tabiquería y acabados) y la carga viva por cada nivel.

Tabla 23

Cargas por cada piso

Piso	U_X	U_Y	U_Z
-	kg	kg	kg
Techo 05	115,018.10	115,018.10	0.00
Techo 04	156,995.09	156,995.09	0.00
Techo 03	156,995.09	156,995.09	0.00
Techo 02	156,995.09	156,995.09	0.00
Techo 01	159,660.84	159,660.84	0.00
Base	399,86.24	39,986.24	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5. Modelado estructural

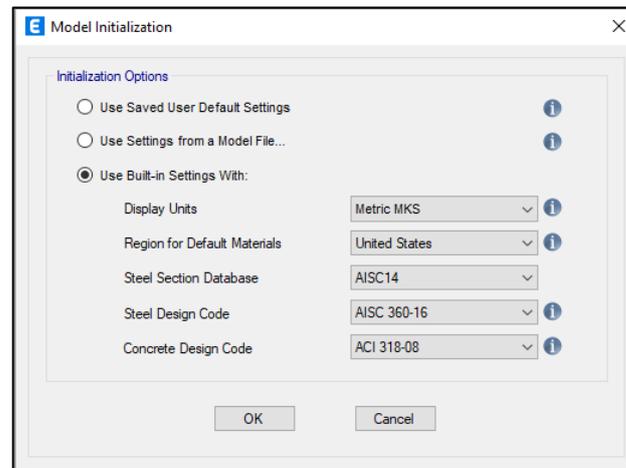
Consecuentemente al predimensionamiento se procedió a realizar el análisis y su posterior diseño del sistema de albañilería confinada.

4.5.5.1. Inicio del modelo estructural

La configuración del modelo, se realizó mediante los siguientes pasos contemplados en la Figura 40.

Figura 40

Inicialización del modelo de albañilería confinada



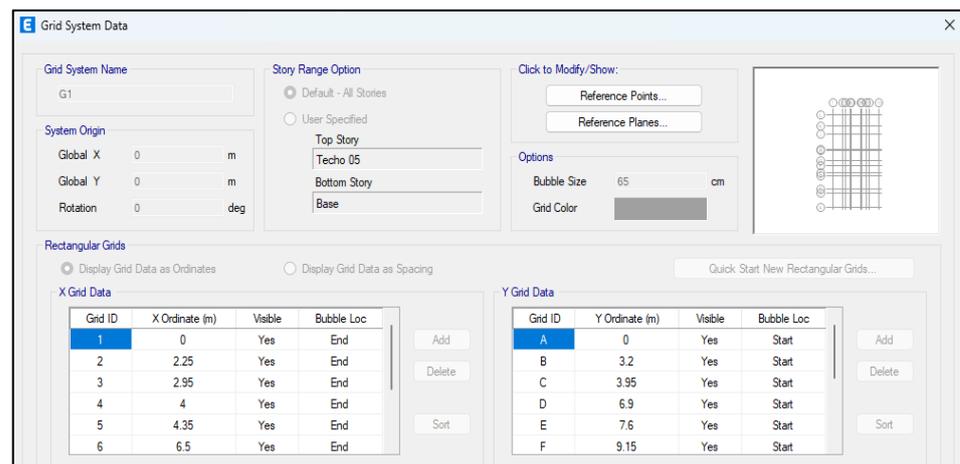
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5.2. Configuración de rejillas

Esta configuración se realizó de acuerdo a los ejes tanto en las direcciones X e Y (Ver Figura 41).

Figura 41

Configuración de grillas sistema Albañilería



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5.3. Definición de materiales

Para la definición de materiales en el programa se consideró la Tabla 3. Estos se presentan en la Figura 42, Figura 43 y Figura 44.

Figura 42

Definición del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for concrete. The 'General Data' section includes: Material Name: 'Concreto f'c= 210 kgf/cm²', Material Type: 'Concrete', Directional Symmetry Type: 'Isotropic', Material Display Color: a pink color, and Material Notes: 'Modify/Show Notes...'. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with 'Weight per Unit Volume' at 2400 kgf/m³ and 'Mass per Unit Volume' at 244.732 kgf-s²/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E: 217370.65 kgf/cm², Poisson's Ratio, U: 0.25, Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C, and Shear Modulus, G: 86948.26 kgf/cm². The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The 'Modulus of Rupture for Cracked Deflections' section has 'Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)' selected.

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 43

Definición del acero de refuerzo $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for reinforcement steel. The 'General Data' section includes: Material Name: 'Acero fy= 4200 kgf/cm²', Material Type: 'Rebar', Directional Symmetry Type: 'Uniaxial', Material Display Color: a yellow color, and Material Notes: 'Modify/Show Notes...'. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with 'Weight per Unit Volume' at 7849.05 kgf/m³ and 'Mass per Unit Volume' at 800.38 kgf-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 has buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The 'Modulus of Rupture for Cracked Deflections' section has 'Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)' selected.

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 44

Definición de la mampostería

Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5.4. Definición de muros y losa aligerada

Las secciones que se consideraron para albañilería confinada y losas aligeradas, son las que fueron determinadas por el predimensionamiento de los elementos en mención (Ver Figura 45 y 46).

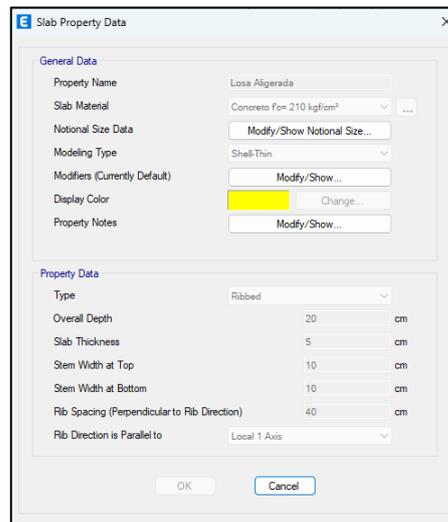
Figura 45

Sección de muros de muros de albañilería

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 46

Sección de losa aligerada



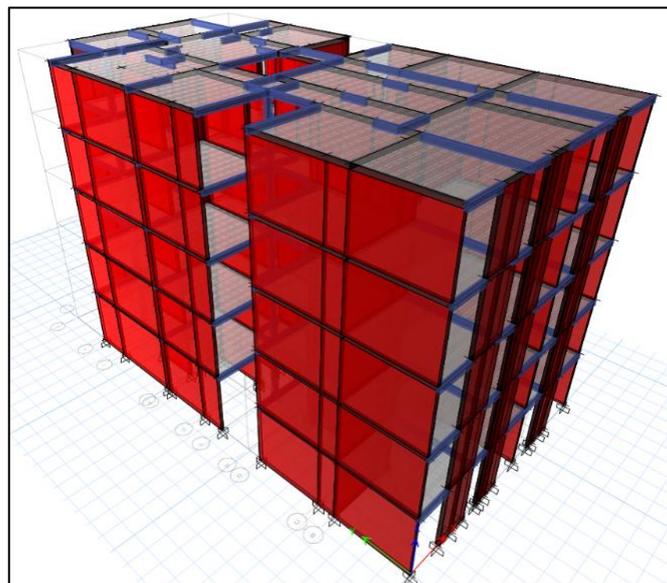
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5.5. Modelado de albañilería confinada

Se modeló los elementos estructurales del sistema de albañilería confinada en el programa, de acuerdo con la definición del material y sección respectiva (Ver Figura 47 y Figura 48).

Figura 47

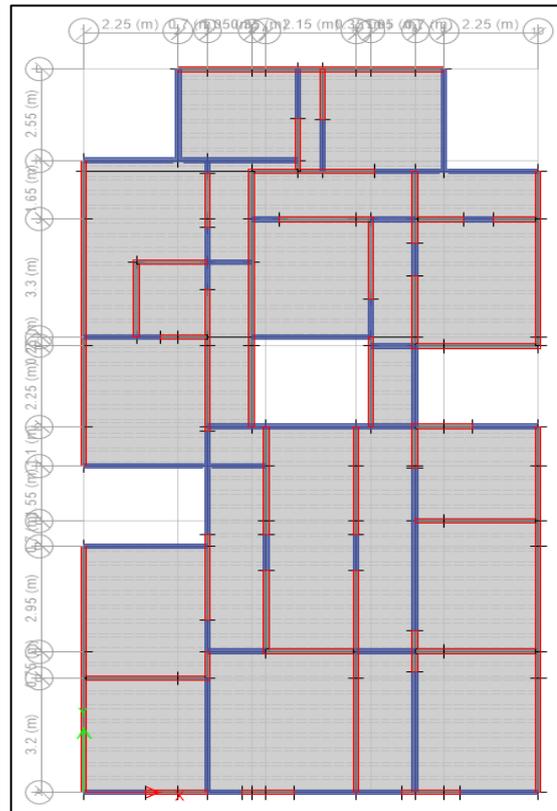
Modelado del sistema de Albañilería Confinada



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 48

Distribución de AC en planta



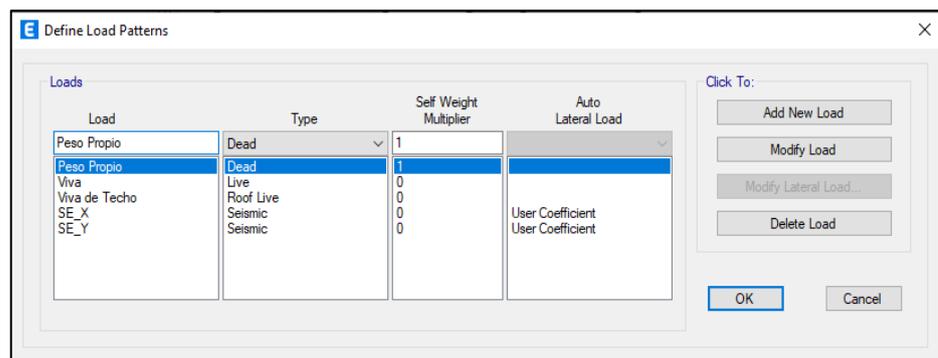
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5.6. Cargas y combinaciones

Se realizó la imposición de cargas al modelo contemplando cargas por peso propio, cargas vivas y cargas vivas de techo (Ver Figura 49).

Figura 49

Combinaciones de carga para AC

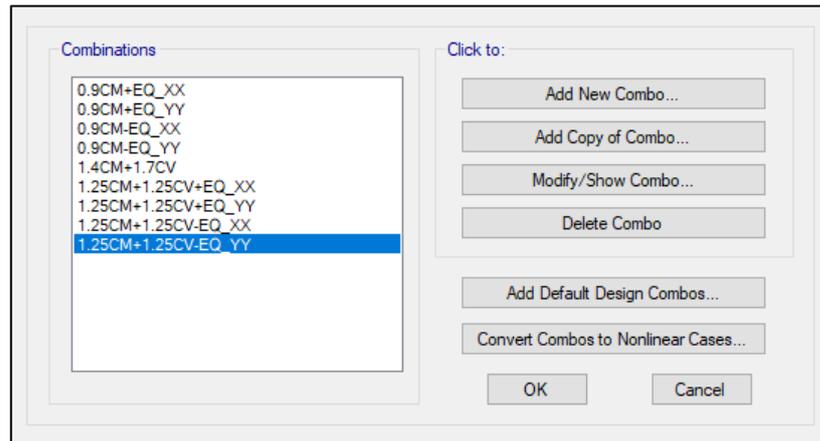


Nota: Reporte de ETABS V.20.

Para el diseño de los elementos estructurales se consideró las combinaciones de carga contemplada en norma E.060 (Ver Figura 50).

Figura 50

Combinaciones de cargas mayoradas



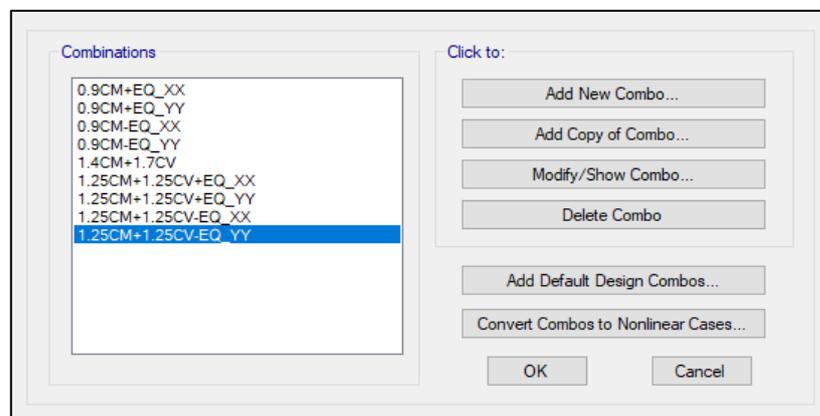
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5.7. Estimación del peso

La determinación del peso sísmico se realizó según la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente, la cual contempla que, para la categoría C, en nuestro caso vivienda, se debe tomar el 25 % de la Carga viva (Ver Figura 51).

Figura 51

Peso sísmico sistema AC



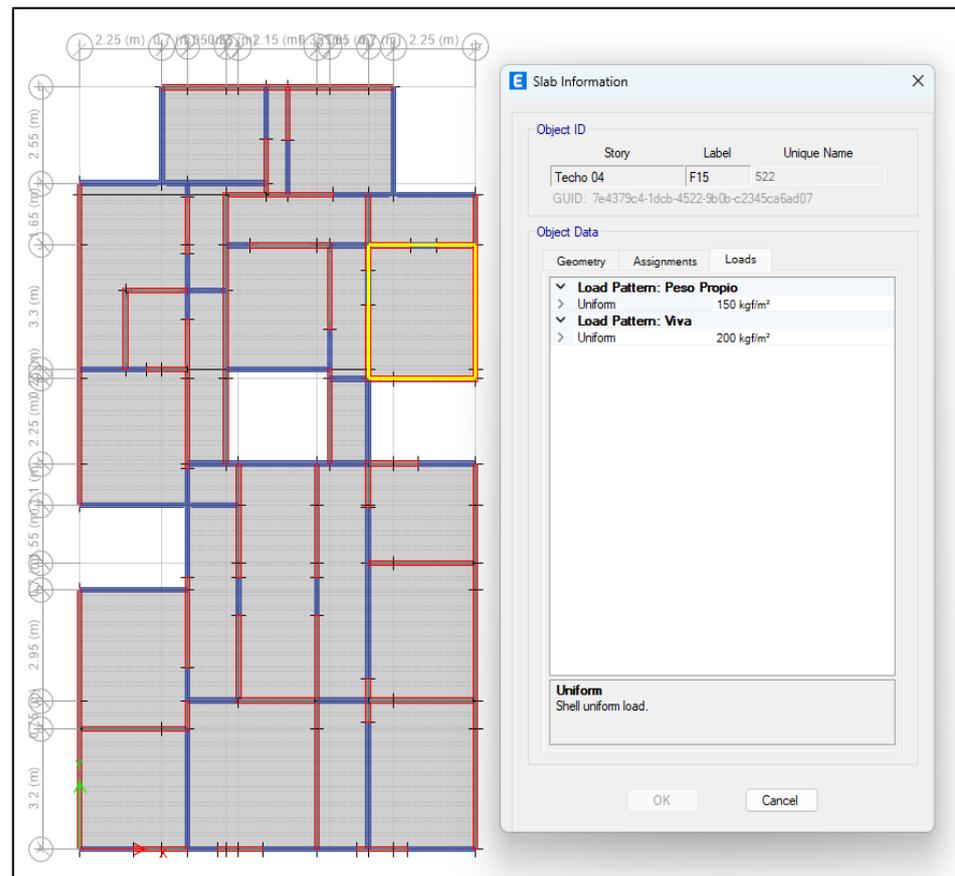
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5.8. Asignación de cargas a la estructura

Se asignó carga muerta y viva a la estructura, el cual se evidencia en la Figura 52.

Figura 52

Cargas del Sistema Albañilería Confinada



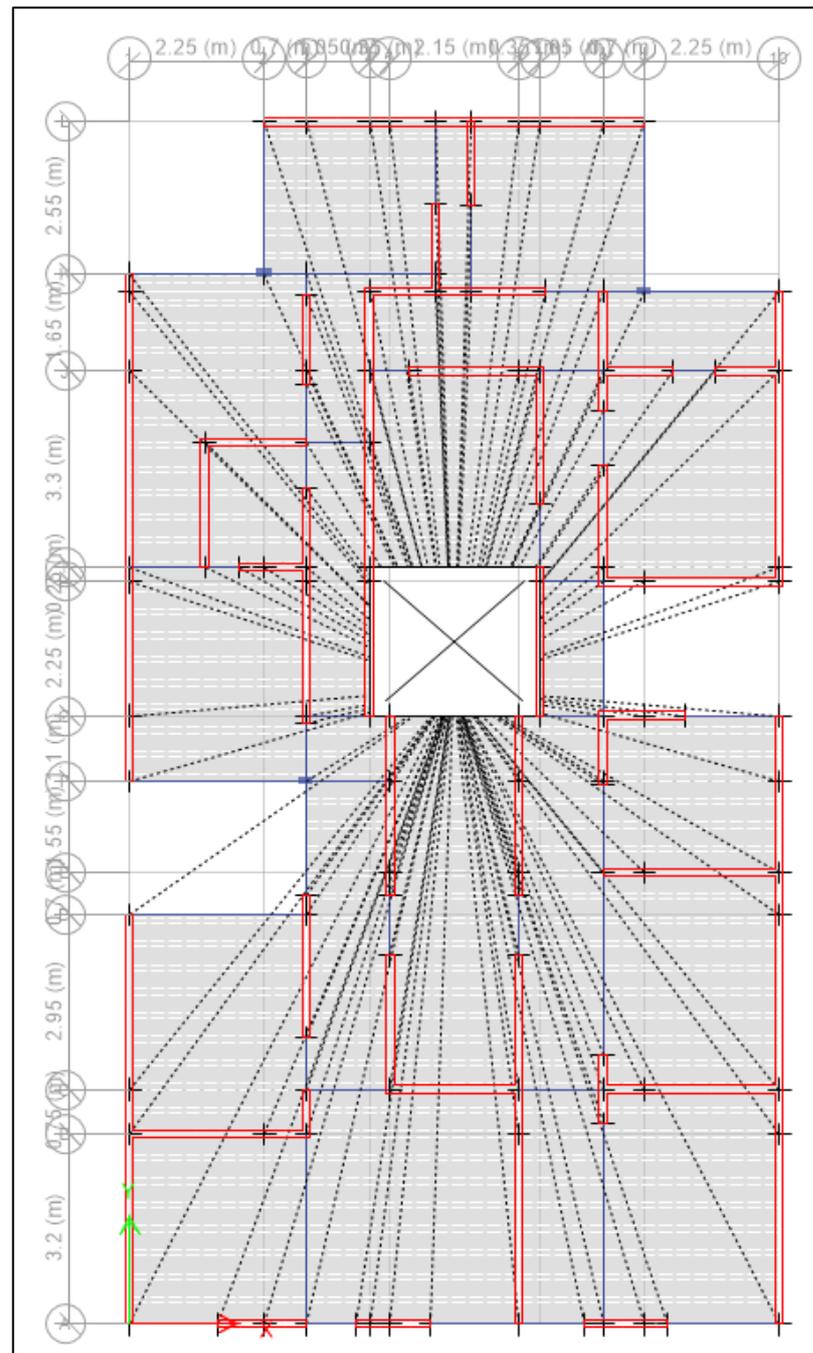
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5.9. Asignación de diafragma rígido

Para el modelo, se tomaron en cuenta diafragmas rígidos en el plano de cada nivel, por lo cual se genera un fenómeno en el que el movimiento de los nudos estaría vinculado al movimiento del centro de masas de cada piso comprendidos del inmueble, dicha asignación se muestra en la Figura 53.

Figura 53

Asignación de diafragma rígido al Sistema de AC



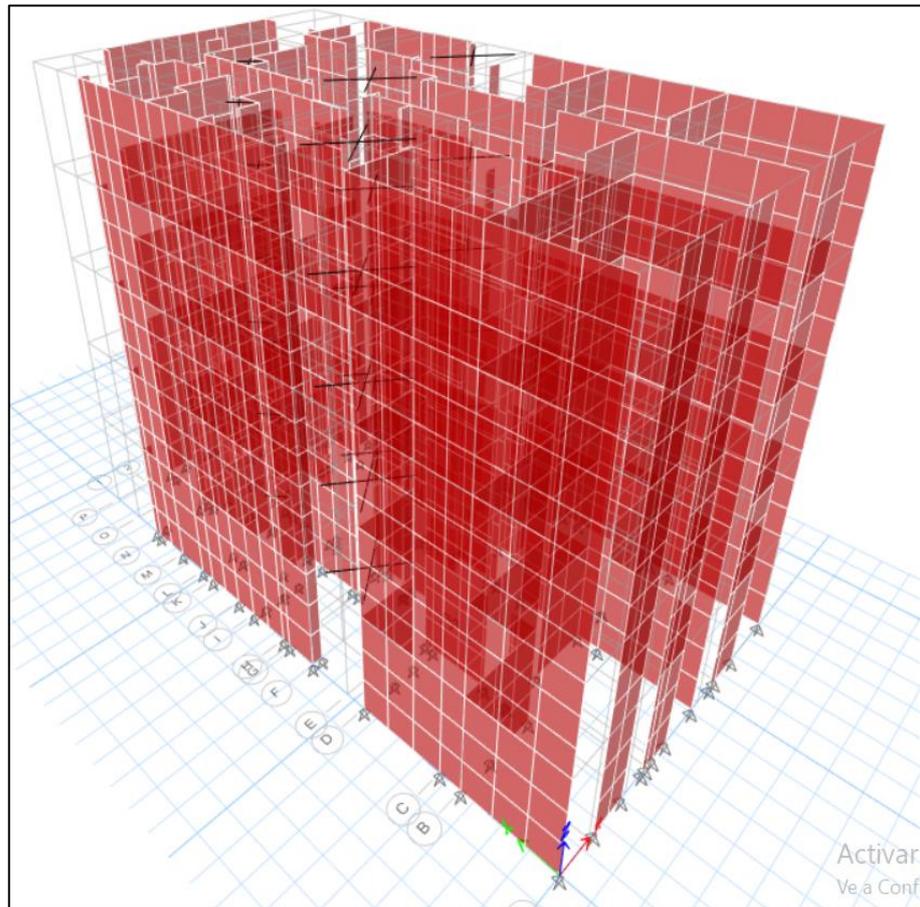
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.5.10. Discretización de albañilería confinada

El proceso de descomposición de los elementos fue realizado en una malla individual de $0.50 \times 0.50 \text{ m}^2$ (Ver Figura 54).

Figura 54

Discretización del sistema AC



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.6. Análisis estático

4.5.6.1. Parámetros sísmicos

Se consideró los siguientes valores, de acuerdo a la norma E.030

Diseño Sismorresistente.

- Zona sísmica= 3
- Factor de Zona (Z)=0.35
- Perfil de Suelo= S1 (Roca o Suelo muy rígido)
- Factor de uso (U)= 1.00
- Factor de Suelo (S)= 1.00

4.5.6.2. Periodo fundamental (T)

Se consideró un periodo fundamental para los dos ejes primordiales de estudio, es decir, X e Y, según contempla la NTP E.030 Diseño Sismorresistente según ecuación 16.

$$T \geq \frac{h_n}{C_T} \quad (16)$$

Se consideró $C_T = 60$, debido a que, se analizó el sistema de albañilería estudiados en ambos ejes, X e Y, por tanto, se expresa:

$$T_X = T_Y = \frac{5 * 3 \text{ m}}{60} = 0.25 \text{ s}$$

Por otro lado, se obtuvo mediante el análisis modal en el programa ETABS V.20, el periodo fundamental, en la dirección X e Y, de $T_X = 0.323$ s y $T_Y = 0.200$ s. Los valores se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24

Participación modal y periodos AC

Caso	Modo	Periodo (s)	U _x	U _y	U _z
Modal	1	0.323	0.7665	4.204E-05	0.00
Modal	2	0.232	0.0175	0.0011	0.00
Modal	3	0.200	0.0002	0.7895	0.00
Modal	4	0.095	0.1481	3.46E-05	0.00
Modal	5	0.068	0.0072	0.0012	0.00
Modal	6	0.059	8.834E-06	0.1536	0.00
Modal	7	0.050	0.0401	8.054E-06	0.00
Modal	8	0.036	0.003	0.0009	0.00
Modal	9	0.035	0.0131	9.799E-06	0.00
Modal	10	0.032	2.169E-05	0.0381	0.00
Modal	11	0.028	0.0037	6.12E-07	0.00
Modal	12	0.025	0.0006	0.0004	0.00
Modal	13	0.023	8.66E-06	0.0123	0.00
Modal	14	0.021	0.0001	0.0001	0.00
Modal	15	0.019	1.946E-06	0.0028	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.6.3. Factor de amplificación sísmica (C)

El perfil de suelo obtenido, es el S₁, correspondiente a una roca o suelo muy rígido, en tal sentido, se tiene:

$$S_i, T_P = 0.4 \text{ y } T_L = 2.5$$

Por tanto, T_X y T_Y < 0.4

Por consiguiente, C_X = C_Y = 2.5

4.5.6.4. Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)

Para obtener este valor, se realizó el producto del coeficiente R₀, definido por el sistema estructural, asimismo, se considera irregularidad en altura (I_a) e irregularidad en planta (I_p). Según ecuación 17.

Es decir:

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad (17)$$

Para nuestro estudio, R₀ = 4, I_a = 1 y I_p = 1 por ser regular en altura. Cabe mencionar que se evidenció una irregularidad en el eje X por discontinuidad del diafragma, es por ello que se consideró un valor de I_p = 0.85.

$$R_x = 3 * 1 * 0.85 = 2.55$$

$$R_y = 3 * 1 * 1 = 3.00$$

4.5.6.5. Cálculo de la fuerza cortante en la base

Se determinó la fuerza cortante basal a través de la ecuación 18, para ambas direcciones, vale decir, X e Y:

$$V_X = V_Y = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \quad (18)$$

La norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente menciona que se debe cumplir la siguiente condición, $\frac{C}{R} \geq 0.11$. por tanto.

$$V_X = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1}{2.55} * P$$

$$V_X = 0.343P$$

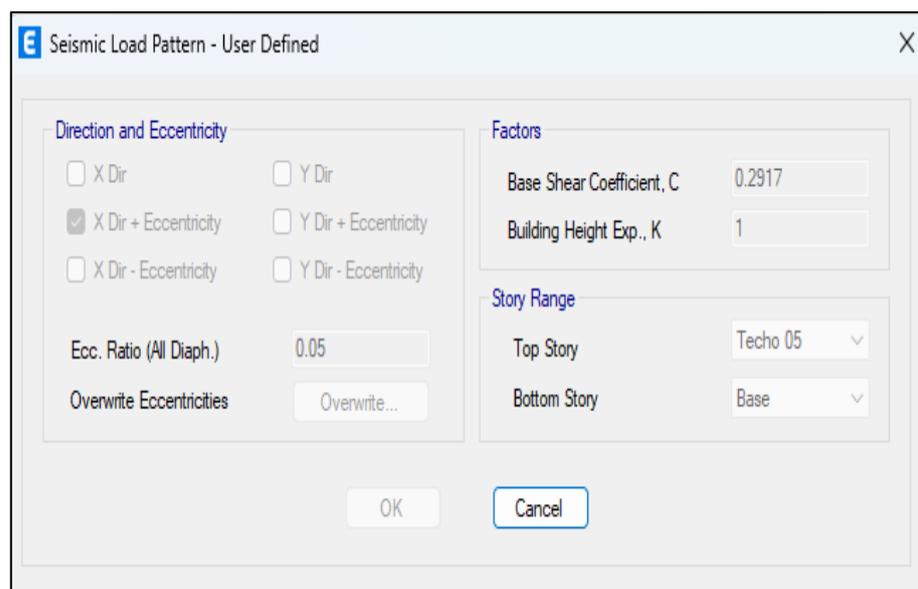
$$V_Y = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1}{3.00} * P$$

$$V_Y = 0.292P$$

Los valores determinados fueron considerados en el programa ETABS V.20 para ambas direcciones X e Y, como se muestra en la Figura 55 y Figura 56.

Figura 55

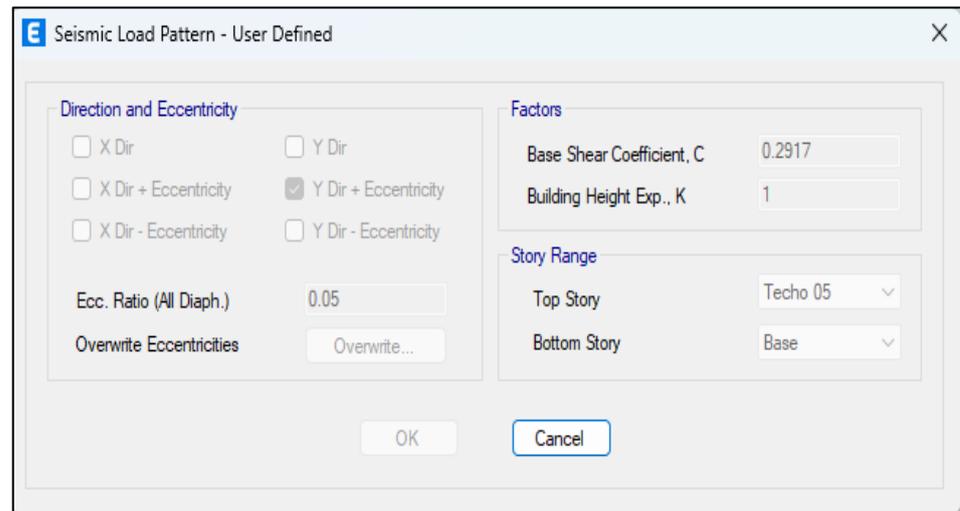
Asignación de coeficiente en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 56

Asignación de coeficiente en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.6.6. Fuerza cortante en la base

Se obtuvo las fuerzas cortantes en el eje X e Y, como se muestra en la Tabla 25 y Tabla 26. Asimismo, se grafican Figura 57 y Figura 58.

Tabla 25

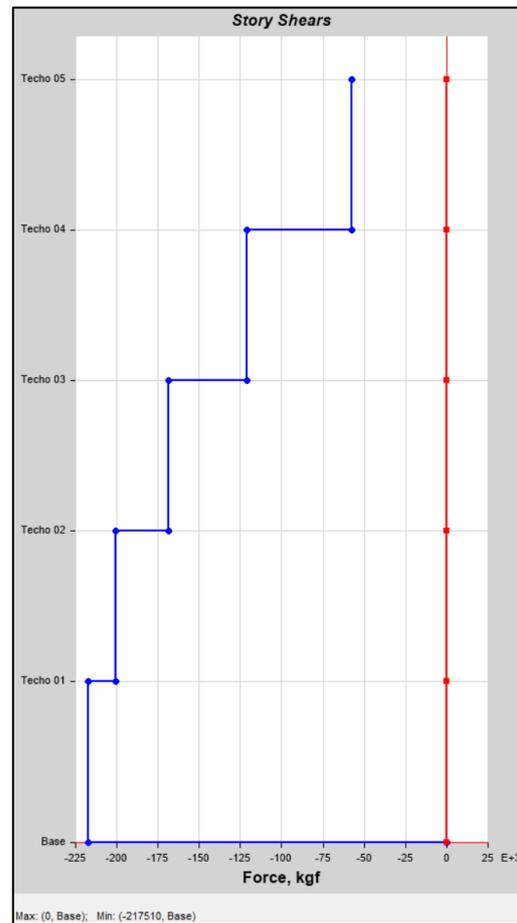
Fuerza cortante por sismo estático en X

Piso	Elevación	Ubicación	X-Dir (kgf)	Y-Dir (kgf)
Techo 05	14.20	Superior	-57,645.09	0.00
		Inferior	-57,645.09	0.00
Techo 04	11.40	Superior	-120,813.32	0.00
		Inferior	-120,813.32	0.00
Techo 03	8.60	Superior	-168,466.55	0.00
		Inferior	-168,466.55	0.00
Techo 02	5.80	Superior	-200,604.77	0.00
		Inferior	-200,604.77	0.00
Techo 01	3.00	Superior	-217,510.25	0.00
		Inferior	-217,510.25	0.00
Base	0.00	Superior	0.00	0.00
		Inferior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 57

Fuerza cortante por sismo estático en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 26

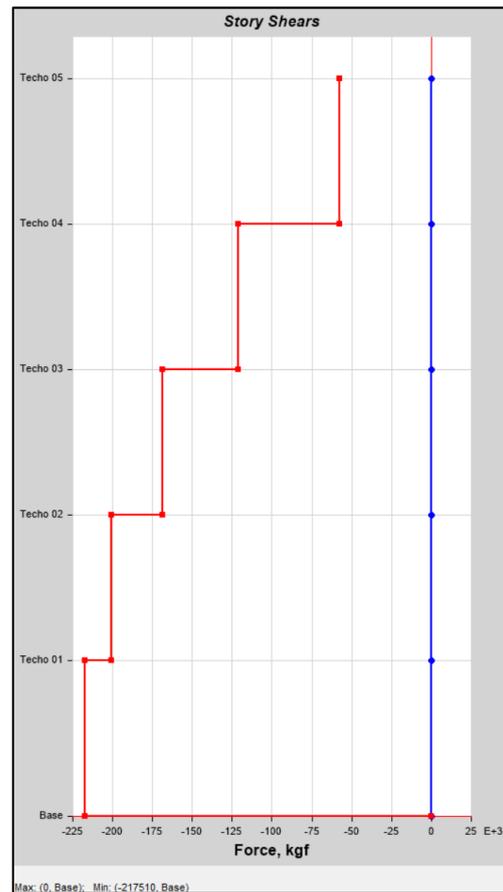
Fuerza cortante por sismo estático en Y

Piso	Elevación	Ubicación	X-Dir (kgf)	Y-Dir (kgf)
Techo 05	14.2.	Superior	0.00	-57,645.09
		Inferior	0.00	-57,645.09
Techo 04	11.4.	Superior	0.00	-120,813.32
		Inferior	0.00	-120,813.32
Techo 03	8.6.	Superior	0.00	-168,466.55
		Inferior	0.00	-168,466.55
Techo 02	5.8.	Superior	0.00	-200,604.77
		Inferior	0.00	-200,604.77
Techo 01	3.00	Superior	0.00	-217,510.25
		Inferior	0.00	-217,510.25
Base	0.00	Superior	0.00	0.00
		Inferior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 58

Fuerza cortante por sismo estático en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.6.7. Derivas máximas

En las Tablas 27 y Tabla 28 se muestran las derivas máximas por cada piso analizado y por eje. Asimismo, se grafican la Figura 59 y 60.

Tabla 27

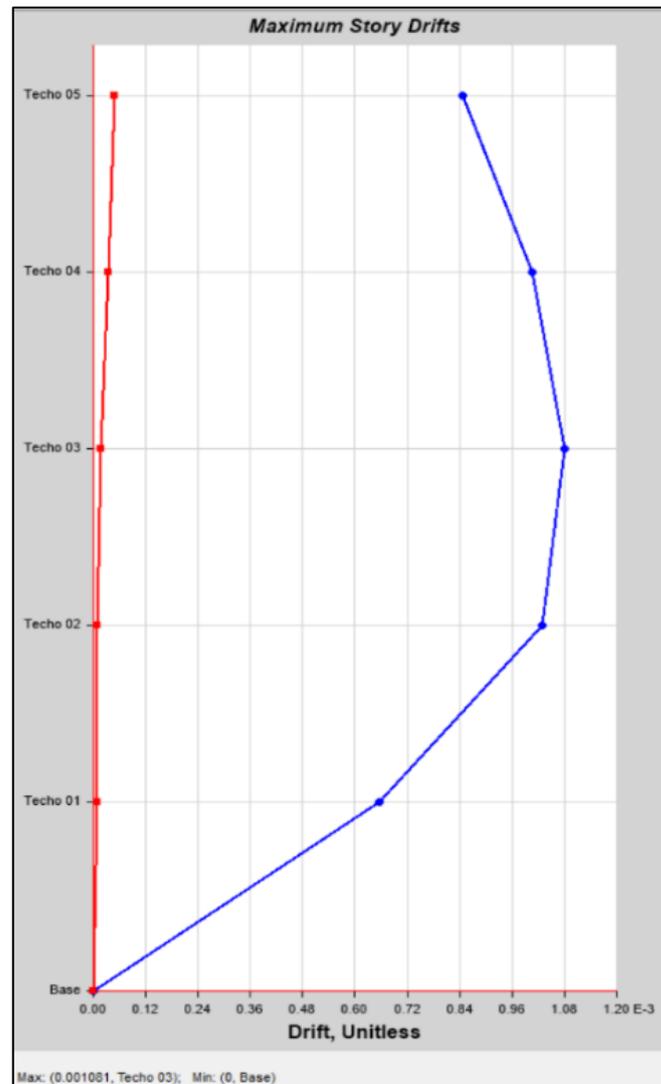
Derivas de entrepiso por sismo estático en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	Dir-X	Dir-Y
Techo 05	14.20	Superior	0.000846	0.000048
Techo 04	11.40	Superior	0.001006	0.000035
Techo 03	8.60	Superior	0.001081	0.000018
Techo 02	5.80	Superior	0.001028	0.000008
Techo 01	3.00	Superior	0.000656	0.000008
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 59

Derivas de entrepiso por sismo estático en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 28

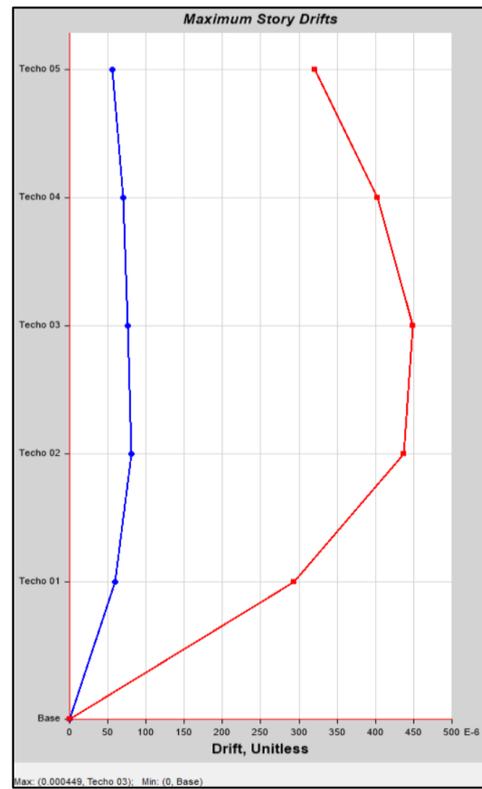
Derivas de entrepiso por sismo estático en Y

Piso	Elevación (m)	Ubicación	Dir-X	Dir-Y
Techo 05	14.20	Superior	0.000056	0.000321
Techo 04	11.40	Superior	0.00007	0.000403
Techo 03	8.60	Superior	0.000076	0.000449
Techo 02	5.80	Superior	0.000081	0.000437
Techo 01	3.00	Superior	0.00006	0.000294
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 60

Derivas de entrepiso por sismo estático en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.6.8. Desplazamientos máximos

En las Tablas 29 y Tabla 30 se muestran los desplazamientos máximos por piso analizado tanto para el eje X como para el eje Y. Asimismo, se grafican la Figura 61 y Figura 62.

Tabla 29

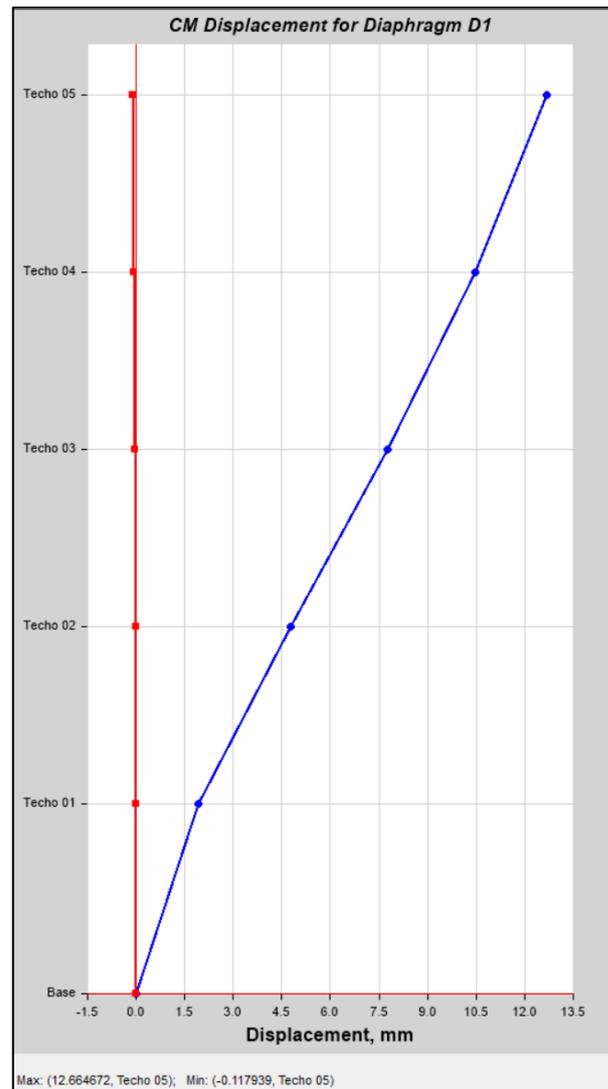
Desplazamientos máximos por sismo estático en X

Piso	Elevación	Ubicación	X-Dir (mm)	Y-Dir (mm)
Techo 05	14.20	Superior	12.664672	-0.117939
Techo 04	11.40	Superior	10.464406	-0.070893
Techo 03	8.60	Superior	7.75675	-0.031268
Techo 02	5.80	Superior	4.777254	-0.00676
Techo 01	3.00	Superior	1.926798	0.00054
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 61

Desplazamientos máximos por sismo estático en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 30

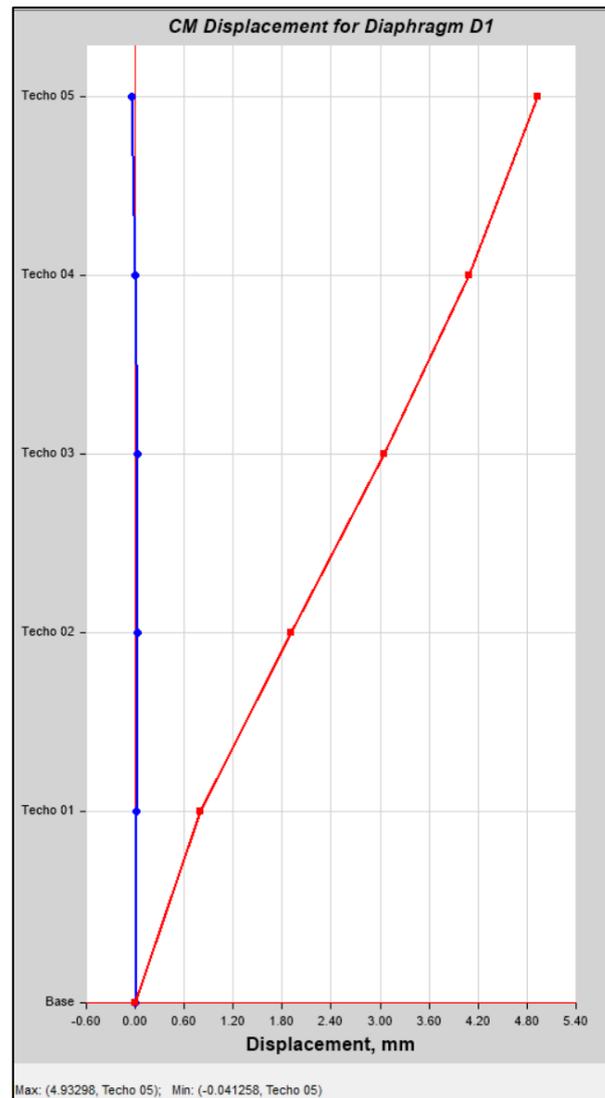
Desplazamientos máximos por sismo estático en Y

Piso	Elevación	Ubicación	X-Dir (mm)	Y-Dir (mm)
Techo 05	14.20	Superior	-0.041258	4.93298
Techo 04	11.40	Superior	-0.003692	4.092588
Techo 03	8.60	Superior	0.026273	3.050722
Techo 02	5.80	Superior	0.033805	1.901837
Techo 01	3.00	Superior	0.018682	0.793778
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 62

Desplazamientos máximos por sismo estático en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

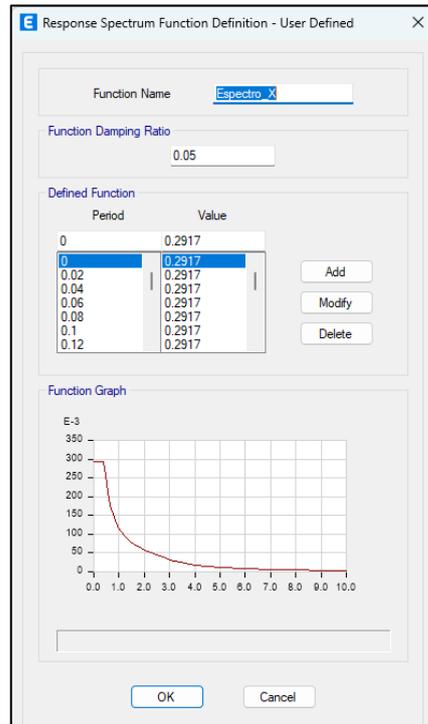
4.5.7. Análisis dinámico modal espectral

4.5.7.1. Asignación del espectro de respuesta

Para realizar este proceso, se cargó al programa los espectros, tanto en la dirección X e Y conjuntamente con los parámetros sísmicos previamente determinados. En la Figura 63 y Figura 64 se muestran los procedimientos realizados.

Figura 63

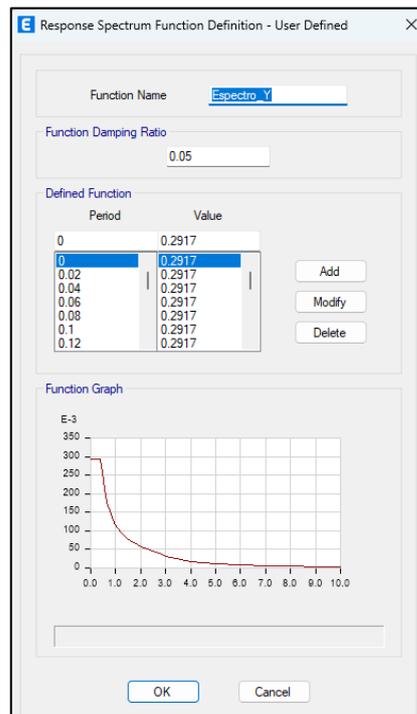
Espectro de diseño en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 64

Espectro de diseño en Y



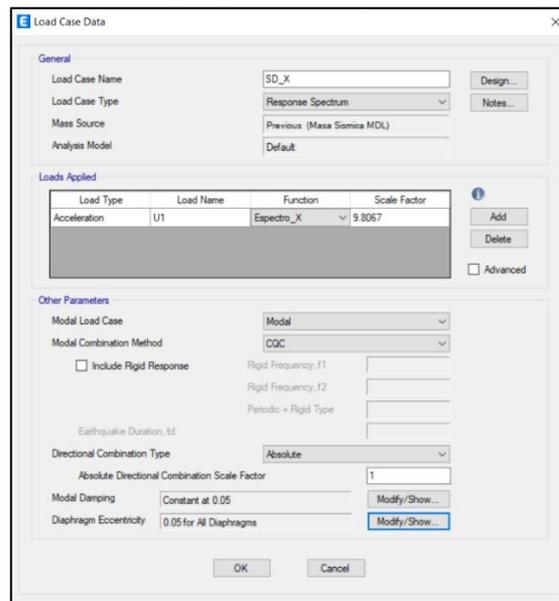
Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.7.2. Asignación del caso de carga del espectro

Se asignó la carga sísmica al programa ETABS V.20 para ambas direcciones, es decir, X e Y (Ver Figura 65 y Figura 66).

Figura 65

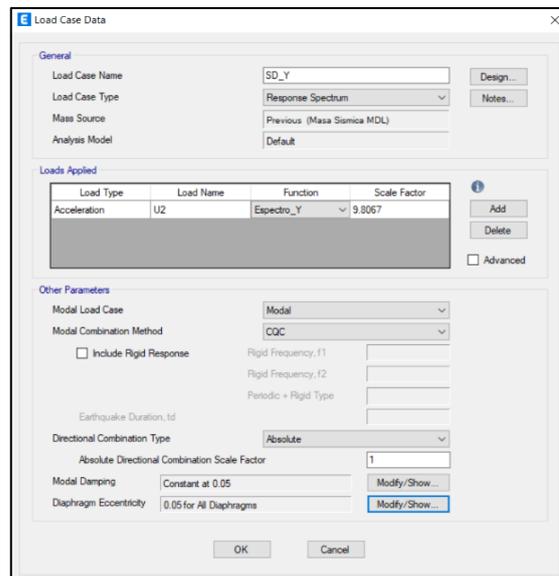
Asignación de casos de carga en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 66

Asignación de casos de carga en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.7.3. Fuerza cortante en la base

Tras analizar se obtuvo valores de fuerza cortante en direcciones X e Y (Ver Tabla 31 y 32). Asimismo, se grafican Figura 67 y 68.

Tabla 31

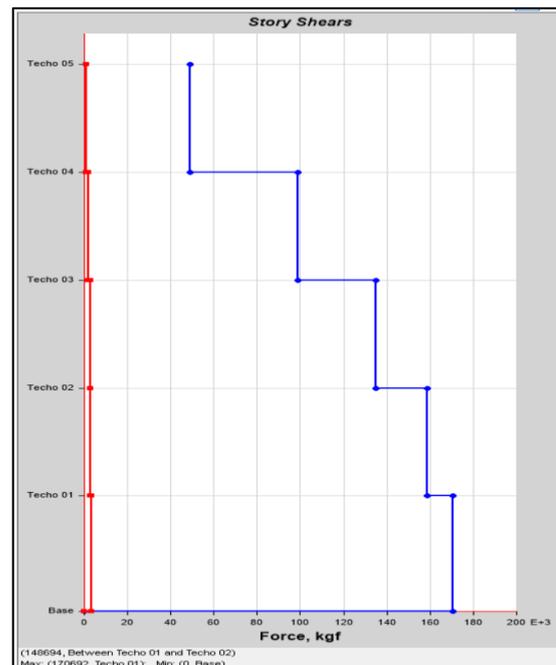
Fuerza cortante por sismo dinámico en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir (kgf)	Y-Dir (kgf)
Techo 05	14.20	Superior	49,139.30	1,170.72
		Inferior	49,139.30	1,170.72
Techo 04	11.40	Superior	98,726.65	2,109.54
		Inferior	98,726.65	2,109.54
Techo 03	8.60	Superior	134,718.10	2,719.55
		Inferior	134,718.10	2,719.55
Techo 02	5.80	Superior	158,760.20	3,048.87
		Inferior	158,760.20	3,048.87
Techo 01	3.00	Superior	170,691.70	3,240.18
		Inferior	170,691.70	3,240.18
Base	0.00	Superior	0.00	0.00
		Inferior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 67

Fuerza cortante por sismo dinámico en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 32

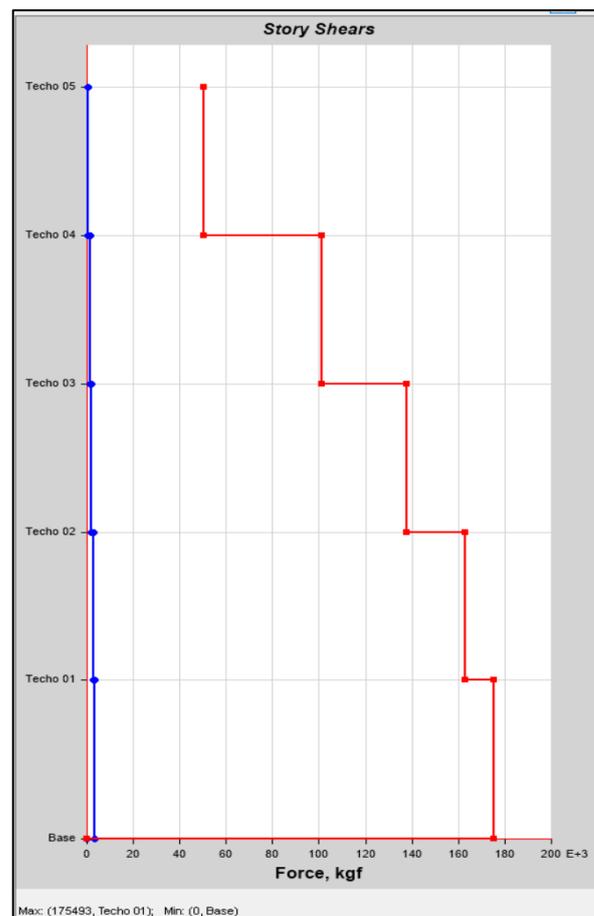
Fuerza cortante por sismo dinámico en Y

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir (kgf)	Y-Dir (kgf)
Techo 05	14.20	Superior	682.20	50,123.20
		Inferior	682.20	50,123.20
Techo 04	11.40	Superior	1,303.48	100,993.60
		Inferior	1,303.48	100,993.60
Techo 03	8.60	Superior	2,068.83	137,903.10
		Inferior	2,068.83	137,903.10
Techo 02	5.80	Superior	2,801.90	162,765.90
		Inferior	2,801.90	162,765.90
Techo 01	3.00	Superior	3,240.18	175,492.80
		Inferior	3,240.18	175,492.80
Base	0.00	Superior	0.00	0.00
		Inferior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 68

Fuerza cortante por sismo dinámico en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.7.4. Derivas máximas

La NTP E.030, resalta que, tratándose de estructuras irregulares, los desplazamientos de orden lateral tienen que ser factorados de 0.85R y para estructuras regulares debe ser 0.75R. Por lo tanto:

Para la dirección X = $0.85 \cdot 3 = 3.4$ (Ver Tabla 33 y Figura 69)

Para la dirección Y = $0.75 \cdot 3 = 3.0$ (Ver Tabla 34 y Figura 70)

Tabla 33

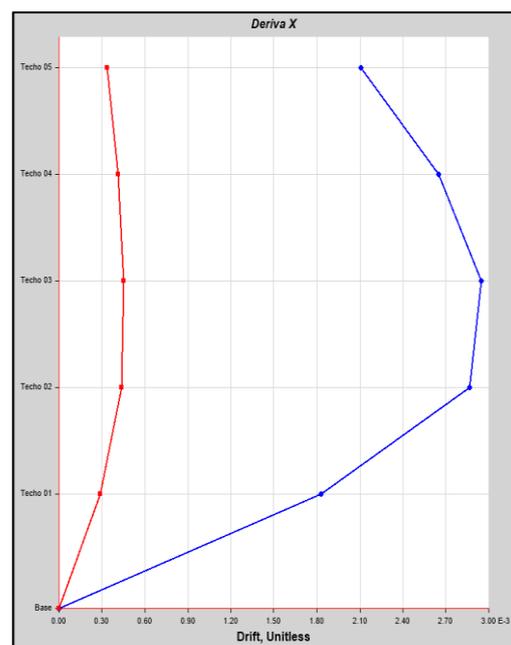
Derivas de entrepiso por sismo dinámico en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir	Y-Dir
Techo 05	14.20	Superior	0.000826	0.000131
Techo 04	11.40	Superior	0.00104	0.000163
Techo 03	8.60	Superior	0.001156	0.000178
Techo 02	5.80	Superior	0.001123	0.000171
Techo 01	3.00	Superior	0.000717	0.000113
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 69

Deriva por sismo dinámico en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 34

Derivas de entrepiso por sismo dinámico en Y

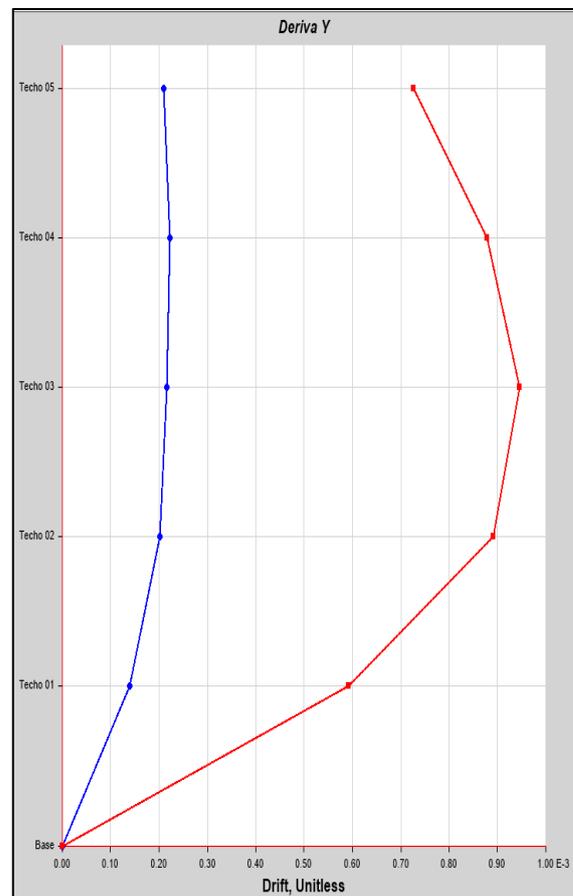
Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir	Y-Dir
Techo 05	14.20	Superior	0.000082	0.000285
Techo 04	11.40	Superior	0.000087	0.000344
Techo 03	8.60	Superior	0.000085	0.000371
Techo 02	5.80	Superior	0.000079	0.000349
Techo 01	3.00	Superior	0.000055	0.000232
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Cabe mencionar, que la NTP E.030 Diseño Sismorresistente hace mención referente al sistema MDL que, las derivas que obtuvieron no deben sobrepasar el valor límite de 0.005 establecido por la norma técnica.

Figura 70

Deriva en X por sismo dinámico en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.7.5. Desplazamientos máximos

Se muestran los desplazamientos máximos presentados en la Tabla 35 y Tabla 36. Asimismo, se grafican la Figura 71 y Figura 72.

Tabla 35

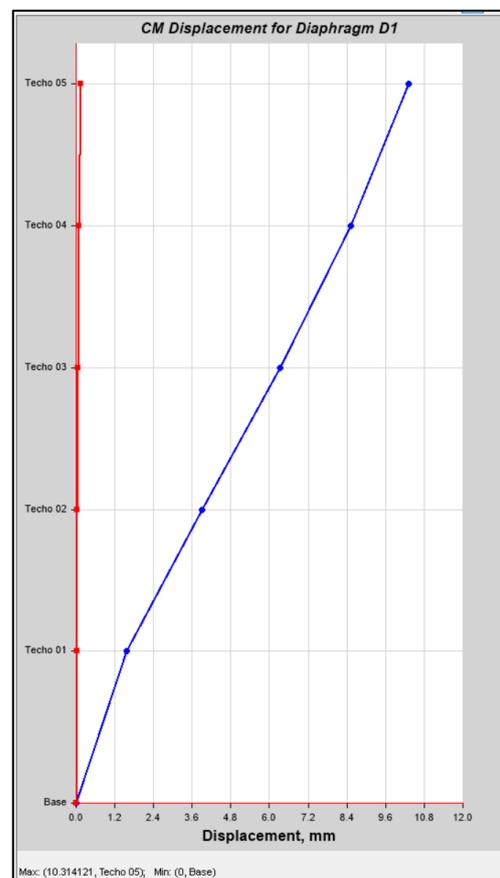
Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir (mm)	Y-Dir (mm)
Techo 05	14.20	Superior	10.314121	0.143837
Techo 04	11.40	Superior	8.512462	0.097596
Techo 03	8.60	Superior	6.319345	0.059135
Techo 02	5.80	Superior	3.897586	0.032865
Techo 01	3.00	Superior	1.571825	0.014458
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20

Figura 71

Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X



Nota: Reporte de ETABS V.20.

Tabla 36

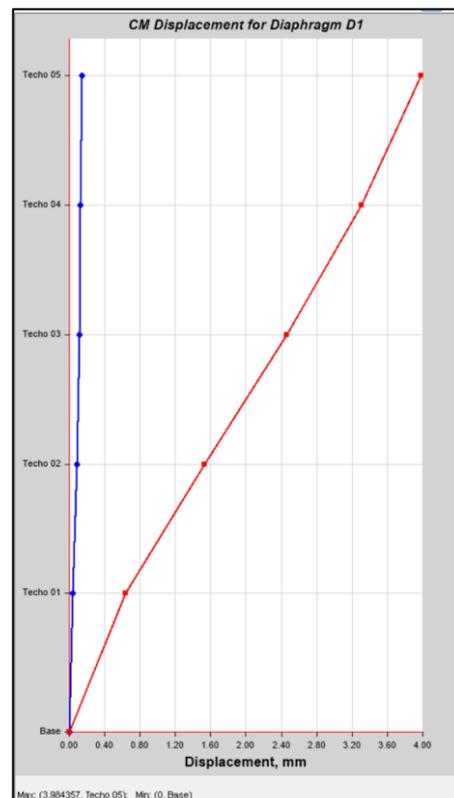
Desplazamientos máximos por sismo dinámico en Y

Piso	Elevación (m)	Ubicación	X-Dir (mm)	Y-Dir (mm)
Techo 05	14.20	Superior	0.144622	3.984357
Techo 04	11.40	Superior	0.127167	3.302556
Techo 03	8.60	Superior	0.112014	2.458825
Techo 02	5.80	Superior	0.082915	1.530749
Techo 01	3.00	Superior	0.038057	0.637999
Base	0.00	Superior	0.00	0.00

Nota: Reporte de ETABS V.20.

Figura 72

Desplazamientos máximos por sismo dinámico en Y



Nota: Reporte de ETABS V.20.

4.5.8. Diseño de muros de albañilería

4.5.8.1. Diseño por carga vertical

En la Tabla 37 se muestra el diseño de muros portantes por carga vertical.

Tabla 37

Diseño por carga vertical de muros portantes de AC

Muro	L (m)	t (m)	Pm (kg)	σ_m (kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)
1X	1.5500	0.13	15,026.72	7.45743	8.076923077
2X	1.2500	0.13	11,950.42	7.35410	8.076923077
3X	1.4000	0.13	13,386.68	7.35532	8.076923077
4X	2.9500	0.23	26,943.38	3.97102	11.42722117
5X	2.3000	0.23	19,841.66	3.75079	11.42722117
6X	3.1000	0.23	25,358.3	3.55656	11.42722117
7X	3.1000	0.13	24,219.18	6.00972	8.076923077
8X	1.4500	0.13	11,479.32	6.08982	8.076923077
9X	3.1000	0.13	20,831.99	5.16923	8.076923077
10X	1.2000	0.13	9,054.06	5.80388	8.076923077
11X	1.8500	0.13	13,161.50	5.47256	8.076923077
12X	2.2500	0.13	16,886.27	5.77308	8.076923077
13X	1.2500	0.13	8,629.64	5.31055	8.076923077
14X	1.1500	0.13	7,239.63	4.84256	8.076923077
15X	3.0000	0.13	22,035.53	5.65014	8.076923077
16X	6.5000	0.23	43,103.06	2.88315	11.42722117
1Y	7.0500	0.13	56,303.87	6.14336	8.076923077
2Y	8.7000	0.13	56,490.96	4.99478	8.076923077
3Y	2.1000	0.13	16,666.96	6.10511	8.076923077
4Y	0.9000	0.13	7,375.59	6.30392	8.076923077
5Y	2.4000	0.13	24,253.91	7.77369	8.076923077
6Y	3.9500	0.13	32,403.15	6.31025	8.076923077
7Y	1.5000	0.13	13,016.99	6.67538	8.076923077
8Y	7.0000	0.13	56,143.67	6.16963	8.076923077
9Y	2.3500	0.13	20,629.14	6.75258	8.076923077
10Y	3.2500	0.13	25,957.09	6.14369	8.076923077
11Y	1.4000	0.13	11,254.84	6.18398	8.076923077
12Y	1.4000	0.13	10,095.23	5.54683	8.076923077
13Y	6.3000	0.13	60,337.08	7.36716	8.076923077
14Y	3.2500	0.13	26,264.13	6.21636	8.076923077
15Y	2.1500	0.13	20,157.92	7.21214	8.076923077
16Y	2.1500	0.13	17,603.71	6.29829	8.076923077
17Y	1.1500	0.13	10,846.17	7.25496	8.076923077
18Y	1.1000	0.13	10,252.76	7.16976	8.076923077
19Y	2.0500	0.13	14,954.81	5.61156	8.076923077
20Y	1.9500	0.13	15,009.26	5.92081	8.076923077
21Y	10.4000	0.13	79,124.80	5.85243	8.076923077
22Y	5.0500	0.13	32,117.08	4.89217	8.076923077

4.5.8.2. Diseño por fisuración

El diseño de albañilería por fisuración se presenta en el Anexo 8.

4.5.8.3. Diseño por resistencia

El diseño por resistencia de muros se presenta en la Tabla 38.

Tabla 38

Diseño por resistencia de muros de albañilería

Muro	$V_{Ei} - X$ (kg)	$V_{Ei} - Y$ (kg)	V_{EI} (kg)	$V_m \geq V_{EI}$
1X	7,097.02	551.63	7,097.02	Resistente
2X	5,911.01	735.11	5,911.01	Resistente
3X	5,165.53	456.72	5,165.53	Resistente
4X	20,480.39	2,087.09	20,480.39	Resistente
5X	16,434.68	1,774.91	16,434.68	Resistente
6X	21,980.87	1,611.10	21,980.87	Resistente
7X	14,733.99	776.73	14,733.99	Resistente
8X	4,016.21	110.04	4,016.21	Resistente
9X	15,046.07	1,201.52	15,046.07	Resistente
10X	4,334.63	659.31	4,334.63	Resistente
11X	6,785.48	1,134.30	6,785.48	Resistente
12X	10,039.49	842.11	10,039.49	Resistente
13X	6,193.24	447.57	6,193.24	Resistente
14X	4,962.34	623.72	4,962.34	Resistente
15X	12,562.54	2,043.43	12,562.54	Resistente
16X	24,961.34	2,850.85	24,961.34	Resistente
1Y	9,154.59	16,579.61	16,579.61	Resistente
2Y	10,140.48	21,316.89	21,316.89	Resistente
3Y	1,217.11	4,030.17	4,030.17	Resistente
4Y	1,607.43	1,339.29	1,607.43	Resistente
5Y	458.53	3,975.96	3,975.96	Resistente
6Y	2,412.69	7,670.75	7,670.75	Resistente
7Y	537.83	2,124.95	2,124.95	Resistente
8Y	3,677.89	22,628.09	22,628.09	Resistente
9Y	3,788.22	4,928.79	4,928.79	Resistente
10Y	1,061.47	7,392.49	7,392.49	Resistente
11Y	88.90	3,188.32	3,188.32	Resistente
12Y	143.51	2,635.02	2,635.02	Resistente

Muro	$V_{Ei - X}$ (kg)	$V_{Ei - Y}$ (kg)	V_{EI} (kg)	$V_{m \geq V_{EI}}$
13Y	1,880.80	16,148.37	16,148.37	Resistente
14Y	867.15	7,108.88	7,108.88	Resistente
15Y	853.24	6,362.19	6,362.19	Resistente
16Y	1,718.94	4,669.17	4,669.17	Resistente
17Y	157.29	1,039.85	1,039.85	Resistente
18Y	737.33	1,744.12	1,744.12	Resistente
19Y	1,893.75	3,944.22	3,944.22	Resistente
20Y	1,303.80	4,143.87	4,143.87	Resistente
21Y	14,127.44	29,424.12	29,424.12	Resistente
22Y	8,074.38	11,980.43	11,980.43	Resistente

4.5.8.4. Diseño de columnas de confinamiento

Los resultados efectuados para diseñar columnas que enmarcan los extremos de los muros, se presenta en el Anexo 9.

4.5.8.5. Diseño de estribos y refuerzo longitudinal

El diseño de estribo y acero longitudinal se presenta en la Tabla 39.

Tabla 39

Diseño de estribos y acero longitudinal

Muro	A_c (cm ²)	A_n (cm ²)	A_{sf} (cm ²)	A_{st} (cm ²)	A_s requerida (cm ²)	Arreglo	A_s existente (cm ²)
1X	540	442	3.94	-0.29	3.65	6 ϕ 8mm	3.02
2X	255	195	0.66	4.13	4.79	8 ϕ 8mm	4.02
3X	255	195	0.67	3.41	4.08	4 ϕ 3/8" + 2 ϕ 8mm	3.89
4X	425	345	2.42	5.28	7.71	4 ϕ 1/2" + 2 ϕ 3/8"	6.52
5X	425	345	1.87	6.15	8.02	4 ϕ 1/2" + 4 ϕ 3/8"	7.96
6X	425	345	2.51	5.55	8.05	4 ϕ 1/2" + 4 ϕ 3/8"	7.96
7X	255	195	1.56	2.47	4.03	8 ϕ 8mm	4.02
8X	360	286	2.53	0.20	2.72	8 ϕ 6mm	2.26
9X	405	325	2.87	0.35	3.22	6 ϕ 8mm	3.02
10X	255	195	0.60	4.19	4.78	8 ϕ 8mm	4.02
11X	255	195	0.91	3.55	4.47	8 ϕ 8mm	4.02
12X	255	195	0.54	0.46	1.06	4 ϕ 6mm	1.13

Muro	A _c (cm ²)	A _n (cm ²)	A _{sf} (cm ²)	A _{st} (cm ²)	As requerida (cm ²)	Arreglo	As existente (cm ²)
13X	255	195	0.61	4.16	4.77	8 φ 8mm	4.02
14X	255	195	0.52	3.64	4.15	8 φ 8mm	4.02
15X	255	195	1.49	2.47	3.96	8 φ 8mm	4.02
16X	425	345	2.42	-1.82	1.77	6 φ 6mm	1.70
1Y	390	312	2.72	-3.03	1.63	6 φ 6mm	1.70
2Y	285	221	1.97	-5.46	1.19	4 φ 6mm	1.13
3Y	255	195	1.75	-0.23	1.53	4 φ 6mm	1.13
4Y	255	195	0.33	2.65	2.98	6 φ 8mm	3.02
5Y	255	195	0.65	0.02	1.06	4 φ 6mm	1.13
6Y	285	221	2.01	1.26	3.27	6 φ 8mm	3.02
7Y	255	195	0.77	3.91	4.68	4 φ 3/8" + 6 φ 6mm	4.58
8Y	495	403	3.55	-1.50	2.06	4 φ 8mm	2.01
9Y	255	195	1.21	2.93	4.14	8 φ 8mm	4.02
10Y	360	286	2.53	0.38	2.90	6 φ 8mm	3.02
11Y	420	338	2.97	0.08	3.05	6 φ 8mm	3.02
12Y	255	195	0.70	3.64	4.34	4 φ 3/8" + 2 φ 8mm	3.89
13Y	285	221	1.67	-4.81	1.19	4 φ 6mm	1.13
14Y	270	208	1.65	2.19	3.84	4 φ 3/8" + 2 φ 8mm	3.89
15Y	255	195	1.04	2.58	3.62	4 φ 3/8" + 2 φ 8mm	3.89
16Y	255	195	1.09	3.25	4.34	8 φ 8mm	4.02
17Y	255	195	0.50	3.17	3.67	4 φ 3/8" + 2 φ 8mm	3.89
18Y	615	507	4.46	-0.63	3.83	4 φ 3/8" + 2 φ 8mm	3.89
19Y	255	195	1.02	3.29	4.31	4 φ 3/8" + 2 φ 8mm	3.89
20Y	255	195	0.98	3.52	4.50	4 φ 3/8" + 6 φ 6mm	4.58
21Y	360	286	2.50	-7.73	1.50	4 φ 6mm	1.13
22Y	255	195	1.77	-0.38	1.38	4 φ 6mm	1.13

4.5.8.6. Diseño de vigas soleras

El diseño de vigas soleras se presenta en la Tabla 40.

Tabla 40

Diseño de acero en vigas soleras

Muro	T _s (kg)	As- requerido (cm ²)	Arreglo	As- existente (cm ²)
1X	17,636.00	4.67	8 φ 8 mm	4.02



Muro	T _s (kg)	As- requerido (cm ²)	Arreglo	As- existente (cm ²)
2X	4,421.10	1.17	4 φ 6 mm	1.13
3X	4,498.60	1.19	4 φ 6 mm	1.13
4X	16,291.00	4.31	8 φ 8 mm	4.02
5X	12,588.00	3.33	6 φ 8 mm	3.02
6X	16,857.00	4.46	8 φ 8 mm	4.02
7X	10,486.00	2.77	6 φ 8 mm	3.02
8X	8,487.30	2.25	4 φ 8 mm	2.01
9X	19,253.00	5.09	6 φ 3/8"	4.32
10X	4,026.40	1.07	4 φ 6 mm	1.13
11X	6,139.50	1.62	4 φ 6 mm	1.13
12X	3,605.10	0.95	4 φ 6 mm	1.13
13X	4,128.80	1.09	4 φ 6 mm	1.13
14X	3,470.50	0.92	4 φ 6 mm	1.13
15X	10,039.00	2.66	4 φ 8 mm	2.01
16X	16,279.00	4.31	8 φ 8 mm	4.02
1Y	18,309.00	4.84	8 φ 8 mm	4.02
2Y	13,220.00	3.50	6 φ 8 mm	3.02
3Y	11,791.00	3.12	6 φ 8 mm	3.02
4Y	22,11.90	0.59	4 φ 6 mm	1.13
5Y	4,387.00	1.16	4 φ 6 mm	1.13
6Y	13,494.00	3.57	6 φ 8 mm	3.02
7Y	5,180.70	1.37	4 φ 6 mm	1.13
8Y	23,842.00	6.31	4 φ 1/2"	5.08
9Y	8,139.20	2.15	4 φ 8 mm	2.01
10Y	11,032.00	2.92	4 φ 8 mm	2.01
11Y	19,965.00	5.28	4 φ 1/2"	5.08
12Y	4,674.90	1.24	4 φ 6 mm	1.13
13Y	11,208.00	2.97	4 φ 8 mm	2.01
14Y	11,066.00	2.93	4 φ 8 mm	2.01
15Y	6,971.00	1.84	6 φ 6 mm	1.70
16Y	7,357.40	1.95	6 φ 6 mm	1.70
17Y	3,340.00	0.88	4 φ 6 mm	1.13
18Y	14,990.00	3.97	4 φ 3/8"	2.88
19Y	6,848.30	1.81	6 φ 6 mm	1.70
20Y	6,587.30	1.74	6 φ 6 mm	1.70
21Y	16,771.00	4.44	8 φ 8 mm	4.02
22Y	11,886.00	3.14	4 φ 8 mm	2.01

4.6. ANÁLISIS DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

4.6.1. Costos de construcción de MDL

4.6.1.1. Planilla de metrados

Para cuantificar los metrados del sistema de muros de ductilidad limitada, se consideró las partidas contempladas en la Tabla 41, es decir concreto, acero, encofrado. Asimismo, estos se presentan en el Anexo 4.

Tabla 41

Partidas consideradas

Descripción	Unidad
Concreto en MDL	m ³
Acero de refuerzo en MDL	kg
Encofrado en MDL	m ²
Concreto en losa maciza	m ³
Acero en losa maciza	kg
Encofrado en losa maciza	m ²

4.6.1.2. Análisis de costos unitarios

Los análisis de costos unitarios se desarrollaron de las partidas contempladas en la Tabla 41, de acuerdo a los precios actuales de los materiales, mano de obra, herramientas y equipos necesarios para la ejecución de las partidas. Cabe mencionar que todos análisis de costos unitarios son mostrados por el Anexo 5.

4.6.1.3. Presupuestos

El presupuesto final del sistema de MDL, se calculó en base al producto de los metrados por los análisis de costos unitarios de cada partida, así como se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42*Presupuesto para MDL*

Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U.	Parcial S/
01	Obras de concreto				692,587.39
01.01	Muros de ductilidad limitada				487,152.56
01.01.01	MDL: Concreto $f'_c = 210$ kg/cm ²	m ³	158.38	253.74	40,187.34
01.01.02	MDL: Encofrado y desencofrado	m ²	9,518.65	39.85	379,318.20
01.01.03	MDL: Acero grado 60 $f_y = 4200$ kg/cm ²	kg	8,706.18	7.77	67,647.02
01.02	Losa maciza y vigas				205,434.83
01.02.01	Losa maciza: Concreto $f'_c = 210$ kg/cm ²	m ³	107.17	351.81	37,703.48
01.02.02	Losa maciza: Encofrado y desencofrado	m ²	937.74	93.15	87,350.48
01.02.03	Losa maciza: Acero grado 60 $f_y = 4,200$ kg/cm ²	kg	9,271.15	8.67	80,380.87
Costo Directo					S/ 692,587.39

4.6.2. Costos de construcción de AC**4.6.2.1. Planilla de metrados**

Para cuantificar los metrados de MDL, es necesario formular las partidas contempladas en la Tabla 43, es decir concreto, acero, encofrado.

Asimismo, estos se presentan en el Anexo 6.

Tabla 43*Partidas consideradas*

Descripción	Unidad
Concreto en vigas	m ³
Acero de refuerzo en vigas	kg
Encofrado en vigas	m ²
Concreto en columnas	m ³
Acero en columnas	kg
Encofrado en columnas	m ²
Concreto en columnas de confinamiento	m ³
Acero en columnas de confinamiento	kg
Encofrado en columnas de confinamiento	m ²
Concreto en losa aligerada	m ³

Descripción	Unidad
Acero de refuerzo en losa aligerada	kg
Encofrado en losa aligerada	m ²
Muros de albañilería	m ²
Aligerado en losa	m ²

4.6.2.2. Análisis de costos unitarios

Los análisis de costos unitarios, se desarrollaron de las partidas mencionadas en la Tabla 43, de acuerdo a los precios actuales de los materiales, mano de obra, herramientas y equipos necesarios para la ejecución de las partidas. Cabe mencionar que todos análisis de costos unitarios son mostrados por el Anexo 7.

4.6.2.3. Presupuestos

El presupuesto final del sistema de albañilería confinada, se calculó en base al producto de los metrados por los análisis de costos unitarios de cada partida, así como se muestran en la Tabla 44.

Tabla 44

Presupuesto para albañilería confinada

Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U.	Parcial S/
01	Obras de concreto				762,804.64
01.01	Columnas				131,245.19
01.01.01	Columnas: Concreto $f'_c = 210$ kg/cm ²	m ³	32.74	484.31	15,856.31
01.01.03	Columnas: Encofrado y desencofrado normal	m ²	741.00	47.96	36,722.97
01.01.04	Columnas: Acero grado 60 $f_y = 4200$ kg/cm ²	kg	9,957.71	7.90	78,665.91
01.02	Losas aligeradas y vigas				211,130.40
01.02.01	Losa aligerada y vigas: Concreto: $f'_c = 210$ kg/cm ²	m ³	99.39	342.80	34,070.89
01.02.02	Losa aligerada y viga: Encofrado y desencofrado	m ²	1,833.79	63.65	116,720.73



Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U.	Parcial S/
01.02.03	Losa aligerada: Ladrillo para techo de h = 0.15 m	und	7,814.27	0.74	5,782.56
01.02.04	Losa aligerada: Acero grado 60 $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$	kg	6,905.85	7.90	54,556.22
01.03	Albañilería				420,429.05
01.03.01	Muro ladrillo k.k. de arcilla 18 H (0.09x0.13x0.24) Amarre de soga junta 1.5 cm mortero 1:1:5	m ²	1,862.76	116.88	420,429.05
Costo Directo					S/ 558,910.37

4.7. PRUEBA DE NORMALIDAD DE DATOS

4.7.1. Planteamiento de hipótesis

H_0 : La distribución de la variable, es una distribución normal

H_1 : La distribución de la variable, no sigue una distribución normal

4.7.2. Nivel de significancia (α) y nivel de confianza

N.S. = $\alpha = 5 \% = 0.05$

N.C. = $1 - \alpha = 1 - 0.05 = 0.95 = 95 \%$

4.7.3. Estadístico de prueba

Considerando que se analiza una muestra menor a 50, por lo tanto, se hará uso del estadístico de prueba de Shapiro-Wilk.

4.7.4. Regla de decisión

Si p-valor es mayor a 0.05, se acepta la H_0 y se rechaza la H_1 , es decir, es una distribución normal, por lo tanto, aplicamos pruebas paramétricas.

Si p-valor es menor o igual a 0.05, se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , es decir, no es una distribución normal, por lo tanto, aplicamos pruebas no paramétricas.

4.7.5. Resultado para la deriva en dirección “X”

Los resultados se muestran en la Tabla 45, Figura 73 y Figura 74.

Tabla 45

Prueba de Shapiro-Wilk para deriva en “X”

Item	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig. (α)	Estadístico	gl	Sig. (α)
Sistema Estructural						
MDL	0.318	5	0.109	0.764	5	0.040
AC	0.237	5	0.200	0.895	5	0.384

Figura 73

Distribución de datos para deriva de MDL en “X”

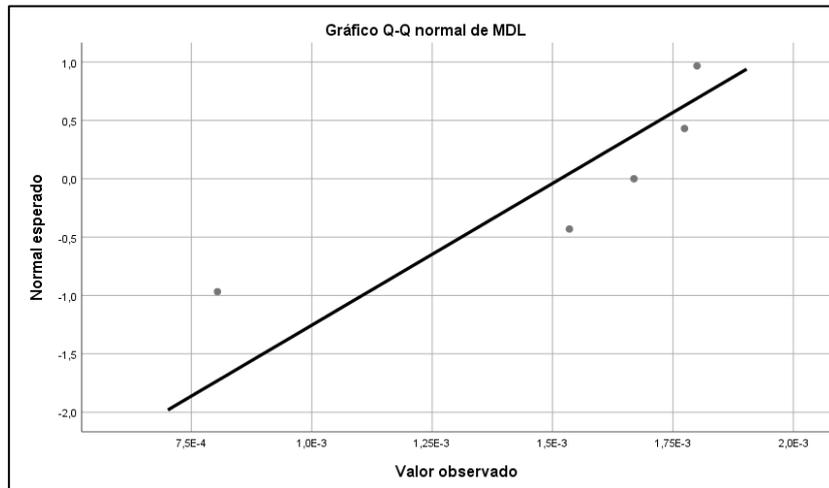
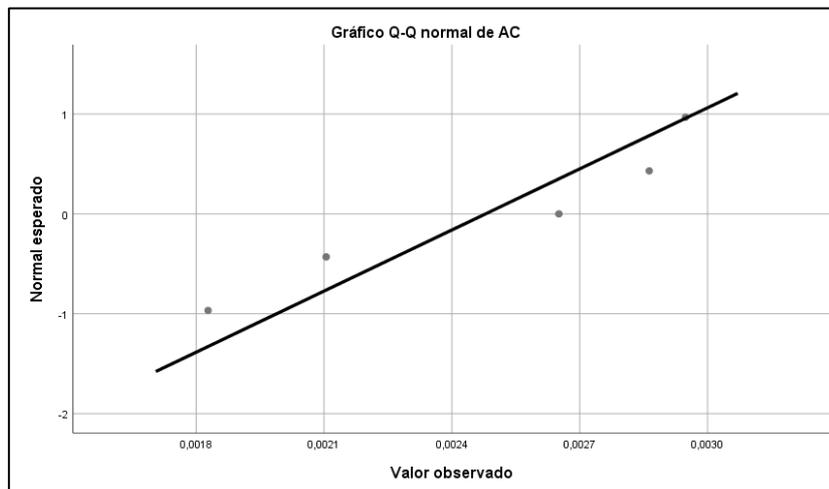


Figura 74

Distribución de datos para deriva de AC en “X”



Por tanto, en base a la Tabla 45, Figura 73 y figura 74, concluimos que para la variable de deriva en el eje “X” para muros de ductilidad limitada, se tiene un p-valor (0.040) < α (0.05) y para la variable de deriva en el eje “X” para albañilería confinada se tiene un p-valor (0.384) > α (0.05). Por tanto, los datos no obedecen a una distribución normal, por lo cual, se hizo uso de pruebas no paramétricas, es decir, Rho de Spearman (r_s).

4.7.6. Resultado para la deriva en dirección “Y”

Los resultados se muestran en la Tabla 46, Figura 75 y Figura 76.

Tabla 46

Prueba de Shapiro-Wilk para deriva en “Y”

Item	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig. (α)	Estadístico	gl	Sig. (α)
MDL	0.304	5	0.147	0.778	5	0.053
AC	0.289	5	0.199	0.898	5	0.397

Figura 75

Distribución de datos para deriva de MDL en “Y”

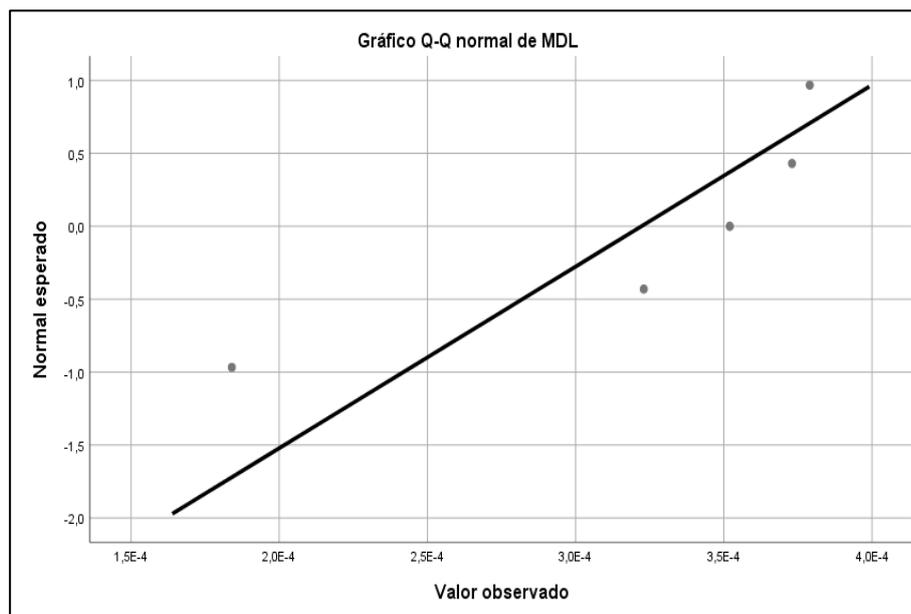
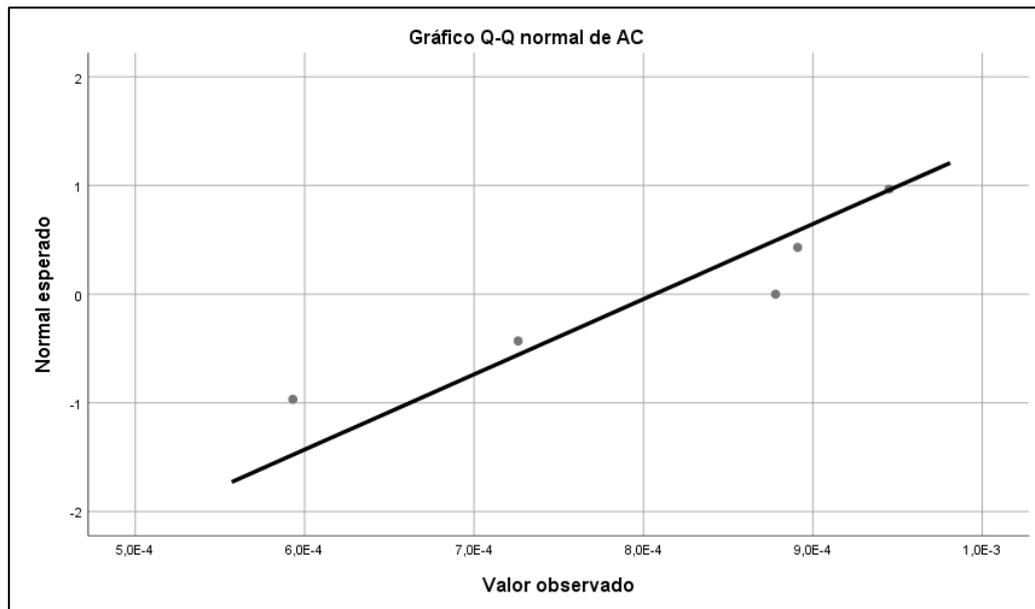


Figura 76

Distribución de datos para deriva de AC en “Y”



Por tanto, en base a la Tabla 46, Figura 75 y Figura 76, concluimos que para la variable de deriva en el eje “Y” para muros de ductilidad limitada, se tiene un p-valor (0.053) $>$ α (0.05) y para la variable de deriva en el eje “Y” para albañilería confinada se tiene un p-valor (0.397) $>$ α (0.05). Por tanto, los datos tienen una distribución normal, motivo por el cual se hará uso de pruebas paramétricas, es decir el coeficiente de Pearson (r).

4.7.7. Resultado para fuerza cortante en dirección “X”

Tabla 47

Prueba de Shapiro-Wilk para fuerza cortante en “X”

Item	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig. (α)	Estadístico	gl	Sig. (α)
Sistema Estructural						
MDL	0.200	5	0.200	0.931	5	0.606
AC	0.199	5	0.200	0.933	5	0.615

Figura 77

Distribución de datos para deriva de MDL en "X"

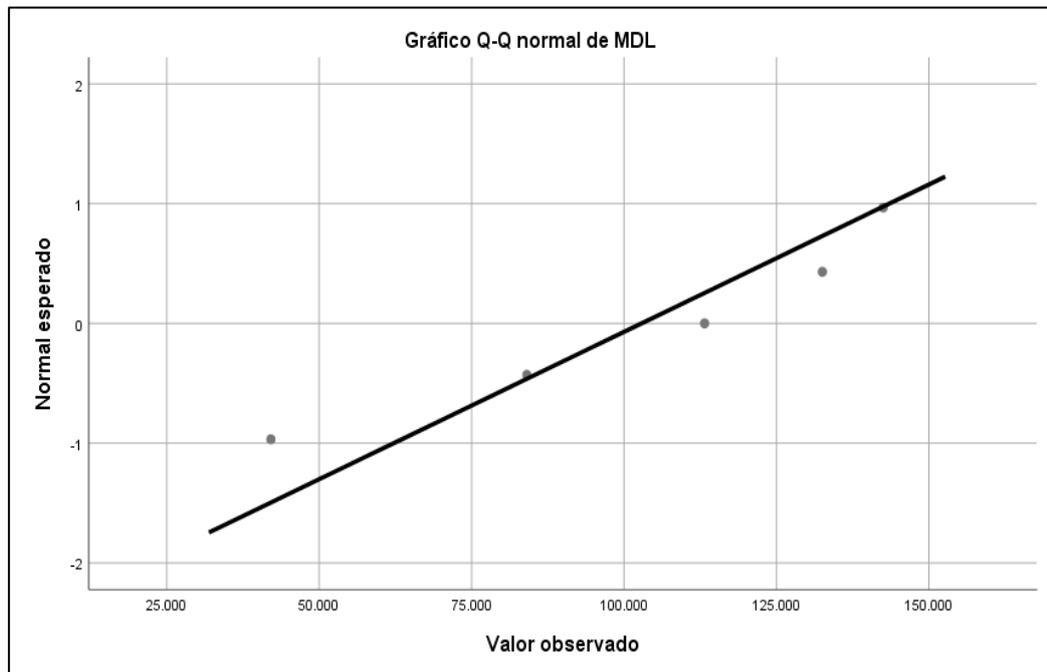
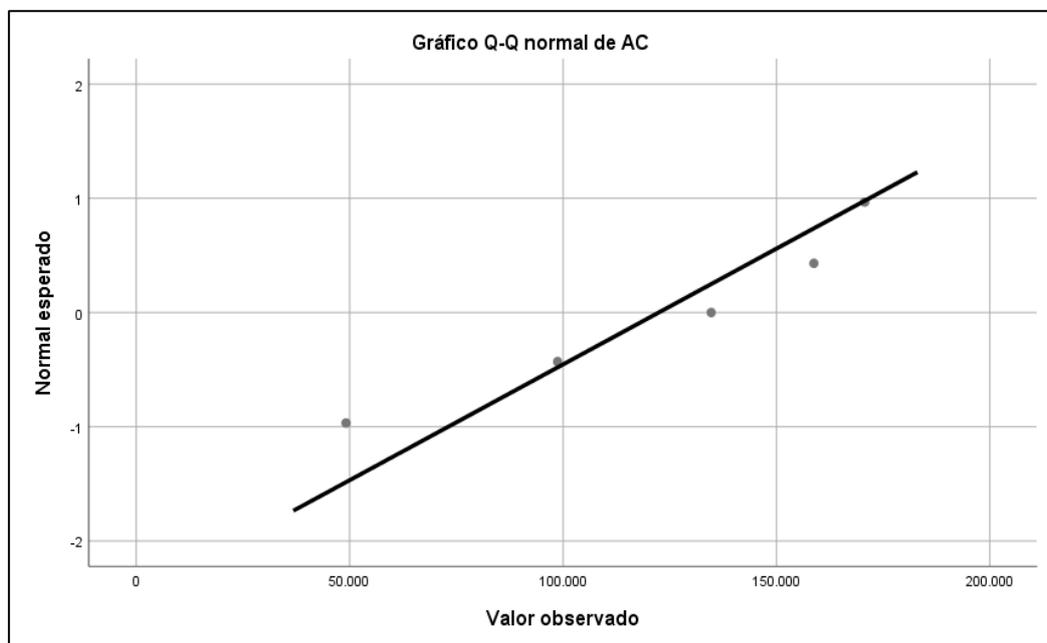


Figura 78

Distribución de datos para deriva de AC en "X"



Por tanto, en base a la Tabla 47, Figura 77 y Figura 78, concluimos que para la variable de fuerza cortante en el eje "X" para muros de ductilidad limitada, se tiene un p-valor ($0.606 > \alpha (0.05)$) y para la variable de fuerza cortante en el

eje “X” para albañilería confinada se tiene un p-valor ($0.615 > \alpha (0.05)$). Por tanto, los datos tienen una distribución normal, motivo por el cual se hará uso de pruebas paramétricas, es decir el coeficiente de Pearson (r).

4.7.8. Resultado para fuerza cortante en dirección “Y”

Tabla 48

Prueba de Shapiro-Wilk para fuerza cortante en “Y”

Item	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig. (α)	Estadístico	gl	Sig. (α)
Sistema Estructural						
MDL	0.198	5	0.200	0.934	5	0.625
AC	0.197	5	0.200	0.935	5	0.629

Figura 79

Distribución de datos para deriva de MDL en “Y”

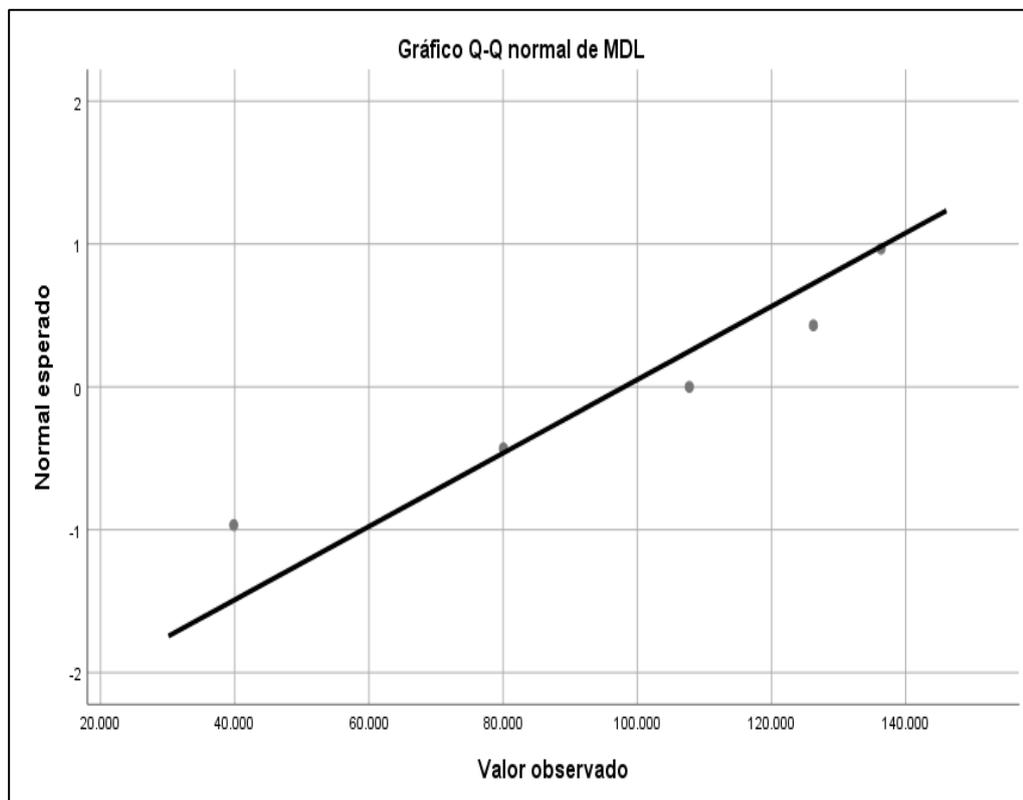
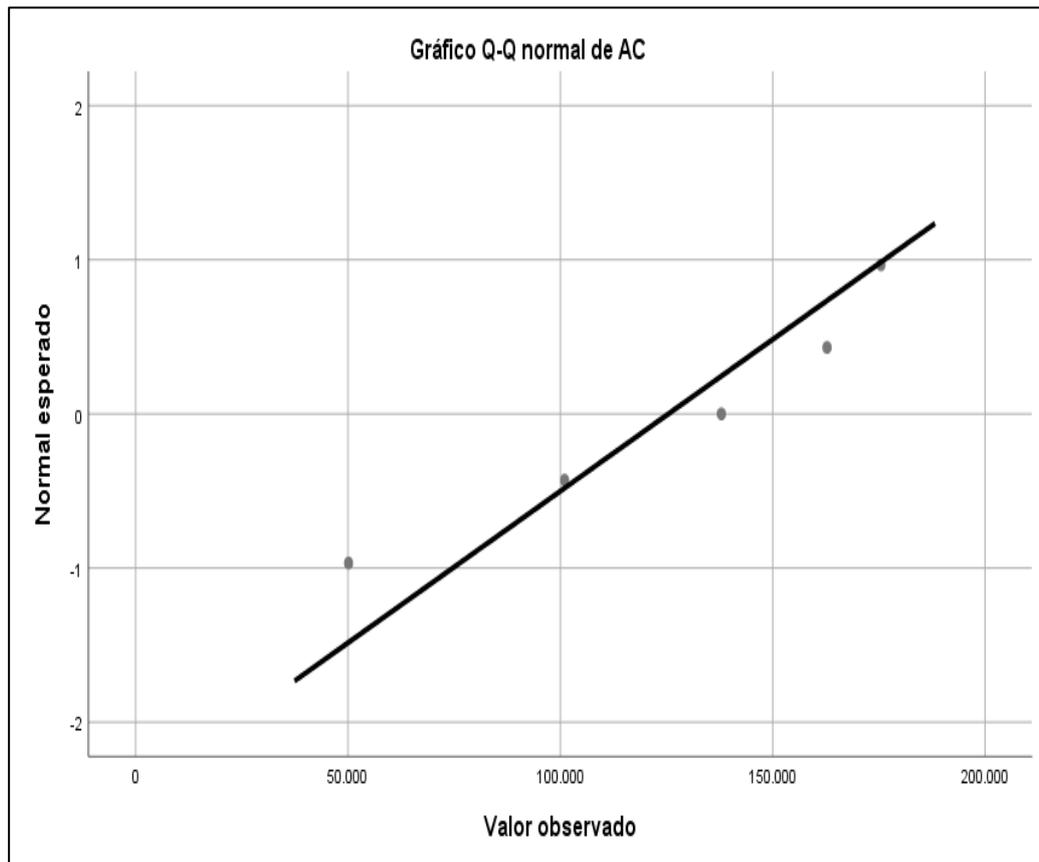


Figura 80

Distribución de datos para deriva de AC en “Y”



Por tanto, en base a la Tabla 48, Figura 79 y Figura 80, concluimos que para la variable de fuerza cortante en el eje “Y” para muros de ductilidad limitada, se tiene un p-valor ($0.625 > \alpha (0.05)$) y para la variable de fuerza cortante en el eje “Y” para albañilería confinada se tiene un p-valor ($0.629 > \alpha (0.05)$). Por tanto, los datos tienen una distribución normal, motivo por el cual se hará uso de pruebas paramétricas, es decir el coeficiente de Pearson (r).

4.7.9. Resultado para la variable costos de construcción

Para el caso de los costos de construcción, no es necesario de realizar esta prueba debido a que se trata de la comparación de dos valores distintos para ambos sistemas estructurales.

4.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.8.1. Coeficientes de correlación aplicados

Tratándose de dos variables cuantitativas y debido a que las variables no presentan una distribución normal, se optó por la prueba estadística no paramétrica. Para nuestro caso, el coeficiente Rho de Spearman (r_s) planteados en la ecuación 45.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (45)$$

Donde:

r_s : Coeficiente de correlación de Spearman

d : Diferencia entre los rangos (X menos Y)

n : Número de datos

Por otro lado, tratándose de dos variables cuantitativas y debido a que las variables presentan una distribución normal, motivo por el cual se optó una prueba estadística paramétrica. Para nuestro caso, el coeficiente de correlación de Pearson (r) planteados en la ecuación 46.

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (46)$$

Donde:

r : Coeficiente de correlación de Pearson

x_i, y_i : Puntos muestrales

n : Número de datos

Asimismo, se presenta los siguientes valores del grado de correlación para los coeficientes en mención, los cuales se detalla en la Tabla 49.

Tabla 49

Valores del grado de correlación

Valor	Descripción
-1.00	Correlación negativa perfecta
-0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.75	Correlación negativa considerable
-0.50	Correlación negativa media
-0.25	Correlación negativa débil
-0.10	Correlación negativa muy débil
0.00	No existe correlación alguna entre las variables
+0.10	Correlación positiva muy débil
+0.25	Correlación positiva débil
+0.50	Correlación positiva media
+0.75	Correlación positiva considerable
+0.90	Correlación positiva muy fuerte
+1.00	Correlación positiva perfecta

Fuente: (Hernández Sampieri et al., 2014).

4.8.2. Nivel de correlación para la hipótesis N° 01

Las derivas de entrepiso en un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada son menores en un edificio estructurado con muros de albañilería confinada

4.8.2.1. Planteamiento de hipótesis en dirección “X”

H₀: No existe relación entre las derivas en la dirección “X” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

H₁: Si existe relación entre las derivas en la dirección “X” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

4.8.2.2. Regla de decisión en dirección “X”

Se plantea dos situaciones:

Si $p\text{-valor} \leq \alpha$ (0.05), entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

Si $p\text{-valor} > \alpha$ (0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 50.

Tabla 50

P-valor para la deriva en dirección “X”

		Correlaciones	
Rho de Spearman		MDL	AC
		Coefficiente de correlación	1 0.500
	MDL	Sig. (bilateral)	- 0.391
		N	5 5
		Coefficiente de correlación	0.500 1
	AC	Sig. (bilateral)	0.391 -
	N	5 5	

4.8.2.3. Interpretación de resultados en dirección “X”

Si, $p\text{-valor}$ (0.391) $> \alpha$ (0.05), entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna. Por tanto, Si existe relación entre las derivas en la dirección “X” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

Por otro lado, debemos determinar el grado o nivel de correlación basándonos en la Tabla 49.

Debido a que el valor de $r_s = 0.5$, se concluye que hay una correlación positiva media entre la variable deriva en la dirección “X” para los sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada.

4.8.2.4. Planteamiento de hipótesis en dirección “Y”

H_0 : No existe relación entre las derivas en la dirección “Y” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

H_1 : Si existe relación entre las derivas en la dirección “Y” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

4.8.2.5. Regla de decisión en dirección “Y”

Se plantea dos situaciones. Los resultados se muestran en la Tabla 51:

Si $p\text{-valor} \leq \alpha (0.05)$, entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

Si $p\text{-valor} > \alpha (0.05)$, entonces, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna.

Tabla 51

P-valor para la deriva en dirección “Y”

Correlaciones			
		MDL	AC
MDL	Correlación de Pearson	1	0.825
	Sig. (bilateral)	-	0.086
	N	5	5
AC	Correlación de Pearson	0.825	1
	Sig. (bilateral)	0.086	-
	N	5	5

4.8.2.6. Interpretación de resultados en dirección “Y”

Si, $p\text{-valor} (0.086) > \alpha (0.05)$, entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna. Por tanto, Si existe relación entre las derivas en la dirección “Y” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.



Por otro lado, debemos determinar el grado o nivel de correlación basándonos en la Tabla 49.

Debido a que el valor de $r = 0.825$, se concluye que hay una correlación positiva muy fuerte entre la variable deriva en la dirección “Y” para los sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada.

4.8.3. Nivel de correlación para la hipótesis N° 02

Las fuerzas cortantes en un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada son menores en un edificio estructurado con muros de albañilería confinada.

4.8.3.1. Planteamiento de hipótesis en dirección “X”

H_0 : No existe relación entre las fuerzas cortantes en la dirección “X” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

H_1 : Si existe relación entre las fuerzas cortantes en la dirección “X” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

4.8.3.2. Regla de decisión en dirección “X”

Se plantea dos situaciones:

Si $p\text{-valor} \leq \alpha (0.05)$, entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

Si $p\text{-valor} > \alpha (0.05)$, entonces, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna.

Tabla 52*P-valor para la fuerza cortante en dirección “X”*

		Correlaciones	
		MDL	AC
MDL	Correlación de Pearson	1	1.000**
	Sig. (bilateral)	-	0.000
	N	5	5
AC	Correlación de Pearson	1.000**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	-
	N	5	5

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

4.8.3.3. Interpretamos resultados en dirección “X”

Si, $p\text{-valor} (0.000) \leq \alpha (0.05)$, entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna. Por tanto, No existe relación entre las fuerzas cortantes en la dirección “X” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

Por otro lado, debemos determinar el grado o nivel de correlación basándonos en la Tabla 49.

Debido a que el valor de $r = 0.000$, se concluye que No existe correlación alguna entre las variables fuerzas cortantes en la dirección “X” para los sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada.

4.8.3.4. Planteamiento de hipótesis en dirección “Y”

H_0 : No existe relación entre las fuerzas cortantes en la dirección “Y” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

H_1 : Si existe relación entre las fuerzas cortantes en la dirección “Y” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

4.8.3.5. Regla de decisión en dirección “Y”

Se plantea dos situaciones:

Si $p\text{-valor} \leq \alpha$ (0.05), entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

Si $p\text{-valor} > \alpha$ (0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna.

Los resultados se presentan en la Tabla 53.

Tabla 53

P-valor para la fuerza cortante en dirección “Y”

Correlaciones			
		MDL	AC
MDL	Correlación de Pearson	1	1.000
	Sig. (bilateral)	-	0.000
	N	5	5
AC	Correlación de Pearson	1.000	1
	Sig. (bilateral)	0.000	-
	N	5	5

4.8.3.6. Interpretación de resultados en dirección “Y”

Si, $p\text{-valor}$ (0.000) $\leq \alpha$ (0.05), entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna. Por tanto, no existe relación entre las fuerzas cortantes en la dirección “Y” para muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.

Por otro lado, debemos determinar el grado o nivel de correlación basándonos en la Tabla 49. Debido a que el valor de $r = 0.000$, se concluye que no existe correlación alguna entre las variables

4.8.4. Nivel de correlación para la hipótesis N° 03

Los costos de construcción en un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada son menores que un edificio estructurado con muros de albañilería confinada.

Para el caso de la hipótesis N° 03, el costo de construcción para el sistema de albañilería confinada es menor en S/ 133,677.02 que al de muros de ductilidad limitada.

4.9. DISCUSIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Este apartado hace la presentación de los hallazgos comparativos de derivas, fuerza cortante y costos de construcción para ambos sistemas estructurales.

Tabla 54

Cuadro comparativo para sismo estático

Parámetro	SISMO ESTÁTICO			
	Dirección "X"		Dirección "Y"	
	MDL	AC	MDL	AC
Deriva	0.000387	0.000770	0.000119	0.000317
- Respecto al mayor	50.00 %	100.00 %	38.00 %	100.00 %
- Respecto a 0.005	7.74 %	15.39 %	2.38 %	6.35 %
Fuerza Cortante (tonf)	-119.90	-127.51	-101.92	-127.51
- Respecto al mayor	94.00 %	100.00 %	80.00 %	100.00 %

Tabla 55

Cuadro comparativo para sismo dinámico

Parámetro	SISMO DINÁMICO			
	Dirección "X"		Dirección "Y"	
	MDL	AC	MDL	AC
Deriva	0.000412	0.000810	0.000098	0.000264
- Respecto al mayor	51.00 %	100.00 %	37.00 %	100.00 %
- Respecto a 0.005	8.24 %	16.21 %	1.96 %	5.27 %
Fuerza Cortante (tonf)	86.79	102.01	81.00	104.55
- Respecto al mayor	85.00 %	100.00 %	77.00 %	100.00 %

Tabla 56

Cuadro comparativo de costos de construcción

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN		
	MDL	AC
Costo	S/ 692,587.39	S/ 558,910.37
- Respecto al mayor	100.00 %	81.00 %

Figura 81

Derivas máximas por sismo estático en X-Y para MDL y AC

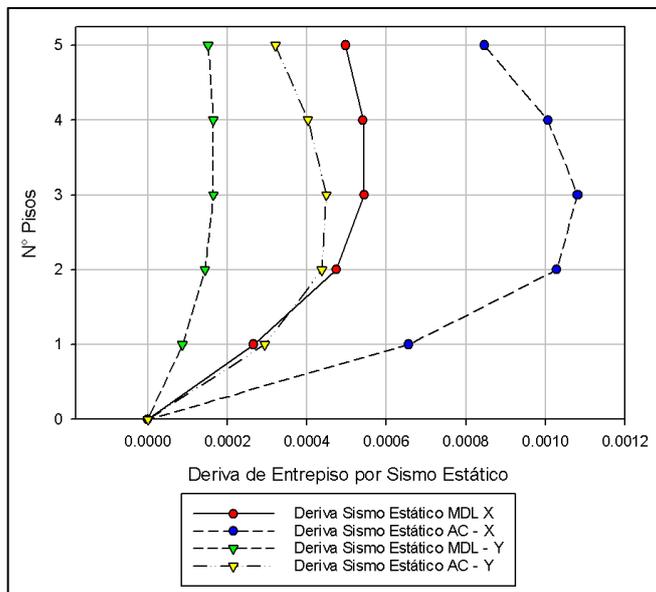


Figura 82

Derivas máximas por sismo dinámico en X-Y para MDL y AC

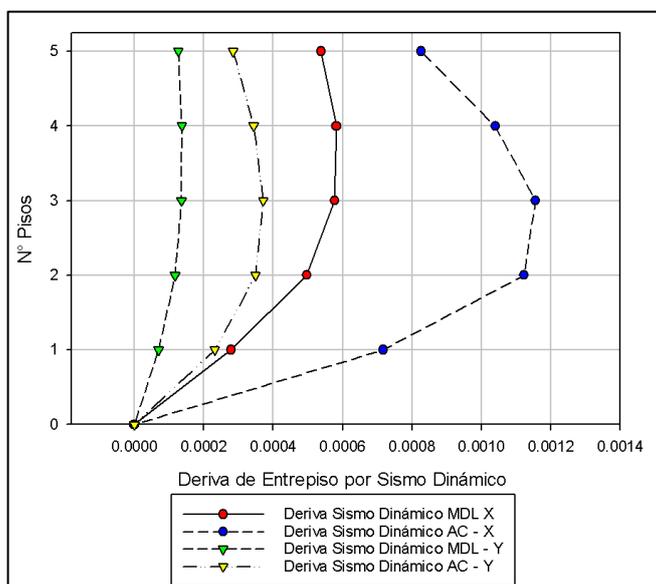


Figura 83

Desplazamientos máximos por sismo estático en X-Y para MDL y AC

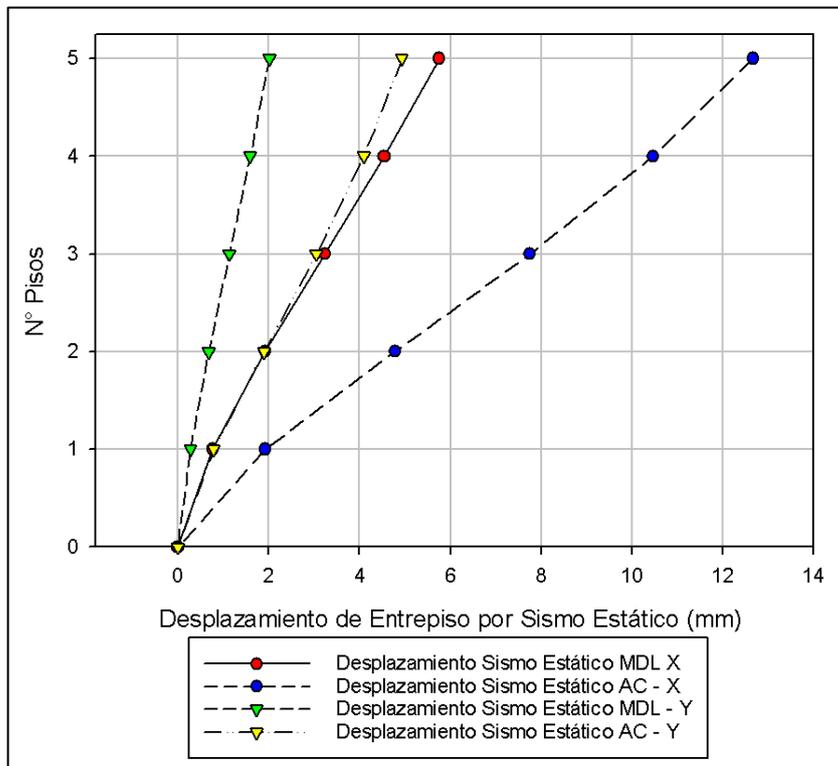
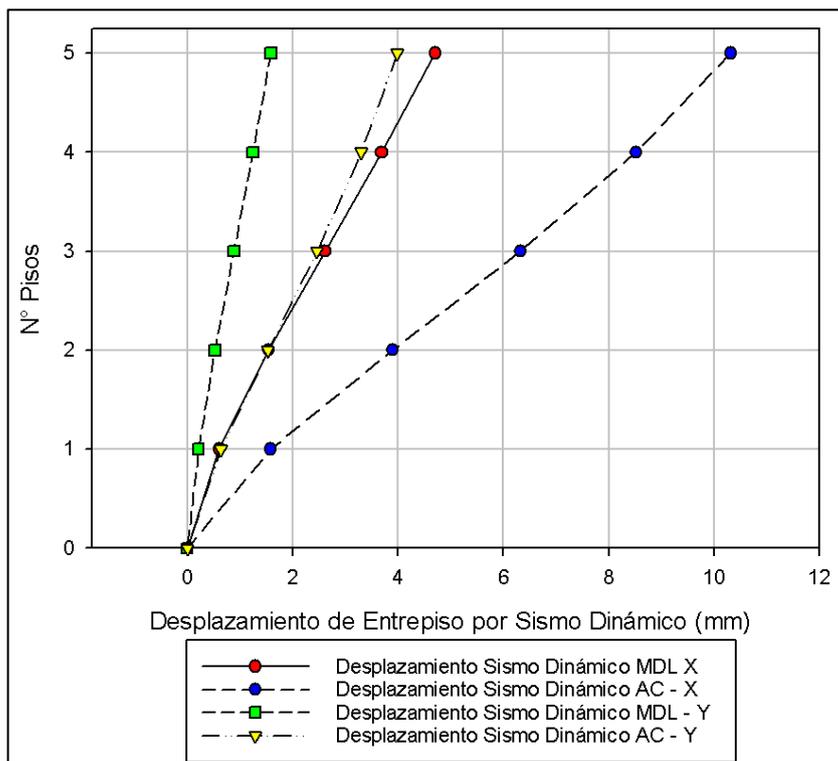


Figura 84

Desplazamientos máximos por sismo dinámico en X-Y para MDL y AC





En referencia a las derivas máximas y desplazamientos máximos obtenidos del análisis sísmico estático y dinámico para las direcciones “X” e “Y” para los sistemas de albañilería confinada y muros de ductilidad limitada presentados en las Figuras 81, Figura 82, Figura 83 y Figura 84. Se obtuvo que, para sismo estático en dirección “X”, las derivas máximas promedios del sistema de muros de ductilidad limitada fue 0.000387 y para la albañilería confinada fue 0.000770; en dirección “Y”, las derivas máximas promedios del sistema de muros de ductilidad limitada fue 0.000119 y para la albañilería confinada fue 0.000317. De igual modo, se obtuvo que, para sismo dinámico en dirección “X”, las derivas máximas promedios del sistema de muros de ductilidad limitada fue 0.000412 y para la albañilería confinada fue 0.000810; en dirección “Y”, las derivas máximas promedios del sistema de muros de ductilidad limitada fue 0.000098 y para la albañilería confinada fue 0.000264, cumpliendo de esta manera con el límite máximo permisible de la deriva establecido en la NTP E.030 Diseño Sismorresistente, en el cual se indica que no debe sobrepasar el valor de 0.005, en nuestro caso ningún valor sobre paso esta restricción. De la misma forma, Carnero Arévalo (2019) en su tesis “Análisis Lineal Comparativo entre Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada, Lima – 2019” obtuvo derivas inferiores al 0.005, el cual representa el límite permisible. Para la albañilería confinada en dirección “X” obtuvo 0.001771 y en dirección “Y” obtuvo 0.001073, mientras tanto, para el sistema de muros de ductilidad limitada en dirección “X” obtuvo 0.000427 y en dirección “Y” obtuvo 0.000438. Por otro lado, Quiroz Cruzado & Quispe Rodríguez (2016) en su tesis “Comparación del Comportamiento Estructural de una Vivienda Multifamiliar Proyectada Mediante los Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada en la Ciudad de Cajamarca” obtuvo que para el sistema Muros de Ductilidad Limitada presenta menores derivas, es decir, 0.0016 y para el sistema de Albañilería Confinada se obtuvo una deriva

0.0039, por lo que se infiere que el sistema MDL presenta mayor rigidez en comparación al sistema de Albañilería Confinada, en consecuencia, este último presenta mayor ductilidad.

Figura 85

Fuerza cortante por sismo estático en X-Y para MDL y AC

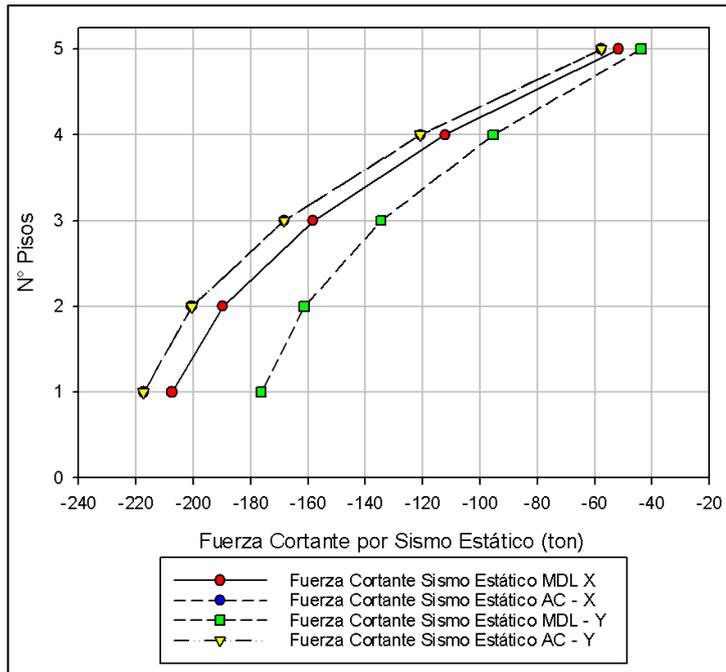
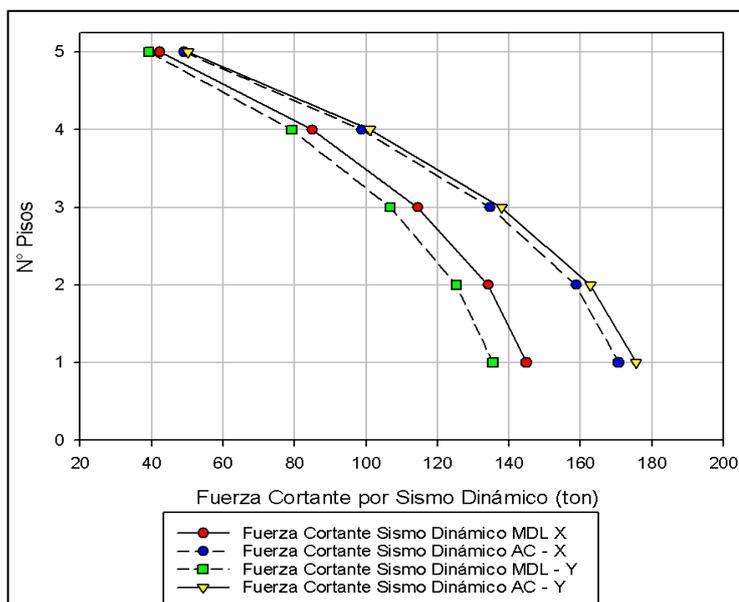


Figura 86

Fuerza cortante por sismo dinámico en X-Y para MDL y AC



En referencia a las fuerzas cortantes obtenidos del análisis sísmico estático y dinámico presentados en la Figuras 85 y Figura 86. Se obtuvo que, para sismo estático en dirección “X”, las fuerzas cortantes promedios del sistema de muros de ductilidad limitada fue -119.90 tonf y para la albañilería confinada fue -127.51 tonf. En dirección “Y”, las fuerzas cortantes promedios del sistema de muros de ductilidad limitada fue -101.92 tonf y para la albañilería confinada fue -127.51 tonf. De igual modo, para sismo dinámico en dirección “X”, las fuerzas cortantes promedios del sistema de muros de ductilidad limitada fue 86.79 tonf y para la albañilería confinada fue 102.01 tonf; en dirección “Y”, las fuerzas cortantes promedios del sistema de muros de ductilidad limitada fue 81.00 tonf y para la albañilería confinada fue 104.55 tonf. Por lo tanto, las fuerzas cortantes de la albañilería confinada son mayores a los de muros de ductilidad limitada en razón de que el primero posee mayor peso, según se evidencia en la Tabla 57.

Tabla 57

Peso por piso para MDL y AC

Piso	Diafragma	Peso MDL (tonf)	Peso AC (tonf)
Techo 05	D1	115.02	116.73
Techo 04	D1	157.00	169.82
Techo 03	D1	157.00	169.82
Techo 02	D1	157.00	169.82
Techo 01	D1	159.66	176.41
TOTAL		745.66	802.60

Cáceres Cáceres & Enríquez Ranilla (2017), en su tesis “Análisis de Costos, Diseño Sismorresistente – Estructural Comparativo entre los Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Estructural de un Edificio Multifamiliar” mencionan que el sistema estructural de Albañilería Confinada tiene mayor fuerza cortante dinámica en la base, es decir, en el eje “X” se obtuvo 195.44 tonf y el eje “Y” 176.10 tonf, asimismo, el sistema de muros de ductilidad limitada en el eje “X” se obtuvo 143.39 tonf



y en el eje “Y” 131.79 tonf, esto debido a que la estructuración se realizó considerando la optimización de la densidad de muros de tal manera se cumpla con los espesores mínimos de muro establecidos por la norma E.060 Concreto armado y E.070 Albañilería. Por otro lado, Carnero Arévalo (2019) en su tesis “Análisis Lineal Comparativo entre Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada, Lima – 2019” menciona que, en referencia a la fuerza cortante en la base, obtuvo que el Sistema de Albañilería confinada excede al Sistema Muros de Ductilidad Limitada en la dirección “X” en 27.47 % y en la dirección “Y” en 29.06 %, debido a que el sistema Albañilería confinada tiene mayor peso.

En referencia a los costos de construcción estimados en base a los metrados y análisis de costos unitarios para ambos sistemas estructurales. Para el costo de construcción de muros de ductilidad limitada, se obtuvo un costo de 692,587.39 y para el sistema de albañilería confinada se obtuvo un costo de S/ 558,910.37. Por consiguiente, el sistema de albañilería confinada es más económico en S/ 133,677.02 en comparación a los muros de ductilidad limitada, este debido a que las unidades de albañilería son más económicas que el concreto. Por otro lado, Deza Espinoza & Orihuela Collazos (2019), en su tesis titulada “Parámetros Comparativos de Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada del Edificio Multifamiliar de 5 Niveles, Residencial Araya en el Distrito de Santiago de Surco – 2019”. Estimaron un costo de S/ 261,315.90 para muros de ductilidad limitada y un costo de S/ 204,990.11 para la albañilería confinada. Asimismo, Navarro Garcia & Osorio Obregon (2020), en su tesis titulada “Análisis Comparativo de un Edificio de Muros de Ductilidad Limitada de 5 Niveles con otro de Albañilería Distrito de Pucusana”. Estimaron un costo de S/ 504,791.86 para muros de ductilidad limitada y un costo de S/ 389,147.96 para la albañilería confinada. Por lo tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación tienen el respaldo correspondiente.

Tabla 58

Matriz comparativa de resultados

Comparativa de resultados				
Autor	Deriva		Dirección "Y"	
	Dirección "X"		Dirección "Y"	
	MDL	AC	MDL	AC
- Tesista	0.000412	0.000810	0.000098	0.000264
- Carnero Arévalo (2019)	0.000427	0.001771	0.000438	0.001073
- Quiroz Cruzado y Quispe Rodríguez (2016)	0.001680	0.001846	0.003500	0.003900

Autor	Fuerza Cortante (tonf)		Dirección "Y"	
	Dirección "X"		Dirección "Y"	
	MDL	AC	MDL	AC
- Tesista	86.79	102.01	81.00	104.55
- Cáceres Cáceres y Enríquez Ranilla (2017)	143.39	195.44	131.79	176.10
- Carnero Arévalo (2019)	758.69	1,095.89	758.70	1,068.78

Autor	Costos de Construcción (S/)	
	MDL	AC
- Tesista	692,587.39	558,910.37
- Deza Espinoza y Orihuela Collazos (2019)	261,315.90	204,990.11
- Navarro García y Osorio Obregón (2020)	504,791.86	389,147.96

4.10. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

4.10.1. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 01

Tras realizar el procedimiento planteado en la Figura 4 (Ver página 53), se abordó el objetivo específico de “Comparar las derivas de entrepiso de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada”. Contemplado en el Capítulo I, numeral 1.5.2. (Ver página 36) Mediante el análisis exhaustivo presentados en los numerales 4.4.5 (Ver página 73) y 4.4.6 (Ver página 83) del Capítulo IV, se logró cumplir con el objetivo planteado. Los resultados



obtenidos para las derivas máximas promedios para sismo estático en dirección “X” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor que representa el 7.74 % del límite permisible por la norma (0.005) y para la Albañilería Confinada, se obtuvo un valor que representa el 15.39 % del límite permisible por la norma (0.005). Por otro lado, dirección “Y” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor que representa el 2.38 % del límite permisible por la norma (0.005) y para la Albañilería Confinada, se obtuvo un se obtuvo un valor que representa el 6.35 % del límite permisible por la norma (0.005)

Asimismo, para sismo dinámico en dirección “X” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor que representa el 8.24 % del límite permisible por la norma (0.005) y para la Albañilería Confinada, se obtuvo un se obtuvo que representa el 16.21 % del límite permisible por la norma (0.005). Por otro lado, dirección “Y” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor que representa el 1.96 % del límite permisible por la norma (0.005) y para la Albañilería Confinada, se obtuvo un se obtuvo un valor que representa el 5.27 % del límite permisible por la norma (0.005).

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos, las derivas son inferiores al límite máximo permisible (0.005) establecido por la norma E.030 Diseño Sismorresistente, por lo cual se cumplió satisfactoriamente con este objetivo específico. Cabe mencionar que las derivas para Muros de Ductilidad Limitada son inferiores a las derivas de la Albañilería Confinada, por lo cual se puede afirmar que:

Para sismo estático en dirección “X” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor promedio de deriva que representa el 50.00 % del valor

promedio de deriva de la Albañilería Confinada. Por otro lado, en dirección “Y” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor promedio de deriva que representa el 38.00 % del valor promedio de deriva de la Albañilería Confinada.

Para sismo dinámico en dirección “X” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor promedio de deriva que representa el 51.00 % del valor promedio de deriva de la Albañilería Confinada. Por otro lado, en dirección “Y” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor promedio de deriva que representa el 37.00 % del valor promedio de deriva de la Albañilería Confinada.

4.10.2. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 02

Tras realizar el procedimiento planteado en la Figura 4 (Ver página 53), se abordó el objetivo específico de *“Comparar las fuerzas cortantes de entrepiso de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada”*. Contemplado en el Capítulo I, numeral 1.5.2. (Ver página 36) Mediante el análisis exhaustivo presentados en los numerales 4.5.6. (Ver página 104) y 4.5.7. (Ver página 114) del Capítulo IV, se logró cumplir con el objetivo planteado. Los resultados obtenidos para las fuerzas cortantes promedios para sismo estático en dirección “X” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor promedio de fuerza cortante que representa el 94.00 % del valor promedio de fuerza cortante de la Albañilería Confinada. Por otro lado, en dirección “Y” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor de promedio fuerza cortante que representa el 80.00 % del valor promedio de fuerza cortante de la Albañilería Confinada.

Para sismo dinámico en dirección “X” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor de promedio de fuerza cortante que representa el 85.00 % del



valor promedio de fuerza cortante de la Albañilería Confinada. Por otro lado, en dirección “Y” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor de promedio de fuerza cortante que representa el 77.00 % del valor promedio de fuerza cortante de la Albañilería Confinada.

4.10.3. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 03

Tras realizar el procedimiento planteado en la Figura 4 (Ver página 53), se abordó el objetivo específico de *“Comparar los costos de construcción de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada”*. Contemplado en el Capítulo I, numeral 1.5.2 (Ver página 36). Mediante el análisis exhaustivo presentados en los numerales 4.6.1. (Ver página 128) y 4.6.2 (Ver página 129) del Capítulo IV, se logró cumplir con el objetivo planteado. Los resultados obtenidos para los costos de construcción para muros de ductilidad limitada. resultaron S/ 692,587.39 y para la albañilería confinada resultaron S/ 558,910.37. De otro modo se puede afirmar que el costo de construcción para la albañilería confinada representa el 81.00 % del costo de construcción de muros de ductilidad limitada.

4.10.4. Cumplimiento del objetivo general

Tras realizar el procedimiento planteado en la Figura 4 (Ver página 53), se abordó el objetivo específico de *“Comparar la respuesta estructural y los costos de construcción de un edificio estructurado con muros de ductilidad limitada y muros de albañilería confinada”*. Contemplado en el Capítulo I, numeral 1.5.1 (Ver página 36). Mediante el análisis exhaustivo presentados en los numerales 4.4.5, 4.4.6, 4.5.6, 4.5.7, 4.6.1. y 4.6.2 del Capítulo IV, se logró cumplir con el objetivo planteado. La respuesta estructural del sistema de muros de ductilidad



limitada es más eficiente que al sistema de albañilería confinada en razón de que los muros de ductilidad limitada desarrollan menores derivas que la albañilería confinada. Asimismo, los muros de ductilidad limitada desarrollan menores fuerzas cortantes que la albañilería confinada. Por otro lado, el sistema de albañilería confinada es más económico que el sistema de muros de ductilidad limitada en S/ 133,677.02.



V. CONCLUSIONES

- El sistema estructural de Muros de Ductilidad Limitada presenta un mejor comportamiento estructural frente a las solicitaciones sísmicas y de gravedad en comparación al sistema estructural de Albañilería Confinada, debido a que el sistema de Muros de Ductilidad Limitada presenta una menor fuerza cortante en la base ya que posee un menor peso en comparación al sistema de Albañilería Confinada. Asimismo, Cabe mencionar que el sistema de Muros de Ductilidad Limitada presenta mayor rigidez frente a la Albañilería Confinada, motivo por el cual presenta menores derivas y menores desplazamientos.
- El sistema estructural de Muros de Ductilidad Limitada presenta menores derivas en comparación al sistema estructural de Albañilería Confinada, en ese sentido se puede mencionar que en dirección “X” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor promedio de deriva que representa el 51 % del valor promedio de deriva de la Albañilería Confinada. Por otro lado, en dirección “Y” para muros de ductilidad limitada, se obtuvo un valor promedio de deriva que representa el 37 % del valor promedio de deriva de la Albañilería Confinada.
- El sistema estructural de Muros de Ductilidad Limitada presenta menor fuerza cortante en la base en comparación al sistema estructural de Albañilería Confinada, en ese sentido se puede mencionar que en dirección “X” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor de promedio de fuerza cortante que representa el 85 % del valor promedio de fuerza cortante de la Albañilería Confinada. Por otro lado, en dirección “Y” para Muros de Ductilidad Limitada, se obtuvo un valor de promedio de fuerza cortante que representa el 77 % del valor promedio de fuerza cortante de la Albañilería Confinada.



- El sistema estructural de Albañilería Confinada representa el 81% del costo de construcción de Muros de Ductilidad Limitada, en consecuencia, el sistema de Albañilería Confinada es más económica en S/ 133,677.02, a comparación al sistema estructural de Muros de Ductilidad Limitada.



VI. RECOMENDACIONES

- Al determinar que los sistemas estructurales tanto Muros de ductilidad Limitada y Albañilería Confinada tienen un desempeño lineal estructural óptimo frente a las sollicitaciones sísmica, se recomienda realizar la elección del sistema estructural a edificar en base al aspecto económico e impacto ambiental que pueden generar.
- Se recomienda a futuros estudios de investigación analizar el desempeño sismorresistente de los sistemas Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada haciendo uso de modelos de análisis más sofisticados, así podemos mencionar, el método tiempo historia no lineal debido a su gran fiabilidad en la predicción de la respuesta sísmica de las edificaciones.
- Se recomienda a futuros estudios de investigación realizar un análisis de la interacción suelo estructura con el objetivo de realizar comparaciones del desempeño frente a sollicitaciones sísmicas de los sistemas estructurales de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada tomando en consideración la flexibilidad y las propiedades física-mecánicas del terreno.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, T. F. (2017). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería* (Vol. 1). San Marcos.
- Blanco Blasco, A. (1999). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado* (Primera, Vol. 1). Colegio de Ingenieros del Perú.
- Cáceres Cáceres, Á. E., & Enríquez Ranilla, L. A. (2017). *Análisis de Costos, Diseño Sismorresistente - Estructural Comparativo entre los Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Estructural de un Edificio Multifamiliar*. Universidad Nacional de San Agustín.
- Carnero Arevalo, L. T. (2019). *Análisis Lineal Comparativo entre Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada, Lima - 2019* [Tesis de pregrado]. Universidad Cesar Vallejo.
- Chillagana Anaguano, J. V. (2013). *Sistemas Constructivos de Muros de Ductilidad Limitada aplicados en Viviendas de Quito bajo el Reglamento del ACI 318S-08 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2206>
- Contreras, M., & Winckler, P. (2013). Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa central de Chile. *Obras y Proyectos*, 14, 6–19.
- Delgado Contreras, G. (2011). *Dinámica Estructural* (Primera, Vol. 1). Edicivil S.R.Ltda.
- Deza Espinoza, J. E., & Orihuela Collazos, D. G. (2019). *Parámetros Comparativos de Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada del Edificio Multifamiliar de 5 Niveles, Residencial Araya en el Distrito de Santiago de Surco – 2019*. [UNIVERSIDAD DE RICARDO PALMA]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2736>
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural* (Tercera, Vol. 1). Fondo Editorial de la Pontificia universidad católica del Perú.



- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). Mc Graw Hill Education.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024). *Situación de la Población Peruana 2024: Una mirada de la diversidad étnica*. 1–134. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6616587/5751291-situacion-de-la-poblacion-peruana-2024-una-mirada-de-la-diversidad-etnica.pdf>
- Li, B., Pan, Z., & Xiang, W. (2015). Experimental evaluation of seismic performance of squat RC structural walls with limited ductility reinforcing details. *Journal of Earthquake Engineering*, 19(2), 313–331. <https://doi.org/10.1080/13632469.2014.962669>
- Llerena Pariapaza, D. E. (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*.
- Navarro García, R. J., & Osorio Obregon, M. G. (2020). *Análisis Comparativo de un Edificio de Muros de Ductilidad Limitada de 5 Niveles con otro de Albañilería Distrito de Pucusana*. Universidad Ricardo palma.
- Páez, D. F. (2006). Tipología estructural de muretes en mampostería solicitados a esfuerzos cortantes. *Facultad de Ingeniería*, 15(21), 60–69. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358269008>
- Quiroz Cruzado, C. M., & Quispe Rodríguez. (2016). *Comparación del Comportamiento Estructural de una Vivienda Multifamiliar Proyectada Mediante los Sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada en la Cuidad de Cajamarca*. Universidad Privada del Norte.
- San Bartolomé Ramos, Á. (1994). *Construcciones de Albañilería: Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural* (Primera, Vol. 1). Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- SENCICO. (2020a). Comentarios a la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente. In A. Muños Peláez (Ed.), *SENCICO* (1ra ed.). SENCICO. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS>



_A_LA_NORMA_PERUANA_E.030_DISEÑO_SISMORRESISTENTE.p
df

SENCICO. (2020b). *Norma E.030 Diseño Sismorresistente* (Primera, Vol. 1). Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

SENCICO. (2020c). *NORMA E.060 Concreto Armado* (Primera, Vol. 1). Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

SENCICO. (2020d). *NORMA E.070 Albañilería* (Primera, Vol. 1). Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>



ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

ANEXO 2: Matriz de consistencia

ANEXO 3: Ensayos de laboratorio

ANEXO 4: Metrados de MDL

ANEXO 5: Análisis de costos unitarios de MDL

ANEXO 6: Metrados de AC

ANEXO 7: Análisis de costos unitarios de AC

ANEXO 8: Diseño por fisuración de AC

ANEXO 9: Diseño de columnas para AC

ANEXO 10: Cálculo manual de AC

ANEXO 11: Cálculo manual de MDL

ANEXO 12: Plano de AC

ANEXO 13: Plano de MDL

ANEXO 14: Panel fotográfico



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MANOLO REINARIO MAMANI PONCE,
identificado con DNI 72357006 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN
PARA MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y ALBAÑILERÍA CONFINADA DE UN
EDIFICIO EN EL CENTRO POBLADO ALTO PUNO- 2023 ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 25 de noviembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MANOLO REINARIO MAMANI PONCE,
identificado con DNI 72357006 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, **Programa de Segunda Especialidad**, **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la **Tesis** o **Trabajo de Investigación** denominada:

“ COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN
PARA MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y ALBAÑILERÍA CONFINADA DE UN
EDIFICIO EN EL CENTRO POBLADO ALTO PUNO -2023 ”

para la obtención de **Grado**, **Título Profesional** o **Segunda Especialidad**.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 25 de noviembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella