



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“DISEÑO SISMICO DE UN ESTABLECIMIENTO  
DE SALUD COVID-19 CON AISLADORES  
SÍSMICOS LRB BASADO EN LA NORMA E.031,  
EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Victor Jhoan Guerrero Barco

Dagner Andree Marcell Vega Castillo

**Asesor:**

Mg. Gonzalo Hugo Díaz García

<https://orcid.org/0000-0002-3441-8005>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Nixón Brayan Peche Melo</b>	<b>70615775</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Luis Alberto Alva Reyes</b>	<b>42013371</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Wiston Henry Azañedo Medina</b>	<b>41526075</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### TESIS FINAL

#### ORIGINALITY REPORT

**14%**

SIMILARITY INDEX

**14%**

INTERNET SOURCES

**0%**

PUBLICATIONS

**2%**

STUDENT PAPERS

#### PRIMARY SOURCES

**1****hdl.handle.net**

Internet Source

**10%****2****www.elperulegal.com**

Internet Source

**1%****3****dspace.unitru.edu.pe**

Internet Source

**1%****4****es.slideshare.net**

Internet Source

**1%****5****docplayer.es**

Internet Source

**1%****6****kupdf.net**

Internet Source

**1%****7****busquedas.elperuano.pe**

Internet Source

**1%****8****scioteca.caf.com**

Internet Source

**1%**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación se la dedico a mi madre por el esfuerzo realizado para darme una buena educación y brindarme su apoyo incondicional en todo momento de mi carrera, a mi abuela por estar siempre presente apoyando a mi formación académica, a mi padre que dejó muchas virtudes inculcadas en mí y se convirtió en mi mayor fuente de motivación y a toda mi familia por siempre confiar en mi.

## **VEGA CASTILLO, DAGNER ANDREÉ MARCELL**

En primer lugar, dedico esta investigación a Dios, quien me dio la gracia de ser perseverante, persistente, objetivo y la capacidad de lograr esta meta en mi vida. A mis padres por los principios y valores que me han enseñado antes y durante mi paso por la universidad; también a mi hermana mayor que es uno de mis ejemplos a seguir en el ámbito profesional de la vida; a mi hermano menor, para él cual soy un ejemplo a seguir y al resto de mi familia cómo tíos y amigos cercanos que siempre estuvieron en todos los momentos de este proceso.

## **GUERRERO BARCO, VÍCTOR JHOAN**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme sabiduría y perseverancia para poder culminar con mi investigación, a mi madre por darme su apoyo día a día para lograr mis metas, a nuestro asesor Ing. Gonzalo Díaz por su dedicación y tiempo en el desarrollo de nuestra investigación.

### **VEGA CASTILLO, DAGNER ANDREÉ MARCELL**

En primer lugar quiero agradecer a mis padres por apoyarme siempre incondicionalmente para alcanzar todas mis metas personales y profesionales. Siempre me inspiran su capacidad para lograr mis objetivos y nunca rendirme ante las adversidades. Ellos contantemente me apoyaron material, emocional y económicamente para que pudiera lograr esta meta y centrarme en mis estudios. A la vez, a mis tíos Clara y Jesús, junto con mis hermanos Magaly y Darwin por su apoyo constante e incondicional en toda mi época universitaria. También a nuestro asesor al ing. Hugo Díaz por brindarnos su guía y apoyo durante todo este proceso.

### **GUERRERO BARCO, VÍCTOR JHOAN**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>JURADO EVALUADOR .....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>14</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>18</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>19</b>
<b>1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	20
1.1.1. Antecedentes de la investigación .....	26
1.1.2. Bases Teróricas .....	32
1.1.2.1. Diseño sísmico.....	32
A. Estados límites .....	33
B. Etapas de un diseño sísmico .....	33
1.1.2.2. Establecimientos de salud.....	34
A. Primer nivel de atención o Categoría I .....	34
B. Segundo nivel de atención o Categoría II .....	35
C. Tercer nivel de atención o Categoría III .....	36
1.1.2.3. Pandemia COVID - 19.....	37
1.1.2.4. Norma E. 031 de aislamiento sísmico .....	37
1.1.2.5. Configuración del sistema estructural.....	38
A. Calificación de la regularidad estructural .....	38
B. Restricciones a las irregularidades.....	38
1.1.2.6. Sistema de aislamiento sísmico .....	39
A. Condiciones ambientales .....	39
B. Fuerzas de viento .....	39
C. Resistencia al fuego .....	39
D. Fuerza de restitución lateral.....	40
E. Restricción al desplazamiento sísmico .....	40
1.1.2.7. Aislamiento sísmico.....	41
A. Tipos de aisladores .....	41
1.1.2.8. Tipos de análisis .....	46

A.	Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalente .....	46
B.	Análisis dinámico .....	47
a.	Análisis modal espectral.....	47
b.	Análisis tiempo - historia .....	48
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	48
1.3.	OBJETIVOS.....	48
1.3.1.	Objetivo general.....	48
1.3.2.	Objetivos específicos .....	48
1.4.	HIPÓTESIS.....	49
1.4.1.	Hipótesis general.....	49
<b>2.</b>	<b>CAPITULO II: METODOLOGÍA.....</b>	<b>50</b>
2.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	50
2.1.1.	Por el propósito .....	50
2.1.2.	Según del diseño de la investigación .....	50
2.1.3.	Diseño de investigación .....	50
2.2.	VARIABLES.....	51
2.2.1.	Diseño sísmico .....	51
2.2.2.	Clasificación de variables .....	51
2.2.3.	Operacionalización de variables .....	52
2.3.	POBLACIÓN.....	53
2.4.	MUESTRA .....	53
2.4.1.	Técnicas de muestreo.....	53
2.4.2.	Tamaño de muestra.....	53
2.5.	MATERIALES .....	53
2.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	54
2.6.1.	Técnica de recolección de datos.....	54
2.6.2.	Instrumento de recolección de datos.....	55
2.6.3.	Validación del instrumento de recolección datos.....	55
2.6.4.	Análisis de datos: .....	55
2.6.4.1.	Estadística descriptiva .....	55
2.7.	PROCEDIMIENTOS.....	56
2.7.1.	Diseño de la planta arquitectónica .....	56
2.7.2.	Estructuración .....	57
2.7.2.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales .....	57
A.	Losas.....	57
B.	Vigas .....	58

C. Columnas .....	58
D. Metrado de cargas .....	59
2.7.2.2. Peso de la edificación para el análisis .....	61
2.7.3. Predimensionamiento de aisladores .....	61
2.7.3.1. Modelado de la estructura de base fija .....	61
2.7.3.2. Modelado de la estructura de base fija .....	61
2.7.3.3. Dimensiones de los dispositivos de aislamiento .....	62
A. Para el cálculo del diámetro se toma el mayor valor de: .....	62
B. Para el cálculo del diámetro se toma el mayor valor de: .....	63
C. Diámetro del núcleo de plomo (Dp): .....	63
D. Esfuerzo en el acero de las capas de metal: .....	63
E. Rigidez vertical: .....	63
2.7.4. Análisis dinámico .....	64
2.7.4.1. Modelo bilineal .....	65
2.7.4.2. Parámetros nominales .....	65
2.7.5. Análisis tiempo historia .....	66
2.7.5.1. Escalamiento de registros sísmicos .....	66
2.7.5.2. Distorsiones de entrepiso .....	67
2.7.6. Diseño de elementos estructurales .....	67
2.7.6.1. Fuerzas de diseño .....	67
2.7.6.2. Diseño a flexión .....	68
2.7.6.3. Diseño de elementos por fuerza cortante .....	69
2.7.6.4. Diseño de columnas .....	70
2.7.7. Cimentación del sistema aislado .....	70
2.8. DESARROLLO DE TESIS: .....	70
2.8.1. Diseño arquitectónico .....	70
2.8.2. Predimensionamiento y estructuración .....	74
2.8.2.1. Losa .....	74
2.8.2.2. Vigas .....	75
2.8.2.3. Columnas .....	75
2.8.3. Predimensionamiento de aisladores LRB .....	76
2.8.3.1. Modelamiento de la Estructura de Base Fija .....	76
2.8.3.2. Predimensionamiento Inicial del Sistema Aislado .....	77
2.8.4. Análisis Dinámico .....	79
2.8.4.1. Modelado Bilineal .....	81
2.8.5. Análisis Tiempo Historia .....	86



2.8.5.1. Escalamiento de Registros Sísmicos.....	86
2.8.6. Diseño de Elementos Estructurales.....	90
2.8.6.1. Vigas en Losa de Aislamiento .....	90
A. Diseño por flexión .....	90
B. Diseño por corte.....	91
2.8.6.2. Vigas en Losa de Superestructura.....	92
A. Diseño por flexión .....	92
B. Diseño por corte.....	93
2.8.6.3. Columnas Centrales .....	93
A. Diseño por flexo – compresión.....	93
B. Diseño por corte.....	95
2.8.6.4. Columnas Medianeras .....	96
A. Diseño por flexo – compresión.....	96
2.8.7. Diseño de Elementos Estructurales.....	98
2.9. ASPECTOS ÉTICOS.....	99
<b>3. CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>100</b>
3.1. DISEÑO DE LA PLANTA ARQUITECTÓNICA.....	100
3.2. PREDIMENSIONAMIENTO Y ESTRUCTURACIÓN.....	107
3.2.1. Propiedades de los materiales .....	107
3.2.2. Predimensionamiento de elementos estructurales.....	107
3.2.2.1. Predimensionamiento de columnas .....	107
3.2.2.2. Predimensionamiento de vigas .....	109
3.2.2.3. Predimensionamiento de losa aligerada.....	110
3.2.3. Cargas de diseño .....	110
3.2.3.1. Carga viva.....	110
3.2.3.2. Carga muerta.....	110
3.3. SISTEMA DE AISLAMIENTO ELASTOMÉRICO CON AISLADORES LRB.....	111
3.3.1. Predimensionamiento de aisladores elastoméricos LRB .....	111
3.4. ANÁLISIS NO LINEAL TIEMPO HISTORIA .....	117
3.4.1. Registros de aceleraciones sísmicas.....	117
3.4.2. Escalamiento de señales sísmicas .....	118
3.4.2.1. Sismo de Lima de 1970 .....	118
3.4.2.2. Sismo de Kobe de 1995 .....	119
3.4.2.3. Sismo de Lima de 1996 .....	119
3.4.2.4. Sismo de Arequipa de 2001 .....	120
3.4.2.5. Sismo de Tarapaca de 2005 .....	121

3.4.2.6. Sismo de Pisco de 2007 .....	122
3.4.2.7. Sismo de Curico de 2010.....	123
3.4.3. Tratamiento de resultados .....	124
3.4.3.1. Distorsiones de entrepiso .....	124
3.4.3.2. Tracción en dispositivos .....	129
3.4.3.3. Parámetros bilineales mediante análisis tiempo historia .....	130
3.4.3.4. Desplazamiento máximo en junta de separación .....	131
3.4.3.5. Fuerzas cortantes máximas mediante análisis tiempo historia .....	132
3.4.3.6. Escalamiento de fuerzas cortantes para diseño sísmico.....	133
3.5. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	134
3.5.1. Diseño de vigas .....	134
3.5.1.1. Vigas en losa de aislamiento.....	134
3.5.1.2. Vigas en losa de aislamiento.....	138
3.5.2. Diseño de columnas .....	142
3.5.2.1. Columnas Céntricas .....	142
3.5.2.2. Columnas de Borde.....	145
3.6. VERIFICACIÓN DE CIMENTACIÓN .....	148
3.6.1. Cargas de servicio .....	149
3.6.2. Carga sísmica en la dirección X.....	150
3.6.3. Carga sísmica en la dirección Y.....	151
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>152</b>
4.1. LIMITACIONES .....	152
4.2. DISCUSIONES .....	152
4.3. IMPLICANCIAS .....	156
4.4. CONCLUSIONES .....	156
4.5. RECOMENDACIONES .....	159
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>160</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>164</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Categoría y regularidad de edificaciones aisladas. ....	38
<b>Tabla 2:</b> Esquema de investigación .....	51
<b>Tabla 3:</b> Clasificación de variables.....	51
<b>Tabla 4:</b> Matriz de operacionalización de variables .....	52
<b>Tabla 5:</b> Predimensionamiento de losa maciza .....	57
<b>Tabla 6:</b> Dimensionamiento de columnas .....	59
<b>Tabla 7:</b> Peso específico de materiales .....	60
<b>Tabla 8:</b> Cargas repartidas .....	60
<b>Tabla 9:</b> Factor de reducción (BM) según el porcentaje de amortiguamiento crítico. .	64
<b>Tabla 10:</b> UPSS utilizadas en este proyecto por piso. ....	71
<b>Tabla 11:</b> Servicios complementarios ste proyecto por piso. ....	71
<b>Tabla 12:</b> Periodo inicial y masa participativa de estructura de base fija. ....	78
<b>Tabla 13:</b> Masa de la estructura de base fija. ....	78
<b>Tabla 14:</b> Periodo de base aislada. ....	80
<b>Tabla 15:</b> Parámetros sísmicos para el espectro de aceleraciones.....	80
<b>Tabla 16:</b> Parámetro iniciales para el cálculo de las propiedades del modelo bilineal.	81
<b>Tabla 17:</b> Valores de los factores de modificación para los dispositivos.....	83
<b>Tabla 18:</b> Valores iniciales para el diseño por flexión en vigas del nivel de aislamiento. .....	90
<b>Tabla 19:</b> Valores iniciales para el diseño por corte en vigas del nivel de aislamiento. .....	91
<b>Tabla 20:</b> Valores iniciales para el diseño por flexión en vigas de la superestructura. .	92
<b>Tabla 21:</b> Valores iniciales para el diseño por cortante en vigas del nivel de aislamiento. .....	93
<b>Tabla 22:</b> Valores iniciales para el diseño por flexo – compresión en columnas centradas. .....	94
<b>Tabla 23:</b> Fuerzas máximas según combinaciones de carga para columnas centradas.	94
<b>Tabla 24:</b> Valores iniciales para el diseño por corte en columnas centradas. ....	95
<b>Tabla 25:</b> Valores iniciales para el diseño por flexo – compresión en columnas medianeras. ....	96
<b>Tabla 26:</b> Fuerzas máximas según combinaciones de carga para columnas medianeras. .....	96
<b>Tabla 27:</b> UPSS utilizadas en la planificación arquitectónica.....	100
<b>Tabla 28:</b> Propiedades mecánicas del concreto utilizadas en la estructuración. ....	107
<b>Tabla 29:</b> Propiedades mecánicas del acero utilizadas en la estructuración. ....	107
<b>Tabla 30:</b> Predimensionamiento de columnas Esquinadas.....	108
<b>Tabla 31:</b> Predimensionamiento de columnas Internas o Céntricas.....	108
<b>Tabla 32:</b> Predimensionamiento de columnas Internas o Céntricas.....	109
<b>Tabla 33:</b> Predimensionamiento de vigas.....	109
<b>Tabla 34:</b> Predimensionamiento de losas aligeradas en dos direcciones. ....	110

<b>Tabla 35:</b> Sobrecarga por tipo de ambiente consideradas en el modelamiento.....	110
<b>Tabla 36:</b> Carga muerta total considerada en el modelamiento estructural.....	111
<b>Tabla 37:</b> Modos de vibración de estructura de base empotrada.....	112
<b>Tabla 38:</b> Cálculo de valores iniciales del sistema de aislamiento.....	112
<b>Tabla 39:</b> Parámetros obtenidos para el sistema de aislamiento. ....	113
<b>Tabla 40:</b> Parámetros obtenidos para cada unidad de aislador LRB.....	113
<b>Tabla 41:</b> Propiedades mecánicas de las unidades de aisladores LRB.....	114
<b>Tabla 42:</b> Predimensionamiento de las dimensiones de los aisladores LRB.....	114
<b>Tabla 43:</b> Propiedades nominales lineales de los aisladores LRB. ....	115
<b>Tabla 44:</b> Parámetros nominales bilineales de los aisladores LRB.....	115
<b>Tabla 45:</b> Parámetros bilineales para límite superior, inferior y nominal de aisladores LRB. ....	116
<b>Tabla 46:</b> Características de registros sísmicos usados en el análisis tiempo historia. ....	117
<b>Tabla 47:</b> Distorsiones de entrepiso para valores nominales mediante análisis tiempo historia. ....	124
<b>Tabla 48:</b> Distorsiones de entrepiso para valores de límite superior mediante análisis tiempo historia. ....	126
<b>Tabla 49:</b> Distorsiones de entrepiso para valores de límite inferior mediante análisis tiempo historia. ....	127
<b>Tabla 50:</b> Tracción máxima en cada unidad de aislamiento.....	129
<b>Tabla 51:</b> Parámetros bilineales promedio del sistema de aislamiento mediante análisis tiempo historia para limite superior, inferior y nominal.....	131
<b>Tabla 52:</b> Desplazamiento total según las propiedades del límite inferior con análisis tiempo historia.....	131
<b>Tabla 53:</b> Fuerza cortante en límite superior con análisis tiempo historia para Caso 1. ....	132
<b>Tabla 54:</b> Fuerza cortante en límite superior con análisis tiempo historia para Caso 2. ....	132
<b>Tabla 55:</b> Fuerzas cortantes en sistema de aislamiento y superestructura considerando límite superior.....	133
<b>Tabla 56:</b> Factor de escalamiento para la subestructura y sistema de aislamiento (R=1). ....	133
<b>Tabla 57:</b> Factor de escalamiento para la subestructura (R=2). ....	134
<b>Tabla 58:</b> Área de acero obtenida para cada momento flector actuante en cada tramo de viga, ubicado en el eje D del nivel de aislamiento. ....	135
<b>Tabla 59:</b> Cálculo de estribos en vigas del nivel de aislamiento.....	136
<b>Tabla 60:</b> Área de acero obtenida para cada momento flector actuante en cada tramo de viga, ubicado en el eje F del segundo nivel.....	139
<b>Tabla 61:</b> Cálculo de estribos en vigas del segundo nivel.....	140
<b>Tabla 62:</b> Cálculo de estribos en columna central.....	144
<b>Tabla 63:</b> Cálculo de estribos en columna de borde.....	147
<b>Tabla 64:</b> Ficha resumen de estudio de suelos. ....	168

<b>Tabla 65:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Consulta Externa. .....	168
<b>Tabla 66:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Emergencia.....	169
<b>Tabla 67:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Farmacia. ....	169
<b>Tabla 68:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPS de Morgue y Crematorio. .....	170
<b>Tabla 69:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Diagnóstico por Imágenes.....	170
<b>Tabla 70:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Centro Quirúrgico. .....	170
<b>Tabla 71:</b> .....	171
<b>Tabla 72:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Patología Clínica. .....	171
<b>Tabla 73:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPS de Lavandería. ....	171
<b>Tabla 74:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Unidad de Cuidados Intensivos.....	172
<b>Tabla 75:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Nutrición y Dietética. .....	172
<b>Tabla 76:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPS de Administración. ..	173
<b>Tabla 77:</b> Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Hospitalización.	173

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Aislador elastomérico de bajo amortiguamiento .....	42
<b>Figura 2:</b> Aislador elastomérico de alto amortiguamiento .....	43
<b>Figura 3:</b> Aislador elastomérico con núcleo de plomo.....	44
<b>Figura 4:</b> Aislador deslizante plano .....	45
<b>Figura 5:</b> Aislador de péndulo friccional.....	46
<b>Figura 6:</b> Diseño de investigación.....	50
<b>Figura 7:</b> Técnicas de muestreo.....	53
<b>Figura 8:</b> Histograma.....	55
<b>Figura 9:</b> Ojiva .....	56
<b>Figura 10:</b> Espectro de aceleraciones según la Norma E.031. ....	64
<b>Figura 11:</b> Ubicación del terreno considerado para el desarrollo de este proyecto. ....	73
<b>Figura 12:</b> Arquitectura del Primer nivel de la edificación. ....	74
<b>Figura 13:</b> Propiedades del concreto ingresados en el software ETABS.....	76
<b>Figura 14:</b> Configuración de los elementos estructurales en el software. ....	76
<b>Figura 15:</b> Configuración de las cargas repartidas y lineales de la estructura. ....	77
<b>Figura 16:</b> Configuración de las propiedades iniciales de los dispositivos de aislamiento en la interfaz del programa Etabs. ....	79
<b>Figura 17:</b> Espectro de aceleraciones según la Norma E. 031 para un amortiguamiento de 15%.....	80
<b>Figura 18:</b> Procesamiento del espectro de aceleraciones. ....	81
<b>Figura 19:</b> Ingreso de valores nominales de los dispositivos de aislamiento.....	83
<b>Figura 20:</b> Ingreso de valores para límite inferior de los dispositivos de aislamiento. .	84
<b>Figura 21:</b> Ingreso de valores para límite superior de los dispositivos de aislamiento. .	85
<b>Figura 22:</b> Ingreso de sismos corregidos en cada dirección de análisis. ....	86
<b>Figura 23:</b> Ingreso del espectro de aceleraciones según la Norma E.031 para un $Z=0.45$ (g), $R=1$ , suelo intermedio.....	86
<b>Figura 24:</b> Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Lima del año 1970 escalado a un espectro de $Z=0.45$ .....	87
<b>Figura 25:</b> Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Lima del año 1996 escalado a un espectro de $Z=0.45$ .....	87
<b>Figura 26:</b> Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Arequipa del año 2001 escalado a un espectro de $Z=0.45$ .....	87
<b>Figura 27:</b> Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Pisco del año 2007 escalado a un espectro de $Z=0.45$ .....	88
<b>Figura 28:</b> Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Tarapacá del año 2005 escalado a un espectro de $Z=0.45$ .....	88
<b>Figura 29:</b> Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Curicó del año 2010 escalado a un espectro de $Z=0.45$ .....	88
<b>Figura 30:</b> Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Japón del año 1995 escalado a un espectro de $Z=0.45$ .....	89

<b>Figura 31:</b> Promedio de aceleraciones escaladas al espectro de la Norma E.031.....	89
<b>Figura 32:</b> Ingreso de todos los sismos escalados en cada dirección al software.....	90
<b>Figura 33:</b> Superficie de interacción en columnas centradas.....	95
<b>Figura 34:</b> Superficie de interacción en columnas medianeras.....	97
<b>Figura 35:</b> Modelado de platea de cimentación mediante elementos Shell.....	98
<b>Figura 36:</b> Ingreso de propiedades del suelo.....	99
<b>Figura 37:</b> Planta arquitectónica del 1° nivel del establecimiento de Salud.....	102
<b>Figura 38:</b> Planta arquitectónica del 2° nivel del establecimiento de Salud.....	103
<b>Figura 39:</b> Planta arquitectónica del 3° nivel del establecimiento de Salud.....	104
<b>Figura 40:</b> Planta arquitectónica del 4° nivel del establecimiento de Salud.....	105
<b>Figura 41:</b> Esquema estructural general de la edificación.....	106
<b>Figura 42:</b> Modelo estructural del edificio sin elementos de aislamiento.....	112
<b>Figura 43:</b> Gráfica de modelo bilineal nominal de aisladores LRB.....	116
<b>Figura 44:</b> Gráfica de modelo bilineal para límite superior, inferior y nominal de aisladores LRB.....	117
<b>Figura 45:</b> Acelerograma para la componenete E-O del sismo de Lima del año 1970 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	118
<b>Figura 46:</b> Acelerograma para la componenete N-S del sismo de Lima del año 1970 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	118
<b>Figura 47:</b> Acelerograma para la componenete E-O del sismo de Kobe del año 1995 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	119
<b>Figura 48:</b> Acelerograma para la componenete N-S del sismo de Kobe del año 1995 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	119
<b>Figura 49:</b> Acelerograma para la componenete E-O del sismo de Lima del año 1996 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	120
<b>Figura 50:</b> Acelerograma para la componenete N-S del sismo de Lima del año 1996 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	120
<b>Figura 51:</b> Acelerograma para la componenete E-O del sismo de Arequipa del año 2001 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	121
<b>Figura 52:</b> Acelerograma para la componenete N-S del sismo de Arequipa del año 2001 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	121
<b>Figura 53:</b> Acelerograma para la componenete E-O del sismo de Tarapaca del año 2005 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	122
<b>Figura 54:</b> Acelerograma para la componenete N-S del sismo de Tarapaca del año 2005 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	122
<b>Figura 55:</b> Acelerograma para la componenete E-O del sismo de Pisco del año 2007 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	122
<b>Figura 56:</b> Acelerograma para la componenete N-S del sismo de Pisco del año 2007 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	123
<b>Figura 57:</b> Acelerograma para la componenete E-O del sismo de Curico del año 2010 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	123
<b>Figura 58:</b> Acelerograma para la componenete N-S del sismo de Curico del año 2010 escalado a un espectro de $Z=0.45$ (g), $R=1$ , Suelo Intermedio.....	123

<b>Figura 59:</b> Distorsiones máximas por piso en la dirección X obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores nominales en dispositivos LRB.....	125
<b>Figura 60:</b> Distorsiones máximas por piso en la dirección Y obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores nominales en dispositivos LRB.....	125
<b>Figura 61:</b> Distorsiones máximas por piso en la dirección X obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores de límite superior en dispositivos LRB.....	126
<b>Figura 62:</b> Distorsiones máximas por piso en la dirección Y obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores de límite superior en dispositivos LRB.....	127
<b>Figura 63:</b> Distorsiones máximas por piso en la dirección X obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores de límite inferior en dispositivos LRB.....	128
<b>Figura 64:</b> Distorsiones máximas por piso en la dirección Y obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores de límite inferior en dispositivos LRB.....	128
<b>Figura 65:</b> Diagrama de momentos flectores máximos, ubicados en el eje D para el nivel de aislamiento.....	134
<b>Figura 66:</b> Diagrama de fuerzas cortantes máximas, ubicado en el eje D para el nivel de aislamiento.....	136
<b>Figura 67:</b> Fuerza cortante máxima para diseño de estribos en vigas del nivel de aislamiento.....	136
<b>Figura 68:</b> Elevación del eje “F” del la viga de subestructura.....	137
<b>Figura 69:</b> Corte de sección de elevación de viga de subestructura.....	137
<b>Figura 70:</b> Diagrama de momentos flectores máximos, ubicados en el eje F del segundo nivel.....	138
<b>Figura 71:</b> Diagrama de fuerzas cortantes máximas, ubicado en el eje F del segundo nivel.....	140
<b>Figura 72:</b> Fuerza cortante máxima para diseño de estribos en vigas de la superestructura.....	140
<b>Figura 73:</b> Elevación de viga de superestructura para el primer, segundo y tercer nivel de la edificación.....	141
<b>Figura 74:</b> Corte de secciones de viga de superestructura para el primer, segundo y tercer nivel de la edificación.....	141
<b>Figura 75:</b> Elevación de viga de superestructura para el último techo de la edificación.....	142
<b>Figura 76:</b> Corte de sección de viga de superestructura para el último nivel de la edificación.....	142
<b>Figura 77:</b> Columna central más crítica, ubicada en la intersección de los ejes E y 4.....	143
<b>Figura 78:</b> Diagrama de interacción en X para la columna central ubicada en la intersección de los ejes E y 4.....	143
<b>Figura 79:</b> Diagrama de interacción en Y para la columna central ubicada en la intersección de los ejes E y 4.....	144
<b>Figura 80:</b> Columna de borde más crítica, ubicada en la intersección de los ejes D y 1.....	145
<b>Figura 81:</b> Diagrama de interacción en X para la columna de borde ubicada en la intersección de los ejes D y 1.....	146



<b>Figura 82:</b> Diagrama de interacción en Y para la columna de borde ubicada en la intersección de los ejes D y 1. ....	146
<b>Figura 83:</b> Detalle de Columna típica para toda la edificación.....	148
<b>Figura 84:</b> Modelo estructural con platea de cimentación. ....	148
<b>Figura 85:</b> Elevación tridimensional de portico principal en Etabs .....	149
<b>Figura 86:</b> Verificación de presiones CS1: $1D+1L$ en Platea de cimentación. ....	150
<b>Figura 87:</b> Verificación de presiones CS2: $1D+1L-0.8SX$ en Platea de cimentación. ....	150
<b>Figura 88:</b> Verificación de presiones CS2: $1D+1+0.8SY$ en Platea de cimentación. .	151
<b>Figura 89:</b> Verificación de presiones CS2: $1D+1-0.8SY$ en Platea de cimentación...	151
<b>Figura 90:</b> Entrevista a Dr. Carlos Cruz Cherre – Primera parte .....	164
<b>Figura 91:</b> Entrevista a Dr. Carlos Cruz Cherre – Segunda parte .....	165
<b>Figura 92:</b> Entrevista a Dr. Edith Guerrero Barco – Primera parte.....	166
<b>Figura 93:</b> Entrevista a Dr. Edith Guerrero Barco – Segunda parte.....	167
<b>Figura 94:</b> Elevación estructural del eje "D". ....	174

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la ciudad de Trujillo, se determinó el diseño sísmico de un establecimiento de salud con aisladores sísmicos LRB basado en la norma E.031, para la realización de la tesis se utilizó un diseño no experimental, transversal, el muestreo fue no probabilístico por juicio de experto, la recolección de datos se realizó con la técnica de análisis documental, el instrumento utilizado fue una matriz de datos y fichas de resumen, para analizar los datos se usó la estadística descriptiva. El problema central es que en el Perú las solicitaciones sísmicas son altas, generando daños severos a las edificaciones, mucho más en hospitales lo cual concentran gran cantidad de personas y la pérdida en equipamiento por un sismo es muy costoso. Se determinó que el uso de aisladores sísmicos en un establecimiento de salud aumenta el porcentaje de amortiguamiento, reduce las distorsiones de entrepiso, fuerzas internas y por consiguiente se optimiza el diseño estructural. Se diseñaron los aisladores LRB obteniendo un diámetro total de 70 centímetros, una altura de 50 centímetros y un núcleo de plomo de 12 centímetros de diámetro. Se realizó un análisis tiempo historia con 7 pares de registro obteniendo así la junta de separación y las fuerzas máximas. Se verificó el comportamiento de la cimentación mediante una platea obteniendo un esfuerzo máximo de  $1.58 \text{ kg/cm}^2$  para carga de servicio.

**PALABRAS CLAVES:** Diseño sísmico, aisladores sísmicos LRB, análisis dinámico.

## ABSTRACT

This research was carried out in the city of Trujillo, the seismic design of a health facility with LRB seismic isolators based on the E.031 standard was determined, a non-experimental, cross-sectional design was used for the thesis, the sampling was non-probabilistic by expert judgment, data collection was performed with the documentary analysis technique, the instrument used was a data matrix and summary sheets, descriptive statistics was used to analyze the data. The main problem is that in Peru seismic stresses are high, causing severe damage to buildings, especially in hospitals, which concentrate a large number of people and the loss of equipment due to an earthquake is very costly. It was determined that the use of seismic isolators in a health facility increases the damping percentage, reduces interstory distortions, internal forces and consequently optimizes the structural design. The LRB isolators were designed with a total diameter of 70 centimeters, a height of 50 centimeters and a lead core of 12 centimeters in diameter. A time-history analysis was carried out with 7 log pairs, thus obtaining the separation joint and the maximum forces. The behavior of the foundation was verified by means of a slab, obtaining a maximum stress of 1.58 Kg/cm<sup>2</sup> for service load.

**KEYWORDS:** Seismic desing, LRB seismic isolators, Dynamic análisis.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Una de los mayores desafíos al momento de realizar el diseño de la estructura de cualquier edificación es tratar de entender el comportamiento los sismos y su impacto en las edificaciones; por tal motivo, se ha venido estudiando la manera más adecuada de modelarlo para obtener diseños que generen un buen desempeño en un evento sísmico. Actualmente, el estudio del diseño sismorresistente ha tomado aún más interés debido a las pérdidas humanas y económicas que un sismo puede ocasionar a una población, a pesar que la ocurrencia de estos desastres no son periódicos, sin embargo, históricamente existen registros de movimientos telúricos que han acabado con ciudades enteras. En base a esto actualmente los países con alta sismicidad diseñan edificaciones sismorresistentes que buscan dar ductilidad a la estructura y mantienen su estabilidad general evitando el colapso de ésta; para ello el diseño estructural debe incorporar un sistema idóneo que cuente con la capacidad de disipar la energía generada por el sismo, también debe ser analizado por métodos establecidos en normativas controlando las distorsiones, aceleraciones y fuerzas internas, por último debe contar con un buen detallado en los planos para que no existan errores en la construcción.

En base a estos conceptos mencionados previamente existen diferentes formas de poder mejorar la reacción de una estructura ante un sismo, uno de ellos es el aislamiento en la base que se ha venido estudiando desde hace ya 40 años y ha sido implementado en edificaciones importantes, dando resultados positivos frente a su comportamiento en eventos sísmicos ocurridos. Estos dispositivos funcionan desacoplando la superestructura de su base, de esta manera se provee de flexibilidad y como consecuencia se consigue una disminución de sus fuerzas internas.

En Colombia se llevó a cabo un estudio para determinar el comportamiento sísmico de edificaciones con sistema aporticado de concreto reforzado resistentes a diferentes momentos y que han sido diseñados por una norma antigua, en este aspecto se hace mención sobre la influencia de una norma y su actualización en el diseño sísmo resistente ya que la mayoría de normas antiguas adoptan el comportamiento en el rango no lineal lo cual no es el más acertado a la realidad y durante la ocurrencia de algún sismo moderado o severo podría tener un desempeño muy bajo lo cual generaría fallas en sus elementos estructurales. El nivel de desempeño sísmico se divide según la ocupación de ésta, es decir, no será el mismo diseño para una vivienda unifamiliar que para un hospital es por eso que las normas de cada país dan factores según el uso (Sinisterra, 2017).

En Venezuela, actualmente se promueve la construcción de estructuras que presenten una gran deformación en el rango inelástico de esta manera generan una mejor disipación de energía frente a un sismo. En general las distorsiones de entrepiso tienen un valor elevado y permitido, sin embargo, dado que los materiales de construcción utilizados presentan un bajo módulo de elasticidad aceptan deformaciones bajas esto implicaría aceptar daños tanto en elementos estructurales como no estructurales. La filosofía moderna busca controlar estos daños con la implementación de materiales que puedan aportar ductilidad a la estructura para tener un mejor diseño y desempeño sísmo resistente (Ferrero y Pirrone, 2018).

Para los profesionales de la ingeniería estructural en México, el pobre desempeño sísmico de las estructuras construidas de acuerdo con las normas de diseño sísmico ha generado incertidumbre. Debido a los terremotos a nivel mundial, se han desarrollado nuevos enfoques, y uno de ellos es el diseño de desempeño de estructuras, que implica regular la respuesta dinámica de las estructuras. Dentro del ámbito del diseño por

desempeño, el control del daño en los componentes estructurales de una edificación se rige a las distorsiones máximas de entrepiso, en cuanto al daño en las instalaciones se necesitará controlar la velocidad y aceleración del entrepiso (Sánchez y Terán, 2007).

En el Perú se utilizan cálculos para el diseño sísmico según como lo indica la norma E.030, cuyo principio es asegurar una buena capacidad de respuesta de las estructuras ante un sismo. Siguiendo los lineamientos establecidos por la norma se diseñan estructuras que después de sufrir algún movimiento telúrico puedan presentar daños reparables, cabe mencionar que dicha norma como la gran mayoría de normas aplica factores de seguridad y amplificación según el uso de la estructura, en algunos casos se necesitará la implementación de otros dispositivos que aseguren el buen comportamiento de la estructura (Paredes, 2016).

En Trujillo se encontraron viviendas que son demasiado largas en comparación con su ancho, esto puede generar riesgo en el caso de un movimiento telúrico, es por ello que la norma técnica peruana considera la evaluación distintas irregularidades estructurales tanto para las dimensiones en planta y en altura, al verificar estos incisos y aplicar el factor correspondiente estamos asegurando que se cumpla con el diseño sísmico proyectado por la norma. En resumen, si comparamos estructuras con la misma área techada, pero con diferente planimetría estructural, demostrarán comportamientos diferentes ante un sismo (Ruiz, 2017).

El Reglamento Nacional de Edificaciones mediante la norma E.030 titulada “Diseño sismorresistente” es el encargado de establecer y controlar los requisitos para la construcción de edificaciones sismorresistentes. En esta norma se detallan principalmente las zonas sísmicas en el Perú, las condiciones geotécnicas, la categorización según el uso, las irregularidades que afectan al comportamiento sísmico, los sistemas estructurales los métodos de análisis y valores límites de distorsiones según el material de construcción. A

nivel nacional, tanto para edificaciones nuevas como para fortalecer las existentes, se requieren todos estos requisitos y muchos más. La aplicación de esta norma tiene como objetivo prevenir la pérdida de vidas, garantizar la continuidad de los servicios esenciales y reducir los daños a la construcción (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018).

Pérez (2013) en su investigación encontró que el análisis del comportamiento de la edificación puede variar significativamente dependiendo de los principios utilizados, por lo que será importante el criterio y conocimiento del ingeniero estructural o diseñador a la hora de analizar los resultados obtenidos.

Mayhua (2018) en su investigación encontró que los criterios basados en la NTE E-030 (diseño sismorresistente) que se tomaron en cuenta para lograr una adecuada configuración estructural, contribuyeron en el buen desempeño sismorresistente de la estructura, además el análisis sísmico realizado en base a dicho reglamento cumplió con el principal objetivo de la presente norma que es salvaguardar las vidas y sus mínimo recursos necesarios. Presentando daños reparables para un sismo moderado y no llegando al colapso ante un sismo severo.

Vergara y Zevallos (2014) en su investigación llegaron al punto de descubrir que el análisis sísmico estático Pushover no lineal es un método que nos ayuda a comprender el comportamiento de las estructuras ante un sismo, porque muestra la secuencia de ocurrencia de la bisagra que gradualmente conduce al colapso, según la norma peruana E 0.30 (Estructura Sismorresistente) permite determinar el nivel de daño que puede causar.

En base a los antecedentes mencionados se destaca que una norma de diseño puede influir significativamente en los comportamientos sísmicos de una estructura, además es preferible optar por diseñar edificaciones en el rango no lineal ya que se asemeja más a la realidad debido que simula el comportamiento de los elementos estructurales durante el sismo, generando un diseño más seguro y resistente.

Una de las empresas más importantes en el Perú que se dedica a la rama de la ingeniería antisísmica es la compañía "CDV" lo cual tiene una amplia gama de soluciones para mejorar el diseño sísmico de una estructura, ha participado en la venta y supervisión de obras de gran envergadura tales como: el museo nacional de arqueología, el condominio Home Town ubicado en San Borja, el edificio SUNAT Arenales, la torre Fórum, el hospital Pacasmayo, el puente Juan Pablo II, el banco de la nación (San Borja, Lima), el edificio de República de Panamá (Surquillo), el centro comercial "Mall del sur", en las oficinas "Graña y Montero", etc. Actualmente es una de las empresas mejores posicionadas en la industria de protección antisísmica, para los dispositivos de aislación cuenta con la garantía y confianza que brinda la marca "DIS" (Dynamic isolation Systems) que es catalogado como uno de los aisladores más confiables en el mundo, usado en zonas de gran actividad sísmica como las ciudades de San Francisco, Tokio, Estambul, Turquía.

La empresa COAM CONTRATISTAS es una empresa constructora dedicada y especializada al: diseño, planificación y ejecución de proyectos, actualmente ésta empresa se encuentra ejecutando obras públicas y privadas de gran envergadura, dentro de las obras de infraestructura más importantes realizadas en la ciudad de Trujillo se tiene: residencial Albrecht II, Rafaella III, Gabriela VI, etc. Debido a la envergadura de estos proyectos y considerando que son edificios de gran altura, el diseño sísmico planteado se basa en la no linealidad de la estructura, ya que la inversión de cada uno de éstas residenciales es alto, y se debe asegurar un diseño sísmico por desempeño en lo cual se obtendrá el nivel de daño que presentará la estructura después de un sismo.



Uno de los mayores problemas para realizar un diseño sísmico es la arquitectura de la edificación, ya que en muchos casos la edificación es irregular, esto conlleva a realizar un diseño más costoso debido a los factores de amplificación sísmica que la norma peruana E.030 establece. El diseño de una estructura de concreto armado está ligado con la rigidez y resistencia de sus elementos estructurales y tiene mucho que ver con la estructuración y dimensionamiento de dichos elementos, en algunos casos la distribución arquitectónica no permite realizar una adecuada estructuración, esto es un problema muy común en el diseño de una edificación y en la mayoría de casos se opta por colocar muros de corte lo cual rigidizan a la estructura y le brindan ductilidad, sin embargo los costos de construcción se elevan considerablemente. Por otro lado tenemos el diseño sísmico de establecimientos de salud, que según la norma E.030 lo categoriza como edificaciones esenciales para la zona 4 y hace obligatorio el uso de sistemas de disipación de energía, ya que se busca la operatividad del establecimiento después de un sismo y la conservación de los equipos, esta implementación de dispositivos conlleva a realizar un análisis distinto, en el que se necesita un diseño considerando el rango inelástico de la estructura, debido a esta solicitud el diseño sísmico se vuelve un factor importante en el comportamiento estructural, a tal medida que se han creado códigos específicamente para diseños de estructuras con éstos dispositivos.

Una de las alternativas para mejorar el diseño sísmico de acuerdo con las solicitudes en establecimientos de salud es la incorporación de aisladores sísmicos, lo cual se ha venido aplicando en los últimos años a edificaciones importantes y ha dado buenos resultados. La incorporación de aisladores sísmicos a una estructura aporta flexibilidad ya que desacopla la subestructura de la superestructura y de esta manera reduce las fuerzas internas generadas durante un sismo. Además actualmente en nuestro país tenemos una la norma E.031 “aislamiento sísmico” que se puso en vigencia a partir

del año 2018, y tiene por finalidad regular y controlar el diseño de estructuras importantes con estos dispositivos. Actualmente, los aisladores elastoméricos son los más usados, ya que contienen un núcleo de plomo que aporta en la resistencia de carga axial, sin embargo existen otros tipos de aisladores que son utilizados según las solicitaciones de uso. Es imposible predecir la severidad de un movimiento sísmico y si las edificaciones no se encuentran bien diseñadas para soportar estas fuerzas laterales se podría llegar al límite del colapso, y esto es algo que no se busca en los diseños estructurales mucho menos en edificaciones importantes como hospitales ya que la concurrencia de gente es alta en el transcurso del día y frente a un sismo la edificación debe mantenerse operativo y el movimiento debe ser controlado de tal manera que no dañe los equipos que en su mayoría tienen un costo elevado.

### **1.1.1. Antecedentes de la investigación**

#### ***“Análisis y diseño de una clínica haciendo uso de aisladores sísmicos en su base”***

(Ramos, 2018) El objetivo de esta tesis fue realizar el análisis y diseño sísmico resistente haciendo el uso de aisladores sísmicos, aplicado a una edificación destinada a la salud, adaptando los conocimientos existentes a la realidad peruana. La metodología empleada consistió en escoger el edificio a ser estudiado al cual se realizaron modificaciones para la aislación, luego se eligió y predimensionó el tipo de aislador a utilizar, por último se realizaron los análisis sísmicos correspondientes para obtener resultados. Los resultados muestran que la incorporación de aisladores en la edificación genera un aumento del periodo, así como los desplazamientos y la deriva de piso disminuye junto con las aceleraciones, en conclusión un mejor comportamiento estructural. Ésta investigación aporta de manera significativa en los procedimientos de cálculo que se realizaron para obtener resultados, ya que se detalla cada análisis realizado y se fundamenta en bases teóricas, así como también

en normas internacionales y peruanas, lo cual facilitó para su entendimiento e interpretación de resultados.

***“Desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos LRB para uso esencial en la ciudad de Trujillo, región La Libertad, 2018”***

(Tocto, 2018) El objetivo de la investigación fue determinar el desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmico LRB para uso esencial en la ciudad de Trujillo, región La Libertad, 2018. La metodología optada fue: En primer lugar, realizar una revisión documental de la información existente sobre el desempeño sísmico a nivel mundial existente en libros, tesis e informes científicos, luego se revisaron las fichas técnicas de los aisladores utilizados en las pruebas y finalmente con base en la información previamente recopilada se ha desarrollado un modelo computacional de la estructura montada en la cimentación y Estructuras con aislamiento sísmico y se han obtenido los resultados necesarios para determinar el comportamiento sísmico de la estructura. Los resultados muestran que el sistema de aislamiento sísmico aumenta significativamente la vida útil efectiva de la estructura en comparación con las estructuras de cimentación aisladas tradicionales, lo que lleva a una reducción significativa de las fuerzas horizontales derivadas de eventos sísmicos. Como resultado, al comparar las características de la estructura aislada con las características de la estructura de cimentación empotrada, se encuentra que durante un sismo activo, ambas estructuras permanecen dentro del rango de operación de los terremotos, mientras que en los sismos de diseño la estructura sísmicamente aislada permanece dentro del rango de operación. el rango de operación. ámbito de operación. Cerca de los humanos, la estructura de los cimientos se construye en la zona de seguridad humana.luego se revisó las fichas

técnicas de los aisladores empleados en la investigación, finalmente, con la información recabada anteriormente se elaboró el modelo computacional para la estructura empotrada a la base y la estructura con aislamiento sísmico, con ello se obtuvieron los resultados necesarios para determinar el comportamiento sísmico de la estructura. Los resultados muestran que el sistema de aislamiento sísmico aumenta considerablemente el periodo efectivo de la estructura en comparación con la estructura convencional de base aislada, esto conlleva a que las fuerzas laterales producto de los eventos sísmicos se reduzcan considerablemente. Finalmente al realizar una comparación del desempeño de la estructura aislada con el desempeño de la estructura de base empotrada se concluyó que para el sismo de servicio ambas estructura permanecen en el rango operacional, sin embargo para los sismo de diseño mientras que la estructura con aislamiento sísmico se encuentra en el rango de ocupación inmediata, la estructura de base empotrada se encuentra en el rango de seguridad de vida. Esta investigación aporta y explica los métodos de diseño sísmico aplicados a una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos comparándola con una estructura convencional, basándose en la norma peruana de diseño sismorresistente y otras normas para obtener resultados que dejan muy claro la influencia de estos dispositivos en el comportamiento estructural.

***“Diseño integral de estructuras con sistema de aislación sísmica aplicado a un edificio de concreto armado”***

(Trujillo, 2017) El objetivo de la investigación fue desarrollar técnicas y metodologías modernas para el diseño integral de edificaciones con sistemas de aislación sísmica aplicados a un edificio de concreto armado. La metodología a seguir fue primero la caracterización estructural de los edificios, luego se procedió a realizar la modelación computacionales, posterior a ello se realizó los análisis

sísmicos, finalmente se desarrolló el diseño en concreto armado tanto para la edificación convencional como para la de sistema aislado y se procedió a realizar la comparación. Los resultados obtenidos indican que los aisladores se seleccionan en base a la configuración estructural de la edificación, en muchos casos se suelen combinar con deslizadores planos, obteniendo resultados satisfactorios en el comportamiento estructural. Finalmente se concluye que el sistema de aislamiento permitió reducir el corte de la superestructura al valor mínimo exigido por la norma E.030, incorporando además las ventajas de una estructura aislada como son: seguridad estructural y protección del contenido. Ésta investigación aporta en la metodología realizada para obtener resultados, ya que se detalla paso a paso el esquema de investigación y adicionalmente hace una comparación de dos estructuras una convencional y otra aislada para concluir con la influencia que tienen los aisladores en el comportamiento estructural.

***“Aislamiento sísmico en edificios prefabricados en la zona de transición de la ciudad de México”***

(Wagner, 2017) El objetivo de esta tesis fue investigar qué tan factible resulta, desde puntos de vista técnico y económico, usar un sistema de aislamiento sísmico en un edificio de mediana altura (10 pisos) estructurado con base en muros y marcos prefabricados de concreto reforzado y ubicado en la Zona de Transición de la Ciudad de México. Se procedió a usar una metodología de diseño basado en desempeño para el diseño de la superestructura y su sistema de aislamiento. Una vez concluido el diseño, se preparó un modelo de análisis estructural. Los resultados muestran que los periodos fundamentales de vibrar asociados al comportamiento traslacional se alargan a valores cercanos a 3.2 s. En conclusión los aisladores sísmicos de base ofrecen una solución de vanguardia que nos permite trabajar con

mayor creatividad, eliminando estas restricciones los cuales se crearon como una posible solución a un problema dado. El aporte que da esta investigación es la ventaja en la estructuración que brindan el uso de aisladores sísmicos, ya que se hace mención en este estudio, que los aisladores sísmicos de base ayudan a dar solución que la arquitectura restringe en algunos casos, debido que la elección de un sistema constructivo se vuelve un problema cuando se necesita una combinación de acero con elementos de concreto armado.

***“Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en lima, Perú”***

(Leyton, 2017) La presente investigación se enfocó en reconocer la factibilidad técnica-económica del aislamiento sísmico en una edificación de concreto armado en particular: el edificio multifamiliar Basadre, ubicado en el distrito de San Isidro, Lima. La factibilidad del aislamiento se reconoce a partir de la comparación entre el proyecto ya construido y la propuesta alternativa con aisladores. El presente estudio ha visto conveniente escoger un proyecto construido para rediseñarlo con aisladores y, así mismo, cotizarlo. El procedimiento que se plantea para comparar las propuestas técnica y económica del proyecto original y la alternativa con aisladores ha sido desglosado en cinco fases descritas a continuación: reestructuración de la edificación, dimensionamiento del sistema aislado, análisis y diseño estructural, cotización de la edificación aislada y evaluación económica. El resultado fue que el límite de alcance impuesto simplifica el análisis y permite llegar a conclusiones económicas generales, a partir de la propuesta técnica, exclusivamente. En otro escenario, se deberían considerar adicionalmente el costo del terreno, tasas inmobiliarias de valorización de propiedad, método de financiamiento e inflación, todo ello dentro de un análisis de costos a valor presente

y para varios periodos de estudio. En conclusión el presente estudio demuestra que es posible reducir el costo directo de la estructura desde el diseño mismo. La metodología propuesta para lograr la optimización del aislamiento reduce, de manera directa, el costo del sistema aislado y, de manera indirecta, el costo de la superestructura por ahorro de materiales debido a la reducción de solicitaciones sísmicas. El aporte que da esta investigación es una visión económica de la construcción con aisladores sísmicos, además menciona que un sistema estructural aporticado puede ser el más óptimo en términos técnicos y económicos para construir con aisladores en la base. Un sistema dual funciona asignando mayor fuerza de sismo en los muros de corte, mientras que un sistema aporticado distribuye mejor en todas las columnas. Esto aporta en que tipos de sistemas constructivos es más recomendable usar dispositivos de aislamiento.

***“Desempeño sísmico de edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso”***

(Herrera, 2018) El objetivo principal de la investigación fue evaluar y comparar el desempeño de las edificaciones aporticadas de concreto armado con aisladores y amortiguadores ante solicitaciones sísmicas. El procedimiento planteado fue analizar tres grupos de 6 tipos de configuraciones estructurales modificando su geometría en planta y altura, de esa manera se analizó como cambia el comportamiento según la geometría del edificio. La investigación dio como resultado un aumento de periodos para la edificación aislada, sin embargo en las edificaciones más esbeltas el incremento del periodo fue poco, convirtiendo en ineficientes para estructuras esbeltas, por otro lado los aisladores reducen la fuerza cortante basal máxima y las derivas de entrepiso. Por último la investigación concluye que los aisladores sísmicos tienen un mejor comportamiento estructural

en comparación con los disipadores siempre y cuando la esbeltez de la edificación sea menor a 1.2, ya que pasado ese valor la implementación de aisladores resulta ineficiente. Además también se concluyó que la configuración en planta de una edificación afecta notoriamente a su comportamiento, ya que según el área techada será la cantidad de columnas a estructurar y por lo tanto el número de aisladores a colocar. Esta investigación brinda un aporte sobre la influencia de los aisladores según la configuración estructural y la esbeltez, así como también brinda un instructivo para el procedimiento de desarrollo en la obtención del modelo estructural con base aislada en un software de diseño. Por otro lado, menciona la influencia de la estructuración en los resultados de diseño para una estructura de base aislada.

## **1.1.2. Bases Teróricas**

### **1.1.2.1. Diseño sísmico**

El diseño que se realiza para construir una estructura sismorresistente es diferente a los métodos utilizados para otras acciones. La complejidad de un diseño sísmico radica en la impredecibilidad de un evento sísmico y de las intensidades extraordinarias que puedan presentarse en un determinado tiempo. Cuando las edificaciones se diseñan para otras sollicitaciones se pretende un comportamiento que incurra en el rango elástico a pesar de presentar altos niveles de sollicitación, sin embargo en el diseño sísmico no resulta económico diseñar una estructura que trabaje en el rango lineal frente a fuerzas sísmicas. Por tal motivo la mayoría de normas y códigos de muchos países equilibran la inversión y la seguridad de la estructura evitando el colapso pero aceptando daño ante un sismo severo. En base a esta filosofía se plantean los estados límites de diseño (Bazán, E y Meli, R, 2003, p.32).



## A. Estados límites

### ➤ Estado límite de servicio

Consiste en controlar deformaciones y grietas excesivas que generen pánico a los ocupantes y daños a los elementos no estructurales.

### ➤ Estado límite de integridad estructural

Estado en el cual se puede presentar daño no estructural y daño estructural leve, en el cual se evidencia agrietamiento en elementos pero que aún no llegan a su capacidad de carga máxima.

### ➤ Estado límite de supervivencia

Puede existir daño estructural importante, en algunos casos daños irreversibles sin embargo se mantiene la estabilidad de la estructura evitando el colapso.

## B. Etapas de un diseño sísmico

### ➤ Selección del sistema estructural adecuado

El sistema debe absorber y disipar en el mayor porcentaje posible la energía introducida por el sismo tratando de preservar la integridad de la estructura sin recibir daños significativos.

### ➤ Análisis sísmico

Debe prestarse una mayor atención al tratamiento analítico de los datos que al análisis generado en software de diseño, además se debe modelar la estructura lo más acertado a la realidad.

### ➤ Dimensionamiento de secciones

El dimensionamiento es el mismo para cualquier tipo de sollicitación, sin embargo cuando se diseña por capacidad el cálculo cambia.

➤ Detallado de la estructura

El detallado de los elementos y conexiones son necesarios para tener un comportamiento dúctil y proporcionar gran capacidad de deformación antes del colapso.

### **1.1.2.2. Establecimientos de salud**

Son entidades públicas o privadas, que están autorizadas en su funcionamiento por el Ministerio de Salud, las actividades que realizan van orientadas a la provisión de servicios las fases de promoción de campañas, prevención de enfermedades, diagnósticos, tratamientos, recuperación y rehabilitación de la salud que requiera una cierta comunidad de beneficiarios (N.T.S. N° 021 - Minsa, 2011). Los establecimientos de salud se clasifican de la siguiente manera según sus niveles de atención:

#### **A. Primer nivel de atención o Categoría I**

➤ Categoría I-1

Corresponde a puestos de salud o postas de salud con profesionales de salud no médico cirujano. Realizan actividades como atención de urgencias y emergencias, referencias y contrarreferencias, desinfección y esterilización, vigilancia epidemiológica, salud ocupacional, salud ambiental y nutrición en general.

➤ Categoría I-2

Corresponde a puestos de salud o postas de salud con consultorio médico en el cual labora un médico cirujano o sin especialidad, brinda atención con medicamentos, prevención y diagnóstico precoz del cáncer, intervenciones de cirugía de consultorio externo, pruebas rápida y toma de muestra además de las prestaciones que brinda la categoría anterior.

➤ Categoría I-3

Corresponde a centros de salud, centro médico, centro médico especializado, policlínico y centros odontológicos. Brindan atención a personas según la etapa de vida, atiende emergencias y urgencias, realiza intervenciones de cirugía de consultorio externo, radiología dental entre otras; además de todas las prestaciones de la categoría anterior.

➤ Categoría I-4

Corresponde a centros de salud y centros médicos que cuenten con camas de internamiento. Realiza actividades más particulares tales como: internamiento, atención del recién nacido, ecografía, radiología I, prevención, diagnóstico precoz del cáncer, nutrición integral, etc; además de todas las prestaciones de la categoría anterior.

## **B. Segundo nivel de atención o Categoría II**

➤ Categoría II-1

Correspondiente a hospitales y clínicas de atención general, sus funciones principales son promoción, prevención, recuperación, rehabilitación y gestión. Cuenta con 12 unidades productoras de servicios de salud (UPPS) de consultas externas, emergencia, hospitalización, centro obstétrico, centro quirúrgico, medicina de rehabilitación, diagnóstico por imágenes, patología clínica, farmacia, centro de hemoterapia y banco de sangre, nutrición y dietética y central de esterilización.

➤ Categoría II-2

Corresponde a hospitales y clínicas de atención general, tiene como funciones generales: promoción, prevención, recuperación, rehabilitación

y gestión. Cuenta con 14 unidades productoras de servicios de salud (UPPS) iguales a la categoría II-1 con la incorporación de cuidados intensivos y anatomía patológica. Su capacidad resolutive se basa en la atención ambulatoria, de hospitalización y de emergencia en las especialidades de medicina interna, ginecología y obstetricia, cirugía general, pediatría, anestesiología, cardiología, medicina intensiva, medicina de rehabilitación, neurología, neumología, gastroenterología, reumatología, psiquiatría, patología clínica, oftalmología, otorrinolaringología, traumatología y ortopedia, urología, radiología y anatomía patológica; además, de atenciones obstétricas y neonatales esenciales cuentas con el personal médico especializado para una de las UPSS y la inclusión en algunos casos de una morgue con mortuario y crematorio.

➤ Categoría II-E

Corresponde a hospitales y clínicas de atención especializada, con las mismas funciones que la categoría II-2. Cuenta con las mismas unidades productoras de servicios de salud UPSS que la categoría II-2, con la excepción que para su funcionamiento es obligatorio que cuente con consulta externa y hospitalización; diagnóstico por imágenes, patología clínica, farmacia, nutrición y dietética.

### **C. Tercer nivel de atención o Categoría III**

➤ Categoría III-1

Corresponde a hospitales y clínicas de atención en general, con las mismas funciones que la categoría II-2. Cuenta con 15 unidades productoras de

servicios de salud UPSS, las mismas que la categoría II-2 con la incorporación de un centro de hemodiálisis.

➤ Categoría III-E y III-2

Corresponde a hospitales y clínicas de atención especializada, con las mismas funciones que la categoría III-1. Cuenta con las mismas 15 unidades productoras de servicios de salud UPSS, las mismas que la categoría III-1, con la diferencia que este establecimiento de salud se centra en una especialidad detallada del cuerpo humano.

### **1.1.2.3. Pandemia COVID - 19**

La enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2. La mayoría de las personas infectadas con el virus tienen una enfermedad respiratoria de leve a moderada y desaparecen por sí solas sin un tratamiento especial. Sin embargo, algunos se enfermarán gravemente y requerirán atención médica. Los adultos mayores y aquellos con comorbilidades como enfermedades cardiovasculares, diabetes, enfermedades respiratorias crónicas o cáncer tienen un mayor riesgo de enfermedades graves. Cualquier persona, independientemente de su edad, puede infectarse con COVID-19 y enfermarse gravemente o morir. (OMS, 2020).

### **1.1.2.4. Norma E. 031 de aislamiento sísmico**

En el Perú la norma E.031 se aplica a proyectos de inversión pública o privada lo cual entró en vigencia en el año 2018 tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones con cualquier tipo de sistemas de aislamiento en la base, además las disposiciones de los ensayos a realizar para el buen comportamiento de estos dispositivos. La norma fue creada con la finalidad de mejorar el desempeño sísmico de las

edificaciones, proteger la estructura y mantener la operatividad de ésta después de un sismo severo. Esta norma es obligatoria para todo el Perú para edificaciones que requieran la implementación de estos dispositivos (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018).

### 1.1.2.5. Configuración del sistema estructural

#### A. Calificación de la regularidad estructural

La estructura que se encuentra sobre el sistema de aislamiento sísmico debe ser calificada como regular o irregular. Para ello debe verificarse las siguientes irregularidades en altura y en planta indicadas en la tabla de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

- a) Irregularidad de rigidez – Piso Blando
- b) Irregularidad de resistencia – Piso Débil
- c) Irregularidad de rigidez extrema – Piso Blando
- d) Irregularidad extrema de resistencia – Piso Débil
- e) Irregularidad por discontinuidad extrema en los sistemas resistentes
- f) Irregularidad torsional extrema en planta

#### B. Restricciones a las irregularidades

**Tabla 1:**  
*Categoría y regularidad de edificaciones aisladas.*

<b>Categoría de la edificación</b>	<b>Zona</b>	<b>Restricciones</b>
<b>A Y B</b>	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2 y 1	Sin restricciones
<b>C</b>	4	No se permiten irregularidades extremas
	3, 2 y 1	Sin restricciones

*Nota.* Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

### 1.1.2.6. Sistema de aislamiento sísmico

#### A. Condiciones ambientales

Adicional a las solicitaciones por cargas verticales y laterales inducidas por viento y sismo, el sistema de aislamiento debe ser diseñado teniendo en cuenta otras condiciones ambientales, entre ellos: efectos de envejecimiento, flujo plástico, fatiga, temperatura de operación y la posible exposición a la humedad o a sustancias nocivas.

#### B. Fuerzas de viento

- Las edificaciones sísmicamente aisladas deben ser capaces de resistir cargas de viento en todos los niveles sobre el interfaz de aislamiento, de acuerdo a la Norma Técnica E.020 Cargas.
- En el interfaz de aislamiento se debe incluir un sistema de restricción frente a cargas laterales de viento que en condiciones habituales de operación, limite el desplazamiento del sistema de aislamiento sísmico a un valor igual al que se permite en los entrepisos de la superestructura.

#### C. Resistencia al fuego

- No se permiten materiales inflamables en la zona del sistema de aislamiento sísmico.
- Para la protección al fuego se debe incluir sistemas como: rociadores automáticos, agua pulverizada, espuma, cobertores contra fuego u otros así como también contar un sistema de detección térmica.
- En estacionamientos, el sistema contrafuego se debe tomar en cuenta la ubicación de los dispositivos para darles una mayor protección y durabilidad.

#### **D. Fuerza de restitución lateral**

El sistema debe estar diseñado de tal manera que sea capaz de producir una fuerza lateral de restitución en el desplazamiento máximo, considerando sus propiedades límite superior como inferior, a fin que resulte mayor en por lo menos  $0.0025 P$  a la fuerza lateral correspondiente al 50% del desplazamiento máximo.

#### **E. Restricción al desplazamiento sísmico**

Cuando exista un sistema de restricción de desplazamiento sísmico que limite el desplazamiento lateral, este sistema no debe restringir los desplazamientos por debajo del desplazamiento total máximo ( $D_{TM}$ ) producido por el sismo máximo considerado a menos que la estructura sea diseñada cumpliendo lo siguiente:

- La respuesta al sismo máximo considerado debe ser calculada con el análisis dinámico establecido en la presente Norma Técnica considerando las características no lineales del sistema de aislamiento sísmico.
- Las capacidades últimas del sistema de aislamiento sísmico y de los elementos estructurales bajo el sistema de aislamiento sísmico, deben exceder las demandas de resistencia y de desplazamiento del sismo máximo considerado (SMC).
- El dispositivo de restricción no debe activarse para un desplazamiento menor que 0.60 veces del DTM.
- La estructura debe ser revisada para las demandas de estabilidad y de ductilidad del SMC.



### 1.1.2.7. Aislamiento sísmico

El aislamiento sísmico es una tecnología que consiste en proteger la estructura de los efectos destructivos de un sismo. Puesto que reduce significativamente la respuesta de la superestructura desacoplándola de los movimientos del suelo y por lo tanto proporcionándole mayor amortiguamiento. Ésta separación de la subestructura con la superestructura genera que el comportamiento de la estructura sea más flexible, por lo tanto esto permite mejorar la respuesta ante un sismo severo. El amortiguamiento que aporta permite que la energía de entrada sea absorbida por los aisladores y por lo tanto reduce las fuerzas internas generadas en los elementos estructurales. (Villarreal, 2014).

#### A. Tipos de aisladores

En la actualidad las formas de aislar una edificación frente las fuerzas de un sismo son diferentes, cualquier forma de aislamiento tiene por objetivo desacoplar la estructura de las ondas transmitidas por el suelo. Dentro de los más comunes tipos de aisladores tenemos: los aisladores elastoméricos, y los de deslizamiento (Ramos, 2018).

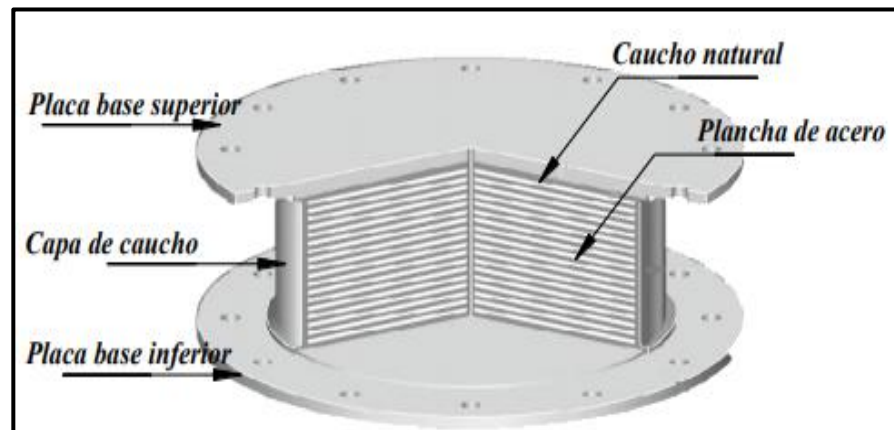
##### ➤ Aislador elastomérico

Consisten en materiales o elementos que permiten grandes deformaciones tanto laterales. Geométricamente son cilindros pequeños con bastantes capas flexibles, en su mayoría son gomas de alta resistencia alternándose de capas de acero. Las capas de acero sirven para darle una gran resistencia a las cargas verticales generadas por el peso de la estructura más no tienen mayor influencia en los efectos de desplazamientos horizontales. El uso de ambos materiales genera un dispositivo con una gran rigidez vertical en comparación con la rigidez

lateral. Con la finalidad de mejorar el rendimiento de este tipo de aisladores se incorporan núcleos de plomo que admiten grandes deformaciones y producen alto amortiguamiento, esto varía en función del diámetro del núcleo (Marianela, 2016, p.56).

**a) Aislador Elastomérico de Bajo Amortiguamiento (LDR)**

Son dispositivos de gomas más simples dentro de los aisladores elastoméricos, está conformado por capas de acero y caucho, el cual pasa por un proceso de vulcanizado para que se logre una buena adherencia entre ambos materiales. Estos dispositivos también cuentan con placas de acero en la zona superior e inferior lo cual sirve como un confinamiento del núcleo y evita la compresión del caucho ante cargas de gravitacionales. Cuenta con una razón de amortiguamiento crítico entre 2% y 3%, además valores de deformaciones de corte, máximo de 100%. (Trujillo, 2017)



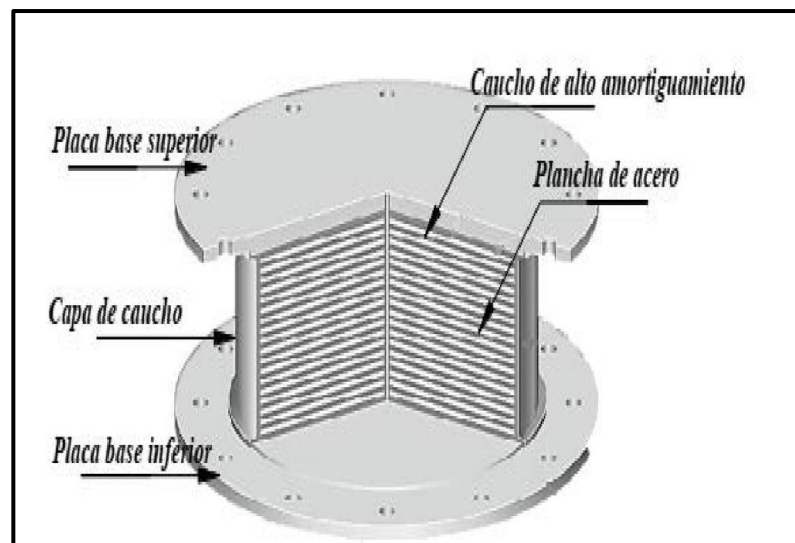
**Figura 1:** Aislador elastomérico de bajo amortiguamiento

**Fuente:** (Bridgestone, 2017)

**b) Aislador Elastomérico de Alto Amortiguamiento (HDR)**

Estos aisladores a diferencia de los LDR tienen un caucho mejorado mediante la incorporación de elementos químicos. Es importante

mencionar que este tipo de aisladores modifican su rigidez y amortiguamiento por efecto de cambios de frecuencia y temperatura. Cuando estos dispositivos están sujetos a ciclos de movimiento presentan altos niveles de rigidez para los primeros ciclos de carga. Es decir su comportamiento inicial es diferente bajo cualquier ciclo de carga y deformación (Trujillo, 2017).

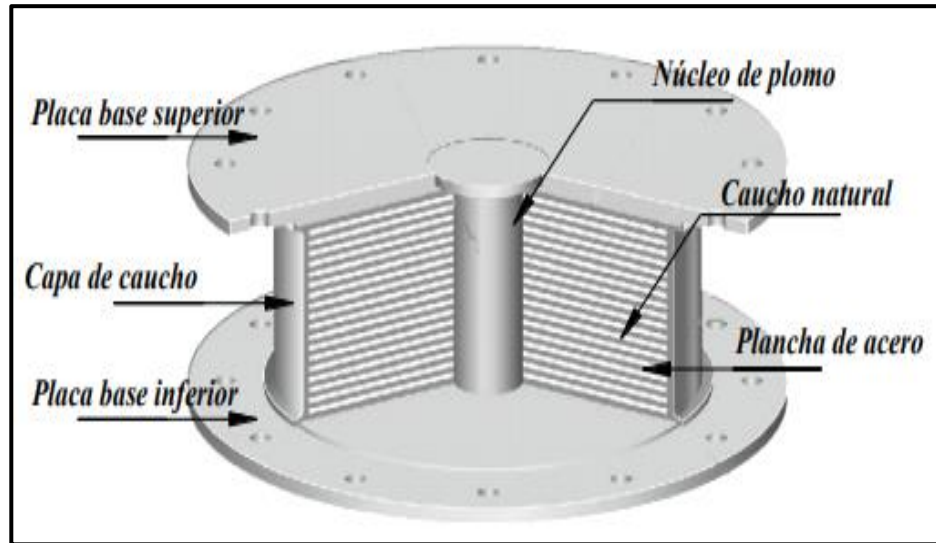


**Figura 2:** Aislador elastomérico de alto amortiguamiento

**Fuente:** (Bridgestone, 2017)

### c) Aislador Elastomérico con núcleo de plomo (LRB)

Estos aisladores estéticamente presentan las mismas características que los LDR, con la diferencia que en su interior incluyen un núcleo de plomo, lo cual permite aumentar su rigidez inicial y por lo tanto aumenta su capacidad de disipación de energía. Esta incorporación de núcleo de plomo aumenta el nivel de amortiguamiento llegando a niveles de 20% y 30%. El núcleo incorporado influye incurriendo en deformaciones plásticas y las disipa en forma de calor (Trujillo, 2017).



**Figura 3:** Aislador elastomérico con núcleo de plomo

**Fuente:** (Bridgestone, 2013)

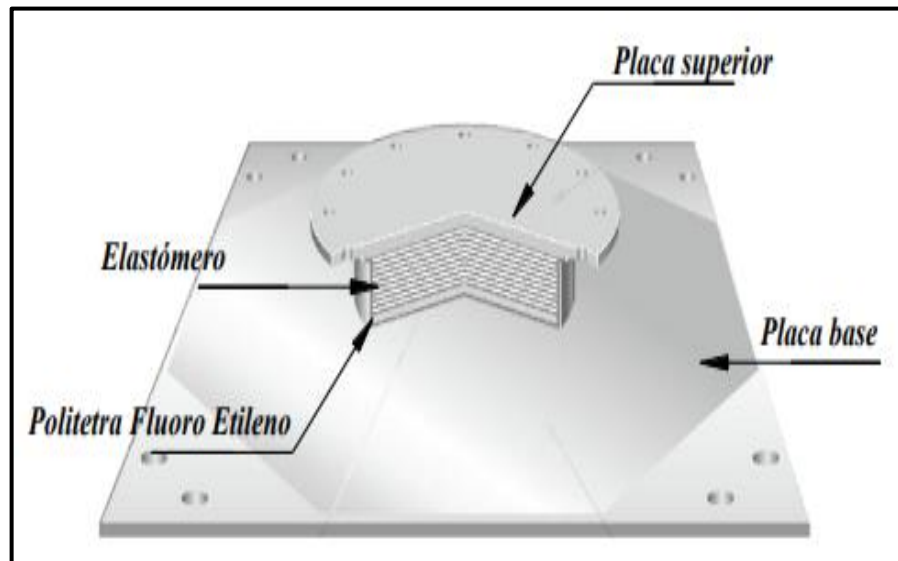
➤ Aislador de deslizamiento

Estos aisladores se basan en apoyos con planchas metálicas lo cual permite el desplazamiento entre las dos planchas. El desplazamiento de las planchas cuando se genera un movimiento sísmico impide que la energía del sismo llegue a la superestructura con el 100% de intensidad, este tipo de sistemas deben producir poca fricción con la finalidad que solo se transmite una parte de la fuerza de corte (Marianela, 2016, p.57).

**a) Aislador deslizante plano**

Estos aisladores proveen únicamente de aislamiento de la estructura, ya que a diferencia de los elastoméricos estos no poseen la capacidad de retornar a su posición inicial de forma independiente. Están conformados por dos superficies una adherida a la estructura y otra a la cimentación, estos dispositivos tienen un bajo coeficiente de fricción, ya permite los movimientos horizontales de la estructura. Además es importante mencionar que estos dispositivos no incrementan el periodo natural de vibración de la estructura, solo

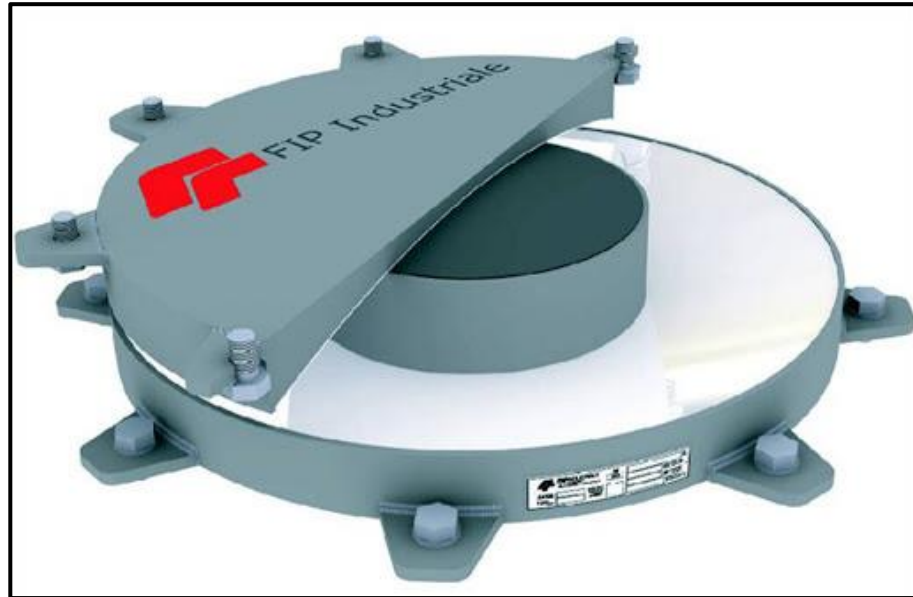
reducen en un bajo porcentaje las fuerzas de cortes a la superestructura (Trujillo, 2017).



**Figura 4:** Aislador deslizante plano  
**Fuente:** (Bridgestone, 2013)

#### b) Aislador de péndulo friccional

Estos dispositivos cuentan con un deslizador articulado lo cual permite que la estructura regrese a su posición inicial después de un sismo. A diferencia de los aisladores deslizantes estos son revestidos por Politetra Fluoro Etileno. Los sismos que ocasionan bajos niveles de desplazamientos y altas frecuencias de vibración son disipados por el péndulo de baja fricción. En el caso de sismos severos, la fricción y el periodo de vibración aumentan, lo que genera una reducción en los desplazamientos laterales además una menor fuerza cortante basal en la superestructura (Trujillo, 2017).



**Figura 5:** Aislador de péndulo friccional  
**Fuente:** (Sísmica)

#### 1.1.2.8. Tipos de análisis

Según (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018): las estructuras sísmicamente aisladas excepto las establecidas en el artículo 17 de la presente norma deberán ser diseñadas usando procedimientos de análisis dinámicos.

##### **A. Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalente**

Para realizar este análisis la estructura debe cumplir con las siguientes condiciones:

- La estructura debe estar ubicada en las zonas sísmicas 1, 2 o en la zona sísmica 3 cuando esté sobre un suelo S1 o S2, o en la zona sísmica 4 sobre suelos tipo S1.
- El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional,  $T_M$ , será menor o igual a 5,0 s.
- La estructura sobre la interfaz de aislamiento no debe tener más de 4 pisos ni más de 20 m de altura. Esta altura debe ser medida desde el nivel de base de la estructura.

- El amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico correspondiente al desplazamiento traslacional,  $\beta M$ , debe ser menor o igual a 30% del amortiguamiento crítico.
- El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al Desplazamiento traslacional,  $T_M$ , debe ser mayor que tres veces el periodo elástico de la estructura por encima del sistema de aislamiento sísmico, considerada con base fija.
- La estructura por encima del nivel de aislamiento sísmico no debe tener ninguna de las irregularidades listadas en el numeral 8.1 del artículo 8 de ésta norma.

El sistema de aislamiento debe satisfacer con los siguientes criterios:

- La rigidez efectiva del sistema de aislamiento correspondiente al desplazamiento traslacional debe ser mayor que 1/3 de la rigidez efectiva a un 20% del desplazamiento máximo.
- El sistema de aislamiento debe ser capaz de producir una fuerza de restitución lateral tal como se indica en el numeral 9.4 del artículo 9 de ésta Norma Técnica.
- El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento sísmico debe ser como mínimo el desplazamiento total máximo,  $D_{TM}$ .

## **B. Análisis dinámico**

Los procedimientos de análisis dinámicos se aplican conforme a las siguientes disposiciones:

### **a. Análisis modal espectral**

Éste análisis puede ser usado en el diseño de estructuras sísmicamente aisladas, si se cumplen con los criterios establecidos en los numerales

17.1, 17.2, 17.3, 17.4 y 17.6 del artículo 17 de la presente Norma Técnica.

#### **b. Análisis tiempo - historia**

Éste análisis es permitido en el diseño de cualquier estructura aislada sísmicamente y debe ser necesariamente desarrollado para el diseño de todas las estructuras sísmicamente aisladas que no cumplan los criterios del numeral 18.1 del artículo 18 de la presente Norma Técnica. En todos los casos los resultados usados para el diseño de los elementos de la estructura no serán menores que los obtenidos por el análisis dinámico moda espectral.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el diseño sísmico de un establecimiento de salud COVID - 19 con aisladores sísmicos LRB basado en la norma E.031 en la ciudad de Trujillo, 2023?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el diseño sísmico de un establecimiento de salud COVID - 19 con aisladores sísmicos LRB basado en la norma E.031 en la ciudad de Trujillo, 2023.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

**O.E 1.** Diseñar la distribución arquitectónica de un establecimiento de salud COVID - 19 de 4 niveles basado en la Norma Técnica de Salud N° 110 - Minsa.

**O.E 2.** Calcular el predimensionamiento de los elementos estructurales.

**O.E 3.** Calcular el predimensionamiento de los aisladores sísmicos LRB.



**O.E 4.** Obtener las solicitudes de diseño del sistema de aislamiento y de la superestructura mediante un análisis tiempo historia empleando 7 pares de registros sísmicos.

**O.E 5.** Diseñar de los elementos estructurales más influyentes mediante los lineamientos de la norma E. 060.

**O.E 6.** Verificar el comportamiento de los aisladores sísmicos en interacción con una platea de cimentación.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

El diseño sísmico de un establecimiento de salud COVID - 19 con aisladores sísmicos LRB basado en la norma E.031 será una estructura sismorresistente de alto amortiguamiento con capacidad de disipar energía y reducir el daño estructural en la ciudad de Trujillo, 2023.

## CAPITULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### 2.1.1. Por el propósito

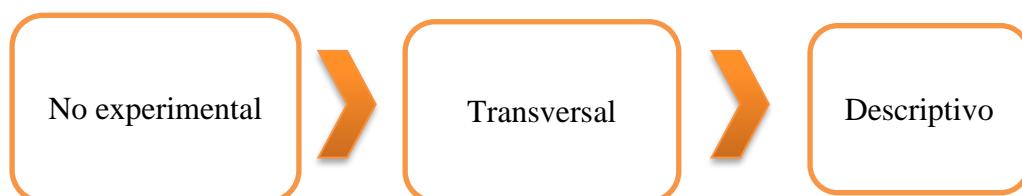
La presente investigación según el propósito es de tipo aplicada, porque pretende la aplicación o utilización de los conocimientos ya existentes de la investigación básica para contrastar la investigación a realizarse.

#### 2.1.2. Según del diseño de la investigación

La presente investigación según el diseño es de tipo no experimental – descriptivo porque cuenta con una variable de análisis y dicha variable no se manipula. Además, se fundamenta en la observación de fenómenos en su estado natural para ser analizados mediante información recolectada.

#### 2.1.3. Diseño de investigación

La presente investigación es del tipo no experimental – transversal – descriptivo porque no existe manipulación de variables independientes para obtener consecuencias en variables dependientes, además se dice que es transversal porque la recolección de datos se realizará en un solo periodo de tiempo. Por último, es descriptiva porque la variable será analizada y descrita en su estado natural.



**Figura 6:** Diseño de investigación

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 2:**  
*Esquema de investigación*

Estudio	T1
M: Establecimientos de salud con aisladores sísmicos	O: DISEÑO SÍSMICO

*Nota.* Fuente: Los autores.

**Donde:**

M: Muestra

O: Observación

## 2.2. Variables

### 2.2.1. Diseño sísmico

Las prácticas tradicionales de diseño sísmico de estructuras se basan en la idea de que las mismas sufran daños, los cuales deben ser tales que no generen el colapso de la estructura ni pongan en riesgo vidas humanas. En efecto, producto de las deformaciones inducidas por las fuerzas sísmicas, se supone que los materiales ingresan en un rango de comportamiento inelástico y, después de un sismo severo, se espera que la estructura se vea afectada. Un adecuado diseño sísmico permite que, gracias al comportamiento inelástico de los materiales, la estructura tenga una significativa capacidad de disipar la energía que introduce el sismo (Marianela, 2016, p.37).

### 2.2.2. Clasificación de variables

**Tabla 3:**  
*Clasificación de variables*

Variable	CLASIFICACIÓN				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Diseño sísmico	Independiente	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta

*Nota.* Fuente: Los autores.

### 2.2.3. Operacionalización de variables

**Tabla 4:**
*Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medicion
<b>Diseño sísmico</b>	Las prácticas tradicionales de diseño sísmico de estructuras se basan en la idea de que las mismas sufran daños, los cuales deben ser tales que no generen el colapso de la estructura ni pongan en riesgo vidas humanas. En efecto, producto de las deformaciones inducidas por las fuerzas sísmicas, se supone que los materiales ingresan en un rango de comportamiento inelástico y, después de un sismo severo, se espera que la estructura se vea afectada. (Marianela, 2016, p.37).	Para la evaluación del diseño sísmico se ha realizado un modelo estructural en el software ETABS 18 de un establecimiento de salud COVID - 19 con aisladores sísmicos LRB. El modelo fue analizado mediante el análisis tiempo – historia, también se diseñaron las vigas y columnas y se verificó el comportamiento de la platea de cimentación . Por último se verificaron los valores obtenidos y se corroboraron que estén dentro de lo permisible por las normas peruanas.	Diseño arquitectónico	Distribución de ambientes Diseño regular en planta y altura	Razón
			Predimensionamiento de elementos estructurales	Estructuración Área de secciones Inercia	Razón
			Predimensionamiento de aisladores LRB	Dimensiones de aisladores Propiedades mecánicas	Razón
			Análisis tiempo historia	Distorsiones de entrepiso Desplazamientos Parámetros bilineales	Razón
			Diseño de elementos estructurales	Momentos flectores Fuerzas cortantes Fuerzas axiales	Razón
			Verificación de platea de cimentación	Esfuerzos máximos	Razón

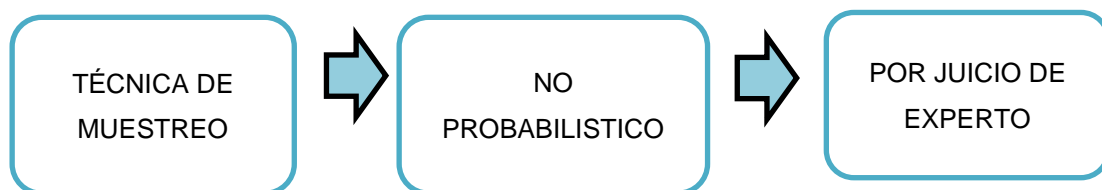
### 2.3. Población

La población es un establecimiento de salud COVID - 19 de 4 niveles con aisladores sísmicos LRB, fundamentado en un hospital categoría II - 2, anexo del hospital Regional Docente de Trujillo.

### 2.4. Muestra

#### 2.4.1. Técnicas de muestreo

Se utilizó la técnica de muestreo no probabilístico porque todos los elementos que se pueden estudiar tienen la misma posibilidad de ser parte de la muestra. Por consiguiente, el tamaño de muestra se realizó por juicio de experto, ya que el criterio utilizado para la selección se basa en el requerimiento de la norma E.030 de diseño sísmorresistente, donde indica que para Trujillo perteneciente a la zona 4 los establecimientos de salud deberán contar con aislamiento sísmico obligatorio.



*Figura 7:* Técnicas de muestreo

#### 2.4.2. Tamaño de muestra

La muestra es un establecimiento de salud COVID - 19 de 4 niveles con aisladores sísmicos LRB perteneciente a la zona 4 y categorizada como uso esencial en la ciudad de Trujillo.

### 2.5. Materiales

Para llevar a cabo la investigación se utilizaron principalmente los siguientes materiales los cuales se detallarán a continuación:

- ✓ **Laptop:** computadora portátil de fácil traslado con requerimientos operacionales específicos para cada solicitud.
- ✓ **Reglamento Nacional de Edificaciones versión impresa:** norma la cual tiene por objeto reglamentar los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de habilitaciones urbanas.
- ✓ **Impresora:** máquina que se conecta a una computadora y sirve para imprimir la información requerida por un usuario.
- ✓ **Escritorio:** mesa diseñada para la colocación y orden de implementos requeridos por un usuario.
- ✓ **Útiles de oficina:** objetos de escritorio.

## 2.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.6.1. Técnica de recolección de datos

Análisis documentario: Para la presente investigación se aplicó como técnica de recolección de datos un análisis documentario, puesto que los datos para la variable en estudio fueron extraídos de diferentes fuentes tales como: NTS N° 110 (infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud del segundo nivel de atención), NTS N° 021 (categorías de establecimientos del sector salud), RNE E.030 (diseño sísmorresistente), RNE E.020 (cargas), RNE E.031 (aislamiento sísmico) y normas americanas como ASCE (7 - 16), Además, los datos para los estudios de suelos también fueron extraídos de estudios de microzonificación ya existente para la ciudad de Trujillo. En base a los datos extraídos se realizará el diseño sísmico con aislamiento de base, mediante un análisis dinámico y una verificación por tiempo – historia.

## 2.6.2. Instrumento de recolección de datos

Se utilizó una matriz de datos, fichas de resumen y guía de entrevista, las cuales servirán para la recolección de información que será necesaria para obtener resultados de la variable en estudio, en la matriz se detallarán los parámetros que se deben conocer previamente de hacer el análisis, en las fichas resumen los datos específicos obtenidos de documentos confiables y en las guías de entrevista se obtendrá la información brindada por profesionales de salud. (ANEXO 1)

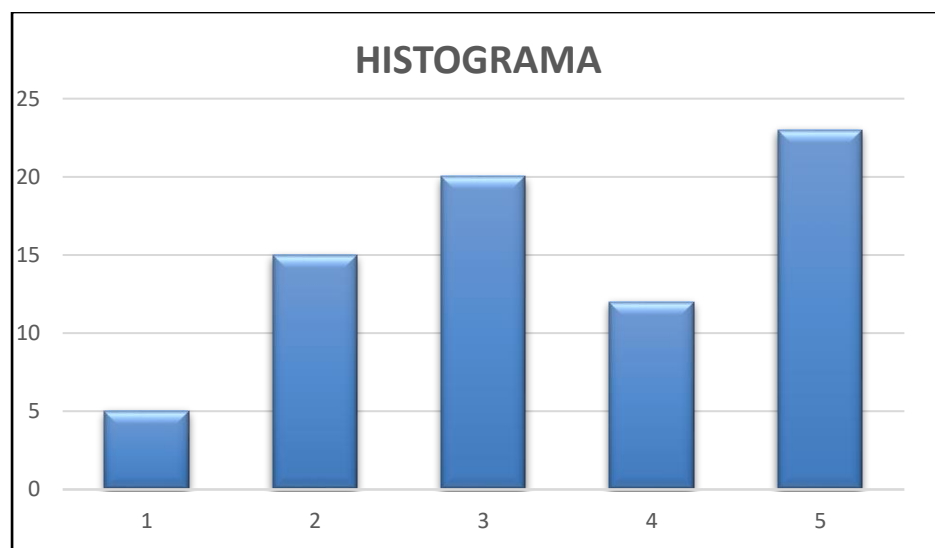
## 2.6.3. Validación del instrumento de recolección de datos

La validez de los instrumentos lo realizó el Ing. Hugo Gonzalo Díaz García (VER ANEXO 1, 2, 3).

## 2.6.4. Análisis de datos:

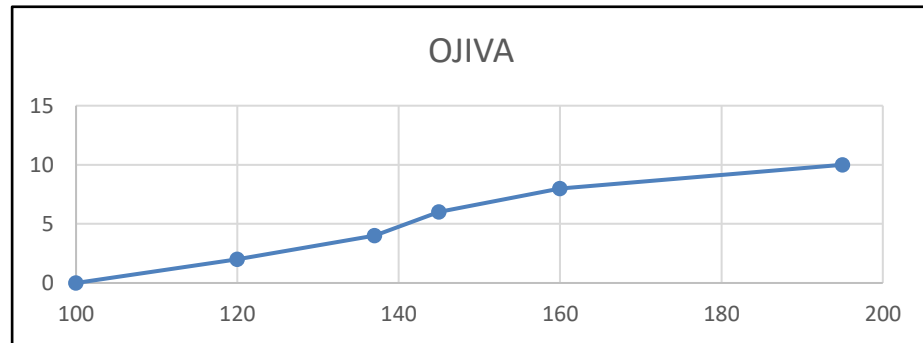
### 2.6.4.1. Estadística descriptiva

La presente investigación es de diseño no experimental y transversal, ya que se describirá la variable y se realizará el estudio en un solo periodo de tiempo, por lo tanto, se utilizó el método de estadística descriptiva cuyos instrumentos aplicados fueron los histogramas, líneas y ojivas.



*Figura 8:* Histograma

Es una representación gráfica de las variables en forma de barras donde la superficie de cada elemento de barra es proporcional a la frecuencia de los valores.



**Figura 9:** Ojiva

Es un tipo de gráfico de frecuencia y también se denomina polígono de frecuencia acumulada lo cual sirve para dar el número de observaciones más pequeño o igual a un valor particular, es aplicado en variables de naturaleza cuantitativa continua.

## 2.7. Procedimientos

### 2.7.1. Diseño de la planta arquitectónica

El diseño arquitectónico para el establecimiento de salud se realizó en base a una programación arquitectónica, obtenida de la información extraída de las guías de entrevista; también tomando como ejemplo, características generales de diseños ya existentes. Primero se utilizó la norma técnica de Salud – N° 021, con la cual y con junto con los médicos se determinó cuál sería la categorización del establecimiento de salud a desarrollar, luego de ello para la programación de cada ambiente, ubicación, dimensiones de los ambientes, pasadizos o pasajes de circulación, rampas, escaleras, ascensores; para todas estas características del establecimiento de salud, se hizo uso de la norma técnica de Salud N° 110. Adicionalmente nos basamos en la Norma E.030 (Diseño sismorresistente) lo cual detalla varios tipos de irregularidades en planta que pueden evitarse desde la arquitectura, entonces, con la finalidad de



evitar esas irregularidades se tuvo que analizar a detalle y tomar cada uno y todos los puntos que indica esta normativa.

## 2.7.2. Estructuración

Para la estructuración se tomó en cuenta la distribución arquitectónica, ya que se buscó que las columnas no interfirieran los ambientes ambulatorios del hospital, ni en los pasadizos de circulación principal, además la separación de las columnas fue considerada en función de lo permitido en la norma E.060 (concreto armado) para losa maciza, donde nos indican las luces máximas para cierto espesor. Para el caso de los ascensores y montacargas se consideraron muros de corte con un espesor mínimo establecido por la norma.

### 2.7.2.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

#### A. Losas

Las losas se diseñaron para evitar deflexiones excesivas que puedan generar una vista antiestética en la parte superior de un ambiente. Para el establecimiento de salud a diseñar se utilizaron losas macizas en una y dos direcciones con la finalidad de tener más rango de separación entre elementos de corte, para el pre dimensionamiento nos basamos en la Norma E.060 de concreto armado del RNE lo cual recomienda usar los siguientes valores para losas macizas en una dirección.

**Tabla 5:**  
*Predimensionamiento de losa maciza*

Elemento	Espesor o peralte mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
<b>Losas Macizas en un dirección</b>	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$

*Nota. Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.*

## B. Vigas

Las vigas se predimensionaron para un peralte perteneciente al orden de  $L/10$  y  $L/7$  para el nivel de aislamiento; estos valores de peralte se consideraron debido a la importancia y categoría de la edificación según la norma E.030 (Diseño Sismorresistente). Para el ancho de la viga es recomendable trabajar con la mitad del peralte, pero no menor que 25 cm que es lo que indica la norma E.060. Cabe mencionar que éste cálculo es para las dos direcciones de vigas, a pesar de que la losa transmita la mayor parte de su peso a las vigas perpendiculares a su sentido el dimensionamiento debe tomarse de igual magnitud debido a las fuerzas que ejercerá el sismo en ambas direcciones. Para la presente investigación por tratarse de un establecimiento de salud categorizado como uso esencial en la norma E.030 se usó  $L/10$  y  $L/7$  en la obtención del peralte.

*Ecuación 1: Peralte de vigas.*

$$h = \frac{l}{10}; \frac{l}{7}$$

Donde:

$l$  = Distancia entre cara de columnas

## C. Columnas

Para el predimensionamiento de columnas se tomó como referencia el libro del Ingeniero Roberto Morales Morales quien subdivide a las columnas en tres tipos: columnas centrales, de borde y de esquina, a partir de esta subdivisión aplicamos la siguiente fórmula con los datos de la tabla mostrada.

*Ecuación 2: Dimensión de columnas*

$$bD = \frac{P}{nf'c}$$

Donde:

$D$  = dimensión de la sección en la dirección del análisis sísmico de la columna

$b$  = la otra dimensión de la sección de la columna

$P$  = carga total que soporta la columna (Ver tabla N°08)

$n$  = valor que depende del tipo de columna y lo extraemos de la tabla N° 08

$f'_c$  = resistencia a la compresión del concreto

$PG$  = peso total de cargas por gravedad que soporta cada columna.

**Tabla 6:**  
*Dimensionamiento de columnas*

<b>Dimensionamiento de columnas</b>		
Tipo C1 (para los primeros pisos)		$P = 1.10 PG$ $n = 0.30$
Tipo C1 (para los 4 últimos pisos superiores)	Columna Interior	$P = 1.10 PG$ $n = 0.25$
Tipo C2,C3	Columnas Extremas de pórticas interiores	$P = 1.25 PG$ $n = 0.25$
Tipo C4	Columna de esquina	$P = 1.50 PG$ $n = 0.20$

*Nota.* Fuente: Diseño de concreto armado Roberto Morales.

#### **D. Metrado de cargas**

El metrado de cargas se realizó según las cargas repartidas establecidas en la norma E.020 (cargas) del Reglamento Nacional de Edificaciones, ésta norma subdivide en cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV).

##### a. Carga Muerta

Para la obtención de estas cargas la norma E.020 nos da pesos específicos de los materiales más usados en la construcción, con dicho valor y el volumen calculamos el peso de los materiales, tal y como se muestra en la siguiente ecuación.

***Ecuación 3: Peso de elementos***

$$P (Kg) = \gamma * V$$

Donde:

P= Peso del componente

$\gamma$  =Peso específico del material (Ver tabla N° 07)

V= Volumen del componente.

**Tabla 7:**  
*Peso específico de materiales*

<b>Material</b>	<b>Peso específico (Kg/cm<sup>3</sup>)</b>
Concreto armado	2400
Concreto simple de Grava	2300

*Nota.* Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

b. Carga Viva

Son cargas transitorias que no son permanentes y van variando en el tiempo, la carga viva representa el peso de las personas, tabiques, equipos, artefactos, etc. En la siguiente tabla se muestra la carga repartida que se consideró en la presente investigación obtenida de la norma E.020.

**Tabla 8:**  
*Cargas repartidas*

<b>Sobre carga (s/c)</b>	<b>Carga repartida (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Sala de operación, laboratorios y zonas de servicio	300
Cuartos	200
Corredores y escaleras	400

*Nota.* Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

### 2.7.2.2. Peso de la edificación para el análisis.

Con las fórmulas mencionadas anteriormente y las cargas repartidas establecidas en la norma E.020 se realizó la suma de los pesos de todos los ambientes y componentes de la estructura, siempre trabajando por separado la carga muerta (CM) y carga viva (CV).

En base a los valores obtenidos de la sumatoria para carga muerta y viva se calculó un peso sísmico ( $P_i$ ) para el análisis, lo cual que está establecido en la norma E.030 del RNE para edificaciones de categoría A considerar el 100% de la carga muerta más el 50% de la carga viva.

*Ecuación 4: Peso sísmico ( $P_i$ )*

$$P_i = CM + 0.5 * CV$$

### 2.7.3. Predimensionamiento de aisladores

#### 2.7.3.1. Modelado de la estructura de base fija

El modelado estructural se realizó en el software especializado para edificaciones Etabs, luego de tener predimensionado los elementos estructurales y diafragmas, se realiza el modelado en el software, donde primero se ingresaron las propiedades de los materiales y las secciones. Posteriormente se fueron ingresando las cargas actuantes en el establecimiento tal cual nos indica la Norma E.020. Finalmente se realizaron los cálculos iterativos en el software para obtener valores de periodo y masa participativa que nos servirá para iniciar con el predimensionamiento de los dispositivos.

#### 2.7.3.2. Modelado de la estructura de base aislada

Se calculan los valores de rigidez y amortiguamiento para el sistema aislado en base al periodo de base fija. Este periodo inicialmente es cuadruplicado debido al aumento del amortiguamiento que generarán estos dispositivos, con ese

periodo calculado se procede a realizar los cálculos modelado estructural se realizó en el software especializado para edificaciones Etabs

***Ecuación 5: Rigidez del sistema de aislamiento***

$$K_{eff} = \frac{4\pi^2}{T_b^2} * (m_s + m_b)$$

Donde:

$T_b$ : Periodo objetivo.

$m_s$ : Masa de la superestructura.

$m_b$ : Masa de la subestructura.

***Ecuación 6: Amortiguamiento del sistema de aislamiento***

$$C_b = 2 * \varepsilon_b * \sqrt{(m_s + m_b) * K_{eff}}$$

Donde:

$\varepsilon_b$ : Amortiguamiento inicial.

$m_s$ : Masa de la superestructura.

$m_b$ : Masa de la subestructura.

***Ecuación 7: Rigidez del aislador***

$$K_{eff} (disp) = \frac{K_{eff}}{N}$$

Donde:

$K_{eff}$ : Rigidez efectiva del sistema.

$N$ : Número de dispositivos.

***Ecuación 7: Amortiguamiento del aislador***

$$C_b (disp) = \frac{C_b}{N}$$

Donde:

$C_b$ : Amortiguamiento del sistema aislado.

$N$ : Número de dispositivos.

### 2.7.3.3. Dimensiones de los dispositivos de aislamiento

**A. Para el cálculo del diámetro se toma el mayor valor de:**

***Ecuación 8: Diámetro de aislador***

$$D_I = 1.5 * D_{TM}$$

**Ecuación 9: Diámetro de aislador**

$$D_I = \frac{P_{umax}}{\sigma_c}$$

Donde:

$\sigma_c$ : Esfuerzo axial permisible del aislador.

**B. Para el cálculo del diámetro se toma el mayor valor de:**

**Ecuación 10: Altura de aislador**

$$H_r = \frac{D_{TM}}{\gamma_s}$$

Donde:

$\gamma_s$ : Porcentaje de deformación lateral de los aisladores.

**C. Diámetro del núcleo de plomo (Dp):**

**Ecuación 11: Diámetro del núcleo de plomo (Dp)**

$$D_p = \sqrt{\frac{4}{\pi} * \frac{1.1 * Q_d}{\sigma_y}}$$

**Ecuación 12: Fuerza de histéresis del aislador**

$$Q_d = 3\%(W) \text{ ó } 10\%(W)$$

**Ecuación 6: Peso sísmico que carga cada aislador**

$$W = CM + 0.5 CV$$

Donde:

W: Peso sísmico que carga cada aislador.

$\sigma_y$ : Esfuerzo límite del núcleo de plomo.

$Q_d$ : Fuerza de histéresis del aislador.

**D. Esfuerzo en el acero de las capas de metal:**

**Ecuación 7: Esfuerzo en el acero de las capas de metal**

$$\sigma_s = 1.5 * \frac{t_r}{t_s} * \sigma_c \leq 0.75 * \sigma_y$$

Donde:

$\sigma_c$ : Esfuerzo a la compresión del caucho.

$\sigma_y$ : Esfuerzo de fluencia del acero.

**E. Rigidez vertical:**

**Ecuación 8: Rigidez vertical**

$$K_v = \frac{E_c * A}{H_r} + \frac{E_p * A_p}{H_r}$$

Donde:

Ep: Módulo de compresibilidad del plomo.

Ap: Área del núcleo de plomo.

Ec: Módulo de compresibilidad de la unión entre el acero y goma.

A: Área vista en planta solo de la goma de caucho.

#### 2.7.4. Análisis dinámico

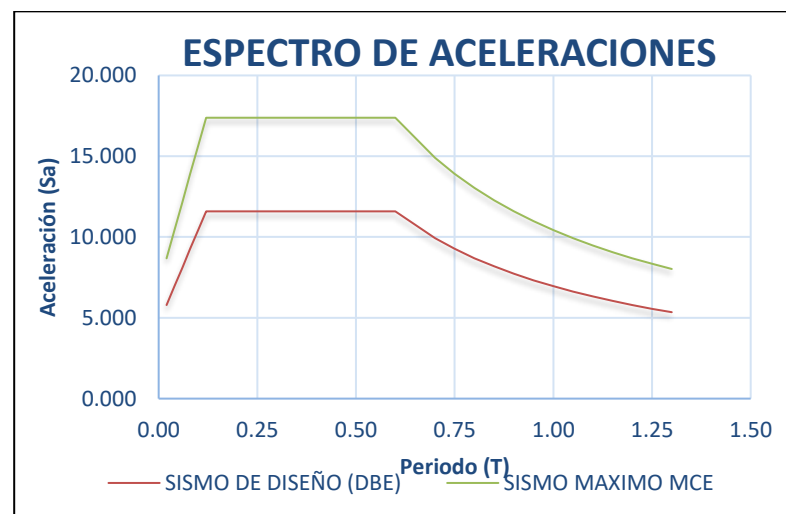
Luego de calcular los valores iniciales del sistema aislado, se ingresan estos valores al programa. Se modela cada unidad de aislador como elementos tipo “link” y se le asigna el valor de la rigidez calculada. Además se le debe crear un espectro de aceleraciones modificado para un amortiguamiento de 15%.

**Tabla 9:**

*Factor de reducción (BM) según el porcentaje de amortiguamiento crítico.*

FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO $B_M$	
Amortiguamiento Efectivo (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a.b	Factor $B_M$
$\leq 2$	0.8
5	1
10	1.2
20	1.5
30	1.7
$\geq 40$	1.9

*Nota.* Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.



**Figura 10:** Espectro de aceleraciones según la Norma E.031.

*Nota.* Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.



#### 2.7.4.1. Modelo bilineal

En base al modelo lineal, se construyó el modelo bilineal de los aisladores LRB, este procedimiento se realizó con los valores de desplazamiento máximo obtenido del análisis dinámico y la rigidez efectiva calculada inicialmente.

#### 2.7.4.2. Parámetros nominales

**Ecuación 16: Desplazamiento de Fluencia ( $Dy$ )**

$$2 * \pi * B_{eff} * D'M - \frac{4 * Dy * (\alpha - 1) * (D'M - Dy)}{D'M + (\alpha - 1) * Dy} = 0$$

Donde:

$B_{eff}$ : Porcentaje de amortiguamiento.

$D'M$ : Desplazamiento máximo del centro de masa del nivel de aislamiento.

$\alpha$ : Entre 7 y 10 según fabricante.

**Ecuación 19: Rigidez Post - Fluencia ( $Kd$ )**

$$Kd = \frac{K_{eff} * D'M}{D'M + (10 - 1) * Dy}$$

Donde:

$K_{eff}$ : Rigidez efectiva.

$D'M$ : Desplazamiento del centro de masa del nivel de aislamiento.

$Dy$ : Desplazamiento de fluencia.

**Ecuación 18: Rigidez Inicial ( $K1$ )**

$$K1 = Kd * Dy$$

Donde:

$Kd$ : Rigidez Post – Fluencia.

$Dy$ : Desplazamiento de fluencia.

**Ecuación 19: Fuerza de Fluencia ( $Fy$ )**

$$Fy = K1 * Dy$$

Donde:

$Kd$ : Rigidez Inicial.

$Dy$ : Desplazamiento de fluencia.

**Ecuación 20: Resistencia característica ( $Q_d$ )**

$$Q_d = \frac{Dy * Keff * D'M * (\alpha - 1)}{D'M + (\alpha - 1) * Dy}$$

Donde:

$Dy$ : Desplazamiento de fluencia.

$Keff$ : Rigidez efectiva.

$D'M$ : Desplazamiento del centro de masa del nivel de aislamiento.

$\alpha$ : Entre 7 y 10 según fabricante.

**Ecuación 21: Fuerza máxima ( $Ton$ )**

$$Fmax = Kd * (D'M - Dy + Fy)$$

Donde:

$Kd$ : Rigidez Post – Fluencia.

$D'M$ : Desplazamiento del centro de masa del nivel de aislamiento.

$Dy$ : Desplazamiento de fluencia.

$Fy$ : Fuerza de fluencia.

**2.7.5. Análisis tiempo historia**

Se realizó un análisis dinámico tiempo historia para el establecimiento de salud basándonos en la Norma E.031. Se usaron 7 pares de registros sísmicos escalados en el software seismomatch y luego se ingresaron al modelo tridimensional en Etabs. Mediante este análisis se determinaron parámetros como la junta de separación de la edificación y las fuerzas máximas a considerar para el diseño sísmico.

**2.7.5.1. Escalamiento de registros sísmicos**

En este procedimiento se realiza un tratamiento a las señales sísmicas descargadas de diversas fuentes, primero se corrigen y se separan en cada dirección utilizando el software seismosignal. Posteriormente en base al espectro de respuesta generado para la edificación, se procede a escalar los 7 pares de registros corregidos de tal manera que se igualen o estén por encima de las ordenadas de dicho espectro.

Posteriormente se ingresa al software los 7 pares de registros escalados tomando en consideración el factor de “1.5” que se debe considerar en los casos de carga y para un sismo de 2500 años de periodo de retorno así como los factores de escala de 90% y 44% para que la acción simultánea de las dos componentes según SRSS, represente al espectro de diseño.

### 2.7.5.2. Distorsiones de entrepiso

Después de realizar el análisis dinámico a la edificación debemos verificar que las distorsiones de entrepiso estén dentro de lo permitido por la Norma E.031, el cual admite una distorsión máxima de 0.005 cada piso, para calcular las distorsiones de cada piso se usó la siguiente fórmula.

*Ecuación 10: Distorsión entre pisos*

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1}$$

Donde:

$\Delta_i$  = Distorsión de entrepiso en milímetros.

$\delta_i$  = Desplazamiento del piso en análisis.

## 2.7.6. Diseño de elementos estructurales

### 2.7.6.1. Fuerzas de diseño

Las fuerzas de diseño que se usaron para el cálculo de las cuantías de acero, responden a las máximas sollicitaciones obtenidas de diferentes combinaciones de carga establecidas por la Norma E.060.

$$U1 = 1.4CM + 1.7CV$$

$$U2 = 1.25(CM + CV) \pm CS$$

$$U3 = 0.9CM \pm CS$$

Donde:

$U$  = Carga última.

$CM$  = Carga muerta.

$CV$  = Carga viva.

### 2.7.6.2. Diseño a flexión

Las secciones de concreto armado que presenten solicitaciones de flexión pura deben cumplir con la siguiente condición.

$$\phi * Mn \geq Mu$$

Esta fórmula nos muestra que el momento resistente reducido por un valor  $\phi$  debe ser mayor que el mayor momento actuante resultante de las cargas factoradas y de todas las combinaciones. En la norma E.060 se indica un factor de reducción  $\phi=0.90$  para elementos que trabajan a flexión.

El cálculo del acero de refuerzo por flexión se calcula en base al momento flector último, la resistencia del concreto, el esfuerzo de fluencia del acero y las dimensiones de la sección.

**Ecuación 23: Acero requerido**

$$As = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4 * Mu * 100000}{\phi * 1.71 * Bw * f'c}}}{\frac{2 * fy}{1.71 * Bw * f'c}}$$

Donde:

$f'c$ : Resistencia del concreto.

$f'y$ : Esfuerzo de fluencia.

$Mu$ : Momento último.

$Bw$ : Ancho de la viga.

$d$ : Peralte efectivo.

$\phi$ : Factor de reducción.

Para el cálculo de la cuantía mínima se considerará el mayor valor de las siguientes ecuaciones.

**Ecuación 24: Acero mínimo**

$$As \text{ min}(1) = \frac{14 * Bw * d}{fy}$$

$$As \text{ min}(2) = \frac{0.8 * \sqrt{f'c} * Bw * d}{fy}$$

### 2.7.6.3. Diseño de elementos por fuerza cortante

La norma E.060 establece que el diseño por fuerza cortante debe cumplir con los siguientes requisitos.

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde:

$V_n$ : Resistencia nominal de la sección.

$V_u$ : Cortante actuante.

$V_c$ : Resistencia al cortante del concreto.

$V_s$ : Resistencia al cortante del acero de refuerzo.

$\phi$ : Factor de reducción.

**Ecuación 11:** Resistencia por corte del concreto

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * B_w * d$$

**Ecuación 12:** Resistencia por corte del acero transversal

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

**Ecuación 13:** Valor máximo del aporte del acero

$$V_{smax} = \frac{2.1 * \sqrt{f'_c} * B_w * d}{1000}$$

**Ecuación 14:** Separación de estribos

$$S = \frac{A_v * 4200 * d}{S}$$

Donde:

$f'_c$ : Resistencia del concreto.

$V_u$ : Cortante último.

$B_w$ : Ancho de la viga.

$d$ : Peralte efectivo.

$A_v$ : Área del estribo.

$\phi$ : Factor de reducción.

#### **2.7.6.4. Diseño de columnas**

El diseño de columnas es un proceso iterativo donde se debe proponer una distribución inicial de aceros longitudinales, principalmente se toma como referencia la cuantía mínima (1%).

Posteriormente se tiene que elaborar un diagrama de interacción de la sección y se verifica que los puntos formados por las fuerzas axiales y momentos flectores estén dentro de dicho diagrama para todas las combinaciones de carga.

#### **2.7.7. Cimentación del sistema aislado**

La verificación de la cimentación del sistema aislado, consiste en proponer un sistema de fundación que permita una buena interacción con la estructura, por lo general se opta por trabajar con plateas de cimentación apoyadas en pilotes, en otros casos simplemente por zapatas aisladas. En esta investigación se trabajará con una platea de cimentación de 40 cm de altura de tal manera que se evidencien las presiones generadas en el suelo con la incidencia de los aisladores elastoméricos.

### **2.8. Desarrollo de tesis:**

#### **2.8.1. Diseño arquitectónico**

El desarrollo del diseño arquitectónico se realizó en principio a través de la recolección de información obtenida por la guía de entrevista realizada al personal profesional capacitado y con experiencia con casos COVID en la primera, segunda y tercera ola de contagios de esta epidemia.

En primer lugar se tuvo que analizar y definir a qué categorización se asemejaría este proyecto, lo cual lo determinó con qué, cuáles y cuántas unidades prestadoras de servicios de salud debería contar el establecimiento; además, del juicio por criterio de experto, ubicación de la misma y el área total con la cual se disponía para su diseño; sin embargo, un punto importante en esta parte del diseño arquitectónico, fue el uso de la norma técnica de salud N° 110 – Minsa, la cual brinda las características

de infraestructura y equipamiento que tiene un establecimiento de salud de segunda categoría. Luego de categorizar el establecimiento de salud, se determinó de la mano de los profesionales en salud, los cuales definieron por criterio de experiencia profesional, que UPSS se debe implementar basados en la Norma Técnica de Salud N° 021 – Minsa, en la cual nos indica cuáles y con cuántas UPSS cuenta cada establecimiento de salud según su categorización y tipología; las UPSS que se implementaron en este establecimiento de salud se detallan en la tabla N° 10.

**Tabla 10:**  
UPSS utilizadas en este proyecto por piso.

NIVEL	UPSS
1 Piso	Consulta Externa
	Emergencia
	Farmacia
2 Piso	Diagnóstico por imágenes
	Centro Quirúrgico
	Central de Esterilización
3 Piso	Patología Clínica
	Unidad de Cuidados Intensivos
4 Piso	Nutrición y Dietética
	Hospitalización

**Nota.** Fuente: Norma Técnica de Salud 021-MINSA/DGSP.

Para un correcto funcionamiento de cada Unidad Prestadora de Servicios de Salud considerados para formar parte de este establecimiento, y para su completo desarrollo del mismo, se consideró agregar a los UPSS antes mencionados en la tabla N° 10 con Servicios Complementarios o UPSC, que se detallan en la siguiente tabla N° 11; las mismas que fueron extraídas también de la Norma Técnica de Salud N° 021 – Minsa.

**Tabla 11:**  
*Servicios complementarios de proyecto por piso.*

NIVEL	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS
1 Piso	Mongue y Crematorio
2 Piso	Lavandería
4 Piso	Administración

**Nota.** Fuente: Norma Técnica de Salud 021-MINSA/DGSP.

Luego de tener definidas las 10 Unidades Prestadoras de Servicios de Salud junto con sus 3 Servicios Complementarios; se inició a desarrollar la programación arquitectónica detallada haciendo uso directo de la Norma Técnica de Salud N° 110 - Minsa realizando de esta manera cuadros resumen de las áreas mínimas que debería contar cada ambiente considerado para cada UPSS (Tabla N° 65 – Consulta externa, Tabla N° 66 – Emergencia, Tabla N° 67 – Farmacia, Tabla N° 69 – Diagnóstico por imágenes, Tabla N° 70 – Centro quirúrgico, Tabla N° 71 – Central de esterilización, Tabla N° 72 – Patología clínica, Tabla N° 74 – Unidad de Cuidados Intensivos, Tabla N° 75 – Nutrición y dietética, Tabla N° 77 – Hospitalización) y para cada Servicio Complementario (Tabla N° 68 – Morgue y crematorio, Tabla N° 73 – Lavandería, Tabla N° 76 – Administración); esta misma norma nos da en principio la conexión directa entre UPSS, las dimensiones de los pasadizos, escaleras, corredores técnicos, ascensores, servicios higiénicos y algunos aspectos técnicos en específico con los cuales debe contar nuestro establecimiento de salud.

El tercer paso a seguir fue el de realizar la zonificación arquitectónica de la edificación, la cual fue determinada y orientada por los lineamientos de conexión entre UPSS dados por la Norma Técnica de Salud N° 110 - Minsa, disponiendo de 3 UPSS y 1 SC para el primer nivel, 4 UPSS y 1 SC para el segundo nivel, 2 UPSS en el tercer nivel y 1 UPSS y 1 SC en el último nivel.

Los pasos siguientes a desarrollar, se centraron en realizar una distribución orientada a puntos en específico, por ejemplo, tanto la circulación horizontal como vertical del personal técnico y de los pacientes en general, se separó en su totalidad, desde los corredores de ingreso como también de los pasadizos para el acceso a cada ambiente del establecimiento de salud.



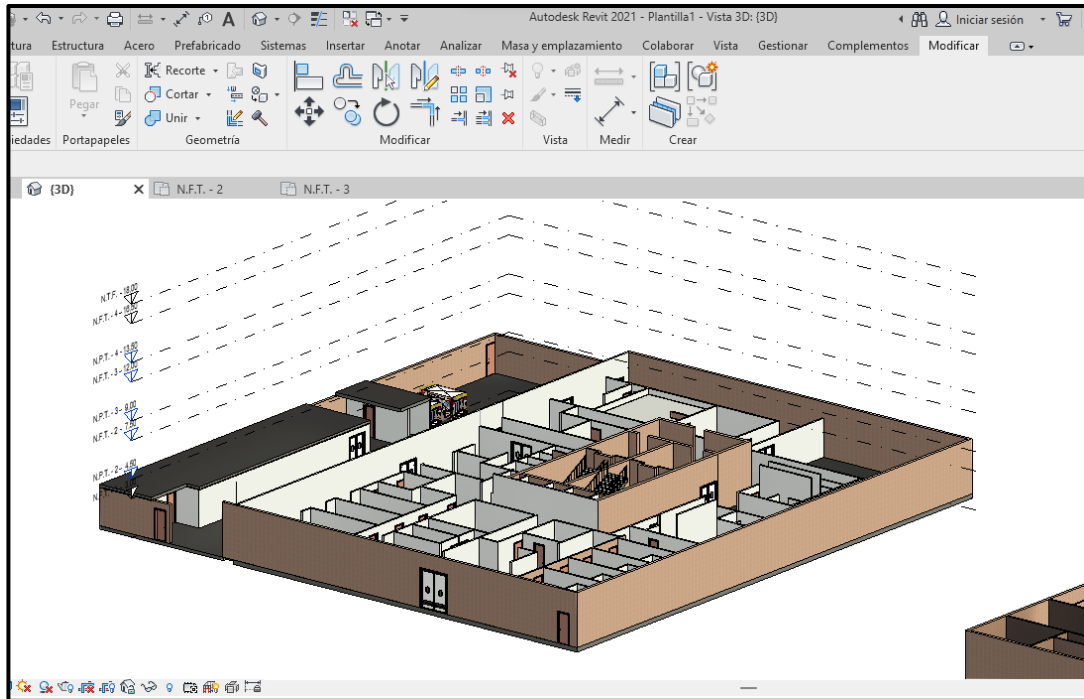
Además, se buscó dirigir los accesos e ingresos de las ambulancias, emergencias externas y funeraria a avenidas aledañas, ya que este terreno considerado para este proyecto se ubica en esquina como se muestra siguiente imagen.



**Figura 11:** Ubicación del terreno considerado para el desarrollo de este proyecto.

**Nota.** Fuente: Google Maps.

Tanto las escaleras y ascensores del establecimiento fueron ubicadas en el centro de la edificación; desarrollándose estos conocimientos y distribuciones iniciales de este proyecto en el programa AutoCAD considerando primeramente la excentricidad de la estructura, ya que se observó la proyección de 3 elevadores y 2 escaleras principales ubicados en la parte inferior de la distribución en planta, esto generaría una diferencia elevada entre el centro de masa y rigidez de la estructura debido que estos elevadores se construyen con muros de corte lo cual aportan gran rigidez que debe ser distribuida de forma simétrica para evitar una falla torsional, por tal motivo se hizo la distribución de manera que los elevadores quedaran en el centro de la distribución en planta.



**Figura 12:** Arquitectura del Primer nivel de la edificación.

**Nota.** Fuente: Autodesk Revit 2021.

Luego se buscó cumplir desde la arquitectura los criterios de regularidad en planta y altura establecidas en la Norma E.030, tomando una forma regular rectangular vista en planta del establecimiento buscando una mejor relación entre el ancho y largo del área para evitar irregularidades.

## 2.8.2. Predimensionamiento y estructuración

En base a la distribución arquitectónica final se realizó la estructuración de los elementos estructurales, tomando en cuenta los ambientes y pasadizos principales del establecimiento de salud se distribuyeron las columnas en ambas direcciones.

### 2.8.2.1. Losa

Se decidió usar losa maciza en un sentido para paños sin ductos, sin embargo, para paños con ductos amplios se optó por losa maciza en dos sentidos, de esa manera garantizamos una mejor distribución de la carga hacia las vigas, esta configuración se consideró solo para los entresijos ya que el nivel de aislamiento no tiene ductos por lo tanto solo se trabajó con losa maciza en un solo sentido.

La ventaja de usar losas macizas es que nos permite tener mayor separación entre pórticos, de esta manera disminuimos la cantidad de columnas y damos más espacio para los ambientes del establecimiento de salud. La luz entre vigas tomada para los cálculos del espesor de losa fue en la dirección X, ya que en ese sentido se proyectó el sentido de losa debido a la geometría de la estructura.

### **2.8.2.2. Vigas**

El predimensionamiento de las vigas se realizó para ambas direcciones de análisis para todos los pisos con las fórmulas mencionadas previamente en el procedimiento de la investigación, diferenciando entrepisos superiores del nivel de aislamiento el cual tiene que tener más rigidez que los demás debido a la alta concentración de esfuerzos en esa zona. Es importante mencionar que, debido a la variación de la longitud de luces, se obtienen peraltes diferentes en cada tramo, en ese caso se uniformizó en base al peralte mayor de cada eje con la finalidad de dar un factor de seguridad en el elemento. Las dimensiones finales de cada viga fueron representadas en un plano estructural realizado en el programa AutoCAD donde se detalla el sentido y dimensiones en planta de cada viga.

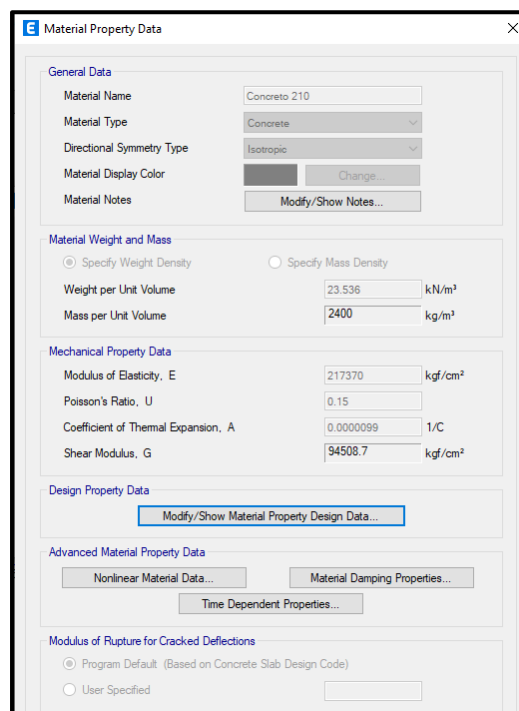
### **2.8.2.3. Columnas**

Para el predimensionamiento de columnas primero fue necesario realizar la estructuración, a partir de eso se determinaron las áreas tributarias de cada columna para obtener el peso que carga cada una de ellas, luego se aplicaron las fórmulas que corresponden según el tipo de columna (interior, extrema, esquina) y obtenemos el área de la sección. En base al área obtenida se definen las dimensiones de cada lado, considerando el lado mayor paralelo al sentido más corto de la edificación.

### 2.8.3. Predimensionamiento de aisladores LRB

#### 2.8.3.1. Modelamiento de la Estructura de Base Fija

El cálculo de las dimensiones iniciales de los dispositivos requiere de un modelado inicial en donde se estime el periodo de base aislada que tendrá la estructura. Para ello inicialmente ingresamos las propiedades y secciones de los elementos al software.



**Figura 13:** Propiedades del concreto ingresados en el software ETABS.

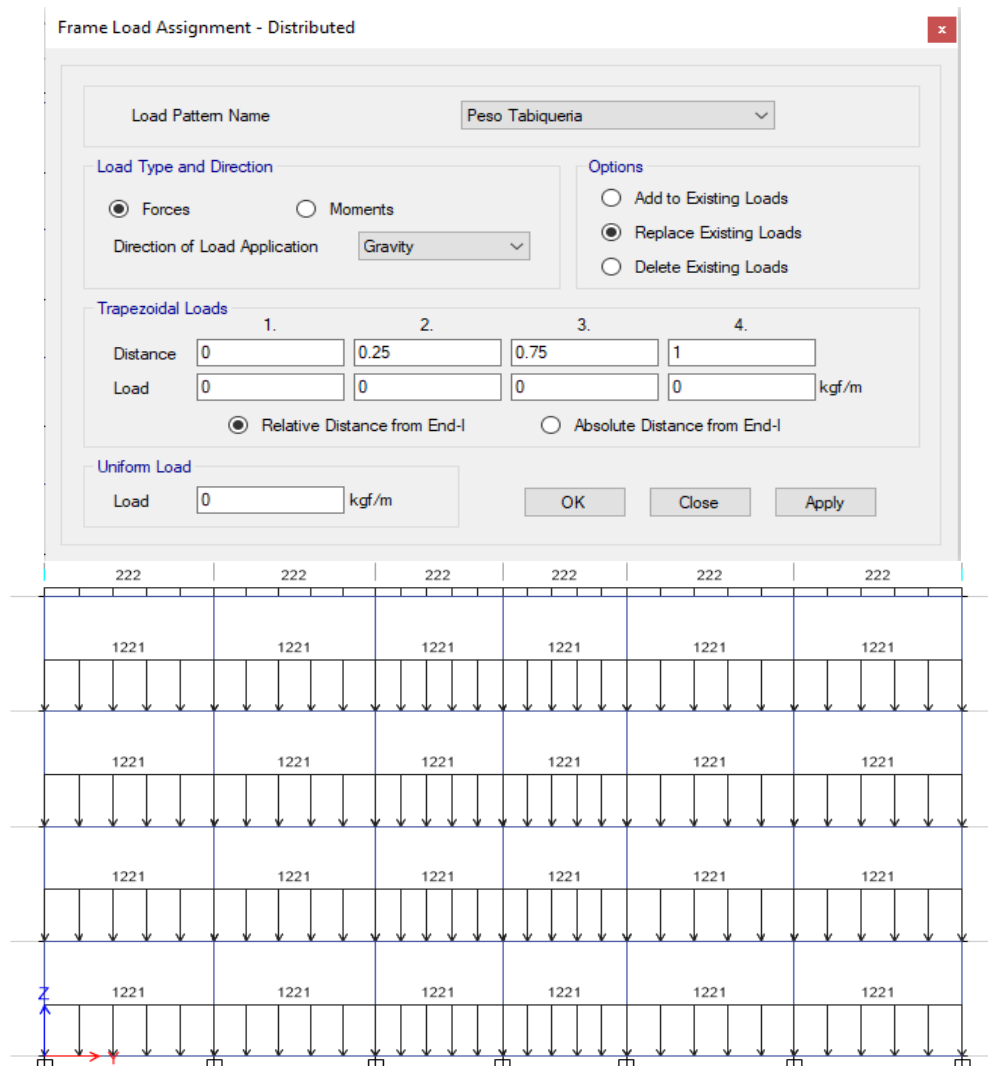
**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.



**Figura 14:** Configuración de los elementos estructurales en el software.

**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.

Ingresamos los valores de carga viva repartida según lo indicado en la Norma E.020, además agregamos una carga adicional representando al peso de los tabiques de albañilería. También se consideraron cargas lineales en las vigas que cargan tabiques en toda su longitud.



**Figura 15:** Configuración de las cargas repartidas y lineales de la estructura.

**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.

### 2.8.3.2. Predimensionamiento Inicial del Sistema Aislado

Se extrajeron los valores modales y el peso de la estructura de base fija, con estos valores se calcularon los parámetros iniciales del sistema de aislamiento.

**Tabla 12:**
*Periodo inicial y masa participativa de estructura de base fija.*

MODO	PERIODO	MASA PARTICIPATIVA		
	SEG	UX	UY	RZ
1.000	0.767	0.755	0.000	0.001
2.000	0.732	0.001	0.234	0.528
3.000	0.701	0.000	0.524	0.235
4.000	0.244	0.098	0.000	0.000
5.000	0.234	0.000	0.046	0.051
6.000	0.226	0.000	0.052	0.047
7.000	0.140	0.032	0.000	0.000
8.000	0.135	0.000	0.024	0.008
9.000	0.132	0.000	0.007	0.025
10.000	0.101	0.008	0.000	0.000
11.000	0.099	0.00	0.008	0.001
12.000	0.096	0.000	0.000	0.008
13.000	0.027	0.000	0.000	0.000
14.000	0.026	0.000	0.000	0.000
15.000	0.024	0.000	0.000	0.000

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

**Tabla 13:**
*Masa de la estructura de base fija.*

PISO	UX (tonf-s <sup>2</sup> /m)
Piso 4	106.00
Piso 3	186.34
Piso 2	185.96
Piso 1	193.85
Aislamiento	219.6
Ms=	672.15
Mb=	219.6
Mt=	891.75
γ=	0.75

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

- Periodo promedio de base fija:

$$T_s = \frac{0.767 + 0.732}{2} = 0.75 \text{ s}$$

- Periodo objetivo de base aislada

$$T_b = 4 * T_s = 4 * 0.75 = 3.00 \text{ s}$$

- Se consideró una fracción del amortiguamiento del 15%.
- Hallamos la rigidez del sistema de aislamiento (Keff)

$$K_{eff} = \frac{4\pi^2}{3^2} * (672.15 + 219.6) = 3916.87 \text{ Tn/m}$$

- Hallamos el amortiguamiento del sistema de aislamiento (Cb)

$$C_b = 2 * 0.15 * \sqrt{(672.15 + 219.6) * 3916.87} = 560.68 \text{ Tn.s/m}$$

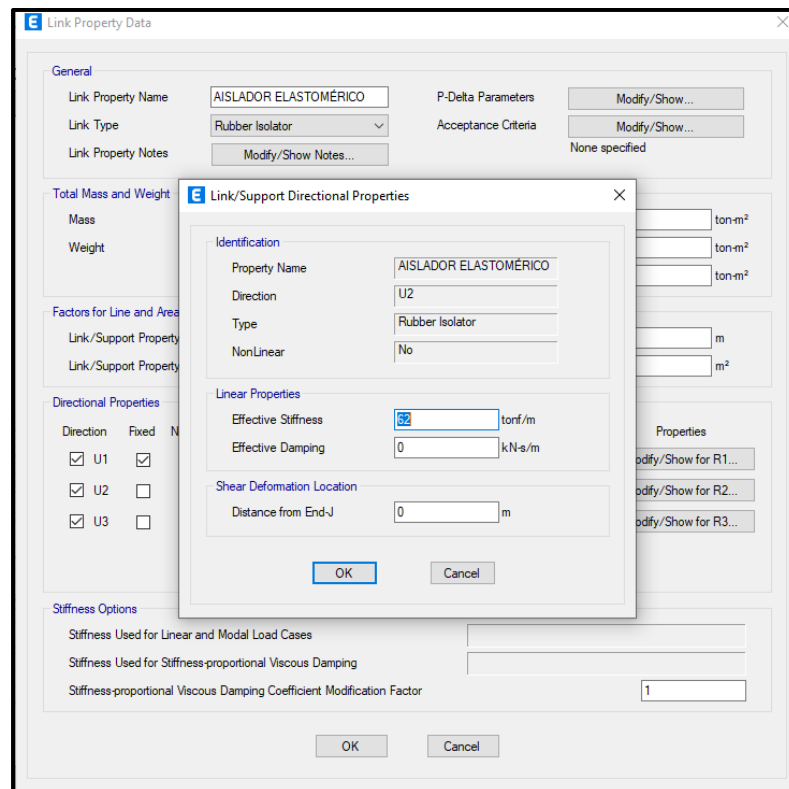
- Obtenemos la rigidez y amortiguamiento de cada aislador dividiendo los valores obtenidos entre los 64 dispositivos incorporados.

$$K_{eff}(disp) = \frac{3916.87}{64} = 62 \text{ Tn/m}$$

$$C_b(disp) = \frac{560.68}{64} = 8.76 \text{ Tn.s/m}$$

#### 2.8.4. Análisis Dinámico

Se ingresa la rigidez de cada dispositivo calculado en la etapa de predimensionamiento y obtenemos un periodo referencial de la estructura aislada.



**Figura 16:** Configuración de las propiedades iniciales de los dispositivos de aislamiento en la interfaz del programa Etabs.

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

Se extrajeron los tres periodos principales para verificar que estos valores se aumentaron considerablemente en el orden de 4 veces el de base aislada, comprobando así los valores asumidos en la etapa de predimensionamiento.

**Tabla 14:**

*Periodo de base aislada.*

MODO	PERIODO (seg)
1	3.034
2	3.033
3	2.87

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

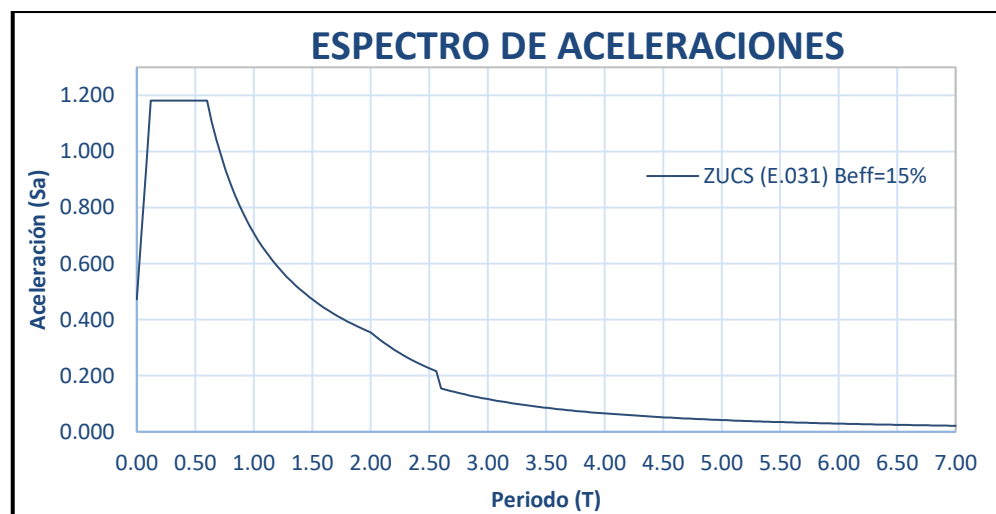
Generamos el espectro de respuestas para un amortiguamiento del 15% a partir del segundo 2.60, este espectro se realizó con los valores que nos proporciona la norma E.031.

**Tabla 15:**

*Parámetros sísmicos para el espectro de aceleraciones.*

PARÁMETRO	VALOR
Z	4.00
U	1.00
S	1.05
Tp	0.6
TI	2

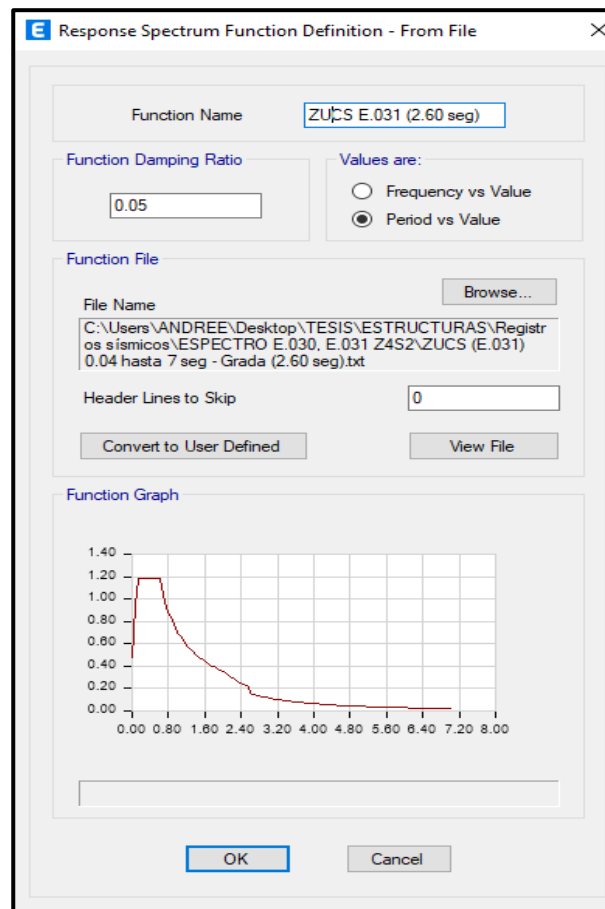
**Nota.** Fuente: E 0.30 – Diseño Sismorresistente RNE.



**Figura 17:** Espectro de aceleraciones según la Norma E. 031 para un amortiguamiento de 15%.



- Se ingresan los valores calculados al software Etabs 18 para realizar el análisis dinámico con el nuevo espectro.



**Figura 18:** Procesamiento del espectro de aceleraciones.

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

#### 2.8.4.1. Modelado Bilineal

En base al desplazamiento máximo del centro de masa del nivel de aislamiento calculado en el análisis dinámico y otros parámetros sísmicos se definieron los valores nominales del modelo bilineal.

**Tabla 16:**

Parámetro iniciales para el cálculo de las propiedades del modelo bilineal.

PARÁMETROS INICIALES	VALORES
D'M (m.)	0.374 m.
B <sub>eff</sub> (%)	15.00
$\alpha$	10
K <sub>eff</sub> (Ton/m)	62

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

- Desplazamiento de Fluencia ( $Dy$ ):

$$2 * \pi * 15 * 0.374 - \frac{4 * Dy * (10 - 1) * (0.374 - Dy)}{0.374 + (10 - 1) * Dy} = 0$$

$$Dy = 0.0135 \text{ m.}$$

- Rigidez Post-Fluencia ( $Kd$ ):

$$Kd = \frac{62 * 0.374}{0.374 + (10 - 1) * 0.0135}$$

$$Kd = 46.81 \text{ ton/m}$$

- Rigidez Inicial ( $K1$ ):

$$K1 = 46.81 * 10$$

$$K1 = 468.08 \text{ ton/m}$$

- Fuerza de fluencia ( $Fy$ ):

$$Fy = 468.08 * 0.0135$$

$$Fy = 6.32 \text{ Ton}$$

- Resistencia característica ( $Qd$ ):

$$Qd = \frac{0.0135 * 62 * 0.374 * (10 - 1)}{0.374 + (10 - 1) * 0.0135}$$

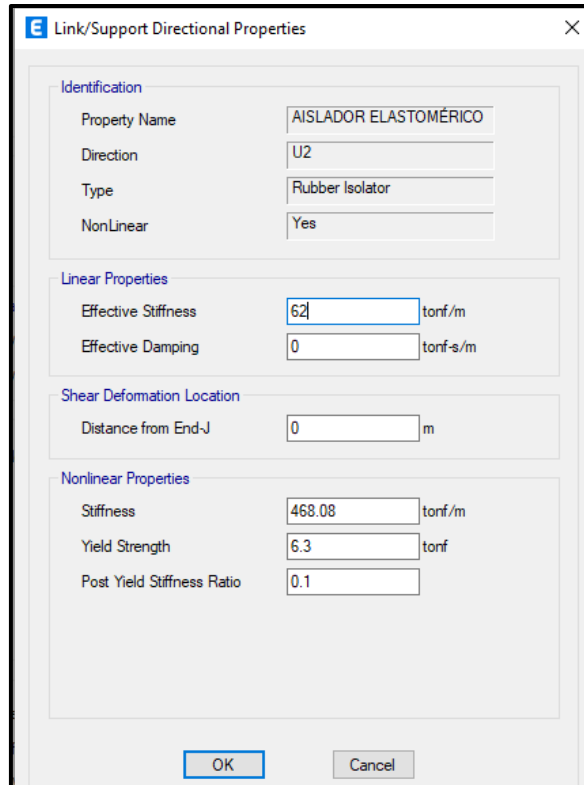
$$Qd = 5.69 \text{ Ton}$$

- Fuerza máxima (Ton):

$$Fmax = 46.81 * (0.374 - 0.0135 + 6.32)$$

$$Fmax = 23.21 \text{ Ton}$$

Se ingresaron los valores obtenidos en la memoria de cálculo al software etabs, considerando modelos no lineales del tipo “link”.



**Figura 19:** Ingreso de valores nominales de los dispositivos de aislamiento.

**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.

Tomando como referencia los valores nominales, se calcularon los parámetros para el límite superior e inferior con los factores correspondientes que nos indica la norma E.031.

**Tabla 17:**

Valores de los factores de modificación para los dispositivos.

VALORES	LIM INF.	LIM SUP.
Kd	0.80	1.30
Qd	0.80	1.50

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

### A. Límite Inferior

- Resistencia característica (Qd):

$$Qd = 5.69 * 0.8$$

$$Qd = 4.55 \text{ Ton}$$

- Rigidez Post-Fluencia (Kd):

$$Kd = 46.81 * 0.8$$

$$Kd = 37.45 \text{ ton/m}$$

- Rigidez Inicial (K1):

$$K1 = 46.81 * 10$$

$$K1 = 468.08 \text{ ton/m}$$

- Desplazamiento de Fluencia (Dy):

$$Dy = \frac{4.55}{468.08 - 37.45}$$

$$Dy = 0.0106 \text{ m}$$

- Fuerza de fluencia (Fy):

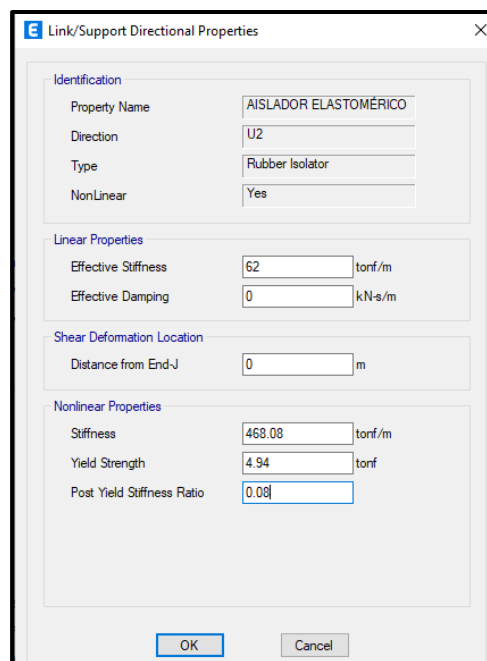
$$Fy = 468.08 * 0.0106$$

$$Fy = 4.94 \text{ ton}$$

- Fuerza máxima (ton):

$$Fmax = 37.45 * (0.374) - 0.0106 + 4.94$$

$$Fmax = 18.94 \text{ ton}$$



**Figura 20:** Ingreso de valores para límite inferior de los dispositivos de aislamiento.

**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.

## B. Límite Superior

- Resistencia característica (Qd):

$$Qd = 5.69 * 1.5$$

$$Qd = 8.53 \text{ Ton}$$

- Rigidez Post-Fluencia ( $K_d$ ):

$$K_d = 46.81 * 1.3$$

$$K_d = 60.85 \text{ ton/m}$$

- Rigidez Inicial ( $K_1$ ):

$$K_1 = 46.81 * 10$$

$$K_1 = 468.08 \text{ ton/m}$$

- Desplazamiento de Fluencia ( $D_y$ ):

$$D_y = \frac{8.53}{468.08 - 60.85}$$

$$D_y = 0.0209 \text{ m}$$

- Fuerza de fluencia ( $F_y$ ):

$$F_y = 468.08 * 0.0209$$

$$F_y = 9.80 \text{ ton}$$

- Fuerza máxima (ton):

$$F_{max} = 60.85 * (0.374) - 0.0209 + 9.80$$

$$F_{max} = 32.54 \text{ ton}$$

**Figura 21:** Ingreso de valores para límite superior de los dispositivos de aislamiento.

**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.

## 2.8.5. Análisis Tiempo Historia

### 2.8.5.1. Escalamiento de Registros Sísmicos

Los sismos utilizados fueron extraídos de diferentes bases de datos, dentro de las principales tenemos al CISMID, lo cual aportó con sismos registrados en el país. Por otro lado, los sismos de otros países se sacaron de aportes externos como tesis, artículos científicos, etc.

Si corrigieron las señales en el software seismosignal y se ingresaron al software seismomatch.

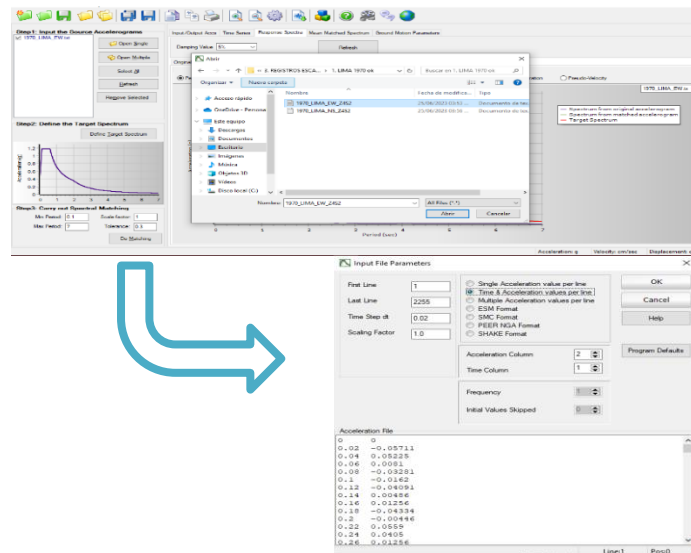


Figura 22: Ingreso de sismos corregidos en cada dirección de análisis.

Nota. Fuente: Software Seismo Match.

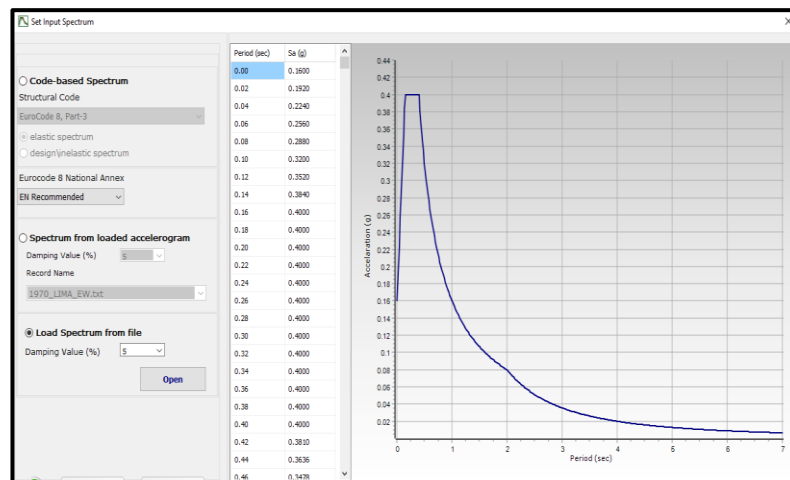
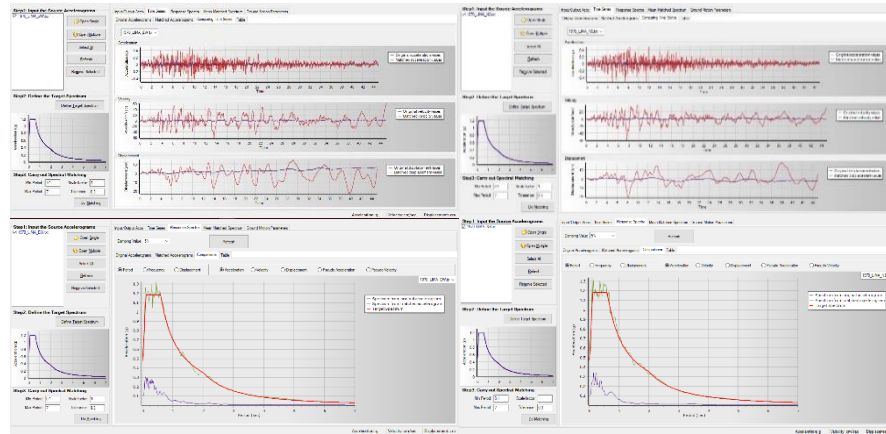


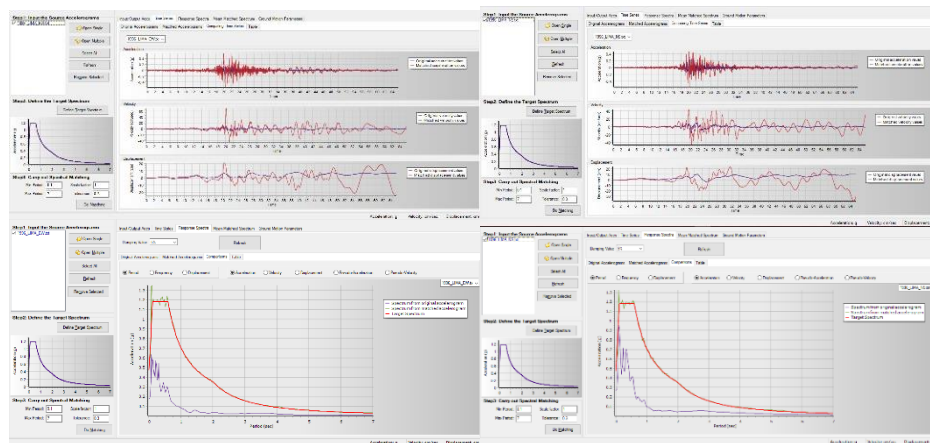
Figura 23: Ingreso del espectro de aceleraciones según la Norma E.031 para un  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , suelo intermedio.

Nota. Fuente: Software Seismo Match.



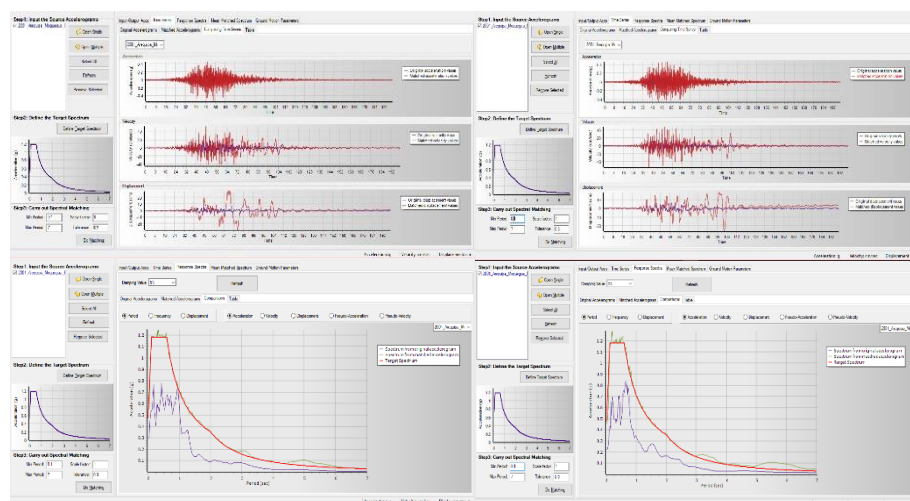
**Figura 24:** Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Lima del año 1970 escalado a un espectro de  $Z=0.45$ .

**Nota.** Fuente: Software Seismo Match.



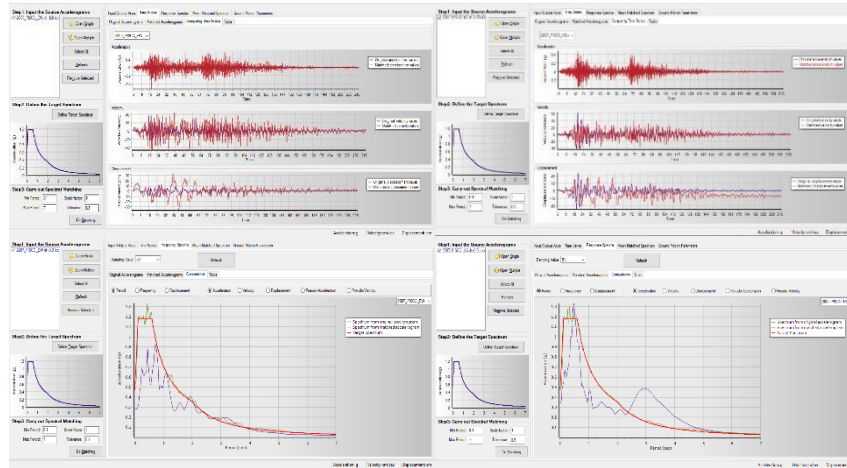
**Figura 25:** Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Lima del año 1996 escalado a un espectro de  $Z=0.45$ .

**Nota.** Fuente: Software Seismo Match.



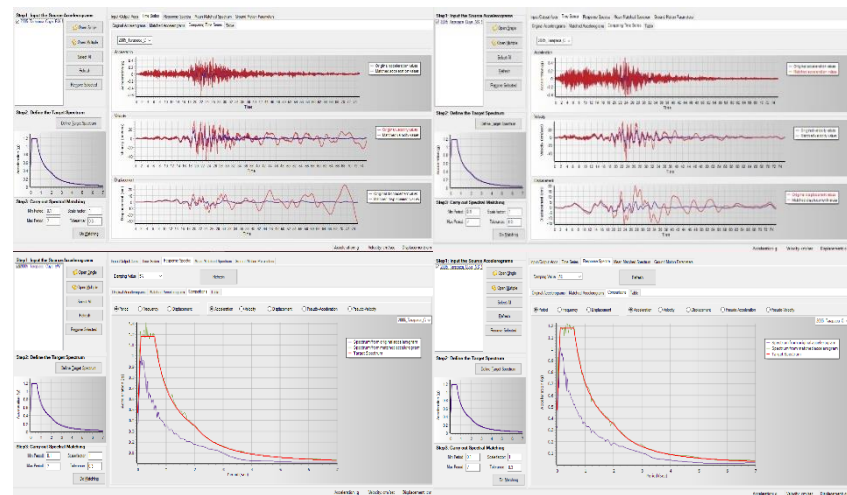
**Figura 26:** Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Arequipa del año 2001 escalado a un espectro de  $Z=0.45$ .

**Nota.** Fuente: Software Seismo Match.



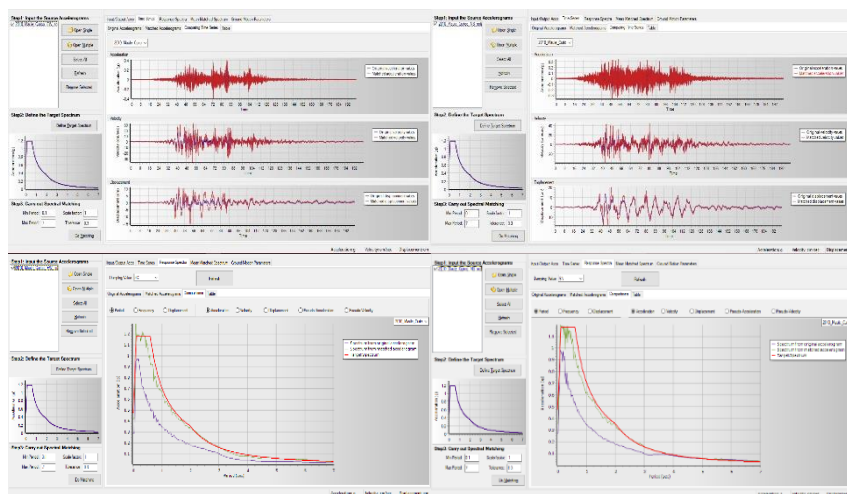
**Figura 27:** Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Pisco del año 2007 escalado a un espectro de  $Z=0.45$ .

**Nota.** Fuente: Software Seismo Match.



**Figura 28:** Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Tarapacá del año 2005 escalado a un espectro de  $Z=0.45$ .

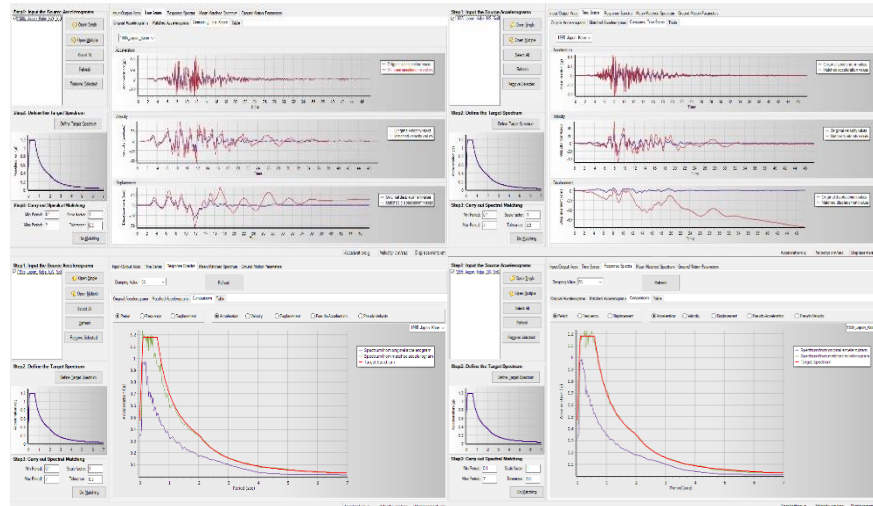
**Nota.** Fuente: Software Seismo Match.



**Figura 29:** Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Curicó del año 2010 escalado a un espectro de  $Z=0.45$ .

**Nota.** Fuente: Software Seismo Match.

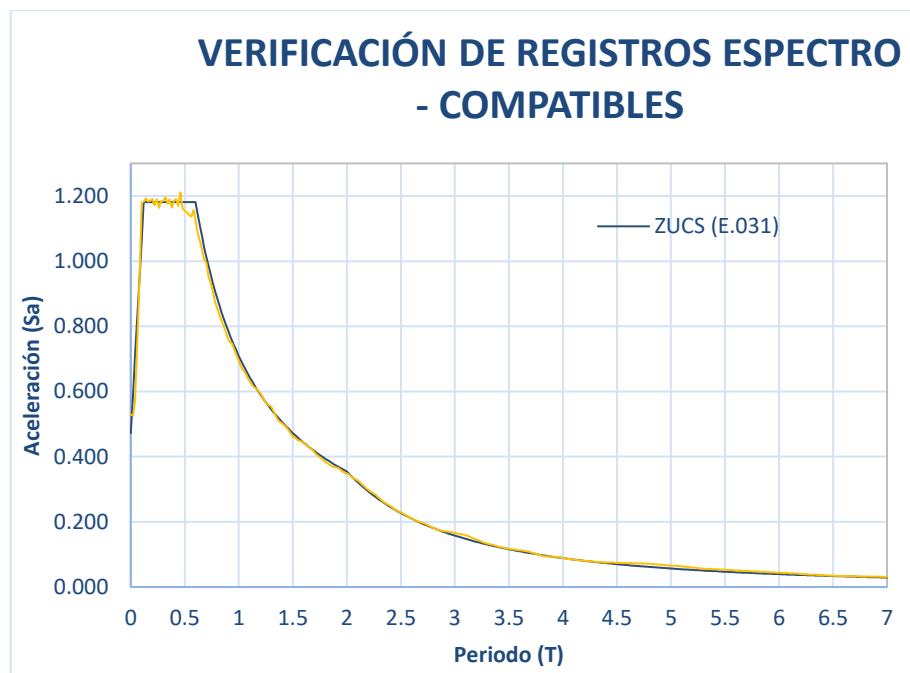




**Figura 30:** Escalamiento de señales sísmicas E-O, N-S, del sismo de Japón del año 1995 escalado a un espectro de  $Z=0.45$ .

**Nota.** Fuente: Software Seismo Match.

Se combinaron las señales espectro compatibles y se calculó el promedio de los siete pares de registros, luego se verificó que las aceleraciones se encuentren dentro de los rangos establecidos por la Norma E.031.



**Figura 31:** Promedio de aceleraciones escaladas al espectro de la Norma E.031.

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

Finalmente se ingresaron las señales sísmicas escaladas al software, para realizar las verificaciones correspondientes según un análisis tiempo historia.

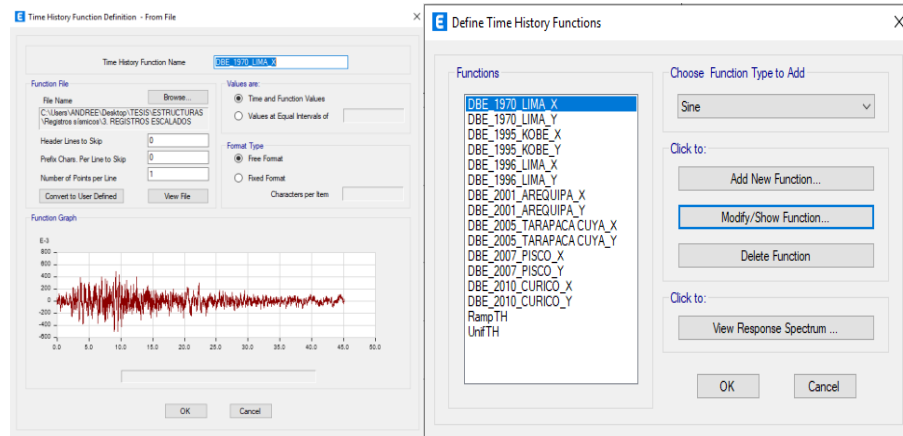


Figura 32: Ingreso de todos los sismos escalados en cada dirección al software.

Nota. Fuente: Software Etabs 18.

### 2.8.6. Diseño de Elementos Estructurales

Posterior a la verificación de los aisladores sísmicos mediante el análisis tiempo historia, se realizó el diseño en concreto armado para los elementos estructurales tales como columnas y vigas, el proceso se llevó a cabo mediante un análisis dinámico y con factores de reducción de 1 y 2 según la ubicación y tipos de elementos.

Primero se realizó el diseño de vigas tomando en análisis las de mayor de manda. El diseño se diferenció por subestructura y superestructura, ya que los factores de reducción cambian.

#### 2.8.6.1. Vigas en Losa de Aislamiento

##### A. Diseño por flexión

Tabla 18:

Valores iniciales para el diseño por flexión en vigas del nivel de aislamiento.

DISEÑO DE VIGAS		
PARÁMETROS INICIALES	VALOR	UNIDAD
Base de la Viga (Bw)	45.00	cm
Peralte de la Viga(h)	85.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diámetro del Estribo	0.95	cm
Momento Ultimo (Mu)	<b>65.31</b>	Tonf.m
Resistencia a la Fluencia del Acero(F`y)	4200.00	kg/cm2
Resistencia a la Compresión del Concreto(f`c)	210.00	kg/cm2
Coefficiente de Reducción para Flexión (ø)	0.90	
d	79.10	cm

Nota. Fuente: Elaboración de los autores.

- Cálculo de acero mínimo:

$$As_{min(1)} = \frac{14 * 45 * 79.10}{4200}$$

$$As_{min(1)} = 11.86 \text{ cm}^2$$

$$As_{min(2)} = \frac{0.8 * \sqrt{210} * 45 * 79.10}{4200}$$

$$As_{min(2)} = 9.82 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{min} = 0.33 \%$$

- Cálculo de acero requerido:

$$As = \frac{79.10 - \sqrt{79.10^2 - \frac{4 * 65.31 * 100000}{0.9 * 1.71 * 45 * 210}}}{\frac{2 * 4200}{1.71 * 45 * 210}}$$

$$As = 23.69 \text{ cm}^2$$

$$\rho = 0.67 \%$$

## B. Diseño por corte

**Tabla 19:**

*Valores iniciales para el diseño por corte en vigas del nivel de aislamiento.*

<b>REFUERZO TRANSVERSAL REQUERIDO</b>		
<b>PARÁMETROS INICIALES</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Base de la Viga(Bw)	45.00	cm
Peralte de la Viga(h)	85.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diametro del Estribo	0.95	cm
Cortante Ultimo(Vu)	<b>40.53</b>	Tonf
Resistencia a la Fluencia del Acero(F <sub>y</sub> )	4200.00	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresion del Concreto(f <sub>c</sub> )	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Factor de Reducción para Cortante (ϕ)	0.85	
Peralte efectivo (d)	79.10	cm

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

- Resistencia por Corte del Concreto:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 45 * 79.10$$

$$V_c = 27.34 \text{ Tonf}$$

- Resistencia por Corte del acero transversal:

$$V_s = \frac{40.53}{0.85} - 27.34$$

$$V_s = 20.34 \text{ Tonf}$$

- Valor máximo del aporte del acero:

$$V_{smax} = \frac{2.1 * \sqrt{210} * 45 * 79.10}{1000}$$

$$V_{smax} = 108.32 \text{ Tonf}$$

- Separación de estribos

$$S = \frac{2 * 0.71 * 4200 * 79.10}{20.34 * 1000}$$

$$S = 23.19 \text{ cm}$$

## 2.8.6.2. Vigas en Losa de Superestructura

### A. Diseño por flexión

**Tabla 20:**

*Valores iniciales para el diseño por flexión en vigas de la superestructura.*

<b>DISEÑO DE VIGAS</b>		
<b>PARÁMETROS INICIALES</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Base de la Viga (Bw)	35.00	cm
Peralte de la Viga(h)	55.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diámetro del Estribo	0.95	cm
Momento Ultimo (Mu)	<b>32.13</b>	Tonf.m
Resistencia a la Fluencia del Acero(F'y)	4200.00	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresión del Concreto(f'c)	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Coficiente de Reducción para Flexión (ø)	0.90	
d	79.10	cm

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

- Cálculo de acero mínimo:

$$A_{s \text{ min}(1)} = \frac{14 * 35 * 49.10}{4200}$$

$$A_{s \text{ min}(1)} = 2.73 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}(2)} = \frac{0.8 * \sqrt{210} * 35 * 49.10}{4200}$$

$$A_{s \text{ min}(2)} = 4.74 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{min} = 0.33 \%$$

- Cálculo de acero requerido:

$$A_s = \frac{49.10 - \sqrt{49.10^2 - \frac{4 * 32.13 * 100000}{0.9 * 1.71 * 35 * 210}}}{\frac{2 * 4200}{1.71 * 35 * 210}}$$

$$A_s = 20.05 \text{ cm}^2$$

$$\rho = 1.17 \%$$

## B. Diseño por corte

**Tabla 21:**

*Valores iniciales para el diseño por cortante en vigas del nivel de aislamiento.*

<b>REFUERZO TRANSVERSAL REQUERIDO</b>		
<b>PARÁMETROS INICIALES</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Base de la Viga(Bw)	35.00	cm
Peralte de la Viga(h)	55.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diametro del Estribo	0.95	cm
Cortante Ultimo(Vu)	<b>30.61</b>	Tonf
Resistencia a la Fluencia del Acero(F <sub>y</sub> )	4200.00	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresion del Concreto(f <sub>c</sub> )	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Factor de Reducción para Cortante (ø)	0.85	
Peralte efectivo (d)	49.10	cm

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

- Resistencia por Corte del Concreto:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 35 * 49.10$$

$$V_c = 13.20 \text{ Tonf}$$

- Resistencia por Corte del acero transversal:

$$V_s = \frac{30.61}{0.85} - 13.20$$

$$V_s = 22.81 \text{ Tonf}$$

- Valor máximo del aporte del acero:

$$V_{smax} = \frac{2.1 * \sqrt{210} * 35 * 49.10}{1000}$$

$$V_{smax} = 52.29 \text{ Tonf}$$

- Separación de estribos:

$$S = \frac{2 * 0.71 * 4200 * 49.10}{22.81 * 1000}$$

$$S = 12.84 \text{ cm}$$

### 2.8.6.3. Columnas Centrales

#### A. Diseño por flexo – compresión

**Tabla 22:**
*Valores iniciales para el diseño por flexo – compresión en columnas centradas.*

PARÁMETROS INICIALES	VALOR	UNIDAD
Longitud Menor de la columna (Bw)	55.00	cm
Longitud Mayor de la columna (h)	55.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Distancia a la primera barra (d)	49.098	cm
Luz Libre de la columna (L)	430.00	cm
Área de columna	3025.00	cm <sup>2</sup>
Ac por cuantía mínima (1%)	30.25	cm <sup>2</sup>
Ac por cuantía máxima (6%)	181.50	cm <sup>2</sup>
Distribución de acero asumida para diseño	12 ø ¾"	
Ac colocado	34.2	cm <sup>2</sup>

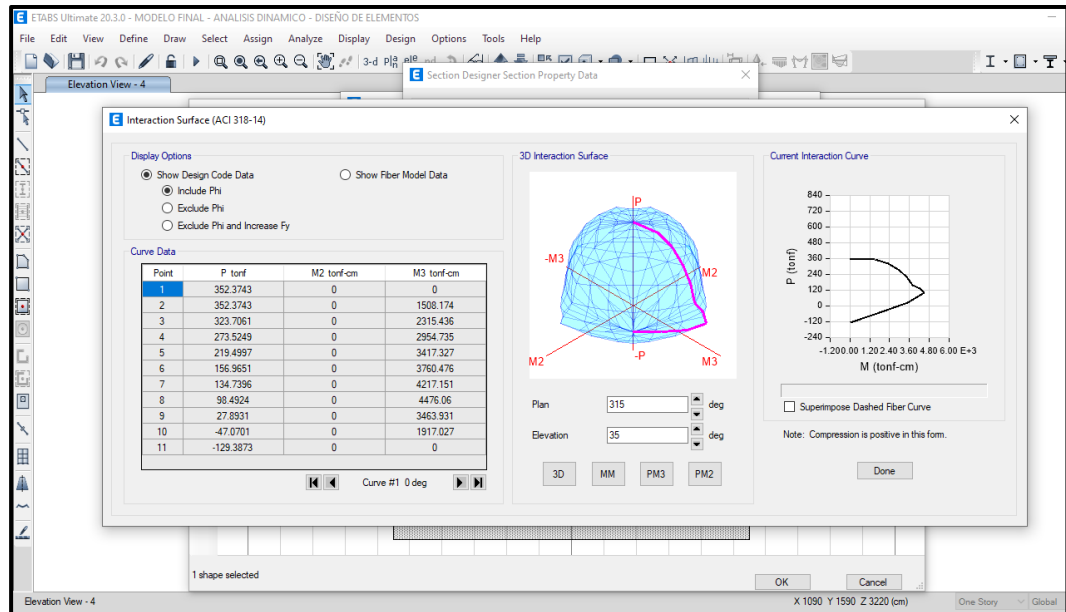
**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

**Tabla 23:**
*Fuerzas máximas según combinaciones de carga para columnas centradas.*

FUERZA ACTUANTES EN COLUMNAS					
NIVEL	ELEM.	CASOS DE CARGA/COMBO	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
PISO 1	C2	U=1.4D+1.7L	-143.7021	0.3291	2.943
PISO 1	C2	U=1.4D+1.7L	-141.7964	-0.1466	-0.7415
PISO 1	C2	U=1.4D+1.7L	-139.8906	-0.6223	-4.4259
PISO 1	C2	S=D+L	-99.3244	0.2236	1.8135
PISO 1	C2	S=D+L	-97.9631	-0.1086	-0.4975
PISO 1	C2	S=D+L	-96.6019	-0.4409	-2.8086
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-75.1083	8.8936	28.7065
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-73.8832	1.6073	4.7835
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-72.6581	4.9465	17.1648
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-75.7873	-8.5873	-27.8662
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-74.5622	-1.8358	-5.4096
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-73.337	-5.7097	-19.2572
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-74.8009	28.0722	8.5525
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-73.5758	5.3846	1.1522
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-72.3507	16.6379	4.1895
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-76.0947	-27.7659	-7.7122
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-74.8695	-5.613	-1.7783
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-73.6444	-17.4011	-6.2818
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-123.816	9.02	30.5533
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-122.1144	1.5858	4.4747
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-120.4128	4.7771	14.7003
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-124.4949	-8.4609	-26.0194
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-122.7934	-1.8573	-5.7185
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-121.0918	-5.8792	-21.7218

PISO 1	C2	$U=1.25(D+L)+S_y$ (R=2)	-123.5086	28.1986	10.3993
PISO 1	C2	$U=1.25(D+L)+S_y$ (R=2)	-121.807	5.3631	0.8434
PISO 1	C2	$U=1.25(D+L)+S_y$ (R=2)	-120.1054	16.4684	1.7249
PISO 1	C2	$U=1.25(D+L)+S_y$ (R=2)	-124.8023	-27.6395	-5.8654
PISO 1	C2	$U=1.25(D+L)+S_y$ (R=2)	-123.1007	-5.6346	-2.0872
PISO 1	C2	$U=1.25(D+L)+S_y$ (R=2)	-121.3992	-17.5706	-8.7464

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.



**Figura 33:** Superficie de interacción en columnas centradas.

**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.

## B. Diseño por corte

**Tabla 24:**

Valores iniciales para el diseño por corte en columnas centradas.

Parámetros iniciales	Valor	Unidad
Longitud Menor de la Columna (Bw)	55.00	cm
Longitud Mayor de la Columna(h)	55.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diámetro del Estribo	0.95	cm
Luz Libre de la Columna(L)	430.00	cm
Factor de Reducción para Cortante ( $\phi$ )	0.85	
Momento Nominal Ultimo Mayor (Mn)	<b>49.73</b>	Tonf.m
Carga Axial Ultima (Nu)	<b>109.44</b>	Tonf
Momento Nominal Ultimo en la parte Superior de la Columna	<b>21.58</b>	Tonf.m
Momento Nominal Ultimo en la parte Inferior de la Columna	<b>31.19</b>	Tonf.m
Área Bruta de la Columna (Ag)	3025.00	cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresión del Concreto(f'c)	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Distancia a primera barra (d)	0.49	m

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

- Resistencia por corte del concreto:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 55 * 49.10 * \frac{(1 + \frac{109.44 * 1000}{140 * 3025})}{1000}$$

$$V_c = 26.10 \text{ Tonf}$$

- Cortante última:

$$V_u = \frac{(21.58 + 31.19)}{4.3}$$

$$V_u = 12.27 \text{ Tonf}$$

- Cortante que asumirá el acero

$$V_n = \frac{12.27}{0.85}$$

$$V_n = 14.44 \text{ Tonf}$$

#### 2.8.6.4. Columnas Medianeras

##### A. Diseño por flexo – compresión

**Tabla 25:**

Valores iniciales para el diseño por flexo – compresión en columnas medianeras.

PARÁMETROS INICIALES	VALOR	UNIDAD
Longitud Menor de la columna (Bw)	55.00	cm
Longitud Mayor de la columna (h)	55.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Distancia a la primera barra (d)	49.098	cm
Luz Libre de la columna (L)	430.00	cm
Área de columna	3025.00	cm <sup>2</sup>
Ac por cuantía mínima (1%)	30.25	cm <sup>2</sup>
Ac por cuantía máxima (6%)	181.50	cm <sup>2</sup>
Distribución de acero asumida para diseño	12 ø ¾"	
Ac colocado	34.2	cm <sup>2</sup>

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.

**Tabla 26:**

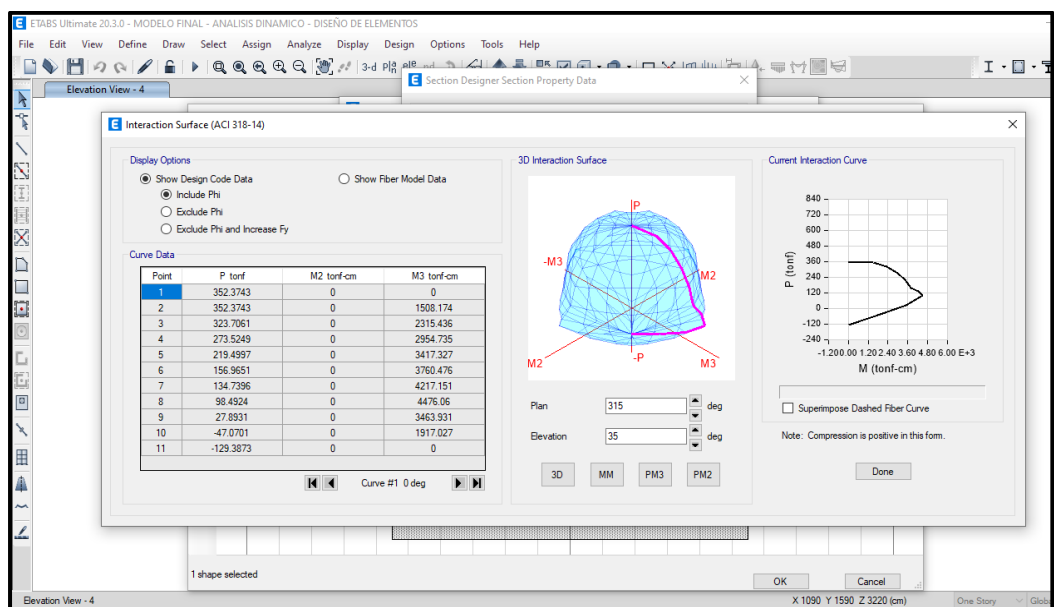
Fuerzas máximas según combinaciones de carga para columnas medianeras.

FUERZA ACTUANTES EN COLUMNAS					
NIVEL	ELEM.	CASOS DE CARGA/COMBO	P	M2	M3
			tonf	tonf-m	tonf-m
PISO 1	C2	U=1.4D+1.7L	-149.3897	-14.5656	0.2167
PISO 1	C2	U=1.4D+1.7L	-147.4839	-0.8038	-0.0183
PISO 1	C2	U=1.4D+1.7L	-145.5782	12.958	-0.2533



PISO 1	C2	S=D+L	-103.3083	-9.6841	0.1692
PISO 1	C2	S=D+L	-101.947	-0.544	-0.0117
PISO 1	C2	S=D+L	-100.5858	8.5961	-0.1926
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-73.2898	-0.2791	28.7732
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-72.0647	1.0296	5.2229
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-70.8396	7.6892	18.0068
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-84.1164	-11.1052	-28.3475
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-82.8913	-1.7556	-5.2323
PISO 1	C2	U=0.9D+Sx (R=2)	-81.6662	2.2431	-18.4512
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-61.4617	11.5983	8.4256
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-60.2365	4.0849	1.4989
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-59.0114	13.6643	5.0193
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-95.9446	-22.9825	-7.9999
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-94.7194	-4.8109	-1.5082
PISO 1	C2	U=0.9D+Sy (R=2)	-93.4943	-3.7319	-5.4636
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-123.722	-6.692	28.7718
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-122.0205	0.7126	5.213
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-120.3189	13.4682	17.9883
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-134.5486	-17.5182	-28.3489
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-132.8471	-2.0725	-5.2422
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sx (R=2)	-131.1455	8.0222	-18.4697
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sy (R=2)	-111.8939	5.1853	8.4242
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sy (R=2)	-110.1923	3.768	1.4889
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sy (R=2)	-108.4908	19.4433	5.0007
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sy (R=2)	-146.3768	-29.3955	-8.0013
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sy (R=2)	-144.6752	-5.1279	-1.5182
PISO 1	C2	U=1.25(D+L)+Sy (R=2)	-142.9737	2.0471	-5.4822

**Nota.** Fuente: Elaboración de los autores.



**Figura 34:** Superficie de interacción en columnas medianeras.

**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.

- Resistencia por corte del concreto:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 55 * 49.10 * \frac{(1 + \frac{109.44 * 1000}{140 * 3025})}{1000}$$

$$V_c = 26.10 \text{ Tonf}$$

- Cortante última:

$$V_u = \frac{(18.47 + 28.77)}{4.3}$$

$$V_u = 10.99 \text{ Tonf}$$

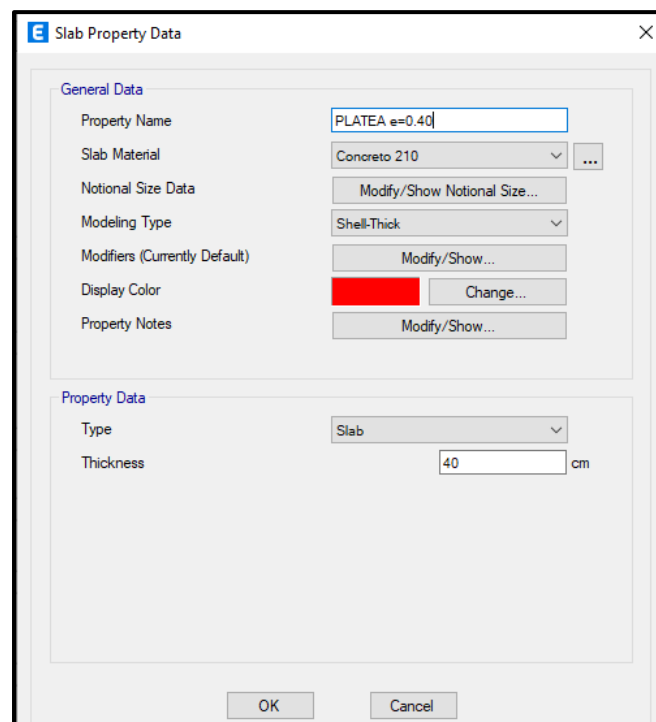
- Cortante que asumirá el acero:

$$V_n = \frac{10.99}{0.85}$$

$$V_n = 12.92 \text{ Tonf}$$

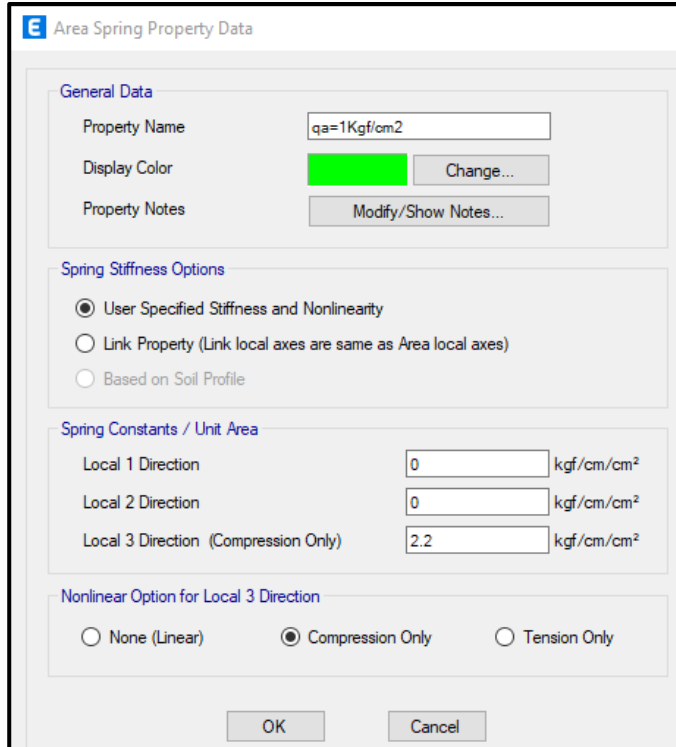
### 2.8.7. Diseño de Elementos Estructurales

Para finalizar, se realizó el modelado de la cimentación en el software etabs, para lo cual se consideró un nivel adicional de capiteles y vigas, además se proyectó una platea de cimentación de 40 cm de altura de tal manera que uniformice la distribución de esfuerzos transmitidos al suelo.



**Figura 35:** Modelado de platea de cimentación mediante elementos Shell.

**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.



**Figura 36:** Ingreso de propiedades del suelo.

**Nota.** Fuente: Software Etabs 18.

## 2.9. Aspectos éticos

La presente investigación con respecto a los aspectos éticos aplicados, se tiene en primer lugar, el respeto a los principios y reglas establecidas en la normativa vigente de la Universidad Privada del Norte, Además se tuvo en cuenta la mención de los autores que se tomaron como referencia para la elaboración de la investigación aplicando la normativa APA 7 edición.

### 3. CAPÍTULO III: RESULTADOS

#### 3.1. Diseño de la planta arquitectónica

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó una propuesta arquitectónica la cual fue delimitada y orientada por los lineamientos dados en las siguientes normativas. En principio, la norma técnica N° 021-Minsa/DGSP/V.03 de Categorías de establecimientos del Sector Salud; con la cual se determinó realizar una edificación que cuente con las principales unidades prestadoras de servicios de salud (UPSS) idóneas para brindar un completo y correcto servicio de promoción, prevención, cuidado, recuperación y rehabilitación ante la pandemia COVID-19. Luego de determinar que la presente edificación sería un establecimiento de *Categoría II-2 "Hospital de atención general"*, se delimitó las principales unidades prestadoras de servicios de salud a implementar; además, se consideró contar en el primer nivel con una morgue y crematorio debido a los fallecimientos ocasionados por la presente pandemia, las UPSS son detalladas en la siguiente tabla N° 27.

**Tabla 27:**  
*UPSS utilizadas en la planificación arquitectónica.*

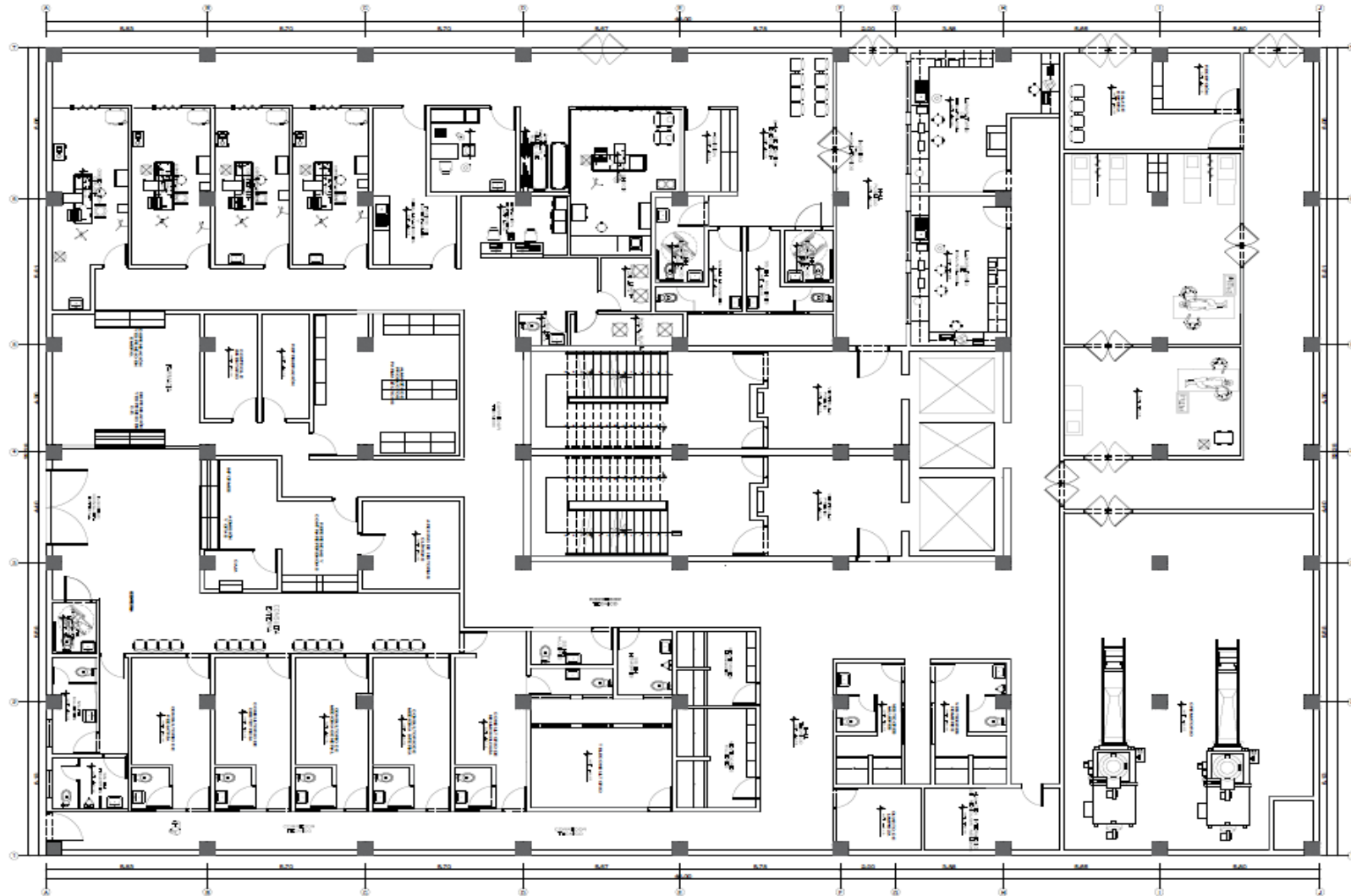
UPSS	NIVEL	UPSS
Consulta Externa	1	
Emergencia	1	3 und
Farmacia	1	
Diagnóstico por imágenes	2	
Centro Quirúrgico	2	
Patología Clínica	2	4 und
Central de Esterilización	2	
Unidad de Cuidados Intensivos	3	
Nutrición y dietética	3	2 und
Hospitalización	4	1 und
<b>Total de UPSS en la edificación</b>		<b>10 und</b>

*Nota. Fuente: Propia.*

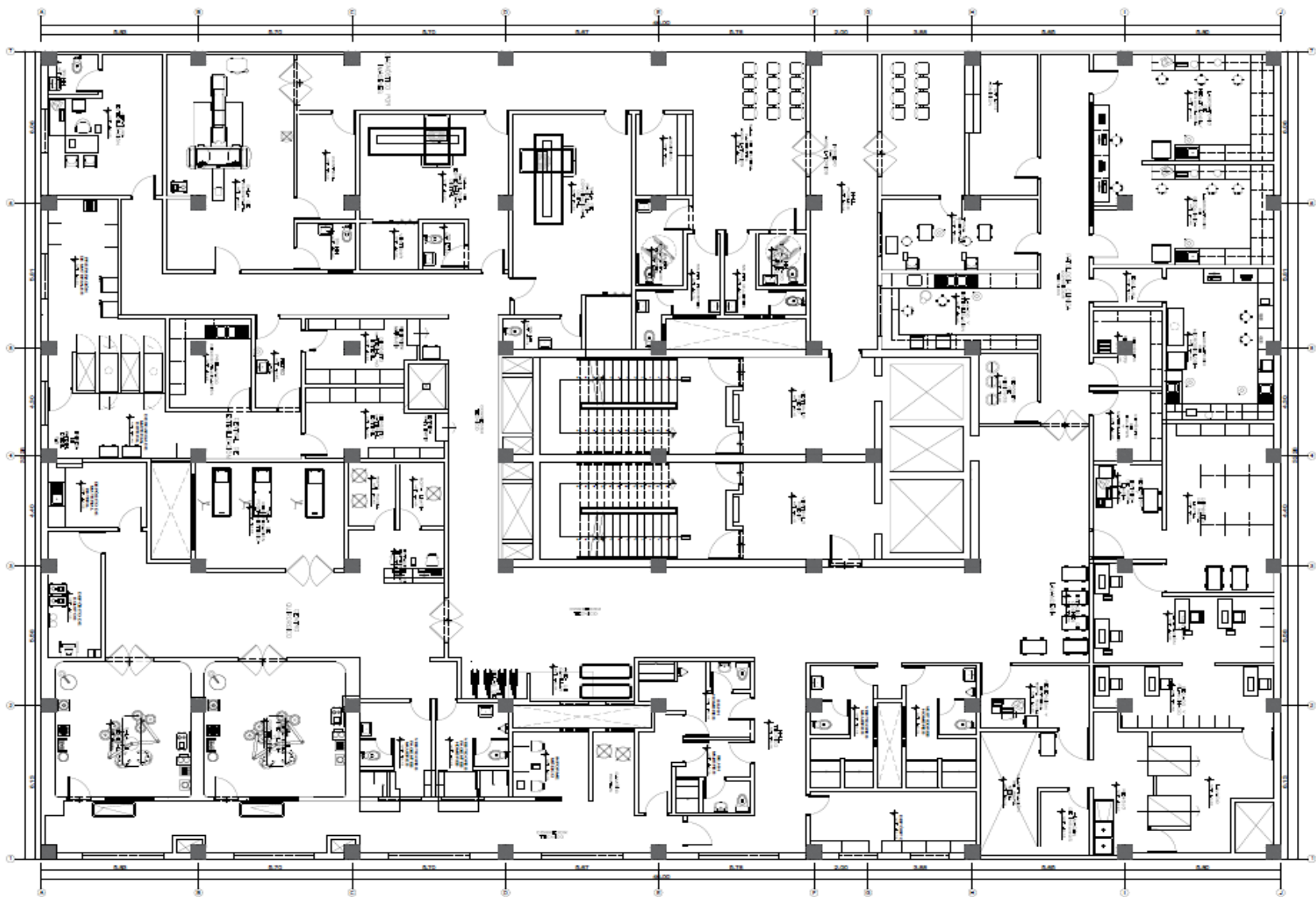
Luego de contar con una programación definida a través de las entrevistas realizadas a los profesionales especializados (Ver anexo 1, 2, 3 y 4) se realizó una propuesta arquitectónica para una edificación de cuatro (04) niveles de entresijos, cada uno con una altura de 4.25 m y con dimensiones en planta de 46.00 m en la dirección más larga y 32.28 m en la dirección más corta; ubicada en el distrito de Trujillo, provincia de Trujillo y departamento de La Libertad. Con ello, se continuó con la distribución arquitectónica de la edificación respetando los lineamientos dados por la norma técnica de salud N° 110-MINSA/DGIEM/V.01 de *“Infraestructura y Equipamiento de los establecimientos de Salud del Segundo Nivel de Atención”*; considerando cada uno de los ambientes mencionados en las Tablas N° 65, N° 66, N° 67, N° 68, N° 69, N° 70, N° 71, N° 72, N° 73, N° 74, N° 75, N° 76 y N° 77; para un correcto y optimizado funcionamiento de cada UPSS.

Además, se consideró de suma importancia mantener una circulación visiblemente separada entre el personal de salud y los usuarios o pacientes del establecimiento, como lo indica el numeral 6.3.12 “Adecuación de la infraestructura” de la norma técnica de salud N° 160-MINSA/2020 de *“Adecuación de la Organización de los servicios de salud con énfasis en el Primer Nivel de Atención de salud frente a la pandemia por COVID-19 en el Perú”*; para lo cual se implementaron 3 ascensores, 2 para el personal de salud y traslado de pacientes y 1 para la circulación de visitantes o usuarios.

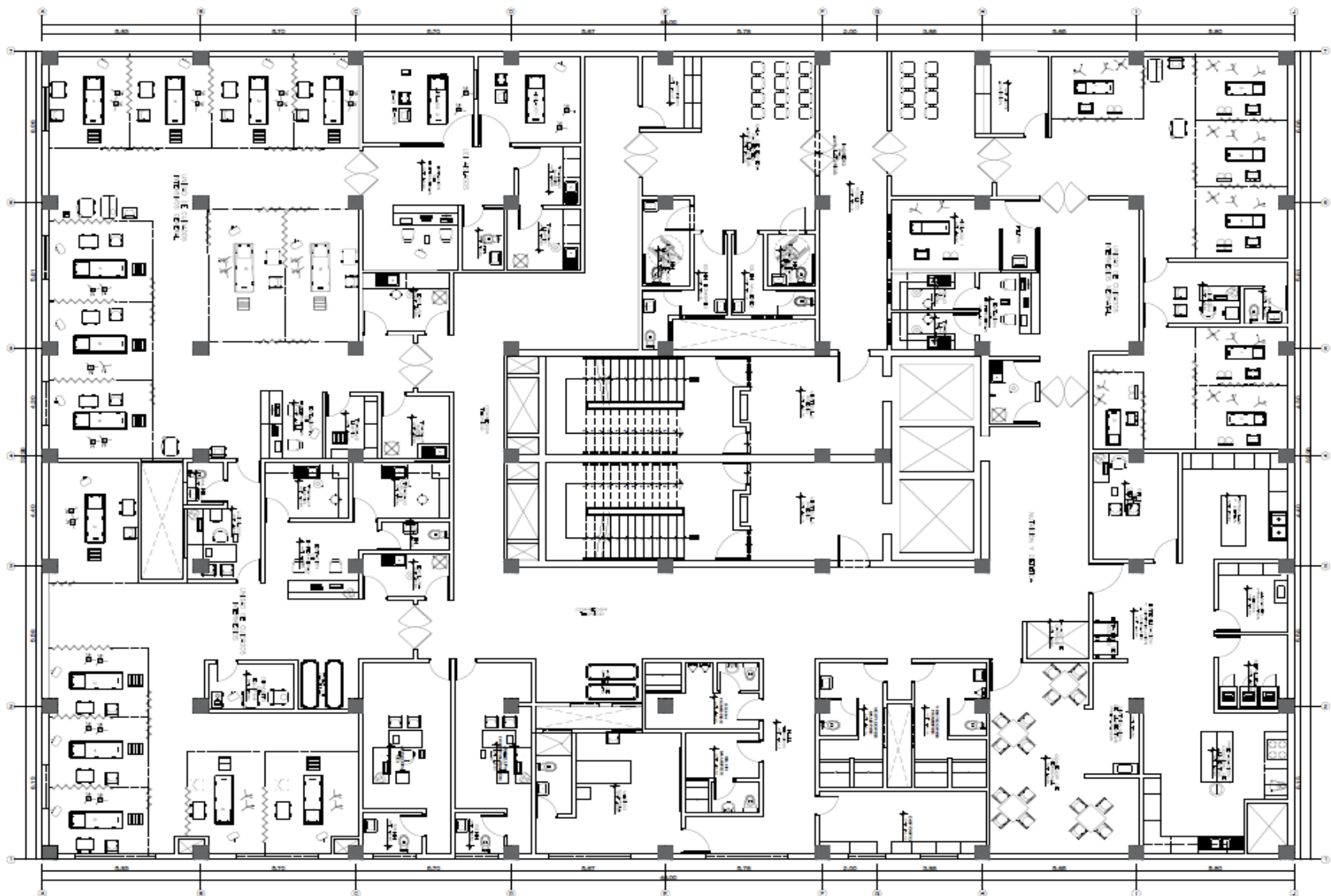
Luego de obtener y aprobar la propuesta arquitectónica de la edificación, la cual se muestra en la fig. 37, fig. 38, fig. 39 y fig. 40, se muestran el primer nivel, segundo nivel, tercer nivel y cuarto nivel respectivamente; considerando un sistema de pórticos de concreto en ambas direcciones y se consideró el uso de dispositivos de aislamiento sísmico; debido a que se quiere mantener la operatividad inmediata luego de un sismo.



*Figura 37:* Planta arquitectónica del 1° nivel del establecimiento de Salud.

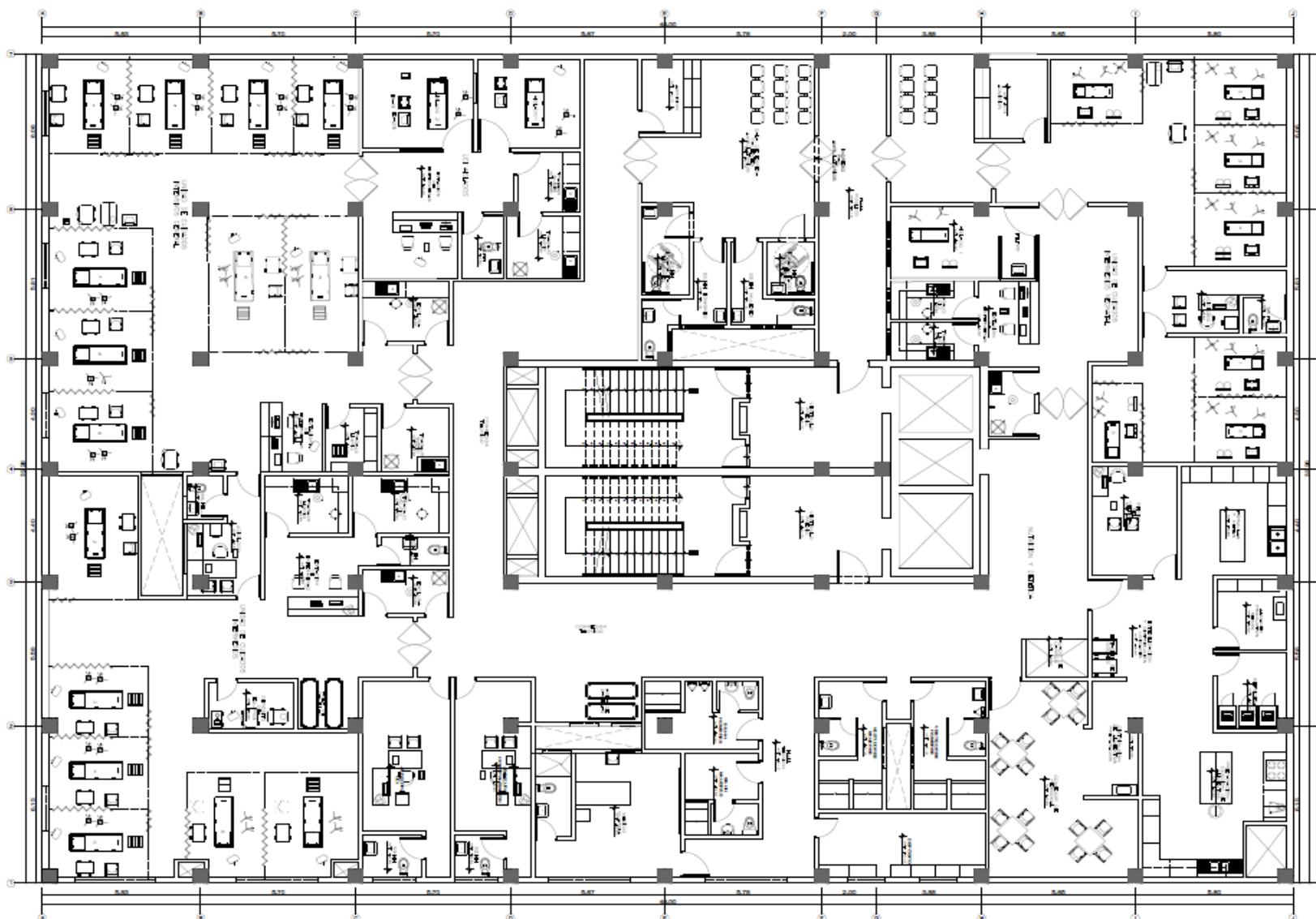


*Figura 38:* Planta arquitectónica del 2° nivel del establecimiento de Salud.

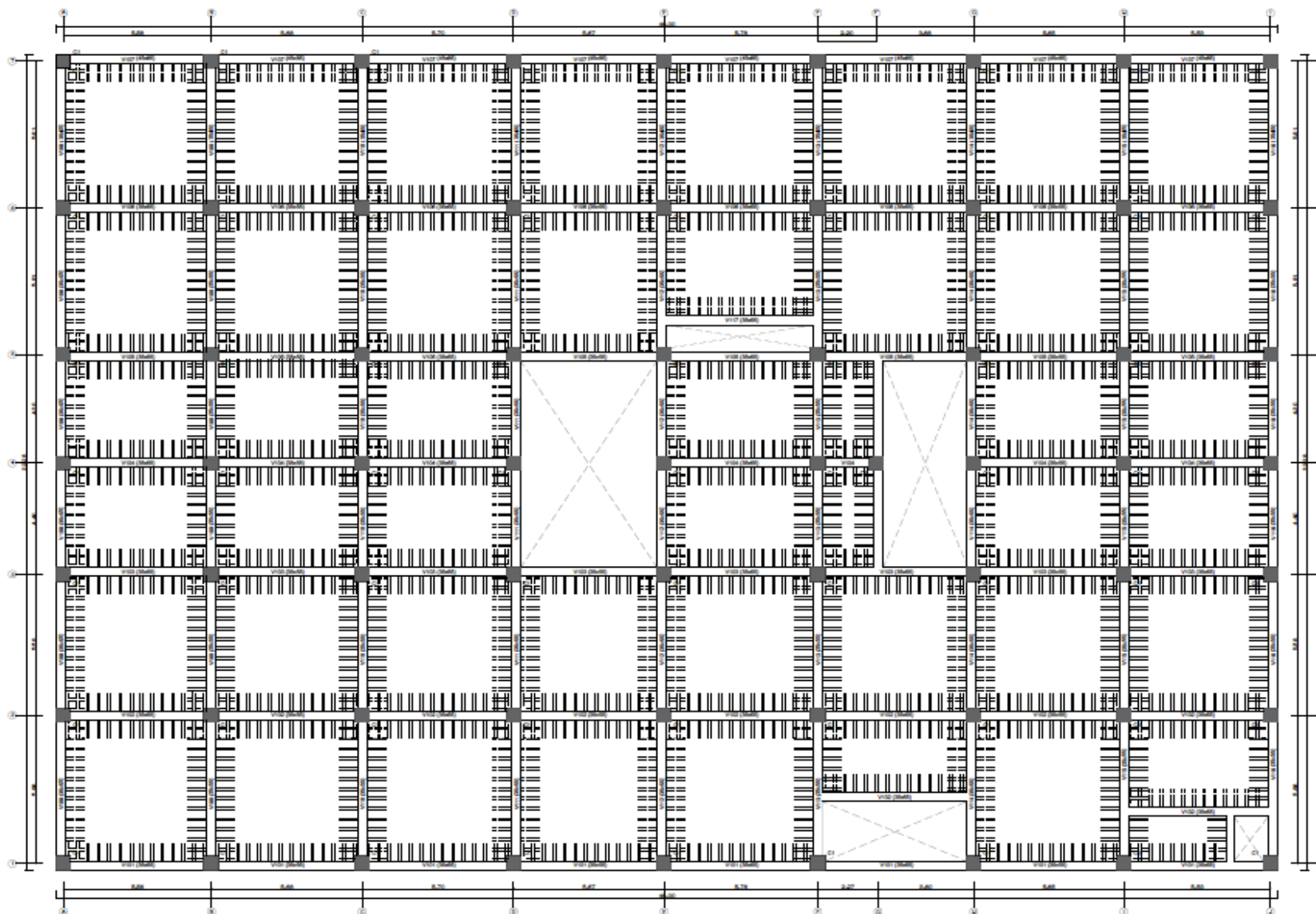


*Figura 39:* Planta arquitectónica del 3° nivel del establecimiento de Salud.





*Figura 40:* Planta arquitectónica del 4° nivel del establecimiento de Salud.



*Figura 41:* Esquema estructural general de la edificación.

### 3.2. Predimensionamiento y estructuración

#### 3.2.1. Propiedades de los materiales

Para el presente modelamiento estructural de concreto armado se tomaron en consideración los siguientes materiales y sus propiedades mecánicas detalladas en la Tabla N° 28 en el caso de concreto y Tabla N° 29 para el acero.

**Tabla 28:**  
*Propiedades mecánicas del concreto utilizadas en la estructuración.*

Descripción	Símbolo	Valor
Resistencia a la compresión	$f_c$	210 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	$E_c$	250998.01 kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico	$\gamma$	2400 kg/cm <sup>3</sup>
Módulo de poisson	$\mu$	0.2

**Nota.** Fuente: Los autores.

**Tabla 29:**  
*Propiedades mecánicas del acero utilizadas en la estructuración.*

Descripción	Símbolo	Valor
Esfuerzo de fluencia	$f_y$	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	$E_s$	2000000 kg/cm <sup>2</sup>

**Nota.** Fuente: Los autores.

#### 3.2.2. Predimensionamiento de elementos estructurales

En la presente estructuración de la edificación se consideró el predimensionamiento los elementos tanto verticales (columnas), así como los elementos horizontales (vigas principales, vigas chatas y losa aligerada en una dirección).

##### 3.2.2.1. Predimensionamiento de columnas

En la siguiente Tabla N° 30, N° 31 y N° 32 se muestran los resultados obtenidos para el predimensionamiento de columnas centradas, esquineras y de borde respectivamente. Se calcularon en base a una carga repartida inicial de 1500 kg/m<sup>2</sup> y se aplicaron las fórmulas descritas en las bases teóricas. Finalmente se

optó por uniformizar a una sección de 55cm x 55cm en todos los ejes, esto debido a las sollicitaciones por carga sísmica que se presentaron en el modelamiento estructural.

**Tabla 30:**  
*Predimensionamiento de columnas Esquinadas.*

Ubi.	Peso estim. (kg/m <sup>2</sup> )	N° Pisos	Área trib. (m <sup>2</sup> )	Área col. (cm <sup>2</sup> )	Ancho (cm)	Largo (cm)	Dimen. Finales (cm)
A1	1500	5	7.74	790.03	30	26.33	55 x 55
A7	1500	5	8.06	822.59	30	27.42	55 x 55
I1	1500	5	7.81	797.14	30	26.57	55 x 55
I7	1500	5	8.13	830.00	30	27.67	55 x 55

*Nota.* Fuente: Los autores.

**Tabla 31:**  
*Predimensionamiento de columnas Internas o Céntricas.*

Ubi.	Peso estim. (kg/m <sup>2</sup> )	N° Pisos	Área trib. (m <sup>2</sup> )	Área col. (cm <sup>2</sup> )	Ancho (cm)	Largo (cm)	Dimen. Finales (cm)
B2	1500	5	32.37	2569.40	55	46.72	55 x 55
B4	1500	5	24.58	1950.60	55	35.47	55 x 55
B6	1500	5	32.83	2605.28	55	47.37	55 x 55
C2	1500	5	32.66	2592.14	55	47.13	55 x 55
C4	1500	5	24.80	1967.86	55	35.78	55 x 55
C6	1500	5	33.12	2628.33	55	47.79	55 x 55
D2	1500	5	32.58	2585.32	55	47.01	55 x 55
E6	1500	5	33.41	2651.39	55	48.21	55 x 55
F4	1500	5	24.58	1950.60	55	35.47	55 x 55
G2	1500	5	32.80	2603.51	55	47.34	55 x 55
G6	1500	5	33.26	2639.86	55	48.00	55 x 55
H2	1500	5	32.09	2546.67	55	46.30	55 x 55
H4	1500	5	24.36	1933.33	55	35.15	55 x 55
H6	1500	5	32.54	2582.22	55	46.95	55 x 55

*Nota.* Fuente: Los autores.

**Tabla 32:**  
*Predimensionamiento de columnas Internas o Céntricas.*

Ubi.	Peso estim. (kg/cm <sup>2</sup> )	N° Pisos	Área trib. (m <sup>2</sup> )	Área col. (cm <sup>2</sup> )	Ancho (cm)	Largo (cm)	Dimen. Finales (cm)
A2	1500	5	15.90	1622.53	55	29.50	55 x 55
A6	1500	5	16.12	1645.18	55	29.91	55 x 55
I2	1500	5	16.04	1637.14	55	29.77	55 x 55
B1	1500	5	16.61	1695.00	55	30.82	55 x 55
C7	1500	5	16.56	1689.64	55	30.72	55 x 55
D7	1500	5	16.51	1685.20	55	30.64	55 x 55
E1	1500	5	16.91	1725.00	55	31.36	55 x 55
G1	1500	5	16.83	1717.50	55	31.23	55 x 55
H1	1500	5	16.46	1680.00	55	30.55	55 x 55

**Nota.** Fuente: Los autores.

### 3.2.2.2. Predimensionamiento de vigas

Para el predimensionamiento de este elemento horizontal se consideró la máxima luz libre de cada tramo tanto para la dirección en X-X y Y-Y cómo se muestra en la tabla N° 33.

**Tabla 33:**  
*Predimensionamiento de vigas.*

Eje	Tramo	Luz (m)	H (m)	Ancho (m)	Dimensiones
<b>Nivel de aislamiento</b>					
X-X	1 - 2	5.31	0.76	0.38	0.85 x 0.45
Y-Y	A-B	5.85	0.84	0.42	0.85 x 0.45
<b>Niveles superiores</b>					
	1 - 2	5.31	0.53	0.27	0.35 x 0.55
	2 - 3	5.03	0.50	0.25	0.35 x 0.55
X-X	3 - 4	3.85	0.39	0.19	0.35 x 0.55
	4 - 5	3.75	0.38	0.19	0.35 x 0.55
	5 - 6	5.26	0.53	0.26	0.35 x 0.55
	6 - 7	5.23	0.52	0.26	0.35 x 0.55
Y-Y	A-B	5.50	0.55	0.29	0.35 x 0.55

**Nota.** Fuente: Los autores.

### 3.2.2.3. Predimensionamiento de losa aligerada

Para el predimensionamiento de la losa aligerada de cada nivel, se consideró utilizar un tipo de losa aligerada bidireccional, para cumplir con las condiciones del RNE como se muestra en la siguiente tabla N° 34.

**Tabla 34:**  
*Predimensionamiento de losas aligeradas en dos direcciones.*

Luz (m)	Ln/40	H (m)
<b>Con un extremo continuo</b>		
5.9	0.15	0.20
5.31	0.13	0.20
<b>Con ambos extremos continuos</b>		
6.35	0.16	0.20

**Nota.** Fuente: Los autores.

### 3.2.3. Cargas de diseño

#### 3.2.3.1. Carga viva

En este caso se ha considerado lo que indica en el RNE en la norma E 0.20 de “Cargas” tanto para cargas de entrecimso como para azotea las cuales se muestran en la tabla N° 35.

**Tabla 35:**  
*Sobrecarga por tipo de ambiente consideradas en el modelamiento.*

Ambiente	Cantidad	Unidad
Sala de operaciones, laboratorios y servicios	300	kg/m <sup>2</sup>
Cuartos	200	kg/m <sup>2</sup>
Corredores y escalera	400	kg/m <sup>2</sup>
Azotea	100	kg/m <sup>2</sup>

**Nota.** Fuente: Los autores.

#### 3.2.3.2. Carga muerta

En el caso de la carga muerta, el peso propio de los elementos estructurales será calculado y proporcionado por el programa ETABS. El peso propio propio

también incluye el peso de los elementos y materiales que componen el edificio, como revestimientos y acabados; las cuales se indican en la tabla N° 36.

**Tabla 36:**  
*Carga muerta total considerada en el modelamiento estructural.*

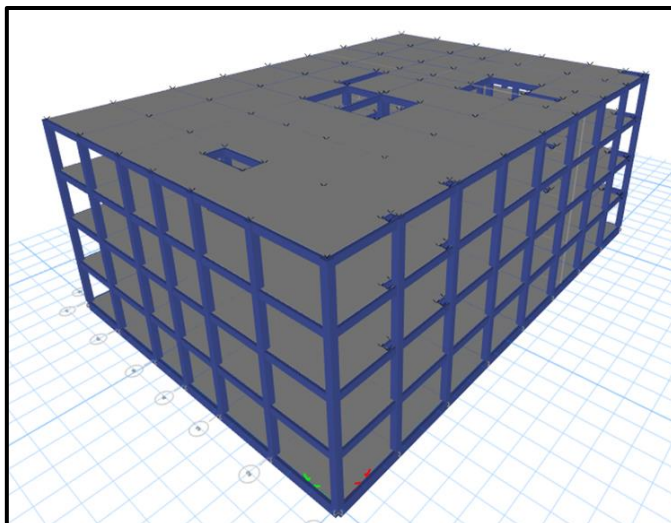
<b>Ambiente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Peso de losa aligerada bidireccional (20 cm)	250	kg/m <sup>2</sup>
Contrapiso (5cm)	115	kg/m <sup>2</sup>
Piso porcelanato	27	kg/m <sup>2</sup>
Tarrajeo Cielo raso	30	kg/m <sup>2</sup>
<b>Peso total de carga muerta</b>	<b>422</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>

**Nota.** Fuente: Los autores.

### 3.3. Sistema de aislamiento elastomérico con aisladores LRB

#### 3.3.1. Predimensionamiento de aisladores elastoméricos LRB

El modelo estructural inicial se realizó en el software ETABS versión 2018. En el software se implementaron los elementos estructurales predimensionados y las cargas requeridas según la norma E.020, adicional a ello se agregó el nivel de aislamiento para obtener datos de distribución de masa requerido en el predimensionamiento de los dispositivos. El modelo tridimensional se generó con elementos frame y Shell que nos proporciona el programa, la base se consideró empotrada tal y como se puede visualizar en la fig. 42.



**Figura 42:** Modelo estructural del edificio sin elementos de aislamiento.

En base al modelo de base empotrada mostrado en la fig. 42 se obtuvo el periodo traslacional y rotacional de la estructura tal como se muestra en la Tabla N° 37, con esta información se obtiene el promedio de dichos valores para calcular el periodo objetivo del sistema de aislamiento tal como se muestra en la Tabla N° 38.

**Tabla 37:**

*Modos de vibración de estructura de base empotrada.*

Modo	Periodo	UX	UY	RZ
	segundos			
1	0.767	75.51%	0.01%	0.11%
2	0.732	0.11%	23.39%	52.75%
3	0.701	0.01%	52.39%	23.49%

**Nota.** Fuente: Los autores.

**Tabla 38:**

*Cálculo de valores iniciales del sistema de aislamiento.*

Descripción	Valor	Unidad
T base fija (Ts) =	0.75	s
T objetivo (Tb) =	3.00	s
ε asumido =	0.111	
Fracción amortig. =	15%	

**Nota.** Fuente: Los autores.



Con el periodo objetivo y otras variables asumidas para el predimensionamiento podemos obtener los valores de rigidez y amortiguamiento efectivo para el sistema de aislamiento, dichos valores se muestran en la Tabla N° 39.

**Tabla 39:**  
*Parámetros obtenidos para el sistema de aislamiento.*

Descripción	Valor	Unidad
$K_b =$	3916.87	tn/m
$C_b =$	560.68	tn.s/m
N° de dispositivos =	64	

**Nota.** Fuente: Los autores.

Posterior al cálculo de los parámetros del sistema de aislamiento, se obtuvieron los valores de cada unidad de aislador, considerando que todos tendrán las mismas propiedades lineales, se dividieron las fuerzas del sistema entre la cantidad de dispositivos implementados, en la Tabla N° 40 se muestran los valores obtenidos.

**Tabla 40:**  
*Parámetros obtenidos para cada unidad de aislador LRB.*

Descripción	Valor	Unidad
K dispositivo =	62.00	tn/m
C dispositivo =	8.76	tn.s/m
$T_M$ aislado =	3.79	s
$0.20 T_M =$	0.61	s
$1.25 T_M =$	3.79	s

**Nota.** Fuente: Los autores.

Las propiedades mecánicas de los aisladores LRB se presentan en la Tabla N° 41, dichos valores se obtuvieron en su mayoría de especificaciones técnicas de los fabricantes y en algunos casos se extrajo de investigaciones anteriores.

**Tabla 41:**  
*Propiedades mecánicas de las unidades de aisladores LRB.*

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Módulo a cortante del caucho	G	0.40	Mpa
Porcentaje de deformación lateral	$\gamma_s$	1.50	
Módulo de Compresibilidad del caucho	Kc	2000.00	Mpa
Factor de dureza de la goma	K	0.87	
Esfuerzo de fluencia del plomo	$\sigma_y$	10	Mpa
Esfuerzo a compresión máximo del aislador	$\sigma_c$	8	Mpa
Esfuerzo de capas de metal	$\sigma_s$	24	Mpa
Módulo de compresibilidad de la unión acero	Ec	521	Mpa
Módulo de compresibilidad del plomo	Ep	14000	Mpa
Fuerza de Histéresis	Qd	10	Mpa
Factor de forma	S	15	

**Nota.** Fuente: Los autores.

Se predimensionó un elemento de aislamiento, se tomó el que presentó mayor carga axial por gravedad, en la Tabla N° 42 muestra los valores obtenidos. Por ejemplo, para una carga de 156 Tn y un desplazamiento total de 437 mm obtenemos un diámetro de 700 mm con una altura de 437 mm y una rigidez vertical de 1155.72 Kn/mm.

**Tabla 42:**  
*Predimensionamiento de las dimensiones de los aisladores LRB.*

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Diámetro Inicial Calculado	DI	655.43	mm
Diámetro elegido	DI	700.00	mm
Altura Inicial del caucho	Hr	291.30	mm
Fuerza de histéresis de aislador	Qd	91.83	6%
Diámetro del núcleo de plomo	Dp	113.41	mm
Espesor Capa de Caucho	tr	11.36	mm
Espesor Capa de Metal	ts	5.68	mm
Número de capas de caucho		26.00	N°
Altura del aislador	HI	437.38	mm
Espesor de placa	t	32.00	mm

Altura total	Ht	501.38	mm
Dimensión placa	L	750.00	mm
Cantidad de aisladores	N°	64.00	
Área del núcleo de plomo	Ap	10101.67	mm <sup>2</sup>
Área en planta del caucho	A	374743.43	mm <sup>2</sup>
Rígidez vertical de aislador	Kv	1155.72	kn/mm

**Nota.** Fuente: Los autores.

Por último, debido al comportamiento no lineal de los dispositivos de aislamiento se construyó un modelo bilineal en donde se representa la variación de rigidez inicial a post-fluencia. Inicialmente se asumió un valor de rigidez post fluencia de 10 veces menor que la rigidez inicial ( $\alpha=10$ ), además para la elaboración del modelo bilineal se usó el desplazamiento máximo del centro de masa de la losa de aislación obtenido del análisis dinámico espectral, en nuestro caso nos da un valor de  $D_{\max}=0.374\text{m}$ . Con estos datos y otros valores asumidos pasamos de un modelo lineal a uno bilineal tal y como se muestra en las Tablas N° 43 y N° 44, y la fig. 43.

**Tabla 43:**

*Propiedades nominales lineales de los aisladores LRB.*

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Rigidez efectiva	$K_{\text{eff}} =$	62.00	Tn/m
Amortiguamiento efectivo	$\varepsilon =$	15%	
Desplazamiento máximo del CM	$D_{\max} =$	0.374	m
Número de dispositivos	$N^{\circ} =$	64.00	m

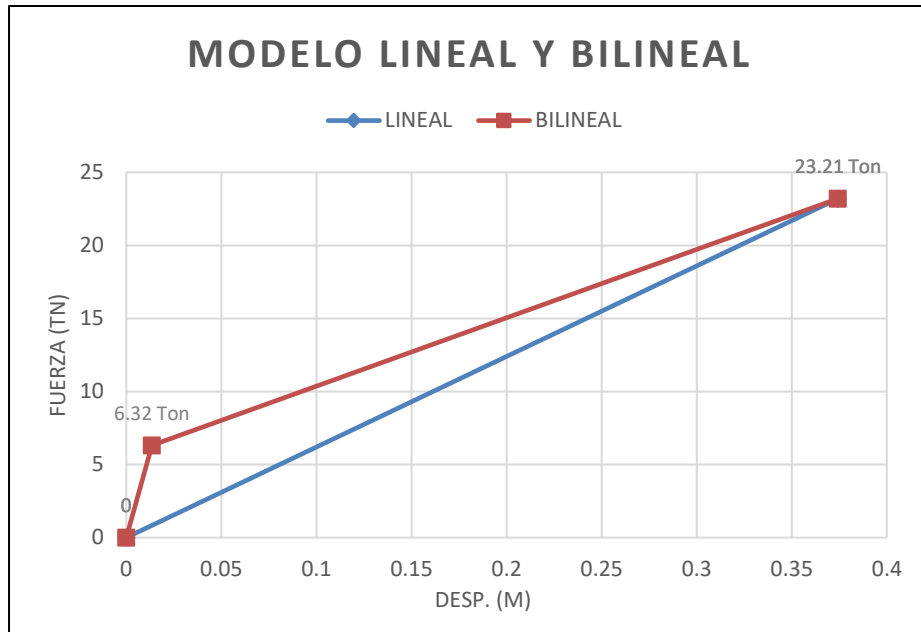
**Nota.** Fuente: Los autores.

**Tabla 44:**

*Parámetros nominales bilineales de los aisladores LRB.*

Descripción	Símb.	Valor	Unidad
Inversa relación entre rigideces r ( $K_2/K_1$ )	$r =$	0.100	
Rigidez inicial	$K_1 =$	468.08	Tn/m
Rigidez post-fluencia	$K_d =$	46.81	Tn/m
Fuerza de fluencia	$F_y =$	6.32	Tn
Fuerza máxima	$F_{\max} =$	23.21	Tn
Desplazamiento de fluencia	$D_y =$	1.3499	m
Resistencia característica	$Q_d =$	5.69	Tn

**Nota.** Fuente: Los autores.



**Figura 43:** Gráfica de modelo bilineal nominal de aisladores LRB.

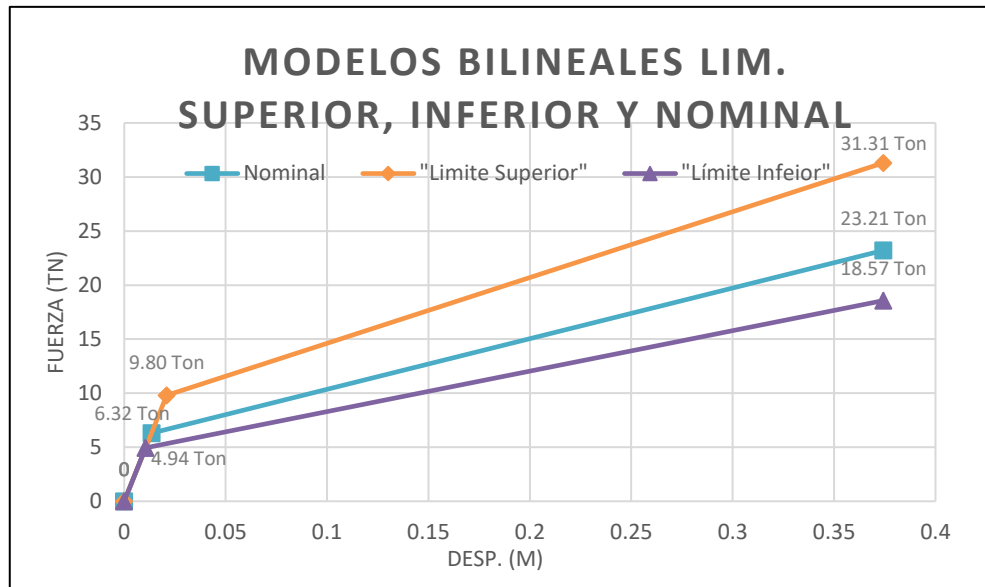
**Nota.** Fuente: Los autores.

Para finalizar, debido a los cambios externos que puedan acontecer en el medio donde se implementarán estos dispositivos, se tiene que realizaron 3 modelos bilineales: límite superior, límite inferior y nominal. Para esta variación usamos los factores lambda que nos proporciona la Norma E.031. En base al modelo bilineal nominal mostrado anteriormente se construyeron los modelos para ambos límites tal como se muestra en la tabla N° 45 y fig. 44.

**Tabla 45:**

*Parámetros bilineales para límite superior, inferior y nominal de aisladores LRB.*

Descripción	L. Inferior	Nominal	L. Superior
Factor ( $\lambda$ ) rigidez post-fluencia Kd	0.80	1.00	1.30
Factor ( $\lambda$ ) resistencia característica Qd	0.80	1.00	1.50
Inversa relación entre rigideces r (Kd/K1)	0.08	0.10	0.13
Rigidez inicial, K1 (ton.m)	468.08	468.08	468.08
Rigidez post-fluencia, Kd (ton.m)	37.45	46.81	60.85
Desplazamiento de fluencia, Dy (m)	10.56	13.50	20.95
Fuerza de fluencia, Fy (ton)	4.94	6.32	9.80
Resistencia característica, Qd (ton)	4.55	5.69	8.53
Fuerza Máxima, Fmáx (ton)	18.57	23.21	31.31



**Figura 44:** Gráfica de modelo bilineal para límite superior, inferior y nominal de aisladores LRB.

### 3.4. Análisis no lineal Tiempo Historia

#### 3.4.1. Registros de aceleraciones sísmicas

La verificación de parámetros sísmicos en los dispositivos de aislamiento se realizó mediante un análisis tiempo historia para los modelos generados de límite superior, inferior y nominal; tal como indica la Norma E.031. Se usaron señales sísmicas de terremotos de gran intensidad ocurridos en Perú, Chile y Japón tomando en cuenta la magnitud e importancia de éstos. La descripción de cada señal sísmica se muestra en la Tabla N° 46.

**Tabla 46:**

*Características de registros sísmicos usados en el análisis tiempo historia.*

SISMO	Localización	Fecha	Dirección	Acel. Max (cm/s <sup>2</sup> )	Duración (seg.)
Lima 1970	Lima, Perú	31 de Mayo de 1970	N-S E-O	97.81 105.05	45.08
Kobe 1995	Kobe, Japón	17 de Enero de 1995	N-S E-O	310.44 335.89	47.94
Lima 1996	Callao, Perú	12 de Noviembre de 1996	N-S E-O	268.24 180.56	65.64

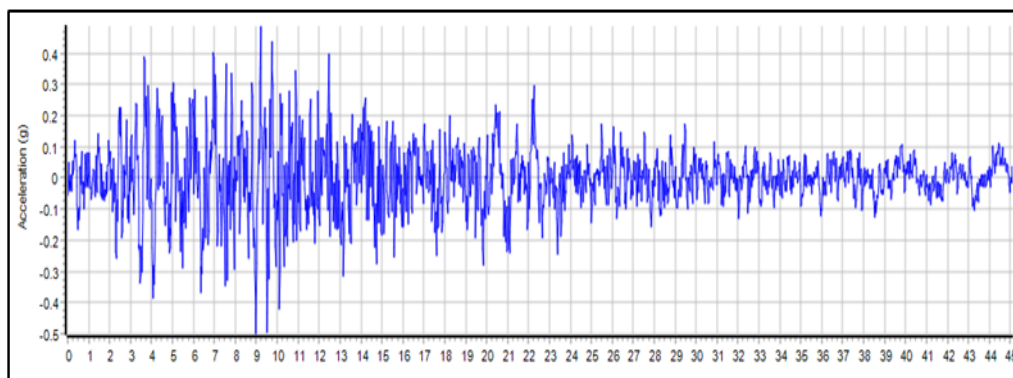
Arequipa 2001	Moquegua, Perú	23 de Junio de 2001	N-S E-O	219.63 295.72	198.91
Tarapaca 2005	Tarapacá, Chile	13 de Junio de 2005	N-S E-O	313.70 360.72	75.725
Pisco 2007	Pisco, Perú	15 de Agosto de 2007	N-S E-O	335.96 271.82	218.07
Curicó 2010	Curico, Chile.	27 de Febrero de 2010	N-S E-O	262.36 280.49	199.98

**Nota.** Fuente: Los autores.

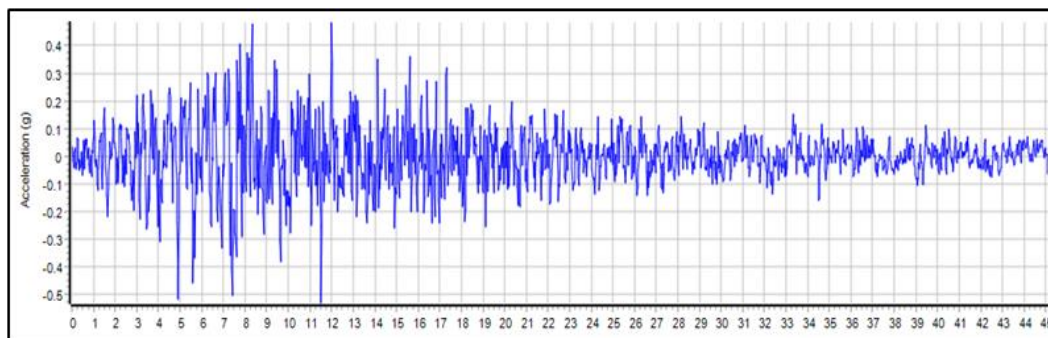
### 3.4.2. Escalamiento de señales sísmicas

#### 3.4.2.1. Sismo de Lima de 1970

Se obtuvo para la componente Este – Oeste una aceleración pico de 105.05 cm/seg<sup>2</sup> para el acelerograma sin escalar, mientras que para la señal escalada presentó un valor de - 490.1 cm/seg<sup>2</sup> . Además para la componente Norte – Sur se obtuvo una aceleración máxima de 97.81 cm/s<sup>2</sup> sin escalar, luego de ser escalada se obtuvo una aceleración de – 523.33 cm/s<sup>2</sup>.



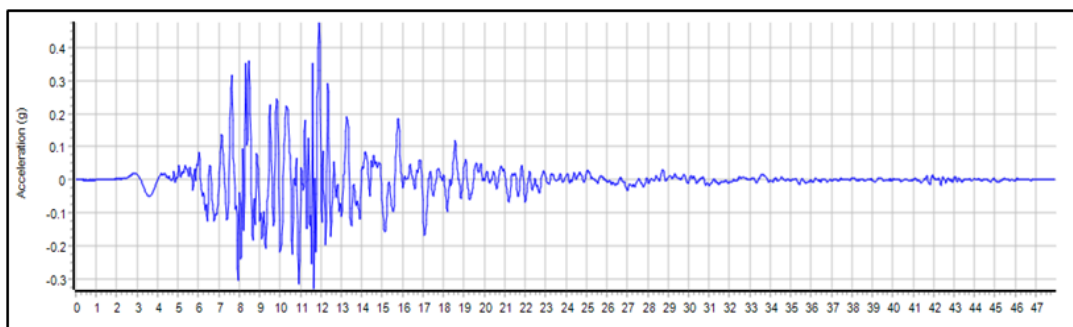
**Figura 45:** Acelerograma para la componente E-O del sismo de Lima del año 1970 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.



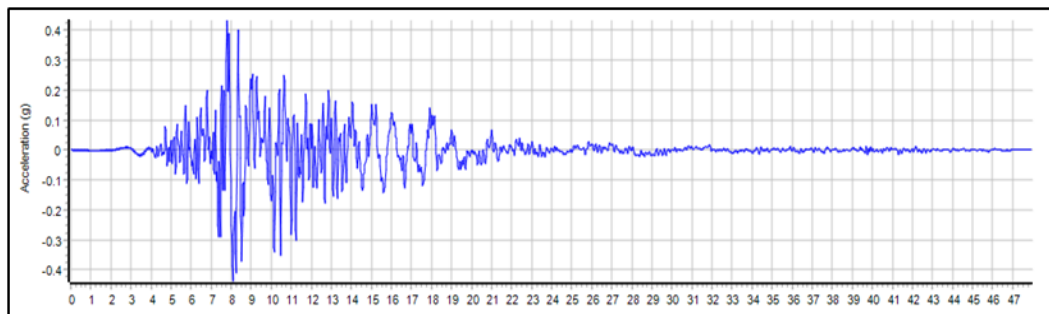
**Figura 46:** Acelerograma para la componente N-S del sismo de Lima del año 1970 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.

### 3.4.2.2. Sismo de Kobe de 1995

Posteriormente se trabajó con el sismo de Kobe, obteniendo en la componente Este – Oeste una aceleración pico de 335.89 cm/seg<sup>2</sup> para el acelerograma sin escalar, mientras que para la señal escalada presentó un valor de - 466.31 cm/seg<sup>2</sup> . Además para la componente Norte – Sur se obtuvo una aceleración máxima de 310.44 cm/s<sup>2</sup> sin escalar, luego de ser escalada se obtuvo una aceleración de – 429.23 cm/s<sup>2</sup>.



**Figura 47:** Acelerograma para la componente E-O del sismo de Kobe del año 1995 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.

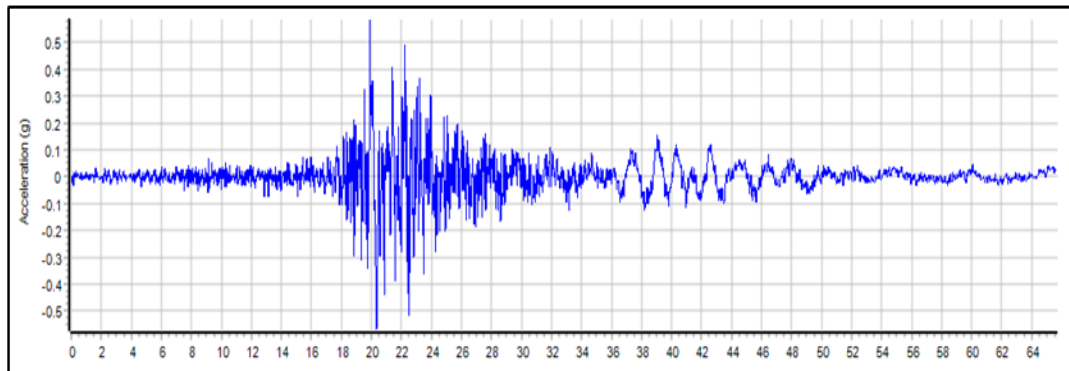


**Figura 48:** Acelerograma para la componente N-S del sismo de Kobe del año 1995 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.

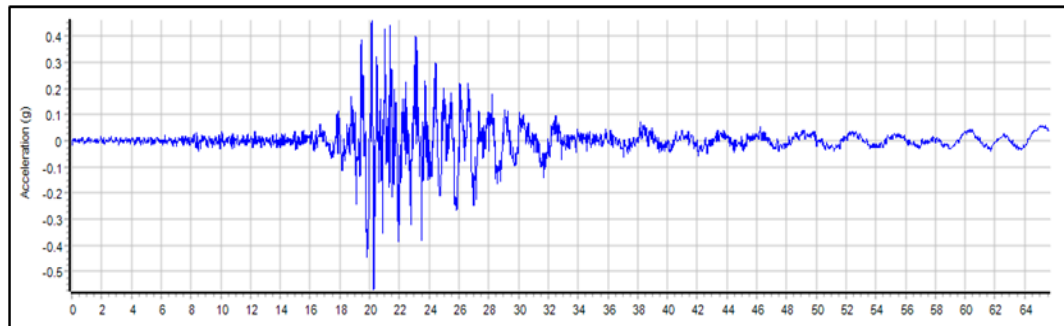
### 3.4.2.3. Sismo de Lima de 1996

Luego se trató el registro de Lima de 1996 ,obteniendo para la componente Este – Oeste una aceleración pico de 180.56 cm/seg<sup>2</sup> para el acelerograma sin escalar, mientras que para la señal escalada presentó un valor de – 573.55 cm/seg<sup>2</sup> . Además para la componente Norte – Sur se obtuvo una aceleración máxima de

268.24 cm/s<sup>2</sup> sin escalar, luego de ser escalada se obtuvo una aceleración de – 561.97 cm/s<sup>2</sup>.



**Figura 49:** Acelerograma para la componente E-O del sismo de Lima del año 1996 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.

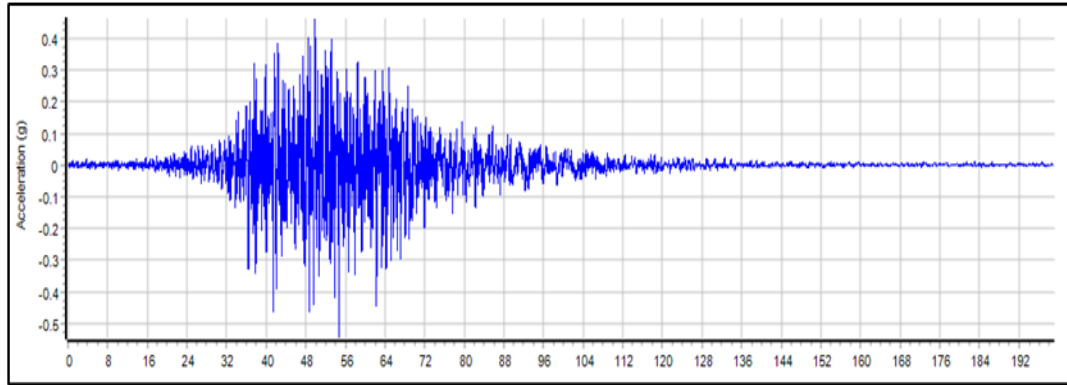


**Figura 50:** Acelerograma para la componente N-S del sismo de Lima del año 1996 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.

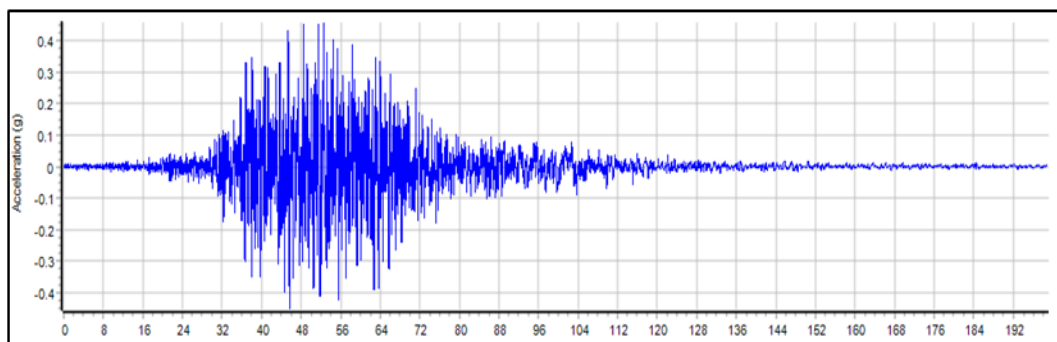
#### 3.4.2.4. Sismo de Arequipa de 2001

El siguiente registro sísmico que se trabajó fue de Arequipa del año 2001, obteniendo para la componente Este – Oeste una aceleración pico de 295.72 cm/seg<sup>2</sup> para el acelerograma sin escalar, mientras que para la señal escalada presentó un valor de – 535.56 cm/seg<sup>2</sup> . Además para la componente Norte – Sur se obtuvo una aceleración máxima de 219.63 cm/s<sup>2</sup> sin escalar, luego de ser escalada se obtuvo una aceleración de 448.97 cm/s<sup>2</sup>.





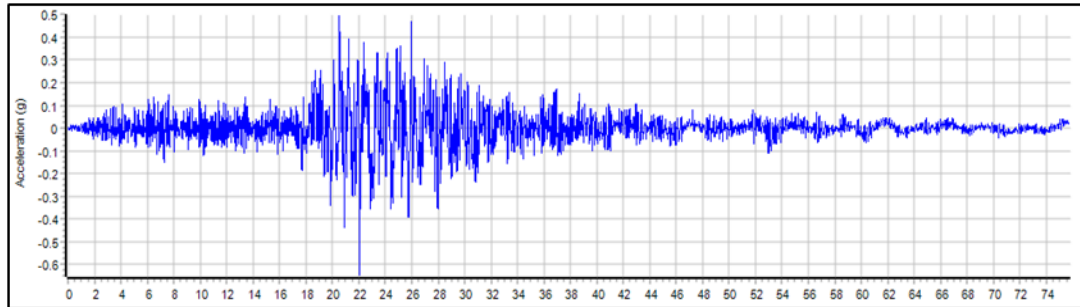
**Figura 51:** Acelerograma para la componente E-O del sismo de Arequipa del año 2001 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.



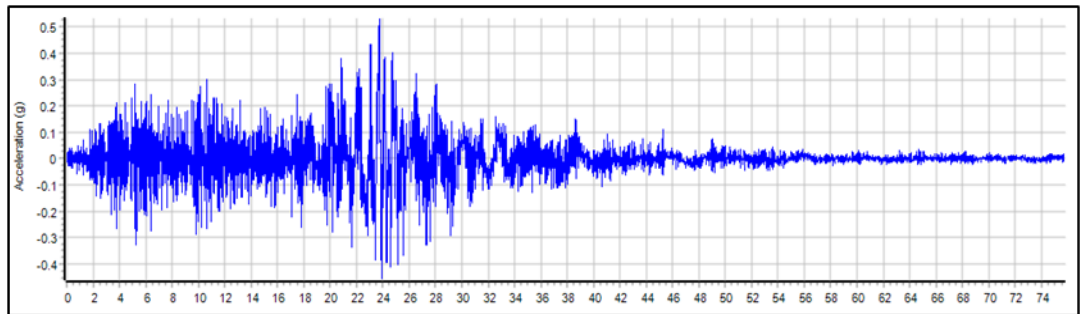
**Figura 52:** Acelerograma para la componente N-S del sismo de Arequipa del año 2001 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.

#### 3.4.2.5. Sismo de Tarapaca de 2005

El siguiente registro sísmico que se trabajó fue de Tarpacá del año 2005, obteniendo para la componente Este – Oeste una aceleración pico de 360.72  $\text{cm}/\text{seg}^2$  para el acelerograma sin escalar, mientras que para la señal escalada presentó un valor de  $-637.75 \text{ cm}/\text{seg}^2$ . Además para la componente Norte – Sur se obtuvo una aceleración máxima de 313.70  $\text{cm}/\text{s}^2$  sin escalar, luego de ser escalada se obtuvo una aceleración de 522.04  $\text{cm}/\text{s}^2$ .



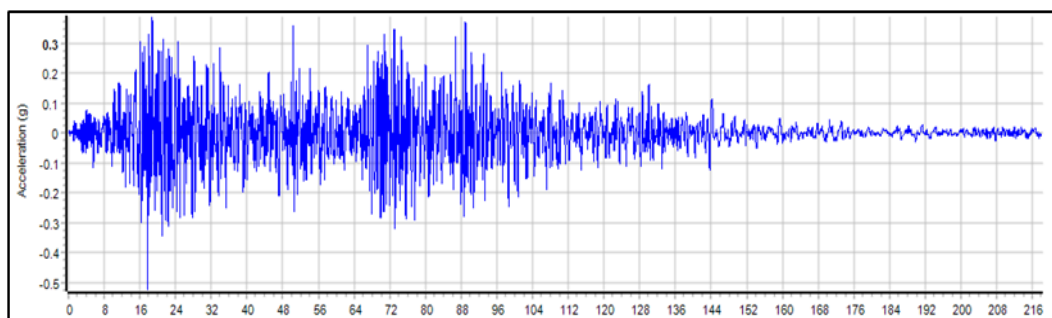
**Figura 53:** Acelerograma para la componente E-O del sismo de Tarapaca del año 2005 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.



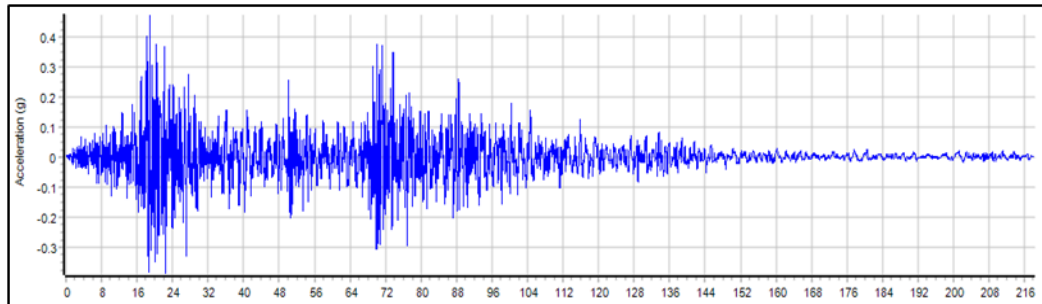
**Figura 54:** Acelerograma para la componente N-S del sismo de Tarapaca del año 2005 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.

#### 3.4.2.6. Sismo de Pisco de 2007

Posteriormente, se trató el registro de Lima del año 2007, obteniendo para la componente Este – Oeste una aceleración pico de  $271.82 \text{ cm/seg}^2$  para el acelerograma sin escalar, mientras que para la señal escalada presentó un valor de  $-516.55 \text{ cm/seg}^2$ . Además para la componente Norte – Sur se obtuvo una aceleración máxima de  $335.96 \text{ cm/s}^2$  sin escalar, luego de ser escalada se obtuvo una aceleración de  $462.98 \text{ cm/s}^2$ .



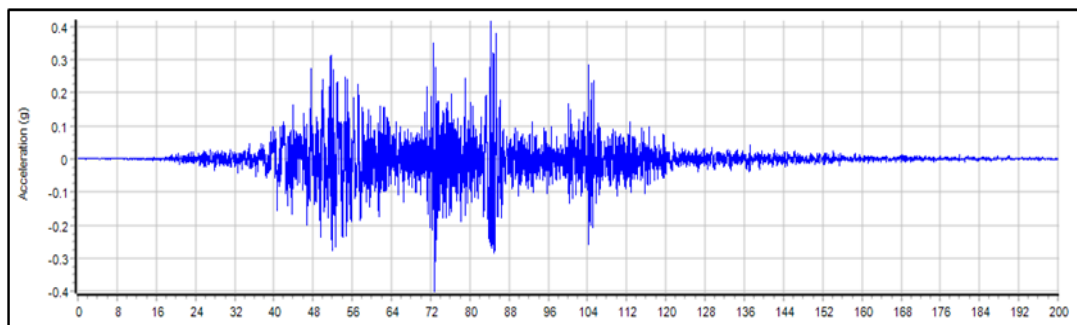
**Figura 55:** Acelerograma para la componente E-O del sismo de Pisco del año 2007 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.



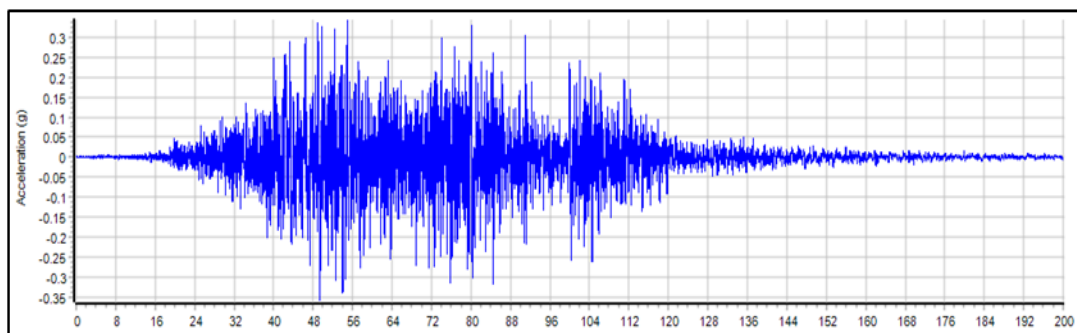
**Figura 56:** Acelerograma para la componente N-S del sismo de Pisco del año 2007 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.

### 3.4.2.7. Sismo de Curico de 2010

Finalmente, se trató el registro de Curico del año 2010, obteniendo para la componente Este – Oeste una aceleración pico de 280.49 cm/seg<sup>2</sup> para el acelerograma sin escalar, mientras que para la señal escalada presentó un valor de 410.09 cm/seg<sup>2</sup>. Además para la componente Norte – Sur se obtuvo una aceleración máxima de 262.36 cm/s<sup>2</sup> sin escalar, luego de ser escalada se obtuvo una aceleración de -353.32 cm/s<sup>2</sup>.



**Figura 57:** Acelerograma para la componente E-O del sismo de Curico del año 2010 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.



**Figura 58:** Acelerograma para la componente N-S del sismo de Curico del año 2010 escalado a un espectro de  $Z=0.45$  (g),  $R=1$ , Suelo Intermedio.

### 3.4.3. Tratamiento de resultados

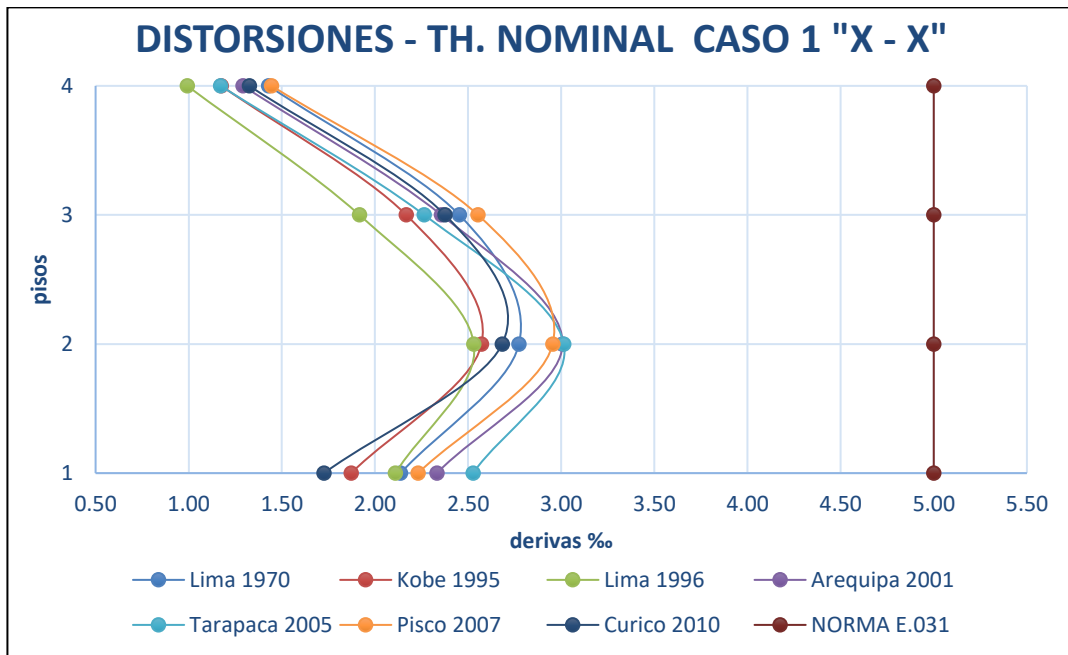
#### 3.4.3.1. Distorsiones de entrepiso

En base al procesamiento de los registros escalados mediante un análisis tiempo historia y con los parámetros nominales para los dispositivos de aislamiento, se obtuvieron las distorsiones de entrepiso por encima del nivel de aislamiento, el proceso se realizó para los 7 pares de registro, así como para cada caso de carga modificada por los factores correspondientes. Los resultados finales se pueden observar en la Tabla N° 47, fig. 59 y fig. 60.

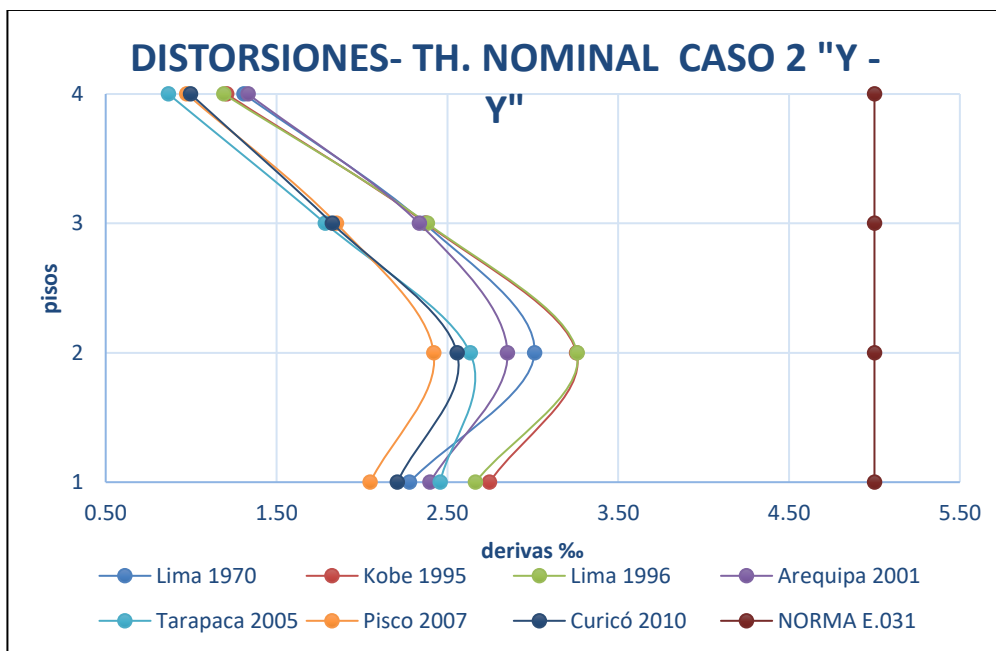
**Tabla 47:**

*Distorsiones de entrepiso para valores nominales mediante análisis tiempo historia.*

Direc.	N°	Lima, Perú		Kobe, Japón		Lima, Perú		Arequipa, Perú 2001		Tarapaca, Chile		Pisco, Perú		Curicó, Chile 2010	
		1970 (‰)		1995 (‰)		1996 (‰)		(‰)		2005 (‰)		2007 (‰)		(‰)	
		C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2
"X - X"	4	1.43	0.74	1.18	0.64	0.99	0.59	1.29	0.70	1.17	0.58	1.45	0.81	1.33	0.83
	3	2.45	1.32	2.17	1.09	1.92	1.16	2.36	1.30	2.26	1.03	2.55	1.43	2.38	1.44
	2	2.77	1.52	2.57	1.38	2.53	1.54	3.01	1.59	3.01	1.48	2.95	1.74	2.68	1.58
	1	2.14	1.11	1.87	1.07	2.11	1.27	2.33	1.28	2.53	1.30	2.23	1.38	1.73	1.01
"Y - Y"	4	0.81	1.31	0.76	1.21	1.12	1.19	0.75	1.33	0.57	0.87	0.65	0.97	0.82	1.00
	3	1.49	2.37	1.55	2.38	1.99	2.38	1.42	2.34	1.13	1.79	1.24	1.85	1.40	1.83
	2	1.87	3.01	2.06	3.26	2.31	3.26	1.82	2.85	1.66	2.63	1.63	2.42	1.67	2.56
	1	1.39	2.28	1.63	2.75	1.64	2.66	1.53	2.40	1.49	2.46	1.40	2.05	1.32	2.21



**Figura 59:** Distorsiones máximas por piso en la dirección X obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores nominales en dispositivos LRB.



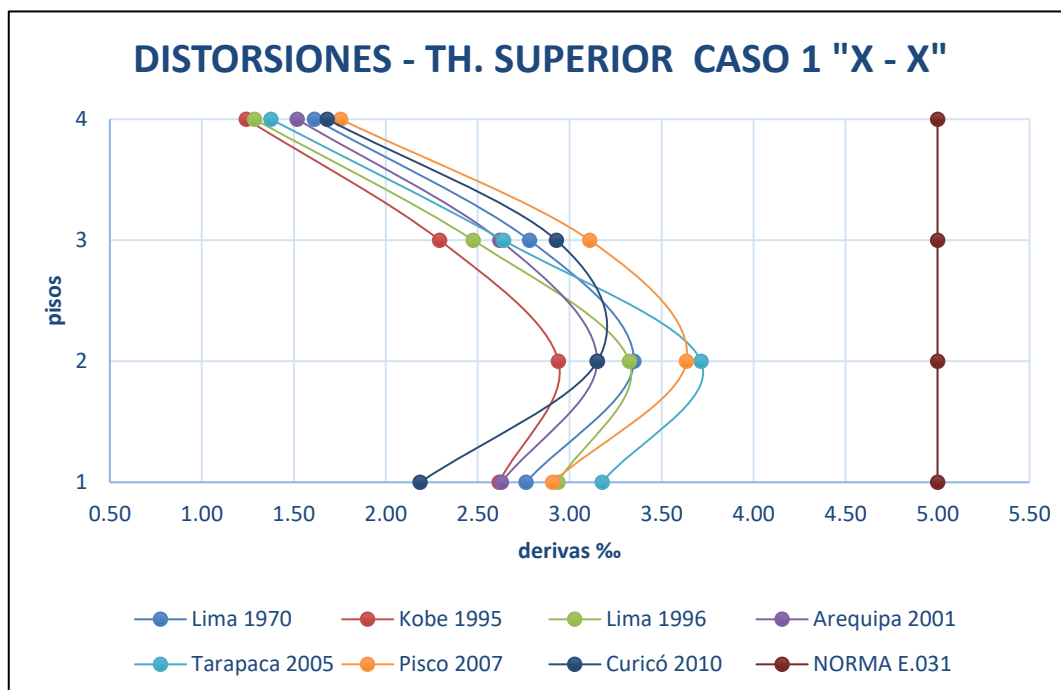
**Figura 60:** Distorsiones máximas por piso en la dirección Y obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores nominales en dispositivos LRB.

De igual manera, mediante el análisis tiempo historia y en este caso con los parámetros del límite superior para los dispositivos de aislamiento, se obtuvieron las distorsiones de entrepiso por encima del nivel de aislamiento para cada dirección de análisis, así

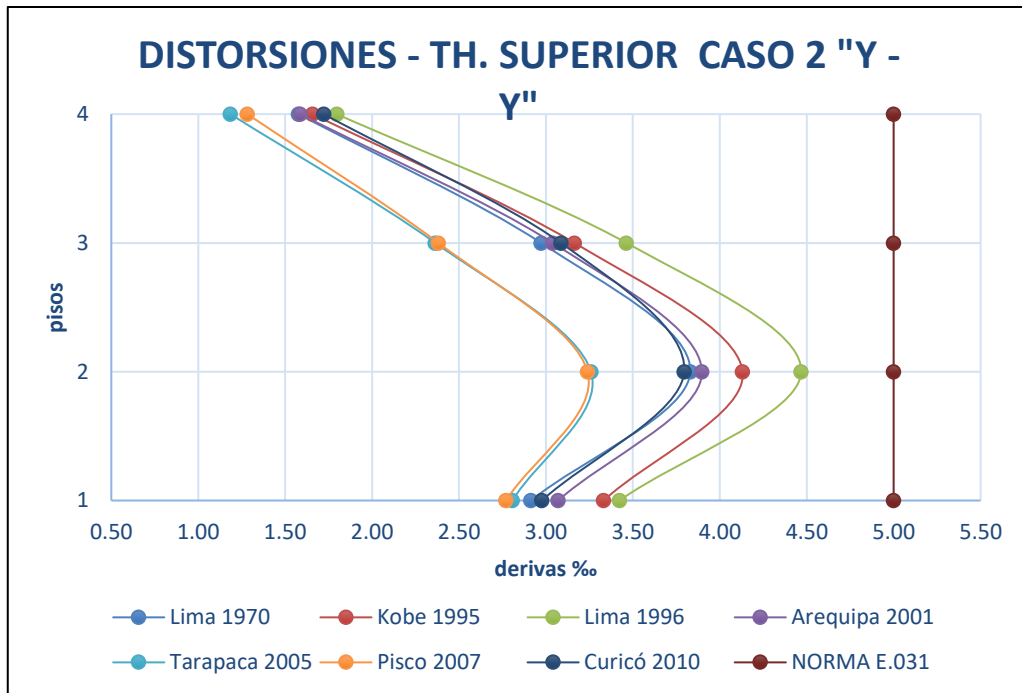
como para los 7 pares de registro y según el caso de carga modificado por los factores correspondientes. Los resultados finales se pueden observar en la Tabla N° 48, fig. 61 y fig. 62.

**Tabla 48:**  
*Distorsiones de entrepiso para valores de límite superior mediante análisis tiempo historia.*

Direc.	N°	Lima, Perú 1970 (%)		Kobe, Japón 1995 (%)		Lima, Perú 1996 (%)		Arequipa, Perú 2001 (%)		Tarapaca, Chile 2005 (%)		Pisco, Perú 2007 (%)		Curicó, Chile 2010 (%)	
		C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2
"X - X"	4	1.61	1.00	1.24	0.79	1.29	0.72	1.52	0.93	1.38	0.89	1.76	1.07	1.68	1.02
	3	2.78	1.77	2.29	1.31	2.48	1.41	2.62	1.71	2.64	1.61	3.11	1.95	2.93	1.80
	2	3.35	2.18	2.94	1.70	3.32	1.98	3.15	2.13	3.71	1.99	3.64	2.35	3.15	1.98
	1	2.76	1.75	2.62	1.39	2.94	1.74	2.63	1.63	3.18	1.58	2.91	1.77	2.19	1.54
"Y - Y"	4	0.96	1.58	1.04	1.66	1.43	1.80	1.09	1.59	0.84	1.19	0.85	1.28	1.01	1.72
	3	1.88	2.97	1.94	3.16	2.60	3.46	1.98	3.04	1.58	2.36	1.62	2.38	1.87	3.09
	2	2.43	3.83	2.39	4.13	3.02	4.47	2.35	3.90	2.07	3.26	2.10	3.24	2.28	3.80
	1	1.82	2.91	1.84	3.33	2.14	3.42	1.85	3.07	1.75	2.81	1.70	2.77	1.79	2.98



**Figura 61:** Distorsiones máximas por piso en la dirección X obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores de límite superior en dispositivos LRB.



**Figura 62:** Distorsiones máximas por piso en la dirección Y obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores de límite superior en dispositivos LRB.

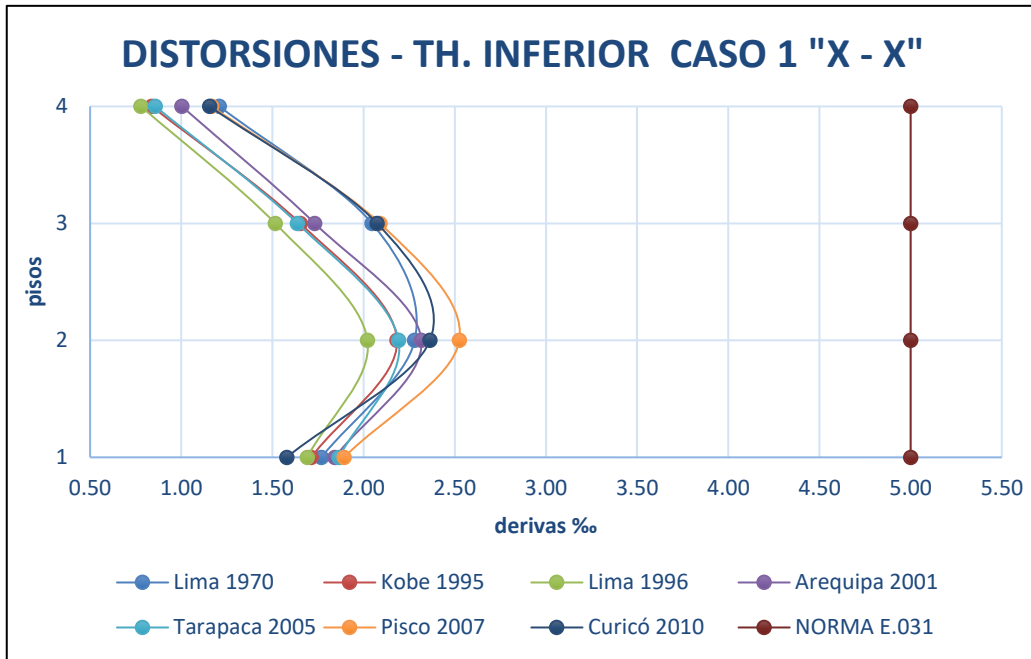
Finalmente, se procedió a calcular con los parámetros del límite inferior implementado a cada unidad de los dispositivos de aislamiento e obtuvieron las distorsiones de entrepiso por encima del nivel de aislamiento para cada dirección de análisis, así como para los 7 pares de registro y según el caso de carga modificado por los factores correspondientes. Los resultados finales se pueden observar en la Tabla N° 49, fig. 63 y fig. 64.

**Tabla 49:**

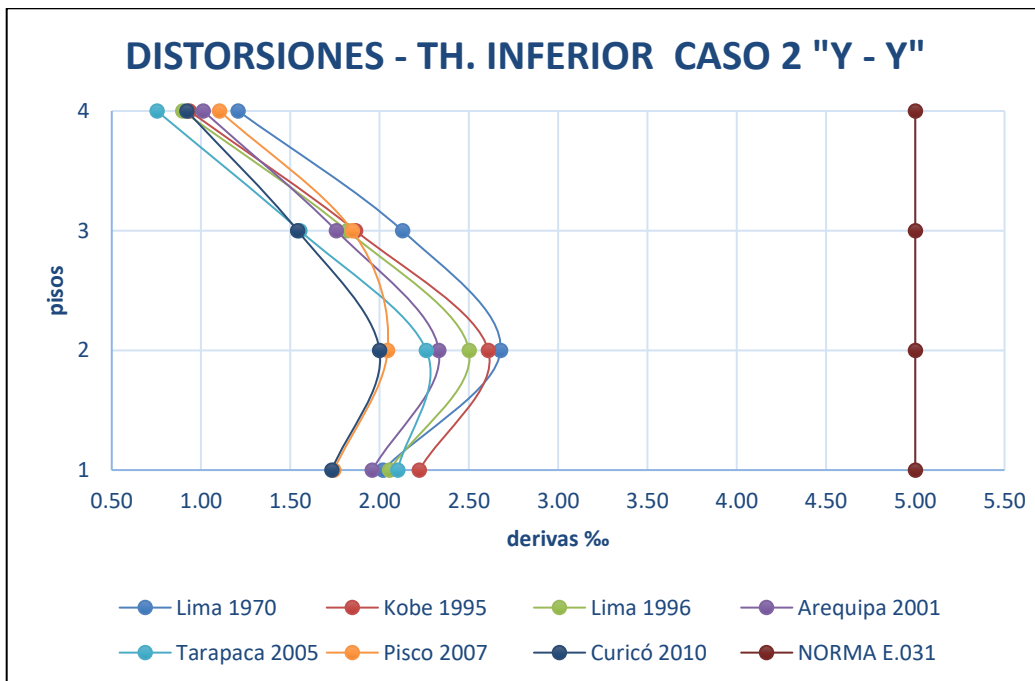
*Distorsiones de entrepiso para valores de límite inferior mediante análisis tiempo historia.*

Direc.	N°	Lima, Perú 1970 (%)		Kobe, Japón 1995 (%)		Lima, Perú 1996 (%)		Arequipa, Perú 2001 (%)		Tarapaca, Chile 2005 (%)		Pisco, Perú 2007 (%)		Curicó, Chile 2010 (%)	
		C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2	C. 1	C. 2
"X - X"	4	1.21	0.71	0.84	0.59	0.78	0.49	1.00	0.63	0.86	0.48	1.17	0.74	1.16	0.72
	3	2.05	1.21	1.65	1.06	1.52	0.94	1.73	1.14	1.64	0.89	2.09	1.31	2.07	1.26
	2	2.28	1.29	2.18	1.27	2.02	1.23	2.32	1.47	2.19	1.20	2.53	1.58	2.36	1.40
	1	1.77	1.02	1.71	0.96	1.69	1.02	1.84	1.17	1.87	1.00	1.89	1.15	1.58	0.90

	4	0.71	1.21	0.61	0.93	0.91	0.90	0.62	1.01	0.57	0.75	0.55	1.10	0.66	0.92
"Y - Y"	3	1.24	2.13	1.18	1.87	1.61	1.82	1.11	1.76	1.07	1.55	1.05	1.85	1.11	1.54
	2	1.55	2.68	1.55	2.61	1.86	2.50	1.53	2.33	1.42	2.26	1.36	2.05	1.41	2.00
	1	1.15	2.02	1.24	2.22	1.33	2.06	1.29	1.96	1.22	2.10	1.19	1.74	1.10	1.73



**Figura 63:** Distorsiones máximas por piso en la dirección X obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores de límite inferior en dispositivos LRB.



**Figura 64:** Distorsiones máximas por piso en la dirección Y obtenidos mediante análisis tiempo historia con valores de límite inferior en dispositivos LRB.



### 3.4.3.2. Tracción en dispositivos

Se obtuvieron las máximas tracciones en cada dispositivo de aislamiento, posteriormente se realizó la comparación con los límites establecidos en la Norma E.031 los cuales se cumple en todos los elementos, tal y como se muestra en la Tabla N° 50.

**Tabla 50:**

*Tracción máxima en cada unidad de aislamiento.*

Aislador	CSV (ton)	CSH (ton) Compresión	CSH (ton) Tracción	Pmáx (ton)	Tracción máx (ton)	Pmín (ton)
K1	-27.12	-76.40	75.02	-214.98	7.97	-20.99
K2	-38.38	-58.71	55.52	-145.66	11.44	-80.32
K3	-35.54	-61.60	59.61	-125.30	10.55	-66.19
K4	-32.00	-58.90	55.48	-108.82	9.49	-57.79
K5	-33.24	-55.56	62.92	-121.74	9.92	-54.74
K6	-38.16	-59.00	55.33	-143.92	11.37	-79.73
K7	-26.70	-70.26	77.12	-65.40	7.83	-17.40
K8	-39.11	-59.72	57.68	-148.11	11.65	-80.76
K9	-48.87	-8.82	8.01	-273.76	15.02	-164.99
K10	-45.90	-29.94	28.70	-228.73	13.97	-133.79
K11	-43.28	-8.77	8.16	-230.95	13.09	-145.04
K12	-44.25	-35.19	38.23	-218.92	13.56	-118.40
K13	-48.47	-10.76	8.63	-270.46	14.91	-162.94
K14	-37.00	-60.61	65.13	-136.55	11.03	-65.83
K15	-40.94	-62.28	59.02	-152.55	12.14	-85.91
K16	-50.57	-3.30	3.54	-287.72	15.51	-175.47
K17	-44.75	-28.83	27.28	-229.04	13.73	-131.12
K18	-42.69	-3.11	3.15	-237.27	12.99	-147.98
K19	-46.13	-32.84	33.82	-232.39	14.15	-129.47
K20	-51.66	-6.54	5.30	-292.54	15.88	-177.56
K21	-38.97	-59.67	62.17	-147.94	11.62	-75.76
K22	-40.22	-61.60	58.87	-148.10	11.90	-83.50
K23	-51.60	-2.68	2.90	-292.37	15.79	-179.74
K24	-47.67	-15.36	14.52	-252.76	14.50	-154.23
K25	-45.39	-2.94	2.51	-243.63	13.63	-158.15
K26	-49.48	-20.47	21.76	-256.06	15.01	-153.39
K27	-52.27	-6.94	5.27	-296.75	16.09	-179.75
K28	-39.52	-60.32	63.31	-151.78	11.82	-76.59
K29	-41.09	-61.70	58.87	-155.81	12.23	-86.59
K30	-52.47	-2.71	2.87	-300.83	16.13	-182.87

K31	-48.22	-28.19	27.22	-259.76	15.00	-143.46
K32	-44.71	-6.91	5.51	-259.41	13.89	-152.74
K33	-53.95	-32.93	34.27	-277.96	16.56	-156.70
K34	-54.67	-6.75	5.04	-310.03	16.81	-188.48
K35	-38.42	-60.34	63.19	-149.08	11.55	-72.82
K36	-45.94	-61.80	58.96	-175.38	13.55	-103.64
K37	-59.80	-2.97	2.86	-331.53	18.15	-208.80
K38	-47.51	-43.65	41.34	-226.46	14.51	-126.82
K39	-34.37	-50.69	51.44	-142.05	10.44	-70.22
K40	-52.63	-47.97	49.68	-242.31	15.89	-136.62
K41	-56.91	-6.20	4.36	-322.06	17.47	-197.08
K42	-39.31	-60.33	63.11	-153.61	11.81	-76.03
K43	-32.04	-82.54	92.59	-84.23	9.48	-20.83
K44	-43.45	-62.70	60.28	-160.42	12.79	-93.52
K45	-56.65	-4.43	3.85	-314.27	17.23	-196.67
K46	-46.77	-25.44	25.00	-236.17	14.19	-140.54
K47	-36.52	-15.21	12.22	-181.21	10.93	-117.05
K48	-49.12	-28.69	30.39	-241.81	14.82	-143.49
K49	-51.92	-6.26	5.41	-294.14	15.96	-178.36
K50	-38.40	-59.72	62.88	-146.40	11.48	-73.04
K51	-41.49	-64.18	59.89	-151.54	12.27	-86.96
K52	-49.74	-6.34	6.28	-280.51	15.27	-169.80
K53	-41.15	-30.02	27.55	-211.25	12.71	-118.10
K54	-40.24	-8.94	9.04	-218.49	12.26	-133.40
K55	-45.18	-32.56	33.88	-222.94	13.77	-126.06
K56	-49.32	-7.98	7.94	-272.13	15.05	-166.64
K57	-37.96	-60.22	61.52	-139.19	11.26	-72.85
K58	-28.40	-76.11	69.29	-62.28	8.21	-31.24
K59	-39.21	-55.23	58.25	-148.56	11.59	-80.55
K60	-32.90	-59.48	55.06	-113.01	9.76	-61.41
K61	-31.08	-55.75	58.55	-104.10	9.15	-51.45
K62	-34.18	-62.52	62.06	-114.61	10.09	-58.93
K63	-38.17	-54.52	56.96	-144.28	11.29	-78.16
K64	-26.99	-75.18	77.51	-59.44	7.86	-18.03

### 3.4.3.3. Parámetros bilineales mediante análisis tiempo historia

En la siguiente Tabla N° 51, se muestra el resumen de resultados obtenidos mediante el análisis tiempo historia de los 7 pares de registro para los límites superior, inferior y nominal del sistema de aislamiento. Se obtuvieron parámetros de desplazamiento máximo, distorsiones de entrepiso, fuerza histerética máxima,

rigidez efectiva, amortiguamiento efectivo y fuerza restauradora, verificándose que se encuentren dentro de los rangos establecidos por la norma E.031.

**Tabla 51:**

*Parámetros bilineales promedio del sistema de aislamiento mediante análisis tiempo historia para límite superior, inferior y nominal.*

Parámetros	Dirección de análisis	Límite Inferior	Nominal	Límite Superior
Desplazamiento máximo promedio D'M (cm)	X-X	26.62	25.23	24.09
	Y-Y	29.16	28.35	26.40
Distorsiones de entrepiso promedio (‰)	X-X	2.27	2.79	3.32
	Y-Y	2.35	2.86	3.80
Fuerza histerética máxima promedio FM+ (Tn)	X-X	832.94	979.78	1358.98
	Y-Y	883.86	1163.46	1527.05
Fuerza histerética máxima promedio FM- (Tn)	X-X	839.59	1031.21	1320.88
	Y-Y	898.10	1117.09	1354.46
Rigidez efectiva promedio Keff (Tn/m)	X-X	3445.13	4346.45	6163.46
	Y-Y	3340.75	4246.29	6043.65
Amortiguamiento efectivo promedio Beff (%)	X-X	21.31%	21.84%	23.60%
	Y-Y	20.17%	19.42%	22.09%
Fuerza restauradora Fr (Tn)	X-X	320.61	330.01	312.03
	Y-Y	349.05	393.03	351.97
Fuerza restauradora en función al Peso (%)	X-X	3.71%	3.82%	3.61%
	Y-Y	4.04%	4.55%	4.08%

#### 3.4.3.4. Desplazamiento máximo en junta de separación

En la Tabla N° 52, se muestran los resultados obtenidos del desplazamiento traslacional en el nivel de aislamiento, verificándose así los límites establecidos en la norma E.031. El resultado obtenido para la junta de separación es de 45cm en cada lado de la estructura.

**Tabla 52:**

*Desplazamiento total según las propiedades del límite inferior con análisis tiempo historia.*

Desplazamiento traslacionales	Und.	X-X	Y-Y
Desplazamiento traslacional, DM	cm	34.62	35.14
Desplazamiento total calculado, DTM con DM	cm	40.84	38.26
Requerimiento mínimo, $DTM \geq 1.15DM$	cm	39.81	40.42
Desplazamiento total, DTM	cm	40.84	40.42
Junta de separación	cm	45.00	

### 3.4.3.5. Fuerzas cortantes máximas mediante análisis tiempo historia

Se obtuvieron las fuerzas cortantes máximas de entrepiso por encima del nivel de aislamiento para cada dirección de análisis, así como para los 7 pares de registro y según el caso de carga modificado por los factores correspondientes. Los resultados finales se pueden observar en la Tabla N° 53 y Tabla N° 54.

**Tabla 53:**

*Fuerza cortante en límite superior con análisis tiempo historia para Caso 1.*

Direc.	N°	Lima, Perú 1970	Kobe, Japón 1995	Lima, Perú 1996	Arequipa, Perú 2001	Tarapaca, Chile 2005	Pisco, Perú 2007	Curicó, Chile 2010
"X - X"	4	341.79	354.19	288.03	371.47	288.62	389.06	474.61
	3	766.22	733.41	734.20	824.88	640.44	864.09	1085.76
	2	1047.73	967.04	1051.09	1135.17	954.98	1062.46	1285.76
	1	1242.27	1093.61	1208.38	1201.36	1132.46	1225.06	1131.80
"Y - Y"	4	257.49	218.22	191.66	253.86	248.70	282.46	246.91
	3	560.95	521.93	447.65	536.89	564.37	580.24	554.12
	2	656.28	714.55	582.22	664.28	684.02	626.78	653.61
	1	680.44	866.05	592.59	769.47	705.19	664.17	775.22

**Tabla 54:**

*Fuerza cortante en límite superior con análisis tiempo historia para Caso 2.*

Direc.	N°	Lima, Perú 1970	Kobe, Japón 1995	Lima, Perú 1996	Arequipa, Perú 2001	Tarapaca, Chile 2005	Pisco, Perú 2007	Curicó, Chile 2010
"X - X"	4	275.66	222.85	191.34	243.39	208.93	262.67	235.45
	3	599.38	500.47	449.77	562.88	489.45	585.20	551.61
	2	730.89	665.46	652.07	719.38	633.89	730.22	673.03
	1	864.47	645.82	766.23	745.57	687.96	801.22	654.03
"Y - Y"	4	382.53	370.40	322.03	403.00	376.04	471.29	1016.98
	3	941.25	887.99	810.59	893.67	958.06	938.42	849.30
	2	1330.53	1213.55	1159.40	1055.99	1357.68	995.08	706.87
	1	1538.63	1500.42	1377.47	1256.07	1529.30	1247.03	307.75

### 3.4.3.6. Escalamiento de fuerzas cortantes para diseño sísmico

Se obtuvo las fuerzas cortantes en el sistema de aislamiento y la superestructura según los lineamientos establecidos en la Norma E.031. En la Tabla N° 55 se muestran los valores de fuerza cortante del sistema de aislamiento y fuerza cortante que absorbe la superestructura, así como la fuerza reducida por  $R = 2$ .

**Tabla 55:**

*Fuerzas cortantes en sistema de aislamiento y superestructura considerando límite superior.*

<b>Fuerzas cortantes</b>	<b>Und</b>	<b>X-X</b>	<b>Y-Y</b>
Fuerza lateral sistema de aislamiento, $V_b$	ton	2071.55	2071.07
Peso sísmico, P	ton	8633.70	8633.70
Peso sísmico efectivo, $P_s$	ton	6489.98	6489.98
Fuerza cortante no reducida de superestructura, $V_{st}$	ton	1842.37	1822.66
Coeficiente de reducción sísmica, $R_a$		2.00	2.00
<b>Fuerza lateral de superestructura, <math>V_s</math></b>	<b>ton</b>	<b>921.36</b>	<b>911.33</b>

La subestructura y la losa de aislamiento se diseñan con un valor de  $R=1$ , es decir, no reduce la fuerza sísmica afectada por el amortiguamiento que aporta el sistema de aislamiento. La Tabla N° 56 muestra el factor de escala obtenido para las fuerzas de diseño en la subestructura.

**Tabla 56:**

*Factor de escalamiento para la subestructura y sistema de aislamiento ( $R=1$ ).*

<b>Fuerzas cortantes</b>	<b>Und</b>	<b>X-X</b>	<b>Y-Y</b>
Fuerza lateral mínima, 90% $V_b$	ton	1864.40	1863.96
Fuerza lateral dinámica, $V_b$	ton	906.91	910.56
<b>Factor de escalamiento</b>	<b>-</b>	<b>2.06</b>	<b>2.05</b>

La superestructura se diseñan con un valor de  $R = 2$ , esto debido al aumento de amortiguamiento producido por el sistema de aislamiento lo cual reduce las

solicitaciones sísmicas. La Tabla N° 57 muestra el factor de escalamiento obtenido para la fuerzas de diseño en la superestructura.

**Tabla 57:**  
*Factor de escalamiento para la subestructura (R=2).*

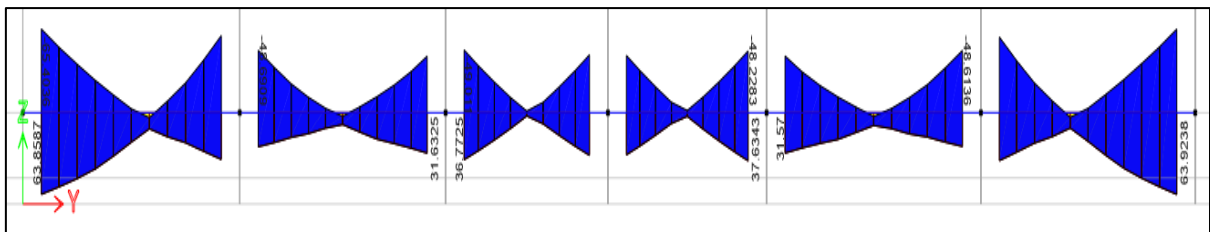
Fuerzas cortantes	Und	X-X	Y-Y
Fuerza lateral mínima, Vs	ton	921.36	911.33
Fuerza lateral dinámica, Vs	ton	389.45	389.71
<b>Factor de escalamiento</b>	-	<b>2.37</b>	<b>2.34</b>

### 3.5. Diseño de elementos estructurales

#### 3.5.1. Diseño de vigas

##### 3.5.1.1. Vigas en losa de aislamiento

Para el diseño por flexión, se obtuvieron los valores máximos del diagrama de momentos flectores calculados por la envolvente para cargas sísmicas sin reducción tomando la viga más esforzada de la estructura aislada tal y como se muestra en la fig. N° 65. Se obtuvo un momento máximo de 65.31 Ton.m. Se diseñó cada tramo de la viga en función al momento que se obtiene en cada tercio de su longitud. Cabe mencionar que el diseño de vigas se uniformizó para los ejes longitudinales y transversales ya que los valores de diseño son similares en ambos sentidos.



**Figura 65:** Diagrama de momentos flectores máximos, ubicados en el eje D para el nivel de aislamiento.

La Tabla N° 58 muestra los resultados obtenidos y el proceso de cálculo generado para la obtención de las área de acero, en base a esos valores se obtuvieron las

barras longitudinales de las vigas para cada tramo. La configuración de barras para la viga de 45cm x 85cm fueron de 6 Ø 3/4” en la parte superior y 5 Ø 3/4” en la parte inferior, el detalle de los refuerzos adicionales se observan en las fig. N° 68 y fig. N° 69. Además se está considerando 2 Ø 1/2” en la parte central de la sección, esto obedece a los lineamientos establecidos por la Norma E.060.

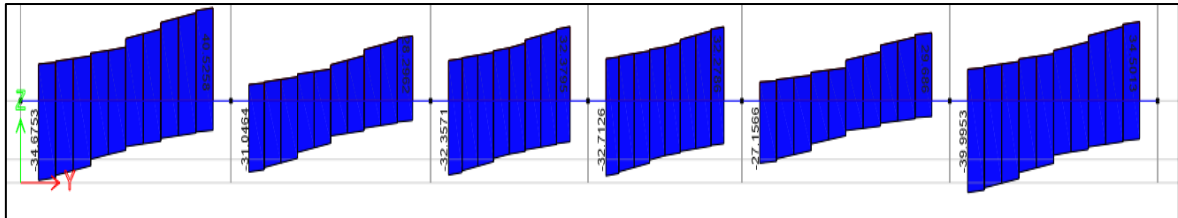
**Tabla 58:**

*Área de acero obtenida para cada momento flector actuante en cada tramo de viga, ubicado en el eje D del nivel de aislamiento.*

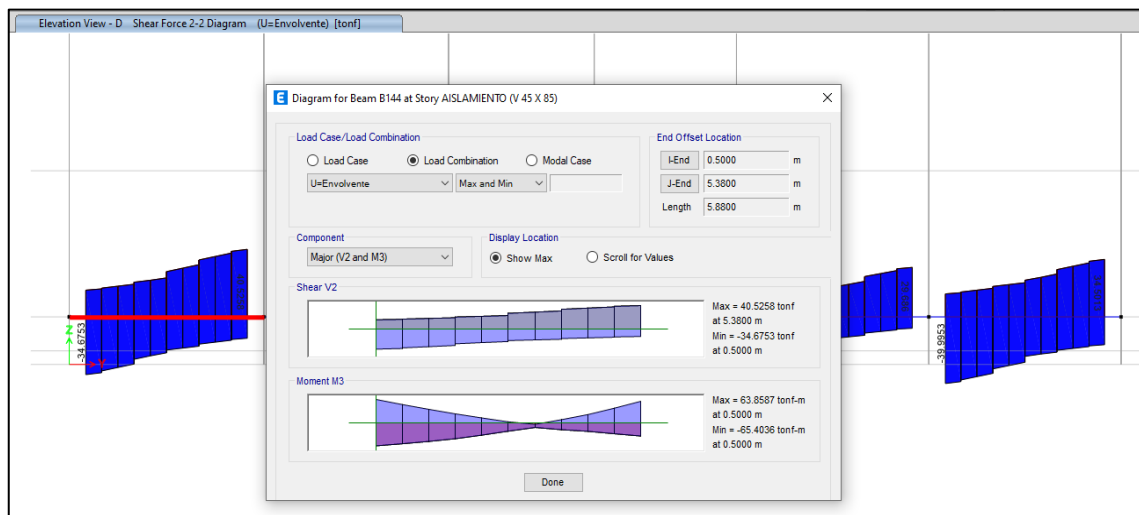
TRAMO 1											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	0	MU(+)	65.4	MU(-)	0	MU(+)	12.67	MU(-)	60.23	MU(+)	0
$\rho$	0.33%	$\rho$	0.67%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.61%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	11.86	As(+)	23.72	As(-)cm <sup>2</sup>	11.86	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	21.69	As(+)	11.86
TRAMO 2											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	48.69	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	9.3	MU(-)	44.17	MU(+)	0
$\rho$	0.49%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.44%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	17.26	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	11.86	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	15.57	As(+)	11.86
TRAMO 3											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	49.01	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	2.75	MU(-)	45.24	MU(+)	0
$\rho$	0.49%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.45%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	17.39	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	11.86	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	15.97	As(+)	11.86
TRAMO 4											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	44.68	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	2.93	MU(-)	47.76	MU(+)	0
$\rho$	0.44%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.48%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	15.76	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	11.86	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	16.91	As(+)	11.86
TRAMO 5											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	44.3	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	10.21	MU(-)	44.17	MU(+)	0
$\rho$	0.44%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.48%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	16.62	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	11.86	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	17.23	As(+)	11.86
TRAMO 6											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	59.1	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	12.5	MU(-)	65.31	MU(+)	0
$\rho$	0.60%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.67%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	21.25	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	11.86	As(+)	11.86	As(-)cm <sup>2</sup>	23.69	As(+)	11.86

Luego se realizó el diseño por fuerzas cortantes empleando las mismas combinaciones de carga sin reducir para la creación de la envolvente. La viga a diseñar se localiza en el eje D entre los ejes 1 y 2. La fig. N° 66 muestra los valores máximos obtenidos para fuerzas cortantes, alcanzando una fuerza máxima de 40.53 Ton tal y como se observa en la fig. N° 67. En este tramo se obtienen las

máximas solicitaciones por tal motivo se uniformizará estos resultados a los demás elementos. En la tabla N° 59 se muestra la memoria de cálculo para obtener el diseño de los estribos.



**Figura 66:** Diagrama de fuerzas cortantes máximas, ubicado en el eje D para el nivel de aislamiento.



**Figura 67:** Fuerza cortante máxima para diseño de estribos en vigas del nivel de aislamiento.

**Tabla 59:**  
*Cálculo de estribos en vigas del nivel de aislamiento*

<b>REFUERZO TRANSVERSAL REQUERIDO</b>		
<b>Parámetros iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Base de la Viga(Bw)	45.00	cm
Peralte de la Viga(h)	85.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diametro del Estribo	0.95	cm
Cortante Ultimo(Vu)	40.53	Tonf
Resistencia a la Fluencia del Acero(F <sub>y</sub> )	4200.00	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresion del Concreto(f <sub>c</sub> )	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Factor de Reducción para Cortante (ϕ)	0.85	
Peralte efectivo (d)	79.10	cm
Resistencia por Corte del Concreto(V <sub>c</sub> )	27.34	Tonf
Resistencia al Corte del acero transversal(V <sub>s</sub> )	20.34	Tonf



Valor Máximo del Aporte del Acero(Vs máx)	108.32	Tonf
Separacion de Estribos(S)	23.19	cm
Separacion Maxima de Estribos Según Norma	30.00	cm
Refuerzo Transversal Requerido por Corte(Av/S)	0.06	cm <sup>2</sup> /cm

### SEPARACIÓN DE ESTRIBOS

Parámetros iniciales	Valor	Unidad
Base de la Viga(Bw)	0.45	m
Peralte de la Viga(h)	0.85	m
Recubrimiento(re)	4	cm
Diametro del Estribo	0.95	cm
Diametro del Acero		
Long.	1.905	cm
Peralte efectivo d	0.79	m
Z confinamiento	1.7	m

### RESULTADO FINAL

1 @ 0.05 m

11 @ 0.15 m

Resto @ 0.30 m

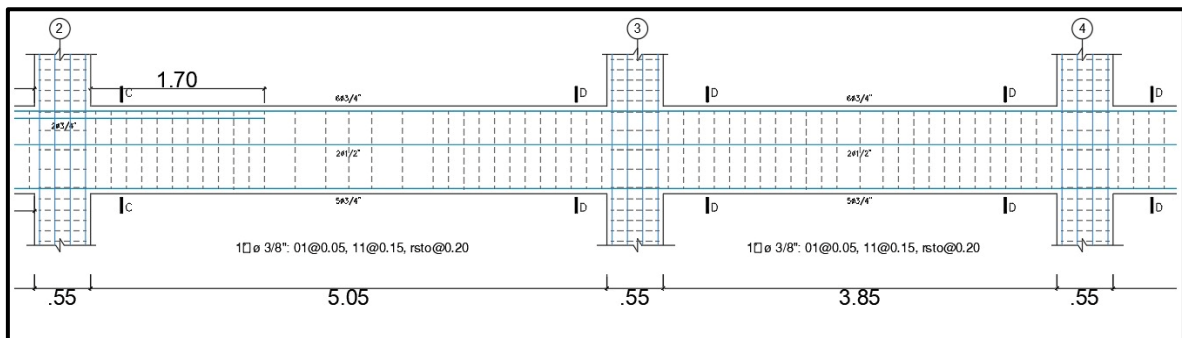


Figura 68: Elevación del eje "F" del la viga de subestructura.

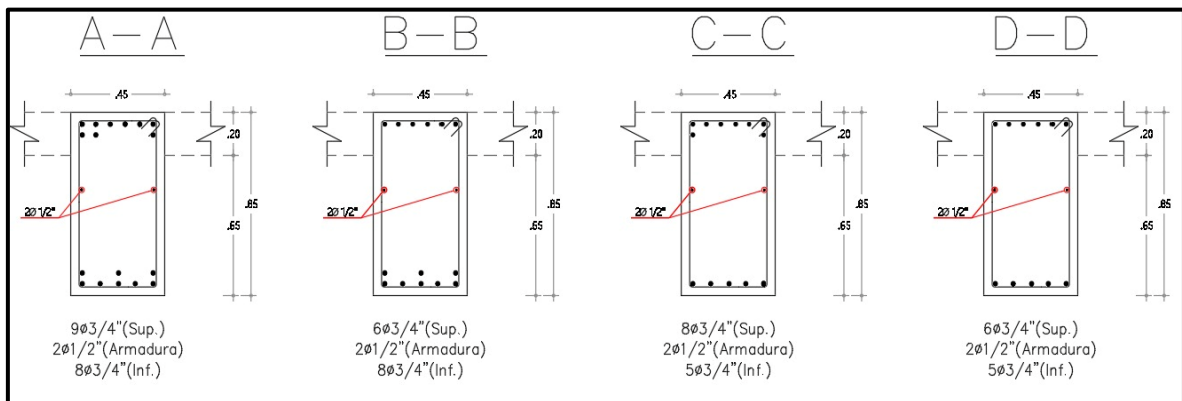
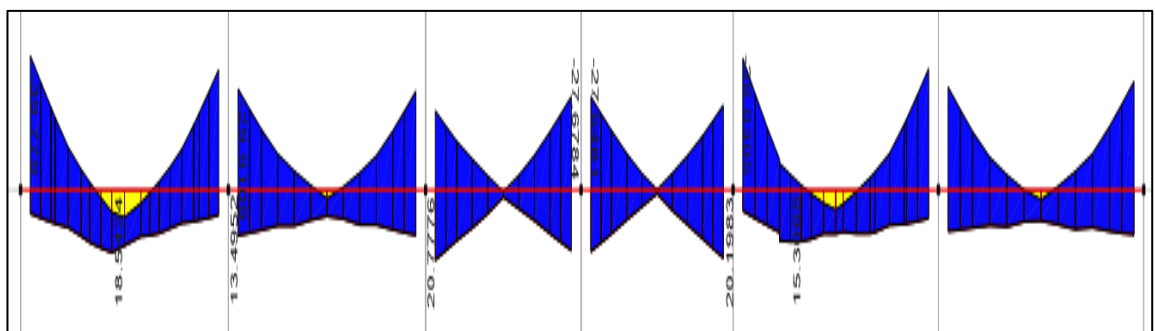


Figura 69: Corte de sección de elevación de viga de subestructura.

### 3.5.1.2. Vigas de superestructura

En la superestructura también se realizó el diseño por flexión, se obtuvieron los valores máximos del diagrama de momentos calculados por la envolvente para cargas sísmicas con un valor de  $R = 2$  tal y como se muestran en la fig. N° 70. Se obtuvo un momento máximo de 39.78 Ton.m. Se diseñó cada tramo de la viga según el valor de momento actuante por cada tramo. Cabe mencionar que el diseño de vigas se uniformizó para el resto de ejes en las vigas de la superestructura.



**Figura 70:** Diagrama de momentos flectores máximos, ubicados en el eje F del segundo nivel.

La Tabla N° 60 muestra el cálculo de las área de acero requeridas para cada momento actuante. En base a estos valores se calcularon los diámetros rqueridos para la viga de 35cm x 55cm los cuales fueron de 6 Ø 3/4” en la parte superior y 4 Ø 3/4 en la parte inferior”, el detallado de los aceros de refuerzo adicional se muestran en las fig. N° 73 y fig. N° 74. Cabe mencionar que para las vigas de la azotea se trabajó con la cuantía mínima obtenida debido a las bajas solicitaciones que se encontraron, se colocaron 3 varillas de Ø3/4 en la parte superior e inferior, cómo se muestra en las fig. N° 75 y fig. N° 76.

**Tabla 60:**

Área de acero obtenida para cada momento flector actuante en cada tramo de viga, ubicado en el eje F del segundo nivel.

TRAMO 1											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	0	MU(+)	39.78	MU(-)	0	MU(+)	16.45	MU(-)	35.63	MU(+)	0
$\rho$	0.33%	$\rho$	1.52%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.55%	$\rho$	1.32%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	5.73	As(+ )cm <sup>2</sup>	26.06	As(-)cm <sup>2</sup>	5.73	As(+ )cm <sup>2</sup>	9.47	As(- )cm <sup>2</sup>	22.71	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73
TRAMO 2											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	29.91	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	7.74	MU(-)	29.16	MU(+)	0
$\rho$	1.07%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	1.04%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	18.43	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73	As(-)cm <sup>2</sup>	5.73	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73	As(- )cm <sup>2</sup>	17.89	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73
TRAMO 3											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	23.41	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	2.09	MU(-)	27.65	MU(+)	0
$\rho$	0.81%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.98%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	13.94	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73	As(-)cm <sup>2</sup>	5.73	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73	As(- )cm <sup>2</sup>	16.83	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73
TRAMO 4											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	27.65	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	1.13	MU(-)	25.11	MU(+)	0
$\rho$	0.98%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.88%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	16.83	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73	As(-)cm <sup>2</sup>	5.73	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73	As(- )cm <sup>2</sup>	15.08	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73
TRAMO 5											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	39.03	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	13.02	MU(-)	35.9	MU(+)	0
$\rho$	1.48%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.43%	$\rho$	1.33%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	25.43	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73	As(-)cm <sup>2</sup>	5.73	As(+ )cm <sup>2</sup>	7.39	As(- )cm <sup>2</sup>	22.92	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73
TRAMO 6											
TERCIO IZQUIERDO				TERCIO CENTRAL				TERCIO DERECHO			
MU(-)	30.44	MU(+)	0	MU(-)	0	MU(+)	9.12	MU(-)	32.13	MU(+)	0
$\rho$	1.09%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	0.33%	$\rho$	1.17%	$\rho$	0.33%
As(-)cm <sup>2</sup>	18.81	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73	As(-)cm <sup>2</sup>	5.73	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73	As(- )cm <sup>2</sup>	20.05	As(+ )cm <sup>2</sup>	5.73

Por último se realizó el diseño por fuerzas cortantes para las vigas de la superestructura empleando las mismas combinaciones de carga usadas para flexión para la creación de la envolvente como se muestra en la fib. N° 71. La viga a diseñar se localiza en el eje F entre los ejes 5 y 6. La fig. N° 72 muestra los valores máximos obtenidos para fuerzas cortantes, alcanzando una fuerza máxima

de 30.61 Ton. En este tramo se obtienen las máximas solicitaciones por tal motivo se uniformizará estos resultados. En la tabla N° 61 se muestra la memoria de cálculo para el diseño de los estribos.

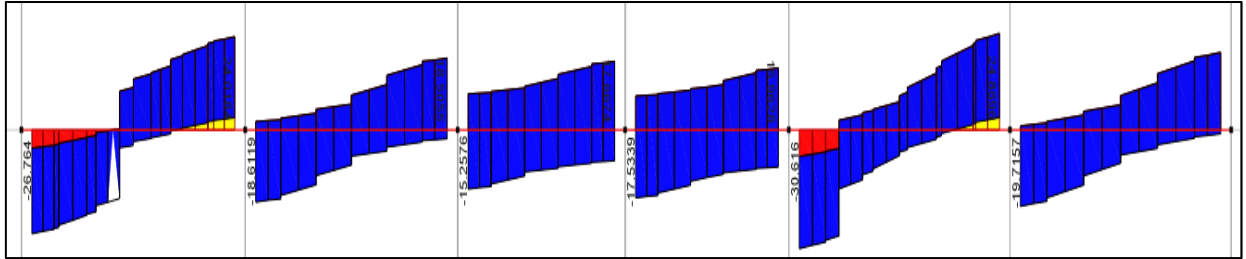


Figura 71: Diagrama de fuerzas cortantes máximas, ubicado en el eje F del segundo nivel.

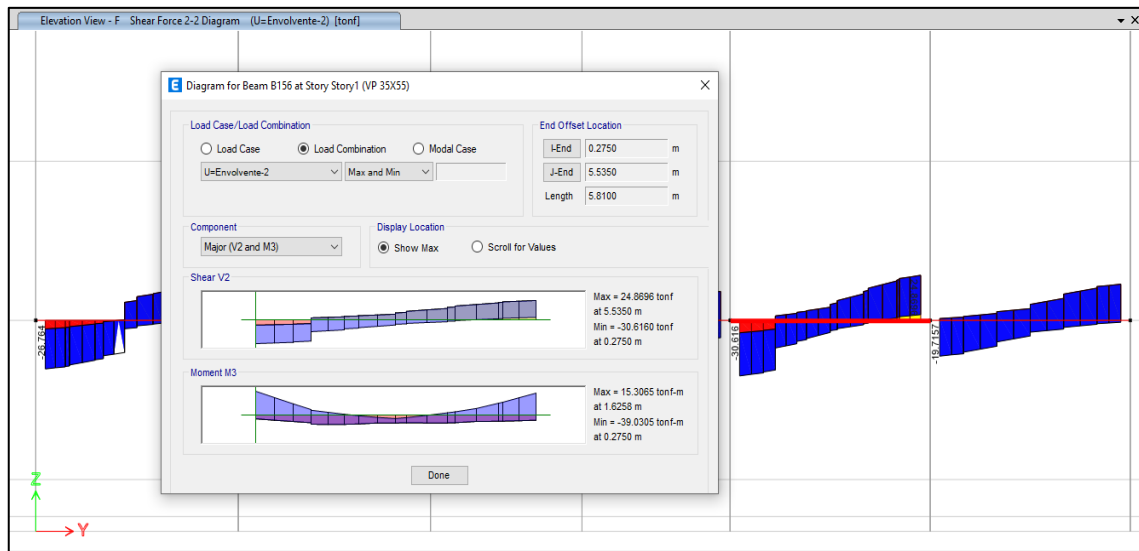


Figura 72: Fuerza cortante máxima para diseño de estribos en vigas de la superestructura.

**Tabla 61:**

*Cálculo de estribos en vigas del segundo nivel.*

<b>REFUERZO TRANSVERSAL REQUERIDO</b>		
<b>Parámetros iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Base de la Viga(Bw)	35.00	cm
Peralte de la Viga(h)	55.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diametro del Estribo	0.95	cm
Cortante Ultimo(Vu)	30.61	Tonf
Resistencia a la Fluencia del Acero(F <sup>y</sup> )	4200.00	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresion del Concreto(f'c)	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Factor de Reducción para Cortante (ø)	0.85	
Peralte efectivo (d)	49.10	cm
Resistencia por Corte del Concreto(Vc)	13.20	Tonf

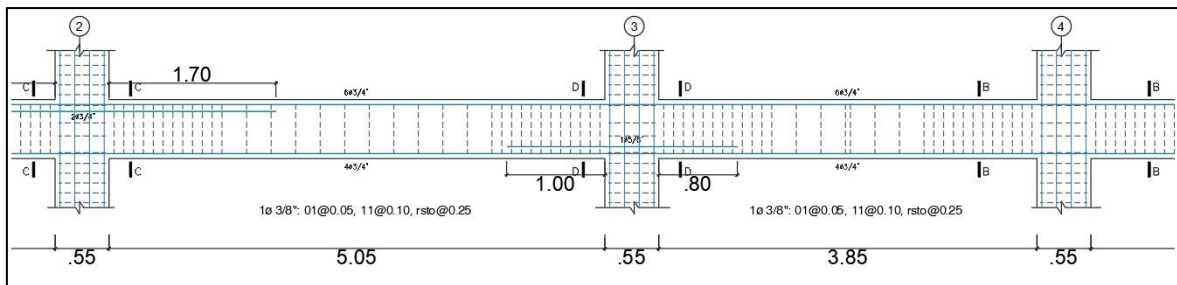
Resistencia al Corte del acero transversal( $V_s$ )	22.81	Tonf
Valor Máximo del Aporte del Acero( $V_s$ máx)	52.29	Tonf
Separación de Estribos(S)	12.84	cm
Separación Máxima de Estribos Según Norma	30.00	cm
Refuerzo Transversal Requerido por Corte( $A_v/S$ )	0.11	cm <sup>2</sup> /cm

### SEPARACIÓN DE ESTRIBOS

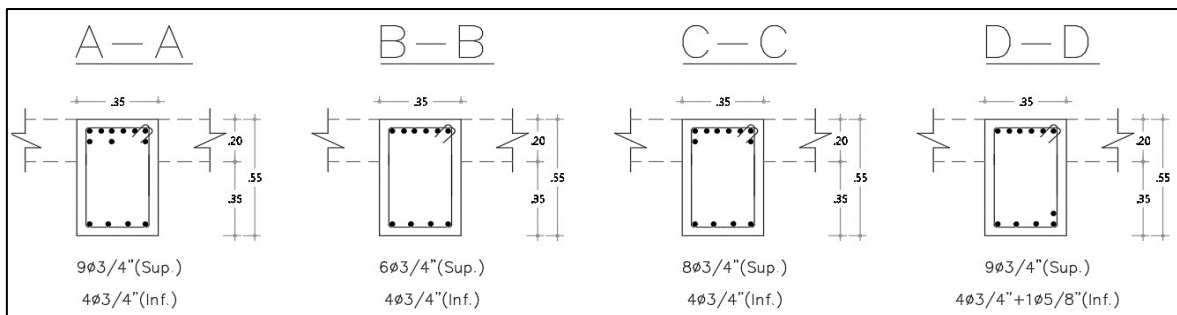
Parámetros iniciales	Valor	Unidad
Base de la Viga( $B_w$ )	0.35	m
Peralte de la Viga( $h$ )	0.55	m
Recubrimiento( $re$ )	4	cm
Diametro del Estribo	0.95	cm
Diametro del Acero Long.	1.905	cm
Peralte efectivo ( $d$ )	0.49	m
Z confinamiento	1.1	m

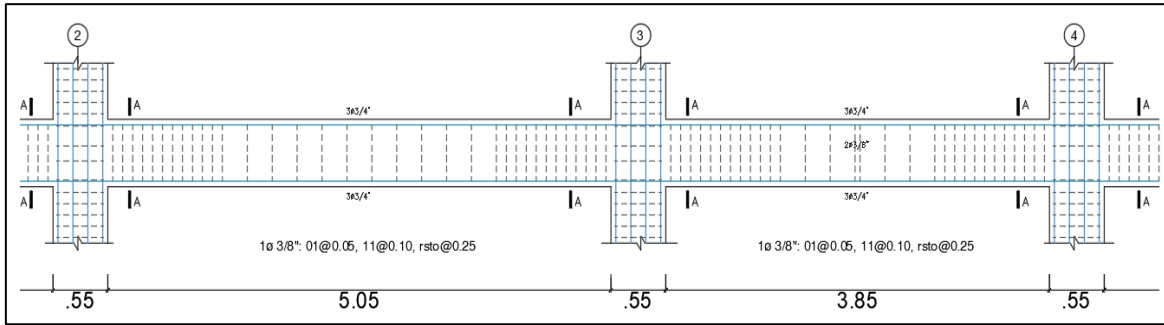
Separación final
1 @ 0.05 m
11 @ 0.10 m
Resto @ 0.25 m



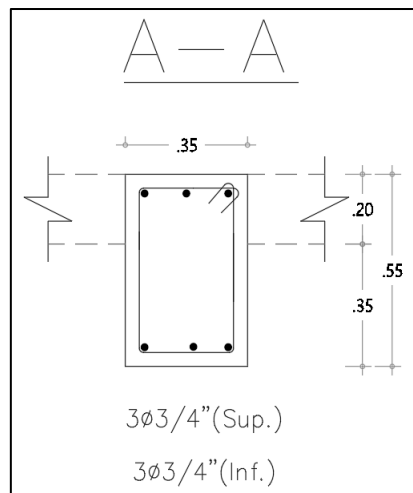
**Figura 73:** Elevación de viga de superestructura para el primer, segundo y tercer nivel de la edificación.



**Figura 74:** Corte de secciones de viga de superestructura para el primer, segundo y tercer nivel de la edificación



**Figura 75:** Elevación de viga de superestructura para el último techo de la edificación.

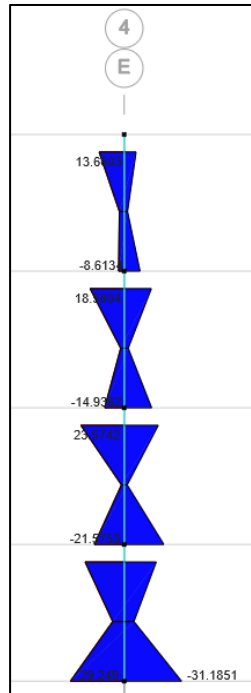


**Figura 76:** Corte de sección de viga de superestructura para el último nivel de la edificación.

### 3.5.2. Diseño de columnas

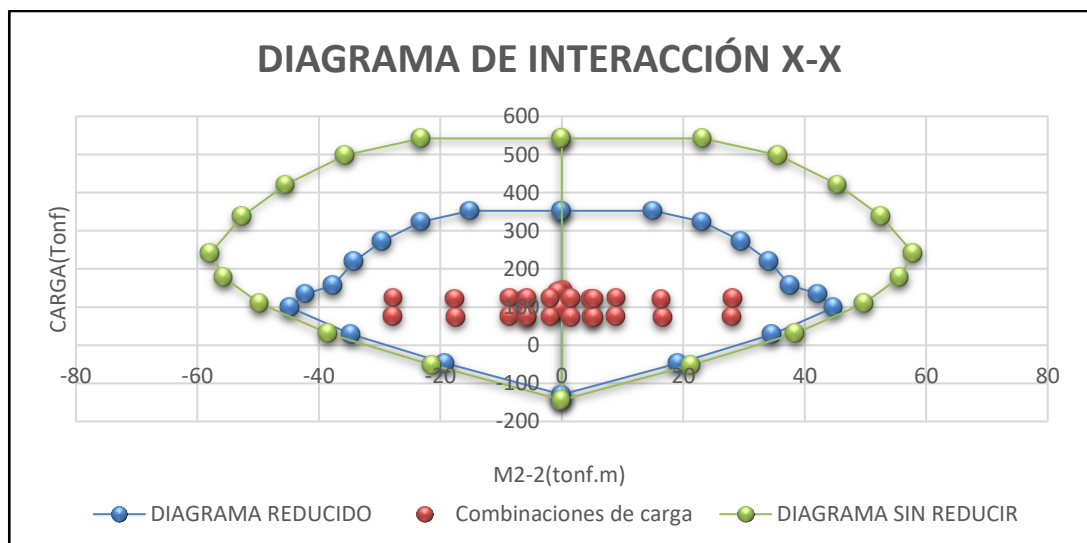
#### 3.5.2.1. Columnas Céntricas

Las columnas se diseñaron por flexo-compresión, de igual manera se seleccionaron las columnas que tengan las mayores solicitaciones en base a las combinaciones de cargas generados para un valor de  $R=2$ . La columna a diseñar se encuentra ubicada en la intersección del eje E y 4. En la fig. N° 77 se muestran los momentos flectores máximos para un elemento.

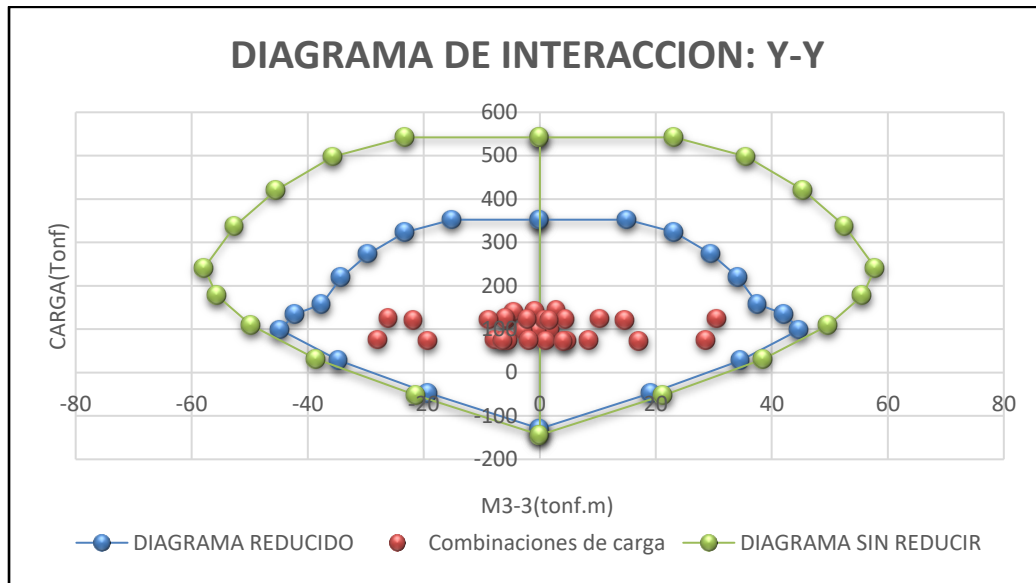


**Figura 77:** Columna central más crítica, ubicada en la intersección de los ejes E y 4.

Se obtuvo una sección reforzada con 12 barras de  $\varnothing 3/4''$  lo cual representa a una cuantía equivalente a 0.011. Posteriormente se verificó mediante un diagrama de interacción para determinar si se encuentran dentro de los límites establecidos. En la fig. N°78 y N° 79 se muestra el diagrama mencionado en la dirección X y Y. Las combinaciones de carga se encuentran dentro del contorno, por lo que las dimensiones y refuerzo propuesto es una combinación válida de usar.



**Figura 78:** Diagrama de interacción en X para la columna central ubicada en la intersección de los ejes E y 4.



**Figura 79:** Diagrama de interacción en Y para la columna central ubicada en la intersección de los ejes E y 4.

Para el diseño por cortante se consideró un diámetro de estribo de  $\varnothing 3/8''$ , De igual manera se trabajó con el mismo elemento diseñado por flexo-compresión para obtener la distribución final de los estribos. En la Tabla N° 62 se muestra la memoria de cálculo utilizada para el diseño y la separación final de estribos para una columna central.

**Tabla 62:**  
*Cálculo de estribos en columna central.*

Parámetros iniciales	Valor	Unidad
Longitud Menor de la Columna(Bw)	55.00	cm
Longitud Mayor de la Columna(h)	55.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diametro del Estribo	0.95	cm
Luz Libre de la Columna(L)	430.00	cm
Factor de Reducción para Cortante ( $\phi$ )	0.85	
Momento Nominal Ultimo Mayor(Mn)	49.73	Tonf.m
Carga Axial Ultima(Nu)	109.44	Tonf
Momento Nominal Ultimo en la parte Superior de la Columna	21.58	Tonf.m
Momento Nominal Ultimo en la parte Inferior de la Columna	31.19	Tonf.m
Area Bruta de la Columna(Ag)	3025.00	cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresion del Concreto( $f_c$ )	210.00	kg/cm <sup>2</sup>



Distancia a primera barra (d)	0.49	m
Resistencia por Corte del Concreto( $V_c$ )	26.10	Tonf
Cortante Última( $V_u$ )	12.27	Tonf
Cortante que Asumirá el Acero( $V_n$ )	14.44	Tonf

#### Separación de estribos

Parámetros iniciales	Valor	Unidad
Long. Menor de Columna( $B_w$ )	0.55	m
Long. Mayor de Columna(h)	0.55	m
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diametro del Estribo	0.95	cm
Diametro del Acero Long.	1.91	cm
Distancia a primera barra (d)	0.49	m
Luz Libre de la Columna(L)	4.30	m
	0.72	m
Zona de confinamiento	0.55	m
	0.50	m
	0.72	m

#### Separación final

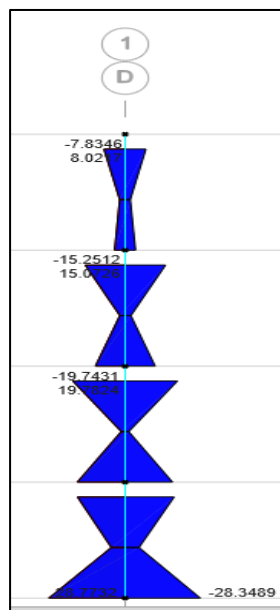
1 @ 0.05 m

6 @ 0.10 m

Resto @ 0.25 m

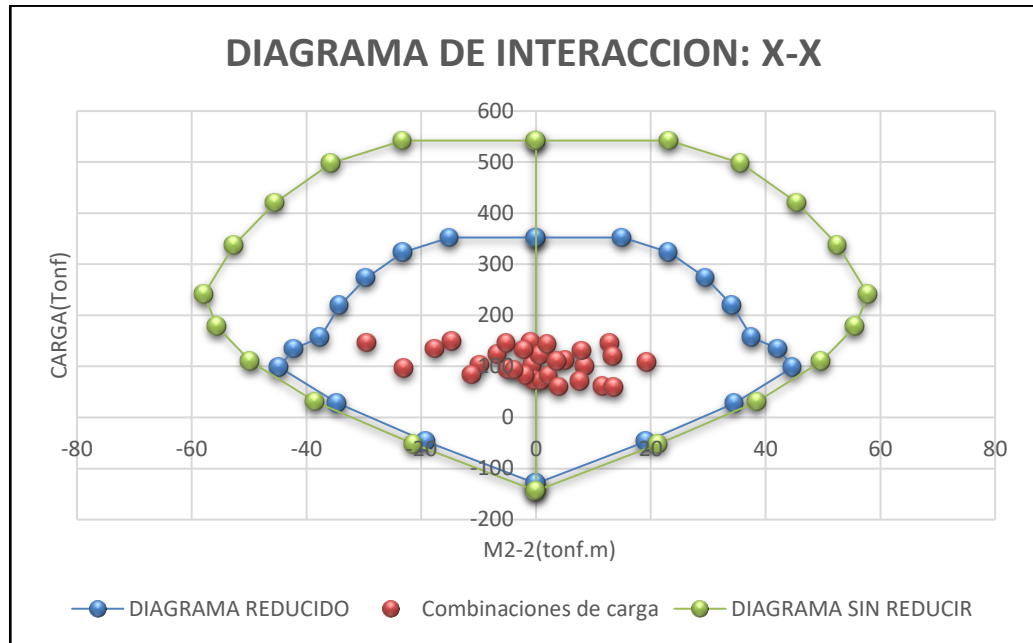
### 3.5.2.2. Columnas de Borde

La columna a diseñar se encuentra ubicada en la intersección del eje D y 1. En la fig. N° 80 se muestran los momentos flectores máximos para un elemento.

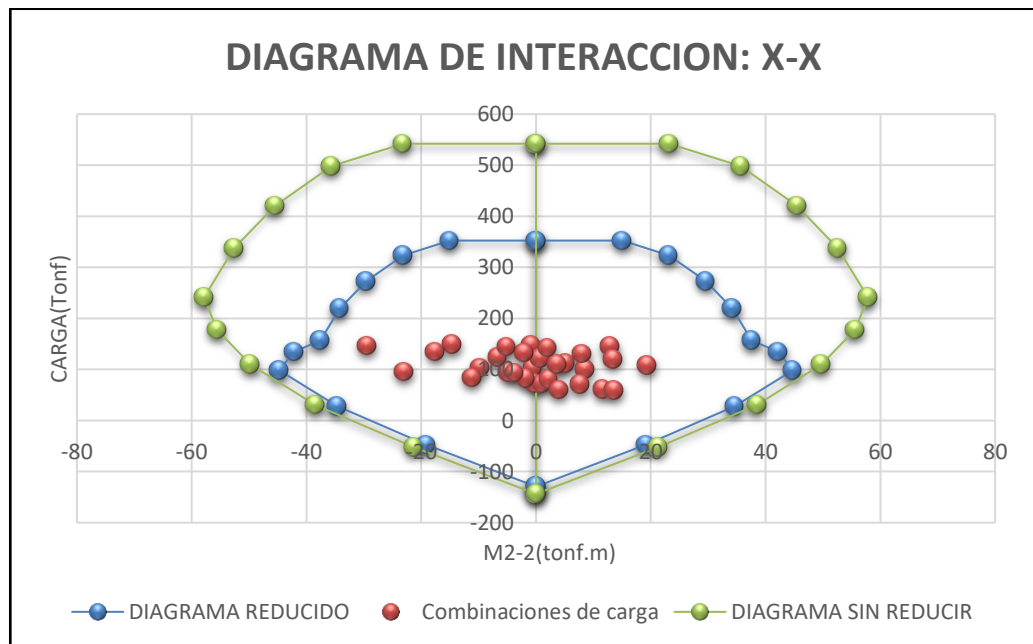


*Figura 80:* Columna de borde más crítica, ubicada en la intersección de los ejes D y 1.

Al igual que una columna centrada, el diseño cumplió con un refuerzo de 12 barras de  $\varnothing 3/4"$ . En la fig. N° 81 y N° 82 se muestra el diagrama de interacción en la dirección X y Y así como las combinaciones de carga dentro del conorno, lo que nos indica que el diseño es válido.



**Figura 81:** Diagrama de interacción en X para la columna de borde ubicada en la intersección de los ejes D y 1.



**Figura 82:** Diagrama de interacción en Y para la columna de borde ubicada en la intersección de los ejes D y 1.

Para el diseño por cortante se consideró un diámetro de estribo de  $\varnothing 3/8''$ . En la Tabla N° 63 se muestra la memoria de cálculo utilizada para el diseño y la separación final de estribos para una columna central. No se consideraron refuerzos adicionales ya que la separación de barras longitudinales no superan los 15 cm que nos indica la norma E.060.

**Tabla 63:**  
*Cálculo de estribos en columna de borde.*

<b>Parámetros iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Longitud Menor de la Columna(Bw)	55.00	cm
Longitud Mayor de la Columna(h)	55.00	cm
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diámetro del Estribo	0.95	cm
Luz Libre de la Columna(L)	430.00	cm
Factor de Reducción para Cortante ( $\phi$ )	0.85	
Momento Nominal Ultimo Mayor(Mn)	49.73	Tonf.m
Carga Axial Ultima(Nu)	109.44	Tonf
Momento Nominal Ultimo en la parte Superior de la Columna	18.47	Tonf.m
Momento Nominal Ultimo en la parte Inferior de la Columna	28.77	Tonf.m
Area Bruta de la Columna(Ag)	3025.00	cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresion del Concreto(f'c)	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Distancia a primera barra (d)	0.49	m
Resistencia por Corte del Concreto(Vc)	26.10	Tonf
Cortante Ultima(Vu)	10.99	Tonf
Cortante que Asumira el Acero(Vn)	12.92	Tonf
<b>Separación de estribos</b>		
<b>Parámetros iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Long. Menor de Columna(Bw)	0.55	m
Long. Mayor de Columna(h)	0.55	m
Recubrimiento(re)	4.00	cm
Diámetro del Estribo	0.95	cm
Diámetro del Acero Long.	1.91	cm
Distancia a primera barra (d)	0.49	m
Luz Libre de la Columna(L)	4.30	m
	0.72	m
Zona de confinamiento	0.55	m
	0.50	m
	0.72	m

---

**Separación final**

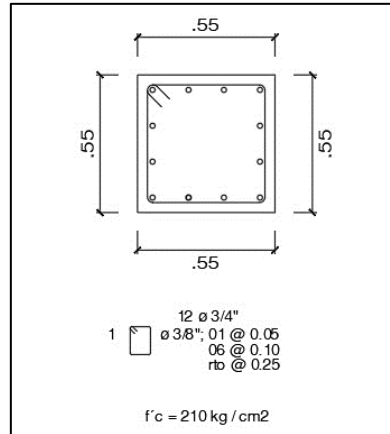
---

1 @ 0.05 m

6 @ 0.10 m

Resto @ 0.25 m

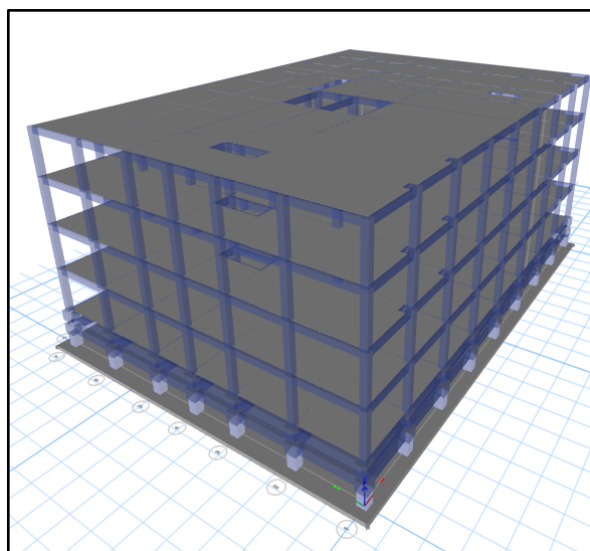
---



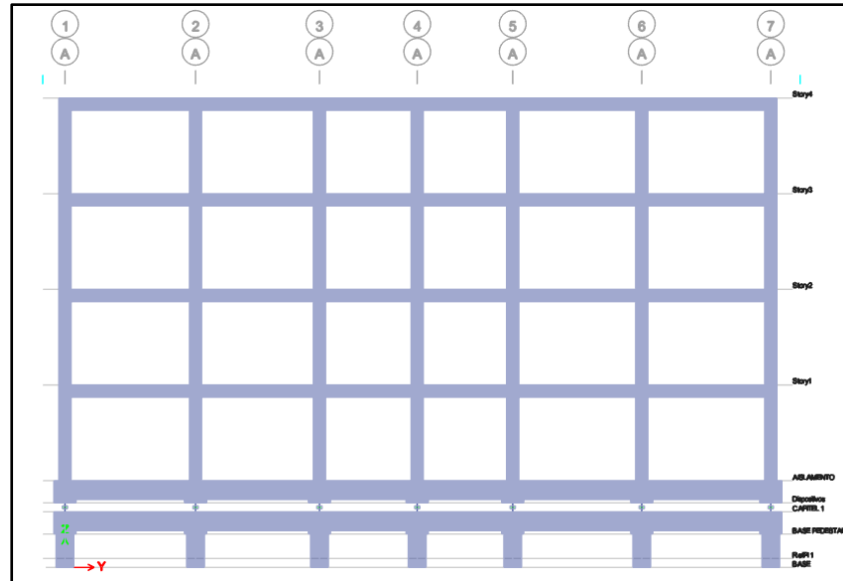
**Figura 83:** Detalle de Columna típica para toda la edificación.

### 3.6. Verificación de cimentación

Se implementó un modelo estructural para la cimentación considerando una platea de cimentación de 40 cm de altura. El análisis se realizó mediante un análisis dinámico espectral con un amortiguamiento del 5%, en este caso no se consideró el amortiguamiento de los aisladores ya que se analizará la subestructura. Además se consideraron elementos adicionales para la subestructura, tal y como se muestra en la fig. N° 84 y fig. N° 85.



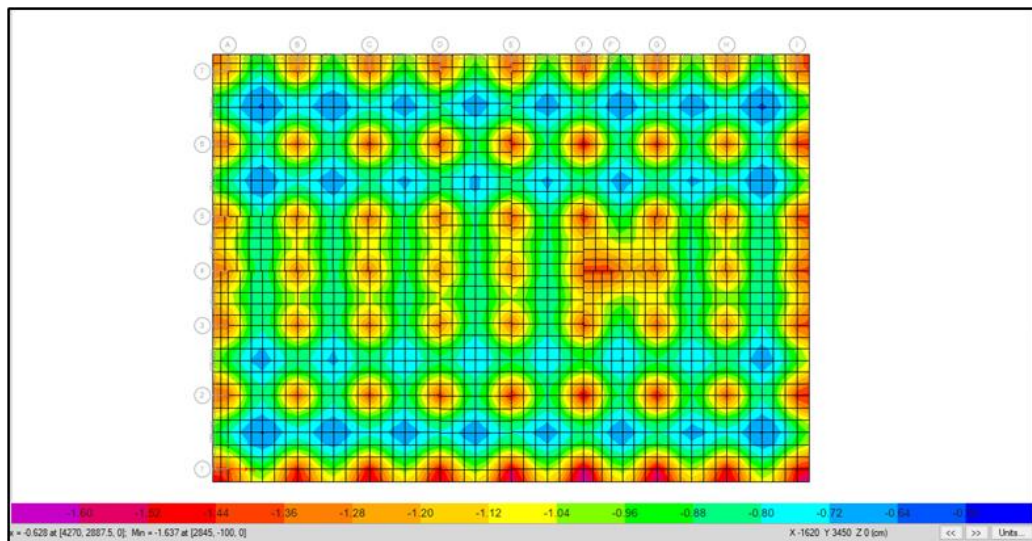
**Figura 84:** Modelo estructural con platea de cimentación.



**Figura 85:** Elevation tridimensional de portico principal en Etabs.

### 3.6.1. Cargas de servicio

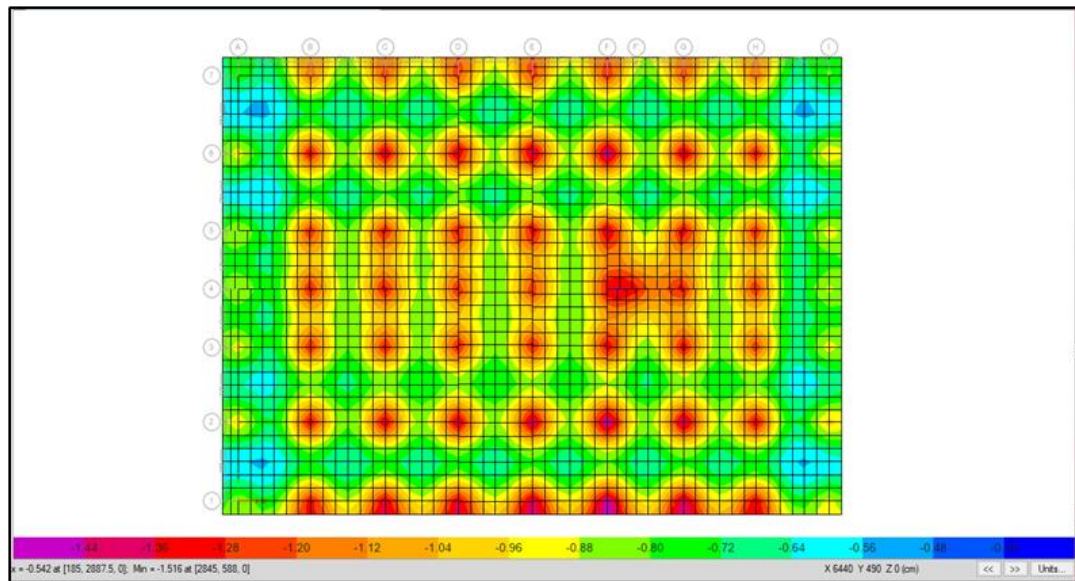
Se realizaron verificaciones en la platea de cimentación en interacción con los aisladores para cargas de servicio. Se obtuvo un esfuerzo máximo de 1.64 kg/cm<sup>2</sup> en los bordes de la platea y en las zonas centrales se obtuvieron presiones aproximadamente de 1.37 kg/cm<sup>2</sup>. En la fig. N° 86 se muestran los esfuerzos totales de la platea sometida a cargas de servicio.



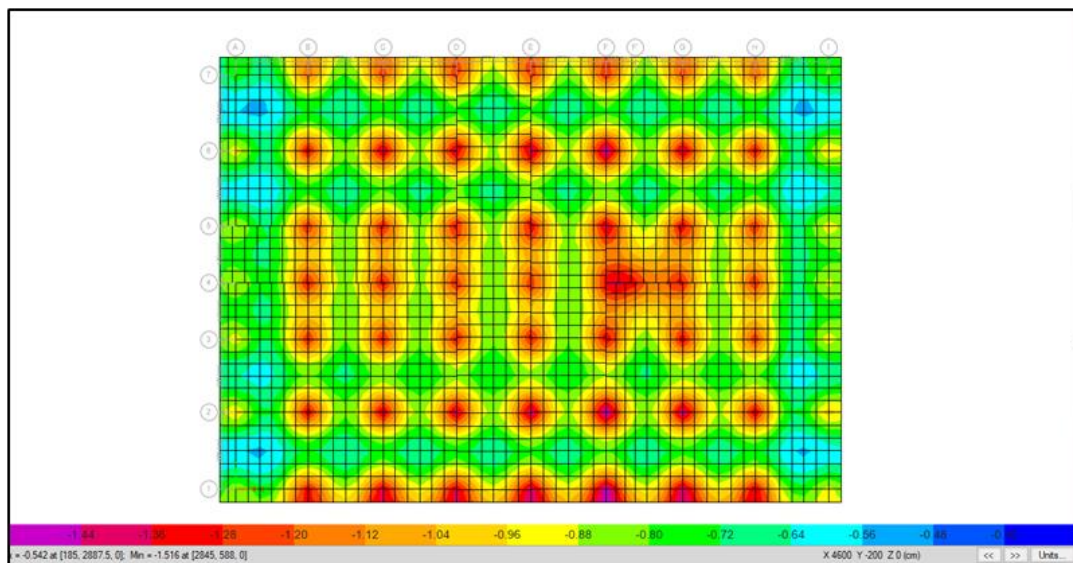
**Figura 86:** Verificación de presiones CS1: 1D+1L en Platea de cimentación.

### 3.6.2. Carga sísmica en la dirección X

Luego, se obtuvieron presiones con cargas sísmicas para la dirección X en ambos sentidos. Obteniendo un esfuerzo máximo de 1.52 kg/cm<sup>2</sup> en las zonas de borde. Mientras que para las zonas de centrales se obtuvo un esfuerzo promedio de 1.38 kg/cm<sup>2</sup>. En la fig. N° 87 y fig. N° 88 se muestra el rango de presiones obtenidos para el caso de carga en la dirección Y en ambos sentidos.



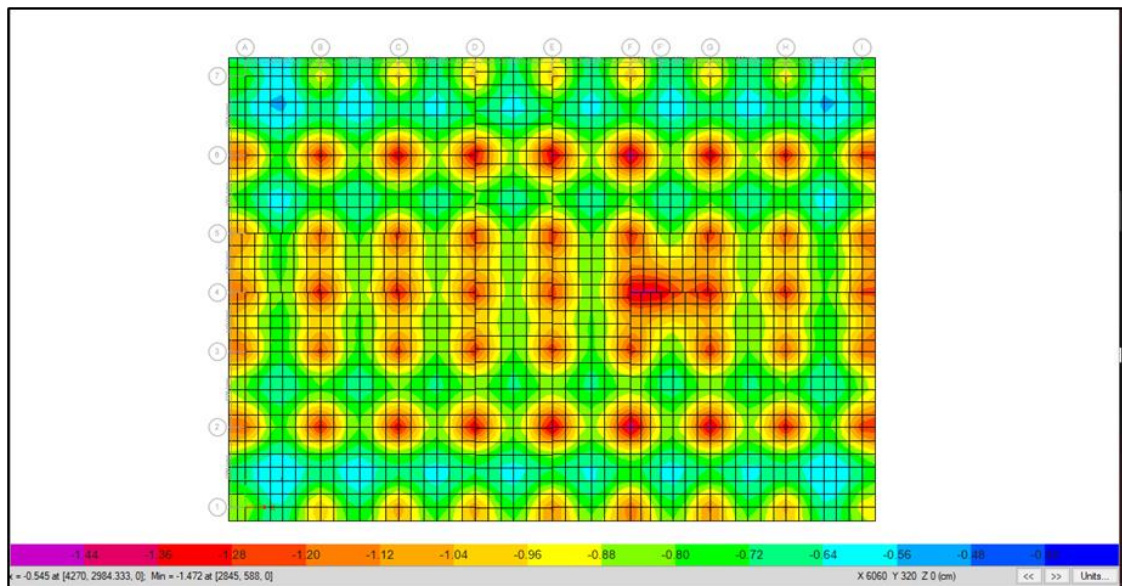
**Figura 87:** Verificación de presiones CS2: 1D+1L+0.8SX en Platea de cimentación.



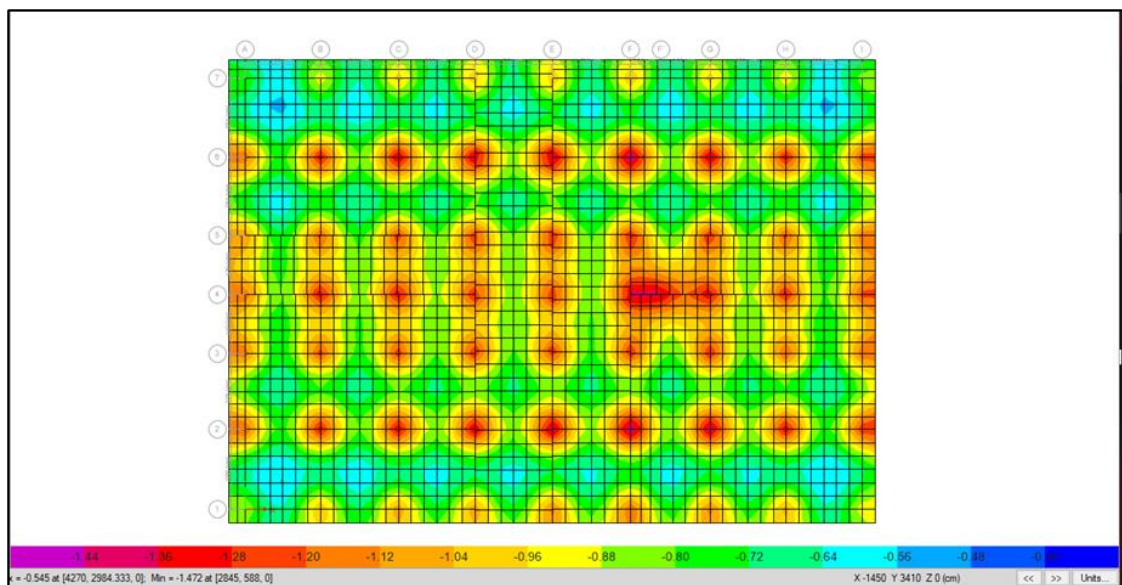
**Figura 88:** Verificación de presiones CS2: 1D+1L-0.8SX en Platea de cimentación.

### 3.6.3. Carga sísmica en la dirección Y

Por último, se obtuvieron presiones con cargas sísmicas para la dirección Y en ambos sentidos. Obteniendo un esfuerzo máximo de 1.47 kg/cm<sup>2</sup> en las zonas centrales. Mientras que para las zonas de borde se obtuvo un esfuerzo promedio de 1.02 kg/cm<sup>2</sup>. En la fig. N° 89 y fig. N° 90 se muestra el rango de presiones obtenidos para el caso de carga en la dirección Y en ambos sentidos.



**Figura 89:** Verificación de presiones CS2: 1D+1+0.8SY en Platea de cimentación.



**Figura 90:** Verificación de presiones CS2: 1D+1-0.8SY en Platea de cimentación.

## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Limitaciones

La presente investigación tiene limitaciones esencialmente de tiempo, esto repercute en la elaboración de los estudios básicos de ingeniería, ya que son una serie de ensayos suelo, topografía, etc. Lo cual no se realizaron por un tema de plazos establecidos, sin embargo, se optó por considerar estudios existentes que justifican las bases del diseño obtenido. Además otro factor a tomar en consideración es la limitante de un computador avanzado para generar un análisis no lineal pushover, lo cual es recomendable en este tipo de estructuras.

### 4.2. Discusiones

- El diseño sísmico del establecimiento de salud implementado con aisladores sísmicos LRB, nos muestra mediante su comportamiento modal la influencia de estos dispositivos en la dinámica de la estructura, ya que se puede notar con claridad como la mayoría del desplazamiento generado por las cargas laterales son absorbidos por la flexibilidad de cada unidad de aislación, esto nos da un alcance inicial de la capacidad de estos elementos para reducir significativamente el daño de la estructura, de esta manera se garantiza la prevalencia de los ocupantes así como la conservación de los equipamientos en un establecimiento de salud, por consecuente las pérdidas económicas se reducen significativamente. Comprobando así lo mencionado por (Leyton, 2017), donde menciona que la implementación de dispositivos de aislamiento mejoran ampliamente el comportamiento dinámico de una estructura de concreto armado, además hace énfasis en la reducción de costos de manera directa en la subestructura y de manera



indirecta en la superestructura debido al ahorro de los materiales por las bajas sollicitaciones sísmicas.

- Con respecto al diseño de la distribución arquitectónica de un establecimiento de salud Covid 19; en primer lugar se cumple con las indicaciones y recomendaciones dadas por los especialistas en la selección y filtrado de las Unidades Prestadoras de Servicios de Salud junto a sus respectivos servicios complementarios de los mismos; además de los lineamientos dados por las Normativas Minsa N° 021 y N° 110. Se evidencia el enfoque en la separación controlada de la circulación de personal y pacientes, adicionalmente que el personal profesional y de servicio estaría en constante desinfección. Este establecimiento cumple y respeta en su totalidad las dimensiones mínimas y criterios básicos dados por las normativas antes mencionadas; además de implementar servicios complementarios para un completo desarrollo de todo el establecimiento.
- El predimensionamiento de los elementos estructurales horizontales y verticales más importantes de esta edificación demuestran que en el caso de columnas al ser analizadas por gravedad, arrojan valores mucho menores a los que se ha trabajado, sin embargo para dar una mayor rigidez a la edificación se optó por uniformizar las 64 columnas a dimensiones de 0.55m x 0.55m. En el caso de la losa aligerada; al contar con una luz libre de 5.50m en el lado más largo y para no generar exceso de carga muerta y un espesor de losa mayor a 20cm; se optó por utilizar una losa aligerada en dos direcciones.
- Los resultados indican que la incorporación de aisladores elastoméricos LRB aumentaron aproximadamente 4 veces más el periodo de vibración natural de la estructura convencional de base aislada, esto sucede por la flexibilización en la

base que aportan estos dispositivos, generando mayores desplazamientos laterales y reduciendo considerablemente las sollicitaciones sísmicas debido al aumento del amortiguamiento. La reducción de fuerzas sísmicas genera menor área de acero en el diseño de los elementos estructurales. Comprobando así lo indicado por (Tocto, 2018) y (Herrera 2018), lo cual menciona que el sistema de aislamiento aumenta el periodo efectivo de la estructura, debido a la flexibilización en la base, lo cual genera que las fuerzas laterales se reduzcan, por consiguiente, afirman que la reducción de estas fuerzas reduce la cuantía de acero empleado en el diseño de los elementos estructurales en comparación con una estructura de base fija.

- El análisis tiempo historia realizado con 7 pares de registro nos da como resultado distorsiones que varían según los parámetros bilineales que se implementen, es decir, para un análisis con propiedades nominales se obtienen derivas hasta de 3.01‰ en X y 3.26‰ en Y, sin embargo cuando se amplifican los valores de rigidez post-fluencia ( $K_d$ ) y resistencia característica ( $Q_d$ ) en un 30% las distorsiones aumentan hasta 3.71‰ en X y 4.47‰ en Y, estas verificaciones son requeridas según la Norma E.031 ya que considera diferentes situaciones en las que podrían verse afectadas las propiedades de los dispositivos según el medio donde se encuentren. Los resultados finales según el cambio de las propiedades mediante el análisis tiempo historia se pueden observar en la tabla N°08. (Ramos, 2018) obtuvo valores en derivas de 2.20‰ en el eje x, y 2.55‰ en el eje y, sin embargo estos resultados solo se calcularon mediante un análisis dinámico espectral, lo cual tiene sollicitaciones menores a un análisis tiempo historia, de igual manera nos dan valores cercanos si tomamos en cuenta solo elementos de aislamiento con propiedades nominales. Como se mencionó anteriormente, la flexibilización en los aisladores elastoméricos genera un aumento en los

desplazamientos laterales, esto se ve reflejado en los resultados obtenidos para la junta de separación, para lo cual se implementó en las propiedades de los dispositivos un modelo bilineal reduciendo en un 20% la rigidez post fluencia y la resistencia característica tal como indica la Norma E.031. De esta manera se aumentaron los desplazamientos en un 6% en X y 3% en Y.

- El diseño de los elementos estructurales nos muestra la incidencia del aislamiento en la reducción de cuantías, ya que las secciones se diseñaron con el porcentaje mínimo que indica la norma y luego que se verificaron en el diagrama de interacción comprobamos que se encuentra dentro de los límites reducidos, cabe mencionar que el sistema es aporticado por lo tanto las columnas son los únicos elementos que absorben la mayor fuerza cortante transmitida a la superestructura. En un diseño convencional se hubiera esperado una demanda importante de acero longitudinal y transversal, esto nos demuestra la reducción de solicitaciones sísmicas con la implementación de los dispositivos de aislamiento LRB. Se comprueba con esto lo mencionado por (Tocto, 2018), lo cual obtiene reducciones de cortante basal para el modelo con aisladores sísmicos, esto comprueba la reducción en el área de acero para vigas y columnas.
- La verificación en la platea de cimentación se generó para cargas de servicio y sísmicas. En este análisis se consideró un espectro sin reducción y con un amortiguamiento del 5%, ya que el amortiguamiento calculado para la superestructura lo proporcionan los aisladores sísmicos más no se aplica para analizar la subestructura. Se obtuvo valores para las presiones del suelo mayores a las admisibles indicadas por el estudio de microzonificación para la ciudad de Trujillo, sin embargo el estudio indica una profundidad de desplante no mayor a 1 metro, lo cual no corresponde a la profundidad calculada para la platea de

cimentación teniendo una diferencia de 3.40 metros. Por consiguiente tomando como principio que la profundidad de cimentación mejora las condiciones de terreno podemos aceptar las dimensiones tomadas para la platea.

### **4.3. Implicancias**

La implicancia de la presente investigación en la rama de Estructuras, es que sirve a futuro como una guía de procedimientos y referencias que pueden aplicarse a proyectos reales o de investigación. Actualmente en el Perú el sistema de aislamiento sísmico va tomando relevancia en el sector salud, por tal motivo la presente investigación tiene relación directa en la comprensión y aplicación de la Norma E.031 aplicada a proyectos hospitalarios que buscan salvaguardar vidas y reducir daños tanto en infraestructura como en equipamiento.

### **4.4. Conclusiones**

- Se determinó el diseño sísmico de un establecimiento covid-19 con aisladores LRB tomando como base teórica la norma E.031 concluyendo que la implementación de estos dispositivos aumenta el amortiguamiento de la estructura, por consiguiente las fuerzas sísmicas se reducen obteniendo así un diseño más óptimo en los elementos estructurales, además se tiene un mejor control de las derivas debido al comportamiento como bloque rígido que adopta la edificación con la incorporación de este sistema.
- Se realizó el diseño de la planta arquitectónica de la edificación para un uso de “Establecimiento de Salud” con 4 piso 4.30m de entrepisos, con un área rectangular de 1484.28 m<sup>2</sup>, con 46.00 m en su lado más largo y 32.28 m en su lado más corto, el cual está ubicado en la ciudad de Trujillo. Se concluyó que cuenta con 12 Unidades Prestadoras de Servicios de Salud (UPSS) distribuidas siguiendo los lineamientos de la Norma técnica de salud N° 110-MINSA, en el

primer nivel se ubican las UPSS de Consulta Externa, Emergencia, Farmacia y, Morgue y Crematorio; en el segundo nivel, las UPSS de Diagnóstico por imágenes, Centro quirúrgico, Patología Clínica y Laboratorio; en el tercer nivel las UPSS de Unidad de cuidados intensivos y, Nutrición y dietética. Por último, en el cuarto nivel se distribuirán las UPSS de Hospitalización y Administración. Además, cuenta con 3 ascensores y 2 escaleras principales. Cada UPSS cuenta con los ambientes principales necesarios para un brindar un servicio completo, eficiente y de calidad frente a la pandemia COVID-19 los cuales son detallados en la tabla N° 65 (UPSS de Consulta externa), tabla N° 66 (UPSS de Emergencia), tabla N° 67 (UPSS de Farmacia), tabla N° 68 (UPS de Morgue y crematorio), tabla N° 69 (UPSS de Diagnóstico por imágenes), tabla N° 70 (UPSS de Centro quirúrgico), tabla N° 71 (UPSS Central de esterilización), tabla N° 72 (UPSS Patología clínica), tabla N° 73 (UPS de Lavandería), tabla N° 74 (UPSS de Unidad de Cuidados Intensivos), tabla N° 75 (UPSS de Nutrición y dietética), tabla N° 76 (UPSS de Hospitalización) y tabla N° 77 (UPS de Administración).

- Se realizó el predimensionamiento de los principales elementos estructurales tanto verticales como horizontales, obteniendo un total de 64 columnas desde el nivel de aislamiento hasta la azotea con dimensiones de 0.55m x 0.55m; a la vez, se obtuvieron vigas de 0.45m de ancho con 0.85m de peralte para el nivel de aislamiento tanto para en la dirección “X” como en “Y”; sin embargo, para los otros 04 niveles se obtuvo vigas de 0.30m de ancho con 0.55m de peralte para ambas direcciones. También, se predimensionaron las losas aligeradas bidireccionales debido a su luz libre un espesor de 0.20m.
- Se realizó el predimensionamiento geométrico de las unidades de aislamiento obteniendo un diámetro total de 70 cm, con una altura total de 50 cm y un núcleo

de plomo de 12 cm. Además se calcularon las propiedades nominales bilineales obteniendo valores de rigidez inicial, rigidez post-fluencia y resistencia característica equivalente a 468.08 Tn/m, 46.81 Tn/m y 5.69 Tn respectivamente.

- Se obtuvieron las solicitaciones de diseño del sistema de aislamiento y superestructura en base a un análisis dinámico tiempo historia empleando 7 pares de registros y 2 casos de carga lateral para cada sismo. La fuerza lateral del sistema de aislamiento obtenido es de 2071.55 Ton para la dirección X y 2071.07 Ton para la dirección Y. De igual manera se calcularon las fuerzas cortantes reducidas con  $R = 2$  en la superestructura obteniendo valores de 921.36 ton en la dirección X y 911.33Ton en la dirección Y. Cabe mencionar que dichos valores fueron obtenidos considerando parámetros del límite superior indicados en la norma E.031.
- Se realizó el diseño de vigas para flexión y cortante, los cálculos realizados se hicieron para vigas del nivel de aislamiento y para la superestructura. Los resultados obtenidos para el nivel de aislamiento fueron de 6 Ø 3/4" en la parte superior y 5 Ø 3/4" en la parte inferior, mientras que para los niveles de la superestructura se obtuvo 6 Ø 3/4" en la parte superior y 4 Ø 3/4" en la parte inferior, y en el caso de la azotea se trabajó con una cuantía mínima obteniendo así 3 Ø 3/4" en la parte superior y 3 Ø 3/4" en la parte inferior; cabe mencionar que los aceros de refuerzo adicional en cada nudo se muestran a detalle en la fig. N° 69. También se calculó la separación de estribos, se obtuvo 1 Ø 3/8 a 0.05m, 11 Ø 3/8 a cada 0.15m y el resto a cada 0.30m para las vigas del nivel de aislamiento; mientras que para las vigas en la superestructura se obtuvo 1 Ø 3/8 a 0.05m, 11 Ø 3/8 a cada 0.15m y el resto a cada 0.25m. La distribución del acero transversal se puede verificar en las secciones mostradas en las fig. N° 64 y fig.

N° 74. También se realizó el diseño a flexocompresión en columnas obteniendo 12 Ø 3/4 para el acero longitudinal mientras que para el acero transversal se obtuvo 1 Ø 3/8 a 0.05m, 6 Ø 3/8 a cada 0.10m y el resto a cada 0.25m; el acero de refuerzo final se muestra en la fig. N° 76.

- Se verificó el comportamiento de los aisladores sísmicos sobre una platea de cimentación para 5 combinaciones de carga diferente, obteniendo un esfuerzo máximo de 1.64 kg/cm<sup>2</sup> con cargas de servicio, 1.52 kg/cm<sup>2</sup> para combinaciones con carga sísmica en la dirección X y 1.47 kg/cm<sup>2</sup> para combinaciones en la dirección Y. Estos valores se obtuvieron en base a un modelo implementado con vigas de 45cm x 85cm en la subestructura así como un pedestal de 1.50m que conecta con la platea de cimentación.

#### 4.5. Recomendaciones

- Se recomienda realizar una investigación de costo beneficio para implementar estos dispositivos en edificaciones no esenciales, donde se evalúe el porcentaje de influencia dentro del valor presupuestal.
- Se recomienda realizar un diseño por desempeño a las edificaciones con aislamiento sísmico, ya que en esta metodología se considera el comportamiento no lineal de los elementos, obteniendo un mejor resultado con respecto a la operatividad después de un sismo para la estructura en análisis.
- Se recomienda realizar investigaciones sobre el comportamiento de los aisladores elastoméricos para estructuras irregulares tanto en planta como en altura, debido que en algunos casos la configuración estructural de una edificación no puede modificarse por temas arquitectónicos, en esos casos se opta por trabajar con geometrías irregulares en las que se pueda ver afectado el comportamiento de la estructura.

## REFERENCIAS

- Bazán, E., y Meli, R. (2003). *Diseño sísmico de edificios. México*. Recuperado de [https://www.academia.edu/36401028/Diseno\\_Sismico\\_de\\_Edificios\\_Bazan\\_y\\_Meli](https://www.academia.edu/36401028/Diseno_Sismico_de_Edificios_Bazan_y_Meli)
- Ferrero, J., y Pirrone, A. (2018). Diseño sismorresistente de sistemas duales de concreto reforzado basado en el diseño por desempeño. Universidad Católica Andrés Bello. Recuperado de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT6442.pdf>
- Herrera, M. (2017). Desempeño sísmico en estructuras aporticadas de concreto armado y de albañilería confinada utilizando aisladores elastoméricos. *International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 8, 1-8. Doi: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.204>
- Herrera, M. (2018). Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso. *Universidad de Piura (Tesis de licenciatura)*. Recuperado de: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3246>
- Leyton, B. (2017). Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en Lima, Perú (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8648/LEYTON\\_MICHAEL\\_AISLADORES\\_SISMICOS\\_EDIFICIO\\_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8648/LEYTON_MICHAEL_AISLADORES_SISMICOS_EDIFICIO_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Marianella, C. (2016). *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras. Caracas-Venezuela*. Recuperado de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1213>.



- Mayhua, J. (2018). Diseño estructural por desempeño sísmico de un edificio de 5 pisos en el distrito de Ascensión, provincia de Huancavelica. Universidad Continental. Recuperado de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4989>
- Mestanza, J. (2015). Análisis de una edificación mediante un sistema propuesto de aislamiento sísmico del tipo péndulo friccional (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma. Recuperado de [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2372/mestanza\\_ja.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2372/mestanza_ja.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MINSA. (2011). *Manual de habilitación de establecimientos proveedores de servicios de salud. Managua*. Recuperado de [https://www.paho.org/nic/index.php?option=com\\_docman&view=download&category\\_slug=documentos-proyecto-holanda&alias=587-indicador-12-manual-habilitacion-minsa-hss&Itemid=235](https://www.paho.org/nic/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=documentos-proyecto-holanda&alias=587-indicador-12-manual-habilitacion-minsa-hss&Itemid=235)
- Montoya, J. (2010). Análisis sísmico de un edificio con aislamiento en la base (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [http://oa.upm.es/3775/1/TESIS\\_MASTER\\_JORGE\\_OLMEDO\\_MONTOYA\\_VALLECILLA.pdf](http://oa.upm.es/3775/1/TESIS_MASTER_JORGE_OLMEDO_MONTOYA_VALLECILLA.pdf)
- Paredes, M. (2016). Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620673/?sequence=1>
- Pérez, J. (2013). Diseño sísmico resistente por desempeño y sus efectos en el comportamiento estructural (Tesis de pregrado). Universidad técnica de Ambato

(Tesis de pregrado). Recuperado de:

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6524>

Ramos, A. (2018). Análisis y diseño de una clínica haciendo uso de aisladores sísmicos en su base (Tesis de bachiller). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,

.Recuperado de

<http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7184/ICrachad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz, J. (2017). Desempeño sísmico de tres geometrías en edificios de cinco niveles por el método no lineal en el Perú en el año 2017. Universidad César Vallejo

Sánchez, A. B., Terán, A. G. (2007). Diseño por desempeño de estructuras dúctiles de concreto reforzado ubicadas en la zona del lago del distrito federal: ejemplo de aplicación. Revista de Ingeniería Sísmica, 23, 1-25.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n78/n78a3.pdf>

Sinisterra, Helmer. (2017). Determinación del desempeño sísmico para edificios en pórticos de concreto reforzado diseñados bajo la norma de diseño sísmico resistente

C.C.C.S.R.84. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de

[http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/8741/Determinacion\\_desempe%C3%B1o\\_sismico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/8741/Determinacion_desempe%C3%B1o_sismico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tocto, S. (2018). Desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos LRB para uso esencial (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21288>.

Trujillo, E. (2017). Diseño integral de estructuras con sistema de aislación sísmica aplicado a un edificio de concreto armado (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de


<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4108/Trujillo%20Benito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vergara, V. (2014). Análisis sísmico por desempeño estático no lineal de un edificio de 6 niveles en la ciudad de Trujillo, La Libertad. Universidad Privada Antenor Orrego. Recuperado de [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/585/1/VERGARA\\_ALBERTO\\_ANALISIS\\_SISMICO\\_DESEMPE%c3%91O.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/585/1/VERGARA_ALBERTO_ANALISIS_SISMICO_DESEMPE%c3%91O.pdf)

Wagner, D. (2017). Aislamiento sísmico en edificios prefabricados en la zona de transición de la ciudad de México (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12459/tesis.pdf?sequence=1>


## ANEXOS

### ✓ ANEXO 01:

 <p><b>UPN</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>ENTREVISTA A MÉDICOS PARA LA TESIS TITULADA "DISEÑO SÍSMICO DE UN ESTABLECIMIENTO COVID-19 CON AISLADORES SÍSMICOS LRB BASADO EN LA NORMA E.031, EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2022"</p>
<p><b>DATOS DEL ENTREVISTADOR:</b> Bach.: Dagner Andréé Marcell Vega Castillo  DNI: 71870571  FECHA: 15/06/2022  LUGAR: Hospital Regional Docente</p>	<p><b>Experiencia del entrevistado laborando en hospitales con espacios ambientados para casos y pacientes con COVID-19:</b> Durante esta pandemia he trabajado diagnosticando, atendiendo, tratando y operando casos COVID, por cual cuento con una experiencia de 2 años ejecutados en 2 hospitales de la ciudad los cuales son: hospital Regional Docente de Trujillo y hospital Primavera.</p>
<p><b>DATOS DEL ENTREVISTADO:</b> Dr.(a): Carlos Dangerwell Cruz Cherre  DNI: 70291320  CMP: 091705</p>	<p><b>1. ¿Por qué se debe implementar un establecimiento de salud COVID-19 en la ciudad de Trujillo?</b> Porque en Trujillo se usó de manera improvisada todos y cada uno de los establecimientos de salud, tanto centros, postas y hospitales, como establecimientos frente al COVID-19, los cuales fueron insuficientes durante el pico máximo de la pandemia donde los ambientes COVID-19 eran improvisados, validos ante la emergencia en salud pública, pero necesariamente sin las modificaciones e instalaciones necesarias para desarrollar su función de manera integral.</p> <p><b>2. ¿Cuál es la función que va a desempeñar este establecimiento de salud COVID-19?</b> Cubrir las necesidades de atención en la salud de los pacientes COVID-19 en los diferentes escenarios y los diferentes módulos como son hospitalización, emergencia, consulta externa; que cubran la demanda de atención sanitaria en el pico máximo de la pandemia.</p>
<p><b>3. ¿Cuáles son las condiciones por las cuales se va a regir este establecimiento de salud COVID-19?</b> A la atención únicamente de pacientes COVID-19 en los diferentes escenarios, y que cubriría las demandas asistenciales de toda la región e interconsultas; y con equipamiento necesario para su correcta función.</p>	
<p><b>4. ¿Qué servicios va a brindar este establecimiento de salud para COVID-19?</b> Atención en servicios de Salud de nivel secundario de pacientes COVID-19; de tipo ambulatoria, cirugía, ayuda diagnóstica, hospitalización y emergencia.</p>	
<p><b>5. ¿Qué UPSS debe llevar este establecimiento de salud COVID-19 según la N.T.S. 110 MINSA?</b> Consulta Externa, Hospitalización, Cuidados Intensivos, Emergencia, Centro Obstétrico, Centro Quirúrgico y Patología Clínica.</p>	
<p><b>6. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de "Consulta Externa"? Mencionar Casos</b> Consulta externa debe implementarse para la atención ambulatoria de los pacientes COVID-19, y sus patologías o estados asociados. De principal importancia serían la especialidad de Neumología y Obstetricia para atender a los pacientes COVID-19 de importancia neumológica y la pacientes COVID-19 gestantes.</p>	
<p><b>7. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de "Emergencia"? Mencionar Casos</b> Emergencia es de suma importancia especialmente para atender aquellos pacientes COVID-19 que, producto de la misma enfermedad o de otro colateral, requieren atención inmediata, mientras que a su vez no deben suponer un riesgo para la salud del personal de salud ni de otros pacientes. Casos especialmente importante son aquellos pacientes COVID-19 que durante el transcurso de su enfermedad presentaban apendicitis aguda (EMG quirúrgica) y gestantes COVID-19 que entraban en labor de parto (EMG obstétrica).</p>	
<p><b>8. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de "Farmacia"? Mencionar Casos</b> La farmacia es encargada de abastecer de los insumos y farmacos al personal de salud para una correcta atención y resolución de los problemas de salud de los pacientes COVID-19. El servicio a consulta externa abastecería a los pacientes COVID-19 ambulatorios que puedan seguir las indicaciones de forma externa. No hay casos en particular, sino que sería un servicio complementario.</p>	
<p><b>9. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de "Diagnóstico por imágenes"?</b> Especialmente importante para el correcto diagnóstico y, en consecuencia, el abordaje terapéutico del paciente COVID-19. De suma importancia son la radiografía de tórax y la tomografía. Por mencionar casos está la escala tomográfica de COVID-19 que ayuda al médico a hospitalizar, derivar a UCI, incluso a rehabilitación al alta.</p>	


**Figura 91:** Entrevista a Dr. Carlos Cruz Cherre – Primera parte  
**Fuente:** propia

✓ ANEXO 02:

<p><b>10. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Centro Quirúrgico”? Mencionar Casos</b> Para abastecer a los pacientes quirúrgicos que, a raíz de la pandemia, fueron postergados hasta posterior aviso, el resultado de estas medidas trajo consigo afectación seria al estado de salud de los pacientes. Con un centro quirúrgico COVID-19, un paciente, por mencionar un caso, con colecistitis aguda; no necesitará prolongar su agonía sino que dispondrá de una sala quirúrgica que pueda resolver oportunamente su problema de salud.</p>
<p><b>11. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Nutrición y Dietética”? Mencionar Casos</b> Es un ambiente indicado para la adecuada nutrición de los pacientes hospitalizados, para mantener en ellos un déficit calorico-proteico mínimo, lo que resulte en una buena recuperación de los mismos al alta en rehabilitación.</p>
<p><b>12. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Patología Clínica”? Mencionar Casos</b> Es de ayuda diagnóstica para el médico tratante del paciente COVID-19, especialmente de las comorbilidades y complicaciones que se pueden presentar a raíz del mismo. No existen casos particulares sino que otros servicios se verían apoyados por patología clínica.</p>
<p><b>13. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Hospitalización”? Mencionar Casos</b> Hospitalización es una zona de suma importancia para el tratamiento activo de los pacientes con COVID-19 moderado, además de los casos severos en recuperación. Todo caso de COVID-19 moderado serían beneficiados por este servicio.</p>
<p><b>14. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Unidad de Cuidados Intensivos”? Mencionar Casos</b> Es la zona donde se trata y se vigila constante y rigurosamente a los pacientes COVID-19 severos o que presenten comorbilidades/complicaciones. Por mencionar casos un paciente COVID-19 que hace Infarto agudo de miocardio o tomoembolia pulmonar.</p>
<p><b>15. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar una “Morgue y Crematorio”? Mencionar Casos</b> El crematorio sería especialmente útil para el adecuado manejo de los pacientes que lamentablemente sucumbieron frente a la enfermedad. Su objetivo es evitar la propagación del virus.</p>
<p><b>16. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar una Lavandería?</b> Importante para la desinfección de todos los materiales textiles empleados en la atención de los pacientes COVID-19. Su objetivo es evitar la propagación del virus.</p>
<p><b>17. ¿Qué ambientes complementarios e importantes se deben tener en consideración para la programación y distribución de este módulo COVID-19?</b> Recepción, distribución de zonas según la escala de riesgo (roja, gris y negra), sala de espera, servicios higienico, distribución de ingreso según personal de salud y pacientes/familiares, sala de descanso.</p>
<p><b>18. ¿Qué consideraciones especiales se debe de tomar en cuenta para este establecimiento de salud COVID-19?</b> La consideración más importante es el ser estrictos con la indicación de ser un módulo únicamente para la atención de pacientes COVID-19; pues la atención de otro tipo de pacientes solo podría en riesgo su salud al exponerlos al virus. Otra consideración importante es la extensión territorial de salud que abarcaría, siendo de especial cuidado que cubra la necesidad de Trujillo y referencias. Finalmente, considerar que, al ser un estado de pandemia con una evolución epidemiológica muy fluctuante, el módulo COVID-19 debe estar sujeto a planes contingentes frente a posibles rebrotes, nuevos picos por mutaciones, y atenciones de emergencia.</p>
 <p><b>Dr. (a) : Carlos Dangerwell Cruz Cherre</b> CMP: 091705</p>

**Figura 92:** Entrevista a Dr. Carlos Cruz Cherre – Segunda parte  
**Fuente:** propia

✓ ANEXO 3:

	<p align="center"><b>ENTREVISTA A MÉDICOS PARA LA TESIS TITULADA "DISEÑO SÍSMICO DE UN ESTABLECIMIENTO COVID-19 CON AISLADORES SÍSMICOS LRB BASADO EN LA NORMA E.031, EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2022"</b></p>
<p><b>DATOS DEL ENTREVISTADOR:</b>  <b>Bach.:</b> Víctor Jhoan Guerrero Barco  <b>DNI:</b> 71870571  <b>FECHA:</b> 12/06/2022  <b>LUGAR:</b> Consultorio privado</p>	<p><b>Experiencia del entrevistado laborando en hospitales con espacios ambientados para casos y pacientes con COVID-19:</b>  Durante esta pandemia he venido laborando de manera directa con casos y pacientes casos en diferentes establecimientos de salud del país, desde el mes de junio de 2020 hasta la actualidad:  * Junio 2020 - Agosto 2020: <i>Médico CAS COVID</i>: Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz, Ancash.  * Septiembre 2020 - Septiembre 2021: <i>Médico Cirujano</i>: C.S. Succhamarca, Huamachuco, La Libertad.  * Octubre 2021 - Noviembre 2021: <i>Médico CAS COVID</i>: C.S. Chao, Virú, La Libertad.  * Diciembre 2021 - Enero 2022: <i>Médico CAS COVID</i>: C.S. Sayapullo, Gran Chimú, La Libertad.  * Febrero 2022 - Abril 2022: <i>Médico CAS COVID</i>: Hospital Carhuaz, Huaraz, Ancash..</p>
<p><b>DATOS DEL ENTREVISTADO:</b>  <b>Dr.(a):</b> Edith Magaly Guerrero Barco  <b>DNI:</b> 71784901  <b>CMP:</b> 090816</p>	<p><b>1. ¿Por qué se debe implementar un establecimiento de salud COVID-19 en la ciudad de Trujillo?</b>  Es necesario que nuestro país se encuentre preparado para atender, evaluar, realizar operaciones y brindar todos y cada uno de los servicios necesarios contando con establecimientos de salud implementados e integrados para afrontar pandemias como lo es COVID-19.</p> <p><b>2. ¿Cuál es la función que va a desempeñar este establecimiento de salud COVID-19?</b>  La función principal de implementar un establecimiento de salud COVID-19 en la ciudad de Trujillo, es la de atender a pacientes contagiados y tratarlos de una manera disciplinada e integral.</p>
<p><b>3. ¿Cuáles son las condiciones por las cuales se va a regir este establecimiento de salud COVID-19?</b>  La condición principal y necesaria para el ingreso y acceso será solo y exclusivamente de pacientes con COVID-19 reactivo y COVID-19 moderado severo; debido a que deben recurrir pacientes confirmados con contagio COVID-19.</p>	
<p><b>4. ¿Qué servicios va a brindar este establecimiento de salud para COVID-19?</b>  Los servicios que va a brindar este establecimiento de salud será de ginecología, obstetricia, cirugía, medicina interna y pediatría.</p>	
<p><b>5. ¿Qué UPSS debe llevar este establecimiento de salud COVID-19 según la N.T.S. 110 MINSA?</b>  Los servicios principales que va a brindar este establecimiento de salud COVID-19 será de consulta externa, emergencia, nutrición y dietética, farmacia, diagnóstico por imágenes, centro quirúrgico, patología clínica y hospitalización y una área UCI; todas estas unidad prestadoras de servicios de salud serán de prioridad para su desarrollo y ejecución integral debido a que se complementan entre y para cada una de ellas.</p>	
<p><b>6. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de "Consulta Externa"? Mencionar Casos</b>  La UPSS de consulta externa es el área asistencial de mayor importancia en las especialidades médicas. Debe ser el lugar idóneo donde diagnosticar, brindar tratamiento, seguimiento a los pacientes y establecer la estrategia terapéutica de los pacientes enviados desde atención primaria. Debe contar con los consultorios ambulatorios de medicina interna, pediatría, cirugía general, gineco-obstetricia, neumología y un teleconsultorio.</p>	
<p><b>6. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de "Consulta Externa"? Mencionar Casos</b>  La UPSS de consulta externa es el área asistencial de mayor importancia en las especialidades médicas. Debe ser el lugar idóneo donde diagnosticar, brindar tratamiento, seguimiento a los pacientes y establecer la estrategia terapéutica de los pacientes enviados desde atención primaria. Debe contar con los consultorios ambulatorios de medicina interna, pediatría, cirugía general, gineco-obstetricia, neumología y un teleconsultorio.</p>	
<p><b>8. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de "Farmacia"? Mencionar Casos</b>  La razón por la cual esta área de la sanidad es muy importante es porque, gracias a ella, los distintos pacientes que se encuentran en los hospitales pueden recibir la medicación que les hace falta, en función de sus necesidades principales. Esta UPSS debe contar con mínimo 2 áreas de dispensación y expendio de medicamentos; además, de almacénes para todo el material que va a brindar a los pacientes tanto hospitalizados como no hospitalizados.</p>	

**Figura 93: Entrevista a Dr. Edith Guerrero Barco – Primera parte**  
**Fuente: propia**

✓ ANEXO 4:

<p><b>9. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Diagnóstico por imágenes”? Mencionar Casos</b> El diagnóstico por imágenes les permite a los profesionales de la salud observar el interior del cuerpo para buscar indicios de una afección médica, la cual se basa en el uso de una variedad de aparatos y técnicas pueden crear imágenes de las estructuras y procesos dentro del cuerpo. Los ambientes mínimos necesarios con los que debe contar esta UPSS es de Sala de Tomografía, Radiología, Ecografía general y Ecografía Doppler.</p>
<p><b>10. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Centro Quirúrgico”? Mencionar Casos</b> La unidad quirúrgica es el área que alberga las salas de operaciones, recuperación, pasillos, vestidores, zonas de lavado y esterilización. Esta unidad se diseña y estructura para brindar un entorno seguro y eficiente para los pacientes y el personal. Las áreas con las que debe contar esta UPSS son de 3 salas, las cuales son sala de operaciones de Cirugía general, sala de operaciones de Gineco - obstetricia y sala de recuperación de post anestésica.</p>
<p><b>11. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Nutrición y Dietética”? Mencionar Casos</b> El servicio de nutrición en hospitales y clínicas es muy importante a la hora de mantener un estado nutricional adecuado y prevenir el riesgo nutricional de los pacientes hospitalizados. Su importancia radica principalmente en la capacidad para brindar a cada uno de los pacientes una dieta que se adecúa tanto a su estado de salud y a sus necesidades nutricionales específicas.</p>
<p><b>12. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Patología Clínica”? Mencionar Casos</b> La UPSS de patología clínica radica en un laboratorio clínico el cual es una herramienta primordial para el área médica, ya que por medio de este se diagnostican diferentes patologías y además se realizan estudios para establecer el tipo de tratamiento que se debe administrar al paciente, al igual que el seguimiento del mismo. Debe disponer de las áreas de toma de muestras, laboratorios de Hematología e inmunología, bioquímica y microbiología.</p>
<p><b>13. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Hospitalización”? Mencionar Casos</b> La UPSS de hospitalización es el servicio destinado al internamiento de pacientes, previa autorización del médico tratante, para establecer un diagnóstico, recibir tratamiento y dar seguimiento a su padecimiento. Los ambientes indispensables con los que debe contar son de Hospitalización para medicina interna, cirugía general, pediatría, Gineco-obstetricia y el monitoreo de gestantes con complicaciones.</p>
<p><b>14. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar en la UPSS de “Unidad de Cuidados Intensivos”? Mencionar Casos</b> Una Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) es una sección de un hospital o centro de atención médica que proporciona atención a pacientes con problemas de salud potencialmente mortales. Estos pacientes necesitan monitoreo y tratamiento constantes, lo cual puede incluir soporte para las funciones vitales.</p>
<p><b>15. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar una “Morgue y Crematorio”? Mencionar Casos</b> La morgue y crematorio son ambientes destinados a recibir y conservar el cadáver de personas fallecidas cuando es necesaria la autopsia médico legal y su objetivo principal es controlar de manera considerable el contagio a través del cremado de cadáveres.</p>
<p><b>16. ¿Porqué y qué ambientes se debe implementar una Lavandería?</b> La finalidad del mismo es procesar la ropa sucia y contaminada convirtiéndola en ropa limpia y sin contaminación microbiana, que ayude al cuidado y confort del paciente, a la vez que protege al trabajador de salud.</p>
<p><b>17. ¿Qué ambientes complementarios e importantes se deben tener en consideración para la programación y distribución de este establecimiento de salud COVID-19?</b> Este establecimiento de salud debe de contar además de las UPSS antes mencionadas, con ambientes de descanso, administración, almacenes, oficinas y áreas de gestión para el personal, para cada director de UPSS y la dirección de la misma.</p>
<p><b>18. ¿Qué consideraciones especiales se debe de tomar en cuenta para este establecimiento de salud COVID-19?</b> La principal consideración y por la cual se rige este establecimiento covid-19, es el ingreso, atención, tratamiento, operación y seguimiento solo y exclusivamente de pacientes contagiados; los cuales deben ingresar en solitario en el caso de personas mayores de edad, ya que sus familiares se estarían poniendo en peligro; en el caso de niños o recién nacidos, se permitirá ingresar con un padre o apoderado.</p>
  <b>Dr. (a) : Edith Magaly Guerrero Barco</b> <b>CMP: 090816</b>

**Figura 94:** Entrevista a Dr. Edith Guerrero Barco – Segunda parte  
**Fuente:** propia

✓ ANEXO 5:

**Tabla 64:**
*Ficha resumen de estudio de suelos.*

<b>FICHA DE RESUMEN</b>				
<b>Autor:</b> Dr. Ing. Enrique F. Luján Silva				
<b>Título del proyecto:</b> Microzonificación geotécnica del distrito de Trujillo.				
<b>Año:</b>	2016		<b>Tipo:</b>	Tesis Doctoral
<b>Resumen:</b>				
	<b>Zona Sísmica:</b>	Zona 4		
	<b>Tipo de suelo:</b>	S2		
	<b>Capacidad portante:</b>	0.914 - 1.099 Kg/cm <sup>2</sup>		
	<b>Clasificación ZUCS:</b>	SP - SM		

**Tabla 65:**
*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Consulta Externa.*

<b>Prestaciones de la cartera de servicios de salud</b>	<b>Código</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Área min. (m<sup>2</sup>)</b>
Consulta ambulatoria por médico especialista en medicina interna	MED2a	Consultorio de Medicina Interna	13.5
Consulta ambulatoria por médico especialista en pediatría	MED2c	Consultorio de Pediatría	13.5
Consulta ambulatoria por médico especialista en Cirugía General	MED2c	Consultorio de Cirugía General	13.5
Consulta ambulatoria por médico especialista en ginecología y obstetricia	MED2e	Consultorio de Gineco-Obstetricia	17.0
Consulta ambulatoria por médico especialista en neumología	MED2l	Consultorio de Neumología	13.5
Teleconsulta por médico especialista	TEL2	Teleconsultorio	20.0

*Nota.* Fuente: Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.



**Tabla 66:**
*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Emergencia.*

<b>Prestaciones de la cartera de servicios de salud</b>	<b>Código</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Área min. (m<sup>2</sup>)</b>
Atención en tópicos de inyectables y nebulizaciones	EMG1	Tópico de inyectables y nebulizaciones	18
Atención de urgencias y emergencias por médico especialista de medicina interna	EMG2a	Observación de Medicina Interna	16
Atención de urgencias y emergencias por médico especialista de pediatría	EMG2b	Observación de Pediatría	16
	EMG2c	Observación de Neonatología	12
Atención de urgencias y emergencias por médico especialista de Gineco-obstetricia	EMG2e	Observación de Gineco-Obstetricia	18
Atención de urgencias y emergencias por médico especialista de cirugía general	EMG2f	Observación de Cirugía General	16
Atención en la Unidad de Shock Trauma y Reanimación	EMG6	Unidad de Shock Trauma y Reanimación	20

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 67:**
*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Farmacia.*

<b>Prestaciones de la cartera de servicios de salud</b>	<b>Código</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Área min (m<sup>2</sup>)</b>
Dispensación de medicamentos, dispositivos médicos y productos sanitarios	FARM1a	Dispensación y expendio en UPSS Consulta Externa	36
		Dispensación y expendio en UPSS Emergencia	30
		Dispensación y expendio en UPSS Centro Quirúrgico <sup>(1)</sup>	12
		Dispensación y expendio en UPSS Cuidados Intensivos <sup>(1)</sup>	9
		Almacén especializado de productos farmacéuticos, dispositivos médicos y productos sanitarios	50

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 68:**
*Ambientes prestacionales considerados para la UPS de Morgue y Crematorio.*

Zona	Denominación	Área min. (m <sup>2</sup> )
Control, Recepción y Entrega	Recepción	6
	Sala de espera	4
Zona Gris (No Contaminada)	Mortuario	40
	Preparación de cadáveres	35
Zona Roja (Contaminada)	Crematorio	120

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 69:**
*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Diagnóstico por Imágenes.*

Prestaciones de la cartera de servicios de salud	Código	Ambiente	Área min (m <sup>2</sup> )
Tomografía	STX1b	Sala de Tomografía Digital	25
Radiología	SRX2	Sala de Radiología Digital	25
Ecografía General y Doppler	ECO1	Sala de Ecografía General	20

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 70:**
*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Centro Quirúrgico.*

Prestaciones de la cartera de servicios de salud	Código	Ambiente	Área min (m <sup>2</sup> )
Intervenciones quirúrgicas por médico especialista en cirugía general	CQX1a	Sala de Operaciones de Cirugía General	30
Intervenciones quirúrgicas por médico especialista en ginecología y obstetricia	CQX1b	Sala de Operaciones de Gineco - Obstetricia	36
Atención en Sala de Recuperación Post Anestésica	CQX3	Sala de Recuperación Post Anestésica <sup>(3)</sup>	34

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 71:**  
*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Central de Esterilización.*

Prestaciones de la cartera de servicios de salud	Código	Ambiente	Área min (m <sup>2</sup> )
Área de Descontaminación	CE1a	Recepción de material sucio	12
		Lavado y secado de carros de transporte	7
		Almacén de carros limpios	8
		Descontaminación	16
Área de Esterilización	CE2a	Sala de esterilización a alta temperatura	20
		Sala de esterilización a baja temperatura	16
Área de Despacho	CE3a	Almacén de material desechable	14
		Despacho de material estéril	30

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 72:**  
*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Patología Clínica.*

Prestaciones de la cartera de servicios de salud	Código	Ambiente	Área min (m <sup>2</sup> )
Procedimientos de Laboratorio Clínico Tipo II-1	LAB1a	Toma de muestras	5
	LAB2a	Laboratorio de Hematología / Inmunología	12
	LAB2b	Laboratorio de Bioquímica	12
	LAB2c	Laboratorio de Microbiología	15

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 73:**  
*Ambientes prestacionales considerados para la UPS de Lavandería.*

Zona	Denominación	Área min. (m <sup>2</sup> )
Control, Recepción y Entrega	Recepción, selección y entrega de Ropa Sucia	6
	eEntrega de Ropa Limpia	6
	Estación para coches de transporte	6
	Clasificación de la Ropa Sucia	4
Zona húmeda (Contaminada)	Almacén de insumos	2
	Lavado de Ropa	15
	Servicio higiénico y vestidos de personal	8
	Secado y planchado	12

Zona Seca (No	Costura y Reparación de ropa limpia	12
Contaminada)	Almacén de Ropa Limpia	10

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 74:**

*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Unidad de Cuidados Intensivos.*

Prestaciones de la cartera de servicios de salud	Código	Ambiente	Área min (m <sup>2</sup> )
Atención en la Unidad de Cuidados Intensivos General	UCI1a	Sala de Cuidados Intensivos General	36
		Cuidados Intensivos para paciente aislado	72
		Sala de Cuidados Intermedios General	20
Atención en la Unidad de Cuidados Intermedios General	UCI2a	Sala de Cuidados Intermedios General	27
		Cuidados Intermedios para neonatal	54
		Sala de Cuidados Intermedios Neonatal	20
Atención en la Unidad de Cuidados Intermedios Neonatal	UCI3a	Intermedios Neonatal	18
		Cuidados Intermedios para neonato aislado	36
			12

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 75:**

*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Nutrición y Dietética.*

Prestaciones de la cartera de servicios de salud	Código	Ambiente	Área min (m <sup>2</sup> )
Evaluación nutricional en hospitalización	NUT1	Oficina de coordinación nutricional <sup>(1)</sup>	12
Soporte nutricional en regímenes dietéticos	NUT2	Preparación y cocción de alimentos	24
	NUT3	Central de distribución de alimentos preparados	12
	NUT4	Preparación de fórmulas <sup>(2)</sup>	15
Soporte nutricional en fórmulas lácteas y enterales	NUT5	Sanitizado de envases	6
	NUT6	Envasado y refrigeración	6
	NUT7	Esterilización y distribución	9

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 76:**
*Ambientes prestacionales considerados para la UPS de Administración.*

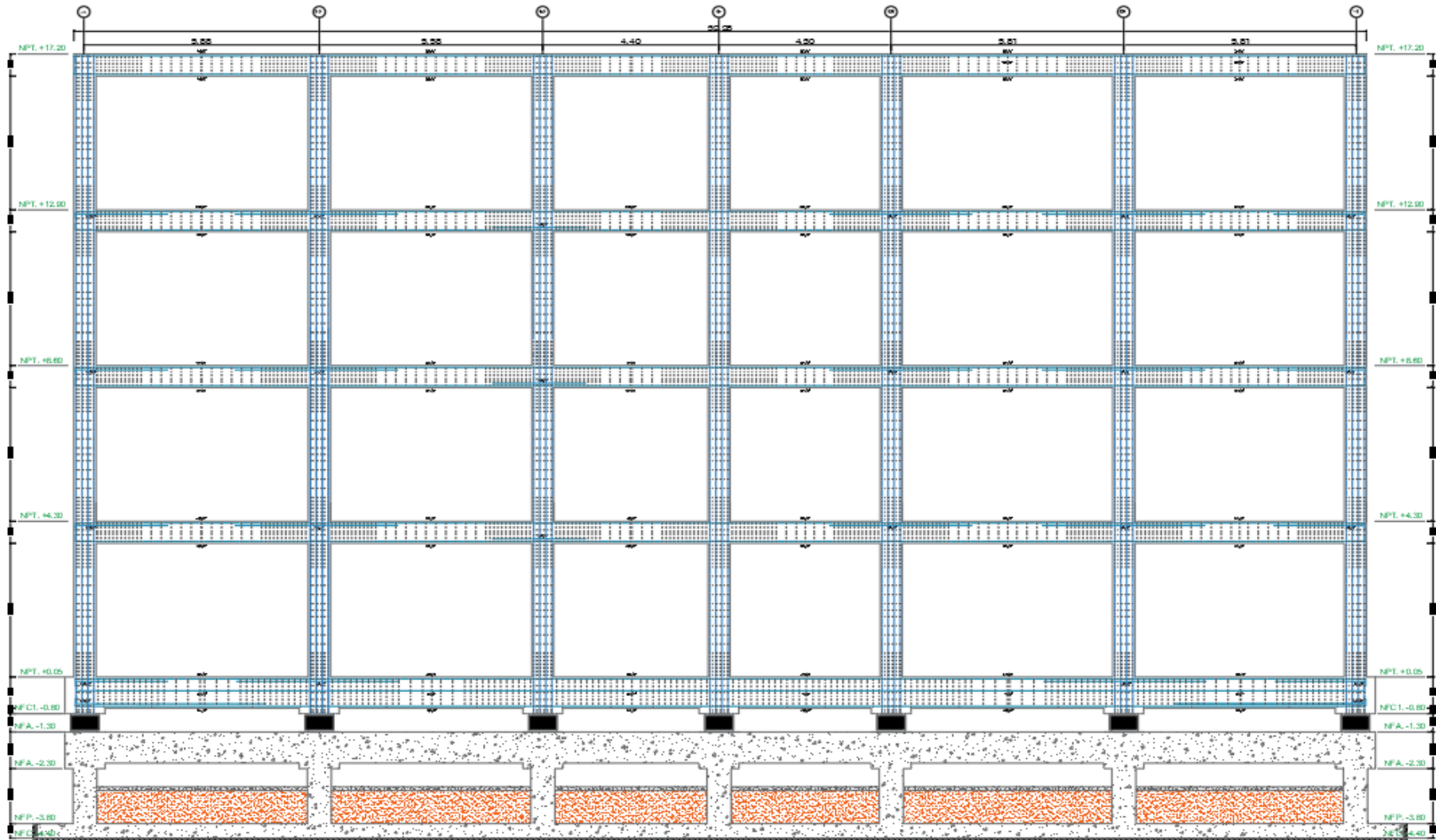
Zona	Denominación	Área mín. (m <sup>2</sup> )
Zona blanca (accesible)	Jefatura general	6
	Sala de reuniones	4
	Jefatura de enfermería	10
	Administración del personal	10
	Cuerpo médico	20
	Central de comunicaciones	10
Zona Gris (restringida)	Informática	40
	Sala de servidores	10
	Pool administrativo	25

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.

**Tabla 77:**
*Ambientes prestacionales considerados para la UPSS de Hospitalización.*

Prestaciones de la cartera de servicios de salud	Código	Ambiente	Área mín (m <sup>2</sup> )
Hospitalización de medicina interna	HOSP2a	Sala de Hospitalización de Medicina	12
	HOSP2b	(varones o mujeres) <sup>(1)</sup>	19
	HOSP2c	Tópico de procedimientos	15
Hospitalización de Cirugía General	HOSP3a	Sala de Hospitalización de Cirugía	12
	HOSP3b	(varones o mujeres) <sup>(1)</sup>	19
	HOSP3c	Tópico de procedimientos	15
Hospitalización de Pediatría	HOSP4a	Sala de Hospitalización Lactante <sup>(3)</sup>	15
	HOSP4b		40
	HOSP4a	Sala de Hospitalización Pre Escolar,	19
	HOSP4c	Escolar y Adolescentes	54
Hospitalización de Ginecología y Obstetricia	HOSP4h	Tópico de procedimientos	15
	HOSP5a	Sala de Hospitalización Ginecología <sup>(1)</sup>	12
	HOSP5b		19
	HOSP5c	Sala de Hospitalización Obstetricia <sup>(1)</sup>	12
	HOSP5d		19
	HOSP5e	Sala de Hospitalización Obstetricia	15
	HOSP5f	(Alojamiento conjunto) <sup>(1) (4)</sup>	24
HOSP5g	Tópico de procedimientos	15	

*Nota:* Fuente. Norma Técnica de Salud N° 110 – Minsa.



*Figura 95:* Elevación estructural del eje “D”.