



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación del desempeño estructural de un edificio de 10 pisos mediante  
un análisis Pushover y propuesta de intervención en el distrito de Jesús

María

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**AUTORES**

Cuya Rodriguez, Wilson Cristhoper  
ORCID: 0009-0008-9952-7713

Romero Cotrina, Jose Luis  
ORCID: 0009-0006-5597-4226

**ASESOR**

Garate Caceres, Francisco Hector  
ORCID: 0000-0003-0413-3399

**Lima, Perú**

**2023**

## **METADATOS COMPLEMENTARIOS**

### **Datos de los autores**

Cuya Rodriguez, Wilson Cristhoper

DNI: 76279595

Romero Cotrina, Jose Luis

DNI: 75546137

### **Datos de asesor**

Garate Caceres, Francisco Hector

DNI: 07640930

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

### **Datos del jurado**

JURADO 2

Lopez Silva, Maiquel

CE: 002946058

ORCID: 0000-0002-0946-6160

### **Datos del jurado**

JURADO 3

Carmenates Hernandez, Dayma Sadami

CE: 002944620

ORCID: 0000-0001-5482-7562

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Wilson Cristhoper Cuya Rodriguez, con código de estudiante N° 201620711, con DNI N° 76279595, con domicilio en Asent. H. Villa Estela Km.39 Mz. J4 Lt.15, distrito Ancón, provincia y departamento de Lima, y, Jose Luis Romero Cotrina, con código de estudiante N° 201611409, con DNI N°75546137, con domicilio en Jr. Los Arrayanes 1221, distrito San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

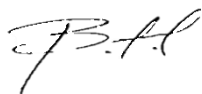
La presente tesis titulada: “Evaluación del desempeño estructural de un edificio de 10 pisos mediante un análisis Pushover y propuesta de intervención en el distrito de Jesús María” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Francisco Hector, Garate Caceres, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 19% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumo responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 19 de Octubre de 2023



Wilson Cristhoper, Cuya Rodriguez  
76279595



Jose Luis, Romero Cotrina  
75546137

## INFORME DE ORIGINALIDAD - TURNITIN

Evaluación del desempeño estructural de un edificio de 10 pisos mediante un análisis Pushover y propuesta de intervención en el distrito de Jesús María

TURNITIN 001

### INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	2%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
6	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
9	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%

  
Dra. Vargas Chang Esther Joni



## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada en primer lugar a Dios, a mis padres, a mi hermano Badinho donde quiera que esté guía mis pasos para seguir adelante y a todos mis familiares que han contribuido de alguna manera en mi formación académica y personal.

Wilson Cristhoper Cuya Rodriguez

Dedico esta tesis a mi padre por su apoyo constante y por creer en mí siempre, a mi madre por su amor incondicional, su sacrificio y enseñar a nunca rendirme ante las adversidades. A mi enamorada quien me apoyó y alentó para continuar.

Jose Luis Romero Cotrina

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento para nuestros asesores que estuvieron apoyándonos de manera perenne en el desarrollo de este proyecto de investigación.

A Dios por darnos fortaleza en los momentos de debilidad y brindarnos una vida llena de experiencias y aprendizajes, así como a nuestras familias y a todas aquellas personas que de alguna manera nos dieron aliento y motivación para continuar hasta el final.

Wilson Cristhoper Cuya Rodriguez

Jose Luis Romero Cotrina

## ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD - TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE TABLAS .....	xv
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos .....	3
1.1.1. Descripción del Problema .....	3
1.1.2. Formulación del Problema .....	4
1.2. Objetivo general y específico.....	4
1.2.1. Objetivo General:.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
1.3. Delimitación de la investigación.....	5
1.3.1. Delimitación Temporal .....	5
1.3.2. Delimitación Espacial .....	5
1.3.3. Delimitación temática .....	5
1.4. Justificación e Importancia .....	6
1.4.1. Justificación Teórica .....	6
1.4.2. Justificación Práctica.....	6
1.4.3. Justificación Social .....	6
1.4.4. Importancia .....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Antecedentes del estudio de investigación.....	8
2.1.1. Ámbito Internacional: .....	8
2.1.2. Ámbito Nacional:.....	10
2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio .....	12

2.2.1. Conceptos básicos relacionados al estudio .....	12
2.2.2. Requisitos globales para el diseño sísmico según la Norma E-030.....	13
2.2.3. Métodos de Análisis Sísmico Lineales .....	14
2.2.4. Métodos de Análisis Sísmico No Lineales .....	17
2.2.5. Patrones de Carga.....	18
2.2.6. Rótulas Plásticas .....	21
2.2.7. Curva de Capacidad .....	23
2.2.8. Punto de desempeño.....	24
2.3. Definición de términos básicos .....	29
<b>CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>31</b>
3.1 Hipótesis.....	31
3.1.1. Hipótesis general.....	31
3.1.2. Hipótesis específicas .....	31
3.2 Variables .....	31
3.2.1. Definición conceptual de las variables.....	31
3.2.2. Operacionalización de las Variables .....	31
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....</b>	<b>33</b>
4.1. Tipo y nivel.....	33
4.1.1. Tipo.....	33
4.1.2. Nivel.....	33
4.2. Diseño de la investigación .....	33
4.3. Población y muestra.....	34
4.3.1. Población .....	34
4.3.2. Muestra .....	34
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	34
4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos .....	34
4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	35
4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos .....	35
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	36
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS SÍSMICO LINEAL.....</b>	<b>37</b>
5.1. Características generales de la Edificación.....	37
5.1.1. Normativa actual en el Perú.....	37
5.1.2. Modelado de la Edificación .....	37
5.1.3. Definición y propiedades de los materiales .....	38

5.1.4. Definición de los elementos estructurales .....	40
5.1.5. Plantas Típicas de la Edificación .....	41
5.1.6. Definición de Cargas .....	47
5.2. Análisis Sísmico Lineal .....	48
5.2.1. Parámetros sísmicos.....	48
5.2.2. Análisis Estático Lineal .....	54
5.2.3. Análisis Dinámico Lineal .....	61
5.2.4. Verificación de Irregularidades en la Estructura .....	71
5.2.5. Sistema Estructural .....	91
5.2.6. Control de Distorsiones Máximas de Entrepiso .....	92
<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS PUSHOVER.....</b>	<b>98</b>
6.1. Análisis Pushover .....	98
6.1.1. Asignación de Rótulas Plásticas .....	100
6.1.2. Asignación de Cargas Gravitacionales .....	106
6.1.3. Asignación de Patrón de Cargas Laterales .....	107
6.1.4. Definición y ubicación del Punto de Monitoreo.....	108
6.1.5. Resultados del Análisis Pushover.....	111
6.1.6. Curva Pushover y Punto de Interés.....	112
6.2. Desempeño Sísmico.....	116
6.2.1. Método del Espectro de Capacidad (FEMA 440).....	116
6.2.2 Método de los Coeficientes (ASCE/SEI 41-17) .....	121
6.3. Propuesta de reforzamiento .....	125
6.3.1. Respuesta sísmica implementado arriostres metálicos .....	129
<b>CAPÍTULO VII: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>131</b>
7.1. Resultados del análisis sísmico lineal.....	131
7.1.1. Verificación de las distorsiones de entrepiso.....	131
7.1.2. Verificación de irregularidades.....	133
7.2. Resultados del análisis Pushover y desempeño estructural .....	134
7.2.1. Método de Espectro de Capacidad (FEMA 440).....	134
7.2.2. Método de los coeficientes (ASCE 41-13) .....	135
7.3. Propuesta de reforzamiento .....	136
7.4. Contrastación de Hipótesis .....	137
7.4.1. Hipótesis general.....	137
7.4.2. Hipótesis específicas.....	137

CONCLUSIONES .....	139
RECOMENDACIONES.....	140
REFERENCIAS.....	141
ANEXOS .....	144
Anexo A: Cronograma de Actividades .....	144
Anexo B: Matriz de Operacionalización de Variables .....	145
Anexo C: Matriz de Consistencia .....	146
Anexo D: Curvas Pushover.....	147
Anexo E: Permiso de uso de planos.....	152
Anexo F: Planos.....	153

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación del Edificio Talara</i> .....	5
Figura 2 Distribución de las Placas Tectónicas .....	12
Figura 3 <i>Cinturón de Fuego del Pacífico</i> .....	13
Figura 4 Esquema representativo de un Análisis Sísmico Estático .....	15
Figura 5 Gráfico de Edificación asociado a sus tres primeros modos de vibración. ....	16
Figura 6 <i>Espectro de Pseudo Aceleraciones</i> .....	17
Figura 7 <i>Esquema del Análisis Pushover</i> .....	18
Figura 8 Propuesta de Patrones de Carga Lateral .....	19
Figura 9 Formación de Rótulas Plásticas en Columnas.....	22
Figura 10 <i>Curva de Capacidad Idealizada</i> .....	24
Figura 11 Estimación Inicial del Punto de Desempeño.....	25
Figura 12 Modelo elastoplástico de la curva pushover del método N2.....	27
Figura 13 Gráfica del Punto de Desempeño para $T^* < T_c$ y $T^* > T_c$ .....	28
Figura 14 Modelo bilineal de la curva de capacidad para el Método de los Coeficientes de Desplazamiento .....	29
Figura 15 <i>Diagrama de flujo del objetivo específico 1</i> .....	35
Figura 16 <i>Diagrama de flujo del objetivo específico 2</i> .....	35
Figura 17 <i>Diagrama de flujo del objetivo específico 3</i> .....	36
Figura 18 <i>Características del concreto en el Software Etabs v.20</i> .....	38
Figura 19 <i>Propiedades del acero en Etabs v.20</i> .....	39
Figura 20 Planta del 1er piso del edificio multifamiliar Talara .....	41
Figura 21 Planta del 2do piso del edificio multifamiliar Talara .....	42
Figura 22 Planta típica del 3er al 7mo piso del edificio multifamiliar Talara .....	43
Figura 23 Planta del 8vo piso del edificio multifamiliar Talara .....	44
Figura 24 Planta del 9no piso del edificio multifamiliar Talara .....	45
Figura 25 Planta del 10mo piso del edificio multifamiliar Talara .....	46
Figura 26 <i>Zonas sísmicas del Perú</i> .....	49
Figura 27 <i>Diagrama de cortante basal estático</i> .....	61
Figura 28 Espectro Horizontal de Diseño en el sentido X-X .....	64
Figura 29 Espectro Horizontal de Diseño en el sentido Y-Y .....	65
Figura 30 Espectro Vertical de Diseño en el sentido X-X.....	66
Figura 31 Espectro Vertical de Diseño en el sentido Y-Y.....	68

Figura 32 Asignación del factor escala al Sismo Dinámico para conseguir el 90% del Cortante en la Base Estático para estructuras irregulares en el sentido de análisis “X” .....	68
Figura 33 Asignación del factor escala al Sismo Dinámico para conseguir el 90% del Cortante en la Base Estático para estructuras irregulares en el sentido “Y” .....	69
Figura 34 <i>Diagrama de cortante basal dinámico</i> .....	71
Figura 35 Representación de la irregularidad geométrica vertical .....	78
Figura 36 Representación de la discontinuidad en los sistemas resistentes .....	80
Figura 37 Representación de la Irregularidad Torsional .....	83
Figura 38 Representación de la Irregularidad por Esquinas Entrantes .....	86
Figura 39 Representación de Discontinuidad del Diafragma .....	89
Figura 40 Representación de Sistemas no Paralelos.....	90
Figura 41 Desplazamientos absolutos en el sentido X-X .....	95
Figura 42 Distorsión de entrepiso en el sentido X-X.....	95
Figura 43 <i>Desplazamientos absolutos en el sentido Y-Y</i> .....	96
Figura 44 <i>Distorsión de entrepiso en el sentido Y-Y</i> .....	97
Figura 45 <i>Curva de esfuerzo vs deformación del acero de refuerzo en el software ETABS V20.0</i> .....	98
Figura 46 <i>Curva de esfuerzo vs Deformación para el concreto sin confinar en el software ETABS v20.0</i> .....	99
Figura 47 <i>Curva de esfuerzo vs Deformación para el concreto confinado en el software ETABS v20.0</i> .....	99
Figura 48 <i>Asignación automática de rótulas plásticas de vigas en la herramienta computacional Etabs v20.0</i> .....	100
Figura 49 <i>Asignación automática de rótulas plásticas de vigas en la herramienta computacional Etabs v20</i> .....	101
Figura 50 <i>Generación de rótulas plásticas de vigas en la herramienta computacional Etabs v20.0 vista en planta del piso 4</i> .....	102
Figura 51 <i>Asignación automática de rótulas plásticas de columnas en el software Etabs v20.0</i> .....	103
Figura 52 <i>Asignación automática de rótulas plásticas de columnas en el software Etabs v20.0</i> .....	103



Figura 53 <i>Generación de rótulas plásticas de columnas en la herramienta Etabs v20.0 vista en elevación del eje 10.</i> .....	104
Figura 54 <i>Asignación automática de rótulas plásticas de muros estructurales en la herramienta computacional Etabs v20.0</i> .....	105
Figura 55 <i>Generación de rótulas plásticas de muros estructurales en la herramienta computacional Etabs v20.0 vista en elevación del eje 10.</i> .....	105
Figura 56 <i>Definición de la Carga Gravitacional No Lineal</i> .....	106
Figura 57 <i>Definición del patrón de cargas laterales-Sentido X-X</i> .....	107
Figura 58 <i>Definición del patrón de cargas laterales-Sentido Y-Y</i> .....	108
Figura 59 <i>Ubicación del punto de monitoreo para el análisis en el sentido X-X en vista 3D</i> .....	109
Figura 60 <i>Asignación del punto de monitoreo en el sentido X-X</i> .....	110
Figura 61 <i>Asignación del punto de monitoreo en el sentido Y-Y</i> .....	110
Figura 62 <i>Ubicación del punto de monitoreo para el análisis en el sentido Y-Y en vista 3D</i> .....	111
Figura 63 <i>Creación automática de las rótulas plásticas para vigas</i> .....	112
Figura 64 <i>Curva de capacidad en dirección X-X.</i> .....	113
Figura 65 <i>Curva de capacidad en el sentido Y-Y</i> .....	114
Figura 66 <i>Identificación de los puntos de interés para la Curva de Capacidad en dirección X</i> .....	115
Figura 67 <i>Identificación de los puntos de interés para la Curva de Capacidad en dirección Y</i> .....	115
Figura 68 <i>Identificación de los puntos de interés para la Curva Pushover en sentido Y.</i> .....	117
Figura 69 <i>Espectro de Capacidad para el sentido X-X.</i> .....	119
Figura 70 <i>Espectro de Capacidad para el sentido Y-Y</i> .....	120
Figura 71 <i>Representación bilineal de la curva de capacidad</i> .....	121
Figura 72 <i>Representación bilineal de la curva en Sentido X-X</i> .....	122
Figura 73 <i>Representación bilineal de la curva en Sentido Y-Y.</i> .....	122
Figura 74 <i>Gráfica de desempeño sísmico en el sentido de análisis X-X por el Método de los Coeficientes</i> .....	123
Figura 75 <i>Nivel de desempeño sísmico en el sentido de análisis X-X por el Método de los Coeficientes</i> .....	124

Figura 76 <i>Gráfica de desempeño sísmico en el sentido de análisis Y-Y por el Método de los Coeficientes</i> .....	124
Figura 77 <i>Nivel de desempeño sísmico en el sentido de análisis Y-Y por el Método de los Coeficientes.</i> .....	125
Figura 78 <i>Propiedades del acero estructural usado para los arriostres metálicos en Etabs v.20</i> .....	126
Figura 79 <i>Sección de acero HSS 8X8X3/8 usado para los arriostres metálicos en Etabs v.20</i> .....	126
Figura 80 <i>Sección de acero W24X103 usado para los arriostres metálicos en Etabs v.20</i> .....	127
Figura 81 <i>Ubicación de arriostres metálicos vista en planta en Etabs v.20</i> .....	127
Figura 82 <i>Elevación del edificio multifamiliar Talara con reforzamiento de arriostres metálicos en Etabs v.20</i> .....	128
Figura 83 <i>Edificio multifamiliar Talara con reforzamiento de arriostres metálicos en Etabs v.20</i> .....	128
Figura 84 <i>Distorsión máxima de entrepiso-Dirección Y-Y con reforzamiento de arriostres metálicos</i> .....	130
Figura 85 <i>Distorsión máxima de entrepiso-Sentido X-X</i> .....	132
Figura 86 <i>Distorsión máxima de entrepiso-Sentido Y-Y</i> .....	133
Figura 87 <i>Evaluación del Desempeño Sísmico - Método del Espectro de Capacidad -Dirección X</i> .....	135
Figura 88 <i>Evaluación del Desempeño Sísmico - Método del Espectro de Capacidad -Dirección Y</i> .....	135
Figura 89 <i>Evaluación del Desempeño Sísmico - Método de Coeficientes- Dirección X</i> .....	135
Figura 90 <i>Evaluación del Desempeño Sísmico - Método de Coeficientes- Dirección Y-Y</i> .....	136

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 <i>Tabla 10-7 del ASCE/SEI 41-17</i> .....	21
Tabla 2 <i>Tabla 10-19 del ASCE/SEI 41-17</i> .....	23
Tabla 3 <i>Matriz de Operacionalización de las variables</i> .....	32
Tabla 4 <i>Cuadro de propiedades de resistencia empleadas en el edificio</i> .....	38
Tabla 5 <i>Especificaciones técnicas del material concreto</i> .....	39
Tabla 6 <i>Especificaciones técnicas del material acero</i> .....	39
Tabla 7 <i>Características de elementos estructurales verticales</i> .....	40
Tabla 8 <i>Cargas muertas consideradas en el diseño</i> .....	47
Tabla 9 <i>Cargas vivas de consideradas en el diseño</i> .....	47
Tabla 10 <i>Valores de Factores de Zona</i> .....	49
Tabla 11 <i>Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)</i> .....	50
Tabla 12 <i>Factor de Amplificación Sísmica (C)</i> .....	51
Tabla 13 <i>Factor de suelo "S"</i> .....	52
Tabla 14 <i>Períodos "TP" y "TL"</i> .....	52
Tabla 15 <i>Coficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R0)</i> .....	53
Tabla 16 <i>Categoría y regularidad de las edificaciones</i> .....	54
Tabla 17 <i>Modos de Vibración Recomendables por Norma - Artículo 29.1.</i> .....	54
Tabla 18 <i>Factores de amplificación sísmica para cada sentido de análisis</i> .....	55
Tabla 19 <i>Parámetros Sísmicos NTP E.030 en el Análisis Estático-</i> <i>Sentido X-X e Y-Y.</i> .....	56
Tabla 20 <i>Peso del edificio Talara calculado por el software ETABS v20</i> .....	57
Tabla 21 <i>Cortante en la Base Estático para cada sentido de análisis</i> .....	58
Tabla 22 <i>Valores de "K" de acuerdo al sentido de análisis</i> .....	59
Tabla 23 <i>Fuerzas laterales y cortantes estáticas Sentido X-X.</i> .....	59
Tabla 24 <i>Fuerzas laterales y cortantes estáticas Sentido Y-Y.</i> .....	60
Tabla 25 <i>Parámetros Sísmicos NTP E.030 para Análisis Dinámico –</i> <i>Sentido X-X e Y-Y.</i> .....	62
Tabla 26 <i>Valores para el Espectro Horizontal de Diseño en el sentido X-X</i> .....	63
Tabla 27 <i>Valores para el Espectro Horizontal de Diseño en el sentido Y-Y.</i> .....	64
Tabla 28 <i>Valores para el Espectro Vertical de Diseño en el sentido X-X.</i> .....	65
Tabla 29 <i>Valores para el Espectro Vertical de Diseño en el sentido Y-Y</i> .....	67
Tabla 30 <i>Cortante en la Base Dinámico</i> .....	69

Tabla 31 Verificación según la norma E.030 Diseño Sismorresistente .....	70
Tabla 32 Valores de fuerza cortante que varían con el nivel .....	70
Tabla 33 Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en el sentido de análisis X-X .....	73
Tabla 34 Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en el sentido de análisis Y-Y.....	74
Tabla 35 Irregularidades de Resistencia – Piso Débil en sentido de análisis X-X .....	75
Tabla 36 Irregularidades de Resistencia – Piso Débil en sentido de análisis Y-Y.....	76
Tabla 37 Irregularidad de Masa o Peso .....	77
Tabla 38 Irregularidad Geométrica Vertical en dirección de análisis X-X .....	79
Tabla 39 Irregularidad Geométrica Vertical en dirección de análisis Y-Y.....	79
Tabla 40 Discontinuidad en los Sistemas Resistentes en dirección de análisis X-X .....	81
Tabla 41 Discontinuidad en los Sistemas Resistentes en dirección de análisis Y-Y.....	81
Tabla 42 Verificación de criterio de Irregularidad Torsional en sentido de análisis X-X.....	83
Tabla 43 Verificación de criterio de Irregularidad Torsional en sentido de análisis Y-Y .....	84
Tabla 44 Irregularidad Torsional en sentido de análisis X-X .....	84
Tabla 45 Irregularidad Torsional en sentido de análisis Y-Y .....	85
Tabla 46 Irregularidad por Esquinas Entrantes en sentido de análisis X-X.....	87
Tabla 47 Irregularidad por Esquinas Entrantes en sentido de análisis Y-Y .....	87
Tabla 48 Irregularidad por Discontinuidad de diafragma.....	89
Tabla 49 Irregularidad por Sistemas no Paralelos .....	91
Tabla 50 Valores de las fuerzas cortantes en columnas y placas.....	92
Tabla 51 Amplificación del Desplazamiento para el análisis estático 0.85R - Sentido X-X e Y-Y. ....	92
Tabla 52 Amplificación del Desplazamiento para el análisis dinámico 0.85R - Sentido X e Y .....	93
Tabla 53 Desplazamiento por Niveles y en el Centro de Masa .....	93
Tabla 54 Desplazamiento por Niveles y en el Centro de Masa .....	94
Tabla 55 Derivas de entrepiso en el sentido de análisis X-X .....	94
Tabla 56 Derivas de entrepiso en el sentido de análisis Y-Y.....	96
Tabla 57 Valores de los puntos de interés para las curvas de capacidad.....	116
Tabla 58 $\alpha I$ y FPI para el sentido de análisis X-X .....	118
Tabla 59 $\alpha I$ y FPI para el sentido de análisis Y-Y.....	119
Tabla 60 Punto de Desempeño por el Método del Espectro de Capacidad .....	120

Tabla 61 <i>Punto de Desempeño por el Método de los Coeficientes</i> <i>(ASCE/SEI 41-17)</i> .....	123
Tabla 62 <i>Distorsiones de entrepiso en el sentido de análisis Y-Y con</i> <i>reforzamiento de arriostres metálicos</i> .....	129
Tabla 63 <i>Distorsiones de entrepiso en el sentido de análisis X-X</i> .....	131
Tabla 64 <i>Distorsiones de entrepiso en el sentido de análisis Y-Y</i> .....	132
Tabla 65 <i>Verificación de Irregularidades</i> .....	133
Tabla 66 <i>Distorsiones de entrepiso en el sentido de análisis Y-Y</i> <i>sin reforzamiento y con reforzamiento de arriostres metálicos</i> .....	136

## RESUMEN

El objetivo principal con el que se elaboró esta investigación fue la de evaluar el desempeño estructural de una edificación de concreto armado mediante un análisis Pushover obteniendo así la curva Pushover de la estructura y poder evaluar su comportamiento estructural en relación con diversos niveles de sismos.

En la primera parte se analizó la estructura mediante el Análisis Estático Lineal y el Análisis Dinámico Modal Espectral según las especificaciones establecidas por la NTP E.030 - 2018, del que se logró obtener distorsiones de entrepiso. En la segunda parte se realizó el análisis Pushover para la estructura utilizando los métodos de normas internacionales ASCE/SEI 41-17 y FEMA 440 se evaluó el desempeño estructural a partir de los niveles de desempeño que establece el comité Visión 2000, a partir de la envergadura de la edificación en estudio.

Se calculó las distorsiones máximas para el sentido X es 0.0060 y el sentido Y es 0,0065 encontrándose dentro del límite establecido por la Norma E030 que es 0.007 para edificaciones de concreto armado. Se encontró el mejor comportamiento sísmico del edificio para los distintos niveles sísmicos tanto para la dirección X y para la dirección Y para eventos sísmicos de nivel raros y muy raros, ambos enfoques demostraron que colapsa la estructura. Finalmente se realizó una propuesta de intervención mediante arriostres metálicos la cual se pudo lograr derivas máximas de entrepiso de 0.0029 en el sentido Y reduciéndose en un 55.38% mejorando de esa manera la respuesta sísmica de la edificación.

*Palabras clave:* Desempeño estructural, Análisis Pushover, Curva de capacidad, Desempeño sísmico, Colapso, Nivel de desempeño, Derivas máximas, Propuesta de intervención, Arriostres metálicos.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the structural performance of a reinforced concrete building by means of a Pushover analysis, thus obtaining the Pushover curve of the structure and being able to evaluate its structural behavior in relation to different levels of earthquakes.

In the first part, the structure was analyzed by means of the Linear Static Analysis and the Spectral Modal Dynamic Analysis according to the specifications established by NTP E.030 - 2018, from which interstory distortions were obtained. In the second part, the Pushover analysis was performed for the structure using the methods of international standards ASCE/SEI 41-17 and FEMA 440, and the structural performance was evaluated based on the performance levels established by the Vision 2000 committee, based on the size of the building under study.

The maximum distortions were calculated for the X direction is 0.0060 and the Y direction is 0.0065, being within the limit established by Standard E030, which is 0.007 for reinforced concrete buildings. The best seismic behavior of the building was found for the different seismic levels both for the X direction and for the Y direction for rare and very rare level seismic events, both approaches showed that the structure collapses. Finally, an intervention proposal was made using metallic bracing, which achieved maximum drifts of 0.0029 in the Y direction, thus reducing the seismic response of the building by 55.38%.

*Keywords:* Structural performance, Pushover analysis, Capacity curve, Seismic performance, Collapse, Performance level, Maximum drifts, Intervention proposal, Metal bracing.

## INTRODUCCIÓN

Los reglamentos de diseño sísmico como la norma peruana u otras en su mayoría, sólo tienen en cuenta un nivel de riesgo sísmico como es el sismo severo en donde el edificio no debería colapsar, carecen de un método para determinar cómo se comportan los edificios durante sismos raros y muy raros los cuales producen mayor daño a la estructura. Por ende, el diseño por desempeño sísmico ayuda a tener el control adecuado de daños orientados en la prevención del colapso, funcionalidad y habilitación del edificio, diferenciándose de las actuales normas de diseño las cuales solo se basan en la prevención del colapso. Se tomó información de los principales reglamentos internacionales como son FEMA 440 y ASCE 41-17 que regulan y especifican los criterios para llevar a cabo el diseño por desempeño, siendo estas normas con las que se elabora esta tesis.

En el Capítulo 1, se muestra el Planteamiento del problema, se establece el problema general y problemas secundarios, planteando objetivos, delimitaciones, justificaciones e importancia de la presente investigación.

En el Capítulo 2, se realiza el Marco teórico, se presentan investigaciones anteriores sobre el tema de investigación, así como las bases teóricas que sirven de base para el desarrollo de la investigación.

En el Capítulo 3, se plantean las Hipótesis generales y específicas las cuales se constatan en función de las variables de la investigación.

En el Capítulo 4, se presenta la Metodología de estudio, estableciendo el tipo, nivel y diseño de la investigación. Con el fin de cumplir con los objetivos de manera que se comprenda fácilmente. Además, se define la población y muestra a estudiar, las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el Capítulo 5, se presenta el Análisis sísmico lineal, se emplea los métodos de análisis estático y dinámico de esa forma se obtiene las derivas máximas de entrepiso para comprobar si cumple con los límites estipulados por la NTP E.030. Adicionalmente se revisa que la edificación presente probables irregularidades, con la finalidad de determinar los factores de irregularidades correspondientes según NTP E.030, asimismo identificar si el edificio es idóneo para realizar el análisis Pushover.

En el Capítulo 6, se presenta el Análisis Pushover, se emplea el método Pushover al edificio para conseguir la curva de capacidad, se aplica los métodos internacionales para la obtención del punto de desempeño y establecer el desempeño de la edificación para determinar si la edificación requiere una propuesta de intervención.



En el Capítulo 7, Presentación y análisis de resultados, se presentan los resultados alcanzados en la investigación para realizar un análisis y contrastación de hipótesis para realizar las conclusiones.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos**

#### ***1.1.1. Descripción del Problema***

Los sismos de gran magnitud se encuentran entre los fenómenos naturales más catastróficos pues estos provocan un elevado perjuicio de víctimas mortales y bienes tangibles. En los últimos 15 años, se ha constatado que, por término medio, por cada año, se pierden de 1,500 a 200,000 vidas humanas a consecuencia de este fenómeno natural; mientras que las pérdidas económicas fluctúan en millares de millones de dólares y representan parte considerable de los presupuestos de las naciones perjudicadas. (Vega, 2019)

Prueba de esto es lo reflejado en D.F.-México, el 19 de Setiembre 2017, en el cual sufrió un sismo de 7.1 escala de Richter ocasionando ciento de muertes y el colapso de edificios en la capital. En la actualidad ingenieros vienen realizando investigaciones para mejorar su norma de diseño sismorresistente. El análisis Pushover es una de las mejores opciones para la mejora de dicha norma, ya que el análisis no lineal logra diseños sísmicos más realistas, con lo cual sería posible conocer la probable capacidad resistente de la estructura frente sismos de elevada magnitud, así como valores realistas de sus desplazamientos laterales. (Rodríguez y Restrepo, 2012)

El Perú es un país vulnerable a eventos sísmicos de gran magnitud debido que está situado internamente en el Cinturón de Fuego del Pacífico, pues descansa sobre placas litosféricas que siempre están en fricción, en la cual mientras más energía acumulen estas placas debido a la fricción, existe mayor riesgo que se produzcan terremotos y tsunamis importantes en la Tierra. (Indeci, 2017)

El Perú ha experimentado sucesos telúricos, en toda su trayectoria histórica, tal es el terremoto de 1970 con epicentro en la región de Ancash fue un devastador suceso ya que casi destruyó la infraestructura de ciudades enteras (Yauyos, Huaraz) en los cuales fallecieron alrededor de 70,000 personas. Los terremotos del 3 de octubre de 1974, que tuvo un impacto menor en Lima, el de 1996, que tuvo un foco cerca de Nazca, y el del 21 de junio de 2001, que tuvo un impacto mayor en Arequipa, Moquegua, Tacna y Ayacucho. El suceso ocurrido el 15 de agosto del 2007 catalogado como desastroso ha sido donde más de 35.000 familias se vieron afectadas por el terremoto de Pisco, que provocó el derrumbe de un importante número de

estructuras en las ciudades de Leoncio Prado, Ica, Tambo de Mora, Pisco, Chincha y otras localidades de Ica, Ayacucho, Apurímac y la capital de Lima. (Alayo, 2008)

El distrito de Jesús María está expuesto a un elevado cataclismo sísmico debido a que está ubicado en la costa del Perú, en dicho distrito se viene desarrollando edificaciones con arquitecturas irregulares y que han sido diseñadas con normas antiguas, por ello esta tesis pretende efectuar el análisis Pushover con la finalidad de evaluar el comportamiento estructural y proponer una intervención la cual mejore su comportamiento estructural del edificio.

### ***1.1.2. Formulación del Problema***

#### a) Problema General

¿Cómo evaluar el desempeño estructural de un edificio de 10 pisos mediante un análisis Pushover y propuesta de intervención en el distrito de Jesús María?

#### b) Problemas específicos

¿Cuáles serán las distorsiones máximas de entrepiso en las dos direcciones principales de análisis X e Y del edificio de 10 pisos, al emplear la norma E-030 de diseño sismorresistente?

¿Cuál será la curva de capacidad mediante un análisis Pushover, para reflejar el nivel de desempeño del edificio de 10 pisos ante un sismo severo?

¿Qué propuesta de intervención mejorará el comportamiento estructural de la edificación, en base al análisis de vulnerabilidad a partir de las curvas de desempeño?

## **1.2. Objetivo general y específico**

### ***1.2.1. Objetivo General:***

Evaluar el desempeño estructural de un edificio de 10 pisos mediante un análisis Pushover y propuesta de intervención en el distrito de Jesús María.

### ***1.2.2. Objetivos Específicos.***

- a) Determinar las distorsiones máximas de entrepiso en las dos direcciones principales de análisis “X e “Y”, con la norma E-030 de diseño sismorresistente.
- b) Determinar la curva de capacidad mediante un análisis Pushover.
- c) Implementar una propuesta de intervención que mejore el comportamiento estructural de la edificación, en base al análisis de vulnerabilidad a partir de las curvas de desempeño.

### 1.3. Delimitación de la investigación

#### 1.3.1. Delimitación Temporal

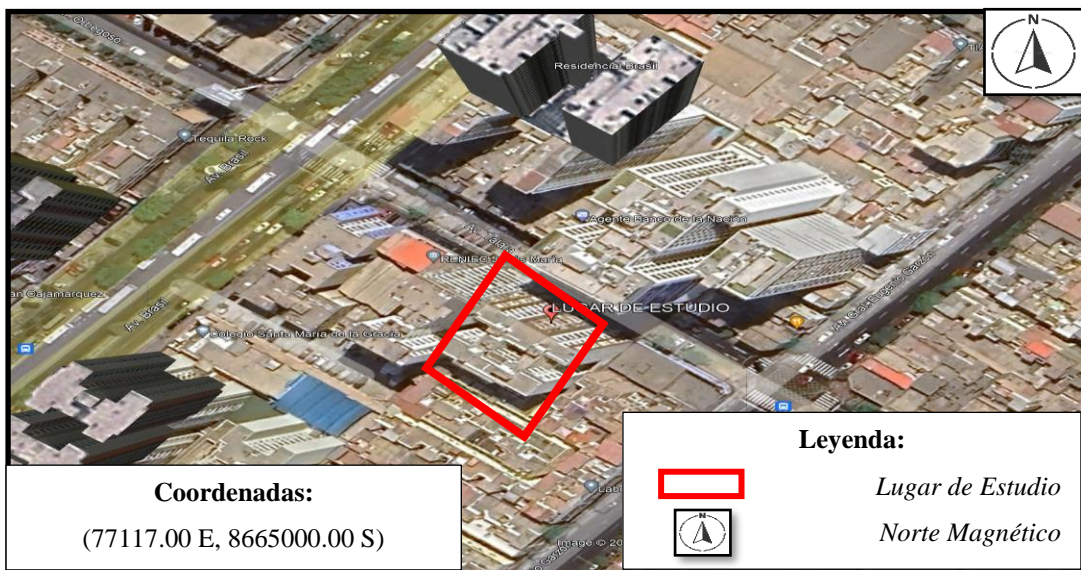
La presente investigación estará comprendida en un periodo de tiempo de 6 meses, desde mayo del 2023 hasta noviembre del 2023, en el cual se efectuará el modelado del edificio en base a los planos estructurales existentes, cálculos y resultados para así plantear una propuesta que optimice la respuesta estructural del edificio. El desarrollo de la investigación estará asociado a un cronograma de actividades propuesto en el Anexo "A".

#### 1.3.2. Delimitación Espacial

El edificio materia de estudio está situado en la Av. Talara N° 160, en la Urb. Valle de la Magdalena, Distrito de Jesús María, provincia de Lima, Departamento de Lima. En las coordenadas 277117.00 E, 8665000.00 S, en la Figura 1 se muestra la ubicación del proyecto.

### Figura 1

Ubicación del Edificio Talara



Nota. Elaboración propia

#### 1.3.3. Delimitación temática

En la presente investigación se utilizará un análisis Pushover para evaluar el comportamiento estructural de un edificio en el ámbito de las estructuras.

## **1.4. Justificación e Importancia**

### ***1.4.1. Justificación Teórica***

La presente investigación se basará tanto en la utilización de las Normas Peruanas E.020, E.030, E0.60, además se utilizara los métodos del “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” FEMA 440 cuya nueva metodología está implementada según la norma ATC-40 y la norma ASCE/SEI 41-17 “Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings” las cuales incluyen procedimientos para el análisis, criterios de aceptación y los requisitos previos para desarrollar correctamente la estimación del rendimiento del edificio. El análisis Pushover permitirá evaluar la respuesta estructural del edificio, en el ámbito de la inelasticidad, de esta forma determinar la curva pushover y poder obtener el desempeño de la edificación y de esa manera predecir los daños causados por sismos severos, para plantear una sugerencia de refuerzo mejorando así el rendimiento estructural de la misma.

### ***1.4.2. Justificación Práctica***

Las edificaciones durante su vida útil estarán sometida a diversos eventos sísmicos, como consecuencia tendrán un comportamiento estructural variable, por ello la realización de un análisis Pushover determinara de una manera más práctica y confiable el comportamiento real de la estructura y de esta manera contribuir con un aporte para futuras investigaciones, así como también para la evaluación de estructuras que en la actualidad aún siguen siendo analizadas y diseñadas en el rango elástico. La presente investigación una vez culminada podrá servir de guía para la aplicación a edificaciones existentes que fueron construidas bajo ningún criterio y diseño sísmico, para que de esta manera se pueda determinar la capacidad y niveles de desempeño que presentan las misma, permitiendo conocer si la edificación requiere de alguna adaptación sismorresistente, además de tener conocimiento más preciso de que elementos estructurales serán los que se deben reforzar.

### ***1.4.3. Justificación Social***

La presente investigación en el ámbito social favorecerá a 58 familias, las cuales hacen un total de 290 personas que albergan la edificación en estudio. La evaluación del desempeño estructural permitirá conocer el nivel de comportamiento sísmico deseado y el nivel de seguridad del edificio de acuerdo a los criterios estipulados en el diseño sismorresistente.

#### ***1.4.4. Importancia***

La presente investigación se usará como base para el diseño de futuras edificaciones que se realizarán en el distrito de Jesús María pues es inevitable una llegada de sismo severo en la capital, en dicho distrito se viene edificando a gran escala edificios de más de 8 pisos en la actualidad y que son más vulnerables a sismos de gran magnitud; por ello la investigación se basa respuesta estructural del edificio de 10 pisos mediante un análisis Pushover, dicho método permitirá evaluar la vulnerabilidad de la estructura ante una magnitud de sismo severo, permitiendo predecir con exactitud qué elementos estructurales serán dañados ante dicho movimiento telúrico, permitiendo dar un diagnóstico del nivel de seguridad de la estructura, además para proponer una solución mediante un reforzamiento estructural de los elementos perjudicados. Cabe recalcar que la edificación en estudio fue construida en el año 2010, el cual implica el diseño sismorresistente con normas antiguas, por ello se ve la necesidad de realizar la evaluación mediante el análisis Pushover con la NTP E-030 diseño sismorresistente actual. Sirviendo la presente investigación a futuras investigaciones que evalúen edificaciones construidas antes del año 2010, en base a las deficiencias y soluciones de la edificación en estudio. Siendo también de gran importancia que la presente investigación innova en la estimación mediante el análisis Pushover de una edificación cuyo sistema estructural es de Muros de Corte en ambas direcciones, ya que las investigaciones que se realizaron en otras tesis, fueron en su gran mayoría en los sistemas estructurales aporticados.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio de investigación

#### 2.1.1. *Ámbito Internacional:*

Galarza (2019) en su tesis titulada “Evaluación del Desempeño Sísmico del Edificio de la Oscus mediante comparación del Análisis Estático No lineal (Pushover), Análisis Modal (Pushover Multimodal) Y Dinámico No lineal (Historia de Respuesta)”. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Los objetivos de la investigación fueron comparar la eficacia de las metodologías estáticas no lineales (NSP) y el análisis modal (MPA) con el análisis dinámico no lineal (NLRHA) para edificaciones con períodos superiores a 1 segundo ( $T > 1\text{seg}$ ). Por último, establecer el comportamiento sísmico del edificio de estudio en los niveles de peligrosidad exigidos por la NEC 2015. En esta investigación se utilizaron los diseños estructurales del edificio Oscus para simular la estructura utilizando el programa ETABS, y también se utilizaron pruebas esclerométricas para estimar la resistencia cilíndrica a la compresión del concreto. Para establecer la demanda sísmica se empleó un espectro de respuesta y acelerogramas escalados y adaptados según el NEC-SE-DS para un terremoto con una probabilidad de exceso de 50 años en un 10% y un tiempo de retorno  $T_r=475$  años. Se procedió a realizar Análisis Sísmicos No Lineales, los cuales contempla al Pushover Multimodal (MPA), Pushover (NSP) e Historia de Respuesta (NL-RHA), donde se obtuvieron resultados, comparando desplazamientos, derivas, capacidad, nivel de desempeño y daño de la estructura por los tres métodos de análisis. De las cuales el autor concluye que el edificio tiene su mayor desplazamiento antes de lo esperado, lo cual se interpreta como una gran inestabilidad en su desempeño sísmico, así como su alta susceptibilidad y peligro de derrumbe.

Se concluye que el análisis mediante el método Pushover de esta edificación se puede obtener resultados con el propósito de saber el estado real de la estructura, como también su punto de rendimiento y su grado de vulnerabilidad ante un evento sísmico importante.

Flores (2021) en su artículo con título “Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso”. Universidad Privada del Valle, Bolivia. El objetivo de este estudio es desarrollar una evaluación de una estructura capaz de soportar un sismo severo de gran intensidad que fue diseñada sin un cálculo estructural sismorresistente previo. Para ello

se utilizó un análisis Pushover para conocer el comportamiento de la estructura y su nivel de prestaciones. Para realizar este análisis fue necesario la información técnica de los elementos estructurales, materiales, cargas permanentes y variables, planos estructurales del proyecto, así como el estudio de mecánica de suelos para establecer las cargas monotónicas aplicables a la estructura según la norma Boliviana de Diseño Antisísmico. Se obtuvieron resultados los cuales aportaron como base de datos para futuras edificaciones de concreto armado, además de justificar el factor comportamiento y demostrar que estas estructuras a pesar de no ser diseñadas para tal propósito, tienen la resistencia requerida ante eventos sísmicos importantes. El autor concluye que la estructura investigada tiene un rendimiento de servicio suficiente calculado en 0,29g y no requiere ninguna adaptación sismorresistente que mejore el comportamiento estructural de la misma, según el cálculo de rendimiento para un edificio, que debería tener una vida útil de 50 años.

Podemos Concluir que Flores a partir de su estudio demuestra la importancia del análisis Pushover en estructuras de concreto reforzado que fueron construidas sin previo diseño sismorresistente, ya que, en la actualidad de nuestro medio local, se construye de la misma manera muchas edificaciones, y mediante este método Pushover podemos determinar el nivel de desempeño y resistencia de las estructuras.

Antonio-De La Rosa et al. (2022) en su artículo “Análisis no lineal de edificios de concreto reforzado con piso suave”. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. El objetivo de este estudio es examinar el análisis del comportamiento no lineal de edificaciones con piso suave en la primera planta, que están situadas cerca del estado de Guerrero, al litoral costero de la República de México, lugar donde existe mayor incidencia de sismos de gran magnitud. Para realizar dicha investigación se emplearon métodos estocásticos para la tenencia de las peculiaridades resistentes de los materiales, así como la geometría de las secciones transversales de los elementos estructurales y cargas que conforman la estructura a analizar, mediante el programa Simulation of Buildings (SIB) versión 1.0. La estructura analizada mediante comportamiento no lineal está conformada por pórticos de concreto armado en ambas direcciones ortogonales, libre de muros en la primera planta, y muros en todas las plantas superiores, formando el piso suave. El análisis Pushover, permitió estimar el desempeño del sistema estructural ante sismos de intensidades variables y de esa manera verificar si la estructura tiene la capacidad de contrarrestarlas. El autor concluye que de los análisis de capacidad con el



método Pushover se pudo observar que cuando existe presencia de piso blando, la estructura pierde un 50% de capacidad de deformación, obteniendo como resultado una estructura frágil y vulnerable, con una ductilidad disminuida. Siendo el piso suave un fenómeno que ocasiona un comportamiento inadecuado para las estructuras conformadas por medio de concreto reforzado y que además se localizan en zonas de alta sismicidad. La presente investigación nos sirve de gran aporte ya que se ve reflejado como la irregularidad de piso blando como se le denomina en nuestra norma sismorresistente influye de forma perjudicial en un análisis Pushover, viéndose reflejado en su punto de desempeño y su reducción de resistencia estructural.

### ***2.1.2. Ámbito Nacional:***

Semillán (2019) en su tesis titulada “Análisis del desempeño sísmico no lineal estático (pushover) en una edificación de ocho pisos Chiclayo-Lambayeque”. Universidad César Vallejo, Perú. El objetivo de esta investigación fue realizar el análisis no lineal Pushover de la edificación de 8 pisos con un sistema estructural dual, con ayuda del programa Etabs con el interés de estudiar la capacidad de la estructura para resistir terremotos de magnitud significativa, determinada por las normas estructurales recogidas en las leyes y reglamentos vigentes. La curva de capacidad de crecimiento y el mecanismo de desarrollo de las rótulas plásticas en columnas, vigas y muros estructurales se obtuvieron mediante la herramienta computacional Etabs. El punto de rendimiento del edificio se determinó utilizando los métodos FEMA 440, ASCE/SEI 41-17, Método de Coeficientes y el ATC-40 y Método del Espectro de Capacidad. Para la demanda sísmica se obtuvo mediante el espectro de diseño de la norma E.030 peruana actual y finalmente según el Comité Visión 2000 del SEAOCE y el ATC-40 se obtiene el verdadero desempeño sísmico de la estructura. El autor concluye, que se obtuvieron las curvas de capacidad de desplazamiento frente al esfuerzo cortante y de capacidad de desplazamiento espectral frente al espectro de aceleración, y estas curvas permitieron determinar los puntos de rendimiento de la estructura (18,89 cm, 951,0 toneladas) y (10,8 cm, 1689,7 toneladas), que son los puntos en los que la estructura rinde mejor en las direcciones X e Y respectivamente.

La investigación de este estudio es significativa porque determina el verdadero comportamiento sísmico de una edificación según los métodos de análisis de las normas FEMA 440, SEAOCE y el ATC-40, por ende, nos ayudará verificar y a plantear un reforzamiento en el edificio donde se requiera.

Zárate (2022) en su tesis titulada “Evaluación de la Respuesta Sísmica de una Estructura Importante de Concreto Armado en la Costa de Lima con presencia de Pisos de Doble Altura en Diferentes Ubicaciones mediante un Análisis No-Lineal Pushover para Determinar los Efectos Globales”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú. El objetivo del estudio era utilizar el análisis "Pushover" y el análisis de comportamiento para evaluar el comportamiento estructural de un edificio de concreto reforzado de quince plantas en Lima, Perú. Se realizaron cuatro estudios de caso con un sistema estructural de concreto reforzado con muros estructurales y un piso de doble altura presente en los niveles primero, octavo y decimoquinto de la estructura para examinar cómo respondía cada piso a diversas intensidades sísmicas. El autor concluye que se presenta una falla súbita en el eje "y", que no asegura un comportamiento estable de la estructura para sismos de gran magnitud, donde la resistencia del edificio es menor en comparación con los restantes casos de estudio. Esto ocurre en los casos donde se presenta una irregularidad de doble altura en el primer nivel o en el nivel intermedio del edificio. Estos casos muestran un comportamiento deficiente.

La tesis en mención es importante ya que se ve reflejado como la irregularidad de pisos de doble altura para un sistema de muros estructurales influye de forma perjudicial en un análisis Pushover, viéndose detallado en su punto de desempeño de la edificación.

Condori & Vilca (2022) en su tesis titulada “Evaluación del desempeño estructural aplicando un análisis estático no lineal (pushover) en la I. E. N.º 40230 San Antonio del Pedregal Majes - Caylloma - Arequipa”. Universidad Continental, Perú. Utilizando el análisis Pushover de la "escuela pre tipo 780", construida entre 1985 y 1989, que fue proyectada siguiendo los lineamientos con las normas sísmicas peruanas desactualizadas, el objetivo de esta investigación es determinar el comportamiento sísmico de la estructura. Con ayuda del análisis Pushover no lineal, puede obtenerse una curva de capacidad. Esta curva puede convertirse en un espectro de capacidad, que puede superponerse al espectro de demanda para determinar el punto de rendimiento de la estructura. Una vez alcanzado este umbral, se determinó el nivel de rendimiento utilizando la curva de capacidad sectorizada sugerida por la SEAOC para, en caso necesario, proponer alternativas de refuerzo. De lo que se podrá concluir, que, según la verificación al corte del edificio, se presentó una resistencia al corte menor que la fuerza cortante producido por el sismo severo siendo de esta manera la estructura inestable frente a un sismo raro.

En este estudio, la investigación es crucial, ya que nos ayuda a determinar el punto de fallo de un edificio, además la capacidad de daño que esta puede soportar ante un sismo severo y así poder plantear una intervención de ser requerida en la estructura mediante las normas del SEAOCE y el ATC-40.

## 2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

### 2.2.1. Conceptos básicos relacionados al estudio

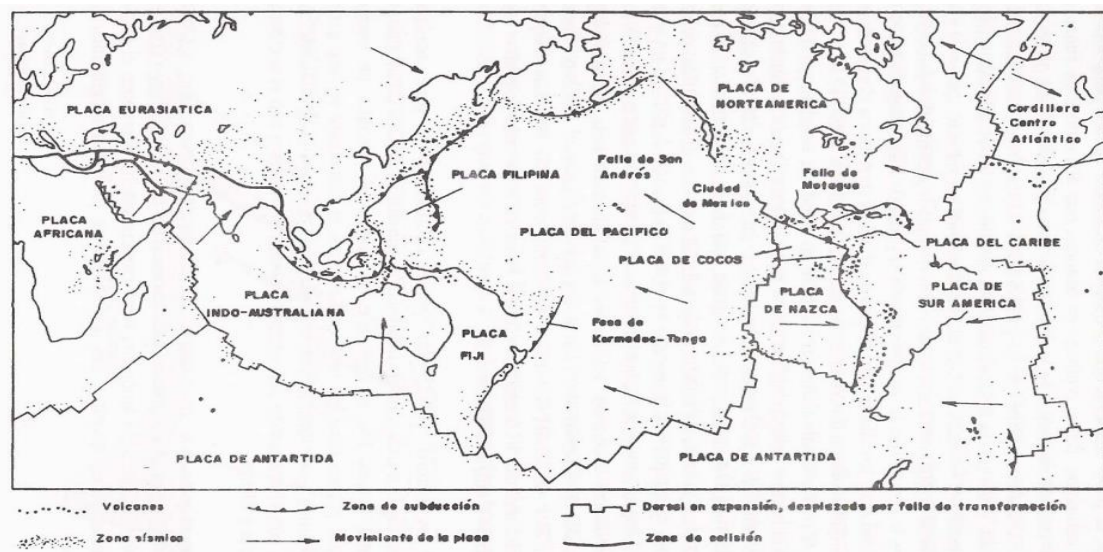
#### a) Tectónica de Placas y Generación de Sismos

El origen de los sismos ha sido atribuido a causas muy diferentes durante la historia. Puede pensarse que el enfoque moderno surgió a principios del siglo XX, cuando los terremotos empezaron a relacionarse con fallas geológicas que podrían verse en el suelo. Reid desarrolló el primer modelo mecánico para describir este proceso en 1911, tras investigar los movimientos de la fractura de la corteza de San Andrés en California, especialmente tras el cataclismo sísmico de San Francisco de 1906. La deformación elástica de la zona de la corteza y el proceso de concentración de tensiones provocan los terremotos. La energía elástica acumulada se libera repentinamente, una fracción de ella se expande en forma de ondas sísmicas que hacen vibrar la tierra, y otra disipándose en fenómenos inelásticos en la zona de fractura (Herráiz, 1997).

En la Figura 2 presenta la distribución de las placas tectónicas las flechas señalan la dirección de sus movimientos.

### Figura 2

#### Distribución de las Placas Tectónicas



Nota. Herráiz, 1997

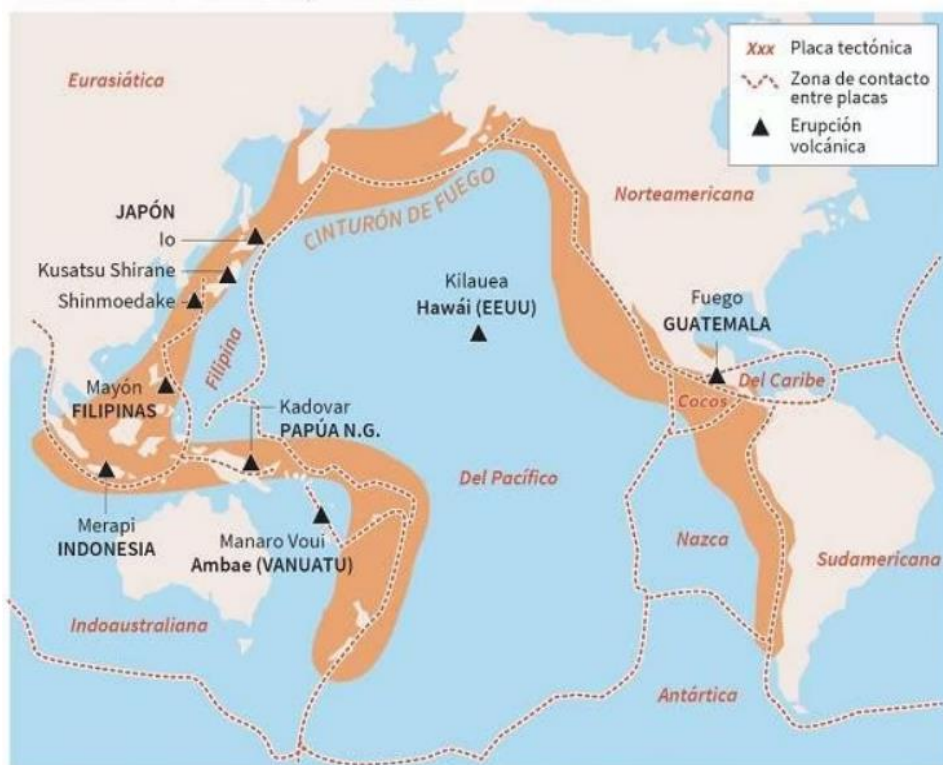
## b) Características de la Sismicidad en el Perú

El Perú por sus características telúricas, se sitúa en el Cinturón de Fuego del Pacífico, que incluye Canadá, Nueva Zelanda, México, Japón y Estados Unidos entre otros, que es una región de intensa actividad sísmica y volcánica. Existe una zona de subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana, que a su vez provoca fricción y tensión entre dichas placas tectónicas cuando las fuerzas que las movilizan superan las fuerzas totales que las oponen, provocando el deslizamiento de una placa, se hace violentamente, provocando un sismo. (CENEPRED, 2015)

En la Figura 3 se muestran las erupciones volcánicas en este cinturón que concentra el 90% de la actividad sísmica de la Tierra.

### Figura 3

#### *Cinturón de Fuego del Pacífico*



*Nota.* Diario El Universo, 2018

#### **2.2.2. Requisitos globales para el diseño sísmico según la Norma E-030**

Una correcta estructuración, es decir la correcta distribución de los elementos estructurales, a su vez estos deben diseñarse con suficiente ductilidad, rigidez y resistencia, para presentar un rendimiento estructural satisfactorio ante cargas de

gravedad y cargas laterales producto de sismo, no muy ajeno a ello el RNE en su NTP E-030 especifica una Filosofía de Diseño Sismorresistente:

- a) Evitar el perjuicio de víctimas humanas.
- b) Mantener la continuación de las prestaciones esenciales
- c) Reducir al mínimo los agravios a la posesión.

Además de que no es viable económica ni técnicamente proveer de protección completa ante todos los sismos, a la mayoría de las estructuras, ya que para dar tal protección se requerirá elementos estructurales muy robustos con una cuantía de acero considerable. En base a ello y respetando la filosofía antes mencionada se establecen los siguientes principios (E-030 “RNE”, 2018):

- a) A pesar de la eventualidad de que ocurran agravios importantes como consecuencia de movimientos sísmicos considerados severos para el emplazamiento del proyecto, la estructura no debe derrumbarse ni provocar perjuicios graves a los usuarios.
- b) En el emplazamiento del edificio, la estructura debería resistir modestas vibraciones del terreno, y puede sufrir perjuicios reparables incursionados en los rangos aceptables.
- c) Deben tomarse precauciones especiales para garantizar que los edificios críticos, tal y como se especifica en la Tabla 5, sigan funcionando tras un Sismo de gran intensidad.

### **2.2.3. Métodos de Análisis Sísmico Lineales**

“Al analizar una estructura en base a la respuesta esfuerzo-deformación, se puede observar un comportamiento lineal, donde una de las variables, en este caso la deformación, es proporcional a los esfuerzos generados en la estructura” (Duarte et al., 2017).

“El Análisis Estático o de Fuerzas Equivalentes y el Análisis Espectral Modal Dinámico son las dos metodologías para realizar un análisis sísmico lineal que establece la Norma E-030 Diseño Sismorresistente” (E.030 RNE., 2018).

#### **a) Análisis Sísmico Estático**

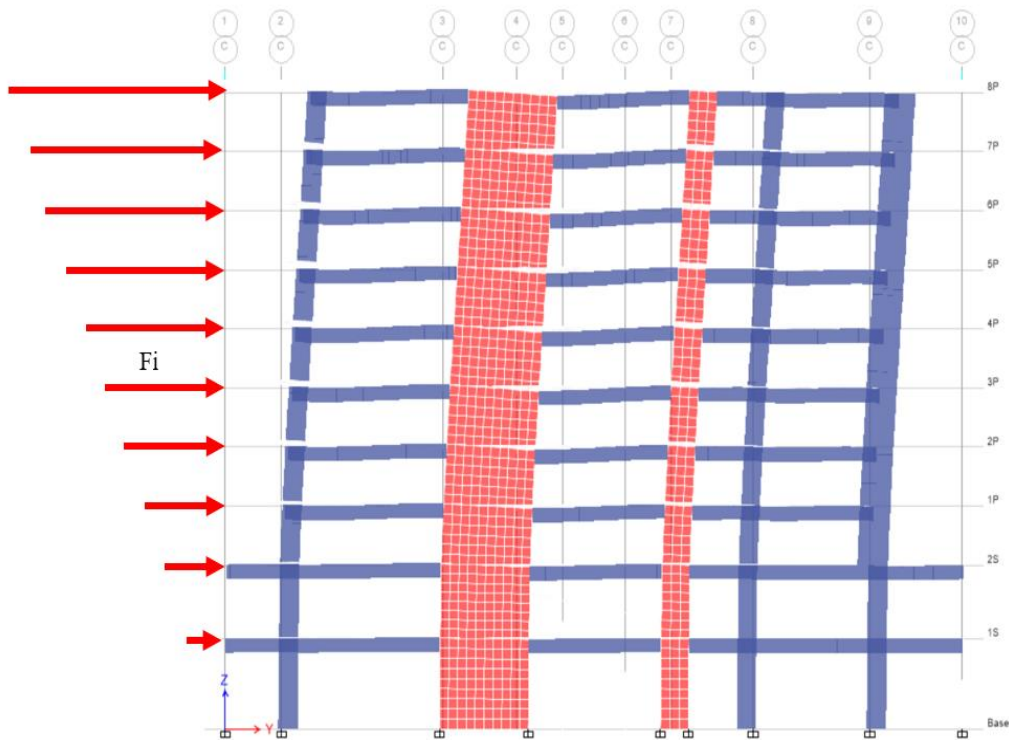
Según (E.030 RNE., 2018) define este método como la representación de los movimientos sísmicos mediante la aplicación de un grupo de cargas en el centro de gravedad de cada piso del edificio. Utilizando este método, pueden examinarse las estructuras en la zona sísmica 1 siendo regulares o irregulares. Este método puede utilizarse en las demás zonas sísmicas para estructuras regulares en la que su altura no exceda los 30 m. y estructuras irregulares en la que su altura no sobrepase los 15 m.,

siempre que su sistema estructural primario en ambas direcciones consista en placas de concreto armado y mampostería reforzada o confinada.

En la Figura 4 se presenta la elevación del eje más representativo de una edificación sometido a un análisis estático.

#### Figura 4

*Esquema representativo de un Análisis Sísmico Estático*



*Nota.* Elaboración propia

#### b) Análisis Dinámico Modal Espectral

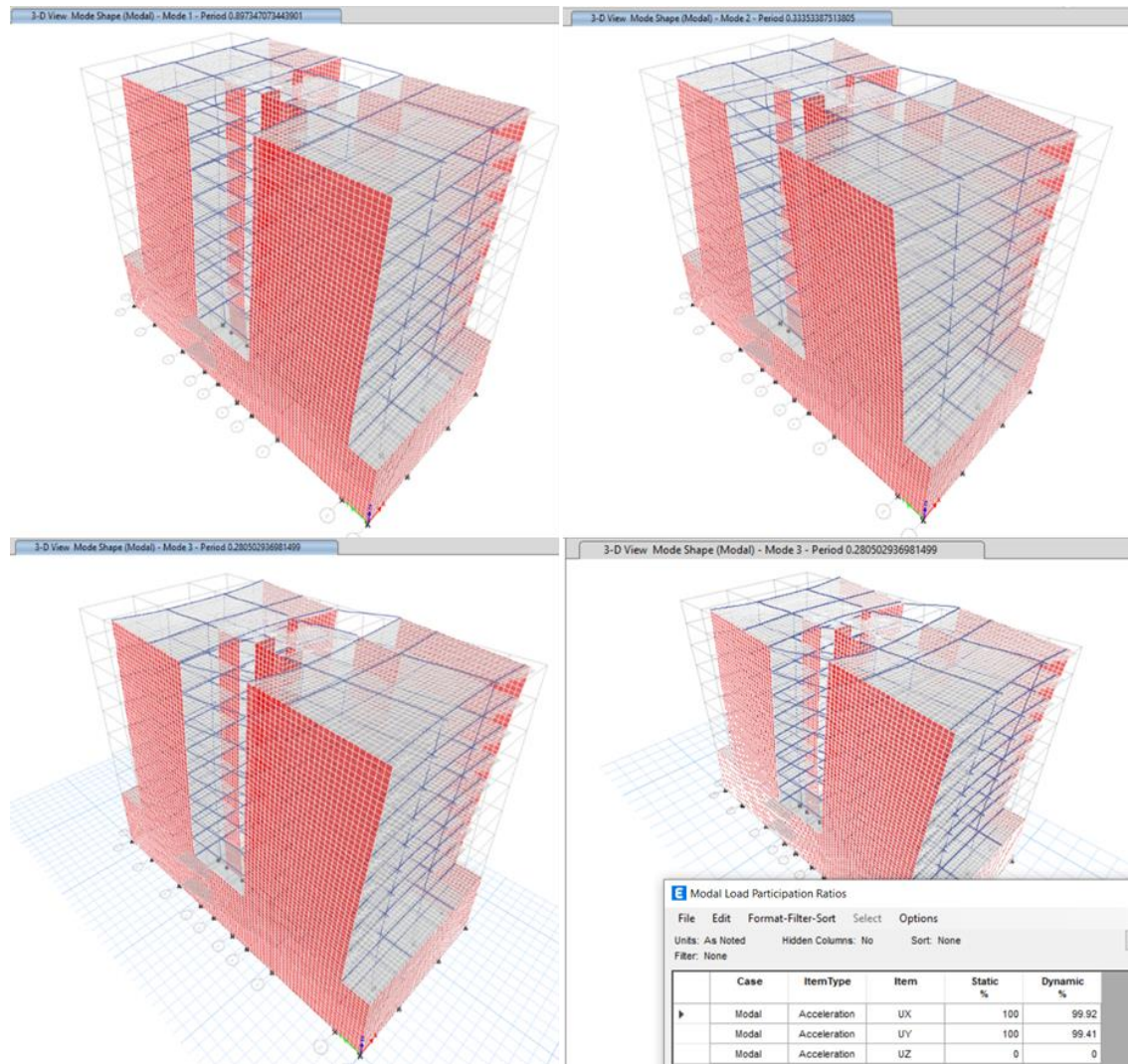
Para emplear el método, el edificio debe tratarse como un conjunto con uno o más GDL, y deben conocerse la forma de vibrar de los tres primeros modos dominantes en la orientación de estudio. De forma similar, este método de análisis tiene en cuenta las propiedades de distribución de masas y rigidez, pues sólo considera los modos que en cada dirección comprenden al menos el 90% de la masa participativa.

En la Figura 5 se contemplan los porcentajes de masas participativas en las dos direcciones ortogonales, siendo para el análisis sísmico dinámico mayor al 90% de la masa total.



## Figura 5

Gráfico de Edificación asociado a sus tres primeros modos de vibración.



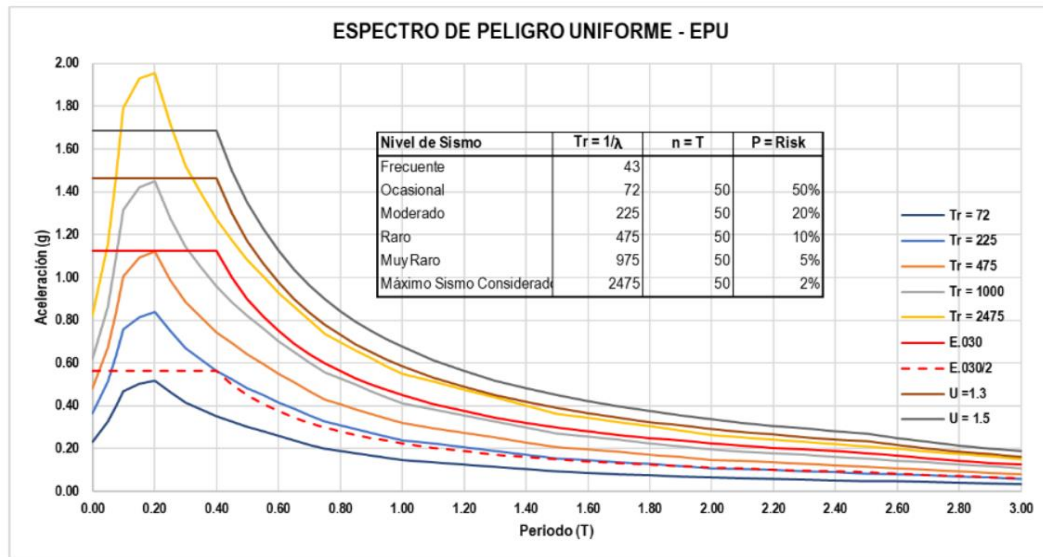
*Nota.* Elaboración propia

Además, este procedimiento de Análisis Modal Espectral establece una demanda sísmica a la que estará supeditada la estructura, la cual está en función de un espectro de diseño, y este a su vez depende, de la zonificación, uso destinado del edificio, parámetros de suelo, factor de amplificación sísmica.

En la Figura 6 se puede apreciar que los espectros pseudo aceleraciones están asociados, al uso de la edificación y al Tiempo de retorno de los sismos.

**Figura 6**

*Espectro de Pseudo Aceleraciones*



Nota. CCIP (2022)

#### 2.2.4. Métodos de Análisis Sísmico No Lineales

Al haber menos incertidumbre en estas representaciones del estado de las estructuras, mediante esta metodología, es factible acercarse más a la verdad de lo que ocurre en el interior del edificio; en concreto, se pueden identificar los mecanismos de fallo y el eventual desplome gradual. (Peceros, 2022)

Calcular la resistencia adicional local y global de la estructura actual es la primera táctica. Según las estimaciones, las necesidades de respuesta inelástica y ductilidad de deformación de un edificio suelen ser superiores a la resistencia tenida en cuenta en el diseño. La sobre resistencia estructural se define como la disimilitud respecto a la resistencia real y la exigida por el reglamento de diseño. Son posibles procesos no lineales creados tanto estática como dinámicamente. (Guerrero, 2018)

##### a) Análisis Dinámico No Lineal

Paredes (como se citó en Chancafé y González 2021) afirma que: “Para el análisis dinámico, se utiliza series Temporales No Lineal, el cual permite comprender diferentes respuestas de la edificación (desplazamiento de piso, derivas, fuerza cortante, etc.) en el tiempo” (p.23).

##### b) Análisis Estático No Lineal Pushover

Oposición de una estructura a deformarse lateralmente, así como el modo de deformación y la magnitud de las fuerzas sísmicas, se determinan mediante el análisis Pushover. Se



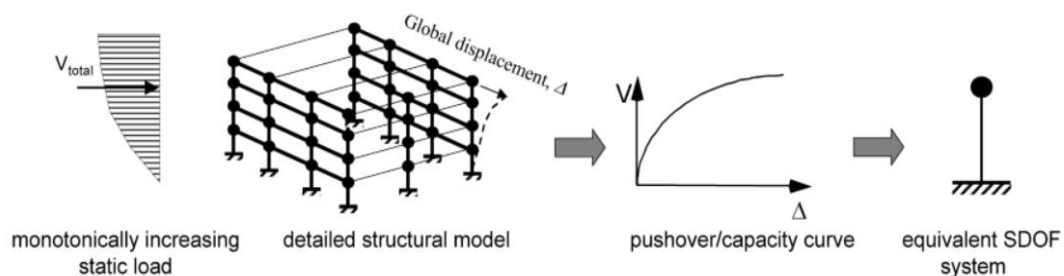
han sugerido numerosos métodos, como el uso de estrategias adaptativas y multimodales, patrones de fuerza lateral constante, etc. Las metodologías de análisis Pushover pueden manejarse para identificar posibles mecanismos de fallo en los elementos estructurales primarios y proporcionar información pertinente sobre las características del sistema estructural. (Peceros, 2022)

El análisis Pushover tiene como objetivo principal producir la falla súbita de la estructura por efecto de las cargas laterales, las cuales presentan un incremento monótonico en función de la altura, para de esta manera determinar en el edificio la curva de capacidad como resultado de carga sísmica. El Pushover también nos proporciona identificar el punto en el que los elementos estructurales del objeto se agrietan, se deslizan o fallan de otro modo, producto del patrón de fuerzas de gravedad no lineales y las fuerzas inerciales mencionadas anteriormente. (Velásquez, 2020)

En la Figura 7 se puede apreciar la representación de la carga monótonica que producirá un cantante en la base, además de presenciar la curva de cortante vs desplazamiento.

### Figura 7

#### *Esquema del Análisis Pushover*



*Nota.* FEMA 440, 2005

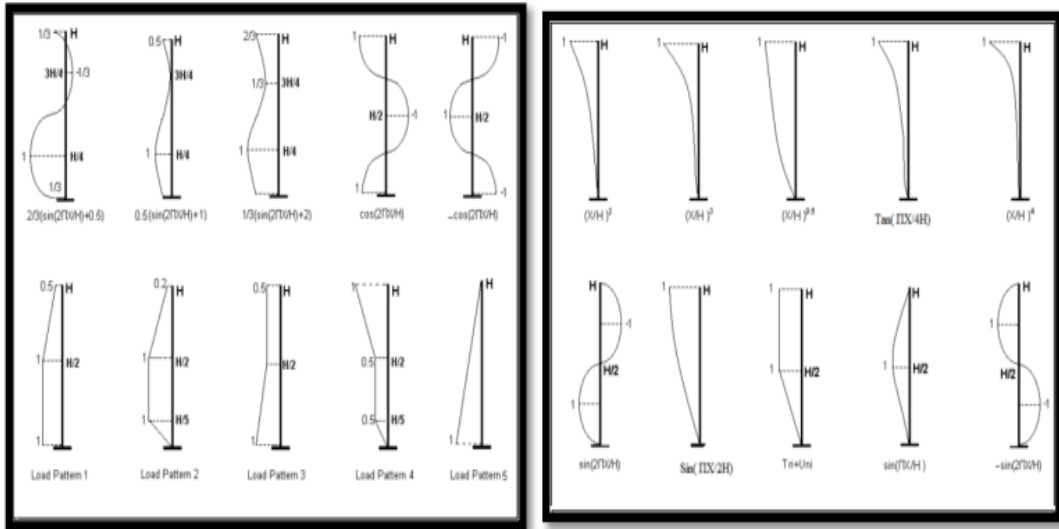
#### **2.2.5. Patrones de Carga**

Según Peceros (2022) afirma que para aplicar el método Pushover, en primer lugar, se debe seleccionar la carga lateral, para posteriormente ser incrementada de forma monótona. La FEMA 356 (Agencia Federal de Gestión de Emergencias) ha establecido las distribuciones de cargas laterales, donde cada grupo debe presentar un escenario único.

En la Figura 8 se observa diferentes grupos de carga con cada caso en particular.

**Figura 8**

*Propuesta de Patrones de Carga Lateral*



*Nota.* Idrees Rustom et al., 2018

Una secuencia reiterativa de fuerza lateral supone la demanda que se le va aplicar a una estructura ante un evento sísmico. Este patrón aumenta de manera monótonica provocando que la estructura se traslade por la zona elástica e incurse en la zona inelástica. En otras oportunidades, se emplean tipos desplazamientos en vez de patrones de carga. Es recomendable emplear por lo menos patrones de carga para determinar la curva de capacidad estructural. (Zabala, 2017)

A continuación, se mencionan los patrones más utilizados.

- a) “Disposición Uniforme:”

$$Fr = \frac{W_r}{g}$$

“donde  $W_r$ : Masa del Entrepiso r.”

- b) Disposición con la forma de modos fundamental:

$$Fr = \frac{W_r}{g} \varphi r_i$$

“donde  $\varphi r_i$ : Elemento del Entrepiso r de la forma de modo fundamental respecto al modo de vibración i.”

- c) Disposición Triangular Inversa:

$$F_r = \frac{W_r h_r}{\sum_{i=1}^N W_i h_i^k} V_b$$

donde  $h_r$ : Altura del entrepiso r.

“N: Cantidad total de entrepisos”

“ $V_b$ : Cortante en la base supeditada por  $V_b = S_a(T_n)$  Para el período  $T_n$ , la ordenada del espectro de diseño de la aceleración.”

“W: Masa total de la estructura.”

d) “Disposición de carga según FEMA”:

$$F_r = \frac{W_r h_r^k}{\sum_{i=1}^N W_i h_i^k} V_b$$

“donde k: Exponente que se altera linealmente con el periodo desde 1 para  $T_1 < 0.5s$  hasta 2 para  $T_1 > 2.5s$ ”.

e) Distribución adaptativa

Existen varias sugerencias de secuencias reiterativas de fuerzas laterales adaptables. Utilizamos el trabajo de Bracci (1997) como ilustración, donde se toma una secuencia reiterativa de fuerzas lateral inicial y se actualiza con la subida sucesiva:

$$\Delta F_r^{k+1} = V_b^k \left( \frac{F_r^k}{V_b^k} - \frac{F_r^{k-1}}{V_b^{k-1}} \right) + \Delta V_b^{k+1} \left( \frac{F_r^k}{V_b^k} \right)$$

“donde r: Nivel del Entrepiso”

“k: Número gradual”

“ $\Delta V_b$ : Aumento del cortante basal”

Según el ASCE/SEI 41-17 (2017), el modelo matemático debe incorporar patrones de carga lateral proporcionales a la disposición de masas de cada rigidez infinita del entrepiso. La repartición de las fuerzas laterales debe coincidir con la geometría del modo fundamental en sentido estimado. Antes de aplicar a la estructura fuerzas sísmicas, es necesario tener en cuenta la fuerza de gravedad posterior,  $Q_G$ .

$$Q_G = Q_D + Q_L + Q_S$$

Donde: “ $Q_D$ : Carga muerta”.

“  $Q_L$ : Carga viva efectiva, igual al 25 % de la carga viva de diseño no reducida”.

“  $Q_S$ : Carga de nieve”.

### 2.2.6. Rótulas Plásticas

El concepto genérico de rótula plástica proviene del resultado que produce la fluencia de los elementos, se asume que la formación de la rótula se da en el momento donde se excede la capacidad y no sobre la longitud continua del elemento. En su formación tiene en cuenta la longitud plastificada tomada en base de la longitud en condición inicial, dando como resultado una medida de incursión plástica de los elementos. (Flores,2003)

#### a) Rótulas Plásticas en Vigas

La asignación de rótulas plásticas se realiza siguiendo los lineamientos de la Tabla 10-7 del ASCE/SEI 41-17, la cual se especifica en la Tabla 1 de la presente investigación. Teniendo consideración en primer lugar la correcta asignación del refuerzo a cada viga en el modelo matemático, posteriormente se asignan las rótulas automática tipo M3 en los extremos de cada una de las vigas que componen el modelo estructural, con longitudes de plastificación que van a un 5% y 95% del elemento, además para la formulación de dichas rótulas se establece en cada una el cortante de diseño asociado al cortante plástico. Finalmente se verifican las rótulas creadas automáticamente mediante cálculos manuales comprobando que las rótulas queden correctamente asignadas de acuerdo con la norma ASCE/SEI 41-17. (Rengifo, 2019)

**Tabla 1**

*Tabla 10-7 del ASCE/SEI 41-17*

Condición			Ángulo de rotación plástico (radianes)		Relación de Resistencia Residual	Nivel de Rendimiento		
			a	b		c	IO	LS
Condición i	Vigas controladas por flexión	$\frac{V^d}{b_w d \sqrt{f'_{ct}}}$						
	Refuerzo transversal	$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$						
$\leq 0.0$	C	$\leq 3$ (0.25)	0.025	0.05	0.2	0.01	0.025	0.05
$\leq 0.0$	C	$\geq 6$ (0.25)	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
$\geq 0.5$	C	$\leq 3$ (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
$\geq 0.5$	C	$\geq 6$ (0.25)	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
$\leq 0.0$	NC	$\leq 3$ (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
$\leq 0.0$	NC	$\geq 6$ (0.25)	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
$\geq 0.5$	NC	$\leq 3$ (0.25)	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
$\geq 0.5$	NC	$\geq 6$ (0.25)	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01

*Nota:* Extraído de (ASCE 41-17, 2017)

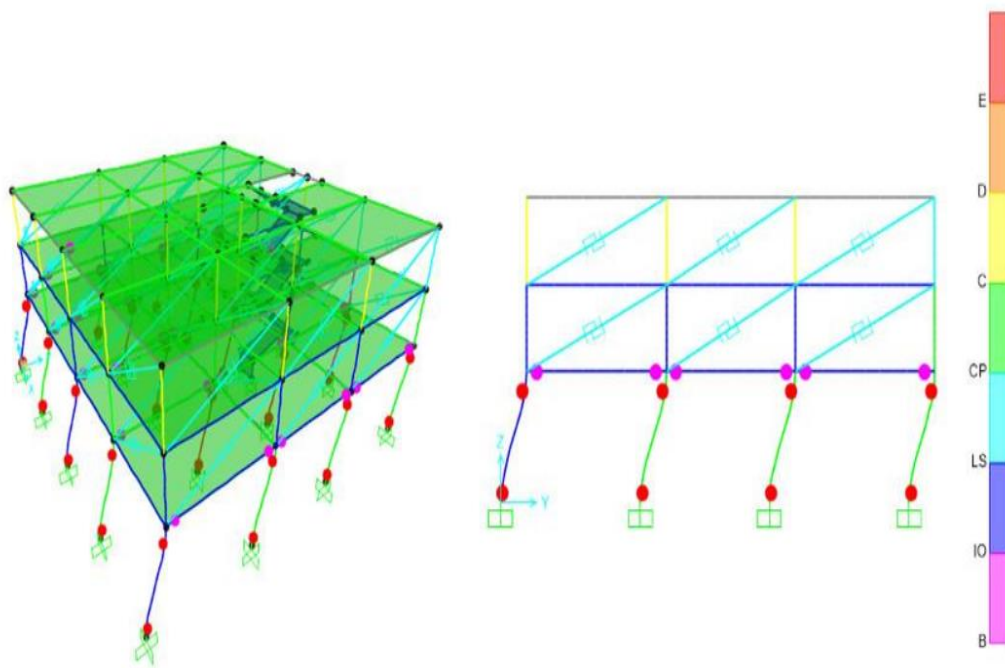
### b) Rótulas Plásticas en Columnas

Rengifo (2019) afirma que la consignación de rótulas plásticas se realiza siguiendo los lineamientos en Tabla 10-8 del ASCE/SEI 41-17. Teniendo consideración primer lugar su correcta asignación del refuerzo a cada Columna en el modelo matemático, posteriormente se asignan las rótulas automáticas tipo P-M2-M3 en los extremos de cada una de las columnas que componen el modelo estructural, con longitudes de plastificación que van a un 5% y 95% del elemento. Finalmente se verifican las rótulas creadas automáticamente mediante cálculos manuales comprobando que las rótulas queden correctamente asignadas según lo especificado en la norma ASCE/SEI 41-17.

En la Figura 9 se aprecia la formulación de rótulas plásticas en los elementos verticales del primer piso, típicos problemas que presentan en las edificaciones con piso blando.

### Figura 9

#### *Formación de Rótulas Plásticas en Columnas*



*Nota.* INESA TECH, 2020

### c) Rótulas Plásticas en Muros

La asignación de rótulas plásticas se realiza siguiendo los lineamientos de la Tabla 10-19 de ASCE/SEI 41-17, tal como se especifica en la Tabla 2. definiendo el refuerzo en cada muro, para posteriormente asignar las rótulas automáticas tipo fibras P-M3. Finalmente se verifican las rótulas creadas automáticamente según lo especificado en el ASCE/SEI

41-17, mediante cálculos manuales comprobando que las rótulas queden correctamente asignadas. (Rengifo, 2019)

**Tabla 2**

*Tabla 10-19 del ASCE/SEI 41-17*

Condición	Rotación de la bisagra de plástico (radianes)		Relación de Resistencia Residual c	Nivel de Rendimiento		
	a	b		IO	LS	CP
i. Muros estructurales y segmentos de muros						
$\frac{(A_s - A_s')f_{yE} + P}{t_w l_w f_{cE}}$	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f'_{cE}}}$	Límite Confinado <sup>b</sup>				
≤0.1	≤4	Yes	0.015	0.002	0.75	0.005 0.015 0.020
≤0.1	≥6	Yes	0.010	0.015	0.40	0.004 0.010 0.015
≥0.25	≤4	Yes	0.009	0.012	0.60	0.003 0.009 0.012
≥0.25	≥6	Yes	0.005	0.010	0.30	0.0015 0.005 0.010
≤0.1	≤4	No	0.008	0.015	0.60	0.002 0.008 0.015
≤0.1	≥6	No	0.006	0.010	0.30	0.002 0.006 0.010
≥0.25	≤4	No	0.003	0.005	0.25	0.001 0.003 0.005
≥0.25	≥6	No	0.002	0.004	0.20	0.001 0.002 0.004

*Nota:* Extraído de (ASCE 41-17, 2017)

### 2.2.7. Curva de Capacidad

Según Taípe (2022) expone que es la curva que resulta del vínculo respecto cortante basal y la traslación máxima en el último entrepiso, como consecuencia de la utilización de fuerzas que se incrementa uniformemente donde logra llegar al límite de capacidad de la estructura o, hasta producir el colapso de ella.

Velásquez (2020) afirma que la capacidad de una estructura está relacionada con la resistencia y las deformaciones que puede soportar sin dejar de ser segura para los ocupantes. El análisis no lineal, como el Pushover, debe utilizarse para determinar el comportamiento de la estructura fuera del rango lineal y de esa manera establecer su capacidad en su estado plástico. De esta manera el Pushover nos brinda como consecuencia un gráfico llamado curva de capacidad que representa los desplazamientos en el lugar designado, que se encuentra en la parte superior del edificio, y esfuerzos cortantes en la base.

Según ASCE/SEI 41-17 (2017) Para determinar la rigidez lateral efectiva,  $K_e$ , y el límite elástico efectivo,  $V_y$ , del edificio, se sustituirá la relación no lineal fuerza-desplazamiento

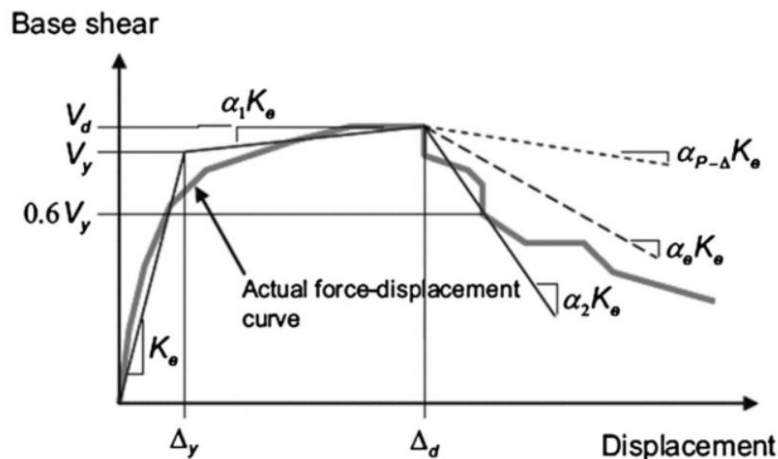
entre el cortante basal y el desplazamiento del nudo de control por una relación idealizada, representa la curva fuerza-desplazamiento idealizada para el análisis Pushover.

La sección de la línea de partida de la curva hipotética fuerza-desplazamiento debe tener una pendiente de  $K_e$ , que representa la rigidez lateral efectiva, y estar situada en el origen. La resistencia al desplazamiento lateral efectiva,  $K_e$ , de la estructura se considerará como la resistencia al desplazamiento secante utilizando un cortante base igual al 60% de su límite elástico efectivo. En cualquier punto a lo largo de la curva de fuerzas de desplazamiento, el límite elástico efectivo,  $V_y$ , no debe suponerse superior al esfuerzo cortante de base máximo. (ASCE/SEI 41-17)

En la Figura 10 se presenta la curva de capacidad idealizada.

### Figura 10

#### Curva de Capacidad Idealizada



Nota. ASCE/SEI 41-17

#### 2.2.8. Punto de desempeño

“El análisis Pushover convencional expone varios métodos, los cuales tiene como característica principal el empleo de un patrón de carga que se incrementa de norma monótonica durante todo su análisis” (Zabala, 2017).

Se muestran los métodos empleados en el análisis Pushover, a continuación:

##### a) Método del Espectro de Capacidad

“Este método comprende la comparación de la curva Pushover y el espectro de diseño, las cuales se encuentran en representación del formato aceleración-desplazamiento espectral (formato ADRS), sirviendo para establecer el punto de desempeño de una estructura bajo sollicitación sísmica” (Zabala, 2017).

Se presenta el procedimiento de diseño establecido por la normativa ATC-40

- Para un sistema con un equivalente de 1 gdl, convierta la curva de Pushover en el espectro de capacidad (modelo ADRS). empleando las siguientes ecuaciones:

$$S_a = \frac{V_b}{\alpha_m M_t}$$

$$S_d = \frac{\delta_t}{PF_1 \Phi_{t,1}}$$

$$PF_1 = \frac{\sum_r^N m_r \Phi_{r,1}}{\sum_r^N m_r \Phi_{r,1}^2}$$

$$\alpha_m = \frac{(\sum_r^N m_r \Phi_{r,1})^2}{(\sum_r^N m_r)(\sum_r^N m_r \Phi_{r,1}^2)}$$

- Zabala (2017) afirma “Transformar el espectro de demanda con amortiguación estándar (= 5%) o el espectro de diseño elástico al formato SARD. Para ello se utiliza la ecuación”:

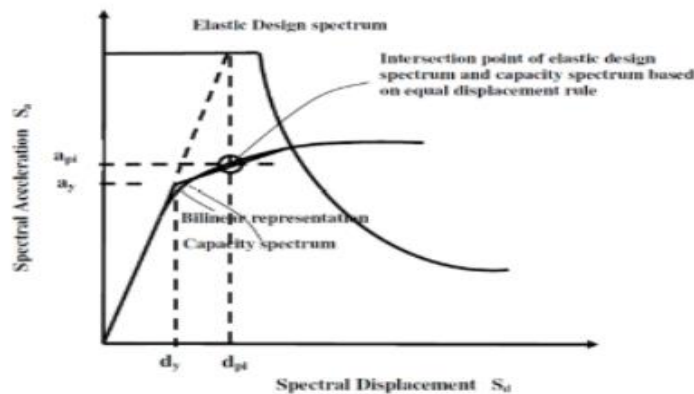
$$S_{de} = \frac{T^2}{4\pi^2} S_{de}$$

- Transposición de ambos espectros. la combinación de los dos espectros. Las numerosas definiciones del punto de rendimiento se tratan en el ATC-40.
- Obtener un punto inicial de desempeño ( $d_{pi}$ ,  $a_{pi}$ )

En la Figura 11 se presenta la estimación inicial del punto de desempeño.

### Figura 11

#### Estimación Inicial del Punto de Desempeño



Nota. Zabala, 2017



- Utiliza las siguientes fórmulas para determinar el coeficiente de amortiguación equivalente:

$$\beta_{eq} = \beta_o + 0.005$$

$$\beta_o = \frac{2(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{\pi a_{pi} d_{pi}}$$

- “Este enfoque se considera viable si el espectro de demanda reducido intercepta el espectro de capacidad en el punto de rendimiento previsto, o lo hace con una tolerancia aceptable. ( $a_p=a_{pi}$ ;  $d_p=d_{pi}$ ) y se continúa con el procedimiento” (Zabala,2017).
- El desplazamiento del sistema n gdl,  $D_t$ , se obtiene entonces convirtiendo el desplazamiento,  $d_p$ , del sistema análogo 1 gdl en desplazamiento.

$$D_t = PF_1 \Phi_{t,1} d_p$$

#### b) Método N2

Es un método que varía del Método de Capacidad Espectral que emplea relaciones  $R-\mu-T$  para lograr la demanda sísmica, sustituyendo los espectros sustancialmente amortiguados. (Zabala 2017)

El Anexo B de la Norma 1998-1:2004 proporciona el siguiente procedimiento:

- Para adquirir la curva de capacidad, pushover estática analizar el modelo n gdl.
- Utilizando las fórmulas siguientes, convierta la curva mencionada en una curva de pushover de un sistema semejante de un gdl.:

$$F' = \frac{F_b}{\Gamma_1}$$

$$d' = \frac{d_n}{\Gamma_1}$$

$$\Gamma_1 = \frac{\sum_r^N m_r \Phi_{r,1}}{\sum_r^N m_r \Phi_{r,1}^2}$$

- A partir de un modelo elastoplástico perfecto, obtenga un sistema bilineal de la curva pushover semejante de forma que el límite elástico,  $F_y$ , coincida con la carga requerida para construir un mecanismo plástico (punto A). La resistencia al desplazamiento

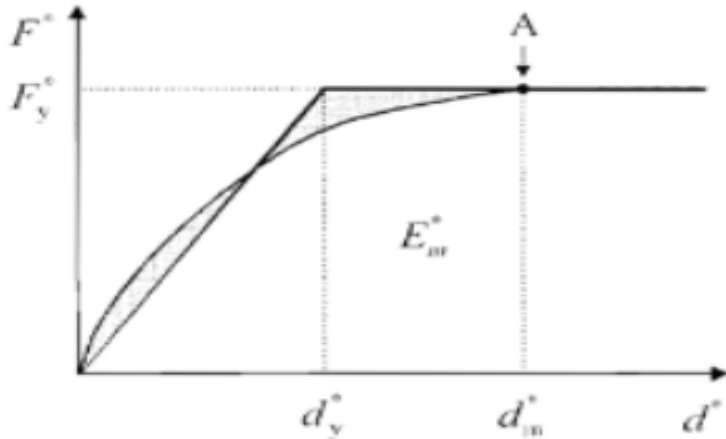
lateral inicial se elige de forma que las zonas sombreadas sean idénticas. Cumpliendo todo esto se tiene que:

$$d_y^* = 2 \left( d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$$

En la Figura 12 se presenta el modelo elastoplástico de la curva pushover del método N2.

**Figura 12**

*Modelo elastoplástico de la curva pushover del método N2*



*Nota. Zabala, 2017*

- Cálculo del periodo equivalente:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^*}{F_y^*}}$$

- Cálculo del desplazamiento elástico equivalente:

$$d_{et}^* = S_{ae}(T^*) \left( \frac{T^*}{2\pi} \right)^2$$

- Zabala (2017) menciona que “en función del tiempo de transición del espectro de demanda,  $T_c$ , que divide la zona de aceleración constante de la zona de velocidad constante, existen dos formas de determinar el desplazamiento inelástico en el sistema comparable”:
- Si  $T^* < T_c$  entonces tenemos de nuevo dos opciones:

Si  $F_y^*/m^* \geq S_{ae}(T^*)$  la respuesta es elástica y  $d_t^* = d_{et}^*$ .

Si  $F_y^*/m^* < S_{ae}(T^*)$  la respuesta es inelástica y

$$d_t^* = \frac{d_{et}^*}{qu} \left( 1 + (qu - 1) \frac{T_c}{T^*} \right) \geq d_{et}^*$$

- Si  $T^* > T_c$  entonces  $d_t^* = d_{et}^*$ .
- “Cálculo del desplazamiento en el sistema de n gdl”.

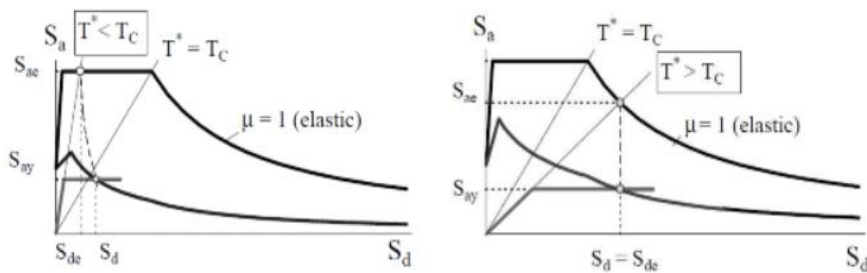
$$d_t = \Gamma_1 d_t^*$$

- “También, este método puede ser desarrollado de forma gráfica (Ver Figura N°13) utilizando las curvas de capacidad y demanda en formato ADRS, estando esta última modificada por medio de la relación  $R-\mu-T$ ”. (Zabala, 2017)

En la Figura 13 se presenta la gráfica del punto de desempeño para  $T^* < T_c$  y  $T^* > T_c$ .

### Figura 13

Gráfica del Punto de Desempeño para  $T^* < T_c$  y  $T^* > T_c$



Nota. Zabala, 2017

#### c) Método del Coeficiente de Desplazamiento

Dado que también forma parte de la norma estadounidense ASCE 41 para el análisis no lineal desde 2006, el método principal figura en el código FEMA 356. Este método se basa en multiplicar la respuesta de un sistema análogo de 1 gdl por una serie de coeficientes para determinar el desplazamiento máximo previsto en una estructura sometida a esfuerzos sísmicos. (Zabala 2017)

El procedimiento a seguir es:

- Efectuar un análisis estático pushover del modelo de n gdl para obtener la curva de capacidad. En este caso, la norma FEMA establece el uso de al menos 2 patrones de los descritos en la sección 3.4 para obtener la envolvente de la curva de capacidad.
- “Alcanzar el modelo bilineal (ver Figura 12) de la curva Pushover anterior”.
- “Calcular del periodo equivalente”.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

- Calcular del desplazamiento,

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

Donde,  $C_0$  = Factor modificador que convierte el desplazamiento espectral de un sistema de 1gdl al sistema de n gdl”.

“ $C_1$  = Factor modificador que relaciona el máximo desplazamiento inelástico con el desplazamiento elástico en el sistema de 1gdl”.

“ $C_2$  = Factor modificador que representa el efecto de la histéresis”.

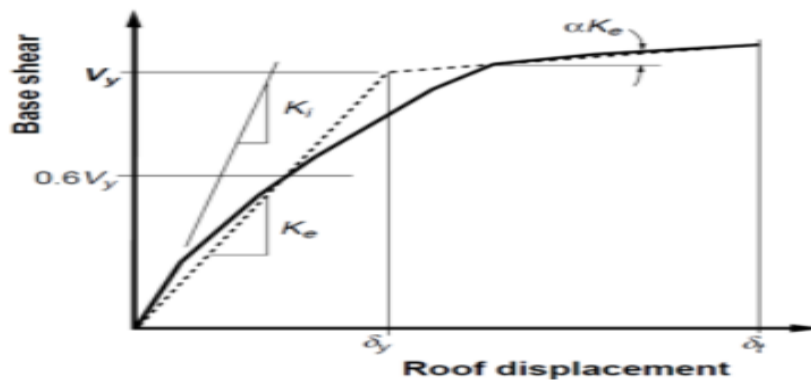
“ $C_3$  = Factor que incrementa los desplazamientos debidos a los efectos P- $\Delta$ ”

- Para obtener el punto de rendimiento, introduce  $\delta_t$  en la curva de capacidad.
- Determine el factor de ductilidad  $\mu$ , para este punto de rendimiento, y asegúrese de que coincide con la estimación utilizada para determinar los coeficientes. De lo contrario, es necesario una solución iterativa.
- Se introduce en la curva pushover del modelo n gdl con este desplazamiento  $\delta_t$ , y se obtiene el cortante basal para el que está dimensionada la estructura.

En la Figura 14 se presenta el modelo bilineal de la curva de capacidad para el método de los coeficientes de desplazamiento.

#### Figura 14

*Modelo bilineal de la curva de capacidad para el Método de los Coeficientes de Desplazamiento*



Nota. Zabala, 2017

### 2.3. Definición de términos básicos

- a) Rigidez: Es la propiedad que presentan los elementos estructurales, las cual está asociada a sus propiedades mecánicas, para soportar los esfuerzos producto de las cargas sin deformarse excesivamente.
- b) Demanda Sísmica: Solicitación que estará aplicada la estructura, debido a las cargas laterales de sismo la cual depende de la zonificación, sistema estructural, uso del edificio y tipo de suelo.

- c) Periodo Fundamental: Es el tiempo que demora un ciclo de carga y descarga de la estructura, es decir una vibración, la cual desplaza la mayor parte de la masa.
- d) Modos de Vibración: Es la forma característica de los modos de vibrar de un sistema estructural, la cual se vincula, a la masa, rigidez, y amortiguamiento.
- e) Patrón de Carga: Es el incremento monotónico de las cargas laterales, que genera la acción sísmica, que será aplicada a la estructura, para incursionar su comportamiento en la inelasticidad.
- f) Curva de Capacidad: Esquema que representa el vínculo entre el cortante basal máximo y los desplazamientos máximos en nivel de entrepiso más alto.
- g) Distorsión de entrepiso: Es la diferencia de los máximos desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos, divididos por sus respectivas alturas de entrepiso.
- h) Cortante Basal: Acumulación de las fuerzas sísmicas aplicadas en cada nivel de entrepiso, la cual se incrementa paulatinamente llegando a representar una fuerza de corte total que se aplica en la base de la estructura.
- i) Concreto armado: Consecuencia de la unión de dos materiales de construcción tales como las varillas de acero corrugado y concreto simple.
- j) Rótula plástica: Es el efecto formado en un componente estructural, debido al uso de las cargas de un sismo severo a la estructura.
- k) Análisis Estático: Utilización de fuerzas estáticas igualadas aplicadas en los centros de masa en cada planta de la edificación.
- l) Análisis Dinámico: Aplica datos sísmicos de la zona examinada recogidos a lo largo del tiempo.
- m) Criterios de aceptación: Rango de valores que debe cumplir un elemento en función de corroborar la aceptabilidad del elemento en estudio para una condición establecida.
- n) Reglamento Nacional de Edificaciones: Conjunto de normas peruanas que son utilizadas para diseñar una edificación.

## CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1. *Hipótesis general*

Al evaluar el desempeño estructural del edificio de 10 pisos mediante el análisis Pushover se determina que el sistema estructural es vulnerable, con lo cual se realizará una alternativa de intervención.

#### 3.1.2. *Hipótesis específicas*

- a) Las distorsiones máximas de entrepiso en las dos direcciones principales de análisis para un sistema estructural de concreto armado se encuentran por debajo del valor establecido por la Norma E-030 de diseño sismorresistente.
- b) La curva de capacidad nos refleja el punto desempeño estructural de la edificación de 10 pisos, donde la estructura clasificará el grado de seguridad.
- c) La propuesta para su intervención mediante arriostres metálicos mejorará la respuesta sísmica de la edificación.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1. *Definición conceptual de las variables*

##### - Variable Independiente

Es aquella en la cual el indagador cuantifica, dirige y/o elige para precisar su vínculo con los fenómenos o fenómeno que estudia. El impacto de la modificación de las estimaciones de la variable causa o la variable independiente sobre variable efecto se considera como el objeto de la investigación. (Buendía et al., 2001)

Variable independiente: Análisis Pushover y Propuesta de intervención.

##### - Variable Dependiente

Es un componente que el indagador aprecia o cuantifica para estimar la consecuencia de la variable independiente. Esta variable representa el efecto de las modificaciones en el cual el individuo está sometido en el análisis o el contexto que se está analizando. (Buendía et al., 2001)

Variable dependiente: Desempeño estructural del edificio.

#### 3.2.2. *Operacionalización de las Variables*

Esta especificación de variables es fundamental para su tarea del investigador y generalmente se requiere en un proceso llamado operacionalización de variables. Importante y necesario para la comprobación de hipótesis. No cabe duda que después de bastante trabajo en esta tarea, el concepto de variable puede expandirse para encontrar

razonablemente otras variables específicas que logren el mismo o mejor consecuencia. (Amiel, 2007)

A continuación, se detalla en la Tabla 3 la matriz de operacionalización de variables.

**Tabla 3**

*Matriz de Operacionalización de las variables*

Variable	Definición Conceptual	Indicadores	Instrumentos
Variable Independiente			
Análisis Pushover	Es un análisis que recalcula la reacción de la estructura utilizando las rótulas plásticas creadas en cada piso cuando aumenta la carga aplicada monotónicamente. Estos cálculos producen una curva de capacidad, que se transforma en un espectro de capacidad. A partir de ello, el punto de rendimiento se calcula interceptando el espectro de capacidad y el espectro de demanda. (Soto, 2018)	Curva de capacidad  Rótulas plásticas	ASCE/SEI 41-17 FEMA 440  ASCE/SEI 41-17
Propuesta de Intervención	Proceso de evaluación, reparación y/o reforzamiento de estructuras afectadas o que presentan carencias estructurales como consecuencia de los sismos, con el objetivo de corregir posibles deficiencias estructurales que ocasionaron los daños y se provea nuevamente de capacidad para soportar nuevos eventos telúricos acorde a los criterios del diseño sismorresistente. (Quevedo et al., 2020)	Distorsiones máximas de Entrepiso	NORMA E-030 (2018)
Variable Dependiente			
Desempeño Estructural del Edificio de 10 pisos	Es el diseño establecido del comportamiento sísmico que consiste en elegir planes de evaluación adecuados que permitan especificar las dimensiones y detalles de los miembros estructurales y no estructurales, de manera que la estructura no falle hasta cierto límite para un cierto nivel de desplazamiento y diferentes niveles de credibilidad. (Paredes, 2016)	Punto de desempeño  Niveles de desempeño  Espectro de demanda	FEMA 440 ASCE/SEI 41-17  ATC40 SEAOC FEMA 440 COMITÉ VISION 2000  NORMA E-030 (2018) FEMA 440

*Nota.* Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

### **4.1. Tipo y nivel**

#### ***4.1.1. Tipo***

La base de la investigación aplicada es la aplicación inmediata de la información aprendida. A menudo esto no es posible, por lo que corresponde a otros investigadores partir de los avances científicos teóricos y determinar dónde son aplicables los conocimientos. (Muñoz, 2015, p.142)

El enfoque cuantitativo discurre en el conocimiento debe ser objetivo y se produce mediante procedimientos demostrados y secuenciales. No hay forma de saltarse o evitar pasos porque cada uno va antes que el siguiente. Comienza con una idea que se compara y define, seguida de la formulación de objetivos e interrogantes de indagación, la compilación de antecedentes bibliográficos y el establecimiento de un marco o perspectiva teórica. Se eligen las variables y se formulan las hipótesis. (Hernández, 2014, p.37)

La investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo.

#### ***4.1.2. Nivel***

El nivel de investigación descriptiva, el investigador crea un método para destacar los rasgos o características de determinadas poblaciones, personas; estas semejanzas ayudan a describir los atributos o comportamientos de las poblaciones, sucesos o anomalías investigadas sin ofrecer una justificación causal. (Muñoz, 2015, p.88)

La investigación tuvo un nivel descriptivo.

### **4.2. Diseño de la investigación**

“La investigación no experimental es metódica y empírica y no modifica las variables independientes porque ya se han producido. Sin ninguna implicación o impacto directo, se hacen inferencias sobre las relaciones entre las variables” (Hernández, 2014, p.149).

“El diseño transversal recopila información en un momento único. Su objetivo es definir y analizar la incidencia y correlación de las variables en un momento determinado sin cambiar el sujeto de estudio” (Hernández, 2014, p.154).

La investigación fue no experimental con diseño transversal.



### **4.3. Población y muestra**

#### **4.3.1. Población**

Para decidir la muestra se utilizará la población de la investigación, que es un grupo predeterminado, restringido y fácilmente disponible de instancias que se ajustan a una serie de criterios predeterminados. Es vital dejar en claro que, cuando se menciona población de la investigación, se aplica a un universo de estudio. (Gómez et al.,2016)

La población de estudio fueron todos los edificios del tipo multifamiliar de 10 pisos ubicadas en el distrito de Jesús María.

#### **4.3.2. Muestra**

“La muestra es la parte de la población que se elige para conocer mejor las variables del objeto de estudio y que se considera representativa de toda la población” (Muñoz, 2015, p.168).

Se seleccionó como muestra una edificación de 10 pisos con muros estructurales de concreto armado, para uso multifamiliar perteneciente al programa Mi Vivienda. Se encuentra ubicado en Av. Talara N° 160, en la Urb. Valle de la Magdalena, en el Distrito de Jesús María, Lima, Lima. Las dimensiones según planos son 29.86 m. de frontis y 29.86 m. de fondo, 29.38 m. en el lado izquierdo y derecho, con alturas en el primer nivel de 3.10 m. y en los siguientes niveles de 2.70 m.

### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos**

##### a) Técnicas

La técnica de recopilación de datos empleada en este trabajo de investigación es de análisis documental, el cual se consiguió información en literaturas actualizadas siendo estas las siguientes: artículos científicos, planos de las especialidades de arquitectura y estructuras, libros, tesis, normativas vigentes y manuales.

##### c) Instrumentos

Se utilizó los siguientes instrumentos en el presente trabajo de investigación:

- Expediente completo del proyecto Talara
- NTP E.0.20 Cargas – 2018
- NTP E.0.30 Diseño sismorresistente – 2006
- NTP E.0.30 Diseño sismorresistente – 2018
- NTP E.0.60 Concreto armado – 2018
- Norma Americana ATC-40

- Norma Americana ASCE/SEI 41-17
- Norma Americana FEMA 440
- Norma Americana VISION 2000
- Microsoft Excel 2016
- AutoCAD 2021
- ETABS V20.0

#### **4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos**

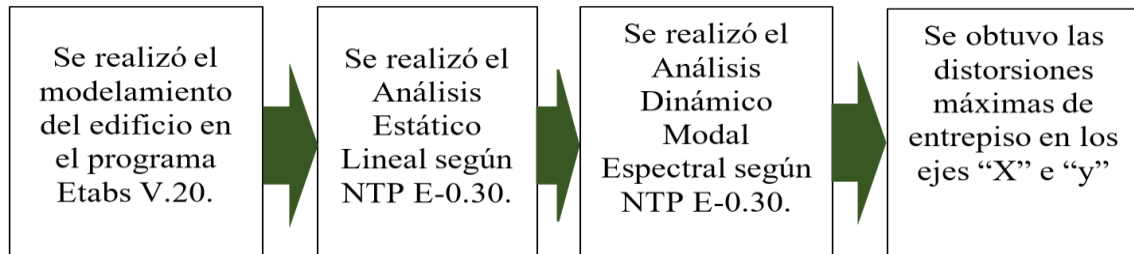
Los instrumentos aplicados en la investigación fueron confiables y válidas pues la inclusión de los parámetros para el diseño y análisis en software Etabs V.20 se basan en las Normas actuales. Se tiene el expediente completo del proyecto la cual contiene toda la información del proyecto, su uso en esta investigación fue autorizado por la empresa ejecutora, la cual cuenta con los planos As Built.

#### **4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos**

En la Figura 15 se representa el procedimiento para el cálculo de distorsiones máximas de entrepiso.

**Figura 15**

*Diagrama de flujo del objetivo específico 1*

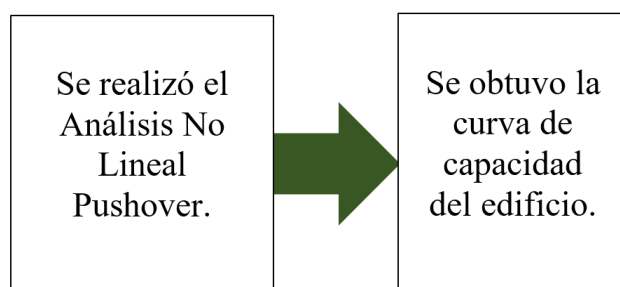


*Nota.* Elaboración Propia

En la Figura 16 se representa el procedimiento para la obtención de la curva de capacidad.

**Figura 16**

*Diagrama de flujo del objetivo específico 2.*

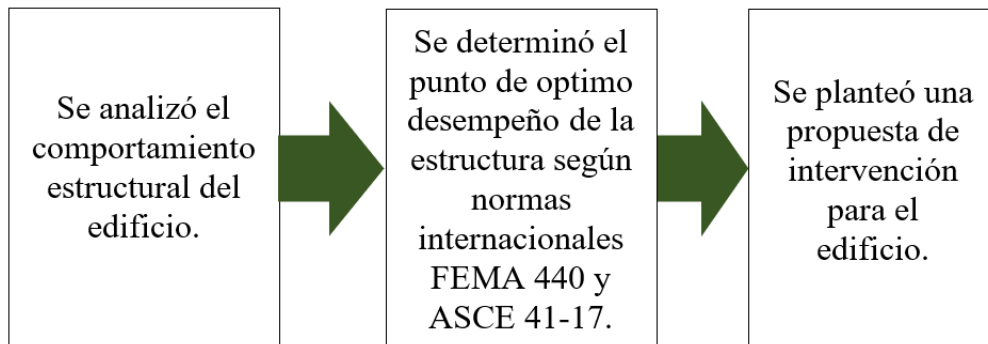


*Nota.* Elaboración Propia

En la Figura 17 se representa el procedimiento para plantear la propuesta de intervención.

### **Figura 17**

*Diagrama de flujo del objetivo específico 3.*



*Nota.* Elaboración Propia

#### **4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Después de haber aplicado las técnicas mencionadas párrafos arriba se obtendrá la curva Pushover de la edificación en estudio y con el análisis Pushover se podrá establecer el grado de desempeño del edificio. Estos serán manifestados con la estructura de la presente investigación, las herramientas como el programa Microsoft Excel 2016, Etabs V.20 ayudarán a obtener los resultados deseados.

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS SÍSMICO LINEAL**

### **5.1. Características generales de la Edificación**

La edificación multifamiliar “Talara” se ubica en:

Avenida: Talara N°160.

Urbanización: Valle de la Magdalena

Distrito: Jesús María

Provincia: Lima

Departamento: Lima

La vivienda multifamiliar “Talara”, consta de 10 pisos, 2 sótanos y 1 semisótano con alturas en la primera planta de 3.10 m. y en las siguientes plantas de 2.70 m. En el proyecto se consideran losas aligeradas en dos direcciones y una dirección de 0.20 m de espesor adicionalmente el proyecto tiene losas macizas de espesor de 0.20 m según planos estructurales. Los componentes estructurales trascendentales son los muros de corte teniendo las medidas de 0.25 m y 0.30 m de espesor según planos estructurales.

#### ***5.1.1. Normativa actual en el Perú***

La edificación se diseñó de acuerdo con las normas técnicas peruanas estas se encuentran dentro del RNE:

- NTP de Cargas E.0.20
- NTP de Diseño sismorresistente E.0.30
- NTP Concreto armado E.0.60

#### ***5.1.2. Modelado de la Edificación***

La edificación se modeló utilizando la herramienta computacional ETABS v.20 con la mayor aproximación posible al modelo utilizado por la empresa ejecutora ABUGATTAS INGENIEROS S.A. para la ejecución del proyecto.

Para ello se tuvo en consideración los diseños de los planos estructurales y arquitectónicos.

### 5.1.3. Definición y propiedades de los materiales

#### a) Concreto estructural

En la Tabla 4 se especifica la resistencia a la compresión del concreto utilizada en los elementos estructurales y en los distintos niveles de entrepiso.

**Tabla 4**

*Cuadro de propiedades de resistencia empleadas en el edificio*

Elementos	Nivel	Resistencia a la Compresión del Concreto $f'_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muros de Corte	Sótano al 10 ma planta	280 kgf/cm <sup>2</sup>
Columnas	Sótano al 10 ma planta	280 kgf/cm <sup>2</sup>
Vigas	Sótano al 10 ma planta	280 kgf/cm <sup>2</sup>
Losas	Sótano al 10 ma planta	280 kgf/cm <sup>2</sup>

*Nota.* Elaboración Propia.

En la Figura 18 se presenta las características del concreto en el software Etabs v.20.

**Figura 18**

*Características del concreto en el Software Etabs v.20*

*Nota.* Elaboración Propia

En la Tabla 5 se detalla las especificaciones técnicas del concreto estructural empleado.

**Tabla 5**

*Especificaciones técnicas del material concreto*

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia a la compresión ( $f'c$ )	280.00	kgf/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad ( $E_c$ )	250,998.01	kgf/cm <sup>2</sup>

*Nota.* Elaboración Propia

c) Acero de Refuerzo

Las propiedades del acero de refuerzo estructural se precisan en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Especificaciones técnicas del material acero*

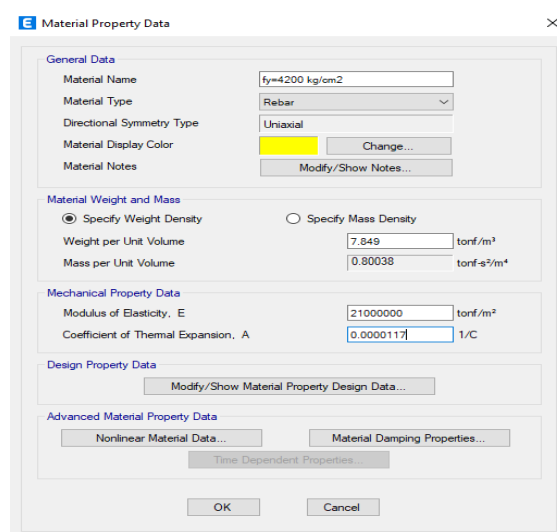
Descripción	Valor	Unidad
Esfuerzo de fluencia ( $f_y$ )	4200	kgf/cm <sup>2</sup>
Peso volumétrico ( $\mu_s$ )	7849	kgf/m <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad del acero ( $E_s$ )	2000000	kgf/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	17x10 <sup>-6</sup>	°C

*Nota.* Elaboración Propia

En la Figura 19 se presenta las propiedades del acero en Etabs v.20.

**Figura 19**

*Propiedades del acero en Etabs v.20*



*Nota.* Elaboración Propia

#### 5.1.4. Definición de los elementos estructurales

El proyecto Talara está diseñado con componentes resistentes de concreto armado y utilizan las propiedades de los materiales mencionados párrafos arriba 5.1.3. Además, se definen en la Tabla 7 las dimensiones de las columnas empleadas en el proyecto.

**Tabla 7**

*Características de elementos estructurales verticales*

<b>Tipo de elemento</b>	<b>Sección</b>	<b>b(m)</b>	<b>h(m)</b>
Columnas	C - 1	0.30	0.50
	C - 2	Diámetro = 0.60	
	C - 3	0.25	0.40
	C - 4	0.30	0.60
	C - 5	Diámetro = 0.60	
	C - 6	0.30	0.65
	C - 7	0.30	0.80
	C - 8	0.30	0.70
	C - 9	0.30	0.40
	C - 10	0.30	0.60
	C - 11	0.15	0.30
	C - 12	0.10	0.25
	C - 13	0.25	0.50
	C - 14	0.25	0.25

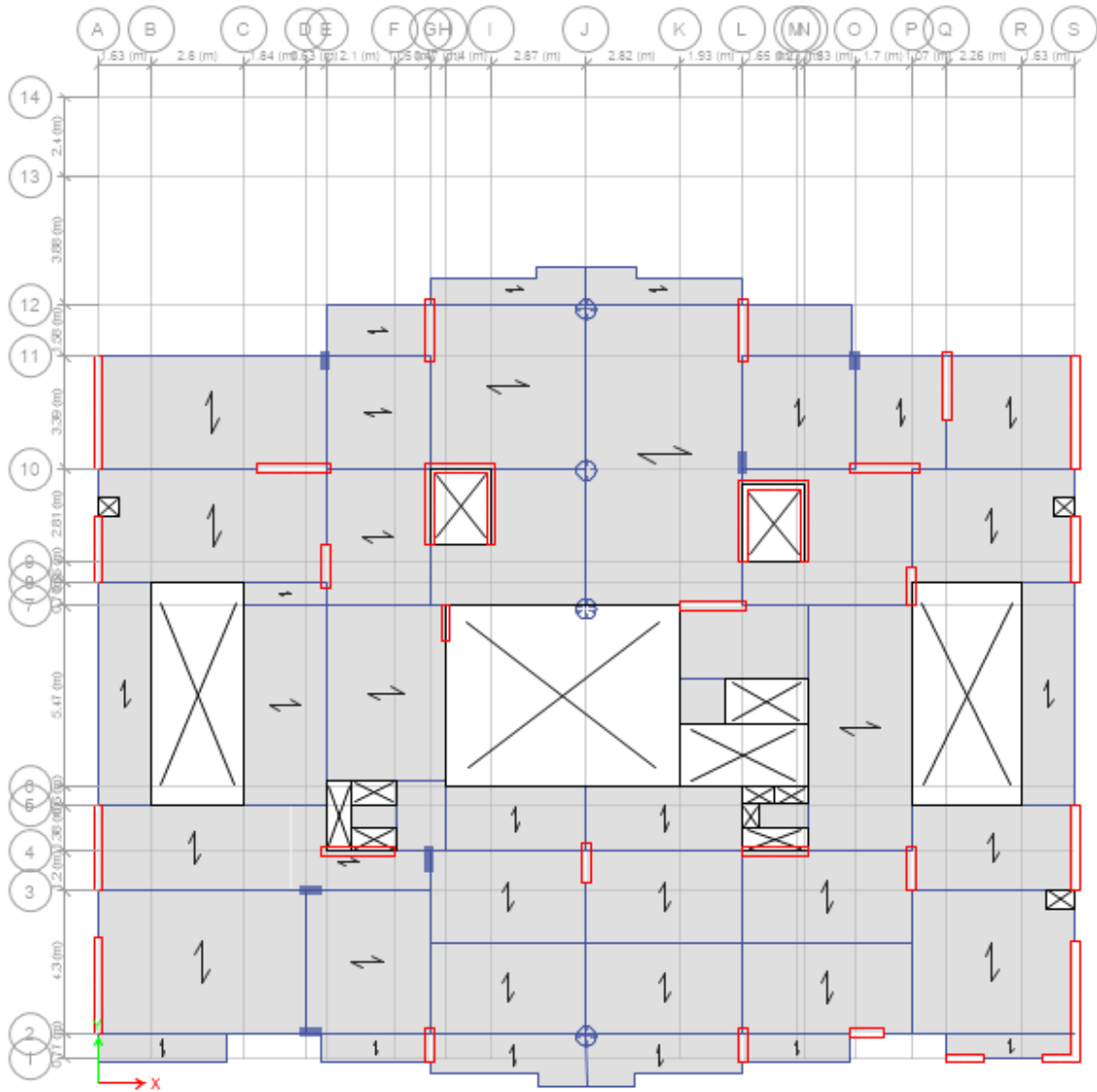
*Nota.* Elaboración Propia

### 5.1.5. Plantas Típicas de la Edificación

En la Figura 20 se presenta la planta del 1er piso del edificio multifamiliar Talara.

**Figura 20**

*Planta del 1er piso del edificio multifamiliar Talara*



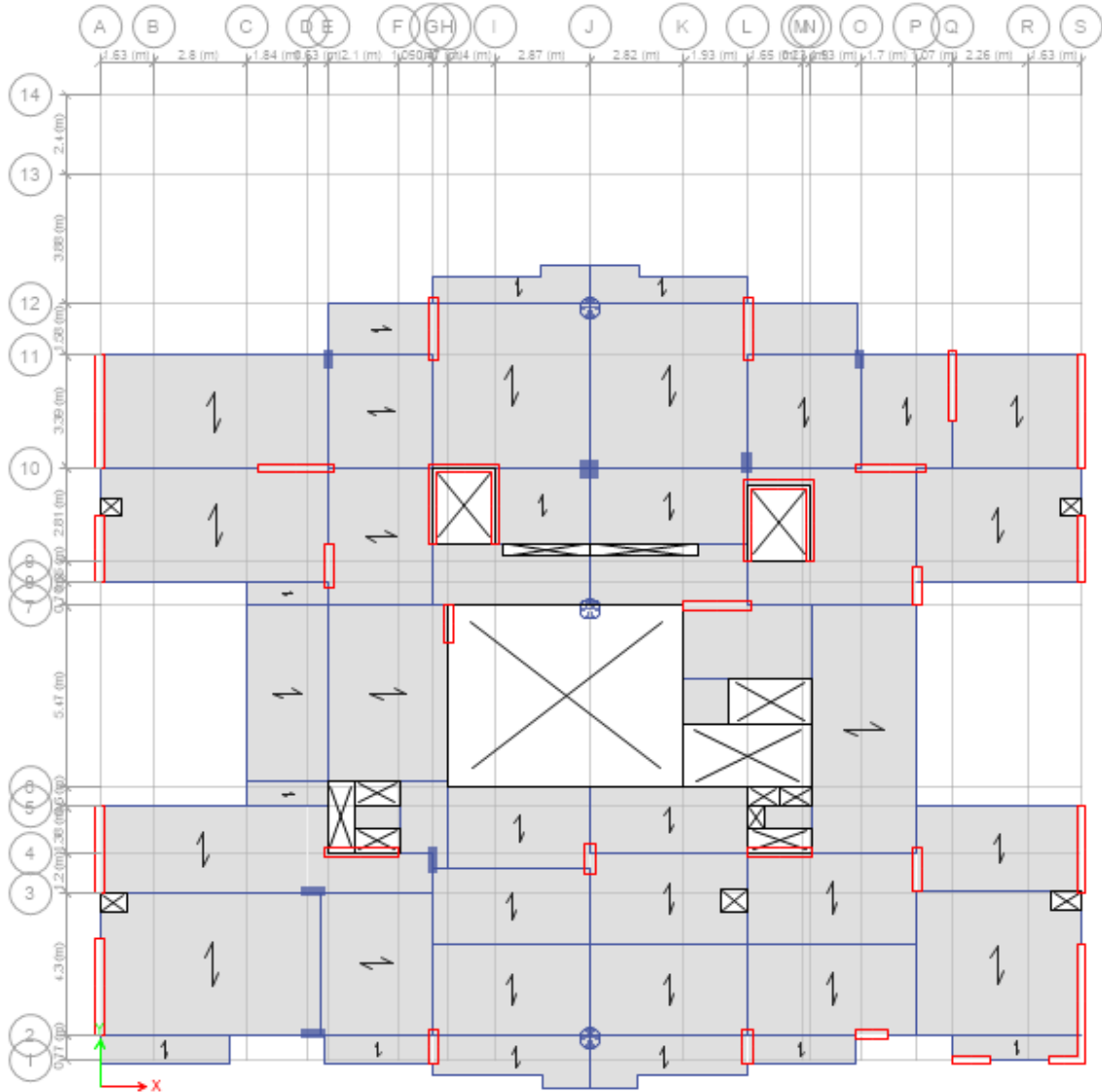
**Nota.** Elaboración propia



En la Figura 21 se presenta la planta del 2do piso del edificio multifamiliar Talara.

**Figura 21**

*Planta del 2do piso del edificio multifamiliar Talara*

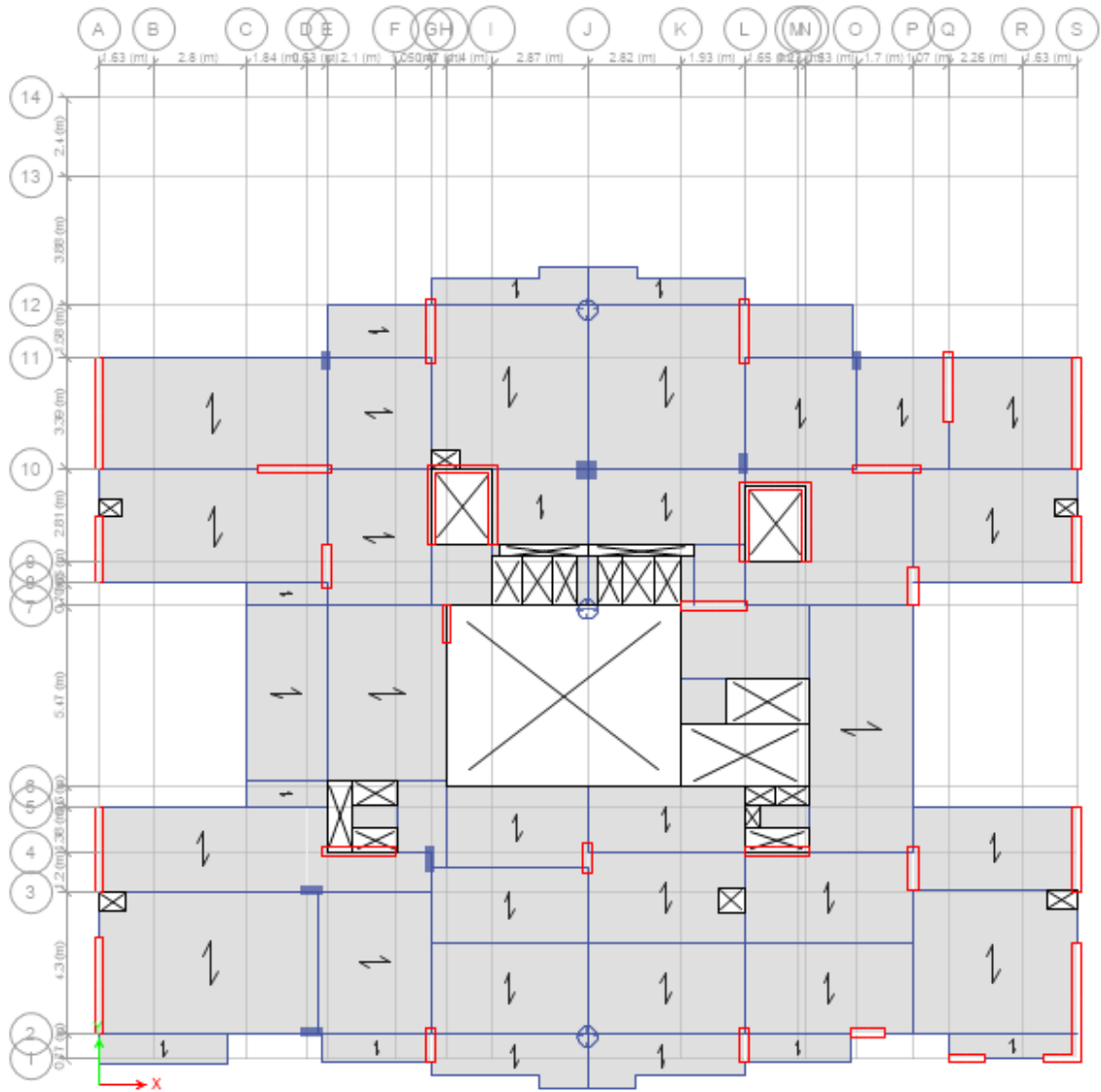


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 22 se presenta la planta típica del 3er al 7mo piso del edificio multifamiliar Talara.

**Figura 22**

*Planta típica del 3er al 7mo piso del edificio multifamiliar Talara*

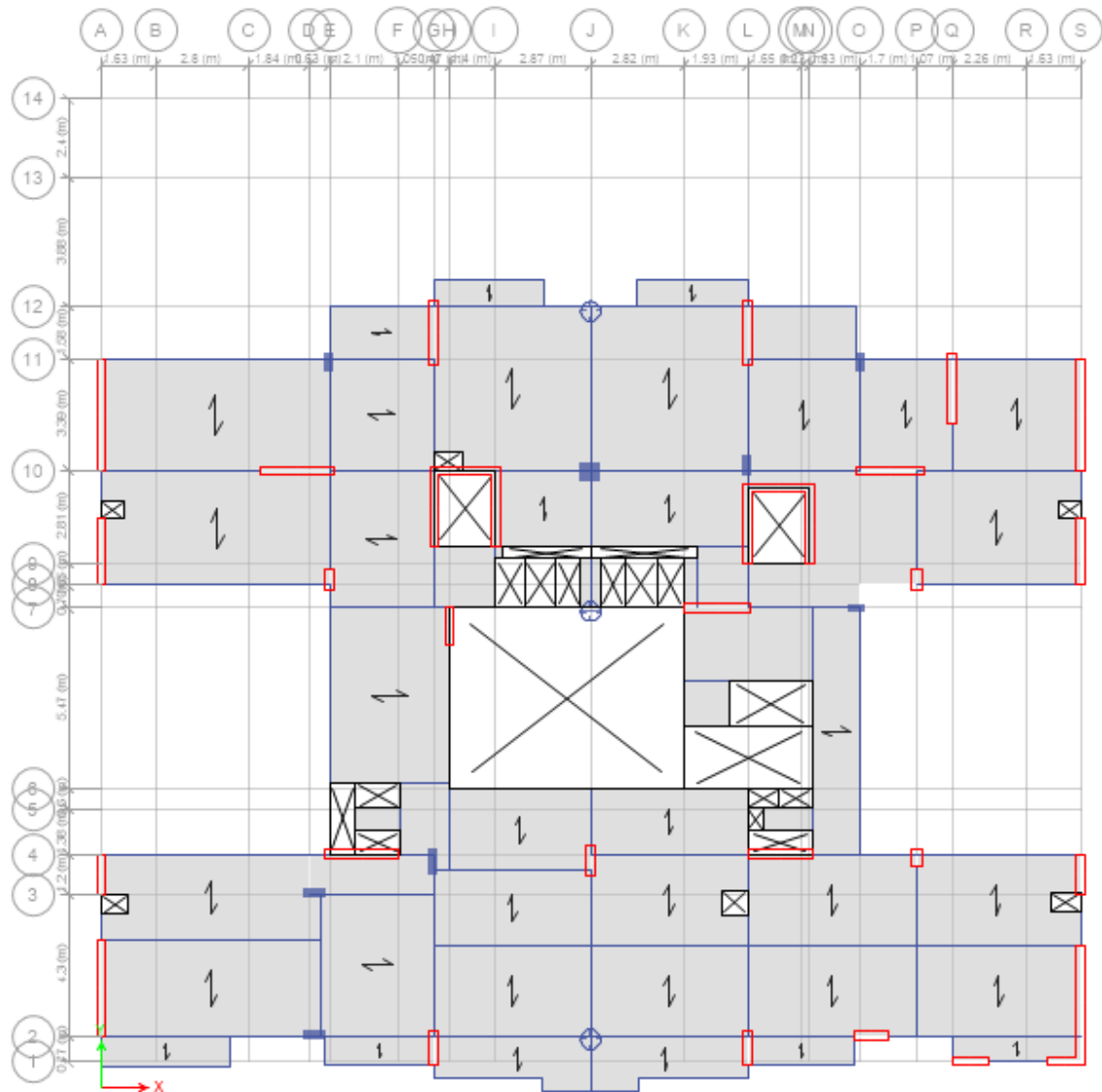


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 23 se presenta la planta del 8vo piso del edificio multifamiliar Talara.

**Figura 23**

*Planta del 8vo piso del edificio multifamiliar Talara*

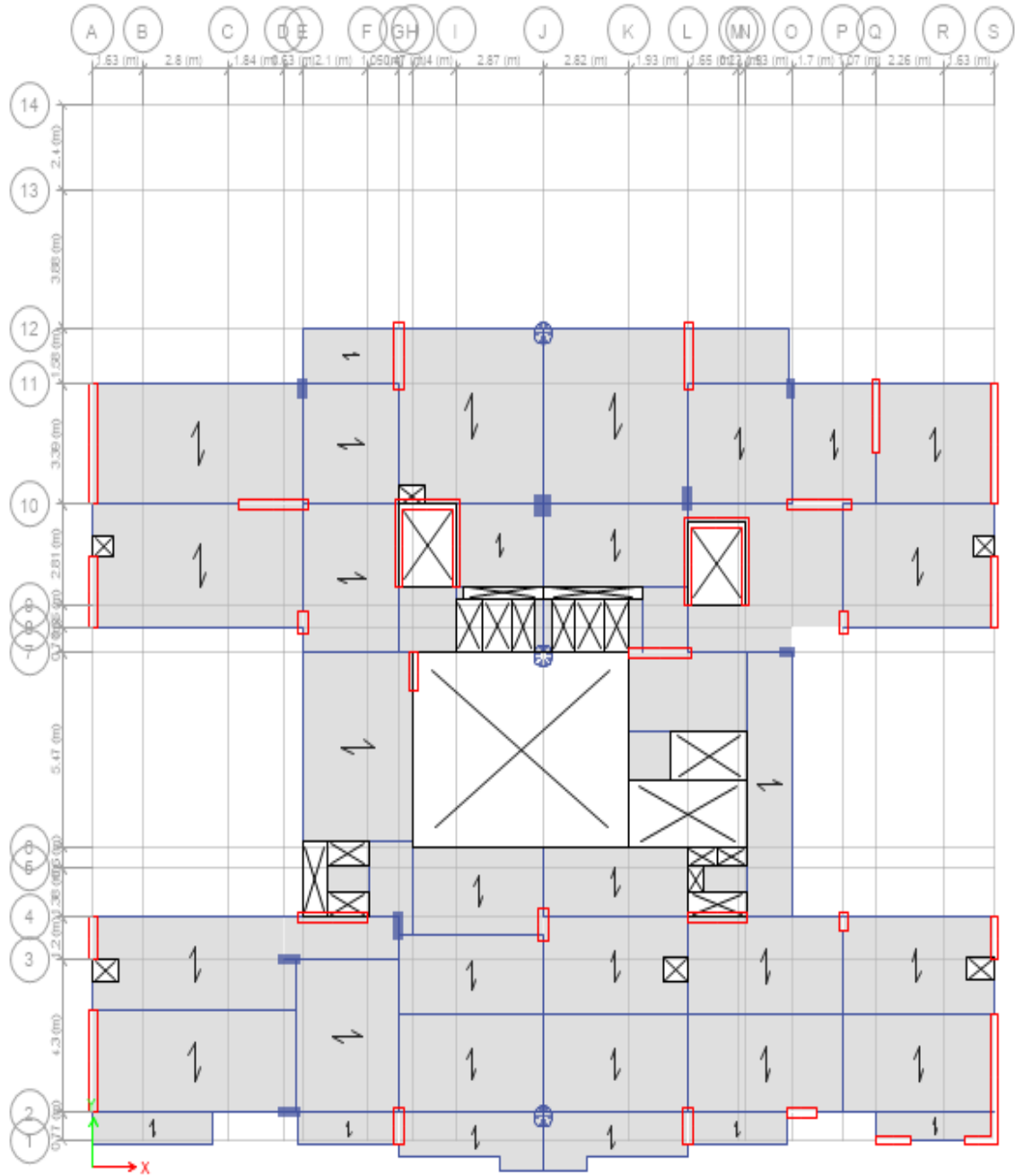


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 24 se presenta la planta del 9no piso del edificio multifamiliar Talara.

**Figura 24**

*Planta del 9no piso del edificio multifamiliar Talara*

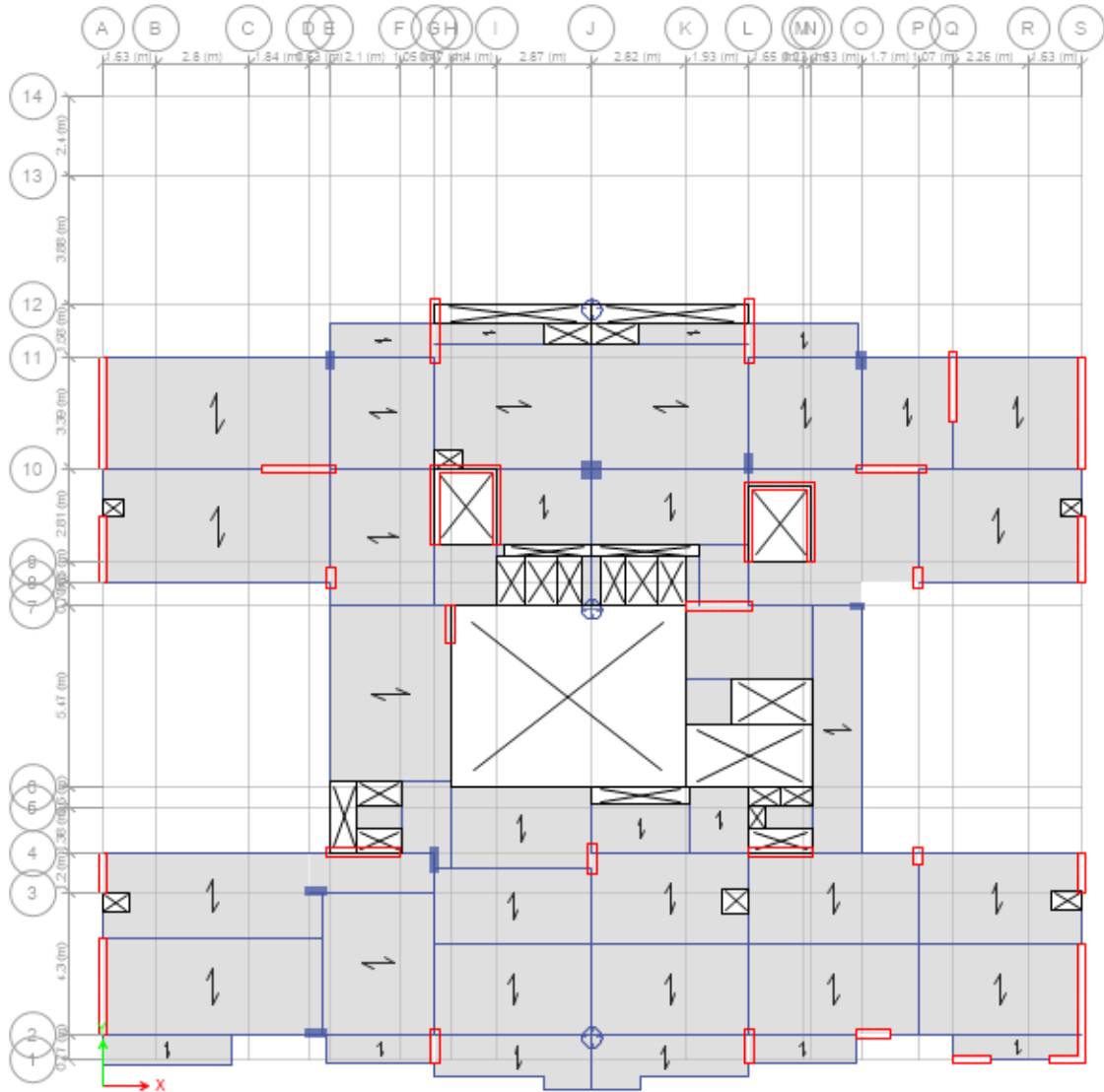


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 25 se presenta la planta del 10mo piso del edificio multifamiliar Talara.

**Figura 25**

*Planta del 10mo piso del edificio multifamiliar Talara*



*Nota.* Elaboración propia

### 5.1.6. Definición de Cargas

#### a) Carga Muerta

Las cargas permanentes adicionales al modelado las cuales son aplicadas en el proyecto se especifican en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Cargas muertas consideradas en el diseño*

Descripción	Carga Muerta	
	Valor	Unidad
Acabados	120.00	kgf/m <sup>2</sup>
Tabiquería Móvil	150.00	kgf/m <sup>2</sup>
Peso de ladrillo (losa aligerada 1 dirección)	67.00	kgf/m <sup>2</sup>
Peso de ladrillo (losa aligerada 2 dirección)	50.00	kgf/m <sup>2</sup>

*Nota.* Elaboración Propia

#### b) Carga Viva

La sobrecarga la cual depende del ambiente de la edificación y del uso de la misma se detallan en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Cargas vivas de consideradas en el diseño*

Descripción	Carga Viva	
	Valor	Unidad
Estacionamiento	250.00	kgf/m <sup>2</sup>
Vivienda	200.00	kgf/m <sup>2</sup>
Azotea	100.00	kgf/m <sup>2</sup>

*Nota.* Elaboración Propia

### c) Carga por Sismo

Las Cargas por sismo se considera para el análisis en ambas direcciones en el eje “X” y el eje “Y”, estas son cargas cíclicas que se manifiestan en el momento de un movimiento telúrico sobre la estructura, las cuales están detalladas en la Norma Técnica Nacional de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

### d) Combinaciones de Carga

Se considero las combinaciones con las siguientes cargas para el diseño en la herramienta computacional Etabs V.20, según lo estipulado en la NTP E.060:

$$C1 = 1.40 CM + 1.70 CV$$

$$C2 = 1.25(CM + CV) + CSx$$

$$C3 = 1.25(CM + CV) - CSx$$

$$C4 = 1.25(CM + CV) + CSy$$

$$C5 = 1.25(CM + CV) - CSy$$

$$C6 = 0.90 CM + CSx$$

$$C7 = 0.90 CM - CSx$$

$$C8 = 0.90 CM + CSy$$

$$C9 = 0.90 CM - CSy$$

## 5.2. Análisis Sísmico Lineal

Es crucial en un diseño estructural debido a que asegura una adecuada respuesta ante los sismos, de esa manera se puede analizar y verificar el comportamiento del edificio para que de esa manera minimizar los daños en personas o bienes. Establecer la gravedad de los daños que un terremoto podría infligir a la estructura, es crucial comprender cómo responde ésta.

### 5.2.1. Parámetros sísmicos

#### a) Zonificación (Z)

La edificación analizada se sitúa en el distrito de Jesús María, departamento de Lima, localizada en la línea costera de Perú la cual se visualiza en la Figura 26, por ende, se considera un factor  $Z=0.45$  como se puede ver en la Tabla 10.

En la Figura 26 se presenta las zonas sísmicas del Perú.

**Figura 26**

*Zonas sísmicas del Perú*



*Nota:* Norma Técnica Nacional de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

**Tabla 10**

*Valores de Factores de Zona*

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

*Nota.* Norma Técnica Nacional de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

b) Factor de uso (U)

La Norma Técnica E.030 indica que el Factor de Uso (U) cada valor a emplear varía en según de la categoría del edificio y su importancia dentro de la sociedad. La estructura analizada es de uso para vivienda multifamiliar, dicha edificación pertenece a la Categoría



“C” denominadas Edificaciones Comunes, tal como se indica en la Tabla 11, por ende, el valor a considerar para el factor U=1.00.

**Tabla 11**

*Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Factor (U)</b>
	A1: Instituciones (públicas y privadas) del sector salud pertenecientes al segundo y tercer nivel que dependen del Ministerio de Salud.	Ver nota 1
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias de pasajeros, redes de transporte público, ayuntamientos y nudos de comunicaciones, entre otros.</li> <li>- Centrales Policiales, cuarteles de las fuerzas militares, así como estaciones de bomberos.</li> <li>- Centros educativos, institutos tecnológicos y universidades.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, embalses e instalaciones de tratamiento de aguas.</li> <li>- Los grandes hornos, las industrias de fábricas y los lugares donde se almacenan materiales combustibles o tóxicos son sólo algunos ejemplos de edificios cuyo desplome puede suponer un riesgo adicional.</li> <li>- Edificios que albergan información y archivos estatales que son considerados esenciales para el Gobierno.</li> </ul>	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificios que tienen un valor histórico significativo, como museos y bibliotecas, o lugares donde se congregan grandes multitudes, como teatros, cines, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de autobuses de pasajeros y prisiones. También se tienen en cuenta los almacenes de granos y otros suministros cruciales.	1.3

C Edificaciones Comunes	Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, almacenes e instalaciones industriales cuya falla no da lugar a más amenazas de incendio o emisiones contaminantes son ejemplos de edificios comunes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Estructuras temporales para cobertizos, almacenes y otras estructuras de naturaleza similar.	Ver nota 2

*Nota.* Adaptación de la Norma Técnica Nacional de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

c) Factor de amplificación sísmica (C)

La Norma de Diseño Sismorresistente E.030 presenta ecuaciones para determinar el Factor de amplificación sísmica (C) dependen del periodo fundamental y los parámetros de zona. El período fundamental derivado del modelado en ETABS v.20.0 del edificio se utilizará para determinar el factor (C). Con la ayuda de las ecuaciones de la Tabla 12, se calcula un valor separado de "C" para cada dirección de análisis.

**Tabla 12**

*Factor de Amplificación Sísmica (C)*

Periodo (T)	Factor de Amplificación (C)
$T < T_P$	$C=2.5$
$T_P < T < T_L$	$C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$
$T < T_L$	$C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$

*Nota.* Adaptación de la Norma Técnica Nacional de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

d) Factor de suelo (S)

La clasificación de los suelos se basa en su período básico y fundamental de oscilación, rapidez fundamental de transmisión de ondas, cualidades mecánicas fundamentales y físicas y la velocidad fundamental de expansión de ondas. Se identificó un suelo (S1) en base al EMS elaborado para el proyecto Talara. A efectos de la evaluación estructural y sísmica, se empleará un valor de S=1,00 la cual se visualiza en la Tabla 13, junto con los

valores de  $T_p = 0,40$  y  $T_p = 0,40$ . Para periodos relacionados con la tipología del suelo y la zona sísmica, también se utilizarán  $T_p = 0,40\text{seg}$  y  $T_L = 2,50\text{seg}$ . de acuerdo con la tipología del suelo y la zona sísmica para los periodos de tiempo.

**Tabla 13**

*Factor de suelo "S"*

Zona / Suelo	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

*Nota.* Adaptación de la Norma Técnica Nacional de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

Los valores del periodo que define la plataforma del factor "C" y el periodo que define el inicio de la zona del factor "C" con desplazamiento constante, según la tipología del suelo se precisan en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Periodos "TP" y "TL"*

Periodos	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T <sub>L</sub> (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

*Nota:* Adaptación de la Norma Técnica Nacional de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

e) Factor de reducción sísmico (R)

El producto del coeficiente R<sub>0</sub> obtenido de la tabla 15 con las variables I<sub>a</sub> e I<sub>p</sub> da como resultado el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

El edificio en análisis presenta un sistema resistente de Muros estructurales de concreto armado correspondiéndole un factor de reducción sísmica  $R=6$ .

Los coeficientes básicos de reducción ( $R_0$ ) según el sistema estructural que predomina en la edificación son expuestos en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Coefficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_0$ )*

<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coefficiente Básico de Reducción <math>R_0</math> (*)</b>
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	3
<b>Madera</b>	7(**)

*Nota.* Adaptación de la Norma Técnica Nacional de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, 2018.

En la Tabla 16 se aprecia las categorías y las restricciones de las edificaciones según la zona donde se encuentre ubicada el proyecto.

**Tabla 16***Categoría y regularidad de las edificaciones*

<b>Categoría de la Edificación</b>	<b>Zona</b>	<b>Restricciones</b>
A1 y A2	4, 3 y 2	No es permisible irregularidades
	1	No es permisible irregularidades extremas
B	4,3 y 2	No es permisible irregularidades extremas
	1	No existe restricciones
C	4 y 3	No es permisible irregularidades extremas
	2	No es permisible irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	No existe restricciones

*Nota.* Adaptación de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones 2018

### 5.2.2. Análisis Estático Lineal

El primer enfoque sugerido por la norma es el análisis estático, y es esencial determinar el periodo fundamental tanto para el sentido "X" como para el sentido "Y". La Tabla 17 muestra los modos de oscilación derivados del modelo analizado mediante el programa ETABS v20.0.

**Tabla 17***Modos de Vibración Recomendables por Norma - Artículo 29.1.*

<b>Modo</b>	<b>Periodo "T" (seg)</b>	<b>Masa Participativa</b>		
		<b>Ux</b>	<b>Uy</b>	<b>Rz</b>
1	0.900	0.4837	0.0268	0.0453
2	0.822	0.0492	0.4042	0.0428
3	0.708	0.0093	0.0788	0.3465

*Nota.* Elaboración propia

El periodo fundamental y los periodos de oscilación de la estructura pueden determinarse mediante el análisis modal; estos periodos dependen de la masa y la resistencia al desplazamiento lateral del edificio en cuestión, pero nunca de la demanda sísmica. A cada planta se le asignan 3 GDL.

Según la Tabla 18 los modos 1 y 2 presentan los valores más elevados de masa participativa tanto para el sentido "X" como para "Y" respectivamente. El periodo para la dirección en "X" es equivalente a  $T_x = 0.900$  seg y el periodo para el sentido en "Y" es igual a  $T_y = 0.822$ seg.

El factor de amplificación sísmica (C) se determinará en dirección de los análisis "X" e "Y" utilizando los valores de los períodos y los parámetros de sitio ( $T_P = 0,40$  seg. y  $T_L = 2,50$  seg.).

**Tabla 18**

*Factores de amplificación sísmica para cada sentido de análisis*

Sentido de Análisis	Periodo "T" (seg.)	Factor de Amplificación sísmica (C)
X-X	0.900	1.111
Y-Y	0.822	1.217

*Nota.* Elaboración propia

Se tomará los valores de los coeficientes faltantes según esta en planos de estructuras del Proyecto Talara y de las verificaciones realizadas posteriormente:

Los planos, las verificaciones de irregularidades en la estructura y sistema estructural descritos líneas abajo en los acápites 5.2.4 y 5.2.5 respectivamente presentan los siguientes valores para los coeficientes ahora mencionados:

$$R_0 = 6, I_a = 0.8, I_p = 0.9$$

Se procede a hallar el Coeficiente de Reducción Sísmica en ambos sentidos de análisis:

$$R_x = R_y = 4.32$$

Se calcula el valor C/R y se verificará si cumple dichos valores con los lineamientos del artículo 28.2.2 de la NTP E.030 Diseños sismorresistente:

$$C_x/R_x = 0.257 \geq 0.11 \text{ (cumple según Norma E0.30, artículo 28.2.2)}$$

$$C_y/R_y = 0.282 \geq 0.11 \text{ (cumple según Norma E0.30, artículo 28.2.2)}$$

Se presenta el resumen de los parámetros sísmicos considerados en el Análisis Estático en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Parámetros Sísmicos NTP E.030 en el Análisis Estático- Sentido X-X e Y-Y.*

Descripción	Parámetros	Sentido X-X	Sentido Y-Y
<b>Zonificación</b>	Zona	4	4
	Z	0.45	0.45
	Suelo	S1	S1
<b>Parámetros de Sitio</b>	S	1	1.00
	Tp (seg)	0.4	0.40
	TL (seg)	2.5	2.50
	T (seg)	0.900	0.822
<b>Factor de Amplificación Sísmica</b>	C	1.111	1.217
	Categoría	C	C
<b>Uso</b>	U	1.00	1.00
	De Muros Estructurales		
<b>Factor de Reducción Sísmica</b>	Ro	6	6
	Ia	0.8	0.80
	Ip	0.9	0.90
	R	4.32	4.32
<b><math>\frac{ZUCS}{R}</math></b>		0.1157	0.1267
<b>Artículo 28.2.2. (E. 030)</b>	C/R	0.257	0.282
	Verificación	Si Cumple	Si Cumple
<b>Artículo 31 (E. 030)</b>	Tipo de Estructura	Irregular	Irregular
	Factor de Desp.	3.67	3.67
<b>Artículo 28.3.2. (E. 030)</b>	Kx	1.200	1.161

*Nota.* Elaboración propia

Para las estructuras de categoría C (Edificaciones comunes), el peso del edificio se calcula utilizando el 25% de la sobrecarga y el 100% de la carga permanente. El peso del edificio

es 7705.56 ton se puede visualizar en la Tabla 20, se obtiene dicho valor del programa ETABS v20.

**Tabla 20**

*Peso del edificio Talara calculado por el software ETABS v20*

Nivel	Diafragma por Nivel	Peso (Ton)
10	Diafragma D10	561.06
9	Diafragma D9	438.94
8	Diafragma D8	496.16
7	Diafragma D7	536.49
6	Diafragma D6	540.32
5	Diafragma D5	540.32
4	Diafragma D4	540.32
3	Diafragma D3	540.32
2	Diafragma D2	544.15
1	Diafragma D1	569.94
1SS	Diafragma DSS	703.13
1S	Diafragma D1S	814.63
2S	Diafragma D2S	879.80
<b>Total</b>		<b>7705.56</b>

*Nota.* Elaboración propia

Todas las características enumeradas anteriormente se utilizan para determinar el cortante en el base estático, que se cuantifica utilizando la ecuación que se muestra a continuación:

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

Donde:

“Z=0.45”

“U=1”

“Cx = 1.111 y Cy = 1.217”

“S=1”

“Rx=Ry=6”



En la Tabla 21 se visualiza los valores de las fuerzas cortantes en la base en cada dirección de análisis.

**Tabla 21**

*Cortante en la Base Estático para cada sentido de análisis*

Sentido de Análisis	$\frac{Z.U.C.S}{R}$	Peso del edificio (Ton)	Cortante Basal Estático V (Ton)
X-X	0.1157	7705.56	891.85
Y-Y	0.1267	7705.56	976.47

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 21 los valores deben ser confirmados mediante cálculos manuales como lo estipulado en la NTP E0.30 Diseño Sismorresistente mencionado en el artículo 28.3.

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum P_i \cdot (h_i)^k}$$

Donde:

$F_i$ = Fuerzas sísmicas lateral en cada nivel

$V$ = Cortante en la Base

$P_i$ = Peso en cada nivel

$h_i$ =Altura de entrepiso

$K$ = Exponente vinculado con el periodo fundamental

El valor de  $K$  se calcula según la Tabla 22 respetando las siguientes condiciones:

Si  $T_x > 0.50$  entonces  $K_x = 0.75 + 0.5T_x$

Si  $T_y > 0.50$  entonces  $K_y = 0.75 + 0.5T_y$

Los valores de:  $T_x = 1.005$  seg y  $T_y = 0.911$  seg. son mayores a 0.50.

Así mismo en la Tabla 22 se muestran los valores de los exponentes relacionados con los periodos fundamentales ( $T$ ) para cada dirección de análisis.

**Tabla 22***Valores de "K" de acuerdo al sentido de análisis*

Sentido de Análisis	K
X-X	1.200
Y-Y	1.161

*Nota.* Elaboración propia

En las Tablas 23 y 24 se muestran las fuerzas cortantes para cada planta, comenzando en el punto más alto del edificio y descendiendo hasta su base (Ver Figura 27).

**Tabla 23***Fuerzas laterales y cortantes estáticas Sentido X-X*

Nivel	Peso (Tonf)	Altura "h"		hk	P x hk	$\alpha_x$	Fx (Tonf)	Vx (Tonf)
		h (m)	h.acumulado (m)					
10.00	561.06	2.70	36.80	75.69	42,464.19	0.16	139.91	139.91
9.00	438.94	2.70	34.10	69.07	30,318.83	0.11	99.89	239.80
8.00	496.16	2.70	31.40	62.56	31,041.02	0.11	102.27	342.07
7.00	536.49	2.70	28.70	56.16	30,131.51	0.11	99.27	441.34
6.00	540.32	2.70	26.00	49.88	26,953.53	0.10	88.80	530.15
5.00	540.32	2.70	23.30	43.73	23,630.60	0.09	77.86	608.00
4.00	540.32	2.70	20.60	37.73	20,383.94	0.08	67.16	675.16
3.00	540.32	2.70	17.90	31.87	17,221.51	0.06	56.74	731.90
2.00	544.15	2.70	15.20	26.19	14,253.71	0.05	46.96	778.86
1.00	569.94	3.10	12.50	20.72	11,806.48	0.04	38.90	817.76
1SS	703.13	2.80	9.40	14.71	10,346.46	0.04	34.09	851.85
1S	814.63	2.85	6.60	9.63	7,841.76	0.03	25.84	877.69
2S	879.80	3.75	3.75	4.88	4,297.54	0.02	14.16	891.85
Total	7705.56	36.80	-	-	270,691.06	1.00	891.85	-

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 24***Fuerzas laterales y cortantes estáticas Sentido Y-Y*

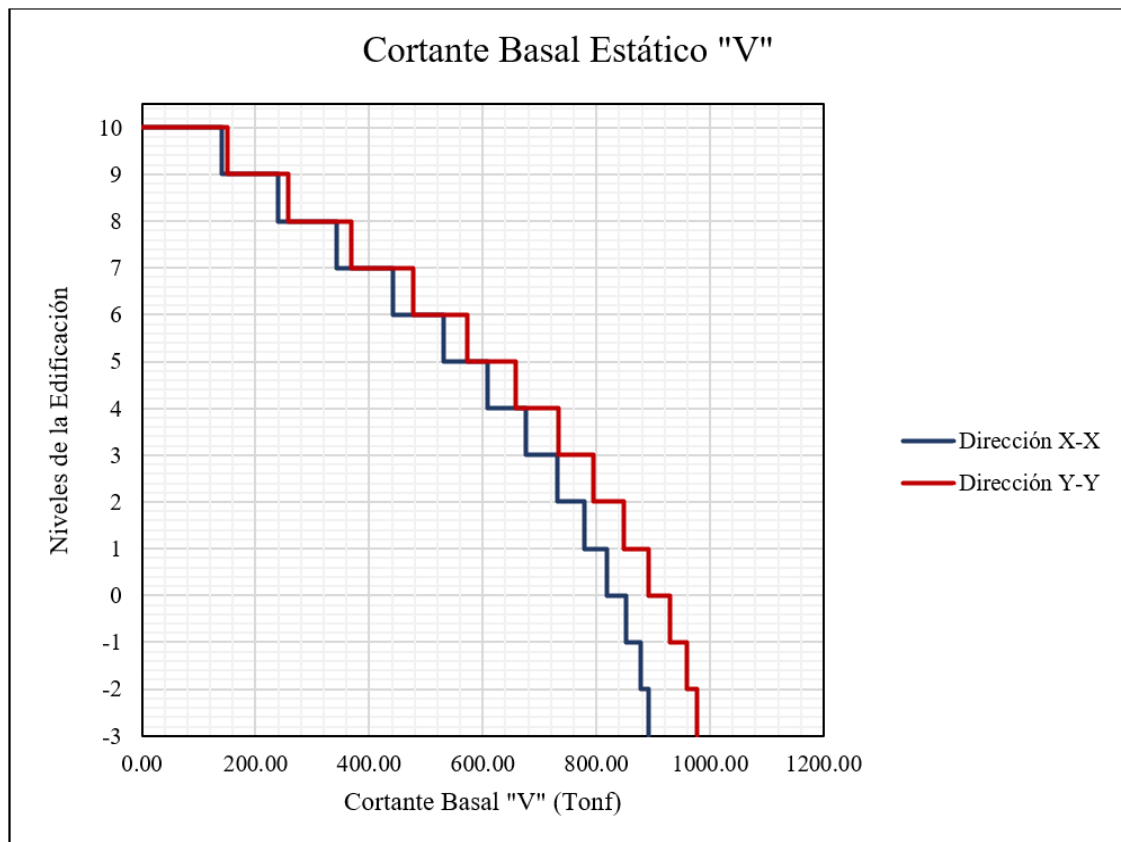
Nivel de Piso	Peso Sísmico (Ton)	Altura "h"		hk	P x hk	$\alpha_y$	Fy (Ton)	Vy (Ton)
		h (m)	h.acumulado (m)					
10.00	561.06	2.70	36.80	65.76	36,893.92	0.15	150.49	150.49
9.00	438.94	2.70	34.10	60.19	26,420.13	0.11	107.77	258.26
8.00	496.16	2.70	31.40	54.69	27,136.62	0.11	110.69	368.95
7.00	536.49	2.70	28.70	49.27	26,434.03	0.11	107.82	476.77
6.00	540.32	2.70	26.00	43.93	23,737.32	0.10	96.82	573.60
5.00	540.32	2.70	23.30	38.68	20,900.07	0.09	85.25	658.85
4.00	540.32	2.70	20.60	33.53	18,115.38	0.08	73.89	732.74
3.00	540.32	2.70	17.90	28.48	15,388.98	0.06	62.77	795.51
2.00	544.15	2.70	15.20	23.56	12,818.47	0.05	52.29	847.80
1.00	569.94	3.10	12.50	18.77	10,698.94	0.04	43.64	891.44
1SS	703.13	2.80	9.40	13.48	9,480.68	0.04	38.67	930.11
1S	814.63	2.85	6.60	8.94	7,285.36	0.03	29.72	959.83
2S	879.80	3.75	3.75	4.64	4,081.62	0.02	16.65	976.47
Total	7705.56	36.80	-	-	239,391.53	1.00	976.47	-

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 27 se presenta el diagrama de cortante basal estático.

**Figura 27**

*Diagrama de cortante basal estático*



*Nota.* Elaboración propia

### 5.2.3. Análisis Dinámico Lineal

En el análisis dinámico lineal se calculará mediante la utilización de un espectro de pseudo aceleraciones y combinación modal en el sentido de análisis. En el artículo 29 de la norma E 0.30 se proporciona la siguiente ecuación matemática para calcular el espectro inelástico para cada dirección de análisis:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Donde:

Sa: Pseudo aceleración espectral

g: Aceleración gravitacional (g=9.81m/s<sup>2</sup>)

ZUCS/R: parámetros de pseudo aceleración.

Por consiguiente, se muestran los parámetros sísmicos para el Análisis Dinámico, los cuales servirán para crear los espectros de respuesta en cada sentido de análisis como se aprecia en la Tabla 25.

**Tabla 25**

*Parámetros Sísmicos NTP E.030 para Análisis Dinámico – Sentido X-X e Y-Y.*

<b>Descripción</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Sentido X-X</b>	<b>Sentido Y-Y</b>
<b>Zonificación</b>	Zona	4	4
	Z	0.45	0.45
	Suelo	S1	S1
<b>Parámetros de Sitio</b>	S	1.00	1.00
	Tp (seg)	0.40	0.40
	TL (seg)	2.50	2.50
	T (seg)	0.900	0.822
<b>Factor de Amplificación Sísmica</b>	Categoría	C	C
	Uso	U	U
<b>Factor de Reducción Sísmica</b>	De Muros Estructurales		
	Ro	6	6
	Ia	0.8	0.80
	Ip	0.9	0.90
	R	4.32	4.32
<b>Artículo 31 (E. 030)</b>	Tipo de Estructura	Irregular	Irregular
	Factor de Desp.	3.67	3.67

*Nota.* Elaboración propia

Posteriormente, se exhiben los valores del espectro de sismo de diseño en ambos sentidos de la estructura. (Ver Tablas 26,27, 28 y 29 y Figuras 28, 29, 30 y 31)

**Tabla 26***Valores para el Espectro Horizontal de Diseño en el sentido X-X*

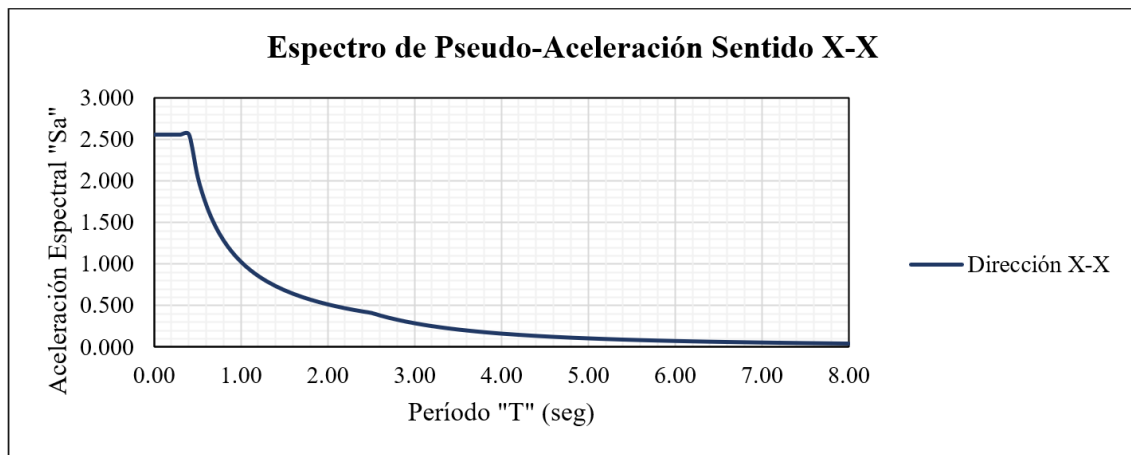
Sentido X-X					
Período "T" (seg)	Factor "C"	Pseudo - Aceleración "Sa"	Período "T" (seg)	Factor "C"	Pseudo - Aceleración "Sa"
0.00	2.50	2.555	2.90	0.30	0.304
0.10	2.50	2.555	3.00	0.28	0.284
0.20	2.50	2.555	3.10	0.26	0.266
0.30	2.50	2.555	3.20	0.24	0.249
0.40	2.50	2.555	3.30	0.23	0.235
0.50	2.00	2.044	3.40	0.22	0.221
0.60	1.67	1.703	3.50	0.20	0.209
0.70	1.43	1.460	3.60	0.19	0.197
0.80	1.25	1.277	3.70	0.18	0.187
0.90	1.11	1.135	3.80	0.17	0.177
1.00	1.00	1.022	3.90	0.16	0.168
1.10	0.91	0.929	4.00	0.16	0.160
1.20	0.83	0.852	4.20	0.14	0.145
1.30	0.77	0.786	4.40	0.13	0.132
1.40	0.71	0.730	4.60	0.12	0.121
1.50	0.67	0.681	4.80	0.11	0.111
1.60	0.63	0.639	5.00	0.10	0.102
1.70	0.59	0.601	5.20	0.09	0.094
1.80	0.56	0.568	5.40	0.09	0.088
1.90	0.53	0.538	5.60	0.08	0.081
2.00	0.50	0.511	5.80	0.07	0.076
2.10	0.48	0.487	6.00	0.07	0.071
2.20	0.45	0.464	6.20	0.07	0.066
2.30	0.43	0.444	6.40	0.06	0.062
2.40	0.42	0.426	6.60	0.06	0.059
2.50	0.40	0.409	6.80	0.05	0.055
2.60	0.37	0.378	7.00	0.05	0.052
2.70	0.34	0.350	7.50	0.04	0.045
2.80	0.32	0.326	8.00	0.04	0.040

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 28 se presenta el espectro horizontal de diseño en el sentido X-X.

**Figura 28**

Espectro Horizontal de Diseño en el sentido X-X



*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 27**

Valores para el Espectro Horizontal de Diseño en el sentido Y-Y

Dirección Y-Y					
Período "T" (seg)	Factor "C"	Pseudo - Aceleración "Sa"	Período "T" (seg)	Factor "C"	Pseudo - Aceleración "Sa"
0.00	2.50	2.555	2.90	0.30	0.304
0.10	2.50	2.555	3.00	0.28	0.284
0.20	2.50	2.555	3.10	0.26	0.266
0.30	2.50	2.555	3.20	0.24	0.249
0.40	2.50	2.555	3.30	0.23	0.235
0.50	2.00	2.044	3.40	0.22	0.221
0.60	1.67	1.703	3.50	0.20	0.209
0.70	1.43	1.460	3.60	0.19	0.197
0.80	1.25	1.277	3.70	0.18	0.187
0.90	1.11	1.135	3.80	0.17	0.177
1.00	1.00	1.022	3.90	0.16	0.168
1.10	0.91	0.929	4.00	0.16	0.160
1.20	0.83	0.852	4.20	0.14	0.145
1.30	0.77	0.786	4.40	0.13	0.132
1.40	0.71	0.730	4.60	0.12	0.121
1.50	0.67	0.681	4.80	0.11	0.111
1.60	0.63	0.639	5.00	0.10	0.102
1.70	0.59	0.601	5.20	0.09	0.094
1.80	0.56	0.568	5.40	0.09	0.088
1.90	0.53	0.538	5.60	0.08	0.081

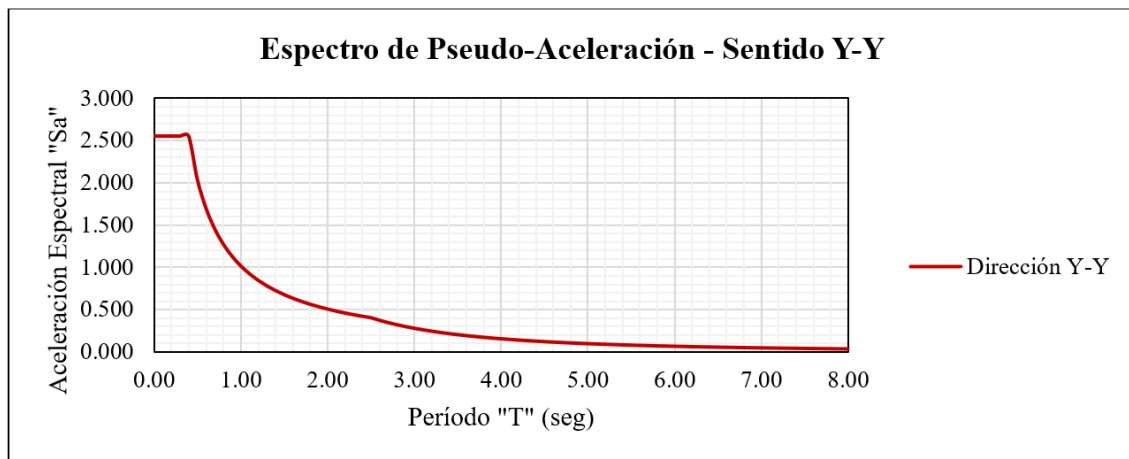
2.00	0.50	0.511	5.80	0.07	0.076
2.10	0.48	0.487	6.00	0.07	0.071
2.20	0.45	0.464	6.20	0.07	0.066
2.30	0.43	0.444	6.40	0.06	0.062
2.40	0.42	0.426	6.60	0.06	0.059
2.50	0.40	0.409	6.80	0.05	0.055
2.60	0.37	0.378	7.00	0.05	0.052
2.70	0.34	0.350	7.50	0.04	0.045
2.80	0.32	0.326	8.00	0.04	0.040

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 29 se presenta el espectro horizontal de diseño en el sentido Y-Y.

**Figura 29**

*Espectro Horizontal de Diseño en el sentido Y-Y*



*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 28**

*Valores para el Espectro Vertical de Diseño en el sentido X-X*

Sentido X-X					
Período "T" (seg)	Factor "C"	Pseudo - Aceleración "Sa"	Período "T" (seg)	Factor "C"	Pseudo - Aceleración "Sa"
0.00	1.00	0.681	2.90	0.30	0.203
0.10	2.50	1.703	3.00	0.28	0.189
0.20	2.50	1.703	3.10	0.26	0.177
0.30	2.50	1.703	3.20	0.24	0.166
0.40	2.50	1.703	3.30	0.23	0.156
0.50	2.00	1.363	3.40	0.22	0.147
0.60	1.67	1.135	3.50	0.20	0.139
0.70	1.43	0.973	3.60	0.19	0.131



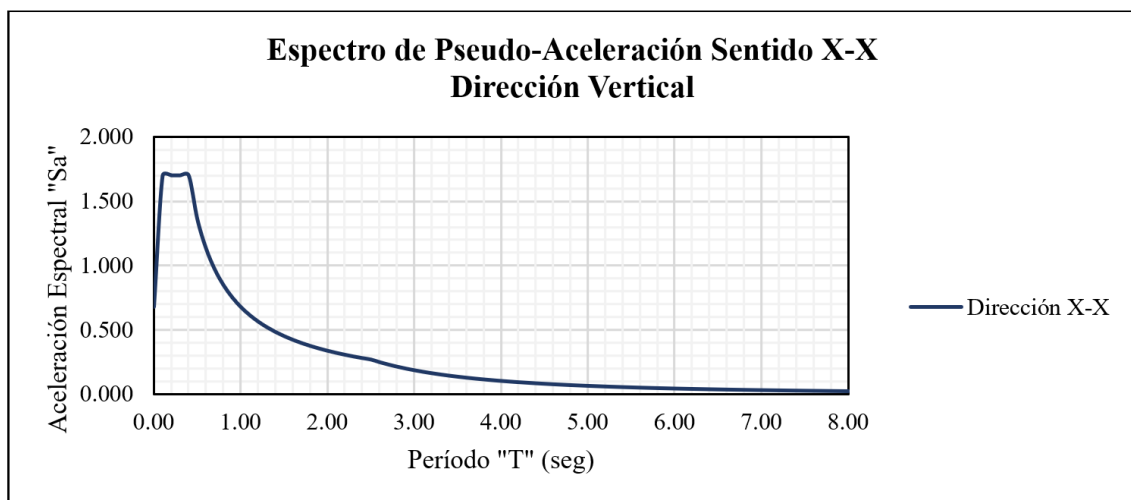
0.80	1.25	0.852	3.70	0.18	0.124
0.90	1.11	0.757	3.80	0.17	0.118
1.00	1.00	0.681	3.90	0.16	0.112
1.10	0.91	0.619	4.00	0.16	0.106
1.20	0.83	0.568	4.20	0.14	0.097
1.30	0.77	0.524	4.40	0.13	0.088
1.40	0.71	0.487	4.60	0.12	0.080
1.50	0.67	0.454	4.80	0.11	0.074
1.60	0.63	0.426	5.00	0.10	0.068
1.70	0.59	0.401	5.20	0.09	0.063
1.80	0.56	0.378	5.40	0.09	0.058
1.90	0.53	0.359	5.60	0.08	0.054
2.00	0.50	0.341	5.80	0.07	0.051
2.10	0.48	0.324	6.00	0.07	0.047
2.20	0.45	0.310	6.20	0.07	0.044
2.30	0.43	0.296	6.40	0.06	0.042
2.40	0.42	0.284	6.60	0.06	0.039
2.50	0.40	0.273	6.80	0.05	0.037
2.60	0.37	0.252	7.00	0.05	0.035
2.70	0.34	0.234	7.50	0.04	0.030
2.80	0.32	0.217	8.00	0.04	0.027

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 30 se presenta el espectro vertical de diseño en el sentido X-X.

**Figura 30**

*Espectro Vertical de Diseño en el sentido X-X*



*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 29***Valores para el Espectro Vertical de Diseño en el sentido Y-Y*

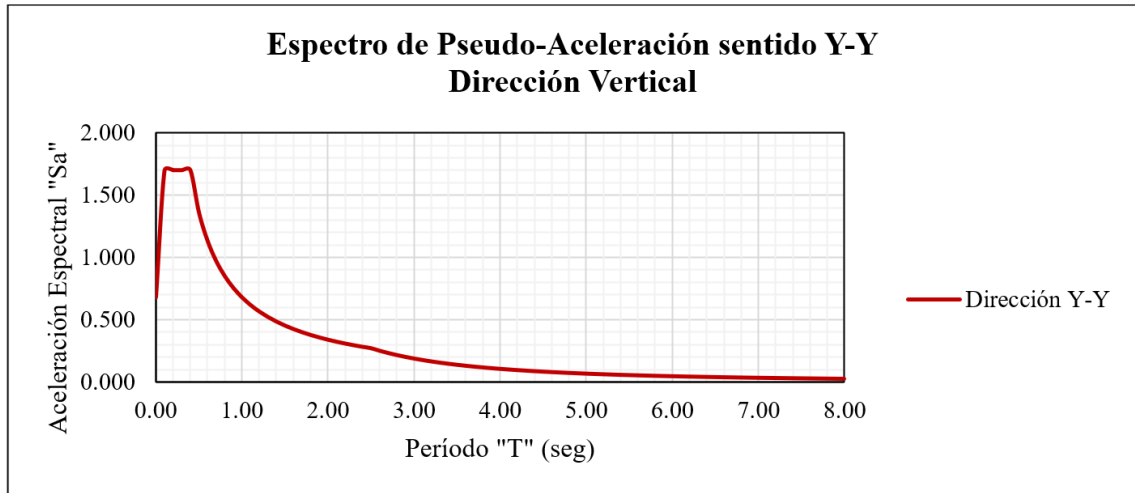
Sentido Y-Y					
Período "T" (seg)	Factor "C"	Pseudo - Aceleración "Sa"	Período "T" (seg)	Factor "C"	Pseudo - Aceleración "Sa"
0.00	1.00	0.681	2.90	0.30	0.203
0.10	2.50	1.703	3.00	0.28	0.189
0.20	2.50	1.703	3.10	0.26	0.177
0.30	2.50	1.703	3.20	0.24	0.166
0.40	2.50	1.703	3.30	0.23	0.156
0.50	2.00	1.363	3.40	0.22	0.147
0.60	1.67	1.135	3.50	0.20	0.139
0.70	1.43	0.973	3.60	0.19	0.131
0.80	1.25	0.852	3.70	0.18	0.124
0.90	1.11	0.757	3.80	0.17	0.118
1.00	1.00	0.681	3.90	0.16	0.112
1.10	0.91	0.619	4.00	0.16	0.106
1.20	0.83	0.568	4.20	0.14	0.097
1.30	0.77	0.524	4.40	0.13	0.088
1.40	0.71	0.487	4.60	0.12	0.080
1.50	0.67	0.454	4.80	0.11	0.074
1.60	0.63	0.426	5.00	0.10	0.068
1.70	0.59	0.401	5.20	0.09	0.063
1.80	0.56	0.378	5.40	0.09	0.058
1.90	0.53	0.359	5.60	0.08	0.054
2.00	0.50	0.341	5.80	0.07	0.051
2.10	0.48	0.324	6.00	0.07	0.047
2.20	0.45	0.310	6.20	0.07	0.044
2.30	0.43	0.296	6.40	0.06	0.042
2.40	0.42	0.284	6.60	0.06	0.039
2.50	0.40	0.273	6.80	0.05	0.037
2.60	0.37	0.252	7.00	0.05	0.035
2.70	0.34	0.234	7.50	0.04	0.030
2.80	0.32	0.217	8.00	0.04	0.027

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 31 se presenta el espectro vertical de diseño en el sentido Y-Y.

**Figura 31**

*Espectro Vertical de Diseño en el sentido Y-Y*

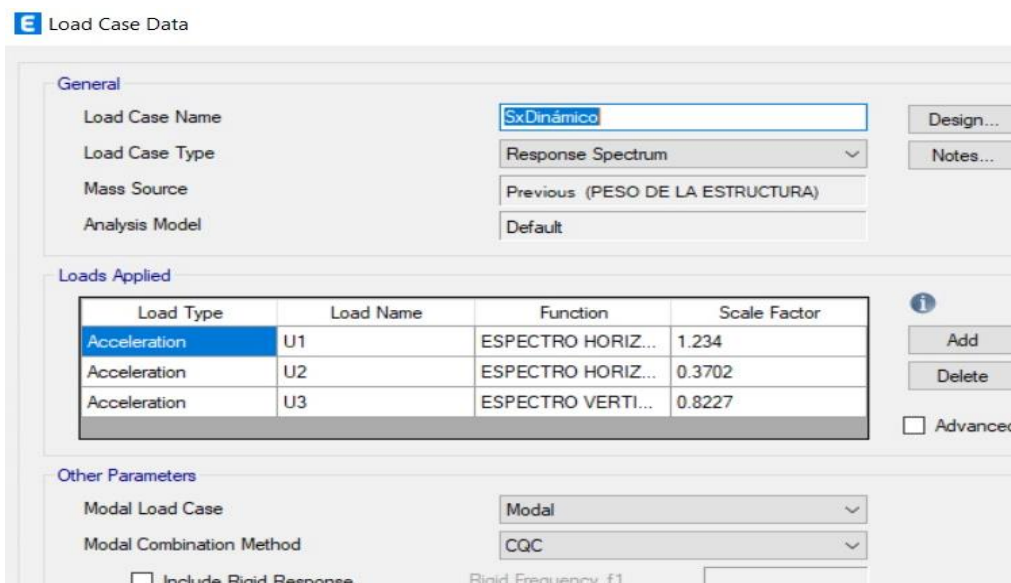


*Nota.* Elaboración propia

Se procedió a escalar los Sismos Dinámicos con sus respectivos factores; según los lineamientos del artículo 29.4.2 de la NTP. E-030 para ambos sentidos, tal como se muestran en la Figura 32 y Figura 33.

**Figura 32**

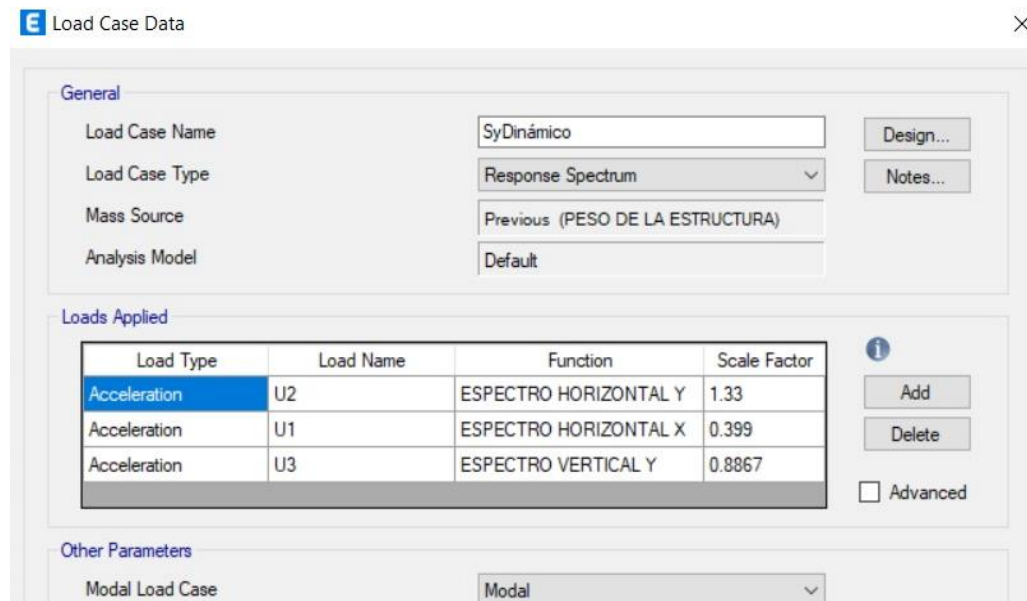
*Asignación del factor escala al Sismo Dinámico para conseguir el 90% del Cortante en la Base Estático para estructuras irregulares en el sentido de análisis "X".*



*Nota.* Elaboración propia obtenido de la herramienta computacional ETABS v20.

**Figura 33**

*Asignación del factor escala al Sismo Dinámico para conseguir el 90% del Cortante en la Base Estático para estructuras irregulares en el sentido “Y”*



*Nota.* Elaboración propia obtenido del Software ETABS v20

Del modelado en la herramienta computacional ETABS se alcanzaron las cortantes dinámicas que se aprecian en la Tabla 30:

**Tabla 30**

*Cortante en la Base Dinámico*

Sentido de Análisis	Cortante en la Base Dinámico (V)
X-X	803.15
Y-Y	879.41

*Nota.* Elaboración propia

La fuerza cortante en el primer piso de la edificación no debe ser inferior al 80% del valor determinado según el artículo 29.4.1 de la NTP. E 030 para edificios regulares o inferior al 90% para estructuras irregulares para cada dirección tenida en cuenta en el análisis. Tomando en consideración que la estructura es irregular según las verificaciones respectivas se obtiene los valores siguientes en la Tabla 31.

**Tabla 31***Verificación según la norma E.030 Diseño Sismorresistente*

Sentido de Análisis	V estático (Ton)	V dinámico (Ton)	Condición
X-X	891.85	803.15	90.05% > 90% (Si Cumple)
Y-Y	976.47	879.41	90.06% > 90% (Si Cumple)

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 32 se muestra los valores de fuerza cortante en cada nivel de entresuelo de la edificación producto del análisis sísmico dinámico.

**Tabla 32***Valores de fuerza cortante que varían con el nivel*

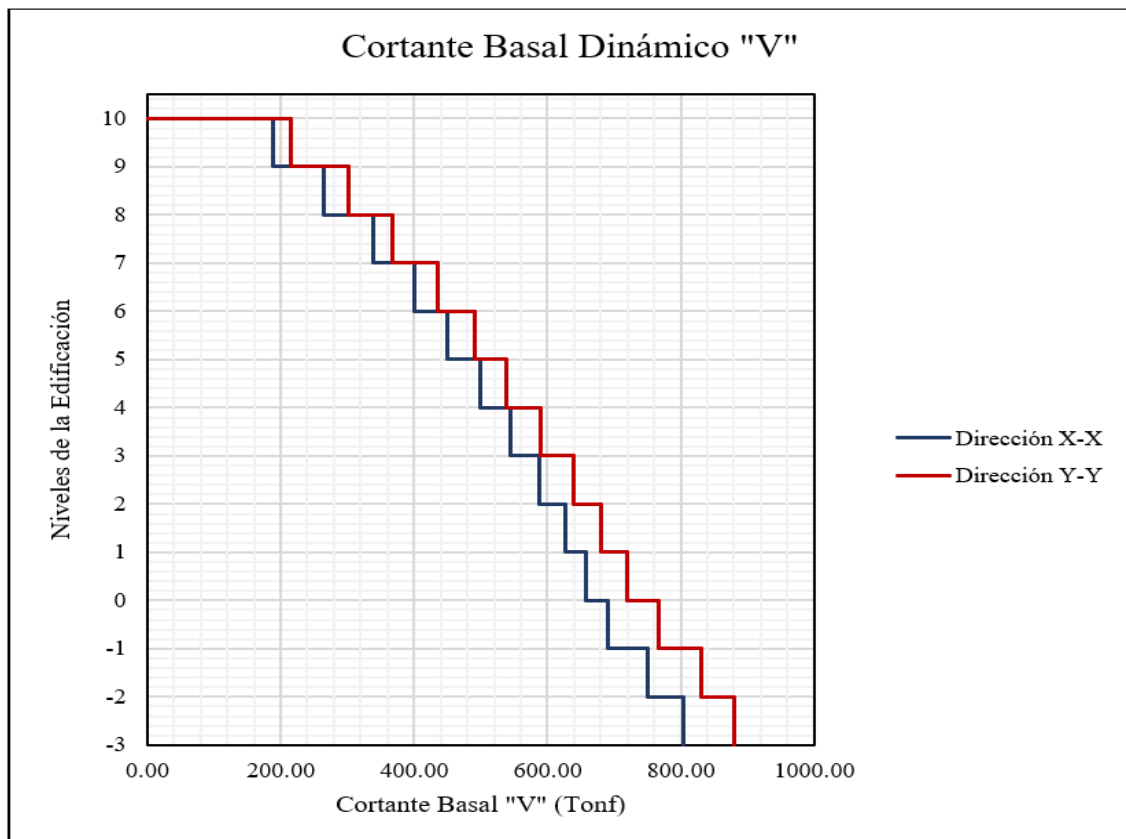
N° de Piso	Sentido X-X		Sentido Y-Y	
	Vx (Ton)	Fx (Ton)	Vy (Ton)	Fy (Ton)
10	188.33	188.33	215.63	215.63
9	265.68	77.35	302.11	86.48
8	339.37	73.69	368.02	65.91
7	400.71	61.34	435.58	67.56
6	449.69	48.98	490.71	55.13
5	498.83	49.14	539.06	48.35
4	543.95	45.12	589.71	50.65
3	588.01	44.07	638.53	48.83
2	626.53	38.51	681.42	42.88
1	657.56	31.03	719.99	38.57
1SS	690.41	32.85	766.36	46.37
1SS	751.23	60.82	830.26	63.90
2S	803.15	51.92	879.41	49.15

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 34 se presenta el diagrama de cortante basal dinámico.

**Figura 34**

*Diagrama de cortante basal dinámico*



*Nota.* Elaboración propia

#### **5.2.4. Verificación de Irregularidades en la Estructura**

Se verificará según los resultados de análisis anteriores si la estructura es conforme con las exigencias de regularidad y resistencia al desplazamiento lateral según la NTP E. 030 la cual nos señala que las estructuras pueden clasificarse como regulares o irregulares y se determinan tanto en planta y en altura. Esta clasificación ayuda a generar estructuras más fuertes dependiendo del coeficiente de reducción sísmica (R) determinado por:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

Donde:

“R0: Coeficiente básico de reducción según el sistema estructural del edificio.”

“Ia: Irregularidad en altura.”

“Ip: Irregularidad en planta.”

Dado que la estructura objeto de estudio se encuentra posicionada en la Zona 4 y en la Categoría C, como ya se ha indicado, la NTP E.030 en su artículo 21.1 establece que no es permisible irregularidades extremas para la estructura.

a) Irregularidad en altura (Ia)

El factor Ia se define como el mínimo valor correspondiente a las irregularidades estructurales en altura presentes en los dos sentidos de análisis, de acuerdo a la norma E 030.

a.1) Irregularidad de Rigidez – Piso Blando

La estructura presentará Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en la situación que, en cualquiera de los dos sentidos de análisis, cumpla con las siguientes condiciones de acuerdo a la NTP E.030:

a.1.1) Condición 1: En un entrepiso la rigidez lateral es inferior al 70% de la rigidez lateral del entrepiso próximo superior.

$$K_i < 70\% \cdot K_{i+1}$$

a.1.2) Condición 2: En un entrepiso, la rigidez lateral media de los tres niveles superiores inmediatos es inferior al 80% de la rigidez lateral.

$$K_i < 80\% \cdot \left( \frac{K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}}{3} \right)$$

Donde “Ki” es la rigidez lateral del entrepiso “i”

De acuerdo a la Tabla 33 la edificación no muestra irregularidad en ninguno de los pisos en la dirección de análisis X-X, debido a que no cumplen con las condiciones presentadas párrafos arriba.

**Tabla 33**

*Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en el sentido de análisis X-X*

N° de Piso	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Condición 1	Condición 2	Verificación de Irregularidad	
				Condición 1	Condición 2
10	17554.88	-	-	No hay Irregularidad	-
9	30485.40	1.74	-	No hay Irregularidad	-
8	33687.78	1.11	-	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
7	35618.36	1.06	1.31	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
6	36565.78	1.03	1.10	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
5	38383.32	1.05	1.09	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
4	40969.10	1.07	1.11	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
3	45653.33	1.11	1.18	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
2	53954.99	1.18	1.29	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
1	76460.47	1.42	1.63	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
1SS	850262.32	11.12	14.49	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
1S	1711239.64	2.01	5.23	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
2S	1859147.69	1.09	2.11	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia



De acuerdo a la Tabla 34 la edificación no muestra irregularidad en ninguno de los pisos en la dirección de análisis Y-Y, debido a que no cumplen con las condiciones presentadas párrafos arriba.

Como resultado, la estructura no presenta Irregularidad de Rigidez de Suelo Blando.

**Tabla 34**

*Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en el sentido de análisis Y-Y*

N° de Piso	Rigidez Lateral "K <sub>i</sub> " (Tonf/m)	Condición 1	Condición 2	Verificación de Irregularidad	
				Condición 1	Condición 2
10	19993.81	-	-	No hay Irregularidad	-
9	32537.67	1.63	-	No hay Irregularidad	-
8	35190.72	1.08	-	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
7	39044.66	1.11	1.34	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
6	42917.12	1.10	1.21	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
5	47269.56	1.10	1.21	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
4	54061.91	1.14	1.26	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
3	65403.55	1.21	1.36	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
2	88152.28	1.35	1.59	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
1	154670.25	1.75	2.23	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
1SS	1123688.71	7.27	10.94	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
1S	1755303.17	1.56	3.85	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
2S	2088849.88	1.19	2.07	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

#### a.2) Irregularidades de Resistencia – Piso Débil

La estructura presentará Irregularidades de Resistencia – Piso Débil cuando, según la Norma de Diseño Sismorresistente E 030, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior al 80% de la resistencia del entrepiso próximo superior en cualquiera de los dos sentidos de análisis.

$$V_i < 80\% \cdot V_{i+1}$$

Donde  $V_i$  es la fuerza cortante en el piso “i”

Las tablas 35 y 36 muestran que la estructura no presenta anomalías en ninguno de los niveles en los sentidos "X" e "Y" del análisis, ya que no cumplen las condiciones señaladas anteriormente.

Como resultado, la estructura No presenta Irregularidades de Resistencia -Piso Débil.

**Tabla 35**

*Irregularidades de Resistencia – Piso Débil en sentido de análisis X-X*

Nº de Piso	V <sub>x</sub> (Tonf)	condición	Verificación de Irregularidad
10	188.33	-	No hay Irregularidad
9	265.68	1.411	No hay Irregularidad
8	339.37	1.277	No hay Irregularidad
7	400.71	1.181	No hay Irregularidad
6	449.69	1.122	No hay Irregularidad
5	498.83	1.109	No hay Irregularidad
4	543.95	1.090	No hay Irregularidad
3	588.01	1.081	No hay Irregularidad
2	626.53	1.065	No hay Irregularidad
1	657.56	1.050	No hay Irregularidad
1SS	690.41	1.050	No hay Irregularidad

1S	751.23	1.088	No hay Irregularidad
2S	803.15	1.069	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 36**

*Irregularidades de Resistencia – Piso Débil en sentido de análisis Y-Y*

<b>N° de Piso</b>	<b>Vy (Tonf)</b>	<b>condición</b>	<b>Verificación de Irregularidad</b>
10	215.63	-	No hay Irregularidad
9	302.11	1.401	No hay Irregularidad
8	368.02	1.218	No hay Irregularidad
7	435.58	1.184	No hay Irregularidad
6	490.71	1.127	No hay Irregularidad
5	539.06	1.099	No hay Irregularidad
4	589.71	1.094	No hay Irregularidad
3	638.53	1.083	No hay Irregularidad
2	681.42	1.067	No hay Irregularidad
1	719.99	1.057	No hay Irregularidad
1SS	766.36	1.064	No hay Irregularidad
1S	830.26	1.083	No hay Irregularidad
2S	879.41	1.059	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

### a.3) Irregularidad de Masa o Peso

Cuando el peso de un piso, tal como se define en el Artículo 26 de la Norma de Diseño Sismorresistente E 030, es superior a 1,5 veces el peso de un nivel próximo, la estructura presentará Irregularidad de Masa o Peso. Los sótanos y las azoteas están exentos de este criterio.

a.3.1) Condición 1:

$$M_i > 1.50 \cdot (M_{i+1})$$

a.3.2) Condición 2:

$$M_i > 1.50 \cdot (M_{i-1})$$

Donde  $M_i$  es la masa en el piso “i”.

La estructura no presenta Irregularidad de Masa o de Peso, según la Tabla 37.

**Tabla 37**

*Irregularidad de Masa o Peso*

N° de Piso	Masa (Tonf-s <sup>2</sup> /m)	Condición 1	Condición 2	Verificación de Irregularidad	
				Condición 1	Condición 2
10	57.192	-	1.278	-	-
9	44.744	0.782	0.885	-	No hay Irregularidad
8	50.577	1.130	0.925	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
7	54.688	1.081	0.993	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
6	55.078	1.007	1.000	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
5	55.078	1.000	1.000	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
4	55.078	1.000	1.000	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
3	55.078	1.000	0.993	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
2	55.469	1.007	0.955	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
1	58.098	1.047	0.811	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
1SS	71.675	1.234	0.863	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
1S	83.041	1.159	0.926	No hay Irregularidad	No hay Irregularidad
2S	89.684	1.080	-	No hay Irregularidad	-

*Nota.* Elaboración propia

#### a.4) Irregularidad Geométrica Vertical

Si, en cualquier sentido de análisis, las medidas en planta de la estructura que resiste cargas cíclicas son mayor que 1,3 veces las medidas comparables en un piso próximo, la estructura presentará irregularidad geométrica vertical. Los sótanos y las azoteas están exentos de esta condición. Siguiendo las pautas de la NTP E.030:

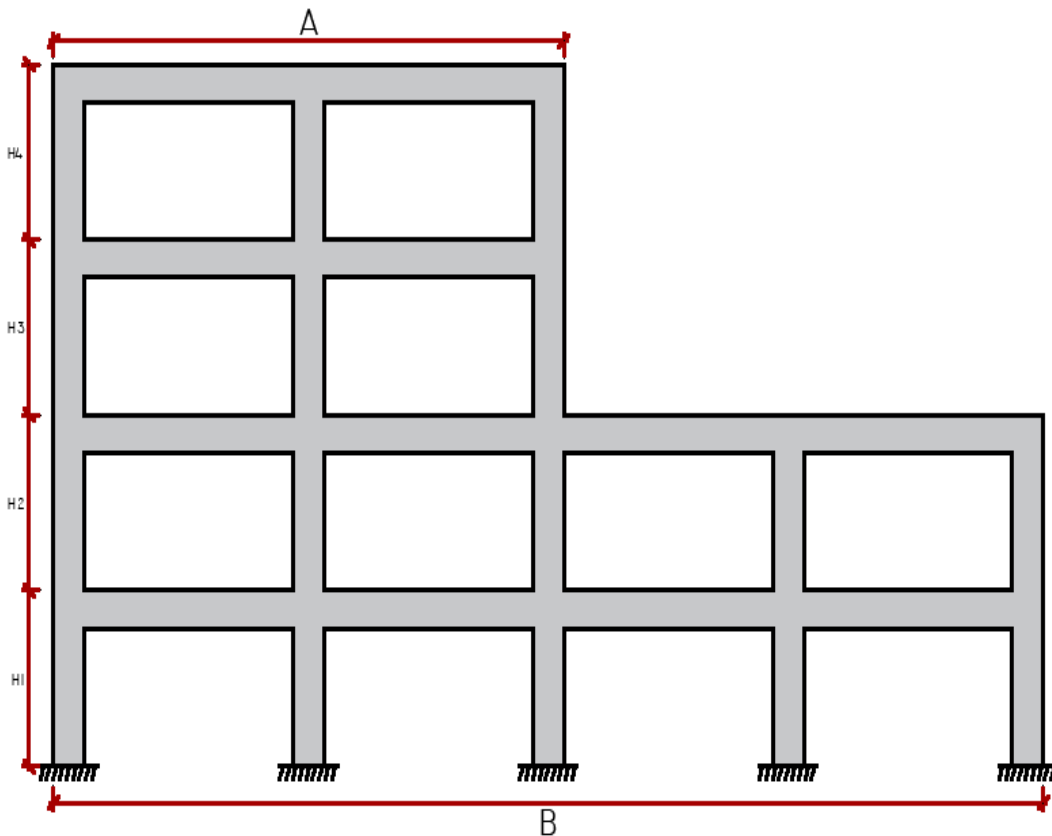
$$B > 1.30 \cdot (A)$$

Donde B equivale a la dimensión en planta para el piso inferior en ambas direcciones y A equivale a la dimensión en planta para el piso superior en ambas direcciones.

En la Figura 35 se muestra la representación de la irregularidad geométrica vertical.

**Figura 35**

*Representación de la irregularidad geométrica vertical*



*Nota.* Chancafe & Gonzales (2021)

Según las Tablas 38 y 39 la estructura no presenta Irregularidad Geométrica Vertical.

**Tabla 38***Irregularidad Geométrica Vertical en dirección de análisis X-X*

N° de Piso	Longitud (m)	Dimensión "A" (m)	Dimensión "B" (m)	Condición	Verificación de Irregularidad
10	30.00	-	30.00	-	-
9	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
8	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
7	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
6	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
5	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
4	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
3	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
2	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
1	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
1SS	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
1S	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
2S	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 39***Irregularidad Geométrica Vertical en dirección de análisis Y-Y*

N° de Piso	Longitud (m)	Dimensión "A" (m)	Dimensión "B" (m)	Condición	Verificación de Irregularidad
10	23.97	-	23.97	-	-
9	24.52	23.97	24.52	1.02	No hay Irregularidad
8	24.87	24.52	24.87	1.01	No hay Irregularidad
7	24.87	24.87	24.87	1.00	No hay Irregularidad
6	24.87	24.87	24.87	1.00	No hay Irregularidad
5	24.87	24.87	24.87	1.00	No hay Irregularidad
4	24.87	24.87	24.87	1.00	No hay Irregularidad

3	24.87	24.87	24.87	1.00	No hay Irregularidad
2	24.87	24.87	24.87	1.00	No hay Irregularidad
1	24.87	24.87	24.87	1.00	No hay Irregularidad
1SS	30.00	24.87	30.00	1.21	No hay Irregularidad
1S	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad
2S	30.00	30.00	30.00	1.00	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

#### a.5) Discontinuidad en los Sistemas Resistentes

La estructura presentará Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Cuando exista una desalineación vertical en cualquier elemento que resista más del 10% de la fuerza cortante, ya sea por un cambio de sentido o por un desfase del eje superior al 25% de la dimensión correspondiente del elemento, de acuerdo a lo estipulado en la Norma de Diseño Sismorresistente E 030:

$$S > 25\% \cdot L_{inferior}$$

Donde:

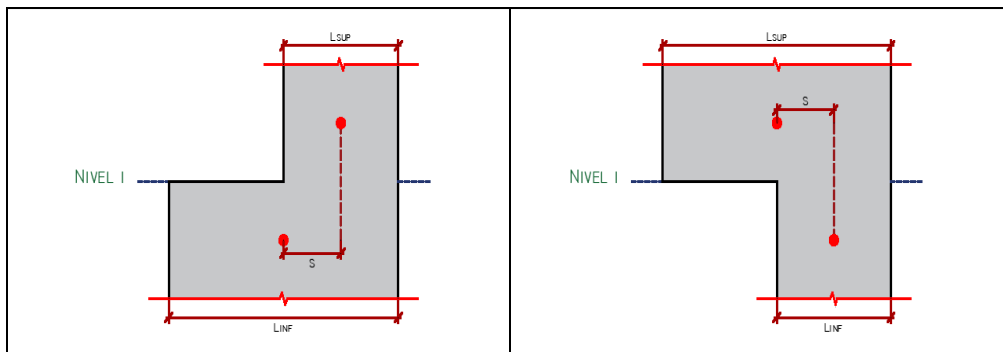
S: Desalineación vertical en cualquier elemento

$L_{inferior}$ : Longitud del edificio de la parte inferior.

En la Figura 36 se muestra la representación de la discontinuidad en los sistemas resistentes.

#### Figura 36

*Representación de la discontinuidad en los sistemas resistentes*



*Nota.* Chancafe & Gonzales (2021)

La estructura presenta Discontinuidad en los Sistemas Resistentes en la dirección de estudio Y-Y, como se observa en las Tablas 40 y 41. El factor de irregularidad Ia es, por tanto, igual a 0,80.

**Tabla 40**

*Discontinuidad en los Sistemas Resistentes en dirección de análisis X-X*

Nivel	Placa	Linf (m)	Xcm (m)	Lsup (m)	Xcm (m)	S (m)	Condición	Verificación de Irregularidad
1SS	PL3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad
1SS	PL3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad
7		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad
6		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad
5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad
4		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad
3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad
2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 41**

*Discontinuidad en los Sistemas Resistentes en dirección de análisis Y-Y*

Nivel	Placa	Linf (m)	Ycm (m)	Lsup (m)	Ycm (m)	S (m)	Condición	Verificación de Irregularidad
1SS	PL3	6.85	3.43	2.00	1.00	2.43	0.35	Si hay Irregularidad
1SS	PL3	6.85	3.43	3.39	1.70	1.73	0.25	Si hay Irregularidad
1SS	PL5	6.85	3.43	2.00	1.00	2.43	0.35	Si hay Irregularidad
1SS	PL5	6.85	3.43	3.39	1.70	1.73	0.25	Si hay Irregularidad
1SS	PL17	7.78	3.89	3.66	1.83	2.06	0.26	Si hay Irregularidad
1SS	PL17	7.78	3.89	2.58	1.29	2.60	0.33	Si hay Irregularidad
3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad
2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia



Tras realizar todas las comprobaciones de irregularidades estructurales en altura necesarias, sólo se descubrió la irregularidad resultante de la discontinuidad en los sistemas resistentes; como resultado, el Factor de Irregularidad de la estructura global en altura  $I_a$  es igual a 0,80 ( $I_a=0,80$ ).

b) Irregularidad en planta ( $I_p$ )

Según la norma E 030, el factor  $I_p$  se elige como el mínimo valor correspondiente a las irregularidades estructurales del diseño que se presentan ahora en las dos direcciones de estudio.

b.1) Irregularidad Torsional

Cuando el mayor desplazamiento relativo de la entreplanta en un extremo del edificio ( $\Delta_{m\acute{a}x.}$ ), cuantificado con excentricidad accidental, supera 1,3 veces el desplazamiento relativo medio de los mismos extremos de entreplanta para la misma condición de carga (prom.), la estructura presentará irregularidad torsional.

b.1.1) Condición:

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{prom}} > 1.30$$

Donde:

$\Delta_{max}$ : Desplazamiento relativo max. de entreplanta

$\Delta_{prom}$ : Desplazamiento relativo prom. de entreplanta

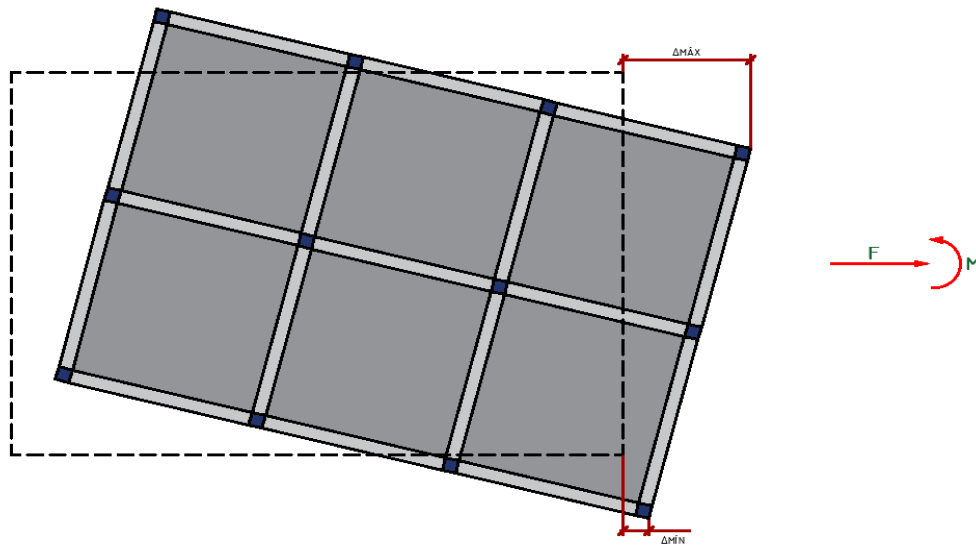
b.1.2) Criterio: Sólo se utiliza en estructuras con diafragmas rígidos y exclusivamente cuando el desplazamiento relativo máximo del entrepiso supera el 50% del desplazamiento permitido por la NTP E. 030, que es  $\Delta_i/h_{ei}=0,007$  para concreto armado.

$$\frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{h_i} > 0.50 \left( \frac{\Delta_i}{h_{ei}} \right)_{Permisible}$$

En la Figura 37 se muestra la representación de la irregularidad torsional.

**Figura 37**

*Representación de la Irregularidad Torsional*



*Nota.* Chancafe & Gonzales (2021)

Las tablas 42, 43, 44 y 45 muestran que la estructura no presenta irregularidad en ninguna de las plantas en los sentidos "X" e "Y" del análisis, ya que no cumplen las condiciones mencionadas.

Como resultado, el edificio No presenta Irregularidad Torsional en las direcciones de análisis "X-X" o "Y-Y".

**Tabla 42**

*Verificación de criterio de Irregularidad Torsional en sentido de análisis X-X*

Nº de Piso	Distorsión de Entrepiso	Distorsión Máxima Permisible	Criterio	Verificación de Criterio
10	0.0040	0.007	0.572	Si Aplica el Criterio
9	0.0044	0.007	0.632	Si Aplica el Criterio
8	0.0049	0.007	0.697	Si Aplica el Criterio
7	0.0053	0.007	0.759	Si Aplica el Criterio
6	0.0057	0.007	0.814	Si Aplica el Criterio
5	0.0060	0.007	0.851	Si Aplica el Criterio
4	0.0060	0.007	0.858	Si Aplica el Criterio

3	0.0057	0.007	0.820	Si Aplica el Criterio
2	0.0050	0.007	0.720	Si Aplica el Criterio
1	0.0031	0.007	0.440	No Aplica el Criterio
1SS	0.0003	0.007	0.045	No Aplica el Criterio
1S	0.0002	0.007	0.024	No Aplica el Criterio
2S	0.0001	0.007	0.020	No Aplica el Criterio

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 43**

*Verificación de criterio de Irregularidad Torsional en sentido de análisis Y-Y*

N° de Piso	Distorsión de Entrepiso	Distorsión Máxima Permisible	Criterio	Verificación de Criterio
10	0.0054	0.007	0.765	Si Aplica el Criterio
9	0.0057	0.007	0.813	Si Aplica el Criterio
8	0.0060	0.007	0.862	Si Aplica el Criterio
7	0.0063	0.007	0.904	Si Aplica el Criterio
6	0.0065	0.007	0.927	Si Aplica el Criterio
5	0.0065	0.007	0.924	Si Aplica el Criterio
4	0.0062	0.007	0.881	Si Aplica el Criterio
3	0.0055	0.007	0.783	Si Aplica el Criterio
2	0.0043	0.007	0.613	Si Aplica el Criterio
1	0.0021	0.007	0.307	No Aplica el Criterio
1SS	0.0003	0.007	0.036	No Aplica el Criterio
1S	0.0002	0.007	0.025	No Aplica el Criterio
2S	0.0001	0.007	0.019	No Aplica el Criterio

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 44**

*Irregularidad Torsional en sentido de análisis X-X*

N° de Piso	Desplazamiento Absolutos		Desplazamiento Relativos		Condición	Verificación de Irregularidad
	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	$\Delta_{\text{prom}}$ (m)	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	$\Delta_{\text{prom}}$ (m)		
10	0.1385	0.1202	0.0108	0.0091	1.045	No hay Irregularidad
9	0.1277	0.1112	0.0119	0.0101	1.043	No hay Irregularidad
8	0.1158	0.1010	0.0132	0.0112	1.042	No hay Irregularidad
7	0.1026	0.0898	0.0144	0.0123	1.040	No hay Irregularidad
6	0.0882	0.0775	0.0154	0.0132	1.040	No hay Irregularidad

5	0.0728	0.0643	0.0161	0.0139	1.040	No hay Irregularidad
4	0.0568	0.0504	0.0162	0.0141	1.039	No hay Irregularidad
3	0.0406	0.0363	0.0155	0.0136	1.037	No hay Irregularidad
2	0.0251	0.0227	0.0136	0.0121	1.033	No hay Irregularidad
1	0.0115	0.0106	0.0096	0.0089	1.016	No hay Irregularidad
1SS	0.0019	0.0017	0.0009	0.0008	1.042	No hay Irregularidad
1S	0.0010	0.0009	0.0005	0.0004	1.057	No hay Irregularidad
2S	0.0005	0.0004	0.0005	0.0004	1.149	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 45**

*Irregularidad Torsional en sentido de análisis Y-Y*

N° de Piso	Desplazamiento Absolutos		Desplazamiento Relativos		Condición	Verificación de Irregularidad
	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	$\Delta_{\text{prom}}$ (m)	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	$\Delta_{\text{prom}}$ (m)		
10	0.1496	0.1198	0.0145	0.0117	1.236	No hay Irregularidad
9	0.1351	0.1081	0.0154	0.0124	1.241	No hay Irregularidad
8	0.1198	0.0957	0.0163	0.0131	1.247	No hay Irregularidad
7	0.1035	0.0827	0.0171	0.0136	1.254	No hay Irregularidad
6	0.0864	0.0690	0.0175	0.0139	1.257	No hay Irregularidad
5	0.0689	0.0551	0.0175	0.0139	1.260	No hay Irregularidad
4	0.0514	0.0413	0.0166	0.0132	1.261	No hay Irregularidad
3	0.0348	0.0281	0.0148	0.0117	1.260	No hay Irregularidad
2	0.0199	0.0163	0.0116	0.0092	1.253	No hay Irregularidad
1	0.0084	0.0071	0.0067	0.0054	1.226	No hay Irregularidad
1SS	0.0017	0.0016	0.0007	0.0007	1.014	No hay Irregularidad
1S	0.0010	0.0009	0.0005	0.0005	1.039	No hay Irregularidad
2S	0.0005	0.0004	0.0005	0.0004	1.102	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

## b.2) Esquinas Entrantes

Cuando una estructura posee esquinas entrantes cuyas medidas son superiores al 20% de la dimensión total correspondiente en planta en ambas direcciones, presentará irregularidad por esquinas entrantes.

### b.1.1) Condición:

$$A > 20\% \cdot L_i$$

Donde:

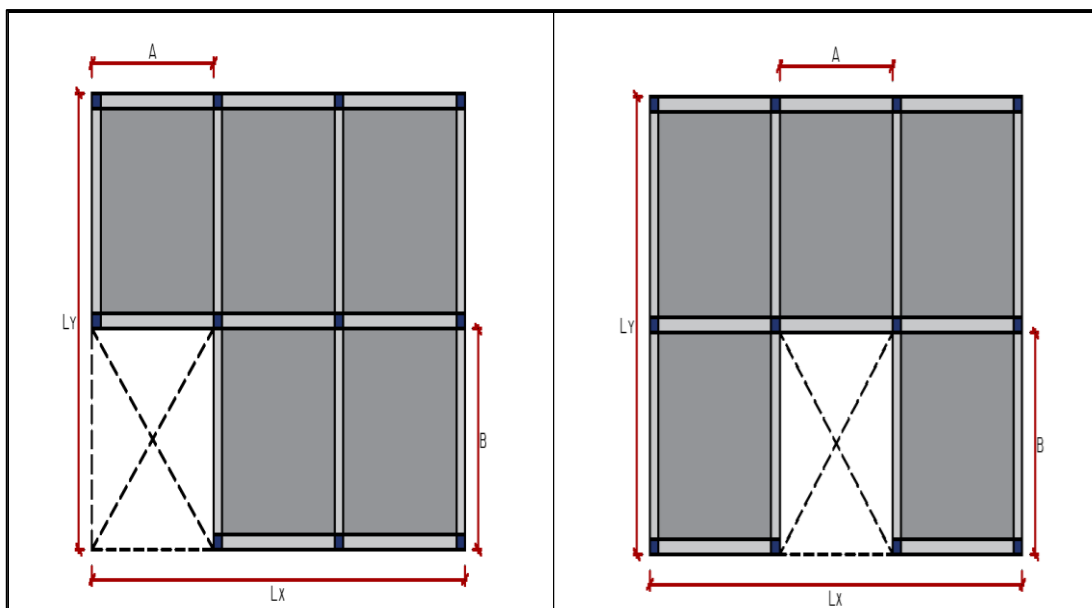
A: Longitud de esquina entrante en dirección “i”

Li: Longitud de la planta en dirección “i”

En la Figura 38 se muestra la representación de la irregularidad por esquinas entrantes.

### Figura 38

*Representación de la Irregularidad por Esquinas Entrantes*



*Nota.* Chancafe & Gonzales (2021)

La estructura posee una irregularidad causada por esquinas hacia el interior en ambos sentidos de análisis, como se observa en las Tablas 46 y 47. Como resultado,  $I_p = 0,90$  es el factor de irregularidad asociado.

**Tabla 46***Irregularidad por Esquinas Entrantes en sentido de análisis X-X*

N° de Piso	Longitud "Lx" (m)	Longitud de Esquina "A" (m)				Condición	Verificación de Irregularidad
		Esquina 01	Esquina 02	Esquina 03	Esquina 04		
10	30.00	6.88	6.88	6.88	6.88	0.229	Si hay Irregularidad
9	30.00	6.88	6.88	6.88	6.88	0.229	Si hay Irregularidad
8	30.00	6.88	6.88	6.88	6.88	0.229	Si hay Irregularidad
7	30.00	4.93	4.93	4.93	4.93	0.164	No hay Irregularidad
6	30.00	4.93	4.93	4.93	4.93	0.164	No hay Irregularidad
5	30.00	4.93	4.93	4.93	4.93	0.164	No hay Irregularidad
4	30.00	4.93	4.93	4.93	4.93	0.164	No hay Irregularidad
3	30.00	4.93	4.93	4.93	4.93	0.164	No hay Irregularidad
2	30.00	4.93	4.93	4.93	4.93	0.164	No hay Irregularidad
1	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	No hay Irregularidad
1SS	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	No hay Irregularidad
1S	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	No hay Irregularidad
2S	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 47***Irregularidad por Esquinas Entrantes en sentido de análisis Y-Y*

N° de Piso	Longitud "Ly" (m)	Longitud de Esquina "B" (m)				Condición	Verificación de Irregularidad
		Esquina 01	Esquina 02	Esquina 03	Esquina 04		
10	23.97	7.85	7.85	0.00	0.00	0.327	Si hay Irregularidad
9	24.52	7.85	7.85	0.00	0.00	0.320	Si hay Irregularidad
8	24.87	7.85	7.85	0.00	0.00	0.316	Si hay Irregularidad

7	24.87	6.50	6.50	0.00	0.00	0.261	Si hay Irregularidad
6	24.87	6.50	6.50	0.00	0.00	0.261	Si hay Irregularidad
5	24.87	6.50	6.50	0.00	0.00	0.261	Si hay Irregularidad
4	24.87	6.50	6.50	0.00	0.00	0.261	Si hay Irregularidad
3	24.87	6.50	6.50	0.00	0.00	0.261	Si hay Irregularidad
2	24.87	6.50	6.50	0.00	0.00	0.261	Si hay Irregularidad
1	24.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	No hay Irregularidad
1SS	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	No hay Irregularidad
1S	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	No hay Irregularidad
2S	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

### b.3) Discontinuidad del Diafragma

Cuando la estructura cumple las condiciones enumeradas en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 en cualquiera de las dos direcciones de análisis, la Discontinuidad de Diafragma estará presente en la estructura:

b.3.1) Condición 1: Los diafragmas presentan aberturas superiores al 50% del área total del diafragma y discontinuidades bruscas o fluctuaciones significativas de la rigidez.

$$A' > 50\% \cdot A_{Total}$$

b.3.2) Condición 2: Hay una sección transversal de diafragma en cada planta y para cada dirección de análisis que tiene un área resistente neta inferior al 25% del área de la sección transversal global para esa dirección determinada utilizando las dimensiones de toda la planta.

$$\frac{A_{sección transversal}}{A_{total transversal}} < 25\%$$

Donde:

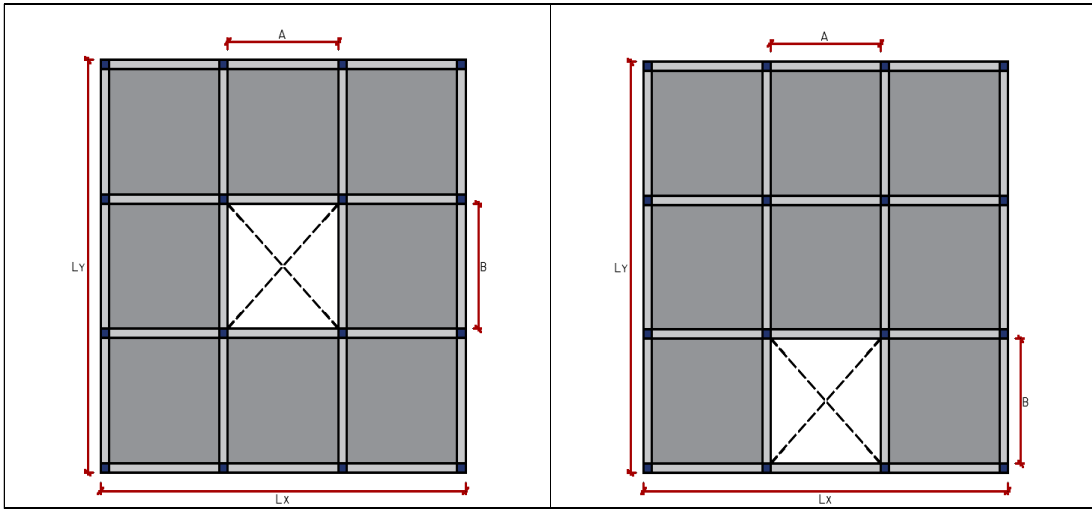
“A’”: Área de las aberturas en planta”

“A<sub>total</sub>”: área total de la planta”

En la Figura 39 se muestra la representación de discontinuidad del diafragma.

**Figura 39**

*Representación de Discontinuidad del Diafragma*



*Nota.* Chancafe & Gonzales (2021)

El Tabla 48 indica que no hay ninguna Irregularidad Discontinuidad de Diafragma en la estructura.

**Tabla 48**

*Irregularidad por Discontinuidad de diafragma*

N° de Piso	Área Total "A" (m <sup>2</sup> )	Dimensiones (m)		Área "A'" (m <sup>2</sup> )	Condición 1	Verificación de Irregularidad
		A1	B1			
10	719.10	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad
9	735.60	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad
8	746.10	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad
7	746.10	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad
6	746.10	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad
5	746.10	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad
4	746.10	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad
3	746.10	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad



2	746.10	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad
1	746.10	6.85	5.20	35.62	0.05	No hay Irregularidad
1SS	900.00	6.00	3.75	22.50	0.03	No hay Irregularidad
1S	900.00	2.60	1.75	4.55	0.01	No hay Irregularidad
2S	900.00	2.60	1.75	4.55	0.01	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

#### b.4) Sistemas no Paralelos

La estructura presentara Irregularidad de Sistemas no Paralelos cuando en cualquier sentido de análisis, cumpla con la siguiente condición de acuerdo a los lineamientos de la Norma de Diseño Sismorresistente E 030:

a.1.1) Condición 1: Los elementos que resisten la carga cíclica no son paralelos en ninguna de las direcciones de análisis. No es aplicable si los ángulos formados por los ejes del marco o del muro son inferiores a 30° o si la resistencia de las partes no paralelas a la fuerza cortante del suelo es inferior al 10%.

$$\alpha_{eje} > 30^\circ$$

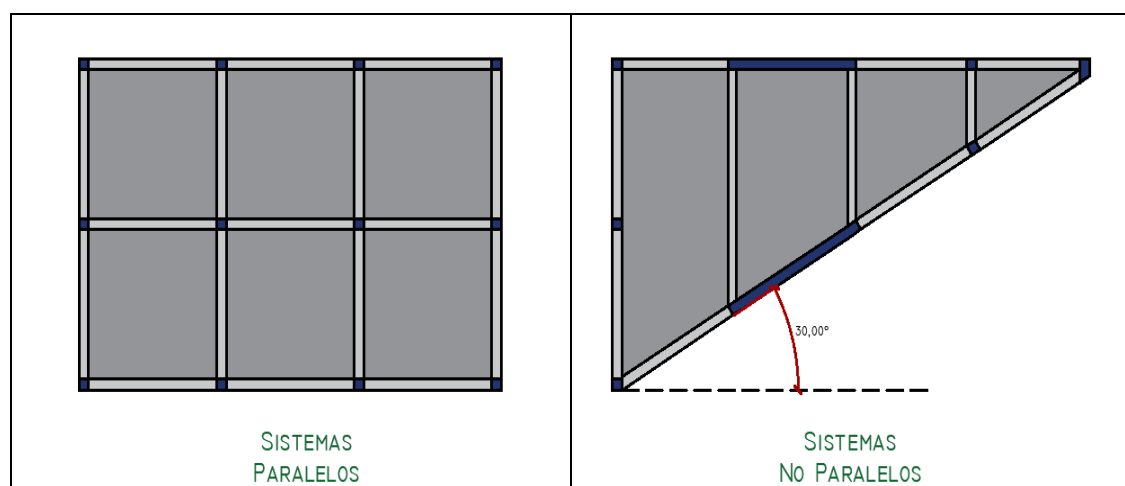
Donde:

$\alpha_{eje}$ : ángulo del eje

En la Figura 40 se muestra la representación de sistemas no paralelos.

#### Figura 40

*Representación de Sistemas no Paralelos*



*Nota.* Chancafe & Gonzales (2021)

La Tabla 49 muestra que la estructura no posee Irregularidad por Sistema no Paralelo en ningún sentido del estudio.

**Tabla 49**

*Irregularidad por Sistemas no Paralelos*

Dirección	Piso	Eje	Ángulo "α" (°)	Ángulo Máximo "α <sub>máx</sub> " (°)	Verificación de Irregularidad
Dirección X-X	10	1-1	0.0	30.0	No hay Irregularidad
	5	2-2	0.0	30.0	No hay Irregularidad
	1	3-3	0.0	30.0	No hay Irregularidad
	2S	4-4	0.0	30.0	No hay Irregularidad
Dirección Y-Y	10	A-A	0.0	30.0	No hay Irregularidad
	5	B-B	0.0	30.0	No hay Irregularidad
	1	C-C	0.0	30.0	No hay Irregularidad
	2S	D-D	0.0	30.0	No hay Irregularidad

*Nota.* Elaboración propia

Tras realizar todas las comprobaciones de irregularidad estructural en planta, sólo se descubrieron irregularidades por esquinas entrantes, por lo que el factor de irregularidad de la estructura global en planta  $I_p$  es igual a 0,90 ( **$I_p=0,90$** ).

### **5.2.5. Sistema Estructural**

Después de confirmar anteriormente que la estructura presenta irregularidad, procedemos a cuantificar el cortante en el base dinámico de acuerdo con el espectro de diseño para estimar las fuerzas de corte disipadas por las columnas y muros en cada uno de los sentidos, y de esa manera corroborar que el sistema estructural consiste en muros estructurales en ambos sentidos de análisis. La Tabla 50 muestra los resultados del modelo ETABS, de los cuales se deduce que más del 70% del esfuerzo de corte en la base en cada sentido es soportado por las placas (muros estructurales).

**Tabla 50***Valores de las fuerzas cortantes en columnas y placas*

Elemento Estructural	Sentido X-X		Sentido Y-Y	
	Vx Total (Tonf)	Vx (%)	Vy Total (Tonf)	Vy (%)
Columnas	57.25	7.0%	32.29	3.6%
Placas	759.96	93.0%	858.68	96.4%
Total	817.21	100.0%	890.97	100.0%

*Nota.* Elaboración propia**5.2.6. Control de Distorsiones Máximas de Entrepiso**

La Norma E.030 Diseño Sismorresistente establece que, para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se determinan producto de los resultados del análisis elástico lineal por 0,85 R, tal como se indica en la Tabla 51 y 52.

**Tabla 51***Amplificación del Desplazamiento para el análisis estático 0.85R - Sentido X-X e Y-Y.*

Sentido	Patrón de Carga	Porcentaje	Factor de Escala
Sentido X-X	Sismo Estático X-X	100%	3.67
	Sismo Estático Y-Y	30%	1.10
Sentido Y-Y	Sismo Estático Y-Y	100%	3.67
	Sismo Estático X-X	30%	1.10

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 52***Amplificación del Desplazamiento para el análisis dinámico 0.85R - Sentido X e Y*

<b>Patrón de Carga</b>	<b>Dirección</b>	<b>Función</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Factor de Escala</b>
Sismo Dinámico X-X	Sentido X-X	Espectro "X"	100%	3.67
	Sentido Y-Y	Espectro "Y"	30%	1.10
	Sentido Z-Z	Espectro "Z"	67%	2.45
Sismo Dinámico Y-Y	Sentido Y-Y	Espectro "Y"	100%	3.67
	Sentido X-X	Espectro "X"	30%	1.10
	Sentido Z-Z	Espectro "Z"	67%	2.45

*Nota.* Elaboración propia

El Artículo 32 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente especifica que las limitaciones de deriva entre pisos son de 0,007, ya que la estructura está compuesta de hormigón armado, como se indica en la Tabla 53.

**Tabla 53***Desplazamiento por Niveles y en el Centro de Masa*

<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

*Nota.* Elaboración propia

Las Tablas 54, 55 y 56 demuestran que los desplazamientos y las distorsiones entrepiso de la estructura analizada están en el rango admisible especificado en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

**Tabla 54***Desplazamiento por Niveles y en el Centro de Masa*

N° de Piso	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	$\Delta_{\text{prom}}$ (m)	$\Delta_{\text{CM}}$ (m)	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	$\Delta_{\text{prom}}$ (m)	$\Delta_{\text{CM}}$ (m)
10	0.1385	0.1202	0.1141	0.1496	0.1198	0.0992
9	0.1277	0.1112	0.1034	0.1351	0.1081	0.0884
8	0.1158	0.1010	0.0947	0.1198	0.0957	0.0791
7	0.1026	0.0898	0.0846	0.1035	0.0827	0.0686
6	0.0882	0.0775	0.0733	0.0864	0.0690	0.0575
5	0.0728	0.0643	0.0610	0.0689	0.0551	0.0460
4	0.0568	0.0504	0.0481	0.0514	0.0413	0.0346
3	0.0406	0.0363	0.0348	0.0348	0.0281	0.0237
2	0.0251	0.0227	0.0219	0.0199	0.0163	0.0140
1	0.0115	0.0106	0.0103	0.0084	0.0071	0.0062
1SS	0.0019	0.0017	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016
1S	0.0010	0.0009	0.0009	0.0010	0.0009	0.0009
2S	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 55***Derivas de entrepiso en el sentido de análisis X-X*

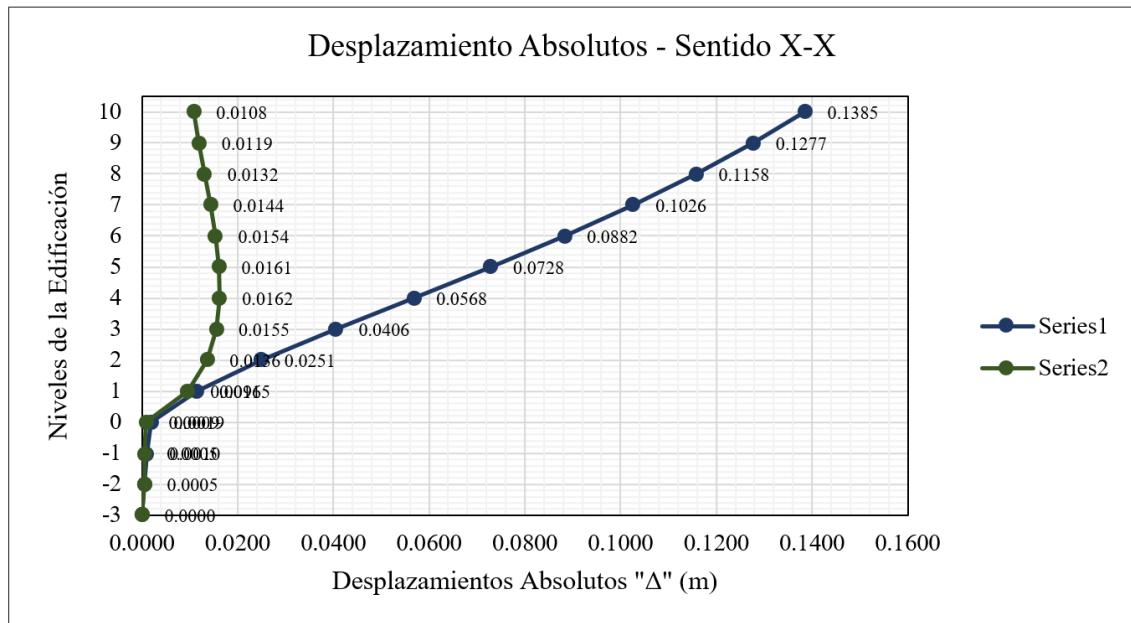
N° de Piso	Norma E.030 Artículo 31		Altura "h" (m)	Distorsión de Entrepiso	Verificación de Deriva
	$\Delta_{\text{absoluto}}$ (m)	$\Delta_{\text{relativo}}$ (m)			
10	0.1385	0.0108	2.70	0.0040	Si Cumple
9	0.1277	0.0119	2.70	0.0044	Si Cumple
8	0.1158	0.0132	2.70	0.0049	Si Cumple
7	0.1026	0.0144	2.70	0.0053	Si Cumple
6	0.0882	0.0154	2.70	0.0057	Si Cumple
5	0.0728	0.0161	2.70	0.0060	Si Cumple
4	0.0568	0.0162	2.70	0.0060	Si Cumple
3	0.0406	0.0155	2.70	0.0057	Si Cumple
2	0.0251	0.0136	2.70	0.0050	Si Cumple
1	0.0115	0.0096	3.10	0.0031	Si Cumple
1SS	0.0019	0.0009	2.80	0.0003	Si Cumple
1S	0.0010	0.0005	2.85	0.0002	Si Cumple
2S	0.0005	0.0005	3.75	0.0001	Si Cumple

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 41 se presenta los desplazamientos absolutos en el sentido X-X.

**Figura 41**

*Desplazamientos absolutos en el sentido X-X*

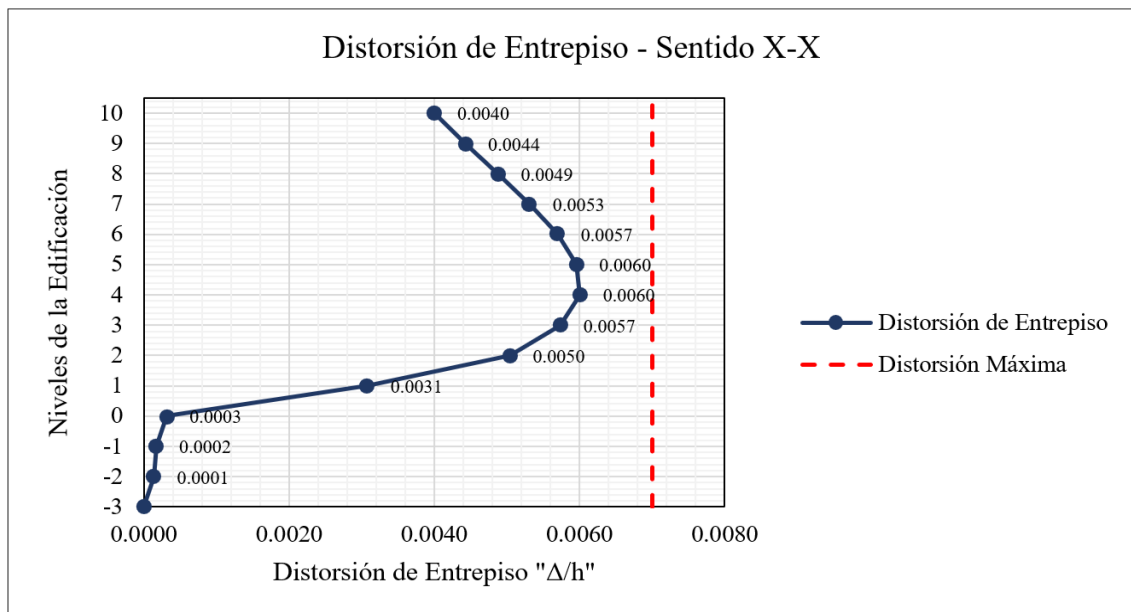


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 42 se presenta la distorsión de entrepiso en el sentido X-X.

**Figura 42**

*Distorsión de entrepiso en el sentido X-X*



*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 56**

*Derivas de entrepiso en el sentido de análisis Y-Y*

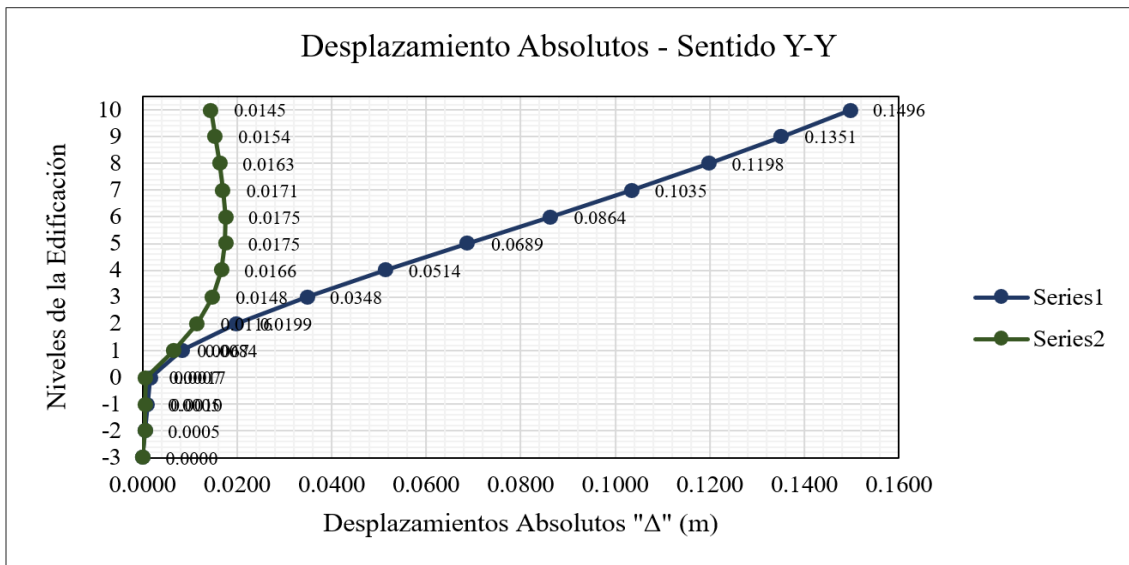
N° de Piso	Norma E.030 Artículo 31		Altura "h" (m)	Distorsión de Entrepiso	Verificación de Deriva
	$\Delta$ absoluto (m)	$\Delta$ relativo (m)			
10	0.1496	0.0145	2.70	0.0054	Si Cumple
9	0.1351	0.0154	2.70	0.0057	Si Cumple
8	0.1198	0.0163	2.70	0.0060	Si Cumple
7	0.1035	0.0171	2.70	0.0063	Si Cumple
6	0.0864	0.0175	2.70	0.0065	Si Cumple
5	0.0689	0.0175	2.70	0.0065	Si Cumple
4	0.0514	0.0166	2.70	0.0062	Si Cumple
3	0.0348	0.0148	2.70	0.0055	Si Cumple
2	0.0199	0.0116	2.70	0.0043	Si Cumple
1	0.0084	0.0067	3.10	0.0021	Si Cumple
1SS	0.0017	0.0007	2.80	0.0003	Si Cumple
1S	0.0010	0.0005	2.85	0.0002	Si Cumple
2S	0.0005	0.0005	3.75	0.0001	Si Cumple

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 43 se presenta los desplazamientos absolutos en el sentido Y-Y.

**Figura 43**

*Desplazamientos absolutos en el sentido Y-Y*

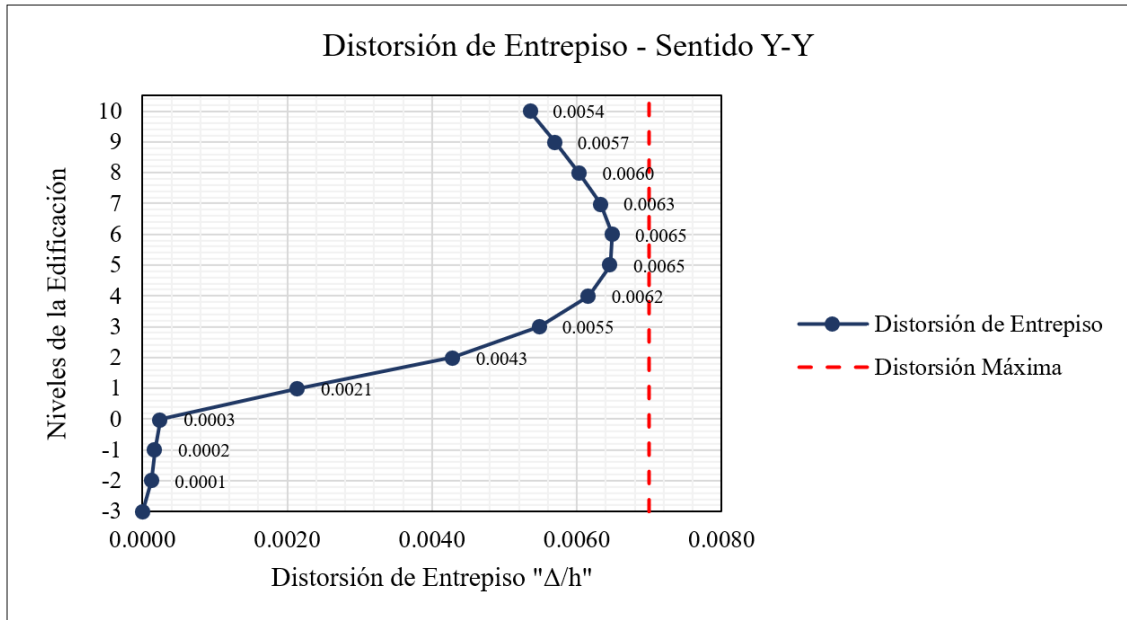


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 44 se presenta la distorsión de entrepiso en el sentido Y-Y.

**Figura 44**

*Distorsión de entrepiso en el sentido Y-Y*



*Nota.* Elaboración propia



## CAPÍTULO VI: ANÁLISIS PUSHOVER

### 6.1. Análisis Pushover

En el análisis pushover se determinará la curva Pushover de la estructura atribuyendo cargas laterales y notando los desplazamientos en cada nivel, y se evaluará el desarrollo ordenado de las rótulas plásticas en los elementos estructurales. Se utilizará el software ETABS v20.0 para realizar este análisis Pushover en ambos sentidos.

Antes de realizar el análisis Pushover de la estructura se tuvo que analizar la estructura por un análisis lineal según los requisitos de la NTP E.030 Diseño Sismorresistente, ese mismo modelo realizado en el software Etabs V20.0 será utilizado para el Análisis Pushover debido a que este es un modelo tridimensional con diafragma rígido por cada nivel y las placas, columnas y vigas están modelados como elementos frame.

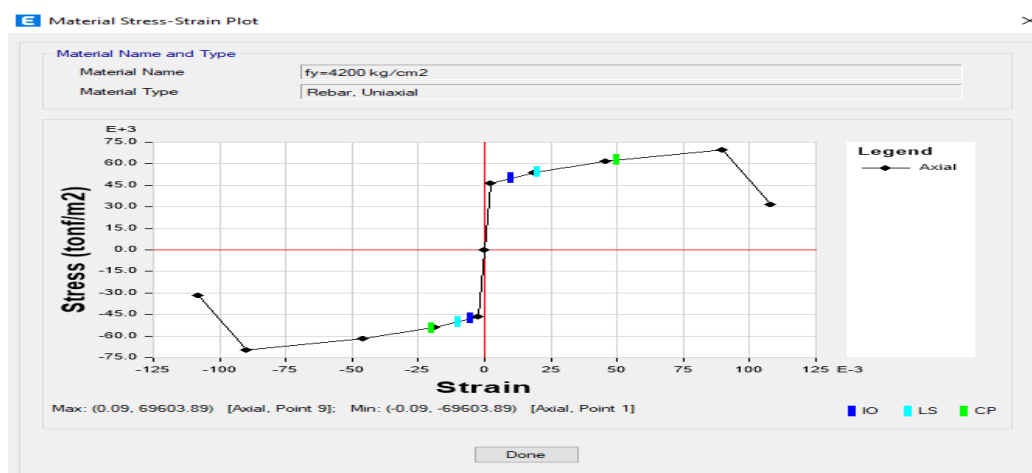
#### a) No linealidad de los materiales

La no linealidad de los materiales se definirá en cada elemento estructural con una rótula plástica concentrada en sus extremos, debido a que estos lugares son los responsables de disipar toda la energía impuesta en los desplazamientos del edificio. La no linealidad de los materiales vendrá definida por las curvas esfuerzo-deformación de cada material por separado y del modelo de esta misma curva para una sección compuesta de hormigón y acero (concreto confinado).

En la Figura 45 se presenta la curva de esfuerzo vs deformación del acero de refuerzo en el software ETABS V20.0.

#### Figura 45

*Curva de esfuerzo vs deformación del acero de refuerzo en el software ETABS V20.0.*

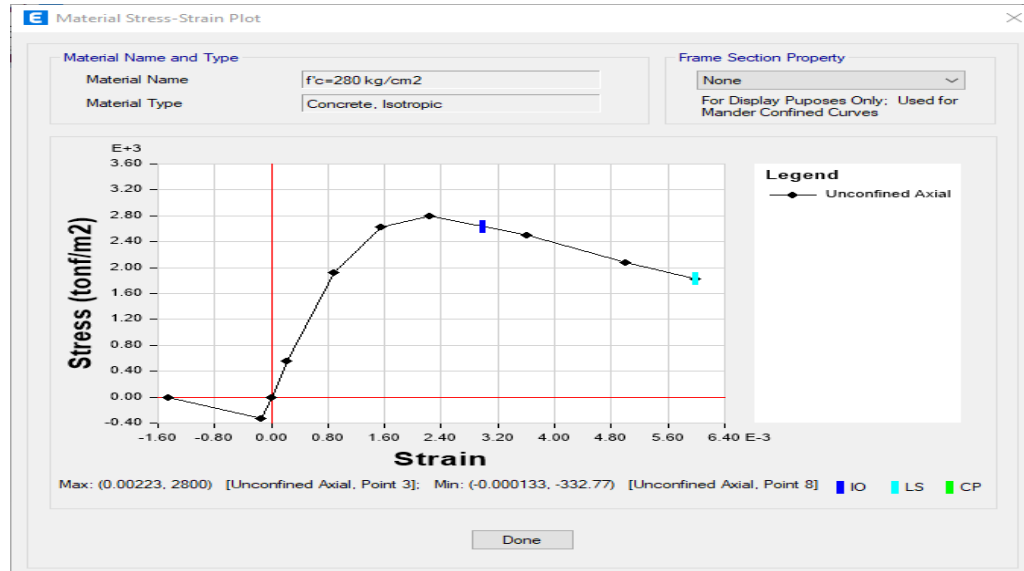


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 46 se presenta la curva de esfuerzo vs deformación para el concreto sin confinar en el software ETABS v20.0.

**Figura 46**

*Curva de esfuerzo vs Deformación para el concreto sin confinar en el software ETABS v20.0.*

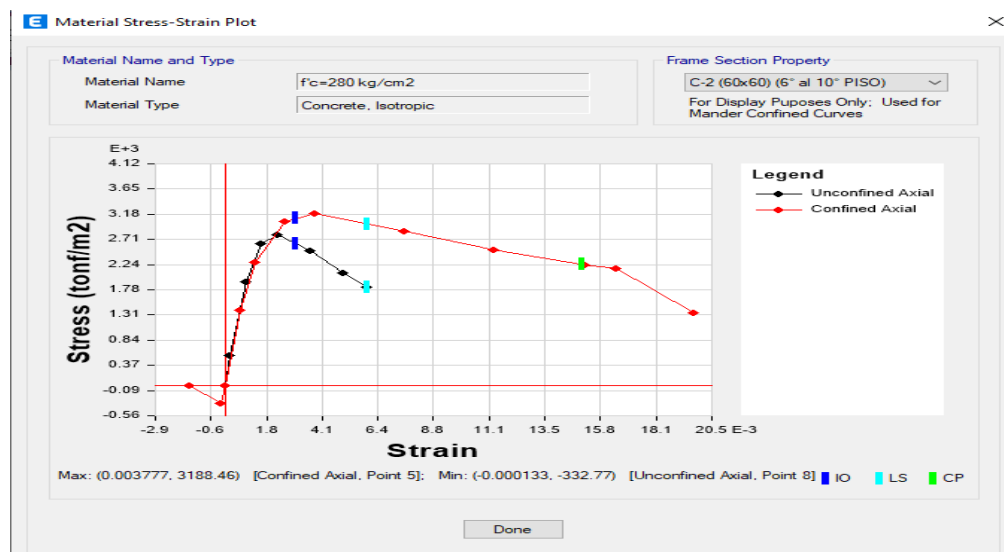


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 47 se presenta la curva de esfuerzo vs deformación para el concreto confinado en el software ETABS v20.0.

**Figura 47**

*Curva de esfuerzo vs Deformación para el concreto confinado en el software ETABS v20.0.*



*Nota.* Elaboración propia

### 6.1.1. Asignación de Rótulas Plásticas

Primero se tiene en cuenta la correcta retribución del acero de refuerzo a cada elemento estructural en el modelo realizado, luego se asignan las rótulas plásticas de forma automática por la herramienta computacional Etabs V20.0 para los muros estructurales, columnas y vigas.

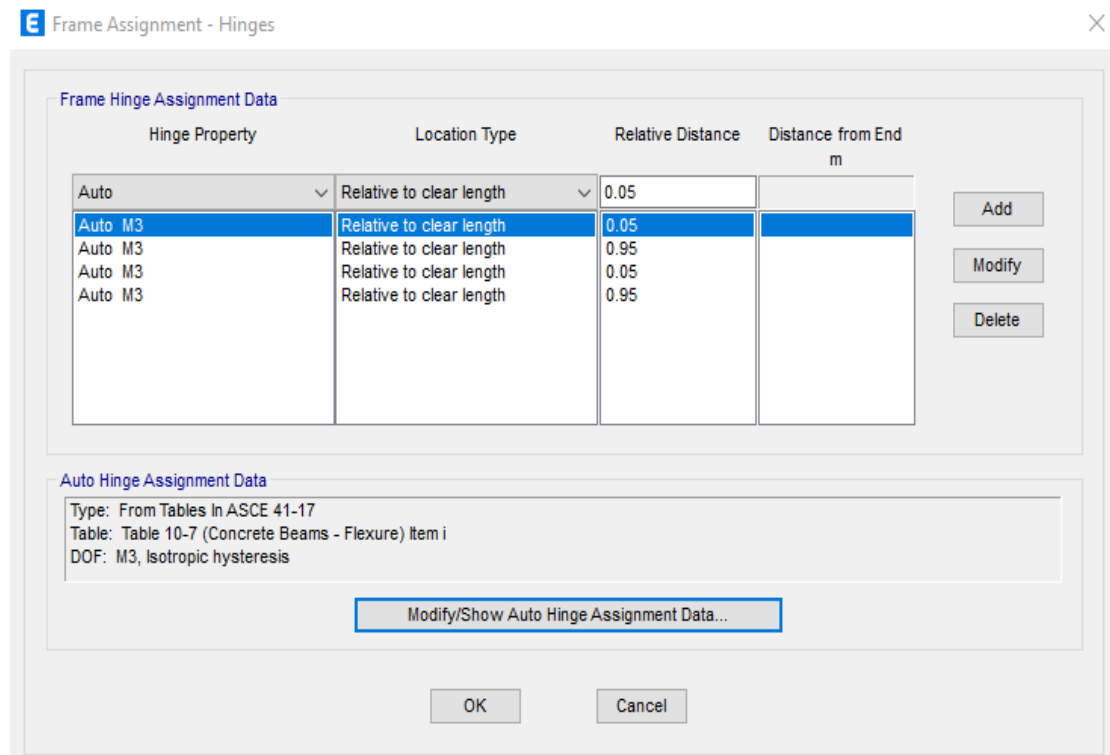
#### a) Rótulas plásticas en Vigas

Las cargas no lineales sobre las vigas hacen que éstas produzcan rótulas plásticas. En este estudio, las rótulas plásticas con longitudes de plastificación relativas del 5% y el 95% del elemento se asignan automáticamente en los extremos de cada viga. Se considera que las vigas comenzarán a rotularse cuando el edificio sea sometido a patrones de cargas gravitacionales no lineales. De esta manera, se fatigarán las vigas al momento de incluir cargas del Análisis Pushover.

En la Figura 48 se presenta la Asignación automática de rótulas plásticas de vigas en la herramienta computacional Etabs v20.0.

**Figura 48**

*Asignación automática de rótulas plásticas de vigas en la herramienta computacional Etabs v20.0*

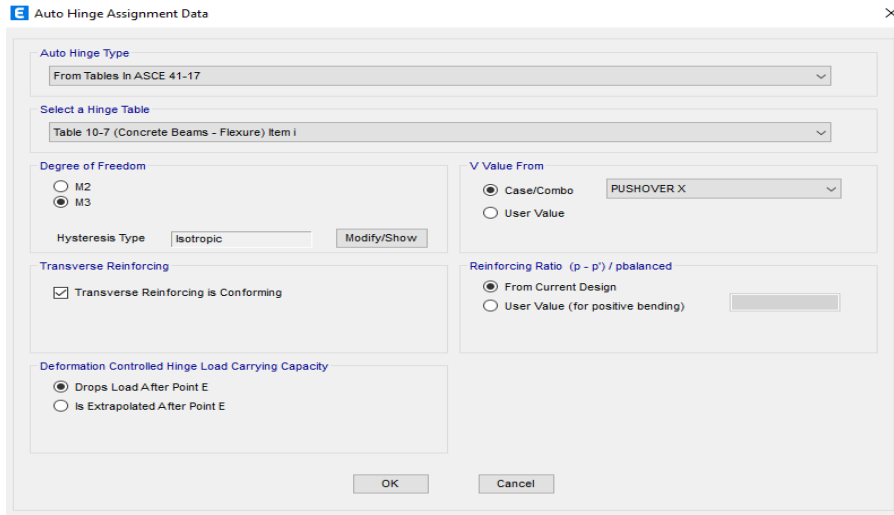


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 49 se presenta la asignación automática de rótulas plásticas de vigas en la herramienta computacional Etabs v20.

### Figura 49

*Asignación automática de rótulas plásticas de vigas en la herramienta computacional Etabs v20*

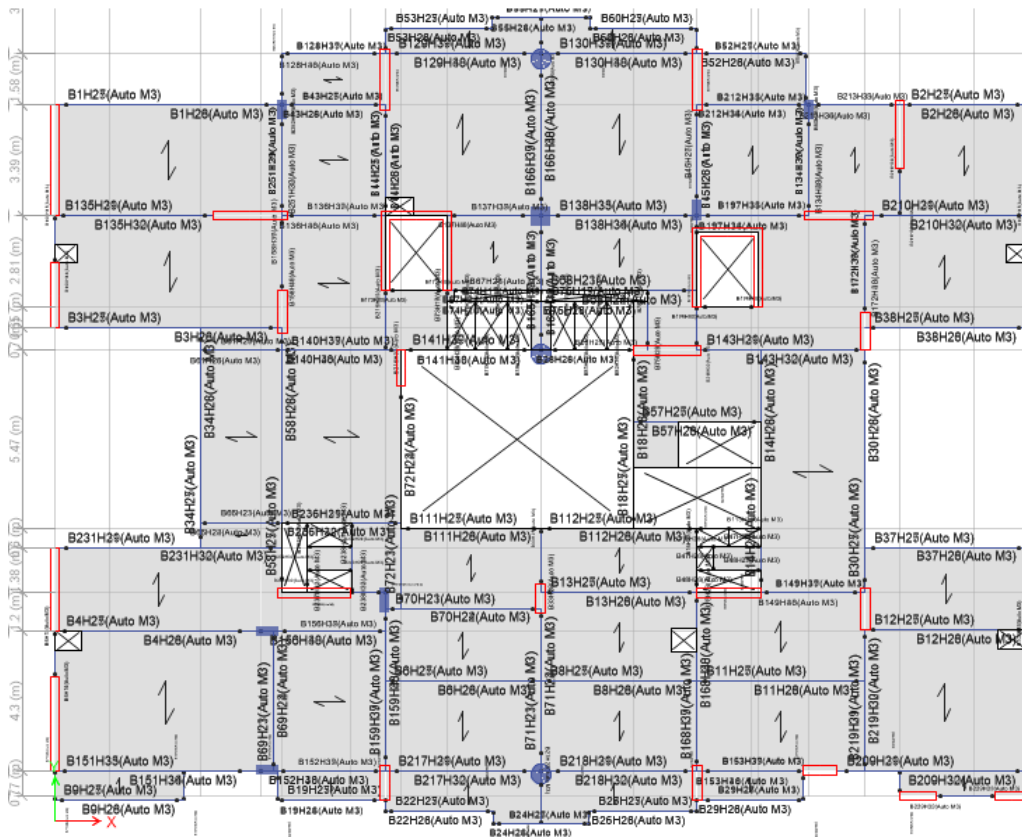


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 50 se presenta la generación de rótulas plásticas de vigas en la herramienta computacional Etabs v20.0 vista en planta del piso 4.

### Figura 50

*Generación de rótulas plásticas de vigas en la herramienta computacional Etabs v20.0 vista en planta del piso 4*



*Nota.* Elaboración propia

#### b) Rótulas plásticas en Columnas

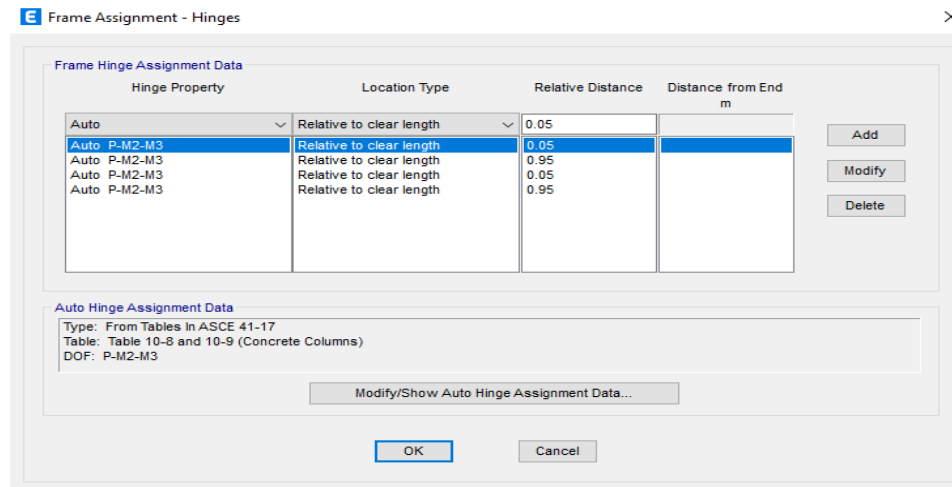
Los esfuerzos de compresión por flexión, presentes en la faz de las vigas en ambos límites de la columna, son soportados por las columnas.

Una columna estará sometida a una carga axial la cual determina en gran medida el comportamiento no lineal, en esta investigación se asignan las rótulas plásticas automáticamente en los extremos de cada columna con longitudes de plastificación relativa del 5% y del 95% del elemento.

En la Figura 51 se presenta la asignación automática de rótulas plásticas de columnas en el software Etabs v20.0.

**Figura 51**

*Asignación automática de rótulas plásticas de columnas en el software Etabs v20.0*

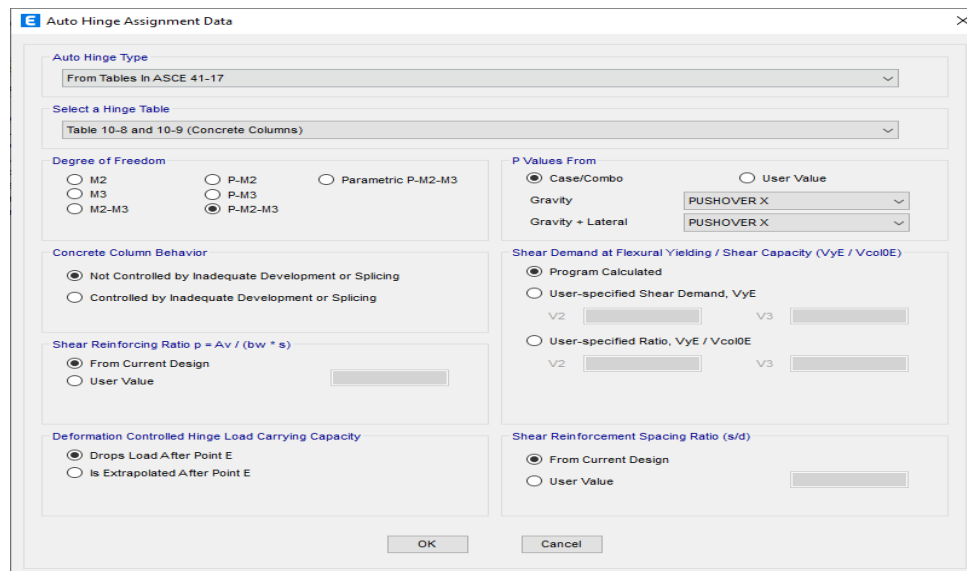


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 52 se presenta la asignación automática de rótulas plásticas de columnas en el software Etabs v20.0.

**Figura 52**

*Asignación automática de rótulas plásticas de columnas en el software Etabs v20.0*

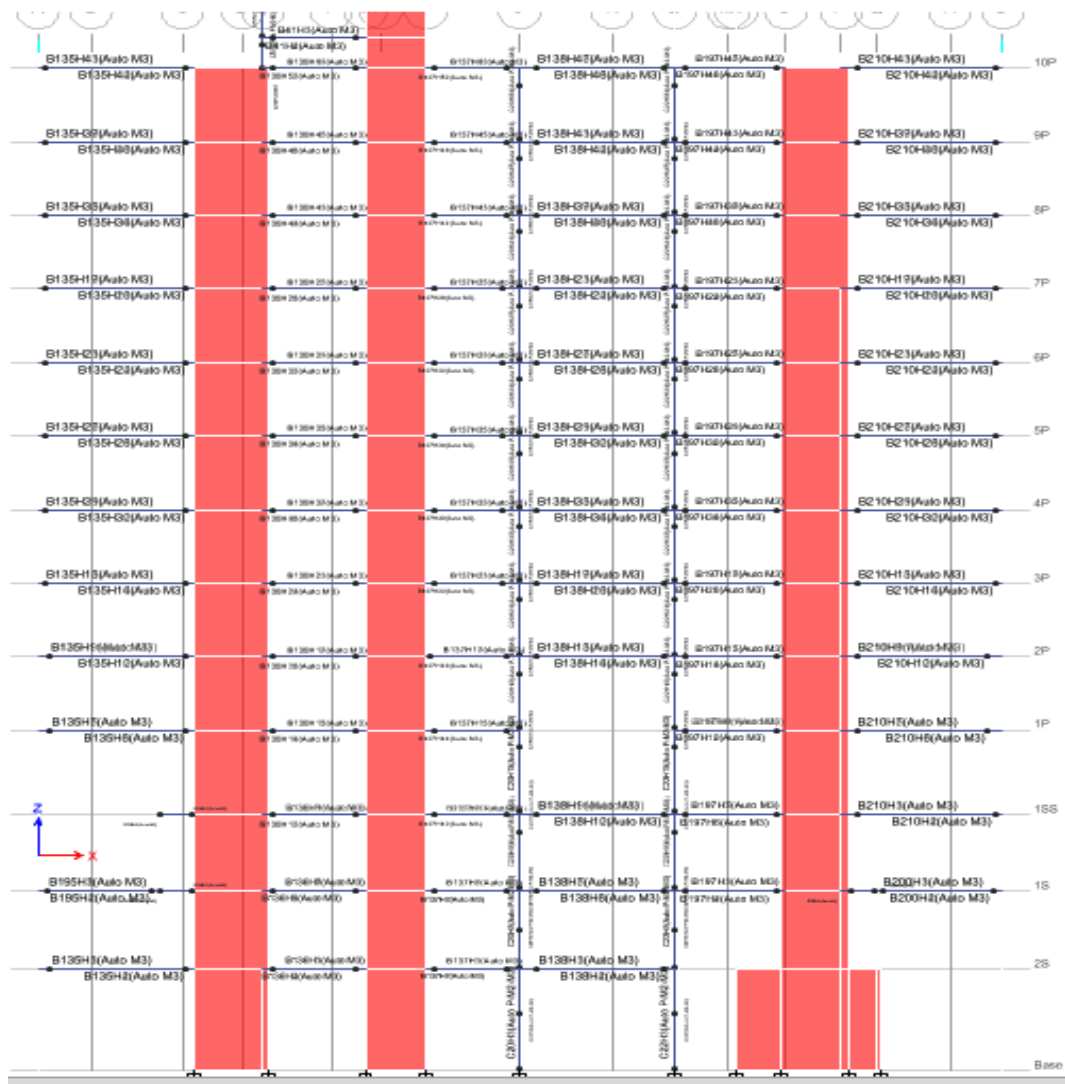


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 53 se presenta la generación de rótulas plásticas de columnas en la herramienta Etabs v20.0 vista en elevación del eje 10.

**Figura 53**

*Generación de rótulas plásticas de columnas en la herramienta Etabs v20.0 vista en elevación del eje 10.*



*Nota.* Elaboración propia

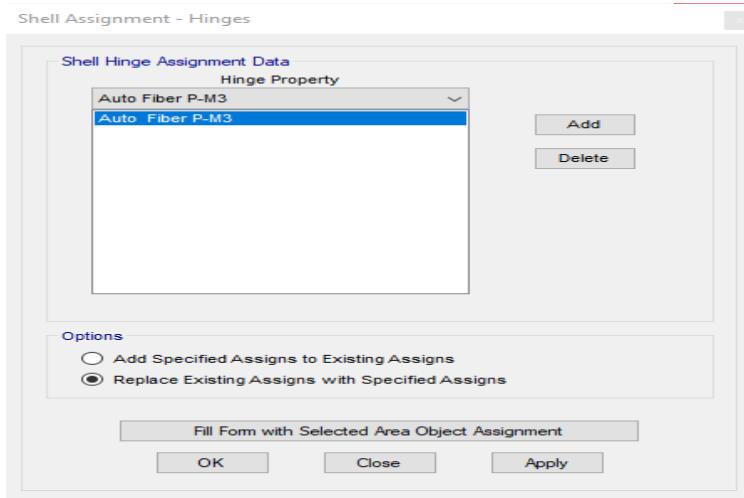
### c) Rótulas plásticas en Muros de Corte

Las placas absorben la mayor cantidad de esfuerzos cortantes en la base generada por las fuerzas sísmicas, por ello es necesario llevar un control para predecir con mayor exactitud su respuesta estructural, es crucial observar regularmente su desempeño después del rango lineal. Al asignar rótulas plásticas, es posible predecir con mayor exactitud su reacción estructural.

Para asignar las rótulas plásticas a los muros estructurales se utilizó el método de fibras, que en su análisis sólo tiene en cuenta el P-M3 porque se considera un eje resistente, como se ilustra en las Figuras 54 y 55.

**Figura 54**

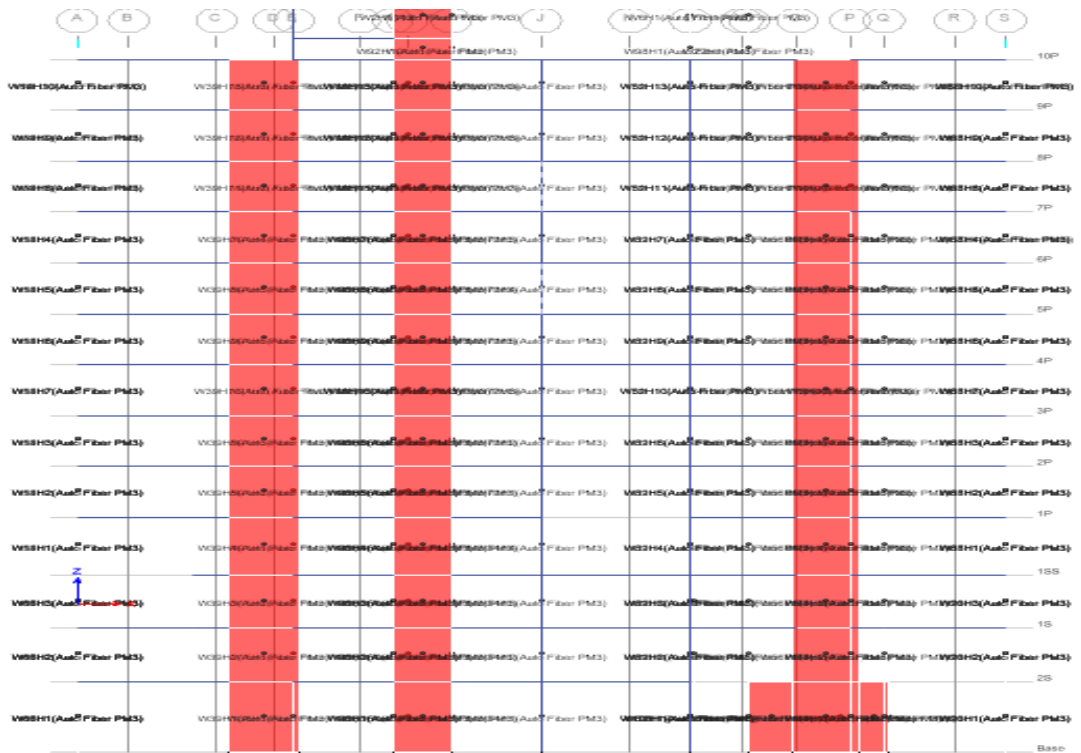
*Asignación automática de rótulas plásticas de muros estructurales en la herramienta computacional Etabs v20.0*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 55**

*Generación de rótulas plásticas de muros estructurales en la herramienta computacional Etabs v20.0 vista en elevación del eje 10.*



*Nota.* Elaboración propia



### 6.1.2. Asignación de Cargas Gravitacionales

El análisis pushover es un tipo de carga estática no lineal con una combinación de 100% de carga permanente más 25% de sobrecarga para cada dirección del análisis.

$$QG = QD + 25\%QL$$

Donde:

QD: Carga Muerta

QL: Carga Viva

Se asignaron las cargas gravitacionales no lineales dentro de la herramienta computacional Etabs v20.0, como se exhibe en la Figura 56.

**Figura 56**

*Definición de la Carga Gravitacional No Lineal*

Load Case Data

**General**

Load Case Name: GRAVITACIONAL-NL

Load Case Type: Nonlinear Static

Mass Source: PESO DE LA ESTRUCTURA

Analysis Model: Default

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.25

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load

Results Saved: Final State Only

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event

OK Cancel

*Nota.* Elaboración propia

### 6.1.3. Asignación de Patrón de Cargas Laterales

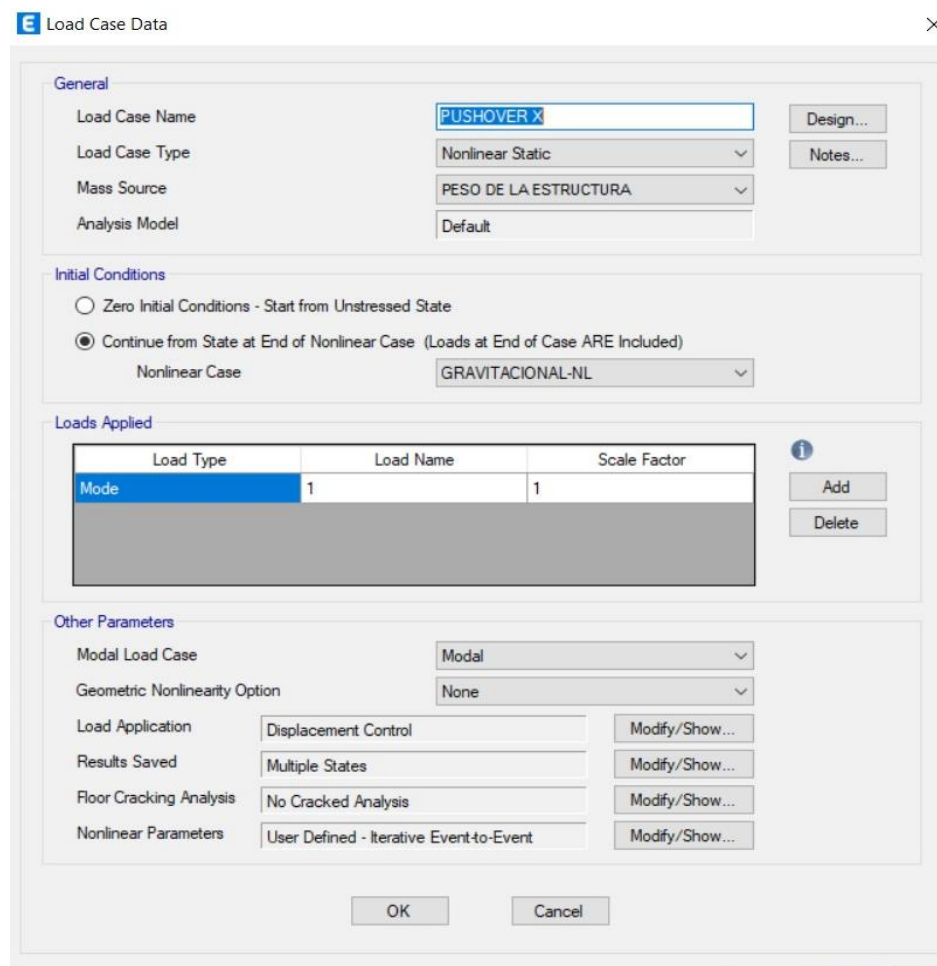
Se trata de determinar la carga lateral gradual que aumentará de forma monótonica. Aplicando la repartición de carga lateral recomendada por FEMA 356, se eligió un patrón modal y un patrón único para la estructura en estudio:

El patrón modal es una repartición proporcional a la disposición de cortantes por nivel determinada combinando las respuestas modales del análisis del espectro de respuesta del edificio, incorporando modos suficientes para atrapar al menos el 90% de la masa participativa del edificio, tal como especifica la norma. Cuando el periodo básico del edificio es superior a 1 seg. como en este estudio, se emplea esta distribución.

En la Figura 57 se presenta la definición del patrón de cargas laterales-sentido X-X.

**Figura 57**

*Definición del patrón de cargas laterales-Sentido X-X*



*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 58 se presenta la definición del patrón de cargas laterales-sentido Y-Y.

**Figura 58**

*Definición del patrón de cargas laterales-Sentido Y-Y*

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	2	1

*Nota.* Elaboración propia

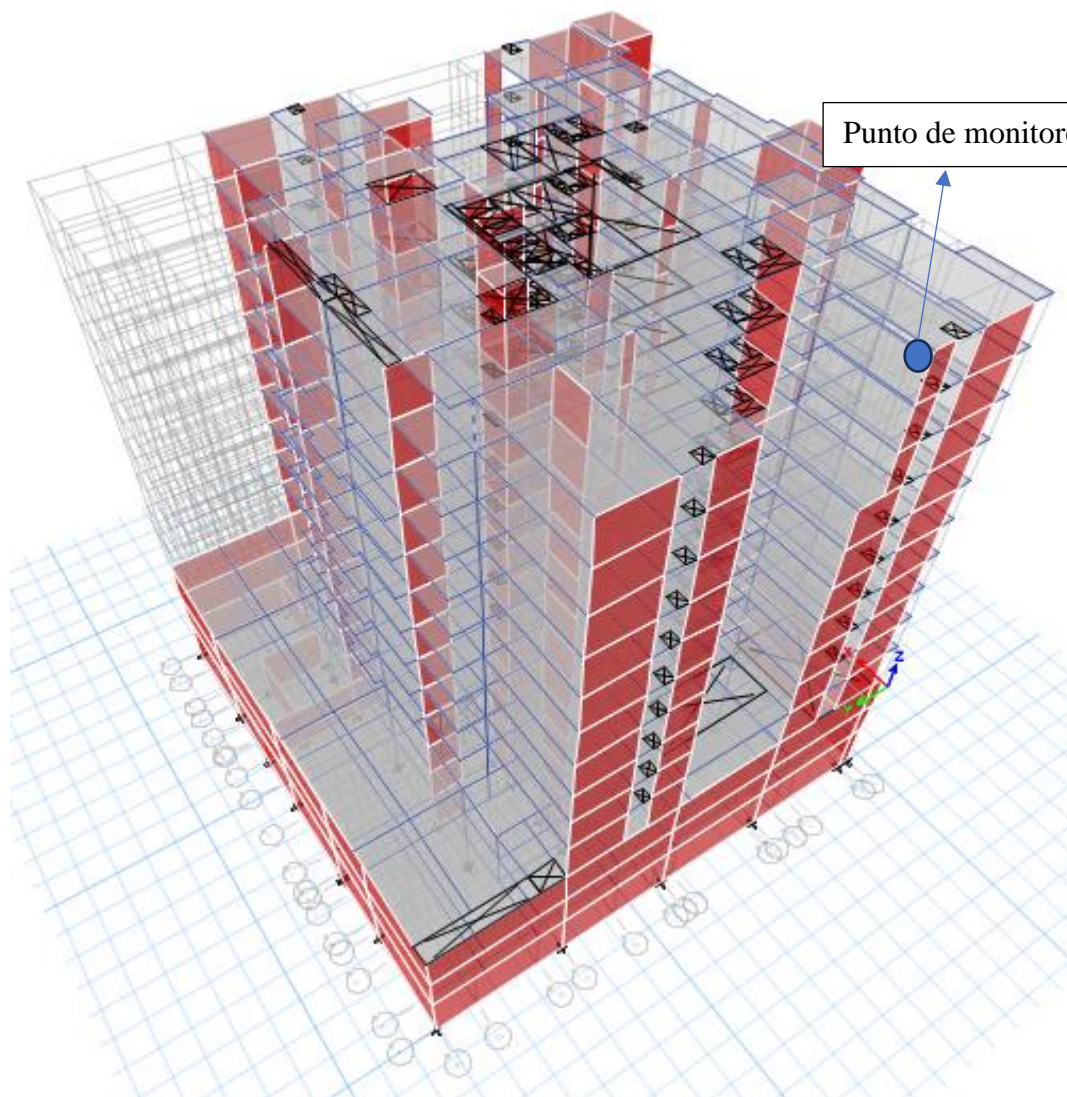
#### **6.1.4. Definición y ubicación del Punto de Monitoreo**

Se establece un punto de monitoreo con el fin de recoger datos precisos, que nos permitan gestionar mejor el desplazamiento que exhibirá la estructura bajo los esfuerzos provocados por las cargas graduales monótonas actuantes. Dicho punto suele establecerse próximo de los centros de masas del último piso para mejorar la visualización, aunque si se colocara en otro lugar, no se produciría una diferencia significativa si no se utilizará este criterio.

En la Figura 59 se presenta la ubicación del punto de monitoreo para el análisis en el sentido X-X en vista 3D.

**Figura 59**

*Ubicación del punto de monitoreo para el análisis en el sentido X-X en vista 3D*

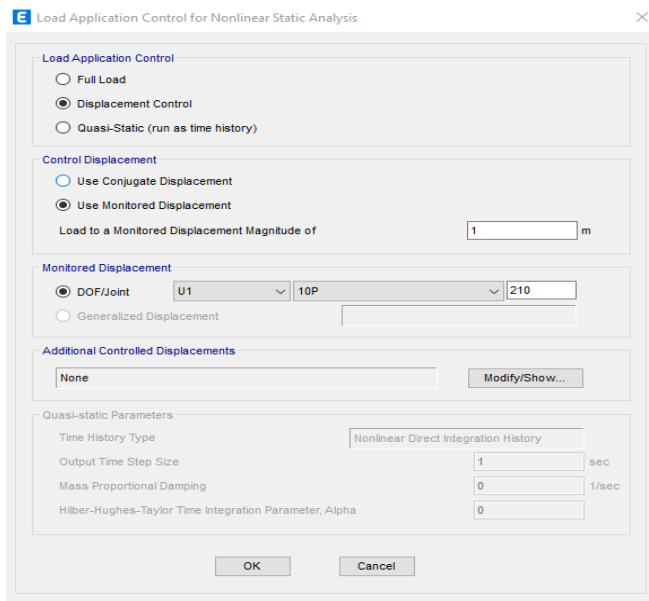


*Nota.* Elaboración propia

El punto de monitoreo o de control en el sentido de análisis X-X se encuentra asignado como Label 210, en la parte izquierda de la placa PL-17 del nivel 10, este punto de monitoreo es introducido en el software Etabs v.20.0 en el patrón de cargas laterales PUSHOVER X y se introduce el desplazamiento de monitoreo en el sentido X-X, como se exhibe en la Figura 60.

**Figura 60**

*Asignación del punto de monitoreo en el sentido X-X*

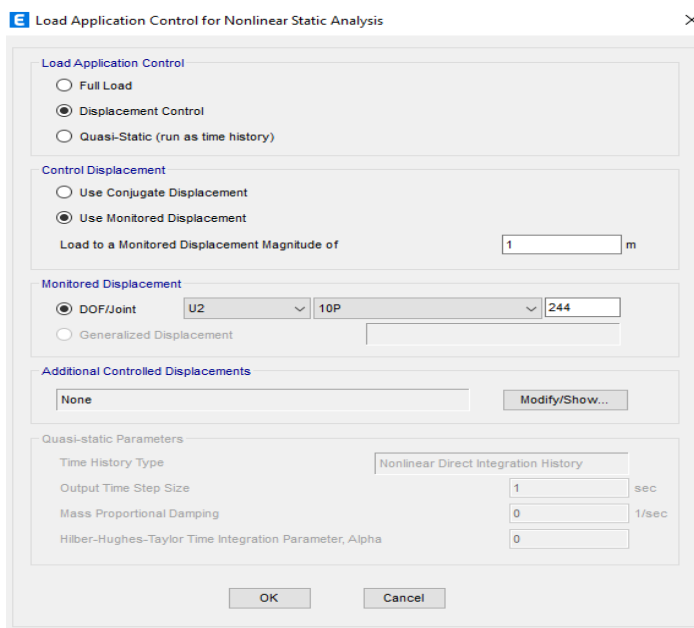


*Nota.* Elaboración propia

El punto de monitoreo en el sentido de análisis Y-Y se encuentra asignado como Label 244, en la columna C-2 del nivel 10, este punto de monitoreo es introducido en el software Etabs v.20.0 en el patrón de cargas cíclicas PUSHOVER Y se introduce el desplazamiento de monitoreo en el sentido Y-Y, como se exhibe en la Figura 61.

**Figura 61**

*Asignación del punto de monitoreo en el sentido Y-Y*



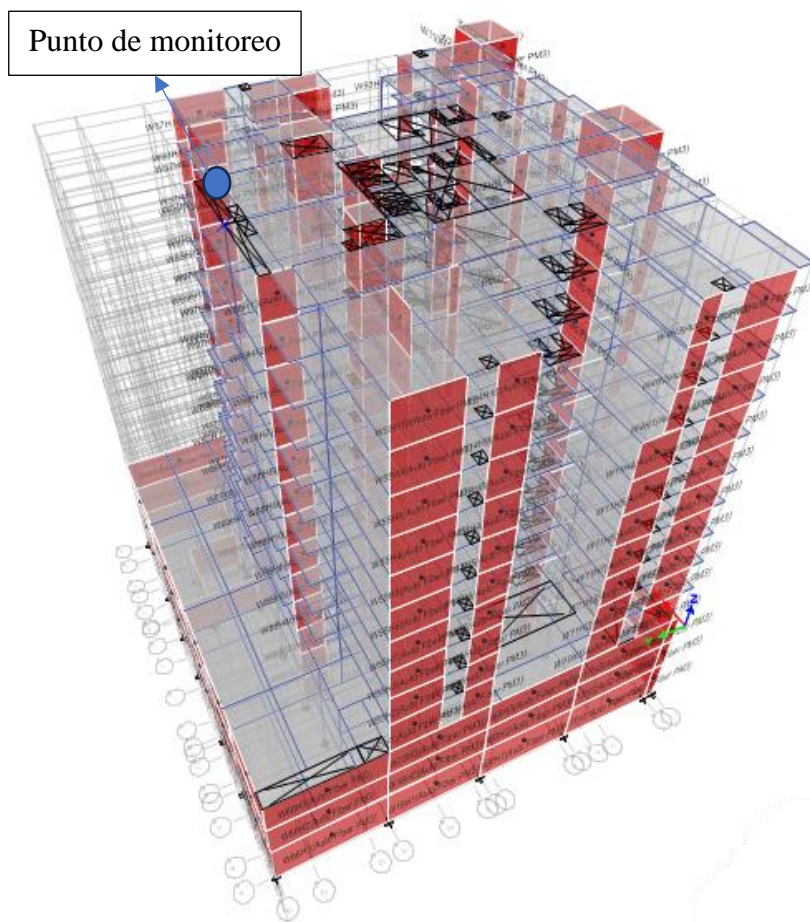
*Nota.* Elaboración propia



En la Figura 62 se presenta la Ubicación del punto de monitoreo para el análisis en el sentido Y-Y en vista 3D.

### Figura 62

*Ubicación del punto de monitoreo para el análisis en el sentido Y-Y en vista 3D*



*Nota.* Elaboración propia

#### **6.1.5. Resultados del Análisis Pushover**

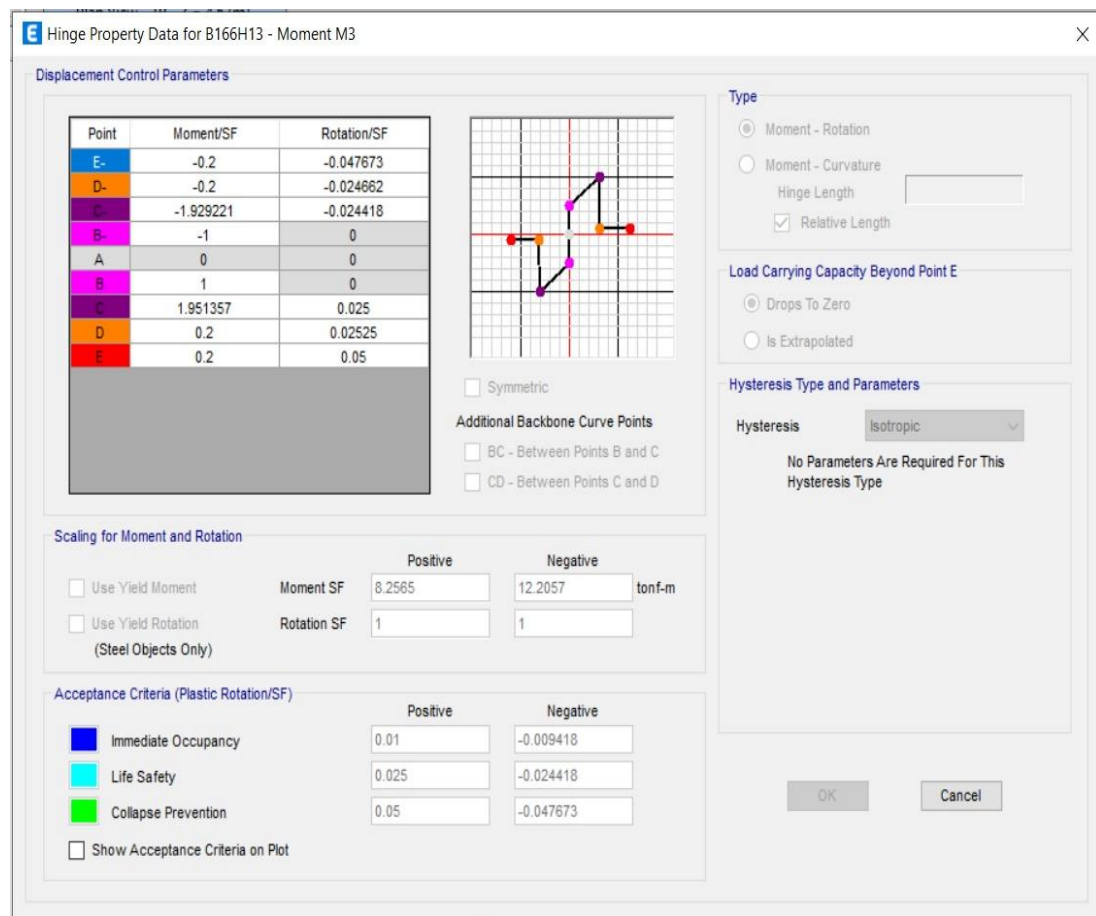
Para que el software Etabs realice un buen análisis de las rótulas plásticas es necesario colocar adecuadamente en cada elemento estructural su acero de refuerzo, debido a que el software Etabs realiza el cálculo en base a los aceros de refuerzo de cada elemento, los resultados se visualizan en la Figura 63.

A diferencia de las rótulas elaboradas a mano, el programa calcula de forma automática los momentos positivos y negativos que se producen en cada elemento estructural en sus extremos y se calcula el desempeño de la rótula plástica. Los muros estructurales y

columnas se someterán al mismo procedimiento que se utiliza para las vigas. Por otra parte, podemos ver la creación de rótulas plásticas a medida que las cargas aumentan de forma monótonica gracias al programa Etabs v20.0. Las cargas aumentan, lo que nos permite evaluar las respuestas y los comportamientos tanto de los componentes individuales como de toda la estructura.

**Figura 63**

*Creación automática de las rótulas plásticas para vigas*



*Nota.* Elaboración propia

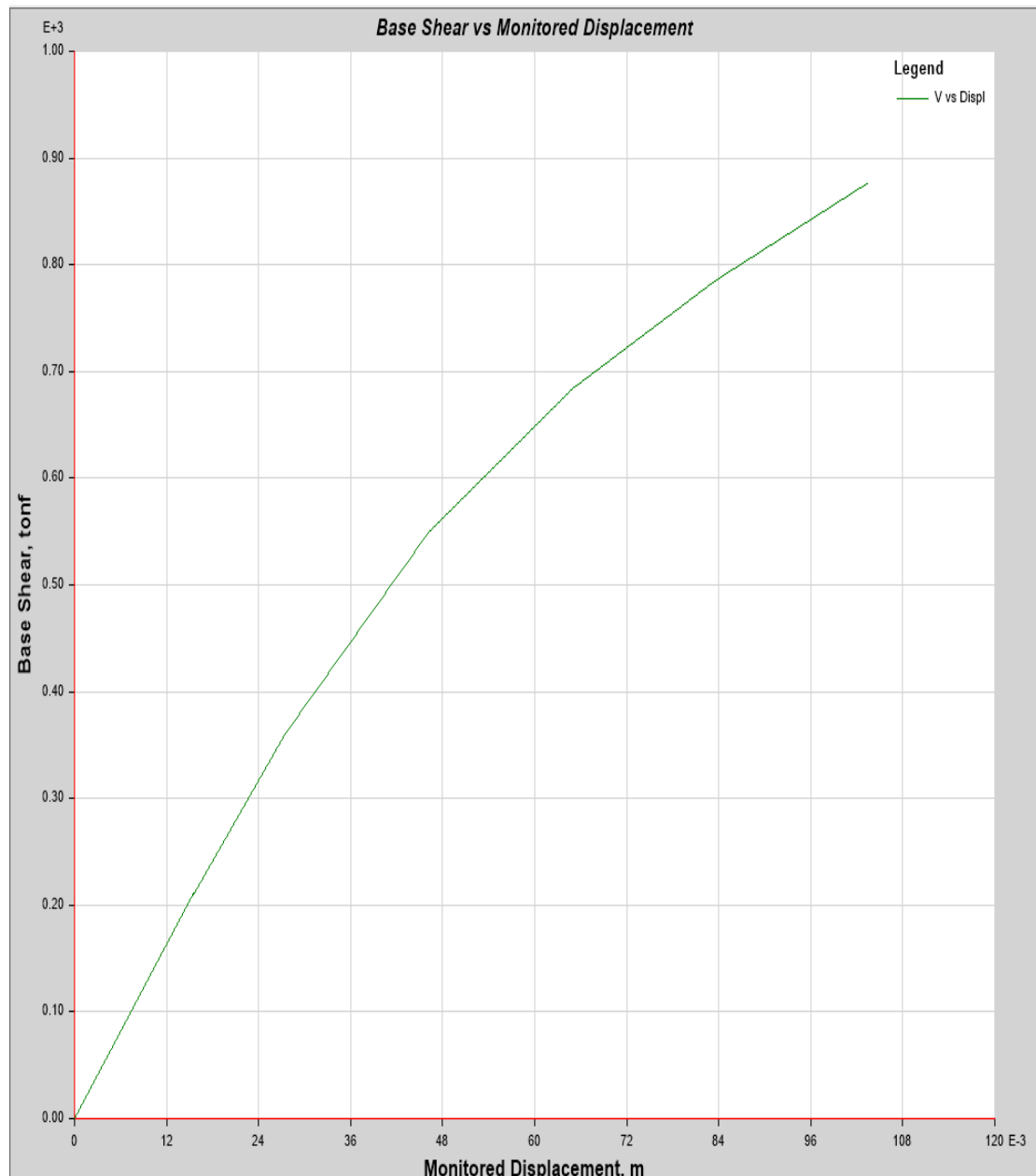
### **6.1.6. Curva Pushover y Punto de Interés**

La Curva Pushover representa el resultado del análisis no lineal Pushover. Esta curva nos muestra los desplazamientos del edificio en función de cargas incrementales. No hay pérdida de capacidad perceptible en la curva Pushover en el sentido X ni en el sentido Y. Las Figuras 64 y 65 ilustran que, dado que la fuerza cortante que ejerce en la dirección X es mayor que la que ejerce en la dirección Y, la curva Pushover en el sentido Y presenta más desplazamientos que la curva Pushover en el sentido X.

El programa Etabs v20.0 nos dio la curva Pushover para la edificación en el sentido X. El desplazamiento máximo es de 0.103 m, con una fuerza cortante de 875.96 tonf.

**Figura 64**

*Curva de capacidad en dirección X-X.*



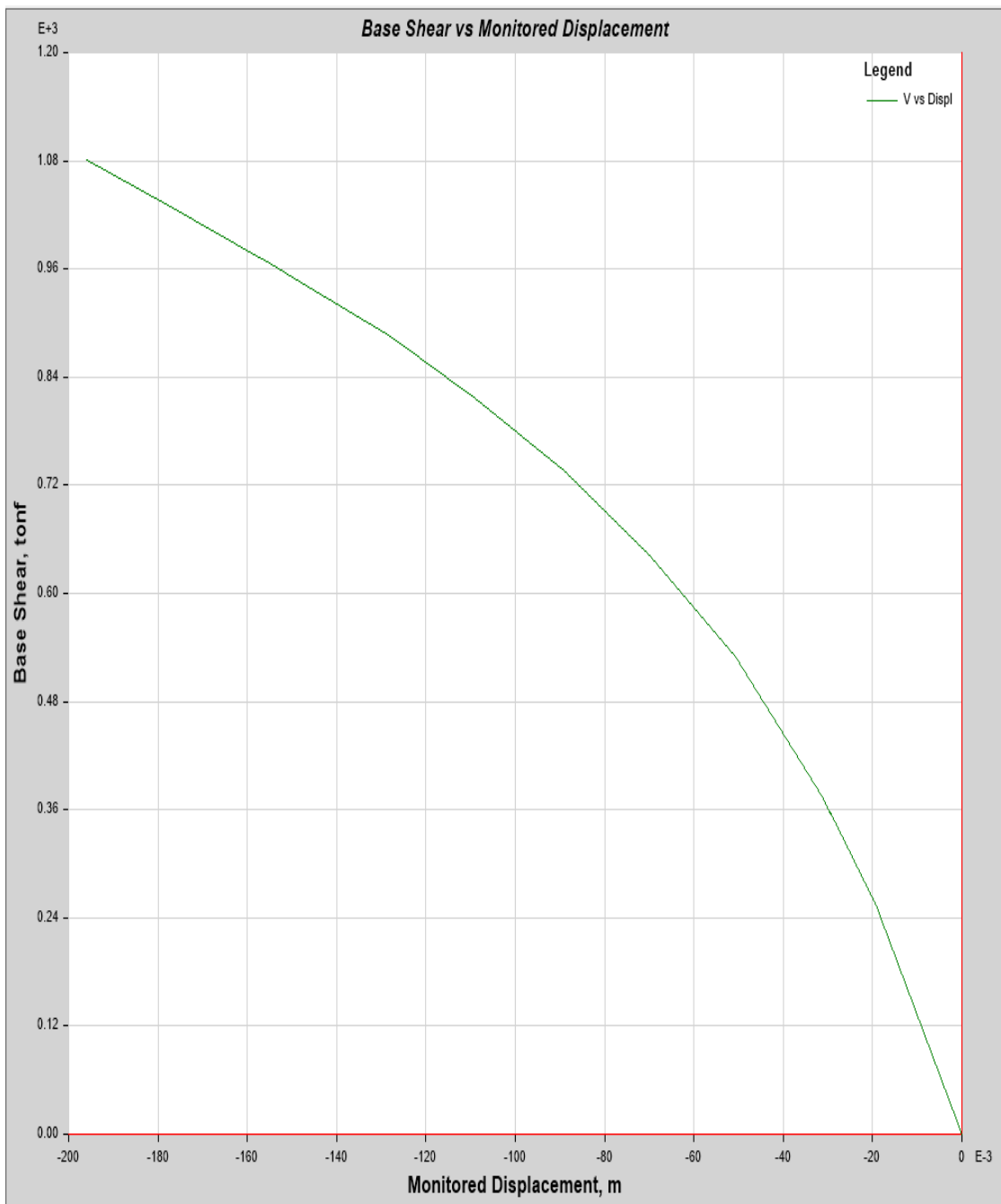
*Nota.* Elaboración propia

El programa Etabs v20.0 nos dio la curva Pushover de la edificación en el sentido Y. El desplazamiento máximo es de -0.196m, con una fuerza cortante de 1080.74 tonf.



**Figura 65**

*Curva de capacidad en el sentido Y-Y*

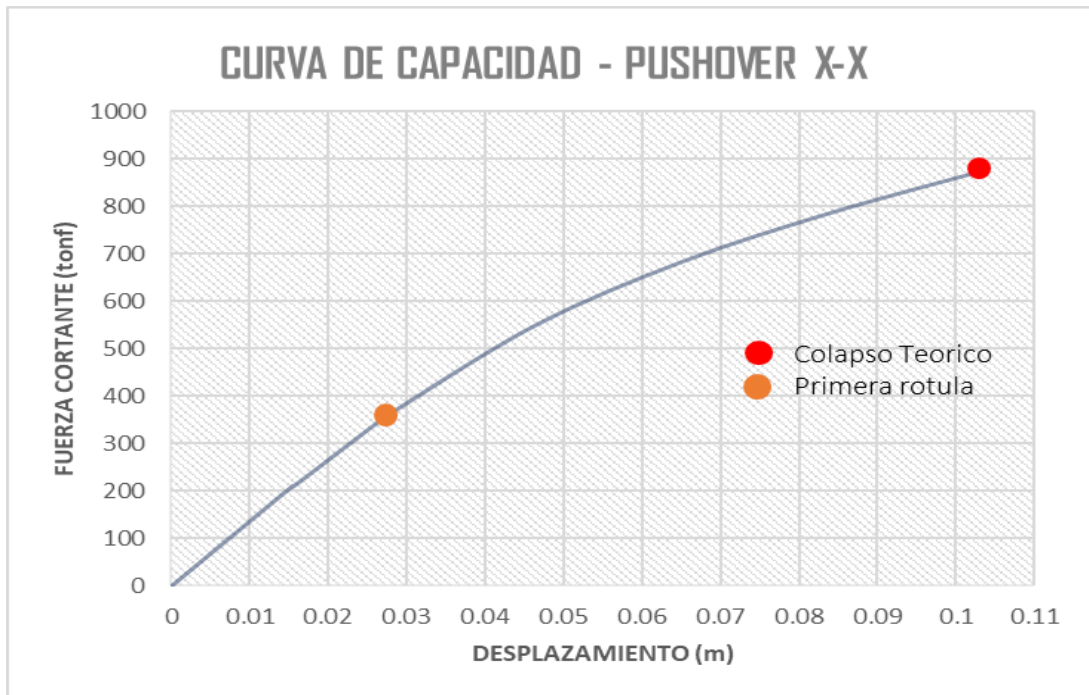


*Nota.* Elaboración propia

Las Figuras 66 y 67 nos muestran las curvas PushOver del edificio en la direcciones X e Y.

**Figura 66**

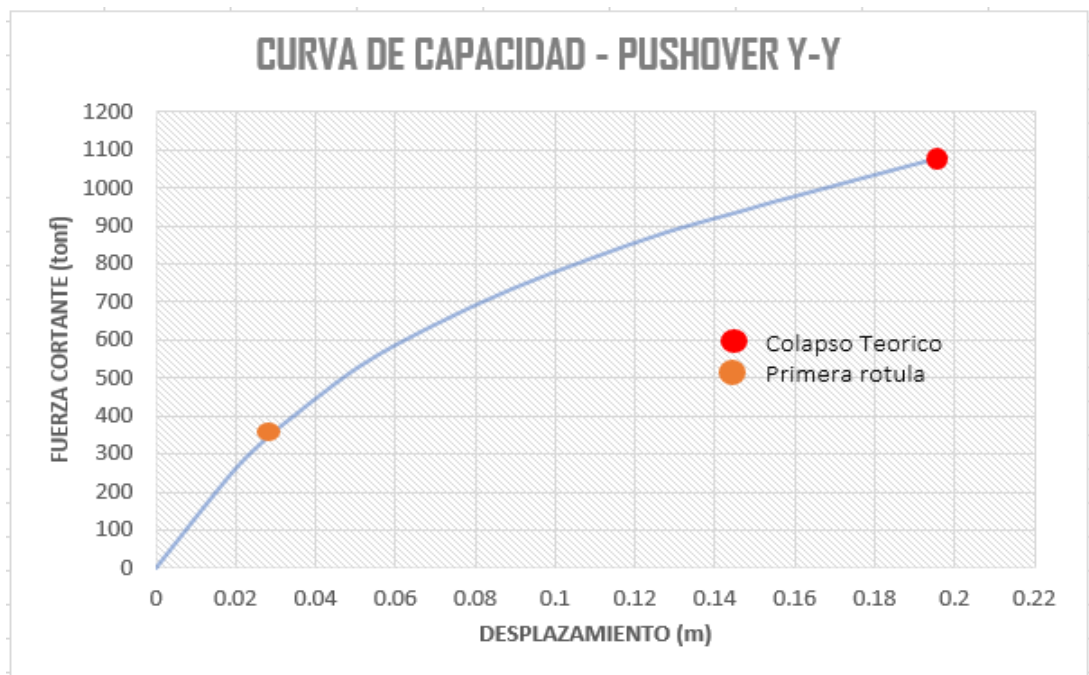
*Identificación de los puntos de interés para la Curva de Capacidad en dirección X*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 67**

*Identificación de los puntos de interés para la Curva de Capacidad en dirección Y.*



*Nota.* Elaboración propia

Los valores aproximados figuran en la Tabla 57 a continuación, una vez determinados los puntos representativos de la primera rótula y del colapso teórico.

**Tabla 57**

*Valores de los puntos de interés para las curvas de capacidad*

Sentido de Análisis	Punto de interés	V (tonf)	D (m)
X	Primera Rótula	360.23	0.027
	Colapso Teórico	875.96	0.103
Y	Primera Rótula	356.23	0.029
	Colapso Teórico	1080.74	0.196

*Nota.* Elaboración propia

Se obtuvo la sobre resistencia y la ductilidad del edificio en estudio mediante la siguiente expresión:

Dirección de Análisis X:

$$SR_{xx} = Vu / V1 \text{ rot} = 875.96/360.23 = 2.431$$

$$\mu_{xx} = Du / D1 \text{ rot} = 0.103/0.027 = 3.815$$

Dirección de Análisis Y:

$$SR_{yy} = Vu / V1 \text{ rot} = 1080.74/356.23 = 3.034$$

$$\mu_{yy} = Du / D1 \text{ rot} = 0.196/0.029 = 6.759$$

## 6.2. Desempeño Sísmico

Los resultados de la cuantificación de los puntos de rendimiento del edificio se determinaron utilizando el enfoque del espectro de capacidad FEMA 440 y el método del coeficiente ASCE 41-17. A continuación se describe el enfoque del espectro de capacidad FEMA 440:

### 6.2.1. Método del Espectro de Capacidad (FEMA 440)

FEMA 440 describe el enfoque del espectro de capacidad, que es una interpretación de la curva Pushover en formato ADSR. Supone la confluencia del espectro de capacidad y un conjunto de curvas derivadas (véase la Figura 68). El ATC-40 propone el ADSR, representado en la Figura 68, utilizando las ecuaciones siguientes:

$$PF_i = \left( \frac{\sum_{i=1}^N \frac{(W_i \cdot \phi_i)}{g}}{\frac{(W_i \cdot \phi_i^2)}{g}} \right)$$

$$\alpha_i = \left( \frac{(\sum_{i=1}^N \frac{(W_i \cdot \phi_i)}{g})^2}{\left( \sum_{i=1}^N \frac{W_i}{g} \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^N \frac{(W_i \cdot \phi_i^2)}{g} \right)} \right)$$

$$S_\alpha = \frac{V}{W \cdot \alpha_1}$$

$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF_i \cdot \phi_{roofi}}$$

Donde:

“PF1: Factor de participación modal del modo predominante (modo 1)”

“ $\alpha_1$ : Coeficiente de masa modal para el modo predominante (modo 1)”

“ $w_i/g$ : Masa asignada al nivel i”

“ $\phi_i$ : Amplitud del modo predominante (modo 1) en el nivel i”

“N: Nivel más alto de la estructura del edificio”

“V: Cortante basal (Asociado a la curva de capacidad)”

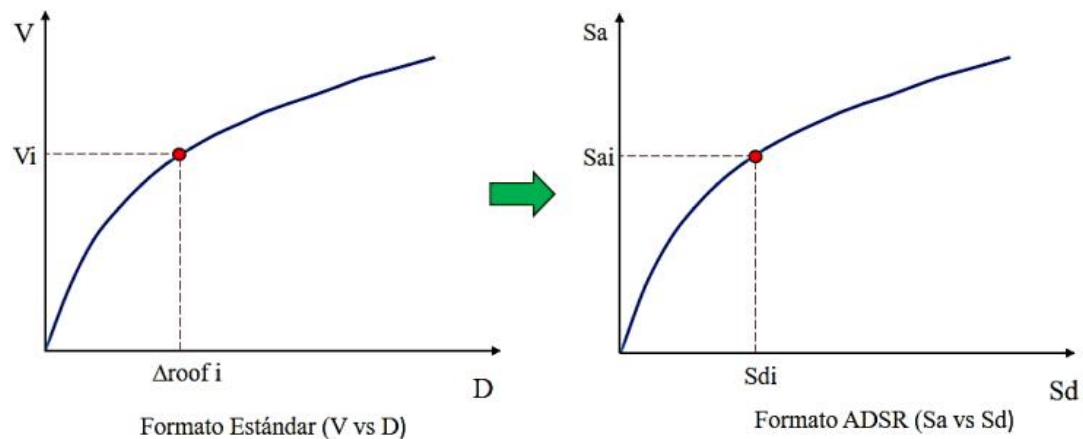
“W: Peso Sísmico de la estructura (100%D + 25%L)”

“ $S_a$ : Aceleración espectral”

“ $S_d$ : Desplazamiento espectral”

### Figura 68

Identificación de los puntos de interés para la Curva Pushover en sentido Y.



Nota. ATC-40 (1996)

De forma similar a cómo se cambió la curva Pushover del formato estándar al formato ADSR, el espectro de respuesta elástica se traduce dividiendo el desplazamiento espectral (Sd) por el periodo (T).

a) Espectro de Capacidad

Se procede a la transformación, realizando el cálculo del coeficiente de masa modal  $\alpha_i$  y el factor de la participación modal FP1, tal como se detalla en la Tabla 58 y 59:

**Tabla 58**

*$\alpha_i$  y FP1 para el sentido de análisis X-X*

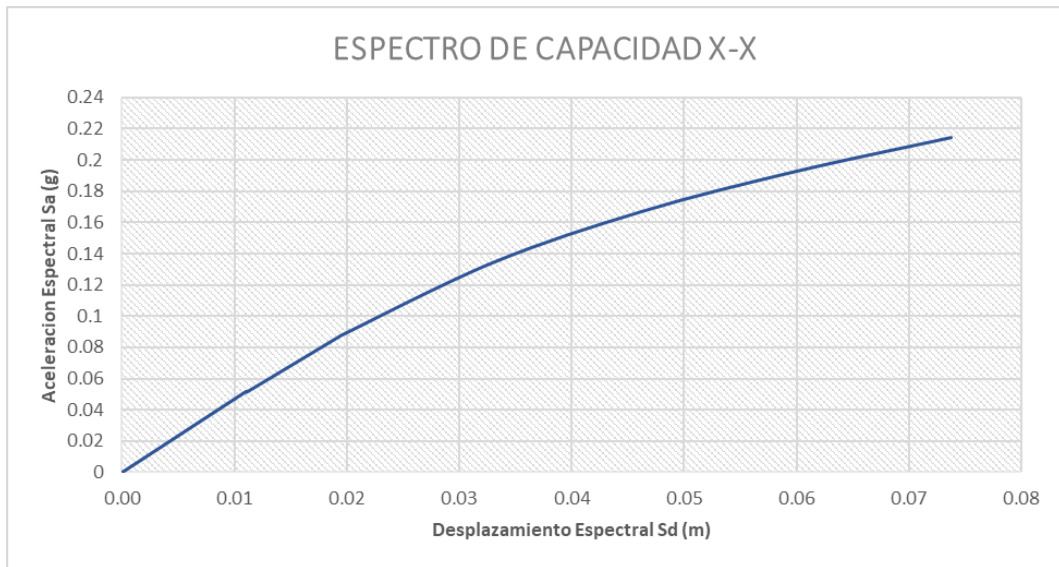
Nivel	Mi	$\phi_i$	Mi $\phi_i$	Mi $\phi_i^2$	PF1	$\alpha_i$
10P	57.19216	0.104088	5.9530	0.6196		
9P	44.92767	0.095720	4.3005	0.4116		
8P	50.5768	0.086528	4.3763	0.3787		
7P	54.68819	0.076465	4.1817	0.3198		
6P	55.07805	0.065550	3.6104	0.2367	13.4726	0.5300
5P	55.07805	0.053916	2.9696	0.1601		
4P	55.07805	0.041869	2.3061	0.0966		
3P	55.07805	0.029811	1.6419	0.0489		
2P	55.46853	0.018285	1.0142	0.0185		
1P	58.09776	0.007797	0.4530	0.0035		
1SS	71.67524	0.000769	0.0551	0.0000		
1S	83.04085	0.000358	0.0297	0.0000		
2S	89.68365	0.000180	0.0161	0.0000		
$\Sigma$	785.66305		30.9077	2.2941		

*Nota.* Elaboración propia

Obteniendo el FP1 y  $\alpha$ , se procede a graficar la curva de espectro de capacidad (Sa-Sd), las cuales se representan en las Figuras 69 en el sentido de análisis X-X y la Figura 70 en el sentido de análisis Y-Y.

**Figura 69**

*Espectro de Capacidad para el sentido X-X.*



*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 59**

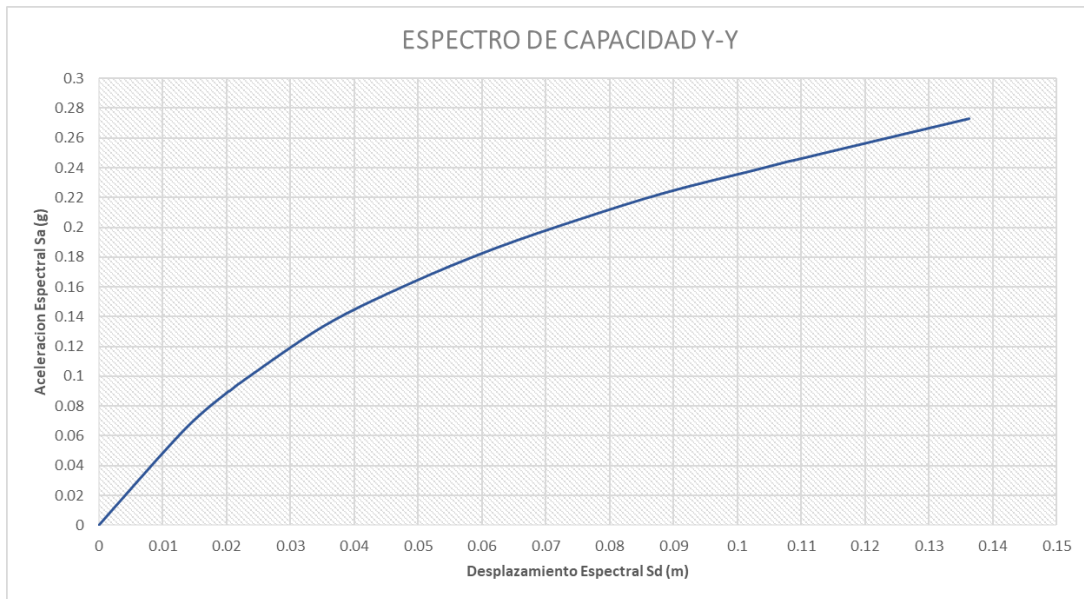
*α1 y FPI para el sentido de análisis Y-Y*

Nivel	Mi	Øi	MiØi	MiØi <sup>2</sup>	PF1	α1
10P	57.19216	-0.198761	-11.3676	2.2594		
9P	44.92767	-0.178833	-8.0346	1.4368		
8P	50.5768	-0.158356	-8.0091	1.2683		
7P	54.68819	-0.137317	-7.5096	1.0312		
6P	55.07805	-0.115795	-6.3778	0.7385	-7.2317	0.5134
5P	55.07805	-0.094034	-5.1792	0.4870		
4P	55.07805	-0.072305	-3.9824	0.2879		
3P	55.07805	-0.050990	-2.8084	0.1432		
2P	55.46853	-0.030527	-1.6933	0.0517		
1P	58.09776	-0.011767	-0.6836	0.0080		
1SS	71.67524	-0.000939	-0.0673	0.0001		
1S	83.04085	-0.000481	-0.0399	0.0000		
2S	89.68365	-0.000226	-0.0203	0.0000		
Σ	785.66305		-55.7731	7.7123		

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 70**

*Espectro de Capacidad para el sentido Y-Y.*



*Nota.* Elaboración propia

b) Punto de Desempeño

El punto de desempeño se calculó para cada nivel sísmico de acuerdo con la Tabla 60 utilizando la aplicación Etabs V.20.

**Tabla 60**

*Punto de Desempeño por el Método del Espectro de Capacidad*

Dirección de Análisis	Sismo	V (Tonf)	Dp (m)
X-X	Frecuente	339.826	0.0258
	Ocasional	431.798	0.0346
	Raro	738.821	0.0751
	Muy Raro	848.556	0.097
Y-Y	Frecuente	703.407	0.083
	Ocasional	843.264	0.116
	Raro	1241.262	0.247
	Muy Raro	1277.835	0.329

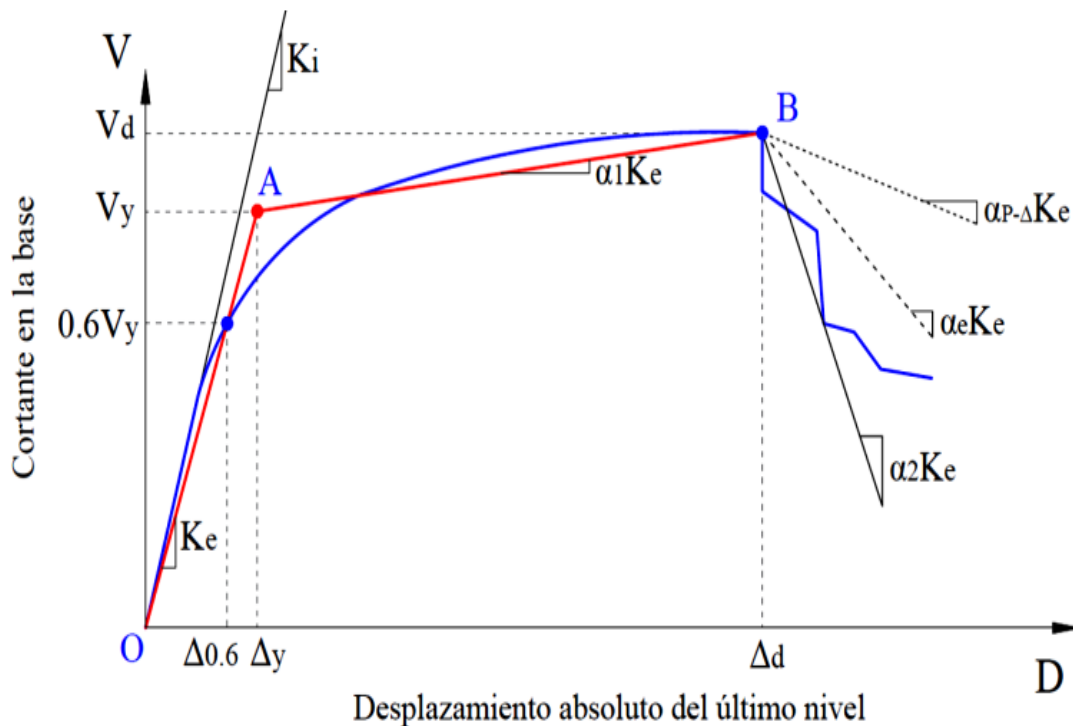
*Nota.* Elaboración propia

### 6.2.2 Método de los Coeficientes (ASCE/SEI 41-17)

Como se ve en la Figura 71, la energía disipada se representa igualando el área bajo la curva con el área de la representación bilineal, que es como se representa la curva Pushover utilizando el método de los coeficientes.

**Figura 71**

*Representación bilineal de la curva de capacidad*



Nota. FEMA 440, 2005

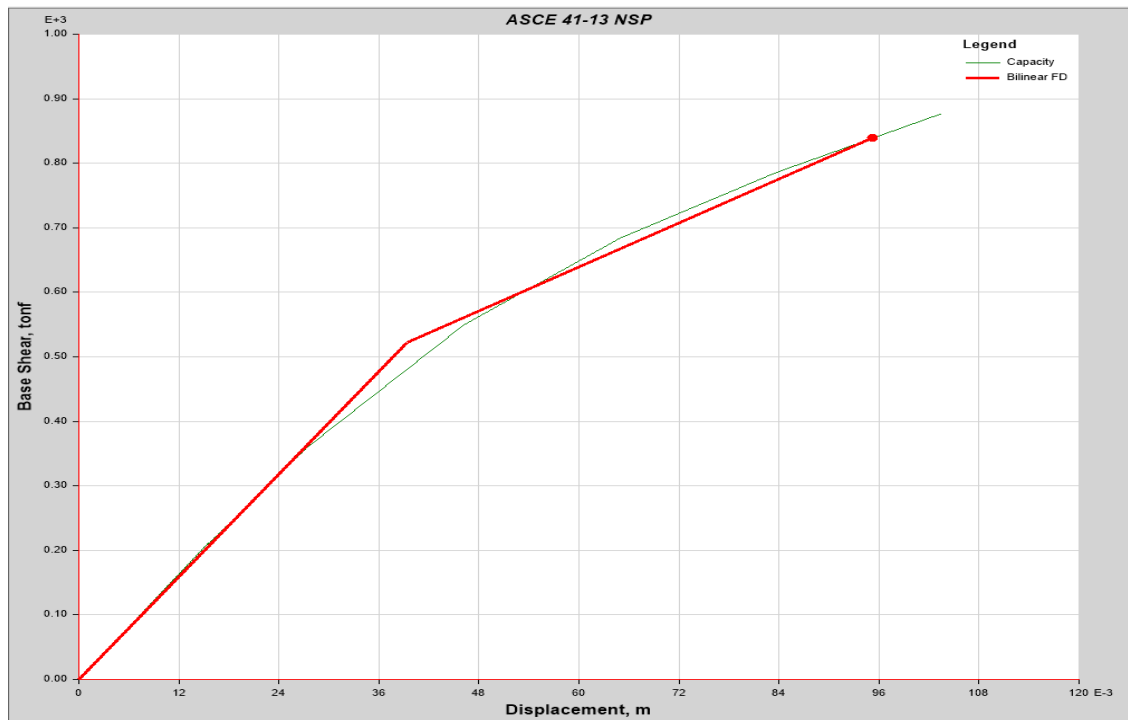
#### a) Representación Bilineal de la Curva Capacidad

La representación bilineal de la Curva Pushover facilita la comprensión del desempeño no lineal de la estructura. Fue desarrollada por primera vez por FEMA 440 y ASCE/SEI 41-17 para un uso específico en la evaluación del comportamiento cíclico de edificios existentes después de haber sido introducida por primera vez por FEMA 356, como se presenta en la Figura 72 y 73.



**Figura 72**

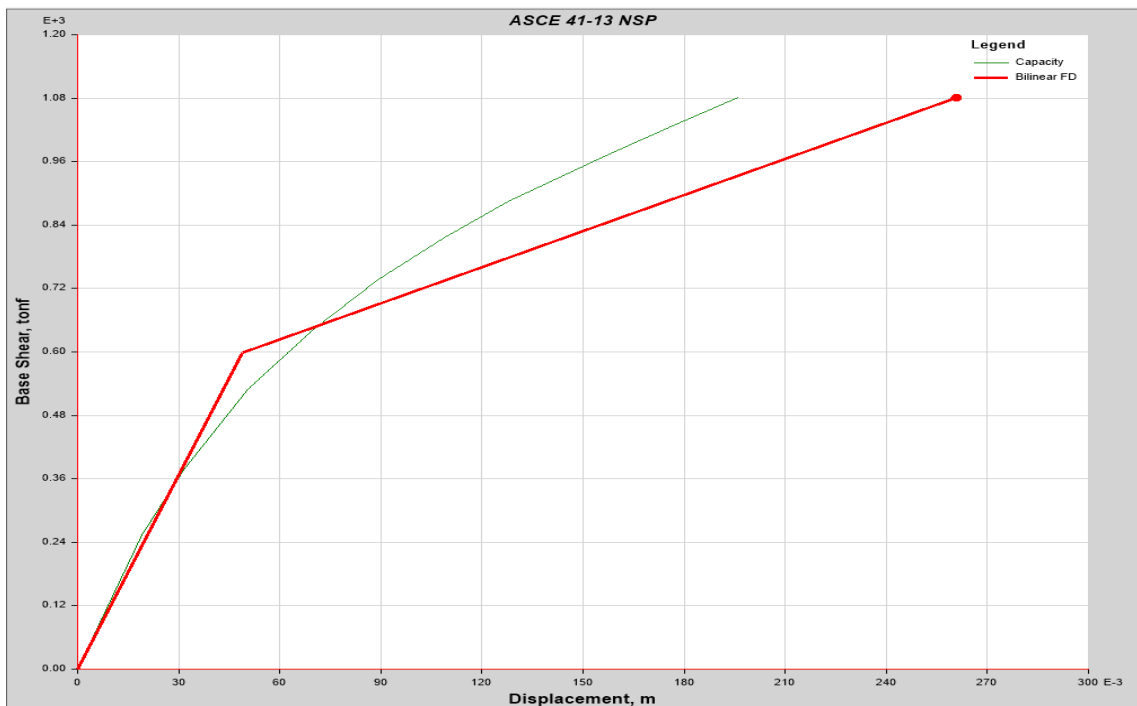
*Representación bilineal de la curva en Sentido X-X*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 73**

*Representación bilineal de la curva en Sentido Y-Y.*



*Nota.* Elaboración propia

b) Punto de Desempeño

Se calculó para cada nivel de sismo el punto de desempeño con el software Etabs V.20 según Tabla 61.

**Tabla 61**

*Punto de Desempeño por el Método de los Coeficientes (ASCE/SEI 41-17)*

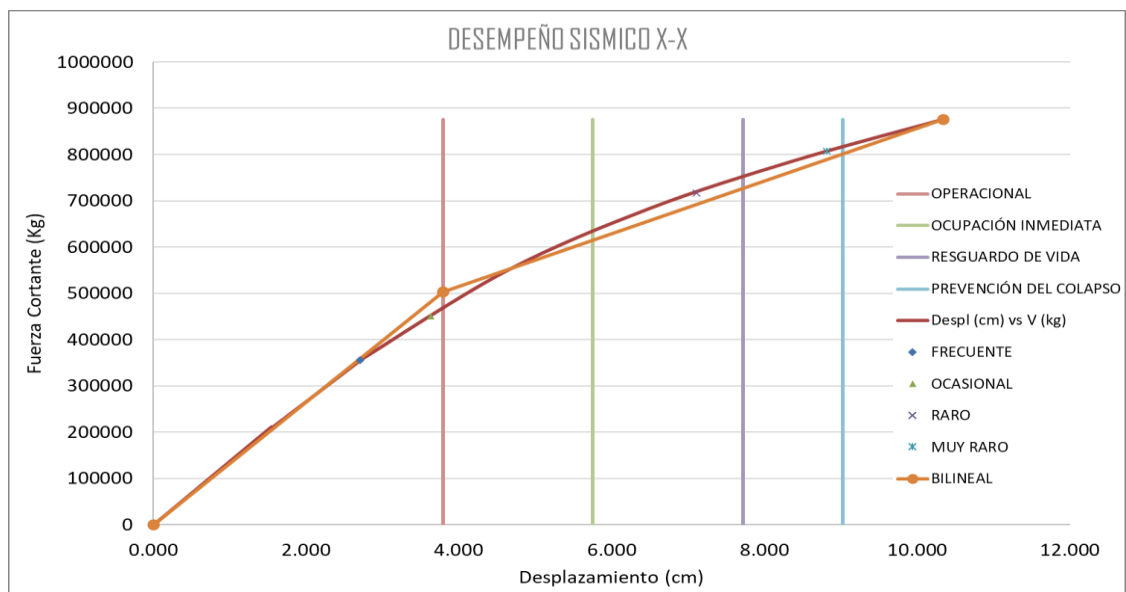
Dirección de Análisis	Sismo	V (Tonf)	Dp (m)
X-X	Frecuente	355.013	0.027
	ocasional	449.753	0.036
	Raro	717.108	0.071
	Muy Raro	806.559	0.088
Y-Y	Frecuente	594.369	0.062
	ocasional	713.195	0.085
	Raro	1048.850	0.18
	Muy Raro	1080.736	0.23

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 74 y 75 se representa el desempeño sísmico de la estructura en el Sentido X.

**Figura 74**

*Gráfica de desempeño sísmico en el sentido de análisis X-X por el Método de los Coeficientes*



*Nota.* Elaboración propia

### Figura 75

Nivel de desempeño sísmico en el sentido de análisis X-X por el Método de los Coeficientes

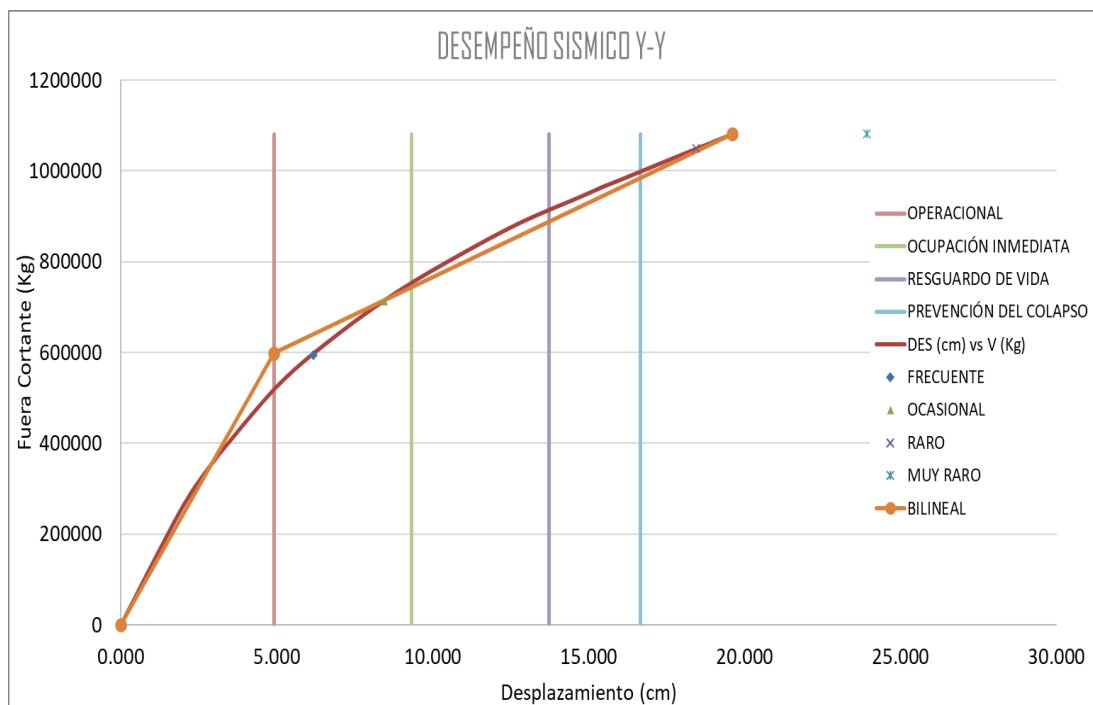
Nivel de Desempeño de la Estructura - Dirección X-X						¿Cumple objetivo de Desempeño?
Sismos de Diseño	Nivel de Amenaza Sísmica	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso	
<b>Frecuente</b>	43 años					Si
<b>Ocasional</b>	72 años					Si
<b>Raro</b>	475 años					Si
<b>Muy Raro</b>	970 años					Si

Nota. Elaboración propia

En la Figura 76 y 77 se representa el desempeño sísmico de la estructura en el Sentido Y.

### Figura 76

Gráfica de desempeño sísmico en el sentido de análisis Y-Y por el Método de los Coeficientes



Nota. Elaboración propia

## Figura 77

Nivel de desempeño sísmico en el sentido de análisis Y-Y por el Método de los Coeficientes.

Nivel de Desempeño de la Estructura - Dirección Y-Y						
Sismos de Diseño	Nivel de Amenaza Sísmica	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso	¿Cumple objetivo de Desempeño?
Frecuente	43 años					Si
Ocasional	72 años					Si
Raro	475 años					No
Muy Raro	970 años					No

Nota. Elaboración propia

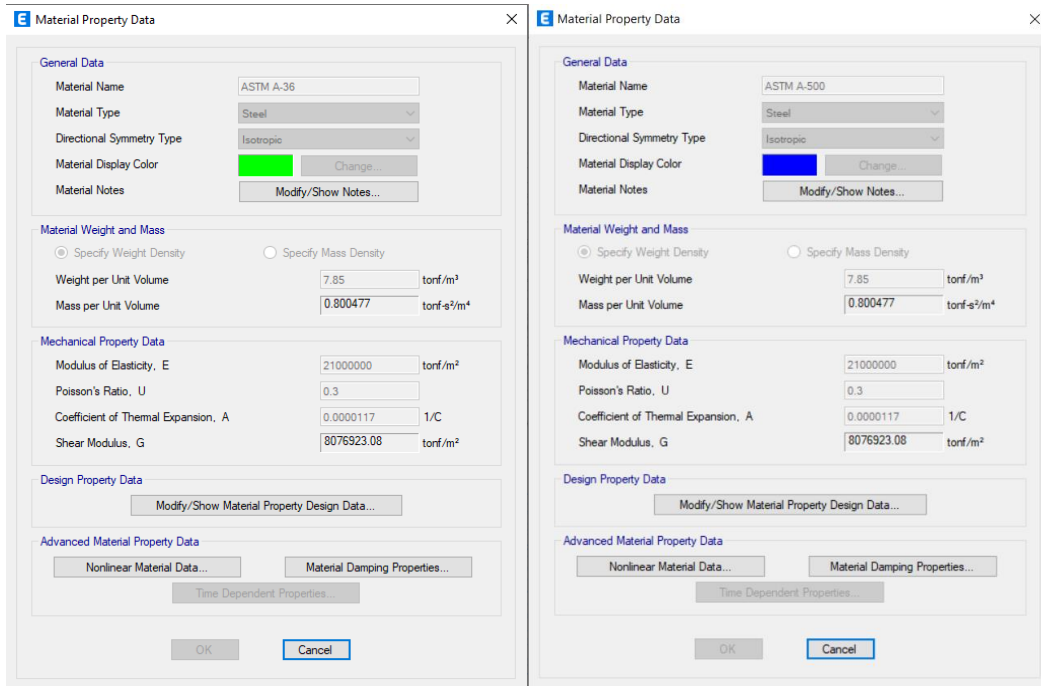
### 6.3. Propuesta de reforzamiento

Los arriostramientos metálicos distribuyen la carga en cualquier posición transfiriendo la tensión de las cargas a través de los muros de un arriostramiento al siguiente. Independientemente del tamaño del edificio, la estructura tiene que adoptar la capacidad de resistir cualquier tipo de cargas estructurales previstas para evitar el colapso.

El arriostramiento concéntrico se refiere a una conexión entre los extremos del arriostramiento y el nudo o unión de las placas. Al utilizar arriostramientos concéntricos, podemos hacer que la estructura sea más rígida y disminuir las distorsiones de entrepiso. Se consideró solo en el eje de análisis Y-Y riostras en forma de X para cada nivel. Además, se consideró la utilización de un perfil metálico W24x103 para los ductos grandes y para los ductos pequeños se consideró perfil cuadrado de 8"x8"x3/8" para los arriostramientos metálicos. En la Figura 78 se puede observar las propiedades del material empleados para el reforzamiento, además se puede visualizar las secciones de los arriostres metálicos considerados en las Figuras 79 y 80.

**Figura 78**

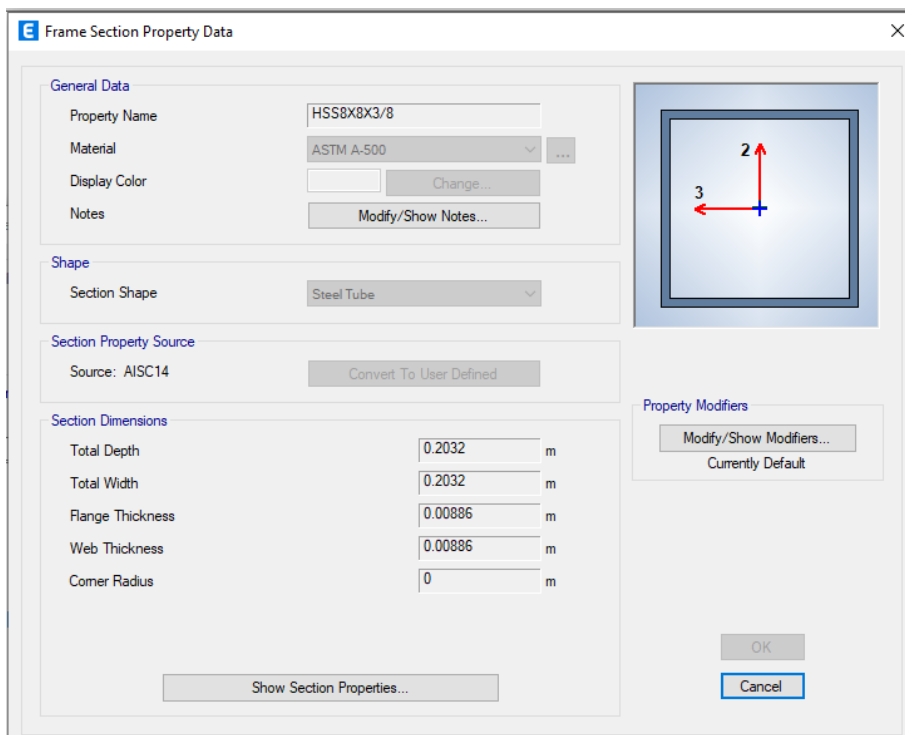
*Propiedades del acero estructural usado para los arriostres metálicos en Etabs v.20*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 79**

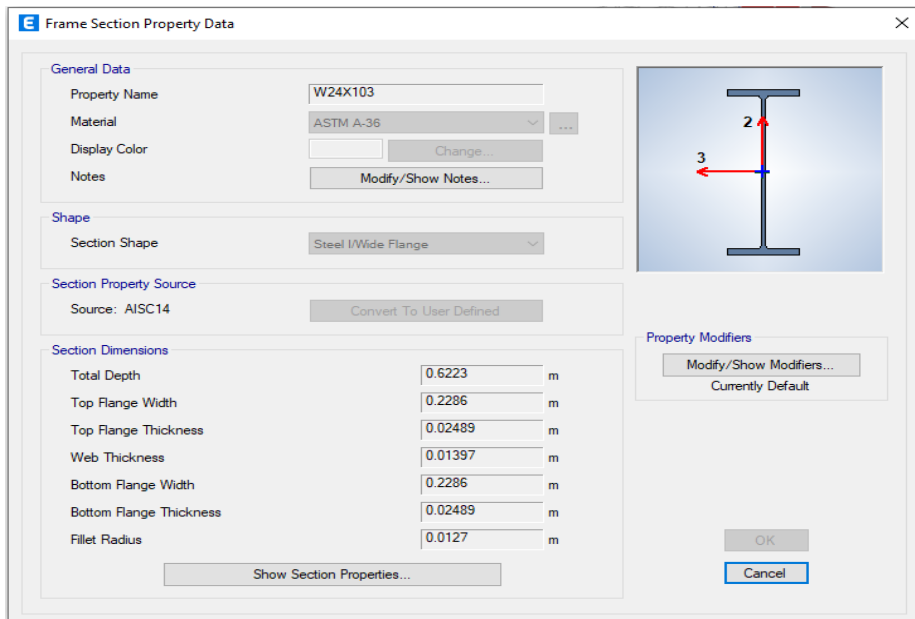
*Sección de acero HSS 8X8X3/8 usado para los arriostres metálicos en Etabs v.20*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 80**

*Sección de acero W24X103 usado para los arriostres metálicos en Etabs v.20*

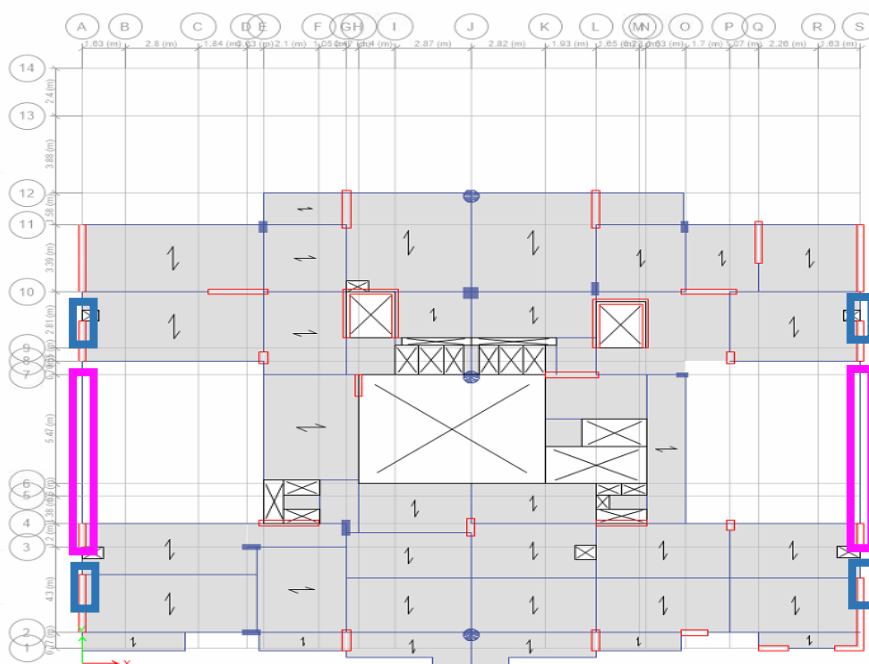


*Nota.* Elaboración propia

Después de definir el material y la sección del arrioste metálico se procede a realizar el modelamiento de los arriostres metálicos en la edificación en el programa Etabs v.20, mostrándose el esquema del modelado en la Figura 81, 82 y 83.

**Figura 81**

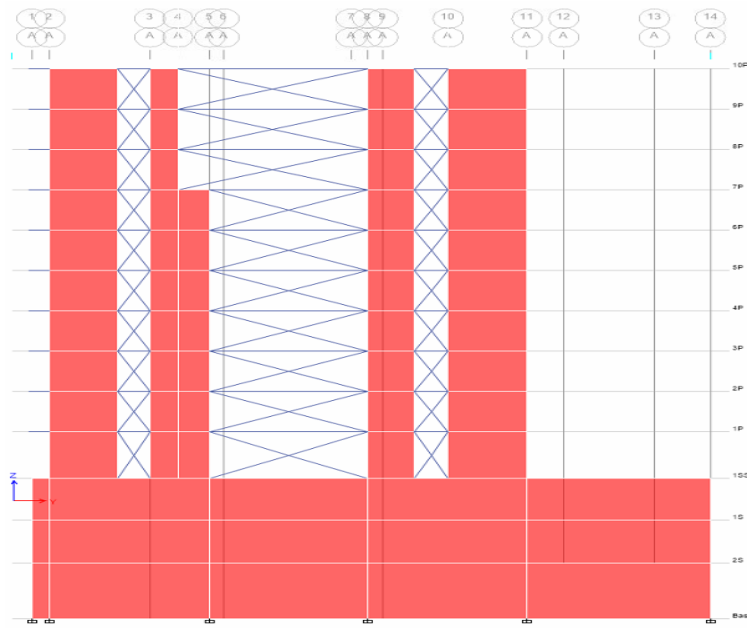
*Ubicación de arriostres metálicos vista en planta en Etabs v.20*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 82**

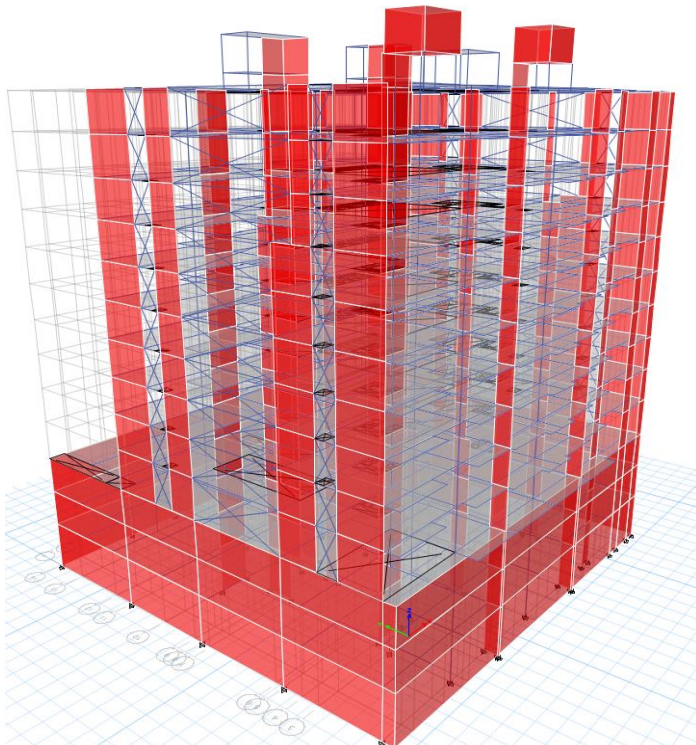
*Elevación del edificio multifamiliar Talara con reforzamiento de arriostres metálicos en Etabs v.20*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 83**

*Edificio multifamiliar Talara con reforzamiento de arriostres metálicos en Etabs v.20*



*Nota.* Elaboración propia

### 6.3.1. Respuesta sísmica implementado arriostres metálicos

Se visualiza que las distorsiones de entrepiso en el eje Y-Y están dentro del límite máximo definido en la NTP E.030 para todos los niveles, como se muestra en la Tabla 62 y en la Figura 84.

**Tabla 62**

*Distorsiones de entrepiso en el sentido de análisis Y-Y con reforzamiento de arriostres metálicos*

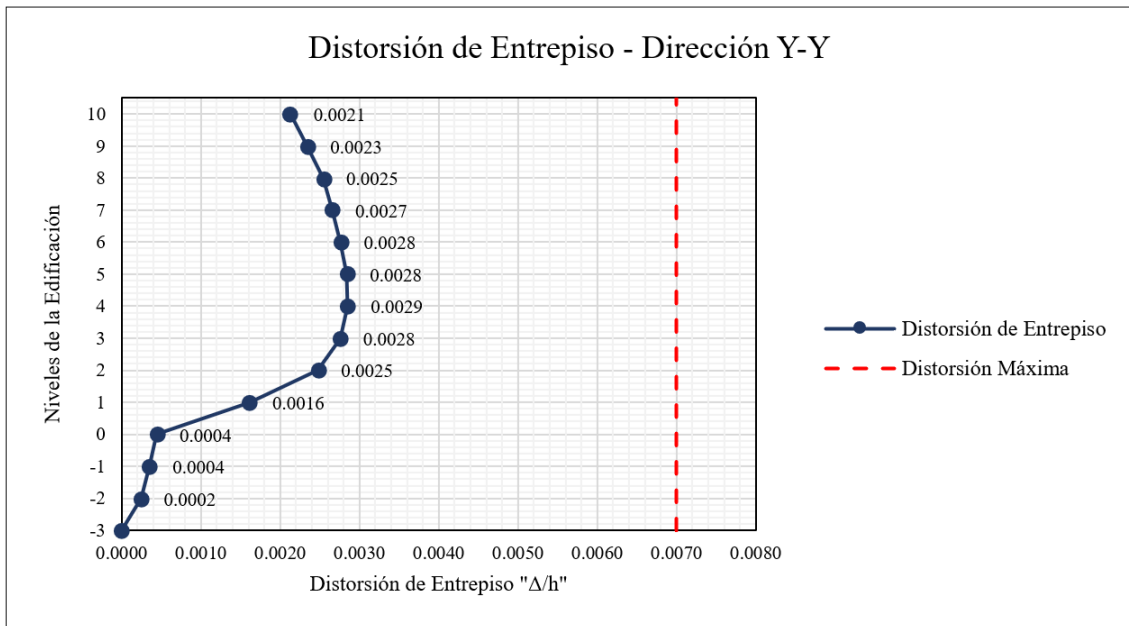
Análisis en Sentido Y-Y					
N° de Piso	Norma E.030 Artículo 31		Altura "h" (m)	Distorsión de Entrepiso	Verificación de Deriva
	$\Delta$ absoluto (m)	$\Delta$ relativo (m)			
10	0.0712	0.0058	2.70	0.0021	Si Cumple
9	0.0655	0.0063	2.70	0.0023	Si Cumple
8	0.0591	0.0069	2.70	0.0025	Si Cumple
7	0.0523	0.0072	2.70	0.0027	Si Cumple
6	0.0451	0.0075	2.70	0.0028	Si Cumple
5	0.0376	0.0077	2.70	0.0028	Si Cumple
4	0.0300	0.0077	2.70	0.0029	Si Cumple
3	0.0223	0.0074	2.70	0.0028	Si Cumple
2	0.0148	0.0067	2.70	0.0025	Si Cumple
1	0.0081	0.0050	3.10	0.0016	Si Cumple
1SS	0.0031	0.0012	2.80	0.0004	Si Cumple
1S	0.0019	0.0010	2.85	0.0004	Si Cumple
2S	0.0009	0.0009	3.75	0.0002	Si Cumple

Nota. Elaboración propia



**Figura 84**

*Distorsión máxima de entrepiso-Dirección Y-Y con reforzamiento de arriostres metálicos*



*Nota.* Elaboración propia

## CAPÍTULO VII: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados logrados en esta investigación sostuvieron como propósito lograr los objetivos e hipótesis establecidas, para lo cual el desarrollo específico se estableció a partir del capítulo 5, y revelando detalladamente en los anexos señalados líneas arriba. Por lo cual se procede a mostrar los resultados logrados en la presente investigación.

### 7.1. Resultados del análisis sísmico lineal

Los valores de las distorsiones entrepiso y la confirmación de anomalías de acuerdo con la norma E-030 de RNE Diseño Sismorresistente son los resultados más pertinentes del análisis lineal. En consecuencia, a continuación, se resumen los resultados obtenidos:

#### 7.1.1. Verificación de las distorsiones de entrepiso

Según las Tablas 63 y 64 correspondientes a las distorsiones de entrepiso para los sentidos X e Y respectivamente, se puede visualizar que se sitúan dentro del límite máximo de distorsión establecido por la norma E-030 del RNE.

**Tabla 63**

*Distorsiones de entrepiso en el sentido de análisis X-X*

Análisis en Sentido X-X					
N° de Piso	Norma E.030 Artículo 31		Altura "h" (m)	Distorsión de Entrepiso	Verificación de Deriva
	$\Delta$ absoluto (m)	$\Delta$ relativo (m)			
10	0.1385	0.0108	2.70	0.0040	Si Cumple
9	0.1277	0.0119	2.70	0.0044	Si Cumple
8	0.1158	0.0132	2.70	0.0049	Si Cumple
7	0.1026	0.0144	2.70	0.0053	Si Cumple
6	0.0882	0.0154	2.70	0.0057	Si Cumple
5	0.0728	0.0161	2.70	0.0060	Si Cumple
4	0.0568	0.0162	2.70	0.0060	Si Cumple
3	0.0406	0.0155	2.70	0.0057	Si Cumple
2	0.0251	0.0136	2.70	0.0050	Si Cumple
1	0.0115	0.0096	3.10	0.0031	Si Cumple
1SS	0.0019	0.0009	2.80	0.0003	Si Cumple
1S	0.0010	0.0005	2.85	0.0002	Si Cumple
2S	0.0005	0.0005	3.75	0.0001	Si Cumple
0	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	-

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 64**

*Distorsiones de entrepiso en el sentido de análisis Y-Y*

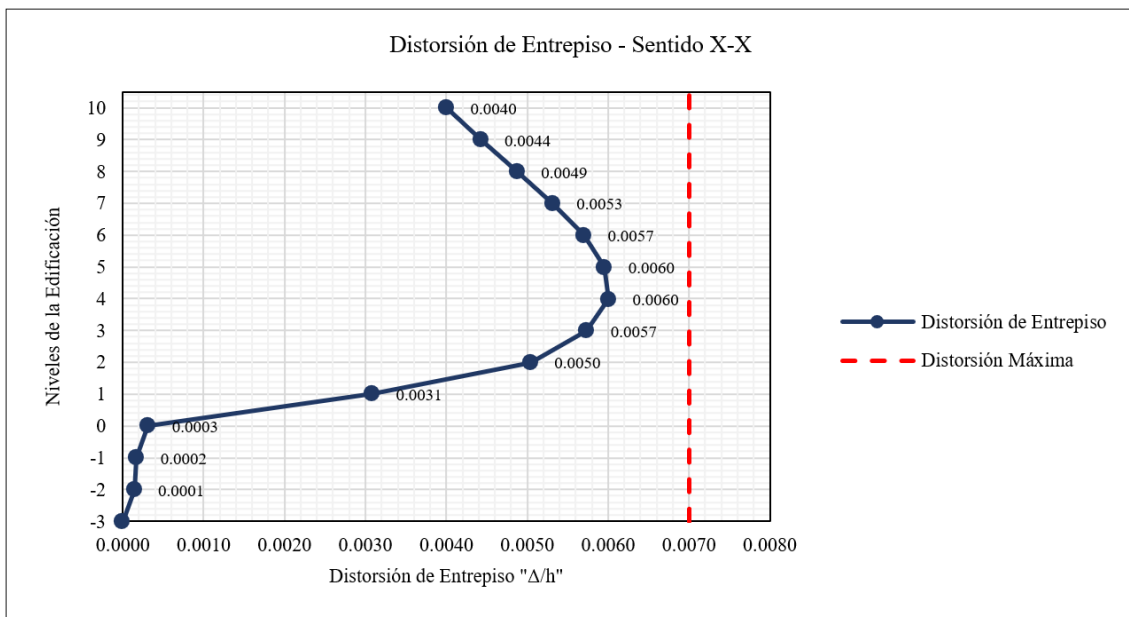
<b>Análisis en Sentido Y-Y</b>					
Nº de Piso	Norma E.030		Altura "h" (m)	Distorsión de Entrepiso	Verificación de Deriva
	$\Delta$ absoluto (m)	$\Delta$ relativo (m)			
10	0.1496	0.0145	2.70	0.0054	Si Cumple
9	0.1351	0.0154	2.70	0.0057	Si Cumple
8	0.1198	0.0163	2.70	0.0060	Si Cumple
7	0.1035	0.0171	2.70	0.0063	Si Cumple
6	0.0864	0.0175	2.70	0.0065	Si Cumple
5	0.0689	0.0175	2.70	0.0065	Si Cumple
4	0.0514	0.0166	2.70	0.0062	Si Cumple
3	0.0348	0.0148	2.70	0.0055	Si Cumple
2	0.0199	0.0116	2.70	0.0043	Si Cumple
1	0.0084	0.0067	3.10	0.0021	Si Cumple
1SS	0.0017	0.0007	2.80	0.0003	Si Cumple
1S	0.0010	0.0005	2.85	0.0002	Si Cumple
2S	0.0005	0.0005	3.75	0.0001	Si Cumple
0	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	-

*Nota.* Elaboración propia

En las Figuras 85 y 86 se exhiben la revisión de las distorsiones de entrepiso como resultado del análisis modal espectral presentadas, comprobando que estamos dentro del límite máximo de distorsión permisible establecido por la norma E-030 del RNE.

**Figura 85**

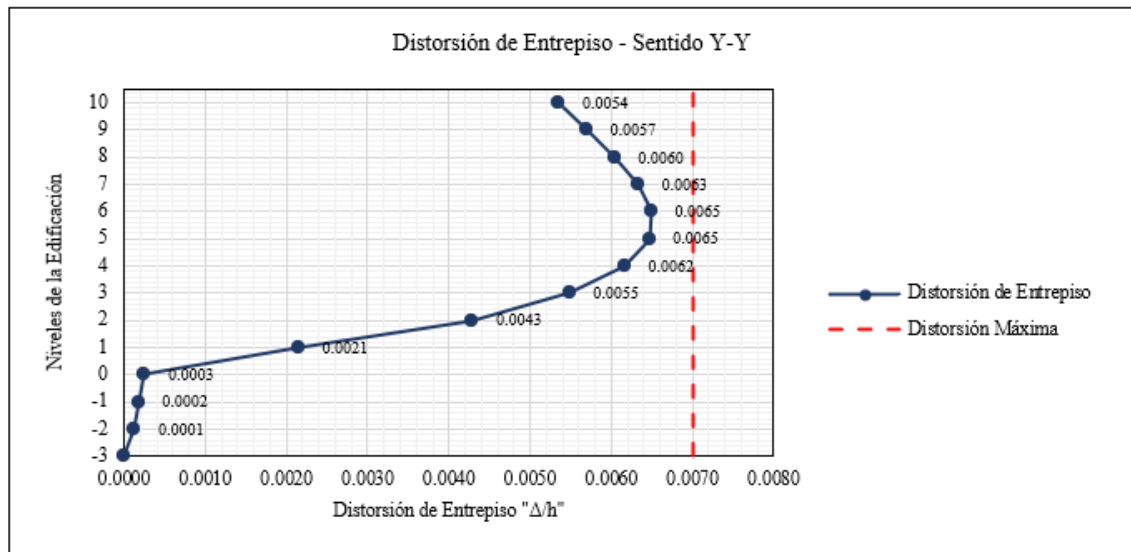
*Distorsión máxima de entrepiso-Sentido X-X*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 86**

*Distorsión máxima de entrepiso-Sentido Y-Y*



*Nota.* Elaboración propia

### 7.1.2. Verificación de irregularidades

Según la Tablas 65 se presentan las irregularidades presentes en el edificio analizado, el cual cuenta con irregularidad en altura como en planta, siendo estos tomados en cuenta para el análisis Pushover, viéndose reflejados en la confiabilidad de los resultados.

**Tabla 65**

*Verificación de Irregularidades*

Resumen de Irregularidades		
<b>Irregularidad en Altura</b>	<b>Ia</b>	<b>Verificación</b>
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	1.00	No presenta
Irregularidad de Resistencia - Piso Débil	1.00	No presenta
Irregularidad Extrema de Rigidez	1.00	No presenta
Irregularidad Extrema de Resistencia	1.00	No presenta
Irregularidad de Masa o Peso	1.00	No presenta
Irregularidad Geométrica Vertical	1.00	No presenta
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80	Presenta
Discontinuidad Extrema en los Sistemas Resistentes	1.00	No presenta
<b>Irregularidad en Planta</b>	<b>Ip</b>	<b>Verificación</b>
Irregularidad Torsional	1.00	No presenta
Irregularidad Torsional Extrema	1.00	No presenta
Esquinas Entrantes	0.90	Presenta
Discontinuidad del Diafragma	1.00	No presenta
Sistemas No Paralelos	1.00	No presenta

*Nota.* Elaboración propia

## **7.2. Resultados del análisis Pushover y desempeño estructural**

Utilizando la curva de capacidad estructural del análisis no lineal Pushover, se examinó el desempeño de la estructura en relación con un patrón de cargas graduales que operan en los modos fundamentales, modos 1 y 2. Los ejes X e Y, respectivamente, se sometieron a cargas incrementales que se comportaron de acuerdo con los modos 1 y 2 de los modos fundamentales en función de la masa participante. Los ejes X e Y, respectivamente, fueron sometidos a cargas incrementales que se comportaron de acuerdo con los modos 1 y 2 de los modos fundamentales en función de la masa participante.

El desempeño de la estructura se analizó frente a un patrón de cargas graduales que operaban en los modos fundamentales modos 1 y 2 utilizando la curva de capacidad de la estructura del análisis no lineal Pushover. En función de la masa participativa, se aplicaron cargas incrementales que se comportan de acuerdo con los modos fundamentales modos 1 y 2 para los ejes X e Y, respectivamente.

Basándose en la definición de los elementos de carga Pushover y los modelos de plasticidad para dichas instancias. La curva de capacidad se halló utilizando los escenarios de carga de empuje Pushover X y Pushover Y para cada eje. Para cada eje se alcanzó una curva Pushover. A continuación, se obtuvieron los puntos de rendimiento de acuerdo con los niveles sísmicos utilizando los datos de acuerdo a la NTP E030 y aplicando los métodos de desempeño con ayuda del programa Etabs v.20 describiéndolo a continuación:

### ***7.2.1. Método de Espectro de Capacidad (FEMA 440)***

Con el método de espectro de capacidad se procedió a la confluencia del espectro de demanda sísmica con el espectro de capacidad para poder así obtener los puntos de desempeño y así determinar los niveles de desempeño de la estructura presentados en la Figura 87 y 88 para ambas direcciones de análisis.

**Figura 87***Evaluación del Desempeño Sísmico - Método del Espectro de Capacidad -Dirección X*

Nivel de Desempeño de la Estructura - Dirección X-X						
Sismos de Diseño	Nivel de Amenaza Sísmica	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso	¿Cumple objetivo de Desempeño?
<b>Frecuente</b>	43 años					Si
<b>Ocasional</b>	72 años					Si
<b>Raro</b>	475 años					Si
<b>Muy Raro</b>	970 años					No

*Nota.* Elaboración propia**Figura 88***Evaluación del Desempeño Sísmico - Método del Espectro de Capacidad -Dirección Y*

Nivel de Desempeño de la Estructura - Dirección Y-Y						
Sismos de Diseño	Nivel de Amenaza Sísmica	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso	¿Cumple objetivo de Desempeño?
<b>Frecuente</b>	43 años					Si
<b>Ocasional</b>	72 años					Si
<b>Raro</b>	475 años					No
<b>Muy Raro</b>	970 años					No

*Nota.* Elaboración propia**7.2.2. Método de los coeficientes (ASCE 41-13)**

En las Figuras 89 y 90 se muestra el resumen de los objetivos de los desempeños logrados de la edificación desarrollados en la presente investigación.

**Figura 89***Evaluación del Desempeño Sísmico - Método de Coeficientes-Dirección X*

Nivel de Desempeño de la Estructura - Dirección X-X						
Sismos de Diseño	Nivel de Amenaza Sísmica	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso	¿Cumple objetivo de Desempeño?
<b>Frecuente</b>	43 años					Si
<b>Ocasional</b>	72 años					Si
<b>Raro</b>	475 años					Si
<b>Muy Raro</b>	970 años					Si

*Nota.* Elaboración propia

## Figura 90

### Evaluación del Desempeño Sísmico - Método de Coeficientes-Dirección Y-Y

Nivel de Desempeño de la Estructura - Dirección Y-Y						
Sismos de Diseño	Nivel de Amenaza Sísmica	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso	¿Cumple objetivo de Desempeño?
Frecuente	43 años					Si
Ocasional	72 años					Si
Raro	475 años					No
Muy Raro	970 años					No

Nota. Elaboración propia

### 7.3. Propuesta de reforzamiento

Los resultados de mayor relevancia en el análisis sísmico del edificio reforzado con arriostres metálicos son los valores obtenidos de las distorsiones de entrepiso de acuerdo a la norma E-030 Diseño Sismorresistente del RNE. Por consiguiente, se presenta el resumen de los resultados logrados:

De la Tabla 66 correspondientes a las distorsiones de entrepiso para el sentido Y, se puede apreciar que la distorsión máxima de entrepiso con el reforzamiento de arriostres metálicos es menor a la distorsión máxima del edificio sin reforzamiento siendo estas 0.0029 y 0.0065 respectivamente, la distorsión máxima del edificio se reduce en un 55.38% con el reforzamiento de arriostres metálicos.

**Tabla 66**

*Distorsiones de entrepiso en el sentido de análisis Y-Y sin reforzamiento y con reforzamiento de arriostres metálicos*

N° de Piso	Sin Reforzamiento	Con Reforzamiento
	Distorsión de Entrepiso	Distorsión de Entrepiso
10	0.0054	0.0021
9	0.0057	0.0023
8	0.0060	0.0025
7	0.0063	0.0027
6	0.0065	0.0028
5	0.0065	0.0028

4	0.0062	0.0029
3	0.0055	0.0028
2	0.0043	0.0025
1	0.0021	0.0016
1SS	0.0003	0.0004
1S	0.0002	0.0004
2S	0.0001	0.0002

---

*Nota.* Elaboración propia

## **7.4. Contrastación de Hipótesis**

### **7.4.1. Hipótesis general**

Al analizar en ambas direcciones la curva Pushover de la estructura obtenidas en ambos sentidos de análisis estas sirven para la atribución de los métodos para el cálculo de desempeño de la estructura frente a los sismos estipulados por el comité Visión 2000 y la NTP E030, la estructura en el sentido de análisis X mantiene su funcionalidad de diseño y no sufren daño severos, esto debido a que los puntos de desempeño para diferentes niveles de sismos se ubican dentro del margen establecido por el Comité Visión 2000, y en el sentido de análisis Y la estructura sufre daños severos cuando se producen sismos de niveles raros y muy raros por ello no podrá mantener su funcionalidad de diseño, la estructura necesita ser reforzada en esta dirección debido a que los puntos de desempeño para los niveles de sismos raros y muy raros no se ubican dentro del margen establecido por el Comité Visión 2000. Por consiguiente, se cumple la hipótesis planteada.

### **7.4.2. Hipótesis específicas**

a) De acuerdo con los resultados del análisis estático lineal, los desplazamientos relativos entre piso se encuentran dentro de los parámetros especificados por la NTP E.030. Debido a la rigidez dada por los muros de corte, que son más comunes en la dirección Y, se observa que los desplazamientos relativos entre pisos son mayores en la dirección Y que en la dirección X. Así mismo cumple con los requerimientos de la Norma Técnica Peruana E030. Por consiguiente, se confirma la hipótesis planteada.

b) Tras realizar el análisis, se pudo determinar que se producirá un desplazamiento específico cuando se aplique un empuje lateral. Para alcanzar un conjunto de datos que, combinados, nos den la curva Pushover, que nos da el punto en el que se produce la primera rotura plástica y el punto en el que se produce el colapso teórico, se realizaron



empujes graduales con el propósito de que la estructura entrase en la zona inelástica de los elementos que la conforman. La curva Pushover relaciona inmediatamente el desempeño estructural de este proyecto para varios niveles de sismos, tal como sugirió el comité visión 2000. Por ende, se cumple la hipótesis planteada.

c) Al analizar en ambas direcciones la estructura y obtener sus puntos de desempeño, la estructura específicamente en el sentido de análisis “Y” llega al colapso ante niveles de sismos raros y muy raros por ende se requiere de un reforzamiento estructural mediante arriostres metálicos en la dirección Y esta mejora su desempeño sísmico, después de realizar el reforzamiento con arriostres metálicos, las distorsiones de entrepiso se reducen en un 55.38% mejorando así la respuesta sísmica del edificio. Por ende, se cumple la hipótesis.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que la estructura del edificio Talara presenta daños ante niveles de sismos raros y muy raros en el sentido de análisis “Y”, el edificio entrara en zona inelástica a partir de una cortante superior a 1000 Tn aproximadamente dando lugar a problemas estructurales que provocan su colapso, lo cual indica que es necesaria una alternativa de intervención.
2. La contribución de los muros estructurales o muros de corte es sustancial en el comportamiento general de la estructura debido a su contribución a la rigidez, donde las distorsiones angulares máximas para el sentido “X” tiene un valor máximo de 0.0060 y para el sentido “Y” tiene un valor máximo de 0,0065 con lo cual se concluye que se encuentra dentro del límite establecido por la Norma E030.
3. La ductilidad calculada en función del comportamiento de las rótulas plásticas a lo largo de la curva Pushover es igual a 3.814 en el sentido “X” y a 6.759 en el sentido “Y”. El resultado en sentido “X” es inferior al valor  $R=6$  y para el sentido “Y” es mayor al valor  $R=6$  que se asume para el diseño del edificio esto corresponde a un sistema de muros estructurales conforme a la NTP E030. Con lo cual se concluye que la estructura presentaría un mejor comportamiento sísmico si se tomara en cuenta un valor  $R$  menor al exigido por la norma. Adicionalmente, se determinó la sobre resistencia para cada sentido de análisis, resultando para la dirección X un  $SR_{xx} = 2.432$  y para la dirección Y un  $SR_{yy} = 3.034$ . Este valor muestra la incidencia de cada nivel sísmico hasta aproximarse porcentualmente al colapso teórico (Ver Tabla 31).
4. Se concluye que el reforzamiento con arriostres metálicos mejora la respuesta sísmica debido a que las distorsiones de entrepiso del edificio en el sentido Y-Y se reducen en un 55.38% proporcionando mayor resistencia, ductilidad y rigidez al sistema estructural en ese sentido.

## RECOMENDACIONES

1. Se aconseja utilizar técnicas analíticas más exhaustivas como el Análisis Estático Pushover No Lineal, el cual permite calcular el grado de comportamiento sísmico en el que se sitúa la estructura, así como el comportamiento más próximo a la realidad para un nivel dado de demanda sísmica, con el fin de diseñar y construir las estructuras básicas para evitar el colapso (según la categorización del Comité Visión 2000).
2. Se recomienda que la estructura de un edificio esté equilibrada, lo que significa que no se debe abusar de elementos que añaden mucha rigidez, ya que de hacerlo se produciría una gran atracción de fuerzas cortantes y sus correspondientes desplazamientos, solo entrando en el rango lineal. Lo cual no simboliza un adecuado indicio, porque la estructura perdería bruscamente su capacidad, lo que llevaría al colapso sin entrar nunca en el rango no lineal. Por tanto, sería adecuado emplear sistemas duales con proporciones equivalentes de partes estructurales dúctiles y rígidas.
3. Se recomienda que el software ETABS v.20 asigne automáticamente las rótulas de plásticas esto nos ahorrará una cantidad significativa de tiempo en comparación con el cálculo manual de las rótulas siempre y cuando se establezca correctamente los parámetros necesarios para nuestro análisis. Cabe destacar que, debido a su complejidad, los elementos especiales requerirán una introducción manual.
4. Se recomienda realizar un análisis Pushover a edificaciones existentes que fueron diseñadas y construidas con normas que ya no están vigentes, ubicadas en zonas de sismicidad elevada con la pretensión de evaluar su vulnerabilidad y la necesidad de un reforzamiento estructural, de ser esto necesario implementar una propuesta que mejore el comportamiento estructural y que a su vez sea económica para los usuarios de dichas edificaciones.
5. Se recomienda a futuras investigaciones realizar un análisis interacción suelo estructura, lo cual no fue realizado en esta investigación, ya que se debe considerar que el suelo de fundación posee cierto grado de amortiguamiento y que difiere de ser infinitamente rígido como se acostumbra asumir en la mayor parte de los análisis.

## REFERENCIAS

- Antonio-De La Rosa, I., Rodríguez, C., Pérez Martínez, R., & Navarro Gómez, H. I. (2022). *Análisis no lineal de edificios de concreto reforzado con piso suave*. En *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI* (Vol. 10, pp. 197-206). <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iespecial2.8720>
- ASCE/SEI 41-17. (2017). *Evaluación sísmica y reacondicionamiento de edificios existentes*. Reston, Virginia: EE UU: Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles.
- ATC 40. (1996). "Seismic evaluation and Retrofit of concrete Building". Volimen 1. California: Aplied Technology Council, Redwood City.
- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. & Miranda Novales M.G. (2016). *El protocolo de investigación III: la población de estudio*. En *Revista Alergia México* (Vol. 63, pp. 201-206). <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- CENEPRED (2015). *Manual de Sismos*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - Gobierno del Perú.
- Condori, R., & Vilca, A. (2022). *Evaluación del desempeño estructural aplicando un análisis estático no lineal (pushover) en la I. E. N.º 40230 San Antonio del Pedregal Majes - Caylloma - Arequipa*. Universidad Continental.
- Chancafe, B. & Gonzales, C. (2021). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de concreto armado de 8 pisos mediante un análisis Pushover, Distrito de Santiago de Surco*. Universidad Ricardo Palma.
- Duarte, C., Martínez, M. & Santamaría, J. (2017). *Análisis Estático No Lineal (Pushover) del Cuerpo Central del Edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador*. Universidad de El Salvador.
- FEMA 440. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Washington: Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency.
- Flores Vega, E. M. (2021). *Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso*.

En Journal Boliviano de Ciencias (Vol. 17, Números 50, pp. 56-90).  
<https://doi.org/10.52428/20758944.v17i50.20>

- Flores, T. (2003). *Estudio del control de rótulas plásticas de concreto armado*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Galarza, D., & Medina, C. (2019). *Evaluación del desempeño sísmico del edificio de la Oscus mediante comparación del análisis estático no lineal (Pushover), análisis estático modal (Pushover Multimodal) y dinámico no-lineal (Historia de Respuesta)*. Universidad Técnica de Ambato.
- Guerrero, V. (2018). *Determinación de la ductilidad de un edificio irregular de 21 niveles a partir de su respuesta no lineal*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Hernández R. (2014). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Herráiz, M. (2019). *Conceptos básicos de sismología para ingenieros*. CISMID-Universidad Nacional de Ingeniería.
- INDECI-DIPRE (2017). *Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8MW*. Instituto Nacional de Defensa Civil - Gobierno del Perú.
- Idrees Rustom, A., Torres, R., & Nuñez, E. (2018). *Evaluación de patrones de carga de análisis no lineal estático incremental en pórticos de concreto armado de estructuras regulares de baja y mediana altura*. Universidad de Carabobo.  
<http://www.ing.ucv.ve/jifi2018/documentos/ambiente/AIS025.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E-030 Diseño Sismorresistente*. Lima: Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento.
- Muñoz Rocha, C. I. (2015). *Metodología de la investigación*. Benito Juárez, Mexico: Oxford University Press México
- Peceros, M., & Cisneros, A. (2022). *Evaluación del desempeño estructural de un edificio multifamiliar mediante el análisis estático No Lineal Pushover y propuesta de intervención en San Miguel*. Universidad Ricardo Palma.

- Rengifo, S. (2019). *Diseño Estructural y Revisión del Comportamiento No Lineal del Edificio AltaVista ubicado en Santiago de Cali – Valle del Cauca – Colombia*. Universidad de los Andes.
- Rodríguez, E. & Restrepo J. I. (2012). *Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso*. En *Ingeniería Sísmica* (Vol. 86, pp. 89-118). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2012000100004&lng=es&nrm=iso](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2012000100004&lng=es&nrm=iso)
- Samillán, R. (2019). *Análisis del desempeño sísmico no lineal estático (pushover) en una edificación de ocho pisos Chiclayo-Lambayeque*. Universidad César Vallejo.
- Táipe, A., & Pinedo, L. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos con el método Pushover en el distrito de Miraflores*. Universidad Ricardo Palma.
- Velásquez, S. (2020). *Evaluación del desempeño estructural de una edificación de concreto armado mediante un análisis Pushover y propuesta de intervención (Caso de estudio: Torre Trecca)*. Universidad Ricardo Palma.
- Zabala, A. (2017). *Modelado y análisis Pushover de la respuesta sísmica de estructuras de acero*. Universidad Politecnica de Cartagena.
- Zárate, J., & Zaravia, P. (2022). *Evaluación de la respuesta sísmica de una estructura importante de concreto armado en la costa de Lima con presencia de pisos de doble altura en diferentes ubicaciones mediante un Análisis No-Lineal Pushover para determinar los efectos globales*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

## ANEXOS

### Anexo A: Cronograma de Actividades

ACTIVIDADES	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>PLAN DE TESIS</b>																												
Título de la Investigación	■	■																										
Busqueda de bibliografía	■	■																										
Capítulo I: Planteamiento del problema			■	■																								
Capítulo II: Marco Teórico				■	■																							
Capítulo III: Hipótesis					■	■																						
Capítulo IV: Metodología de la Investigación					■	■																						
Revisión de Plan de Tesis						■	■																					
Levantamiento de Observaciones							■	■																				
<b>DESARROLLO DE LA TESIS</b>																												
Capítulo V: Resultados									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Capítulo VI: Análisis de Resultados																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Revisión de borrador de Tesis																						■	■	■	■	■	■	■
Levantamiento de observaciones																							■	■	■	■	■	■
Presentación de Tesis																								■	■	■	■	■
Sustentación de Tesis																											■	■

*Nota.* Elaboración propia

### Presupuesto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
1.00	Laptops	und	2.00	2,500.00	5,000.00
2.00	Asesoramiento	und	2.00	6,500.00	13,000.00
3.00	Internet	mes	7.00	250.00	1,750.00
4.00	Impresiones	gbl	1.00	500.00	500.00
5.00	Movilidad	gbl	1.00	120.00	120.00
6.00	Útiles de escritorio	gbl	1.00	400.00	400.00
7.00	Libros	gbl	1.00	200.00	200.00
8.00	Cursos externos	und	2.00	300.00	600.00
9.00	Empastado	und	6.00	50.00	300.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 21,870.00</b>

*Nota.* Elaboración propia

## Anexo B: Matriz de Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Indicadores	Instrumentos
<b>Variable Independiente</b>			
Análisis Pushover	Es un análisis que aumenta la carga aplicada monotónicamente y recalcula la respuesta de la estructura con las rótulas plásticas generadas en cada piso. A partir de estos cálculos se genera una curva de capacidad que posteriormente se transforma en un espectro de capacidad y se determina el punto de desempeño interceptando el espectro de capacidad y el espectro de demanda (Soto, 2018).	Curva de capacidad	ASCE/SEI 41-17 FEMA 440
		Rótulas plásticas	ASCE/SEI 41-17
Propuesta de Intervención	Proceso de evaluación, reparación y/o reforzamiento de estructuras afectadas o que presentan carencias estructurales como consecuencia de los sismos, con el objetivo de corregir posibles deficiencias estructurales que ocasionaron los daños y se provea nuevamente de capacidad para soportar nuevos eventos telúricos acorde a los criterios del diseño sismorresistente. (Quevedo et al., 2020)	Distorsiones máximas de Entrepiso	NORMA E-030 (2018)
<b>Variable Dependiente</b>			
Desempeño Estructural del Edificio de 10 pisos	Es el diseño basado en el comportamiento sísmico que consiste en elegir planes de evaluación adecuados que permitan especificar las dimensiones y detalles de los componentes y contenidos estructurales y no estructurales, de manera que la estructura no falle hasta cierto límite para un cierto nivel de desplazamiento y diferentes niveles de confiabilidad. (Paredes, 2016)	Punto de desempeño	FEMA 440 ASCE/SEI 41-17
		Niveles de desempeño	ATC40 SEAOC FEMA 440 COMITÉ VISION 2000
		Espectro de demanda	NORMA E-030 (2018) FEMA 440

*Nota.* Elaboración propia



## Anexo C: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis Principal		
¿Cómo evaluar el desempeño estructural de un edificio de 10 pisos mediante un análisis Pushover y propuesta de intervención en el distrito de Jesús María?	Evaluar el desempeño estructural de un edificio de 10 pisos mediante un análisis Pushover y propuesta de intervención en el distrito de Jesús María.	Al evaluar el desempeño estructural del edificio de 10 pisos mediante el análisis Pushover se determina que el sistema estructural es vulnerable, con lo cual se realizará una propuesta de intervención.	Espectro de demanda Rótulas plásticas Niveles de desempeño	Tipo de investigación: La investigación es de tipo aplicada  Enfoque de la investigación: La investigación tiene un enfoque cuantitativo
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuáles serán las distorsiones máximas de entrepiso en las dos direcciones principales de análisis X e Y del edificio de 10 pisos, al emplear la norma E-030 de diseño sismorresistente?	a) Determinar las distorsiones máximas de entrepiso en las dos direcciones principales de análisis “X e “Y, con la norma E-030 de diseño sismorresistente.	Las distorsiones máximas de entrepiso en las dos direcciones principales de análisis para un sistema estructural de concreto armado se encuentran por debajo del valor establecido por la Norma E-030 de diseño sismorresistente.	Distorsiones máximas de Entrepiso	Nivel de investigación: La investigación tiene un nivel descriptivo.
¿Cuál será la curva de capacidad mediante un análisis Pushover, para reflejar el nivel de desempeño del edificio de 10 pisos ante un sismo severo?	Determinar la curva de capacidad mediante un análisis Pushover.	La curva de capacidad nos reflejará el punto de desempeño estructural del edificio de 10 pisos, donde la estructura clasificará en un nivel de seguridad de vida.	Curva de capacidad	
¿Qué propuesta de intervención mejorará el comportamiento estructural de la edificación, en base al análisis de vulnerabilidad a partir de las curvas de desempeño?	Implementar una propuesta de intervención que mejore el comportamiento estructural de la edificación, en base al análisis de vulnerabilidad a partir de las curvas de desempeño.	La propuesta de intervención mediante arriostres metálicos mejorará la respuesta sísmica de la edificación.	Punto de desempeño	Diseño de la investigación: La presente investigación es no experimental con diseño transversal.

*Nota.* Elaboración propia

## Anexo D: Curvas Pushover

Resultados de curva Pushover para la dirección X-X

Punto	V (tonf)	D(m)
0	0.0000	0.0000
1	0.0015	0.0000
2	211.9017	0.0155
3	209.6433	0.0155
4	360.4888	0.0275
5	360.2318	0.0275
6	549.0734	0.0462
7	683.8482	0.0650
8	786.1652	0.0837
9	872.1086	0.1025
10	875.9598	0.1034

*Nota.* Elaboración propia

Resultados de curva Pushover para la dirección Y-Y

Punto	D (m)	V (tonf)
0	0.0000	0.0000
1	0.0862	0.0000
2	0.0193	253.6480
3	0.0294	357.4037
4	0.0294	356.2282
5	0.0313	374.0076
6	0.0313	374.3518
7	0.0507	529.5509
8	0.0696	640.1432
9	0.0891	735.6634
10	0.1088	815.6795
11	0.1279	885.1602

12	0.1473	942.9091
13	0.1556	968.0728
14	0.1556	967.7049
15	0.1585	975.6398
16	0.1585	975.5382
17	0.1772	1,028.4608
18	0.1960	1,080.7366

---

*Nota.* Elaboración propia

Valores de Sd y Sa para el Espectro de capacidad X-X

Punto	Sd (m)	Sa (g)
0	0	0
1	1.38E-07	0.000001
2	0.019596	0.117464
3	0.019694	0.117162
4	0.036789	0.216293
5	0.036843	0.216389
6	0.065621	0.356243
7	0.100337	0.501151
8	0.141653	0.659358
9	0.183486	0.794317
10	0.185492	0.800483

---

*Nota.* Elaboración propia

Valores de Sd y Sa para el Espectro de capacidad Y-Y

Punto	Sd (m)	Sa (g)
0	0	0
1	4.00E-06	0.000014
2	0.01166	0.04301
3	0.01801	0.06309
4	0.01805	0.06303
5	0.01927	0.06663
6	0.01927	0.06667
7	0.03200	0.09998
8	0.04507	0.12685
9	0.05862	0.15000
10	0.07248	0.16966
11	0.08565	0.18585
12	0.09852	0.19746
13	0.10401	0.20274
14	0.10402	0.20270
15	0.10593	0.20436
16	0.10593	0.20435
17	0.11827	0.21539
18	0.13083	0.22666

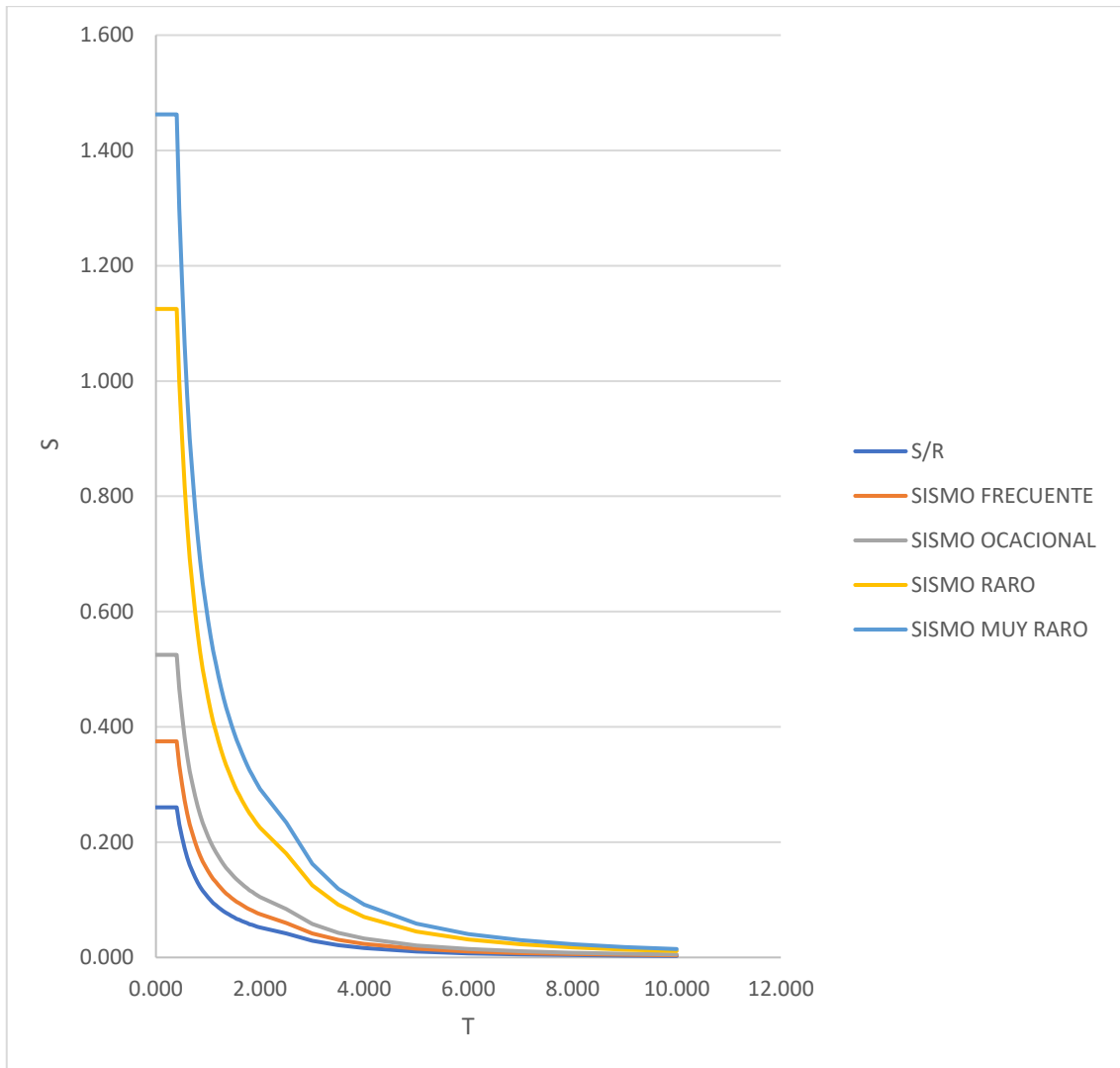
*Nota.* Elaboración propia

Valores de los Espectro de Demanda ASCE-SEI 41-17

ESPECTROS DE DEMANDA																	
<b>DATOS</b>		<b>FACTORES</b>										<b>DATOS</b>		<b>DIR X-X</b>		<b>DIR Y-Y</b>	
Z		0.45										Ro	6		6		
U		1.00										la	0.8		0.8		
S		1.00										lp	0.9		0.9		
Tp		0.40										R	4.32		4.32		
Tl		2.50															
<b>g</b>		9.81		<b>ASCE-SEI 41-17</b>													
				FRECUENTE		OCACIONAL		RARO		MUY RARO							
				Sa1=	0.33	Sa	Sa2 =	1.40	Sa1	Sa3=	1.00	Sa	Sa4=	1.30	Sa		
<b>T</b>	<b>C</b>	<b>Sa</b>	<b>Sa/R</b>	<b>Sa 1</b>		<b>Sa 2</b>		<b>Sa 3</b>		<b>Sa 4</b>							
0.000	2.500	1.125	0.260	0.3750		0.5250		1.1250		1.4625							
0.050	2.500	1.125	0.260	0.3750		0.5250		1.1250		1.4625							
0.100	2.500	1.125	0.260	0.3750		0.5250		1.1250		1.4625							
0.150	2.500	1.125	0.260	0.3750		0.5250		1.1250		1.4625							
0.200	2.500	1.125	0.260	0.3750		0.5250		1.1250		1.4625							
0.250	2.500	1.125	0.260	0.3750		0.5250		1.1250		1.4625							
0.300	2.500	1.125	0.260	0.3750		0.5250		1.1250		1.4625							
0.350	2.500	1.125	0.260	0.3750		0.5250		1.1250		1.4625							
0.400	2.500	1.125	0.260	0.3750		0.5250		1.1250		1.4625							
0.450	2.222	1.000	0.231	0.3333		0.4667		1.0000		1.3000							
0.500	2.000	0.900	0.208	0.3000		0.4200		0.9000		1.1700							
0.550	1.818	0.818	0.189	0.2727		0.3818		0.8182		1.0636							
0.600	1.667	0.750	0.174	0.2500		0.3500		0.7500		0.9750							
0.650	1.538	0.692	0.160	0.2308		0.3231		0.6923		0.9000							
0.700	1.429	0.643	0.149	0.2143		0.3000		0.6429		0.8357							
0.750	1.333	0.600	0.139	0.2000		0.2800		0.6000		0.7800							
0.800	1.250	0.563	0.130	0.1875		0.2625		0.5625		0.7313							
0.850	1.176	0.529	0.123	0.1765		0.2471		0.5294		0.6882							
0.900	1.111	0.500	0.116	0.1667		0.2333		0.5000		0.6500							
0.950	1.053	0.474	0.110	0.1579		0.2211		0.4737		0.6158							
1.000	1.000	0.450	0.104	0.1500		0.2100		0.4500		0.5850							
1.050	0.952	0.429	0.099	0.1429		0.2000		0.4286		0.5571							
1.100	0.909	0.409	0.095	0.1364		0.1909		0.4091		0.5318							
1.150	0.870	0.391	0.091	0.1304		0.1826		0.3913		0.5087							
1.200	0.833	0.375	0.087	0.1250		0.1750		0.3750		0.4875							
1.250	0.800	0.360	0.083	0.1200		0.1680		0.3600		0.4680							
1.300	0.769	0.346	0.080	0.1154		0.1615		0.3462		0.4500							
1.350	0.741	0.333	0.077	0.1111		0.1556		0.3333		0.4333							
1.400	0.714	0.321	0.074	0.1071		0.1500		0.3214		0.4179							
1.450	0.690	0.310	0.072	0.1034		0.1448		0.3103		0.4034							
1.500	0.667	0.300	0.069	0.1000		0.1400		0.3000		0.3900							
1.550	0.645	0.290	0.067	0.0968		0.1355		0.2903		0.3774							
1.600	0.625	0.281	0.065	0.0938		0.1313		0.2813		0.3656							
1.650	0.606	0.273	0.063	0.0909		0.1273		0.2727		0.3545							
1.700	0.588	0.265	0.061	0.0882		0.1235		0.2647		0.3441							
1.750	0.571	0.257	0.060	0.0857		0.1200		0.2571		0.3343							
1.800	0.556	0.250	0.058	0.0833		0.1167		0.2500		0.3250							
1.850	0.541	0.243	0.056	0.0811		0.1135		0.2432		0.3162							
1.900	0.526	0.237	0.055	0.0789		0.1105		0.2368		0.3079							
1.950	0.513	0.231	0.053	0.0769		0.1077		0.2308		0.3000							
2.000	0.500	0.225	0.052	0.0750		0.1050		0.2250		0.2925							
2.500	0.400	0.180	0.042	0.0600		0.0840		0.1800		0.2340							
3.000	0.278	0.125	0.029	0.0417		0.0583		0.1250		0.1625							
3.500	0.204	0.092	0.021	0.0306		0.0429		0.0918		0.1194							
4.000	0.156	0.070	0.016	0.0234		0.0328		0.0703		0.0914							
5.000	0.100	0.045	0.010	0.0150		0.0210		0.0450		0.0585							
6.000	0.069	0.031	0.007	0.0104		0.0146		0.0313		0.0406							
7.000	0.051	0.023	0.005	0.0077		0.0107		0.0230		0.0298							
8.000	0.039	0.018	0.004	0.0059		0.0082		0.0176		0.0229							
9.000	0.031	0.014	0.003	0.0046		0.0065		0.0139		0.0181							
10.000	0.025	0.011	0.003	0.0038		0.0053		0.0113		0.0146							

Nota. Elaboración propia

Gráfica de los Espectros de Demanda ASCE-SEI 41-17



*Nota.* Elaboración propia

## Anexo E: Permiso de uso de planos



### CARTA DE AUTORIZACIÓN

Lima, 11 de octubre del 2023

De conformidad con los requerimientos solicitados por la Universidad Ricardo Palma, se emite el presente documento autorizando el uso de los planos del proyecto: "Multifamiliar Talara" requeridos para el desarrollo de la presente tesis con fines académicos a los bachilleres JOSE LUIS ROMERO COTRINA y WILSON CRISTHOPER CUYA RODRÍGUEZ.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente.

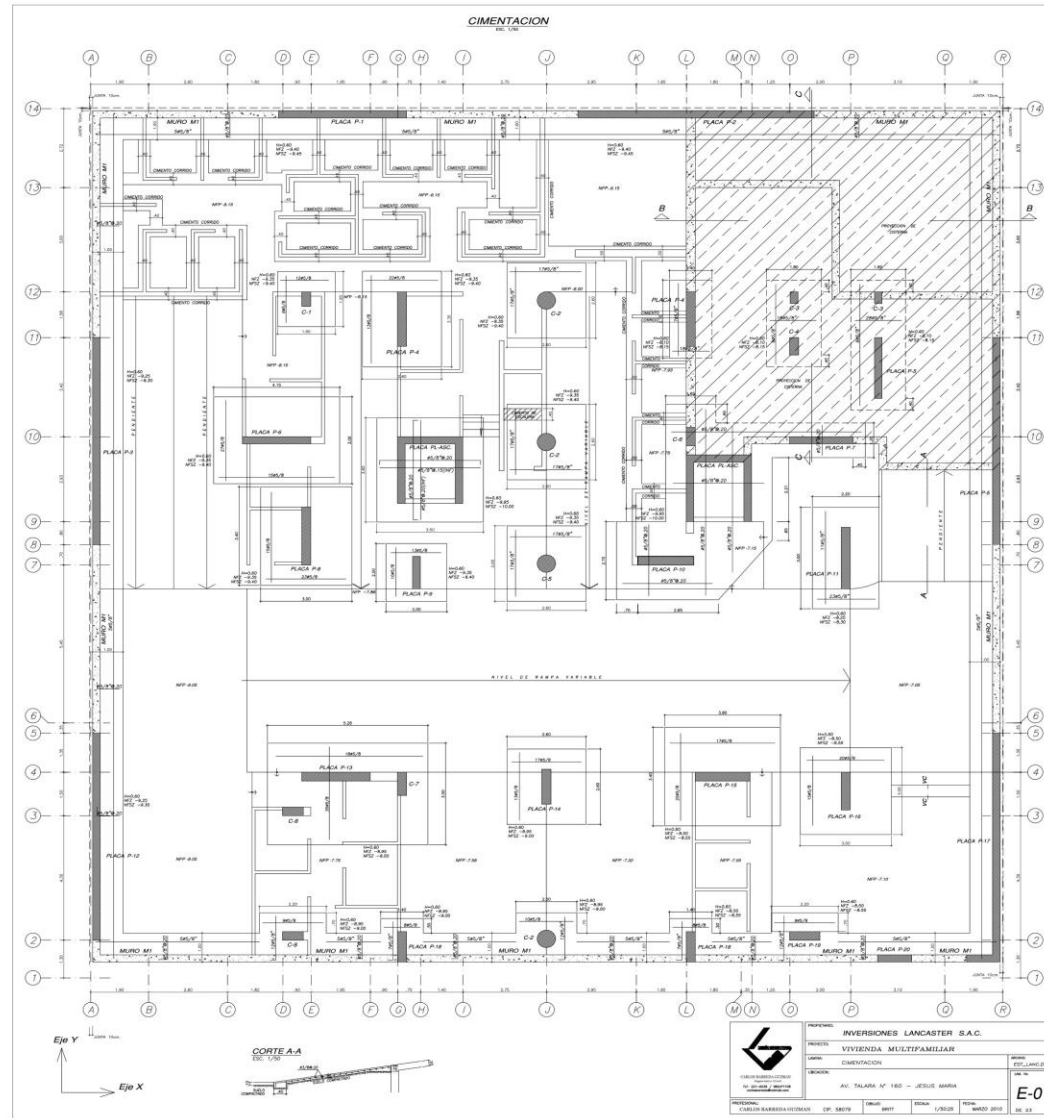
  
ABUGATTAS INGENIEROS S.A.  
MARIO ABUGATTAS JARUFE  
GERENTE GENERAL  
MARIO TAUFICK ABUGATTAS JARUFE  
Gerente General

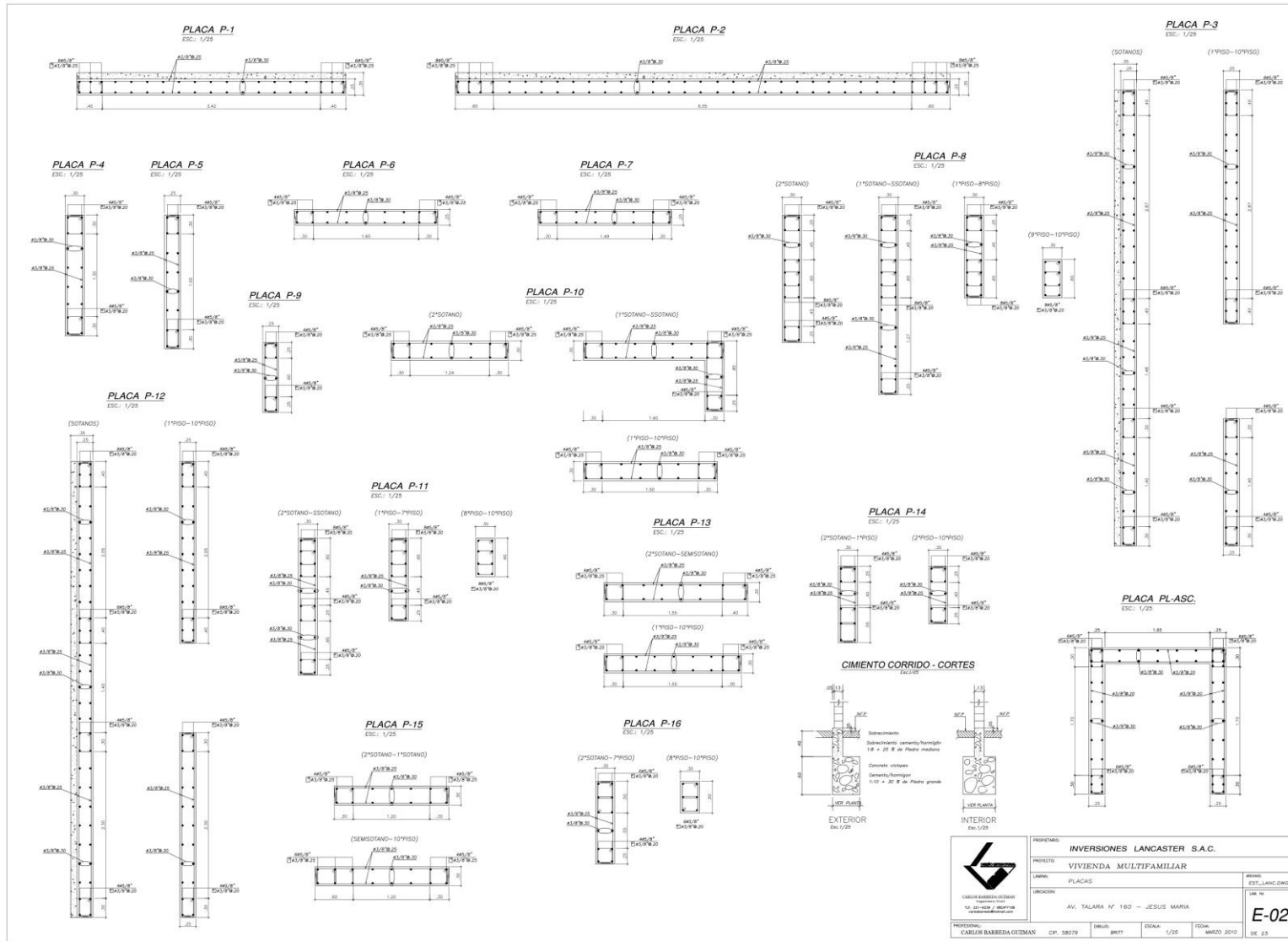
ABUGATTAS INGENIEROS S.A.  
RUC: 20101362885  
AV. DE LAS ARTES NORTE 386 URB. SAN BORJA NORTE INT.401  
SAN BORJA - LIMA - LIMA  
Telf. (511) 715-8297

[www.abugattas.com](http://www.abugattas.com)





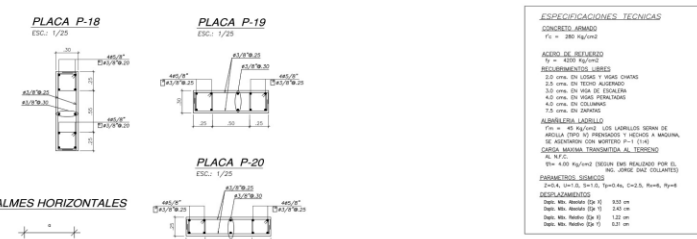
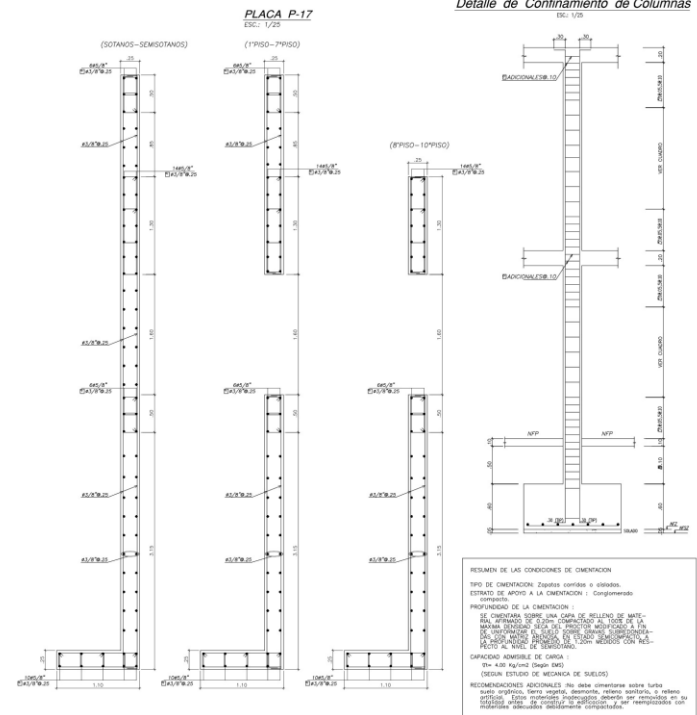
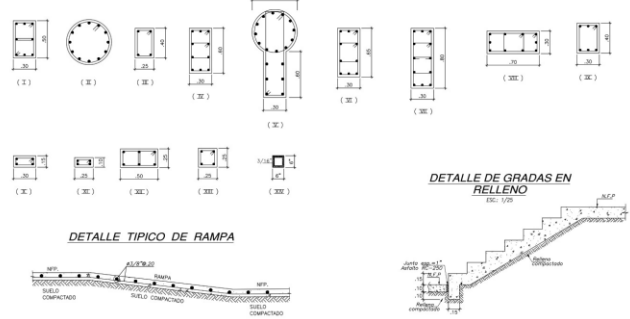




	PROYECTO	INVERSIONES LANCASTER S.A.C.	
	PROYECTO	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
	LABEL	PLACAS	SECCION EST_LANC.DWG
	UBICACION	AV. TALARA N° 160 - JESUS MARIA	URB. 16
PROFESIONAL	CARLOS BARREDA GUZMAN	CP. 58079	FECHA: MARZO 2010
		DR. 1/25	DE 23

CUADRO DE COLUMNAS															
TIPO	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12	C-13	C-14	C-15
PRIMER SOTANO	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	25x40 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
SEGUNDO SOTANO	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	25x40 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
TERCER SOTANO	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	25x40 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
1º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
2º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
3º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
4º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
5º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
6º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
7º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
8º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
9º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
10º PISO				30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)	30x30 E45/9/30 (X)							
AZOTEA															25x25 E45/9/30 (X)

NOTA: - LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS INDICAN LA CLAVE PARA LA DISTRIBUCION DE FIERROS Y ESTADOS  
- PARA TIPO DE CIMENTACION VER PLANO DE ARQUITECTURA

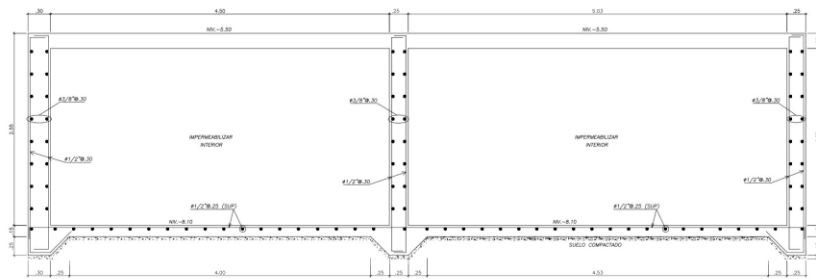


PROYECTADO: INVERSIONES LANCASTER S.A.C.  
 PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
 LAMA: COLUMNAS - PLACAS - DETALLES  
 UBICACION: AV. TALARA N° 160 - JESUS MARIA  
 PROFESIONAL: CARLOS BARBERA GUZMAN CP. 58079 DIBUJO: BRITT ESCALA: 1/25 FECHA: MARZO 2010 DE 25

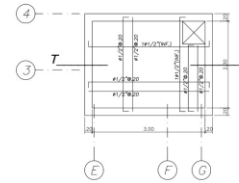
EST. LANCASTER S.A.C. No. 10 E-03



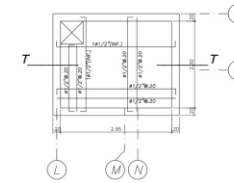
**Cisterna - Corte B-B**  
ESCL. 1/25



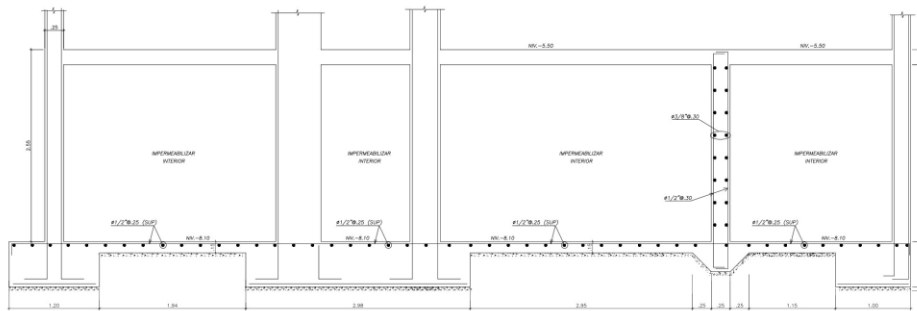
**LOSA TECHO TANQUE ELEVADO BLOQUE "A"**  
H=0.15 - S/C=100kg/m<sup>2</sup>  
ESCL. 1/30



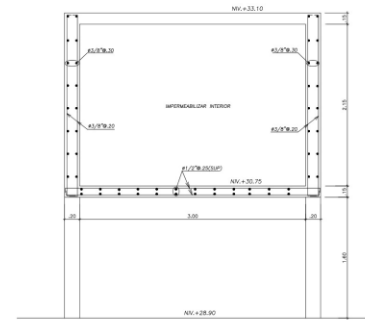
**LOSA TECHO TANQUE ELEVADO BLOQUE "B"**  
H=0.15 - S/C=100kg/m<sup>2</sup>  
ESCL. 1/30



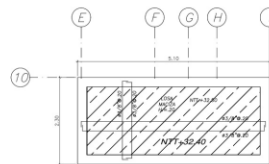
**Cisterna - Corte C-C**  
ESCL. 1/25



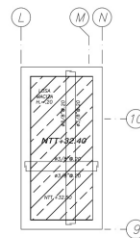
**TANQUE ELEVADO - CORTE T-T**  
ESCL. 1/25



**LOSA TECHO CUARTO DE MAQUINAS**  
H=0.20 - S/C=100kg/m<sup>2</sup>  
ESCL. 1/30

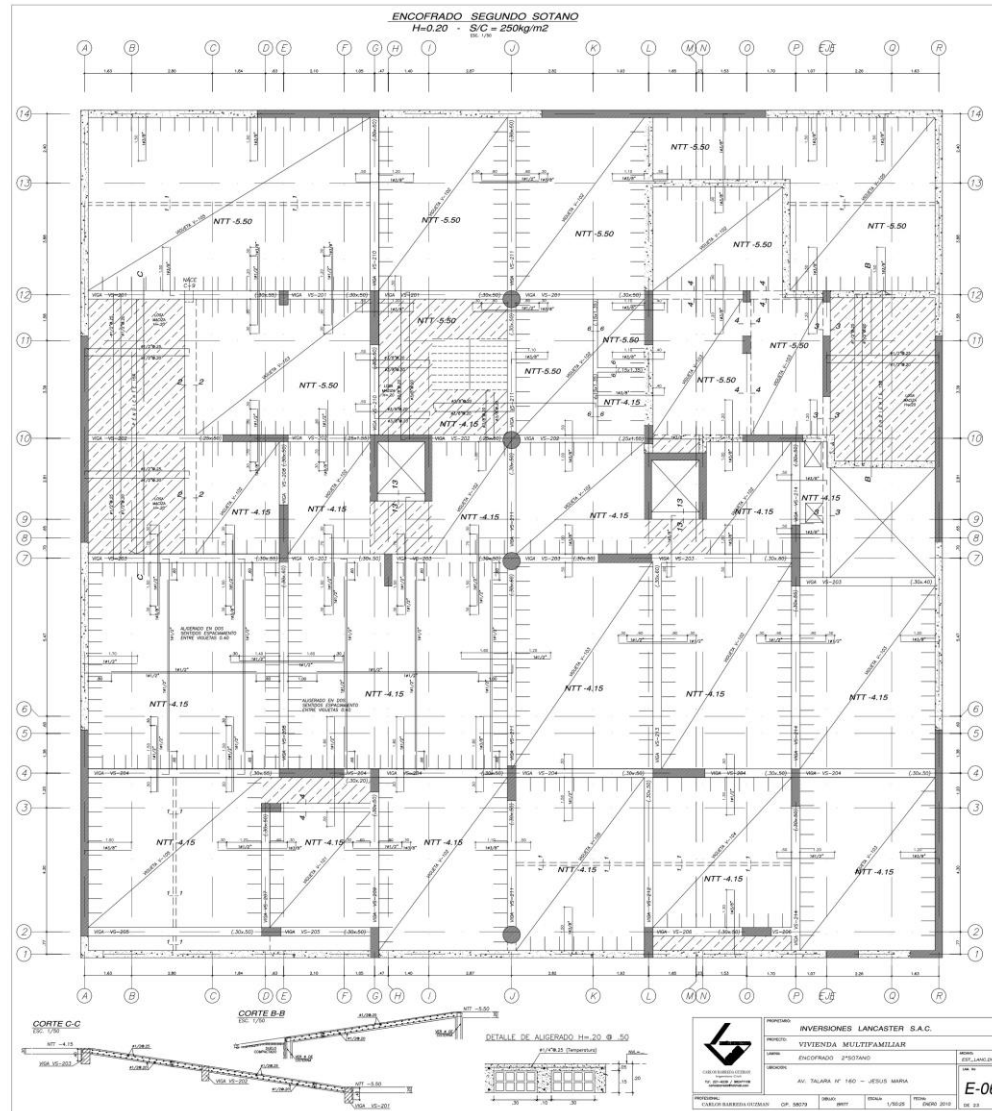


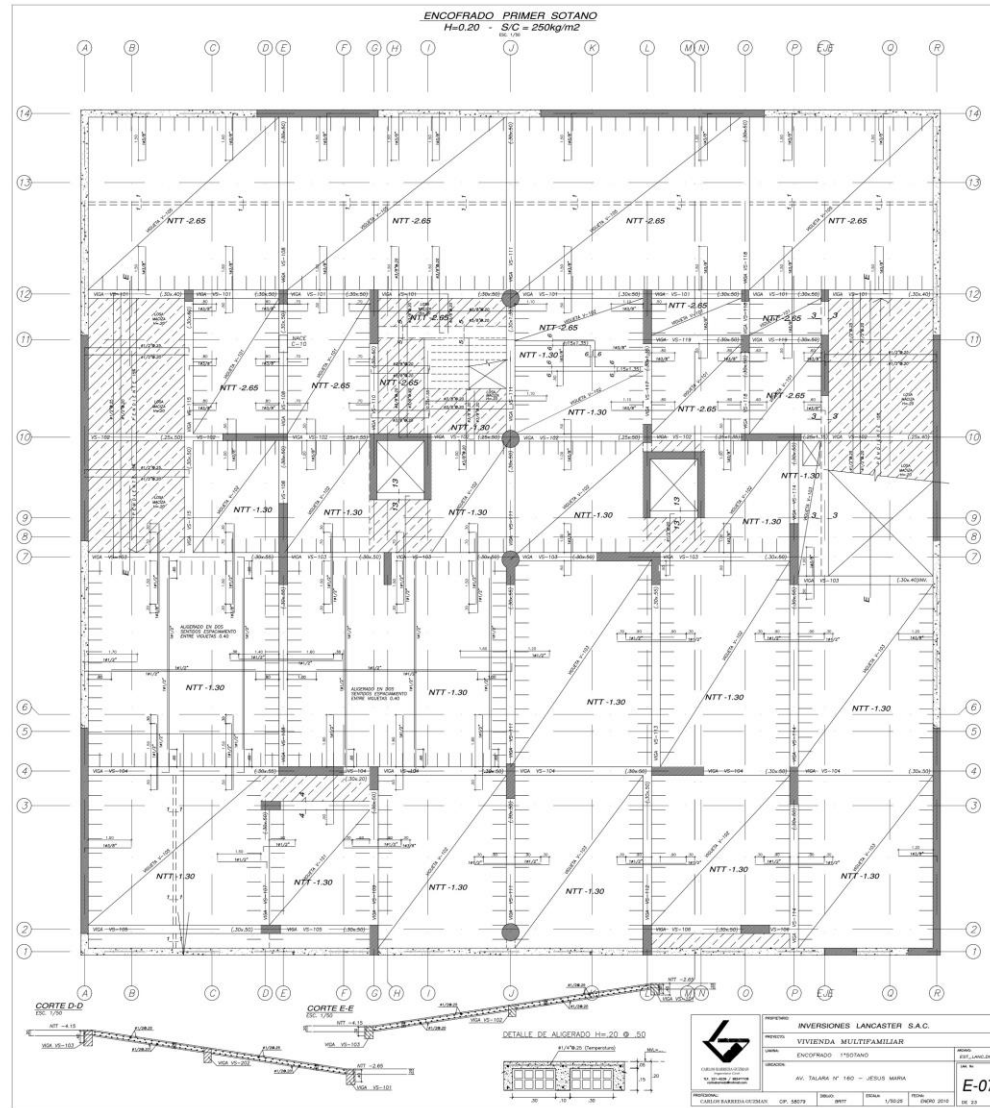
**LOSA TECHO CUARTO DE MAQUINAS**  
H=0.20 - S/C=100kg/m<sup>2</sup>  
ESCL. 1/30

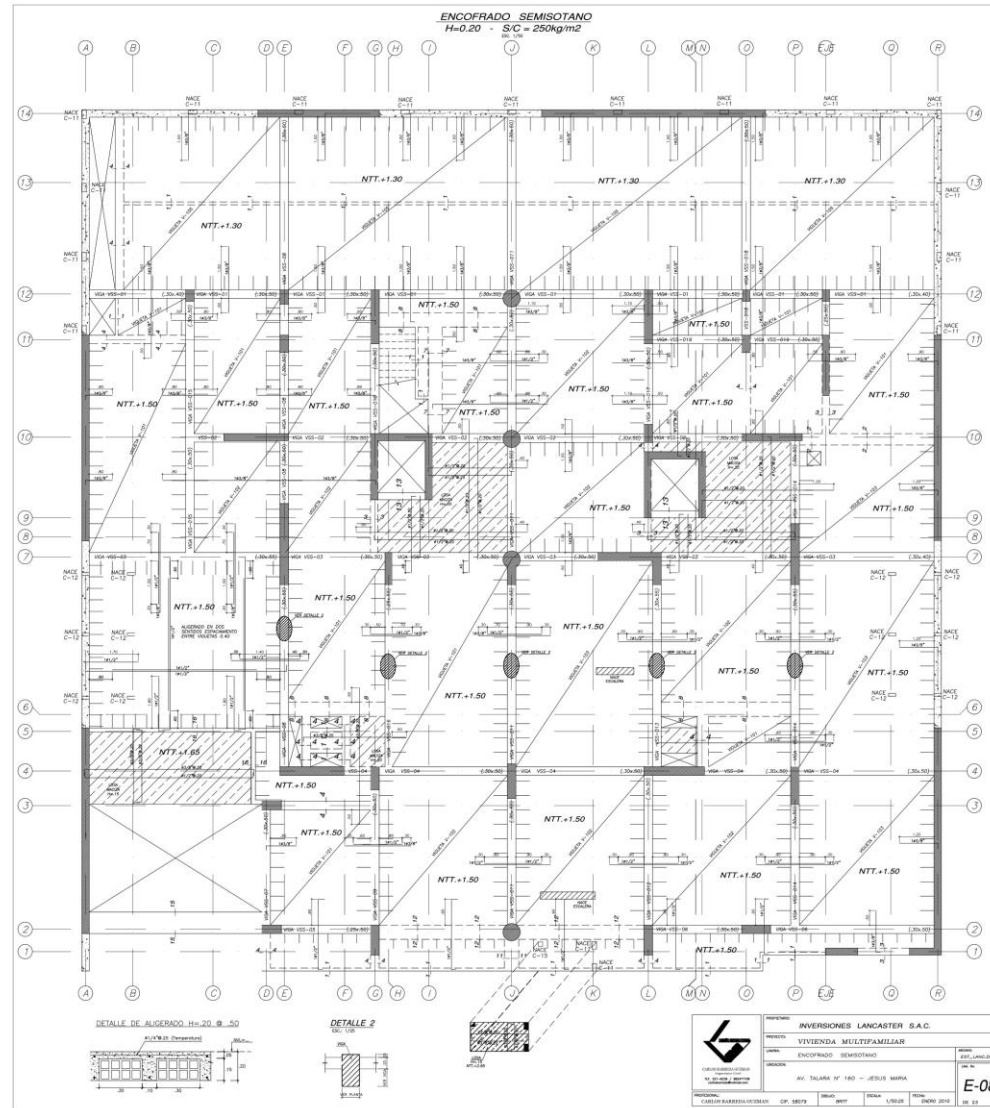


	PROYECTO:	INVERSIONES LANCASTER S.A.C.	PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	PROYECTO:	EST_LANC.DWG
	LABORA:	CISTERNA - TANQUE ELEVADO - DETALLES	LABORA:		LABORA:	
	SECCION:	AV. TALARA N° 160 - JESUS MARIA	SECCION:		SECCION:	
	PROFESIONAL:	CARLOS BARREDA GUDMAN	OP. 58079	ESCALA:	1/25	FECHA:
			DESENHO:	BRIT		DE 23

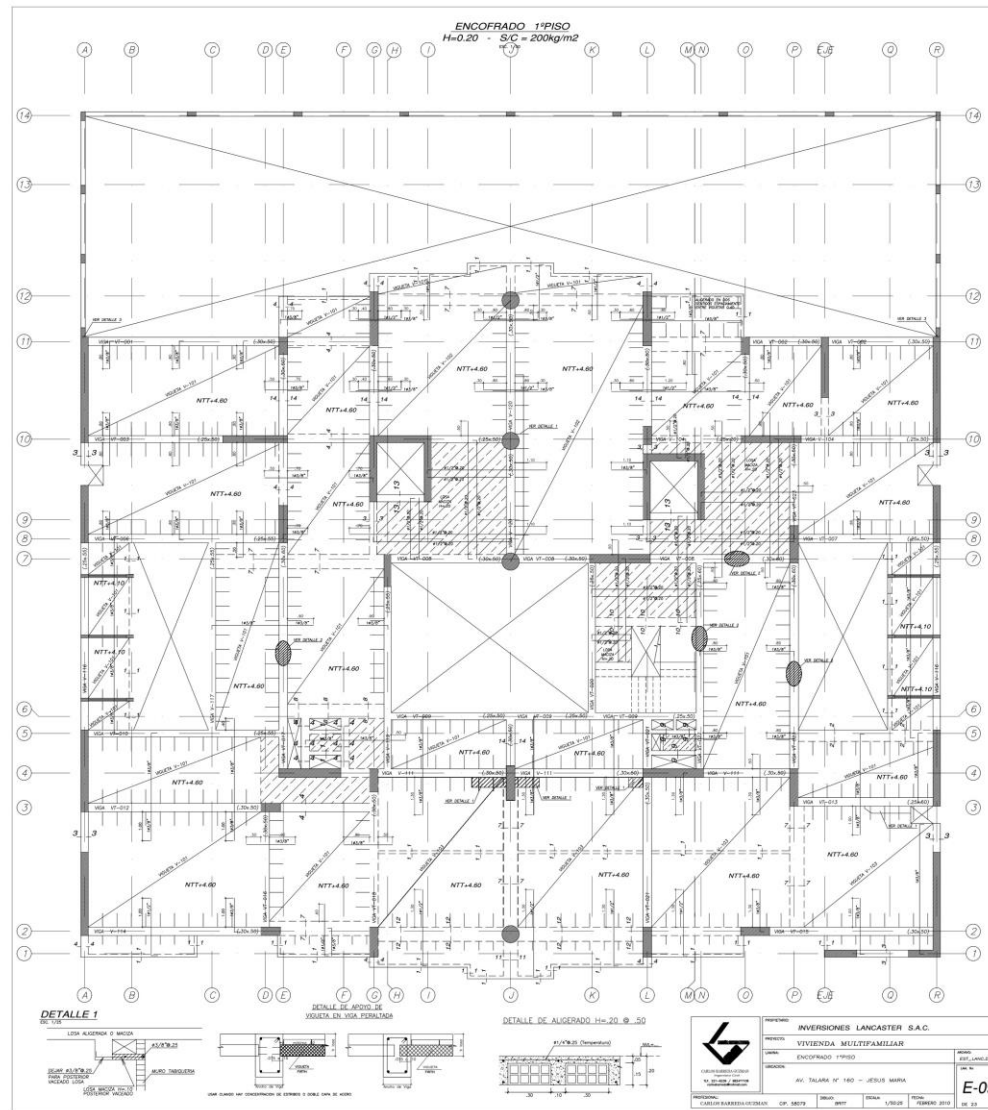
**E-05**

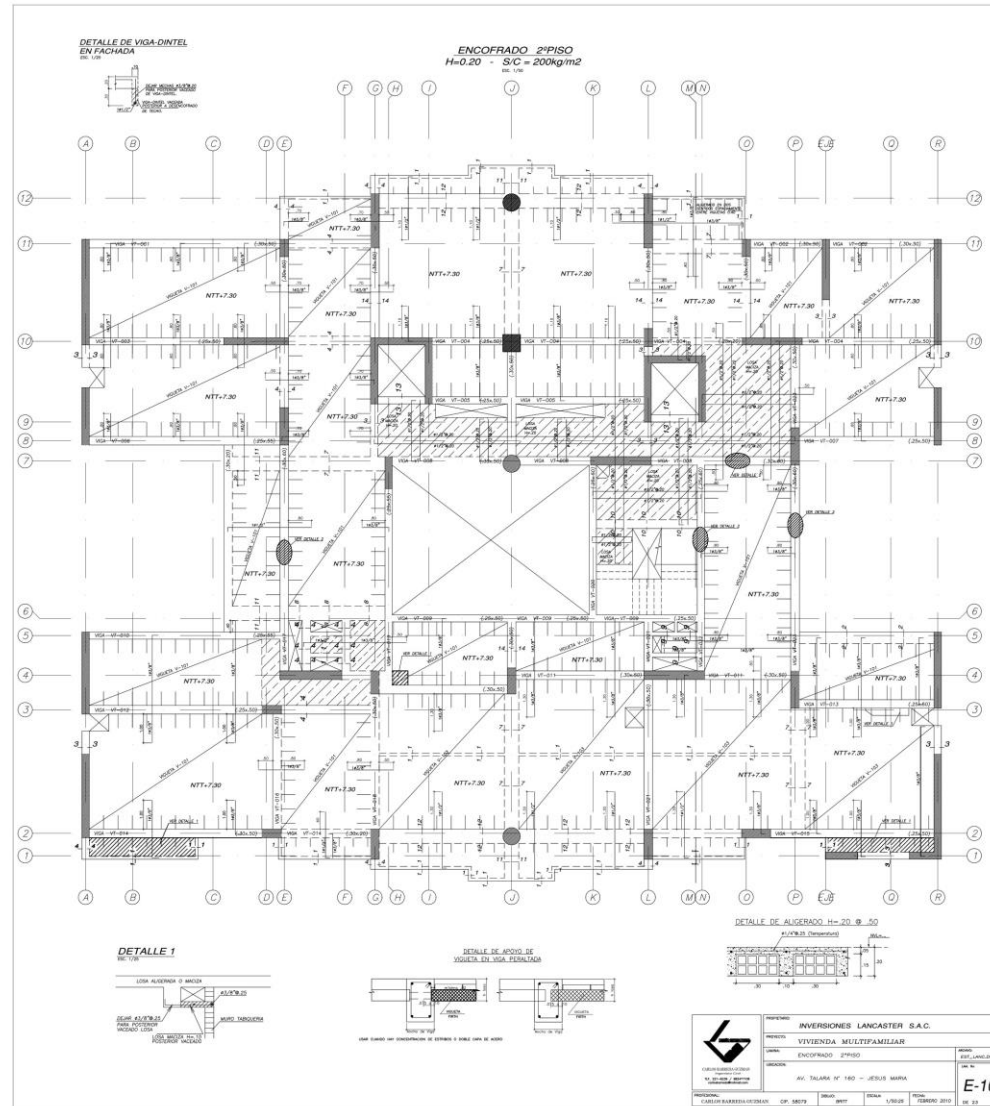


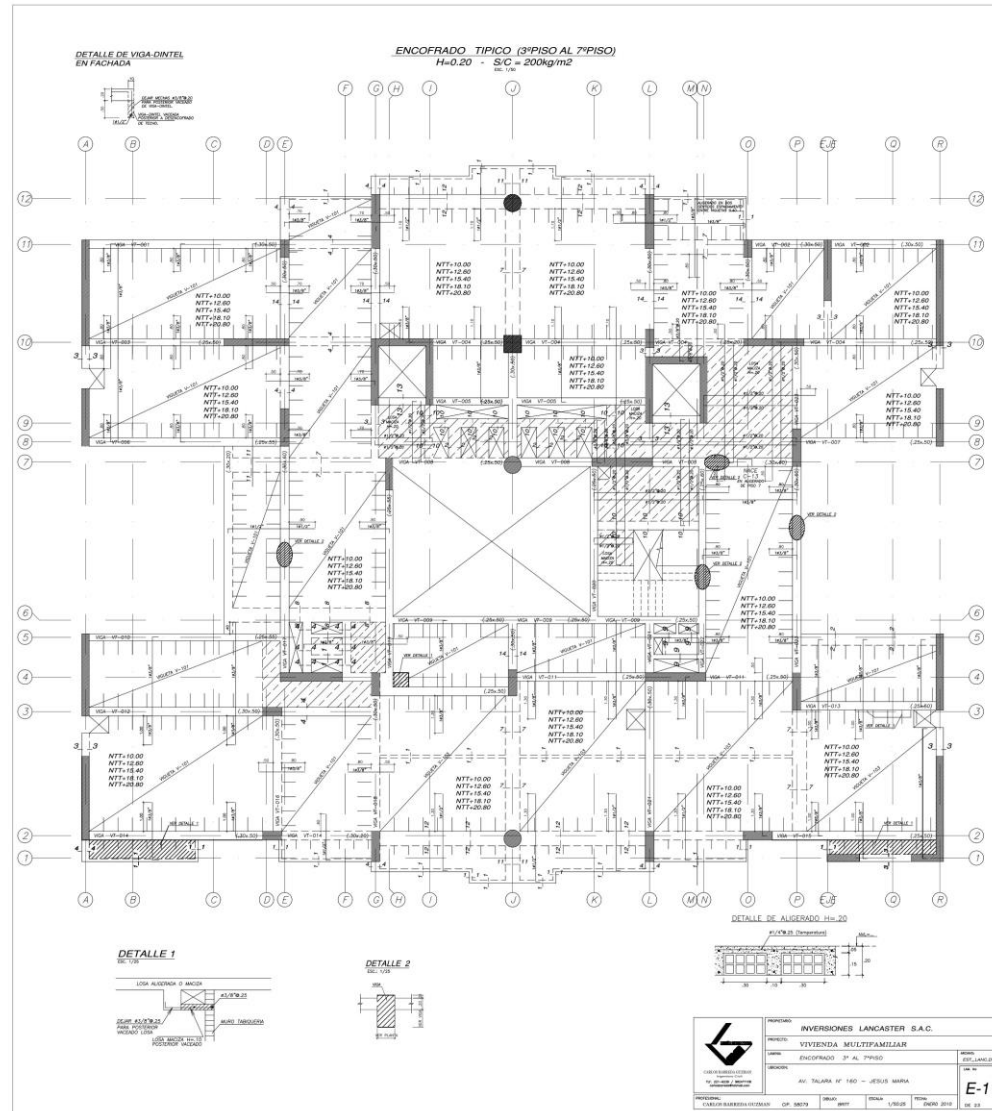




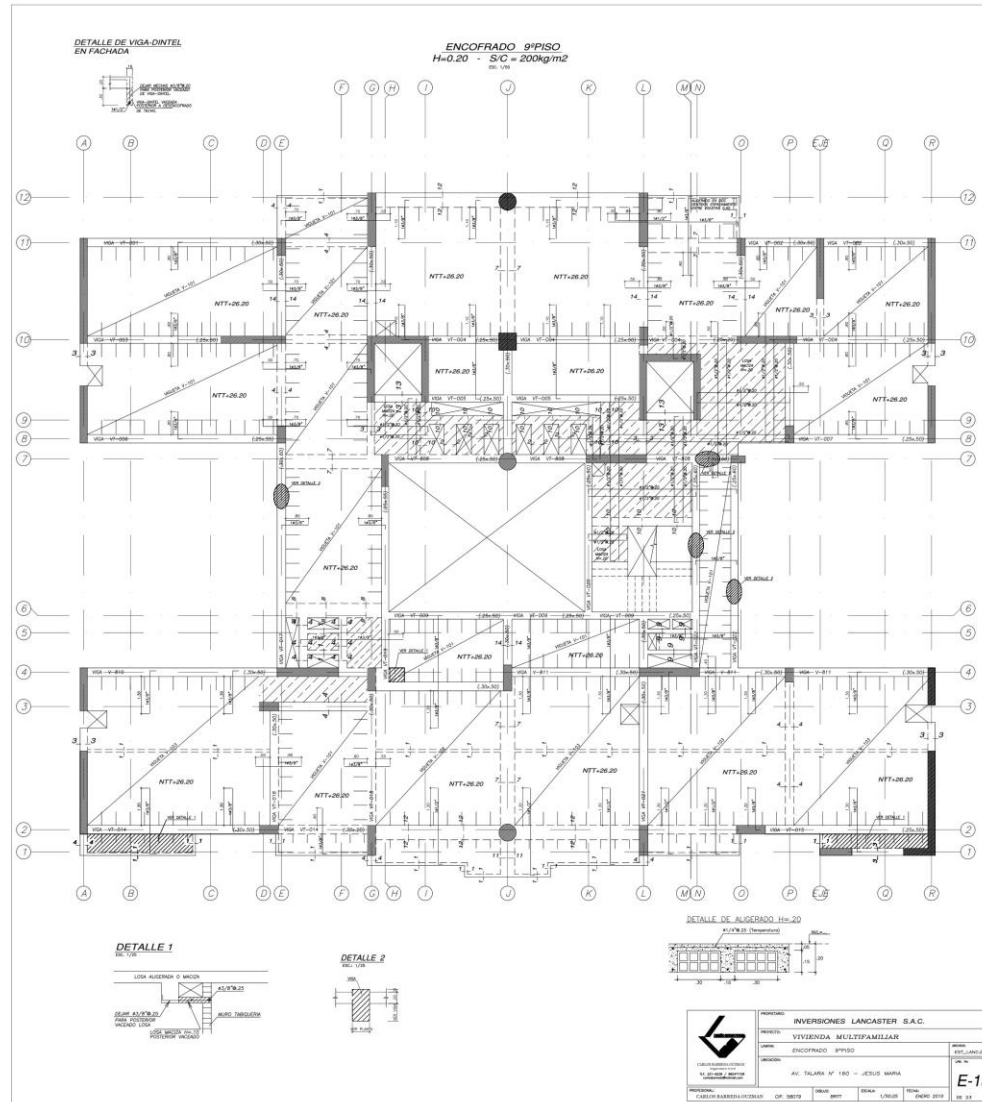


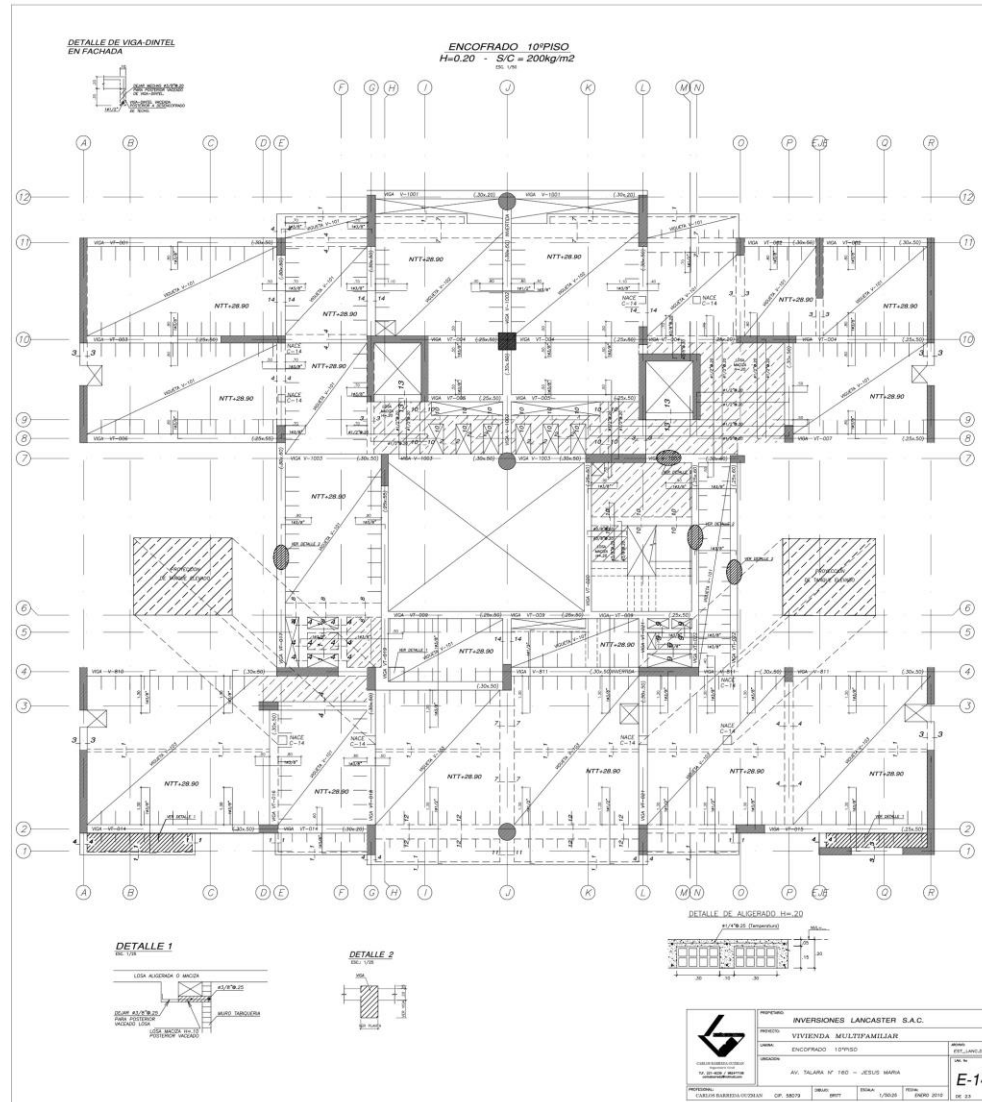


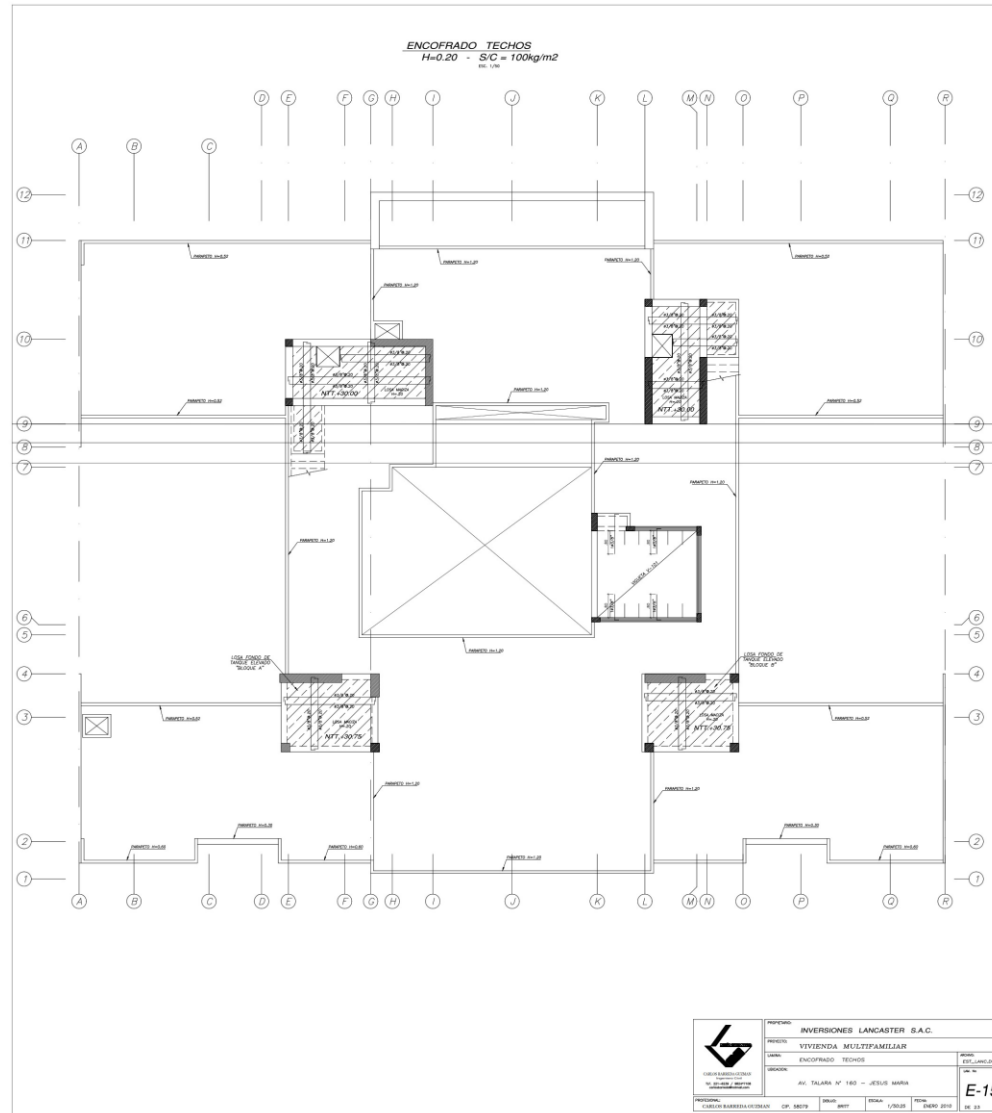


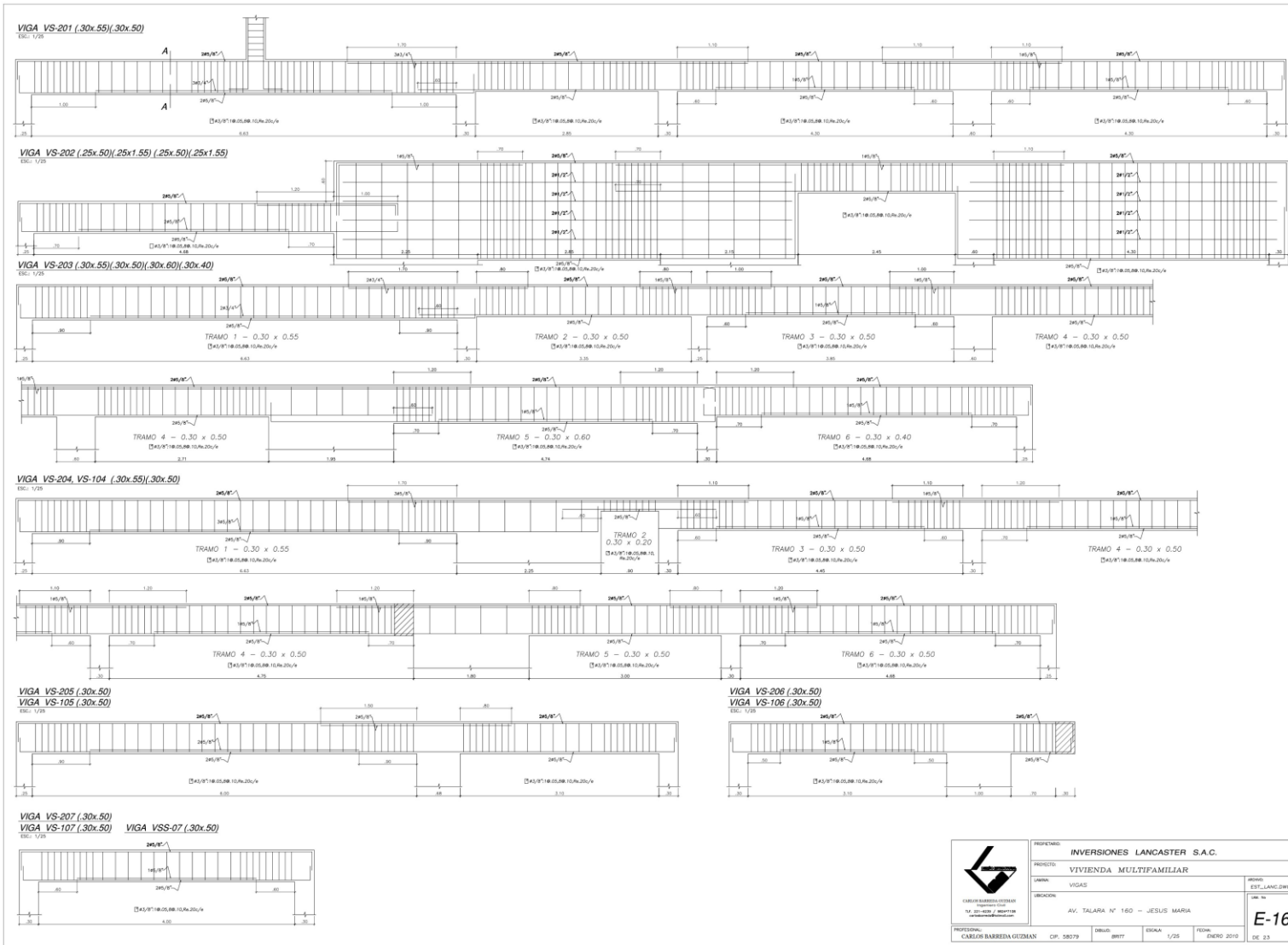






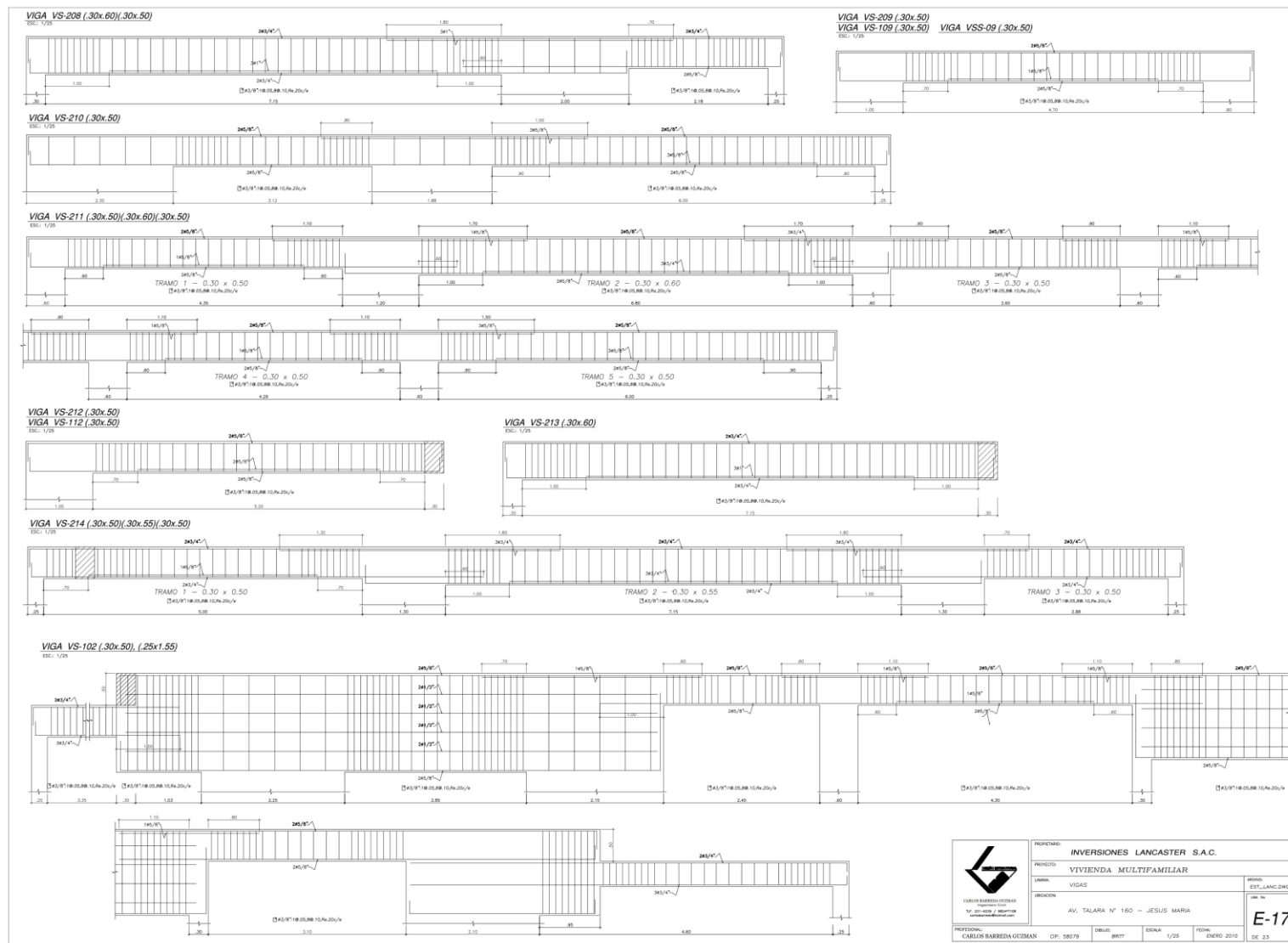




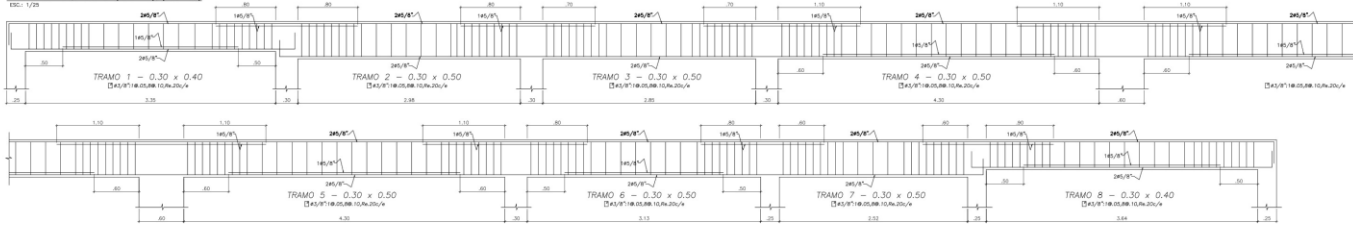


	PROYECTO:	INVERSIONES LANCASTER S.A.C.	
	PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
	LUBRAL:	VIGAS	
	UBICACION:	AV. TALARA N° 160 - JESUS MARIA	
PROYECTADO:	CARLOS BARRERA GUZMAN	CP:	58379
		DEBIDO:	08/07
		ESCALA:	1/25
		FECHA:	ENERO 2016
		DE:	23
			<b>E-16</b>

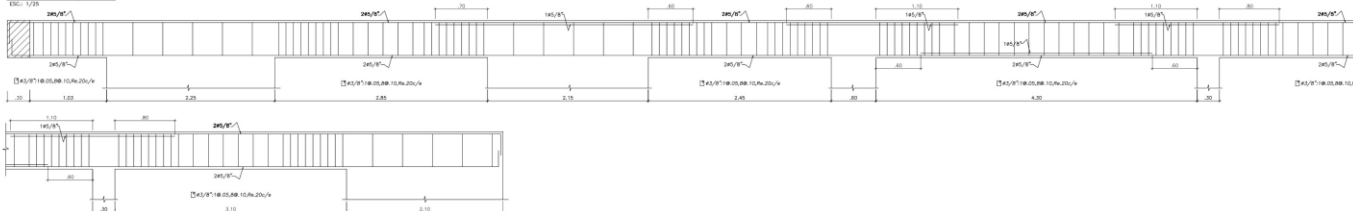




**VIGA VS-101, VSS-01 (30x40), (30x50)**

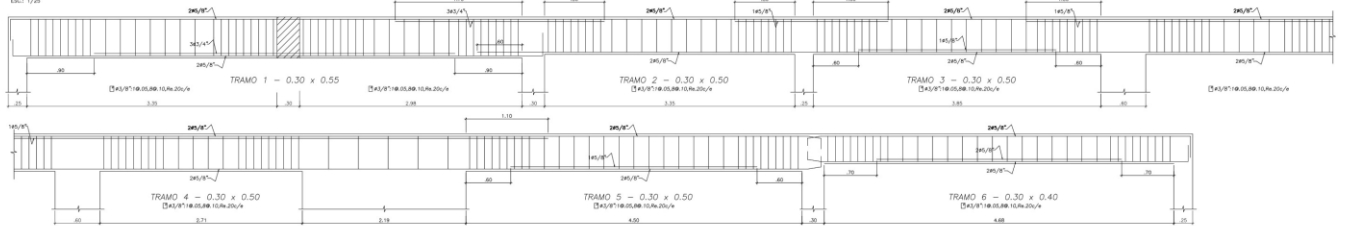


**VIGA VSS-02 (30x50)**

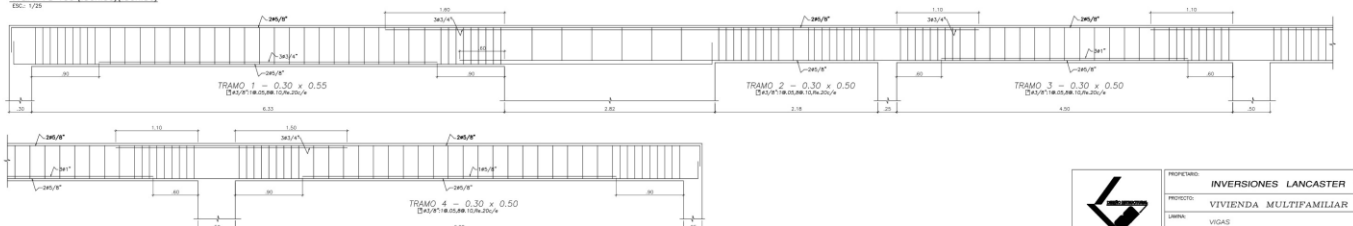


**VIGA VS-103 (30x55), (30x50)**

**VIGA VSS-03 (30x55), (30x50)**

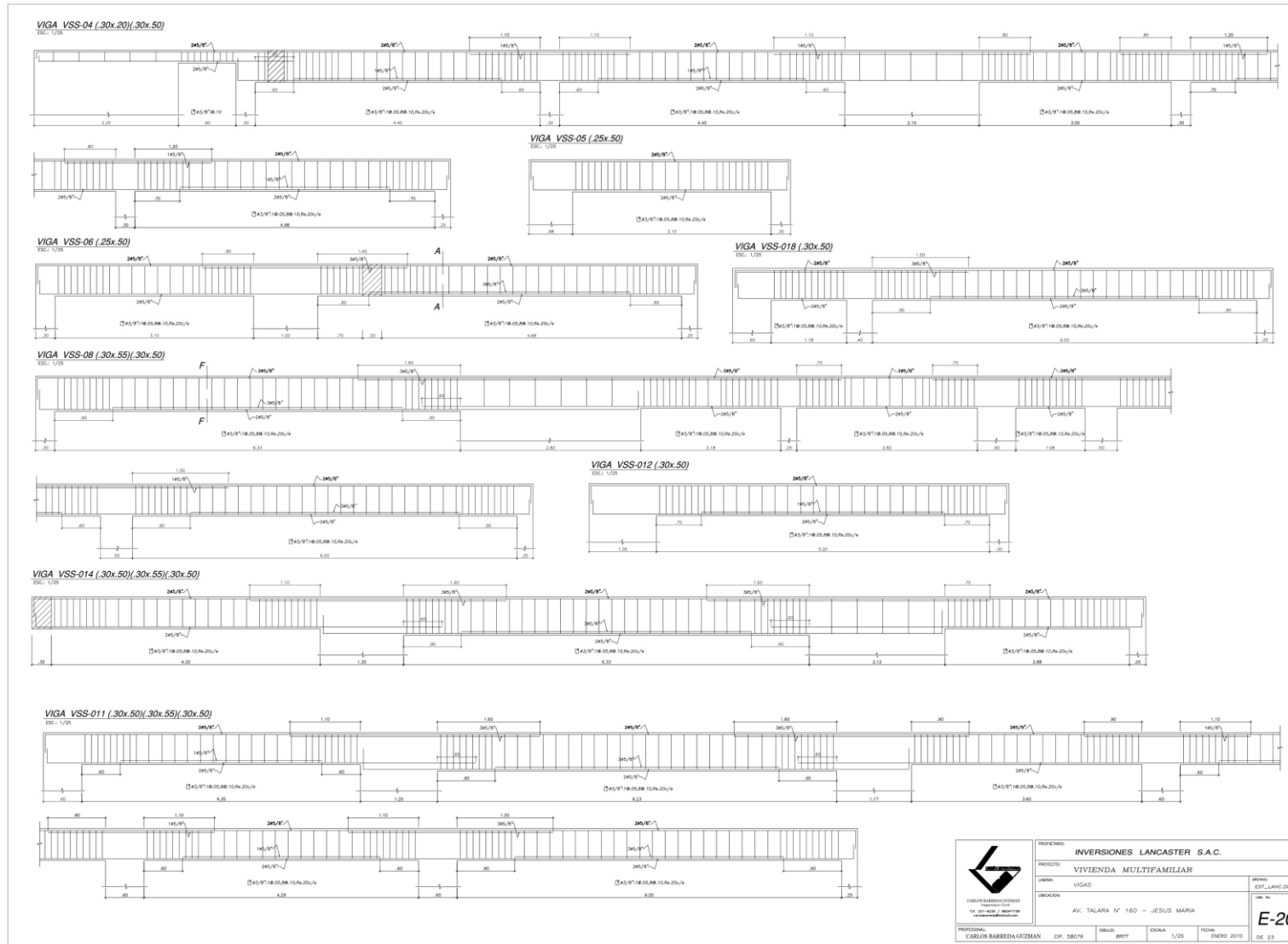


**VIGA VS-108 (30x55), (30x50)**

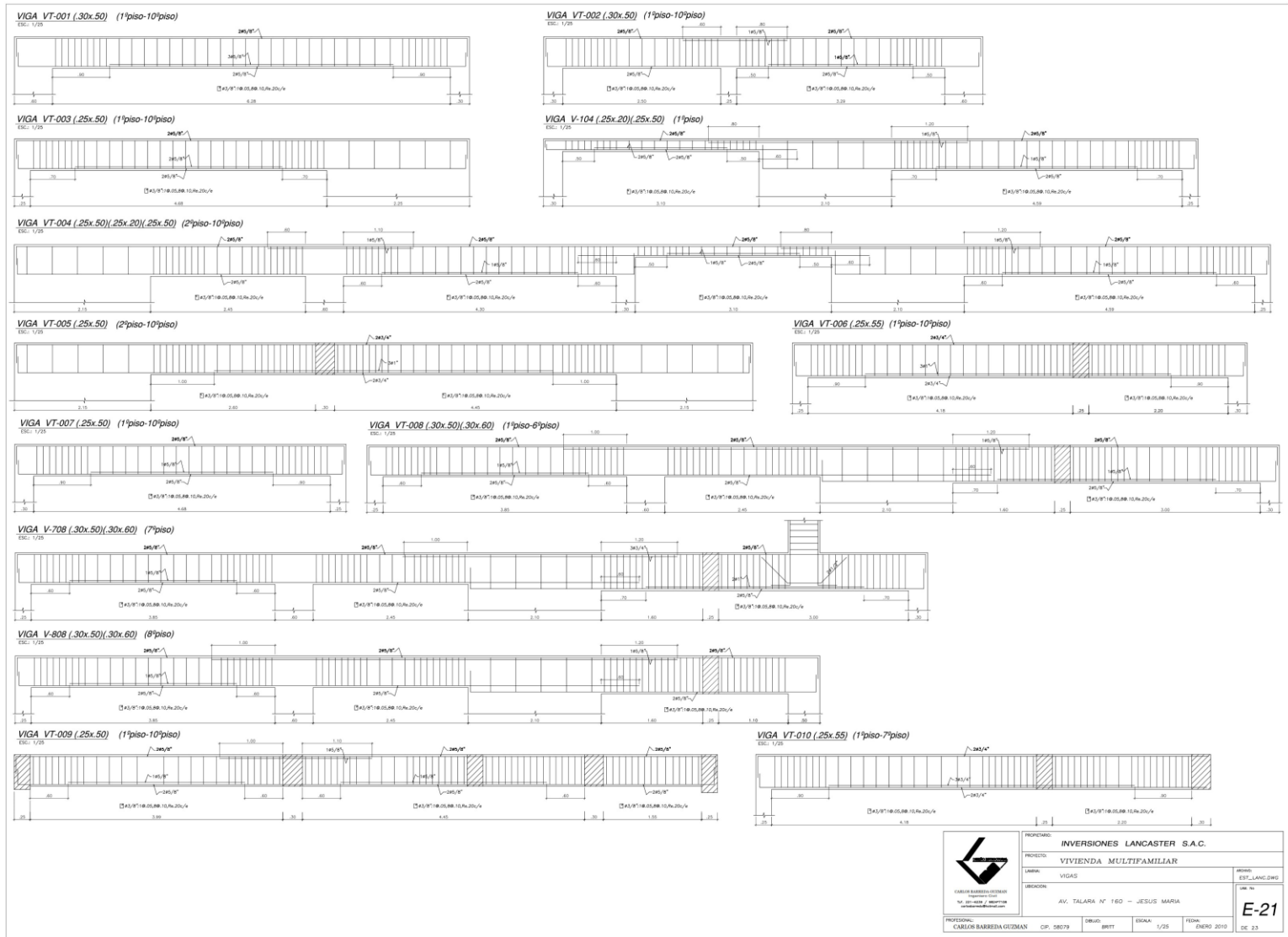


 <p>                 CADENA BARRERA S.A. (C.A.)                  C.A. BARRERA S.A. (C.A.)                  C.A. BARRERA S.A. (C.A.)                  C.A. BARRERA S.A. (C.A.)             </p>	PROPIETARIO:	INVERSIONES LANCASTER S.A.C.		
	PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR		
	LÁMINA:	VIGAS	ISSUE:	02E_LANC.DWG
	DIRECCIÓN:	AV. TALARA N° 160 - JESUS MARIA		USE IN:
PROFESIONAL:	CIP. 58079	DEBIDO:	ESCALA: 1/25	FECHA: DICIEMBRE 2010
			<p><b>E-18</b></p>	DE: 23

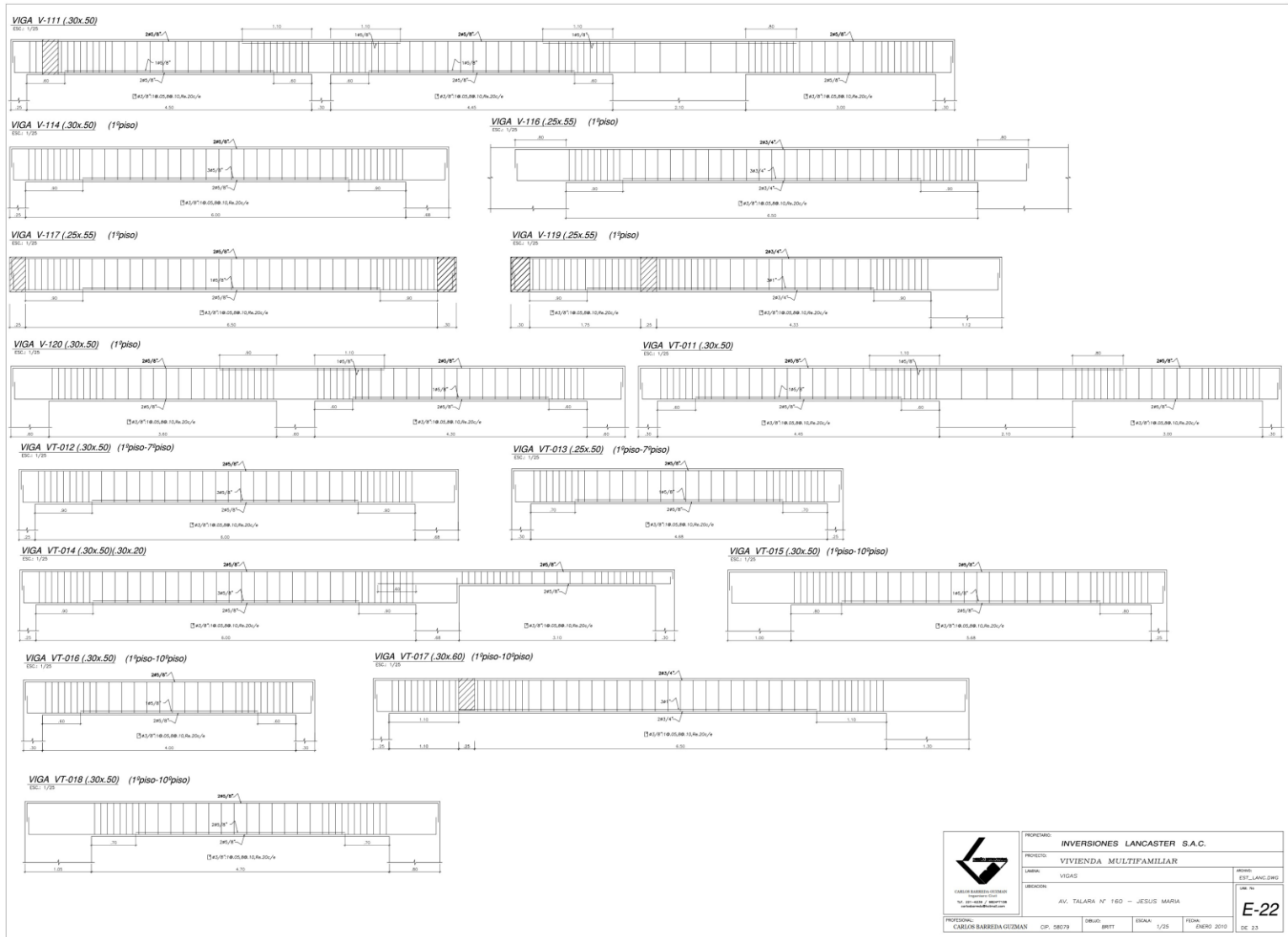




	PROYECTO:	INVERSIONES LANCASTER S.A.C.	ARQUITECTO:	EST_LANC.DWG
	PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	NO. DE PLANOS:	E-20
	LUBRICA:	VIGAS	FECHA:	02.23
	UBICACION:	AV. TALARA N° 160 - JESUS MARIA	PROFESIONAL:	
PROFESIONAL:	CARLOS BARREDA GONZALEZ	DESENHO:	BOCA:	FECHA:
	CARLOS BARREDA GONZALEZ			
	CP. 58079			
			1/25	ENERO 2018



	PROYECTO:	INVERSIONES LANCASTER S.A.C.	ARCHIVO:
	PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	EST_LANC.DWG
	LABOR:	VIGAS	NO. NO.
	SECCION:	AV. TALARA N° 160 - JESUS MARIA	
PROFESIONAL:	DESAO:	ESCALA:	FECHA:
CARLOS BARREDA GUEBAN	CP. 08079	BM77	1/25
			ENERO 2010
			DE 23



 <p>CARLOS BARREDA GUEBAN INGENIERO CIVIL V. 2014-0101 / M. 001708 LANCESTER INGENIERIA S.A.S.</p>	PROYECTO:	INVERSIONES LANCASTER S.A.C.	ARCHIVO:	EST_LANC.DWG					
	PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	NO. HOJA:	22					
	LABELA:	VIGAS	FECHA:	1/25					
	DIRECCION:	AV. TALARA N° 160 - JESUS MARIA	FECHA:	ENERO 2010					
PROFESIONAL:	CARLOS BARREDA GUEBAN	CIP:	58079	ESCALA:	1/25	FECHA:	ENERO 2010	DEC:	23

