

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO  
SISMORRESISTENTE DEL MÓDULO DE LA FACULTAD  
DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE JAÉN EMPLEANDO LA NORMA  
TÉCNICA E.030 – 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autores:** Bach. Jhonatan Torres Tantarico  
Bach. Jhon Carlos Guerrero Nuñez

**Asesor:** Dr. José Luis Piedra Tineo




**Línea de Investigación:** LI\_IC\_01 Estructuras

**JAÉN – PERÚ**

**2025**

# Jhonatan Torres Tantarico Jhon Carlos Guerrero N...

## EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE DEL MÓDULO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA...

-  Quick Submit
-  Quick Submit
-  Universidad Nacional de Jaen

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3365032612

164 páginas

Fecha de entrega

7 oct 2025, 11:03 a.m. GMT-5

26.440 palabras

Fecha de descarga

7 oct 2025, 11:08 a.m. GMT-5

151.920 caracteres

Nombre del archivo

INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_JHONATAN\_TORRES\_JHON\_GUERRERO.pdf

Tamaño del archivo

11.4 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
  
Dr. Segundo Sánchez Tello  
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

## 16% Similitud general

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

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**  
2541 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
  
-----  
*Dr. Segundo Sánchez Tello*  
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 17 de octubre del año 2025, siendo las 16:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca

Secretario : M.Sc. Marcos Antonio Gonzáles Santisteban

Vocal : Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

( ) Trabajo de Investigación

( X ) Tesis

( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE DEL MÓDULO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSEIDAD NACIONAL DE JAÉN EMPLEANDO LA NORMA TÉCNICA E.30 - 2021", presentado por los bachilleres: Jhonatan Torres Tantarico y Jhon Carlos Guerrero Nuñez, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( X ) Aprobar ( ) Desaprobar ( X ) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 14 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 16:50 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. Marcos Antonio Gonzáles Santisteban  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón  
Vocal

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**ANEXO N°06:**

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO  
DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, **Torres Tantarico Jhonatan**, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI **71102486**.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

**“Evaluación del Comportamiento Sismorresistente del Módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén Empleando la Norma Técnica E.030 – 2021”.**

Asesorado por el **Dr. Piedra Tineo José Luis**.

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar; el Título Profesional de Ingeniero Civil

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén, 13 de noviembre, de 2025



Jhonatan Torres Tantarico  
DNI: 71102486



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

**ANEXO N°06:**

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO  
DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, **Guerrero Nuñez Jhon Carlos**, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI **75392896**.

Declaro bajo juramento que:

7. Soy Autor del trabajo titulado:

**“Evaluación del Comportamiento Sismorresistente del Módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén Empleando la Norma Técnica E.030 – 2021”.**

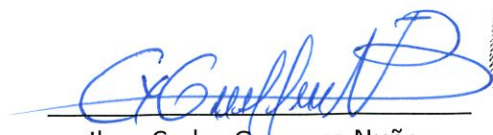

Asesorado por el **Dr. Piedra Tineo José Luis**.

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar; el Título Profesional de Ingeniero Civil

8. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
9. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
10. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
11. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
12. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén, 13 de noviembre, de 2025

  
  
Jhon Carlos Guerrero Nuñez  
DNI: 75392896

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Descripción de la realidad Problemática .....	11
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Justificación.....	13
1.4. Hipótesis .....	14
1.5. Objetivos .....	14
1.5.1. Objetivo general .....	14
1.5.2. Objetivos específicos.....	14
1.6. Antecedentes de la investigación.....	15
1.6.1. Internacionales .....	15
1.6.2. Nacionales .....	17
1.6.3. Regional y/o Local .....	20
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	25
2.1. Ubicación geográfica.....	25
2.2. Población, muestra y muestreo.....	26
2.2.1. Población.....	26
2.2.2. Muestra.....	26
2.2.3. Muestreo.....	27
2.3. Metodología .....	27
2.3.1. Método .....	27
2.3.2. Tipos de investigación.....	27
2.3.2.1. Según su finalidad .....	27
2.3.2.2. Según enfoque .....	28
2.3.2.3. Según su diseño .....	28
2.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	28
2.3.4. Análisis de datos.....	29
2.3.5. Procedimientos de recolección de datos.....	30

2.3.5.1. Descripción del proyecto.....	31
2.3.5.2. Normas para el diseño del proyecto .....	32
2.3.5.3. Aspectos generales de la evaluación estructural sismorresistente.....	32
2.3.5.4. Estructuración.....	34
2.3.5.5. Predimensionamiento .....	35
A. Predimensionamiento de losa aligerada .....	35
B. Predimensionamiento de viga .....	36
C. Predimensionamiento de columnas .....	38
D. Predimensionamiento de placas .....	40
2.3.5.6. Modelamiento estructural.....	41
A. Cargas de diseño.....	42
B. Modelo de la estructura .....	42
2.3.5.7. Análisis sismorresistente .....	43
A. Parámetros sísmicos .....	43
III. RESULTADOS .....	50
3.1. Evaluación del comportamiento sismorresistente del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén .....	50
3.2. Identificación de las características de los elementos estructurales del módulo en estudio	51
3.2.1. Materiales .....	51
3.2.2. Especificaciones de los elementos estructurales .....	51
3.3. Evaluación y verificación de irregularidades en altura y planta.....	52
3.3.1. Verificación de irregularidades en altura “Ia”.....	52
A. Rigidez de piso Blando en la Dirección X-X .....	52
B. Rigidez de piso Blando en la Dirección Y-Y .....	53
C. Irregularidad extrema de rigidez en la Dirección X-X.....	53
D. Irregularidad extrema de rigidez en la Dirección Y-Y .....	54
E. Irregularidad de masa o peso.....	55
F. Irregularidad geométrica vertical .....	55
G. Discontinuidad en los sistemas resistentes .....	56
3.3.2. Verificación de irregularidades en planta “Ip” .....	57
A. Irregularidad torsional en la Dirección X-X.....	57

B.	Irregularidad torsional en la Dirección Y-Y .....	57
C.	Irregularidad torsional extrema en la Dirección X-X .....	58
D.	Irregularidad torsional extrema en la Dirección Y-Y .....	59
E.	Esquinas entrantes .....	59
F.	Discontinuidad del diafragma .....	60
G.	Sistemas no paralelos .....	61
3.4.	Verificación y comparación de la cortante basal del módulo en estudio .....	61
3.4.1.	Fuerza cortante en la base .....	61
A.	Análisis en la Dirección X-X .....	62
B.	Análisis en la Dirección Y-Y .....	64
3.4.2.	Verificación de la fuerza cortante mínima .....	65
3.4.3.	Verificación del sistema estructural .....	66
A.	Análisis en la Dirección X-X .....	66
B.	Análisis en la Dirección Y-Y .....	66
3.5.	Determinación y comparación de los desplazamientos relativos de entrepiso del módulo. ....	67
3.6.	Esfuerzos internos (Carga Axial y Momento Flector) .....	68
3.6.1.	Diagramas de momento flectores .....	68
3.6.2.	Diagramas de fuerzas cortantes .....	69
3.6.3.	Momentos máximos y Fuerzas cortantes máximas .....	70
3.7.	Alternativas de solución a los problemas que pudiera presentar el módulo en estudio. ....	71
3.7.1.	Alternativa de solución.....	73
3.7.2.	Análisis de las partes reforzadas .....	79
3.7.3.	Proceso constructivo Para columnas en T y L.....	80
IV.	DISCUSIÓN.....	87
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	91
5.1.	Conclusiones .....	91
5.2.	Recomendaciones.....	93
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
	AGRADECIMIENTO.....	101
	DEDICATORIA .....	102

ANEXOS .....	103
Anexos 01 – Reportes del desarrollo y resultados del modelado estructural .....	104
Anexos 02 - Planos.....	132
Anexos 03 – Evidencias Fotografías .....	145
Anexos 03 – Validación del modelo .....	154

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Factores de reducción de resistencia .....	33
<b>Tabla 2</b> Factor zona “Z” .....	43
<b>Tabla 3</b> Factor uso o importancia “U” .....	44
<b>Tabla 4</b> Factor Suelo “S” .....	44
<b>Tabla 5</b> Factor de sitio “TP” y “TL” .....	45
<b>Tabla 6</b> Categoría y regularidad de las edificaciones .....	47
<b>Tabla 7</b> Estimación del peso (P).....	48
<b>Tabla 8</b> Peso de módulo en estudio elaborado en ETABS .....	48
<b>Tabla 9</b> Resumen de parámetros sísmicos.....	49
<b>Tabla 10</b> Propiedades de los materiales .....	51
<b>Tabla 11</b> Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en la Dirección X-X .....	52
<b>Tabla 12</b> Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en la Dirección Y-Y .....	53
<b>Tabla 13</b> Verificación de Irregularidad extrema de rigidez en la Dirección X-X .....	53
<b>Tabla 14</b> Verificación de Irregularidad extrema de rigidez en la Dirección Y-Y .....	54
<b>Tabla 15</b> Verificación de Irregularidad de masa o peso .....	55
<b>Tabla 16</b> Verificación de Irregularidad geométrica vertical.....	55
<b>Tabla 17</b> Verificación de Discontinuidad en los sistemas resistentes .....	56
<b>Tabla 18</b> Verificación de Discontinuidad extrema en los sistemas resistentes .....	56
<b>Tabla 19</b> Verificación de Irregularidad Torsional en la Dirección X-X.....	57
<b>Tabla 20</b> Verificación de Irregularidad Torsional en la Dirección Y-Y.....	57
<b>Tabla 21</b> Verificación de la irregularidad torsional extrema en la dirección X-X .....	58
<b>Tabla 22</b> Verificación de la irregularidad torsional extrema en la dirección Y-Y .....	59
<b>Tabla 23</b> Verificación de esquinas entrantes .....	60
<b>Tabla 24</b> Verificación de discontinuidad de diafragma.....	60
<b>Tabla 25</b> Verificación de sistemas paralelos .....	61
<b>Tabla 26</b> Fuerza cortante mínima.....	65
<b>Tabla 27</b> Desplazamientos Relativos de Entrepiso en la Dirección X-X.....	67

<b>Tabla 28</b> Desplazamientos Relativos de Entrepiso en la Dirección Y-Y .....	67
<b>Tabla 29</b> Resultados de los diagramas de envolvente del momento flector crítico en todos los niveles .....	70
<b>Tabla 30</b> Resultados de los diagramas de envolvente de fuerza cortante crítico en todos los niveles .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación de la provincia de Jaén .....	25
<b>Figura 2</b> Localización de la Universidad Nacional de Jaén .....	26
<b>Figura 3</b> Procedimiento de recolección de datos.....	30
<b>Figura 4</b> Detalle de Losa Aligerado $e=0.25m$ .....	36
<b>Figura 5</b> Detalle de viga VP:30x60cm .....	37
<b>Figura 6</b> Detalle de viga VP:30x65cm .....	37
<b>Figura 7</b> Detalle de CT:01.....	39
<b>Figura 8</b> Detalle de PL:01 .....	41
<b>Figura 9</b> Modelo de la estructura .....	42
<b>Figura 10</b> Asignación del Coeficiente Basal en la Dirección X-X al Software Etabs .....	63
<b>Figura 11</b> Fuerza Cortante Basal en la Dirección X-X calculado por el Etabs .....	63
<b>Figura 12</b> Asignación del Coeficiente Basal en la Dirección Y-Y al Software Etabs .....	64
<b>Figura 13</b> Fuerza Cortante Basal en la Dirección Y-Y calculado por el Etabs .....	65
<b>Figura 14</b> Diagrama de momentos flectores: Estructura en 3D .....	68
<b>Figura 15</b> Diagrama de fuerzas cortantes: Estructura en 3D.....	69
<b>Figura 16</b> Vista de planta de Aligerado del Tercer Nivel, eje 3-3 entre el eje C y D.....	72
<b>Figura 17</b> Vista de planta de Aligerado del segundo Nivel, eje 5-5 entre el eje C y D.....	73
<b>Figura 18</b> Incorporación de Muros portantes eje 3-3 entre el eje C y D .....	74
<b>Figura 19</b> Reforzamiento en las columnas T en el eje 3-3 entre el eje C y D .....	75
<b>Figura 20</b> Secciones antiguas y nuevas de la columna T .....	76
<b>Figura 21</b> Incorporación de Muros portantes eje 5-5 entre el eje C y D .....	77
<b>Figura 22</b> Reforzamiento en las placas en el eje 5-5 entre el eje C y D.....	78
<b>Figura 23</b> Secciones antiguas y nuevas de la placa en L.....	79
<b>Figura 24</b> Nuevo diagrama de fuerzas cortantes en el eje 3-3 entre el eje C y D del Tercer Nivel al incorporar muros portantes e incrementar la sección de las columnas T .....	79
<b>Figura 25</b> Diagrama de momento flector en el eje 5-5 entre el eje C y D del Segundo Nivel, al incorporar muros portantes e incrementar la sección de las placas .....	80

<b>Figura 26</b> Detalle de encamisado en la zapata .....	82
<b>Figura 27</b> Detalle de encamisado en la columna.....	82
<b>Figura 28</b> Aplicación de aditivo epóxico .....	83
<b>Figura 29</b> Aplicación de aditivo epóxico .....	84
<b>Figura 30</b> Desencofrado del segundo vaciado en columnas.....	85
<b>Figura 31</b> Desencofrado del piso superior.....	86

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito analizar el comportamiento sísmico del módulo perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, considerando los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. La metodología incluyó la recopilación del expediente técnico, el modelamiento estructural mediante el software ETABS y la evaluación del desempeño sísmico conforme a los lineamientos normativos vigentes. Los resultados mostraron que en el expediente se empleó incorrectamente el factor de zona sísmica 3 ( $Z = 0.35$ ), cuando correspondía aplicar la zona sísmica 2 ( $Z = 0.25$ ). Asimismo, no se evidenciaron irregularidades en planta ni en elevación, y la cortante dinámica alcanzó valores superiores al 80 % de la cortante estática en ambas direcciones, observándose que las fuerzas principales fueron absorbidas por los muros estructurales (82 % en el eje X-X y 93 % en el eje Y-Y), clasificándose con un coeficiente de comportamiento  $R_o = 6$ , distinto al  $R_o = 7$  consignado en el expediente. En cuanto a los desplazamientos relativos máximos, el modelo cumple con las exigencias de la Norma E.030. Finalmente, se identificaron zonas críticas con esfuerzos y momentos elevados, recomendándose la incorporación de muros portantes adicionales y el incremento de dimensiones en columnas y losas, a fin de reducir las sollicitaciones de cortante y los momentos flectores máximos.

**Palabras claves:** Comportamiento sismorresistente, irregularidades, sistema estructural, derivas, cuantía de acero.

## ABSTRACT

This research aimed to analyze the seismic behavior of the module belonging to the Faculty of Civil Engineering at the National University of Jaén, considering the criteria established in the Peruvian Technical Standard E.030 – Seismic Design. The methodology included the collection of the technical file, the structural modeling using ETABS software, and the evaluation of seismic performance according to current regulatory guidelines. The results indicated that the original technical file incorrectly used seismic zone factor 3 ( $Z = 0.35$ ), when seismic zone 2 ( $Z = 0.25$ ) should have been applied. No irregularities were found in plan or elevation, and the dynamic shear reached values higher than 80% of the static shear in both directions. The main forces were absorbed by the structural walls (82% in X-X and 93% in Y-Y axes), classifying them with a behavior coefficient  $R_o = 6$ , differing from the  $R_o = 7$  considered in the original design. Regarding maximum relative displacements, the model complies with the requirements of the E.030 Standard. Critical areas with high stresses and moments were identified, recommending the incorporation of additional bearing walls and the increase of column and slab dimensions to reduce shear forces and bending moments effectively.

**Keywords:** Seismic behavior, irregularities, structural system, drifts, steel reinforcement ratio.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Descripción de la realidad Problemática

A escala internacional, la ocurrencia de movimientos sísmicos de gran magnitud ha evidenciado la vulnerabilidad de numerosas edificaciones que fueron proyectadas bajo normativas obsoletas o sin criterios técnicos actualizados. Ejemplos como los sismos de Haití (2010, M7.3) y Chile (2010, M7.9) ocasionaron severos daños estructurales en viviendas, instituciones educativas y obras públicas, lo que resalta la importancia de mantener una actualización continua en las normas de diseño sismorresistente.

En el caso del Perú, su localización geográfica dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico lo expone a una constante actividad sísmica. Eventos relevantes como los terremotos de Áncash (1970), Ica (2007) y Amazonas–Loreto (2021, M7.5) generaron cuantiosas pérdidas humanas y materiales, demostrando la limitada capacidad de muchas construcciones diseñadas con parámetros desfasados o con deficiencias en los procedimientos constructivos.

En la provincia de Jaén y sus alrededores, los registros sísmicos de las últimas décadas confirman la recurrencia de movimientos telúricos moderados, lo cual mantiene en estado de alerta a la población. Esta condición, sumada a las deficiencias constructivas detectadas en diversas edificaciones, enfatiza la urgencia de realizar evaluaciones estructurales que permitan estimar el nivel real de seguridad de las infraestructuras educativas.

El módulo analizado en esta investigación representa un caso particular, ya que constituye un espacio académico esencial que alberga a futuros profesionales de ingeniería civil. Su diseño, elaborado bajo parámetros distintos a los exigidos por la Norma Técnica E.030-2018 (2018), requiere ser verificado para determinar su grado de adecuación mediante modelación estructural y análisis dinámico, lo que permitirá establecer su comportamiento frente a la acción sísmica.

De esta manera, se plantea una problemática vigente: la necesidad de evaluar y reforzar edificaciones educativas para garantizar que cumplan con los parámetros de seguridad estructural contemplados en la normativa actual.

En este estudio, la variable independiente corresponde a la aplicación de la Norma Técnica E.030-2018 (2018), la cual establece criterios modernos en cuanto a zonificación sísmica, tipo de suelo, sistemas estructurales y niveles de desempeño.

Por otro lado, la variable dependiente se define como el comportamiento sismorresistente del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, el cual será evaluado mediante herramientas de modelación estructural y análisis dinámico especializado.

En los últimos años, la ciudad de Jaén ha experimentado una creciente percepción de riesgo ante la ocurrencia de eventos sísmicos, tanto por registros del Instituto Geofísico del Perú (2024) como por reportes internacionales (Volcano Discovery (2024)) que documentan sismos de magnitud moderada (M4.4–M5.4) en zonas cercanas a San Ignacio y la frontera Perú–Ecuador. A ello se suma la identificación de edificaciones con columnas cortas, muros con deficiente confinamiento y ausencia de control estructural, condiciones que incrementan su vulnerabilidad ante un sismo severo.

Por lo tanto, la raíz de la causa del problema radica en que el módulo analizado fue diseñado con parámetros previos a los contemplados en la normativa vigente. En consecuencia, esta investigación se orienta a la aplicación de la Norma Técnica E.030-2018 (2018), para verificar el grado de cumplimiento estructural y proponer medidas de refuerzo adecuadas.

Esta situación tiene como efecto una elevada vulnerabilidad estructural significativa, que compromete la seguridad de los estudiantes, docentes y personal administrativo. En particular, la falta de actualización normativa puede derivar en un desempeño sísmico inadecuado, generando daños materiales, interrupción del servicio educativo y altos costos de reparación.

El presente estudio permitirá determinar el nivel de cumplimiento del módulo con la normativa actual, identificar deficiencias críticas y proponer estrategias de reforzamiento estructural que garanticen la seguridad y funcionalidad de la edificación.

La relevancia del estudio radica en que el Módulo 1 alberga a futuros ingenieros civiles, por lo que su seguridad estructural representa no solo un requisito académico, sino

también un compromiso institucional. Los resultados de esta investigación aportarán información aplicable al mejoramiento de otras infraestructuras educativas de la región, contribuyendo así a la reducción del riesgo sísmico en el Perú.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál será la evaluación del comportamiento sismorresistente del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén con los criterios establecidos por la Norma Técnica Peruana E.030 – 2018, o presenta deficiencias estructurales que justifiquen la necesidad de intervenciones de reforzamiento?

## **1.3. Justificación**

La presente investigación reviste importancia social al contribuir con la seguridad estructural de la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de Jaén. El estudio busca evaluar el comportamiento sísmico de uno de sus principales módulos académicos, ubicado en una zona con amenaza sísmica moderada, garantizando que las edificaciones destinadas al uso educativo cumplan con los estándares de resistencia estructural vigentes.

El análisis permitirá identificar posibles deficiencias en el diseño o construcción que, de no ser corregidas, podrían comprometer la integridad física del personal docente, administrativo y estudiantil. Por ello, la investigación se justifica en la necesidad de prevenir daños materiales y personales frente a eventos sísmicos, promoviendo entornos universitarios seguros y resilientes.

Desde un enfoque aplicado, esta investigación permitirá realizar un diagnóstico estructural detallado sobre la capacidad actual del edificio frente a acciones sísmicas, utilizando los parámetros de la Norma Técnica Peruana E.030 – 2018. Los resultados proporcionarán información precisa para la toma de decisiones institucionales en torno a intervenciones de refuerzo o rediseño estructural, sirviendo de referencia para futuras evaluaciones dentro del campus universitario. Además, la metodología empleada ofrece herramientas técnicas replicables en edificaciones con condiciones estructurales similares.

En el plano teórico, este trabajo aporta al conocimiento en el campo de la ingeniería civil, al documentar un caso de estudio real de evaluación sísmica basado en normativas actualizadas. Los resultados servirán como material de referencia académica y profesional, contribuyendo a la comprensión del impacto que tiene la evolución normativa sobre el desempeño de las edificaciones existentes.

Desde la perspectiva metodológica, el estudio aplica un enfoque técnico–estructural riguroso, utilizando modelos de análisis estático y dinámico conforme a los procedimientos de la Norma E.030 – 2018. Se incluyen técnicas avanzadas como el análisis modal espectral, la modelación tridimensional del módulo en software especializado y la verificación de los estados límite de resistencia y servicio. Esta metodología puede adoptarse como modelo para instituciones que requieran evaluaciones estructurales preventivas en edificaciones educativas.

#### **1.4. Hipótesis**

El módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén no cumplirá con los criterios de comportamiento sismorresistente establecidos por la Norma Técnica Peruana E.030 – 2018, presentando deficiencias estructurales que justifican la aplicación de medidas de reforzamiento para garantizar la seguridad de sus ocupantes ante eventos sísmicos.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar el Comportamiento Sismorresistente del Módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén Empleando la Norma Técnica E.030 vigente – 2021.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Identificar las características de los elementos estructurales del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.
- Evaluar la irregularidad en planta y elevación del módulo de la facultad de Ingeniería Civil empleando la actual Norma Técnica E.030.

- Verificar y comparar la fuerza cortante basal del módulo de la facultad de Ingeniería Civil empleando la actual Norma Técnica E.030.
- Determinar y comparar los desplazamientos del módulo de la facultad de Ingeniería Civil utilizando el Programa ETABS.
- Determinar los esfuerzos internos (Carga Axial y Momento Flector)
- Proponer alternativas de solución a los problemas que pudieran presentar el módulo en estudio.

## **1.6. Antecedentes de la investigación**

### **1.6.1. Internacionales**

Farinango et al. (2022) realizaron una investigación orientada a la evaluación sísmica y rehabilitación de una edificación universitaria con más de cuatro décadas de antigüedad. La metodología incluyó la recopilación de información técnica, modelación estructural, evaluación del desempeño y diseño de intervención. Entre los resultados se determinó que, en el bloque I, la cortante basal inicial fue de 687.25 toneladas y el desplazamiento máximo de 0.22 m, mientras que al reforzarlo se incrementó la capacidad a 1129.54 toneladas con un desplazamiento de 0.14 m, alcanzando un 66 % de mejora. El estudio concluyó que la estructura analizada presenta un nivel considerable de vulnerabilidad sísmica y requiere la implementación de medidas de refuerzo estructural para garantizar la seguridad de sus ocupantes.

Monzón (2022) evaluó el desempeño sísmico del Módulo G del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, analizando una estructura de concreto reforzado. El estudio utilizó un análisis no lineal tipo *pushover* con el software ETABS, con el objetivo de determinar la capacidad estructural frente a diferentes niveles de exigencia sísmica. Los resultados evidenciaron que el edificio presentó un comportamiento adecuado ante sismos frecuentes y ocasionales, aunque con deficiencias localizadas ante eventos severos, especialmente en columnas del primer nivel. Se identificaron zonas críticas de formación de rótulas plásticas y reducción de la ductilidad global, concluyéndose que el módulo alcanzó niveles de desempeño “Operacional” y “Daño Controlado”, sin llegar al nivel de “Seguridad de Vida”.

Cabrera (2022), desarrolló una investigación denominada *Evaluación sismorresistente de una vivienda de dos plantas de hormigón armado ubicada en la ciudad de Santa Rosa*, cuyo objetivo fue analizar el desempeño estructural mediante modelación en ETABS, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Se comprobó que el periodo fundamental de vibración se encontraba dentro de los valores exigidos por la norma NEC-SE-DS, mientras que la cortante basal alcanzó el 90.18 % del valor normativo. Asimismo, las derivas de entrepiso no superaron los límites establecidos, aunque se evidenciaron deficiencias torsionales que incrementaban la vulnerabilidad del sistema estructural. El autor concluyó que la vivienda cumple con la mayoría de los parámetros de diseño sismorresistente, recomendando reforzar los elementos críticos asociados a la torsión.

Vera (2021) en su tesis titulada *Análisis estructural sismorresistente del bloque A del edificio de Ciencias Humanas y de la Educación de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi*, tuvo como propósito garantizar la seguridad de las edificaciones educativas ante movimientos sísmicos. La investigación abordó la problemática de vulnerabilidad estructural observada tras los sismos de Haití y Chile, enfatizando la necesidad de reforzar edificaciones antiguas. Los resultados de laboratorio indicaron que la resistencia del concreto no alcanzó los valores proyectados, con promedios de 88.89 % y 111.11 % respecto a la resistencia esperada. El estudio concluyó que el método *pushover* constituye una herramienta eficaz para determinar el comportamiento estructural frente a cargas sísmicas.

Romero (2020), en su investigación titulada *Evaluación sismorresistente de una vivienda de dos plantas construida con sistemas estructurales de ductilidad limitada (caso pórticos resistentes a momento)*, tuvo como finalidad analizar el desempeño sísmico de una edificación de dos niveles mediante modelación estructural en ETABS, aplicando una metodología cuantitativa de tipo aplicado y no experimental. Los resultados demostraron que el periodo fundamental de vibración fue de 0.39 segundos, dentro de los parámetros de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Las derivas máximas fueron de 9.54 mm en el segundo nivel y 17.84 mm en la losa de cubierta. Se evidenciaron deficiencias en el cumplimiento de secciones mínimas de diseño y resistencia a flexión, recomendándose reforzamiento con fibra de carbono. El estudio destacó la necesidad de evaluaciones sismorresistentes rigurosas en edificaciones educativas.

Jiménez y Mazacón (2020) desarrollaron el estudio *Análisis comparativo de un edificio aporticado de hormigón armado aplicando la Norma Ecuatoriana NEC-SE-DS-2015 y la Norma Peruana E.030-2020 – RNE E.060-2020*, con el objetivo de contrastar el comportamiento estructural bajo distintos marcos normativos. La metodología empleada fue de tipo aplicado con enfoque cualitativo–cuantitativo y diseño no experimental. Los resultados revelaron que los parámetros de reducción sísmica (R) estuvieron condicionados por el tipo de material y sistema estructural, concluyendo que la normativa peruana presenta criterios de diseño más restrictivos y conservadores respecto a edificaciones de concreto armado.

### **1.6.2. Nacionales**

Martínez (2024) desarrolló un estudio aplicando la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, para analizar el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado ubicada en San Clemente, Pisco, Ica. La metodología se basó en la inspección y recopilación de datos técnicos, modelamiento estructural computacional, análisis modal espectral y evaluación del desempeño sísmico. Se obtuvieron cortantes basales, desplazamientos laterales y el comportamiento dinámico global del sistema estructural. Los resultados indicaron que las derivas en ambas direcciones fueron inferiores a 0.007 y que la cortante dinámica no superó el 80 % de la cortante estática. En la dirección X-X, se obtuvo  $V_{max} = 18.89$  ton,  $N_{max} = 28.43$  ton y  $M_{max} = 58.06$  ton; en Y-Y,  $V_{max} = 3.98$  ton,  $N_{max} = 113.23$  ton y  $M_{max} = 5.12$  ton. La cortante basal estática promedio fue de 196.44 ton. Con base en estos resultados, se concluyó que la edificación presenta un comportamiento estructural sísmico aceptable.

Vargas et al. (2024) realizaron una evaluación estática de una edificación de concreto armado de seis niveles ubicada en la provincia de Chanchamayo, región Junín, según la Norma Técnica Peruana E.030 - 2018. El trabajo consistió en el levantamiento estructural, revisión documental, modelado y análisis estático lineal. Los resultados mostraron que las distorsiones de entrepiso en el eje X no cumplían con el límite normativo, por lo que se propuso aumentar los muros estructurales para mejorar el comportamiento. Las distorsiones en el eje Y estuvieron dentro del rango permitido ( $<0.7$  %). Se concluyó que, si bien la edificación cumple normativamente en análisis estático, se requiere considerar la respuesta dinámica para edificaciones de más de cinco niveles.

García y Rodríguez (2023) llevaron a cabo la investigación titulada *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para el diseño de reforzamiento estructural que mejora la respuesta sismorresistente de la I.E. 81751 Dios es Amor, aplicando la Norma E.030-2019, ciudad de Trujillo*. El objetivo fue determinar la vulnerabilidad estructural de la institución educativa y proponer un reforzamiento eficiente. La metodología incluyó análisis no lineal tipo *pushover* bajo los lineamientos de la norma ASCE 41-13. Los resultados evidenciaron que, mediante la incorporación de muros de concreto armado de 1.30 m de altura, las derivas máximas alcanzadas fueron 0.0053 y 0.0028 en dirección X, y 0.0030 y 0.0017 en Y, cumpliendo con los límites de la Norma E.030. Se concluyó que el reforzamiento incrementó la capacidad estructural y garantizó un adecuado nivel de seguridad frente a eventos sísmicos futuros.

Huamani (2023) aplicó la Norma E.030 para evaluar el comportamiento estructural del pabellón de la Facultad de Derecho y Ciencia Política de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. La metodología comprendió la inspección técnica, levantamiento de información, modelado estructural en ETABS y análisis espectral. Los resultados mostraron derivas entre 0.003176 y 0.006221 en X, y entre 0.003811 y 0.005207 en Y, con modos de vibración predominantemente traslacionales. La fuerza cortante dinámica fue inferior al 90 % de la estática; por ello, se calculó un factor de escala de 1.0799 en X y 1.3896 en Y. Se concluyó que el pabellón cumple los niveles mínimos exigidos por la norma, presentando un comportamiento aceptable ante sismos moderados.

Alcántara (2022) en su tesis *Mejora de la respuesta sísmica del colegio Felipe Salaverry usando reforzamiento de encolumando de columnas, Ayacucho 2022*, evaluó la incidencia del encolumado en el comportamiento estructural de una edificación educativa. La metodología combinó análisis estructural en ETABS y ejecución de reforzamiento experimental. Los resultados mostraron una reducción significativa de la torsión estructural, pasando de 10.654 a 1.679 después del refuerzo, evidenciando una mejora en la rigidez y desempeño sísmico. Se concluyó que el encolumado es una técnica eficaz de reforzamiento estructural conforme a la Norma E.030.

Legua (2022) aplicó la Norma E.030 – Diseño Sismorresistente para evaluar los pabellones de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. La investigación se basó en inspección visual, modelado en ETABS, análisis espectral

y verificación normativa. Se determinó que la aceleración espectral de la norma E.030-2006 fue 13.15 % mayor que la de la versión 2018, concluyéndose que los pabellones fueron diseñados con una rigidez excesiva frente a la norma actual. El estudio recomendó reforzar estructuralmente los pabellones para adecuarse a los parámetros actuales.

Marca y Rojas (2022) en su tesis *Análisis comparativo de dos tipos de refuerzo estructural para la institución educativa N.º 4460 César Cohaila Tamayo, Tacna*, evaluaron alternativas de reforzamiento aplicando la Norma E.020 y la Norma E.030. Con enfoque cuantitativo, el estudio se desarrolló en ETABS v19, considerando combinaciones de carga actualizadas. Antes del reforzamiento, las derivas fueron de 0.0087 y 0.0093 en X y Y; tras aplicar el encamisado, se redujeron a 0.0025 y 0.0055, cumpliendo con la Norma E.030. Se concluyó que el encamisado incrementa la rigidez lateral y mejora sustancialmente el comportamiento estructural.

Guerrero y Rivera (2022) evaluaron el comportamiento sísmico de un edificio de cuatro niveles en San Marcos, Huari, empleando el software ETABS V2016. La metodología incluyó análisis estático y dinámico, observándose que la cortante del análisis estático superó a la modal espectral. Se determinaron factores de escala de 1.1499 (X) y 1.0012 (Y) y derivas menores a 0.005, cumpliendo con los límites de la Norma E.030. Se concluyó que la estructura respondió adecuadamente ante eventos sísmicos moderados, siendo recomendable ajustar el predimensionamiento estructural conforme a la norma vigente.

Albino y Aldave (2021) evaluaron el pabellón “D” del Colegio Micaela Bastidas, Chimbote-Áncash, bajo la Norma E.030. El estudio empleó ensayos en campo y laboratorio (EMS), procesamiento en SAP2000 y determinación de puntos críticos. Se identificó que la resistencia a compresión del concreto armado fue de 200 kg/cm<sup>2</sup> y que las derivas superaron los límites normativos (0.0034 en techo, 0.0016 en segundo nivel y 0.0047 en Y). Se concluyó que la estructura se encuentra en condición de colapso parcial debido a la pérdida de rigidez de sus elementos verticales.

### 1.6.3. Regional y/o Local

Silva Alverca (2024), llevó a cabo una investigación orientada a evaluar la respuesta sísmica de una edificación de concreto armado ubicada en la urbanización California, Jaén, aplicando los criterios de la Norma E.030–2018. El estudio se desarrolló mediante la recopilación de información técnica, el modelado estructural y la aplicación del análisis sísmico lineal. Los resultados evidenciaron que el edificio, originalmente diseñado con un sistema aporticado, presentaba limitaciones frente a las demandas sísmicas, por lo que se propusieron tres alternativas de reforzamiento. La primera contempló la incorporación de muros de concreto armado en la dirección “Y” y muros portantes de albañilería en la dirección “X”, alcanzando derivas máximas de 0.0091 y 0.0066, respectivamente. La segunda alternativa, que reemplazó los muros no conformes, obtuvo valores de 0.0065 y 0.0049; mientras que la tercera, que incluyó refuerzo con fibras de carbono en columnas críticas, mostró una mejora del 9.83 % en X y 13.95 % en Y. El estudio concluyó que el edificio requería refuerzo estructural para adecuarse a los límites normativos y asegurar un comportamiento sísmico estable.

Romero y Hernández (2024) desarrollaron un análisis del desempeño sísmico del bloque 3D de la Institución Educativa Fe y Alegría N.º 22 “San Luis Gonzaga”, en la ciudad de Jaén. La metodología comprendió la recopilación de información técnica, el modelado estructural en el software ETABS v20 y la aplicación de un análisis estático lineal para evaluar derivas, cortantes y fuerzas internas, comparándolas con los valores establecidos en la Norma E.030–2018 y el Reglamento Nacional de Edificaciones. Los resultados indicaron que el bloque analizado presentaba un periodo fundamental de 0.304 segundos en X y 0.150 segundos en Y, mostrando un comportamiento regular y derivas menores a los límites permisibles (0.007 en X y 0.005 en Y). En conclusión, la estructura demostró un desempeño sísmico favorable y conforme a los parámetros de diseño sismorresistente.

Calvay (2023), en su tesis de pregrado titulada “*Desplazamientos laterales en edificaciones de cinco niveles para el sistema estructural aporticado y muros portantes en la ciudad de Jaén*”, tuvo como finalidad comparar el comportamiento estructural de ambos sistemas bajo solicitaciones sísmicas. Para ello, se recopilieron datos in situ sobre las propiedades de los elementos estructurales mediante ensayos de esclerometría, complementados con el modelado computacional y el análisis estructural conforme a la

Norma E.030. Los resultados mostraron resistencias promedio a la compresión de 211.20 kg/cm<sup>2</sup> para el sistema aporticado y 224.20 kg/cm<sup>2</sup> para el sistema de muros portantes. Respecto a las derivas máximas, el sistema aporticado presentó 0.00509 en X y 0.00958 en Y, mientras que los muros portantes registraron 0.000819 en X y 0.00818 en Y. Con base en estos resultados, se determinó que el sistema aporticado ofrece mayor flexibilidad estructural, mientras que el sistema de muros presenta una respuesta más rígida y controlada. El estudio resaltó la importancia de seleccionar el sistema estructural adecuado en edificaciones medianas ubicadas en zonas de alta sismicidad, como la ciudad de Jaén.

Gil (2023), en su investigación titulada “*Evaluación estructural del módulo 01 de la I.E. secundaria Andrés Avelino Cáceres del C.P. Morón Lirio, Hualgayoc – Cajamarca*”, tuvo como propósito analizar el comportamiento estructural del módulo educativo bajo los lineamientos de la Norma Técnica E.030–2018. La investigación combinó una fase diagnóstica con ensayos de esclerometría aplicados al concreto y la modelación estructural en el software ETABS v20.1.0, con el fin de ejecutar análisis estáticos y dinámicos. Los resultados evidenciaron que las derivas obtenidas se encontraban dentro de los valores admisibles: en la dirección X–X se obtuvo 0.004435 para el sistema aporticado, mientras que en la dirección Y–Y el valor fue 0.0008567 para un sistema de albañilería confinada. Asimismo, se determinó una resistencia promedio a la compresión de 259.1 kg/cm<sup>2</sup> en los elementos estructurales, lo que confirmó una capacidad resistente adecuada. En conclusión, la investigación demostró que la infraestructura educativa cumplía con los criterios de desempeño sísmico establecidos, resaltando la necesidad de combinar ensayos experimentales y simulaciones computacionales para un diagnóstico confiable.

Orrillo (2023), en su tesis de licenciatura “*Estudio comparativo de la respuesta estructural al considerar la normativa Sismorresistente E.030 de los años 2003, 2016 y 2018 para la edificación de la galería comercial ‘Leguía’ en la ciudad de Cajamarca*”, analizó las variaciones en el comportamiento estructural al aplicar las distintas versiones de la norma. El estudio, de carácter descriptivo y diseño no experimental, empleó software especializado de análisis estructural considerando las ediciones mencionadas. Los resultados mostraron que la versión 2016 de la norma genera la respuesta estructural más exigente, con derivas máximas de 4.16 % en la dirección X, superando en 12.46 % y 17.65 % los valores obtenidos con las normas de 2003 y 2018, respectivamente. En la dirección Y, la deriva máxima calculada con la norma 2016 fue de 4.57 %, superior en 9.05 % y 17.62 % a las

obtenidas con las demás versiones. Se concluyó que la actualización normativa de 2016 presenta mayor rigurosidad y control sísmico, lo que refuerza la importancia de su aplicación en edificaciones comerciales.

Barboza y Serrano (2022) desarrollaron un estudio enfocado en determinar el nivel de desempeño sísmico del edificio *Ángel Divino*, ubicado en la ciudad de Chota, región Cajamarca. El procedimiento metodológico incluyó la recopilación de datos técnicos, el modelado estructural y la evaluación del desempeño ante diferentes escenarios sísmicos conforme a la normativa nacional. Los resultados revelaron que, frente a un sismo con una probabilidad de ocurrencia del 10 % en 50 años, el edificio alcanzó un nivel de desempeño de *Prevención del Colapso*, no cumpliendo totalmente con el objetivo de seguridad planteado en la norma ATC-40. Para un sismo frecuente (50 % de probabilidad), el desempeño fue de *Ocupación Inmediata*, mientras que para un evento ocasional (20 % de probabilidad) se obtuvo un nivel de *Seguridad de Vida*. En conjunto, el estudio permitió establecer que la edificación presenta un comportamiento aceptable dentro de los márgenes de desempeño esperados según la severidad del evento sísmico.

Barboza y Cardozo (2022) realizaron una evaluación sismorresistente del bloque C de la Institución Educativa Emblemática Jaén de Bracamoros, aplicando la Norma Técnica E.030 (Jaén-2021). La metodología se basó en el levantamiento de información técnica, el modelado estructural y la verificación normativa de parámetros sísmicos. Los resultados indicaron que el bloque no presentaba irregularidades significativas, evidenciando una buena configuración estructural. El análisis mostró un periodo fundamental de 0.436 segundos, utilizando tres modos de vibración por nivel. Se determinó que las fuerzas cortantes en la base eran de 67.339 kgf para la dirección X y 76.959 kgf para la dirección Y, valores que cumplen con lo establecido por la NTE E.030. En consecuencia, se concluyó que la estructura tiene un comportamiento adecuado frente al análisis estático y dinámico, satisfaciendo en su mayoría las exigencias normativas vigentes.

Abad y Guivar (2022), en su tesis *“Determinación del comportamiento estructural sismorresistente mediante el análisis estático aplicando la nueva Norma E.030-2018 en la I.E. Sagrado Corazón”*, evaluaron el desempeño estructural de la edificación educativa en función de la nueva versión de la norma. Se recopiló información arquitectónica y estructural, se modeló la edificación en ETABS y se verificaron los parámetros de deriva,

cortante y capacidad portante. Los resultados mostraron que los desplazamientos relativos en la dirección X del primer y segundo nivel no cumplían con los límites permitidos, mientras que los cortantes en la base eran mayores bajo la norma anterior que bajo la nueva. Se concluyó que la estructura presenta un comportamiento estable frente a cargas sísmicas, aunque requiere ajustes en algunos elementos para cumplir plenamente con los parámetros establecidos por la Norma E.030–2018.

Merino y Meza (2022) desarrollaron el estudio titulado “*Evaluación del comportamiento sismorresistente de un edificio de concreto armado de cuatro niveles empleando la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente, ubicado en la Urbanización Las Flores – Jaén, 2021*”, con el propósito de determinar la respuesta estructural de la edificación conforme a los parámetros establecidos por la normativa peruana. La metodología se basó en la recopilación de información técnica in situ, la caracterización de materiales estructurales y el modelado computacional mediante software especializado, con el fin de identificar posibles deficiencias y evaluar la necesidad de incorporar elementos de rigidez. Los resultados mostraron que las derivas superaban los límites admisibles de 0.007 establecidos por la norma: en el eje X se obtuvieron valores de 0.0283, 0.0149, 0.0101 y 0.0056 en los niveles del primero al cuarto, mientras que en el eje Y los valores fueron de 0.0349, 0.0316, 0.0101 y 0.0113. Con base en estos resultados, se concluyó que la edificación presentaba un comportamiento estructural inestable ante sollicitaciones sísmicas, siendo necesario reforzar el sistema estructural mediante la incorporación de elementos más rígidos y adecuadamente distribuidos para mejorar su desempeño global.

Garay (2022), en su tesis “*Comparación de la respuesta estructural de la edificación del módulo ‘B’ de la Institución Educativa César Vallejo – Hualgayoc, Cajamarca, al utilizar los softwares SAP2000 y Robot Structural*”, tuvo como objetivo comparar el comportamiento sísmico de una infraestructura educativa modelada con distintos programas de análisis estructural. La investigación comprendió la obtención de información de campo, el procesamiento de datos mediante ambos softwares y la comparación de los resultados frente a los valores exigidos por la Norma Técnica E.030. Los análisis dinámicos reportaron derivas de 0.003 en la dirección X y 0.0024 en la dirección Y utilizando SAP2000, mientras que con Robot Structural se obtuvieron 0.0025 en X y 0.0026 en Y. En cuanto a la cortante en la base, se registraron valores de 54.15 Tonf y 52.97 Tonf, respectivamente. Las

diferencias mínimas entre ambos programas confirmaron la consistencia de los resultados, concluyéndose que la edificación cumple con los parámetros de diseño sismorresistente y que las herramientas de análisis computacional son confiables para la evaluación estructural de edificaciones educativas.

Mamani (2021) realizó la investigación titulada “*Evaluación sismorresistente del pabellón ‘A’ de la I.E. Andrés Avelino Cáceres del distrito Baños del Inca, Cajamarca – 2021*”, orientada a determinar el desempeño estructural del pabellón frente a cargas sísmicas, aplicando una metodología de tipo aplicado y no experimental. Los resultados mostraron que las derivas obtenidas en el eje X alcanzaron 0.013, valor que excede el límite permitido, mientras que en el eje Y se registró 0.000726, dentro de lo normativo. Se identificó, además, un desplazamiento máximo de 7.78 cm y fuerzas cortantes de 70.61 toneladas en X y 168.94 toneladas en Y. Dichos valores evidenciaron que el pabellón no cumplía completamente con los parámetros de la norma E.030 vigente, principalmente en el eje X. Por ello, se recomendó la ejecución de refuerzos estructurales con el propósito de mejorar la estabilidad global del sistema y garantizar un comportamiento seguro frente a eventos sísmicos. El estudio destacó la importancia de evaluar periódicamente las infraestructuras educativas, a fin de detectar oportunamente deficiencias y prevenir riesgos para la comunidad escolar.

Guerrero (2021) en su investigación “*Evaluación estructural del bloque B1 de la I.E. Jaén de Bracamoros de la ciudad de Jaén, 2019*”, analizó el comportamiento estructural del bloque mediante el uso del software ETABS, considerando los criterios de la Norma Técnica E.030–2018. Los resultados revelaron que las derivas de entrepiso se encontraban por debajo del 50 % del límite permisible, aunque se identificó que los muros de concreto armado M-2 mostraban baja capacidad de resistencia al cortante actuante ( $\phi V_n < V_u$ ). También se verificó que las fisuras por acción sísmica no comprometían la rigidez del sistema estructural. El estudio concluyó que, si bien la estructura cumplía parcialmente con los requisitos de la norma vigente, no alcanzaba los valores mínimos de resistencia exigidos en la Norma E.060–2009, lo que evidenció un desempeño estructural deficiente que requería intervenciones correctivas.

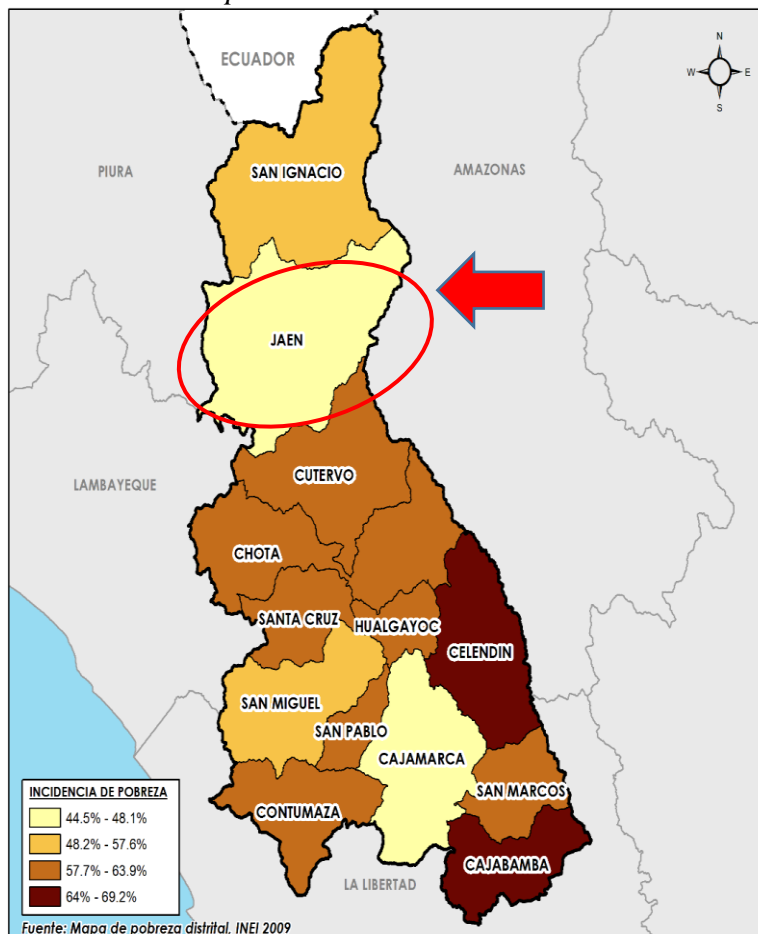
## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Ubicación geográfica

El módulo correspondiente a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén se localiza a la altura del kilómetro 24 de la carretera Jaén – San Ignacio, dentro del sector Yanuyacu, perteneciente al distrito y provincia de Jaén, en el departamento de Cajamarca. La edificación se encuentra situada en la zona Nororiental del territorio regional, a una altitud aproximada de 640 metros sobre el nivel del mar. Su posición geográfica referenciada mediante el sistema de coordenadas UTM (Datum WGS 84, Zona 17 S) es: E: 746213.87 m y N: 9372209.77 m.

**Figura 1**

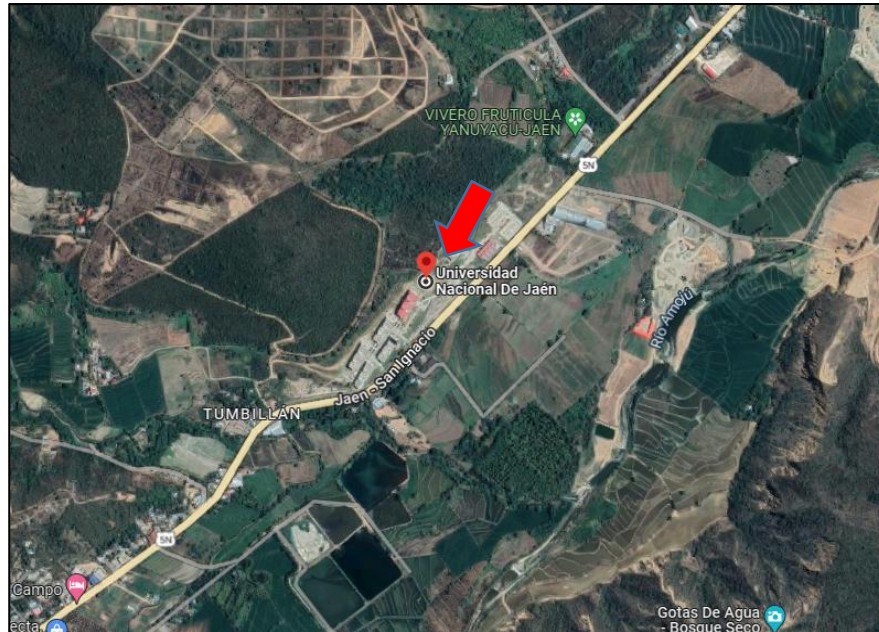
*Ubicación de la provincia de Jaén*



*Nota.* La figura muestra la ubicación política de la provincia de Jaén. Fuente: INEI (2019).

## Figura 2

### Localización de la Universidad Nacional de Jaén



*Nota.* La figura muestra la localización de la Universidad Nacional de Jaén, que se encuentra en vía Jaén – San Ignacio. Fuente: Google Maps (2024).

## 2.2. Población, muestra y muestreo

### 2.2.1. Población

La población o universo se refiere al conjunto de elementos o individuos que serán objeto de investigación (López, 2004). Para la presente investigación la población fueron los módulos de la Universidad Nacional de Jaén, ubicado en la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

### 2.2.2. Muestra

Es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación (López, 2004). La muestra corresponde al módulo 1, de la Facultad de Ingeniería civil de la Universidad Nacional de Jaén, ubicado en el departamento de Cajamarca.

### **2.2.3. Muestreo**

El tipo de muestreo empleado en la presente investigación corresponde a un muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual se caracteriza por la selección intencionada de los elementos que forman parte del estudio, en función de su accesibilidad y pertinencia para los objetivos planteados. Este enfoque permite incluir a los participantes o unidades de análisis que resultan más representativos o de más fácil acceso, sin requerir un proceso aleatorio.

De acuerdo con Hernández y Escobar (2019), este tipo de muestreo es apropiado cuando el investigador selecciona los casos disponibles que mejor se ajustan a las condiciones del estudio y al tiempo disponible, hasta alcanzar el número necesario para obtener resultados válidos y útiles. En este caso, se optó por el muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que la información proviene directamente del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, cuya accesibilidad y relevancia responden a los objetivos del análisis estructural.

## **2.3. Metodología**

### **2.3.1. Método**

El enfoque metodológico adoptado fue deductivo, por cuanto se inició a partir del conocimiento general de los principios teóricos y normativos establecidos en la Norma Técnica Peruana E.030 – 2018 “Diseño Sismorresistente”, para luego aplicar dichos fundamentos al caso específico del módulo 1 de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNJ. Este método permitió analizar el cumplimiento estructural del edificio desde un marco general hacia un contexto particular, verificando su comportamiento sísmico conforme a los parámetros normativos vigentes.

### **2.3.2. Tipos de investigación**

#### **2.3.2.1. Según su finalidad**

La investigación se clasifica como aplicada, dado que busca resolver una problemática concreta vinculada a la seguridad estructural. Este tipo de estudio tiene como propósito transferir el conocimiento científico a la práctica, generando resultados que contribuyan directamente a la mejora de una edificación real. En este caso, la aplicación

práctica se orientó a evaluar si el módulo cumple con los criterios establecidos por la Norma E.030 y, de ser necesario, plantear alternativas de reforzamiento estructural. Así, el trabajo no solo produce conocimiento teórico, sino que aporta soluciones tangibles que fortalecen la seguridad y desempeño de la infraestructura.

#### **2.3.2.2. Según enfoque**

La investigación se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, el cual busca explicar la realidad a partir del análisis objetivo de datos medibles. Este enfoque se orienta al conocimiento de fenómenos observables mediante resultados numéricos obtenidos por procesos sistemáticos, dejando de lado interpretaciones subjetivas o percepciones personales. En este estudio, la aplicación del enfoque cuantitativo permitió analizar valores derivados del modelado estructural como desplazamientos, derivas, períodos de vibración, cortantes basales y esfuerzos internos, los cuales se contrastaron con los límites establecidos por la Norma Técnica E.030–2018. Dicho procedimiento garantizó resultados objetivos, verificables y reproducibles, sustentando la evaluación sismorresistente en parámetros técnicos y no en apreciaciones cualitativas.

#### **2.3.2.3. Según su diseño**

El presente trabajo corresponde a un diseño no experimental, dado que no se realizó manipulación intencionada de las variables del estudio. Se analizó la estructura tal como se encuentra en su entorno natural, sin alterar sus condiciones físicas ni introducir modificaciones externas (Aucancela y Velasco, 2021). Este tipo de diseño se utiliza cuando se busca describir un fenómeno existente dentro de su propio contexto, a fin de comprender su comportamiento real. En ese sentido, la investigación tuvo un carácter analítico-descriptivo, ya que se enfocó en observar el desempeño estructural ante diferentes escenarios sísmicos simulados mediante programas de análisis computacional, tales como el análisis estático lineal y modal espectral, basándose en la observación indirecta por medio de software especializado.

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

Para la obtención de la información se aplicaron distintas técnicas de recolección de datos, entre ellas la revisión documental, mediante la cual se recopilaron planos estructurales, memorias de cálculo, expedientes técnicos y normativa vigente, destacando la

Norma Técnica Peruana E.030 – 2018. Asimismo, se efectuó una inspección técnica en campo en el módulo perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, con el propósito de constatar las condiciones actuales de los elementos estructurales y su estado físico. Finalmente, se desarrolló una simulación computacional en el software ETABS, utilizada para modelar y analizar el comportamiento sísmico del edificio.

Como herramientas complementarias se emplearon Microsoft Excel para la organización de datos y los programas ETABS y SAP2000 para la modelación estructural. Además, se tomaron como referencia las siguientes Normas Técnicas Peruanas: NTE E.030 “Diseño Sismorresistente”, NTE E.020 “Cargas”, NTE E.050 “Suelos y Cimentaciones” y NTE E.060 “Concreto Armado”, que sirvieron como base normativa para la evaluación estructural y los análisis realizados.

#### **2.3.4. Análisis de datos**

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando la información recopilada a través de la inspección técnica del módulo estructural, los antecedentes del expediente técnico y los resultados obtenidos del modelado computacional. Inicialmente, se procesaron los datos geométricos y estructurales obtenidos en campo y en la documentación técnica, con el fin de construir un modelo estructural representativo en el software ETABS, conforme a los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – 2018.

Posteriormente, se simularon diversos escenarios sísmicos de acuerdo con las condiciones geológicas y sismológicas del distrito de Jaén, obteniendo resultados como desplazamientos, derivas, cortantes y esfuerzos internos de los elementos estructurales. Dichos valores fueron contrastados con los límites permisibles definidos por la normativa, para determinar el nivel de desempeño y la capacidad sismorresistente del módulo analizado. Finalmente, se interpretaron los resultados con el propósito de verificar si la estructura cumple con los criterios de diseño establecidos o requiere medidas de refuerzo.

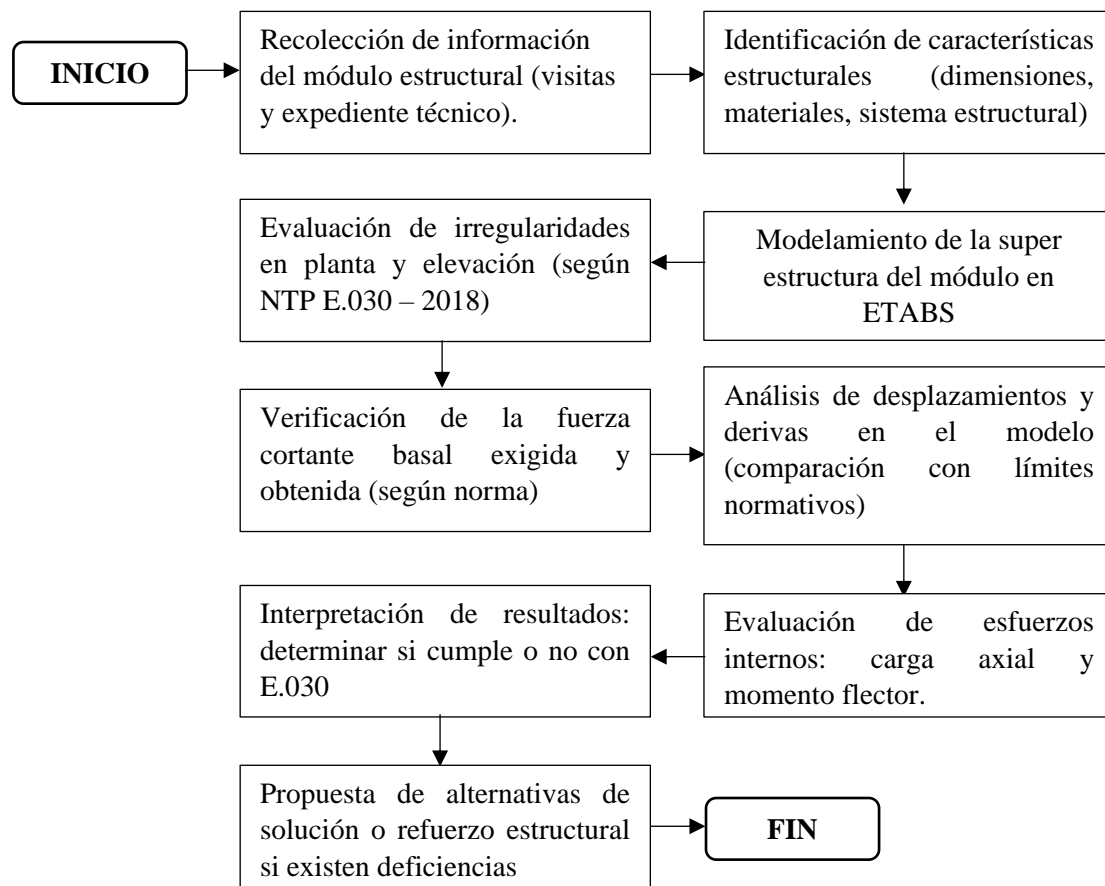
Es importante señalar que no se aplicaron ensayos no destructivos —como la esclerometría—, debido a que su ejecución afectaría la estética y funcionalidad del edificio. Por tal motivo, se adoptaron los valores de resistencia consignados en el expediente técnico,

en conjunto con los parámetros de la Norma Técnica E.030 – 2018 y los lineamientos de ingeniería estructural. Se recomienda que este tipo de ensayos se realicen en futuras inspecciones, preferentemente durante procesos de mantenimiento o en periodos en los que el módulo no se encuentre en uso académico.

### 2.3.5. Procedimientos de recolección de datos

**Figura 3**

*Procedimiento de recolección de datos*



*Nota.* La figura 3, muestra el flujograma del procedimiento de recolección de datos. Fuente: Elaboración propia (2024).

La Figura 3 presenta el procedimiento metodológico seguido para la recolección y análisis de datos del módulo en estudio. Se observa una secuencia lógica que inicia con la recopilación de información y culmina con la propuesta de soluciones estructurales. Este diagrama evidencia que el análisis sismorresistente se desarrolla de manera sistemática,

integrando normativas vigentes (NTP E.030), modelación estructural en ETABS y verificación de resultados técnicos.

#### **2.3.5.1.Descripción del proyecto**

Los planos considerados para este análisis corresponden a los planos post construcción, los cuales fueron verificados directamente en campo, constatándose que no existen variaciones respecto a la documentación original del expediente técnico.

El módulo perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil está conformado por cuatro niveles y posee un área construida total de 761.03 m<sup>2</sup>. El acceso principal se realiza mediante escaleras y rampas que conducen a la circulación central, la cual presenta un acabado en pavimento de cemento pulido y bruñido. Cada aula ha sido diseñada con capacidad para 35 estudiantes. A continuación, se detalla la distribución de los ambientes según el nivel correspondiente del módulo analizado:

**Planta primer nivel:** Presenta una circulación central que permite acceder a los siguientes espacios: Laboratorio de suelos, geotecnia y pavimentos, Laboratorio de ensayos y resistencia de materiales, Laboratorio hidráulico, Administración, Cafetería y un paquete de servicios higiénicos. Además, cuenta con dos escaleras y dos ascensores que comunican con el segundo nivel.

**Planta segundo nivel:** Dispone de una circulación central desde la cual se accede a los siguientes ambientes: seis aulas, Laboratorio de dibujo técnico, Laboratorio de topografía, dos almacenes, un cubículo de limpieza y un paquete de servicios higiénicos. Este nivel también incluye dos escaleras y dos ascensores de conexión con el tercer nivel.

**Planta tercer nivel:** Conserva el mismo esquema de circulación central y alberga los siguientes ambientes: dos aulas, dos laboratorios de cómputo, una sala de exposición multimedia, decanato, dos almacenes, un cubículo de limpieza y un paquete de servicios higiénicos. Asimismo, dispone de dos escaleras y dos ascensores que comunican con el cuarto nivel.

**Planta cuarto nivel:** Cuenta con una circulación central y está compuesta por los siguientes espacios: biblioteca, dos salas audiovisuales o aulas multiusos, un auditorio, además de dos escaleras y dos ascensores que conducen al nivel de techo.

Finalmente, en los anexos 56, 57, 58, 59, 60, 61 y 62 se detalla la distribución arquitectónica del módulo descrito, incluyendo las plantas, cortes y elevaciones correspondientes a cada nivel, conforme al proyecto en evaluación.

### **2.3.5.2. Normas para el diseño del proyecto**

El desarrollo del presente proyecto se fundamentó en las disposiciones establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), documento técnico normativo que agrupa los criterios y especificaciones aplicables a las distintas etapas del proceso de diseño estructural. Para la ejecución de esta investigación se consideraron las siguientes Normas Técnicas Peruanas, cada una correspondiente a un capítulo específico del reglamento:

- Norma E.020 Cargas.
- Norma E.030 Diseño Sismo-resistente.
- Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.
- Norma E.060 Concreto Armado.

### **2.3.5.3. Aspectos generales de la evaluación estructural sismorresistente**

La evaluación estructural se efectuó con base en las disposiciones técnicas de las normas E.020, E.030, E.050 y E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones. La Norma E.020 fue utilizada para determinar las cargas permanentes y sobrecargas que actúan sobre la estructura; la Norma E.030 sirvió como referencia principal para evaluar el comportamiento sismorresistente del módulo; la Norma E.050 permitió analizar las condiciones del suelo y las cimentaciones, mientras que la Norma E.060 proporcionó los criterios de diseño y dimensionamiento de los elementos de concreto armado.

El análisis estructural se desarrolló bajo el enfoque de diseño por estados límites, método que considera las condiciones extremas que puede experimentar una estructura ante solicitaciones de flexión, corte, torsión o compresión. Dicho enfoque permite evaluar el nivel de resistencia y seguridad de los elementos estructurales, garantizando un desempeño

adecuado frente a las exigencias sísmicas y las cargas gravitacionales a las que se encuentra sometido el edificio.

Para el diseño en concreto armado se aplicó factores de carga de la Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado" las cuales fueron definidas al programa ETABS, el cual también se adjunta en el anexo 12 y 13:

- $CU1 = 1.5 D + 1.8 L$
- $CUX2 = 1.25 (D+L) + 1.25 SX$
- $CUX3 = 1.25 (D+L) - 1.25 SX$
- $CUY4 = 1.25 (D+L) + 1.25 SY$
- $CUY5 = 1.25 (D+L) - 1.25 SY$
- $CUX6 = 0.9D + 1.25 SX$
- $CUX7 = 0.9D - 1.25 SX$
- $CUY8 = 0.9D + 1.25 SY$
- $CUY9 = 0.9D - 1.25 SY$
- $E = CU1 + CUX2 + CUX3 + CUY4 + CUY5 + CUX6 + CUX7 + CUY8 + CUY9$   
(envolvente).

**Donde:**

- D: Para Cargas Permanentes
- L: Para Cargas Vivas
- SX, SY Carga Sísmica en X e Y Respectivamente

**Tabla 1**

*Factores de reducción de resistencia*

<b>Solicitud</b>	<b>Factor de Reducción</b>
Flexión sin carga axial	0,90
Carga axial y carga axial con flexión:	
(a) Carga axial de tracción con o sin flexión	0,90
(b) Carga axial de compresión con o sin flexión:	
- Elementos con refuerzo en espiral	0,75
- Otros elementos	0,70
Cortante y torsión	0,85

Aplastamiento en el concreto (excepto para las zonas de anclajes de postensado)	0,70
Zonas de anclaje de postensado	0,85

*Nota.* Datos tomados de la Norma de diseño sismorresistente (2018).

La Tabla 1 muestra los factores de reducción de resistencia que se aplican en el modelamiento estructural de acuerdo con la Norma de Diseño Sismorresistente (2023). Estos valores permiten ajustar la capacidad de los elementos frente a diferentes solicitaciones como flexión, cortante y torsión. Su correcta aplicación garantiza un análisis más realista del comportamiento estructural, contribuyendo a la seguridad y confiabilidad del diseño sismorresistente del módulo en estudio.

Además, se tuvo en cuenta las propiedades de los materiales, como el acero y concreto según el expediente técnico.

#### **2.3.5.4. Estructuración**

La evaluación estructural se desarrolló tomando como referencia las Normas Técnicas Peruanas E.020, destinada a la determinación de cargas permanentes y sobrecargas, y la Norma E.030, correspondiente al diseño sismorresistente, además de la Norma E.050, que establece los criterios para la evaluación de suelos y cimentaciones.

La estructuración del edificio consistió en la distribución adecuada de los elementos estructurales, tales como columnas, vigas, losas, placas y muros portantes, con el propósito de conformar un sistema resistente capaz de soportar las solicitaciones debidas a cargas gravitacionales y fuerzas sísmicas. Para ello, se procuró que los elementos se dispusieran de manera eficiente, optimizando tanto la economía constructiva como la estética, funcionalidad y seguridad estructural. En esta etapa se consideraron los principios establecidos por la Norma E.030 – Diseño Sismorresistente, así como los criterios teóricos planteados por Blanco (2010), en los que se fundamenta la filosofía del diseño sismorresistente, basada en:

- Evitar pérdida de vidas
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- Minimizar los daños a la propiedad

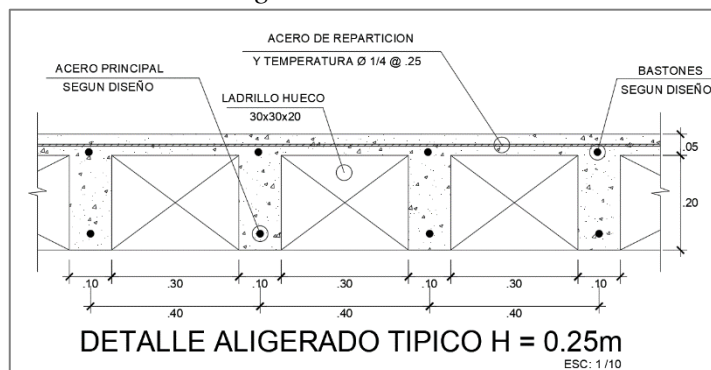
### **2.3.5.5. Predimensionamiento**

El predimensionamiento de los elementos estructurales se efectuó como una etapa preliminar del diseño, en la cual se establecieron las dimensiones iniciales de vigas, columnas, losas, placas y demás componentes estructurales. Este proceso constituye una base de partida para el diseño final, siendo posteriormente ajustado y optimizado en función de las solicitaciones reales de carga obtenidas durante los análisis estructurales. Dichos valores fueron refinados mediante la aplicación de los criterios de diseño establecidos en la normativa nacional, garantizando que las dimensiones finales cumplieran con los requisitos de seguridad y estabilidad.

En el caso particular del presente estudio, el predimensionamiento se realizó considerando los parámetros definidos en el proyecto “Mejoramiento de los Servicios Académicos y Administrativos de la Universidad Nacional de Jaén, Distrito de Jaén, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca”. Esta decisión se justifica en el hecho de que el módulo de la Facultad de Ingeniería Civil se encuentra completamente edificado, por lo que el análisis se centró en la evaluación del comportamiento sismorresistente de la estructura existente. Se identificaron, analizaron y verificaron los elementos estructurales, confirmando que la estructuración general del edificio responde a las disposiciones establecidas en las Normas Técnicas Peruanas vigentes y cumple con las condiciones actuales de diseño y construcción.

#### **A. Predimensionamiento de losa aligerada**

La losa aligerada fue diseñada como un elemento unidireccional con un espesor de 0.25 m, orientado en el sentido X-X hacia el tramo de menor luz, cumpliendo con las especificaciones establecidas en el Capítulo 9.6.2 de la Norma Peruana E.060 – Concreto Armado. Su función principal es transmitir las cargas gravitacionales hacia las vigas estructurales y actuar simultáneamente como un diafragma rígido, contribuyendo a la integración lateral del conjunto estructural para mejorar la distribución de los esfuerzos y desplazamientos.

**Figura 4***Detalle de Losa Aligerado  $e=0.25m$* 

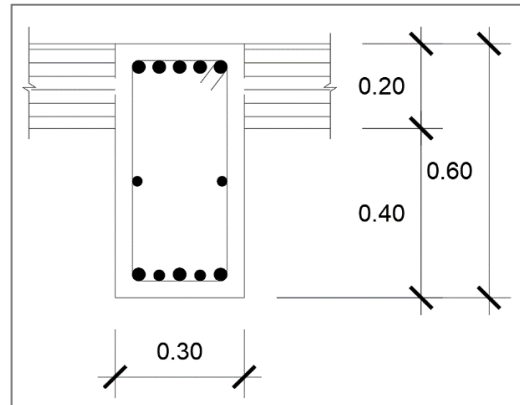
*Nota.* Universidad Nacional de Jaén (2024).

La Figura 4 muestra el detalle constructivo correspondiente a una losa aligerada con espesor de 0.25 m, conformada por bloques huecos de ladrillo y acero de refuerzo longitudinal y transversal. Este sistema permite disminuir el peso propio de la losa sin comprometer su resistencia estructural. El gráfico evidencia la ubicación del acero principal, el refuerzo de reparto y el acero de temperatura, componentes que aseguran un comportamiento eficiente frente a cargas sísmicas y un adecuado desempeño estructural dentro del sistema resistente.

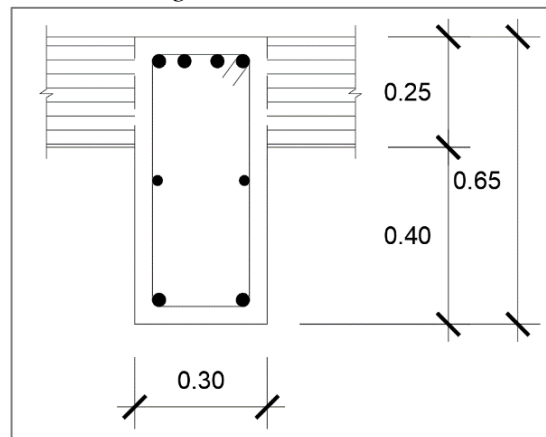
## **B. Predimensionamiento de viga**

Las vigas peraltadas fueron consideradas en los ejes X-X y Y-Y, clasificándose como vigas sismorresistentes, de acuerdo con las especificaciones de la Norma Peruana E.060 – Concreto Armado. Estas vigas cumplen la función de transmitir las cargas verticales de las losas y resistir las fuerzas horizontales producto de la acción sísmica.

Debido a que la configuración estructural del edificio es repetitiva en todos los niveles, se mantuvo un criterio uniforme en la determinación de las dimensiones iniciales. Para los niveles del primero al cuarto, en los ejes A-A, B-B, C-C y D-D, se adoptaron vigas VP:30×60, mientras que para los ejes 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 y 5-5, se establecieron vigas VP:30×65, conforme se detalla en los anexos 9 y 10. Este planteamiento responde al comportamiento estructural esperado de las vigas del primer nivel, que soportan mayores esfuerzos y, por tanto, requieren un dimensionamiento más robusto.

**Figura 5***Detalle de viga VP:30x60cm**Nota.* Universidad Nacional de Jaén (2024).

La Figura 5 muestra el detalle de una viga VP con dimensiones de 0.30 m de ancho por 0.60 m de peralte. Se observa la disposición del refuerzo longitudinal y transversal, diseñado para resistir esfuerzos de flexión y cortante.

**Figura 6***Detalle de viga VP:30x65cm**Nota.* Universidad Nacional de Jaén (2024).

La Figura 6 presenta el detalle de una viga VP de 0.30 m de ancho y 0.65 m de peralte, lo que le confiere mayor capacidad resistente en comparación con la viga anterior. El refuerzo longitudinal y los estribos se distribuyen para soportar cargas combinadas, contribuyendo a la rigidez y seguridad del sistema estructural frente a solicitaciones sísmicas.

### C. Predimensionamiento de columnas

Las columnas estructurales están sometidas simultáneamente a esfuerzos axiales y momentos flectores, por lo que su dimensionamiento debe considerar ambos efectos de manera conjunta. Este análisis busca identificar cuál de las sollicitaciones predomina en la respuesta estructural del elemento, a fin de garantizar su estabilidad y resistencia.

Para fines comparativos y de verificación, se empleará la fórmula propuesta por el Ing. Blanco Blasco, la cual permite correlacionar los esfuerzos de compresión y flexión, proporcionando una referencia práctica para la evaluación del comportamiento de las columnas dentro del sistema estructural.

#### Columnas centradas

$$\text{Area de la columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.45 f'c}$$

#### Columnas excéntricas y esquineras

$$\text{Area de la columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.35 f'c}$$

Siendo  $P(\text{servicio}) = P \times A \times N$

#### Donde P:

- Edificios categoría A (ver norma E.030) :  $P=1500 \text{ kg/m}^2$
- Edificios categoría B (ver norma E.030) :  $P=1250 \text{ kg/m}^2$
- Edificios categoría C (ver norma E.030) :  $P=1000 \text{ kg/m}^2$

#### A: área tributaria

#### N: número de pisos

Para el análisis del predimensionamiento se tomarán las columnas T la cual es la más crítica para comprobar su dimensionamiento.

## Columna T

$$\text{Área de la columna} \frac{P(\text{servicio})}{0.45 f'c}$$

Datos:

- P (servicio) : 1500 kg/m<sup>2</sup>
- A (área tributaria) : 18.89 m<sup>2</sup>
- N (# pisos) : 4
- f'c : 210kg/cm<sup>2</sup>

$$\text{Área de la columna} \frac{1500 \times 30.52 \times 4}{0.45 \times 210}$$

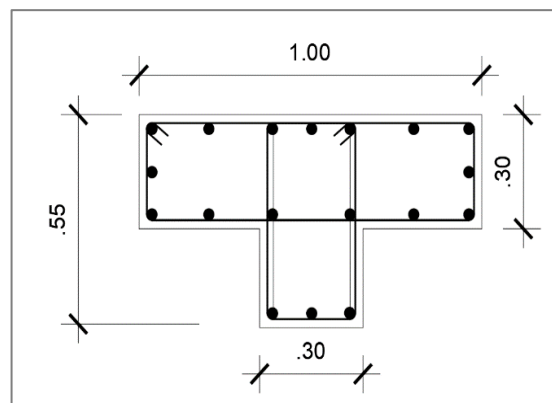
$$\text{Area de la columna} = 1937.777 \text{ cm}^2 \cong 0.19377 \text{ m}^2$$

Comparando el resultado del predimensionamiento con el área tributaria de la columna del proyecto: “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN, DISTRITO DE JAÉN, PROVINCIA DE JAÉN, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”, es superior el área del proyecto así que la medida del proyecto es el adecuado.

$$0.19377 \text{ m}^2 \leq 0.375 \text{ m}^2$$

**Figura 7**

*Detalle de CT:01*



*Nota.* Universidad Nacional de Jaén (2024).

La Figura 7 presenta el detalle de una columna tipo T, con un ancho total de 1.00 m, un alma de 0.30 m y una altura de 0.55 m. Esta configuración permite incrementar la rigidez

de la estructura, mejorando su capacidad para resistir cargas verticales y horizontales. El refuerzo mostrado asegura un adecuado desempeño de la columna frente a solicitaciones sísmicas, contribuyendo a la estabilidad global del módulo.

#### D. Predimensionamiento de placas

La estructura en estudio posee tanto en la dirección X-X y en la dirección Y-Y; 8 placas en forma de “L” de 1.70x1.70x0.30m (ver sigura 8), para ello se tiene que la fuerza resistente de las placas debe de ser mayor a la fuerza cortante:

$$V_{rpx} > V_{ap}$$

Para ello tenemos:

$$V_{ap} > 0.357xZUSP$$

Para los valores ZUSP se tomó de la norma E.030 (2018) de diseño sismorresistente: teniendo Z= 0.25 (zona 2), U= 1.5 (categoría 1- Edificaciones importantes), S= 1.4 (según el estudio de mecánica de suelos),  $P = \sum CM + 0.50x \sum CV$  (Para edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva). Entonces tenemos lo siguiente:

$$V_{ap} = 0.357x0.25x1.5x1.4x(163.136)$$

$$V_{ap} = 30.5757 \text{ ton}$$

La fuerza resistente de las placas en la dirección X-X y Y-Y es:

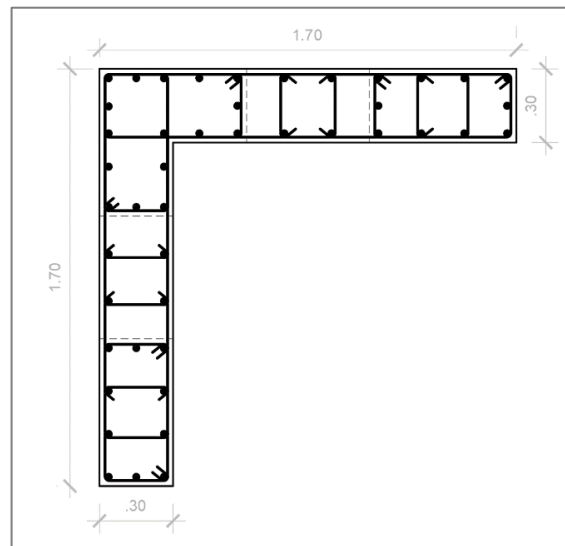
$$V_{rpx} = \frac{6kg}{cm^2} x A_{px}$$

Donde Apx es igual al área de las placas

$$V_{rpx} = \frac{6kg}{cm^2} x 8x(9300.00cm^2)$$

$$V_{rpx} = 446.740 \text{ ton}$$

Entonces se tuvo que la fuerza resistente de las placas fue mayor que la fuerza cortante;  $446.740 > 30.5757 \text{ ton}$ . Cumpliendo con el área necesaria para soportar las fuerzas cortantes, por lo que el dimensionamiento de las placas en el proyecto fue adecuado.

**Figura 8***Detalle de PL:01*

*Nota.* Universidad Nacional de Jaén (2024).

La Figura 8 muestra el detalle de la placa estructural en forma de “L”, con un espesor de 0.30 m y lados de 1.70 m. Este tipo de elemento aporta rigidez y resistencia adicional en esquinas y uniones, contribuyendo a la estabilidad de la edificación frente a cargas horizontales generadas por sismos.

Las placas tipo “L” se ubican estratégicamente en las cuatro esquinas del edificio, configuradas con mayor peralte en ambas direcciones, lo que les otorga una mayor rigidez lateral y capacidad resistente frente a esfuerzos de corte y flexión. Estos elementos trabajan bajo solicitaciones combinadas de compresión, flexión y cortante, y debido a su alta rigidez y comportamiento como diafragma rígido, absorben una porción considerable de los esfuerzos cortantes generados por los sismos. Por esta razón, se optó por una distribución simétrica de dichas placas, reduciendo los efectos torsionales y garantizando un comportamiento estructural equilibrado en la edificación.

### **2.3.5.6. Modelamiento estructural**

En este capítulo se presenta el modelamiento estructural empleando el software en el cual se realizó el modelamiento de la estructura, es el ETABS 2018 V18.0.2, ya que es uno de los más comerciales, y de fácil contenido, usando parámetros establecidos en nuestra nueva Norma peruana E.030 (2018) Diseño Sismorresistente.

## A. Cargas de diseño

Para realizar el modelo estructural se consideró cargas de la edificación según lo que estipula la norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

### Carga muerta

- Peso de propio de losa: 350 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de tabiquería: 100 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de piso terminado: 100 kg/m<sup>2</sup>

### Carga viva:

- Sobrecarga (Aulas): 250 kg/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga (Corredores + Escaleras): 450 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de techo: 100 kg/cm<sup>2</sup>

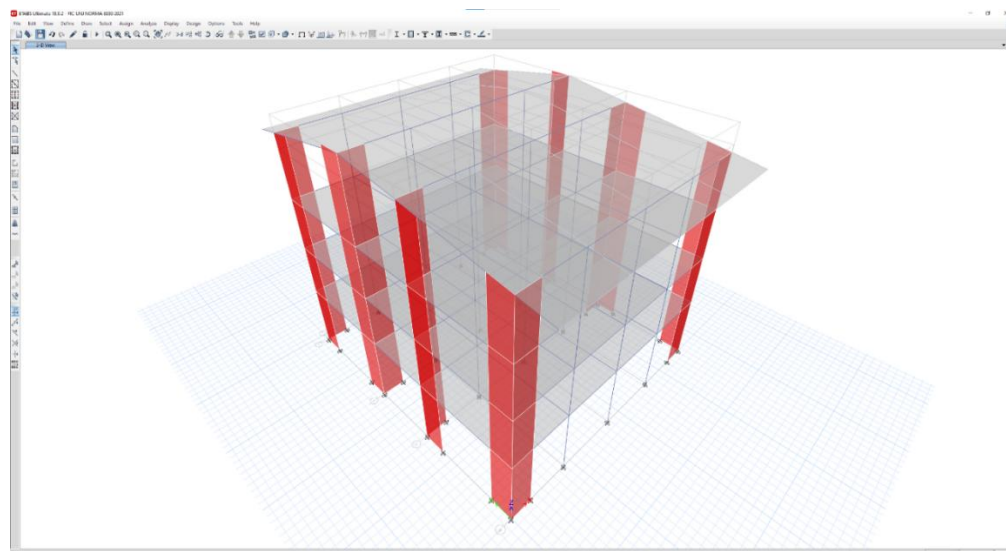
Estos valores fueron ingresados en el software ETABS antes de realizar el análisis sísmico.

## B. Modelo de la estructura

Con todos los elementos necesarios para el modelamiento de la estructura es que se obtiene finalmente una vista en tres dimensiones de la modelación del bloque 1 del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén realizado en el Software ETABS, tal y como se observa en la figura 9.

### Figura 9

#### *Modelo de la estructura*



Nota. ETABS (2024).

La Figura 9 presenta el modelo inicial de la estructura realizado en el software ETABS. En él se observa la disposición de columnas y losas que conforman el módulo de estudio. Este modelado permite simular el comportamiento estructural frente a solicitaciones sísmicas, garantizando un análisis más preciso de la edificación.

### 2.3.5.7. Análisis sismorresistente

En el presente apartado se desarrolla el análisis sísmico del modelo estructural, considerando tanto el comportamiento estático como el dinámico del sistema. Para este propósito se emplearon los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana E.030 - 2018, vigente para el diseño sismorresistente. Inicialmente, se efectuó un análisis modal con el fin de determinar el periodo fundamental de vibración y la masa efectiva correspondiente al edificio analizado. Posteriormente, se procedió con el análisis sísmico propiamente dicho, y los resultados obtenidos mediante el software de modelamiento estructural fueron procesados, comparados y evaluados conforme a los límites y criterios exigidos por la normativa.

#### A. Parámetros sísmicos

##### Factor de zonificación "Z"

**Tabla 2**

<i>Factor zona "Z"</i>	
<b>RNE: E030 - TABLA N°1</b>	
<b>FACTOR DE ZONA "Z"</b>	
<b>ZONA</b>	<b>Z</b>
<b>Z4</b>	0.45
<b>Z3</b>	0.35
<b>Z2</b>	0.25
<b>Z1</b>	0.1

*Nota.* Norma de diseño sismorresistente (2018).

La Tabla 2 expone los factores de zona sísmica (Z) definidos en la Norma E.030, expresados como fracción de la aceleración de la gravedad. El módulo se ubica en la zona 2, con un factor de  $Z = 0.25$ . Este valor es fundamental para el cálculo de la fuerza sísmica basal y para ajustar el diseño a la realidad geográfica de Jaén.

Factor de uso o importancia "U"**Tabla 3***Factor uso o importancia "U"*

<b>RNE: E030 - TABLA N°5</b>	
<b>CATEGORIA "U"</b>	
<b>CATEGORIA</b>	<b>U</b>
<b>A1</b>	1.5
<b>A2</b>	1.5
<b>B</b>	1.3
<b>C</b>	1
<b>D</b>	1

*Nota. Norma de diseño sismorresistente (2018).*

La Tabla 3 presenta los factores de uso o importancia (U) según la categoría de la edificación. Para el módulo educativo en estudio corresponde la categoría A, con un valor de  $U = 1.5$ . Este factor incrementa la exigencia de diseño debido a la función esencial de la infraestructura en la seguridad y continuidad del servicio educativo.

Factor suelo "S"**Tabla 4***Factor Suelo "S"*

<b>RNE: E030 - TABLA N°3</b>				
<b>FACTOR DE SUELO "S"</b>				
<b>ZONA\PERFIL</b>	<b>S0</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b>Z4</b>	0.8	1	1.05	1.1
<b>Z3</b>	0.8	1	1.15	1.2
<b>Z2</b>	0.8	1	1.2	1.4
<b>Z1</b>	0.8	1	1.6	2

*Nota. Norma de diseño sismorresistente (2018).*

La Tabla 4 muestra los factores de suelo establecidos en la Norma E.030 para distintos perfiles geotécnicos. Según el estudio, el terreno corresponde a un suelo flexible tipo S3. Este valor se emplea en el análisis estructural para ajustar la respuesta sísmica, reflejando la influencia del tipo de suelo en la demanda sísmica de la edificación.

Factor de sitio “TP” y “TL”**Tabla 5***Factor de sitio “TP” y “TL”*

<b>RNE: E030 - TABLA N°4</b>				
<b>PERIODOS "TP" Y "TL"</b>				
<b>PERFIL</b>	<b>S0</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b>Tp</b>	0.3	0.4	0.6	1
<b>TL</b>	3	2.5	2	1.6

*Nota.* Norma de diseño sismorresistente (2018).

La Tabla 5 indica los factores de sitio TP y TL, los cuales dependen del perfil de suelo. Para el módulo en estudio, clasificado en perfil S3, se consideran valores de TP = 1.0 y TL = 1.6. Estos parámetros son determinantes para calcular los periodos de vibración del suelo y evaluar el efecto sísmico en la estructura.

Factor de amplificación sísmica “C”

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad : C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad : C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

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

T es el Período Fundamental de Vibración. El período fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

**Donde:**

$h_n$  = altura total de la edificación.

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

Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes

CT = 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:  
 Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.  
 Pórticos de acero arriostrados.

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

### Reducción de las fuerzas sísmicas “R”

El proyectista propuso un sistema DUAL en ambos sentidos, ya que para el eje X-X y el eje Y-Y posee columnas y placas de concreto armado, por lo cual las derivas máximas en ambos sentidos deben ser menores a 0.007. Se tomaron valores que figuran en la norma E.030 en su artículo 16 “Sistemas estructurales”. Asimismo, se indica que se debe de cumplir las siguientes restricciones que indica la norma para cumplir los diferentes sistemas estructurales.

- |                        |  |
|------------------------|--|
| a) Pórticos            | : $V_{muros} < 20\% \cdot V_{base}$                          |
| b) Muros Estructurales | : $V_{muros} \geq 70\% \cdot V_{base}$                       |
| c) Dual                | : $20\% \cdot V_{base} \leq V_{muros} < 70\% \cdot V_{base}$ |

#### **Donde:**

- $V_{base}$  = Fuerza cortante en la base.
- $V_{muros}$  = Fuerza cortante en muros.

Además, para un sistema DUAL, lo que el proyectista planteó es que se debe cumplir que la fuerza cortante que toman los muros sea mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio. Esto siempre y cuando las estructuras sean regulares. Asimismo, se evaluó más adelante las irregularidades, en el caso de resultar irregular se modificará el R, según indica el artículo 20 de la norma E.030 “Factores de Irregularidad”.

En el caso del módulo en estudio que pertenece a una categoría de edificación tipo “A” (Edificaciones esenciales) y ubicado dentro de la Zona 2, no se permiten irregularidades, como lo indica en el artículo 21 de la norma E.030 “Restricciones a la Irregularidad”.

**Tabla 6**  
*Categoría y regularidad de las edificaciones*

<b>RNE: E030 - TABLA N°10</b>		
<b>CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES</b>		
<b>Categoría de la Edificación</b>	<b>Zona</b>	<b>Restricciones</b>
<b>A1 y A2</b>	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
<b>B</b>	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
<b>C</b>	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

*Nota.* Norma de diseño sismorresistente (2018).

La Tabla 6 expone la categoría y regularidad permitida para distintas edificaciones según la zona sísmica. Para el módulo en análisis corresponde a la categoría A1, donde no se permiten irregularidades extremas. Esta restricción busca asegurar un comportamiento estructural más estable frente a movimientos sísmicos.

#### Cálculo del peso de la estructura “P”

La estimación del peso total de la estructura se realizó en función de los elementos estructurales presentes en cada nivel, tales como columnas, placas, vigas, losas y muros de albañilería, incluyendo además las sobrecargas de uso propias de cada ambiente. De acuerdo con lo estipulado en la Norma Técnica Peruana E.030 – 2018 Diseño Sismorresistente, artículo 26 “Estimación del Peso”, el cálculo se efectúa sumando la carga permanente del edificio y añadiendo un porcentaje representativo de la carga viva, a fin de obtener el peso sísmico total que interviene en el análisis estructural.

En este estudio, el procedimiento se aplicó siguiendo lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), obteniéndose los valores correspondientes al peso total por nivel y al peso global del edificio, los cuales se presentan en la tabla siguiente, que resume la distribución de masas y cargas empleadas en el modelo analítico.

**Tabla 7***Estimación del peso (P)*

<b>RNE: E030</b>
<b>ESTIMACIÓN DEL PESO (P)</b>
El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:
a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener.
<i>Nota.</i> Datos tomados de la Norma de diseño sismorresistente (2018).

La Tabla 7 muestra la estimación del peso sísmico de la edificación según la Norma E.030. Para edificaciones de categoría A se considera el 50% de la carga viva, además del peso propio permanente. Este procedimiento permite definir con mayor precisión la fuerza sísmica basal que actuará sobre la estructura.

**Tabla 8***Peso de módulo en estudio elaborado en ETABS*

<b>Número de piso</b>	<b>Peso (Tn)</b>
Piso 4	11.17242
Piso 3	64.51622
Piso 2	43.02352
Piso 1	44.42416
<b>Total</b>	<b>163.13632</b>

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 8 presenta el peso del módulo obtenido en ETABS, distribuido por niveles de piso. El cálculo incluye el 50% de la carga viva, alcanzando un peso total de 163.13632 toneladas. Estos valores son fundamentales para determinar la demanda sísmica y evaluar la respuesta global del edificio.

### Resumen de los parámetros sísmicos

A continuación, se presenta una tabla resumen de los parámetros sísmicos indicados en la NTE E.030, las cuales fueron obtenidos de los factores que presentó el módulo en estudio.

En la siguiente tabla 9, se presenta el resumen de los parámetros utilizados por en el análisis del módulo en estudio.

**Tabla 9**

#### *Resumen de parámetros sísmicos*

FACTOR	NOMENCLATURA	CLASIFICACION, CATEGORIA y TIPO	VALOR	JUSTIFICACION
ZONA	Z	2	0.25	Zona Sísmica 2: Jaén - Cajamarca
USO	U	A	1.5	Centros Educativos
FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA	C	-	2.5	-
SUELO	S	S3	1.4	Arena Arcillosa SC
		Tp(S)	1	
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN	Rx	SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES	6	Muros Estructurales
	Ry	SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES	6	Muros Estructurales

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 9 resume los principales parámetros sísmicos aplicados en el análisis estructural del módulo. Se incluyen la zona sísmica, factor de uso, tipo de suelo, periodos de vibración y coeficientes de reducción. Este conjunto de datos constituye la base normativa y técnica para verificar el comportamiento sismorresistente de la edificación.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Evaluación del comportamiento sismorresistente del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén

En cumplimiento del objetivo general de la investigación, que consistió en evaluar el comportamiento sismorresistente del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén empleando la Norma Técnica E.030 – 2018, se obtuvo una visión integral del desempeño estructural del edificio frente a solicitaciones sísmicas. Los resultados mostraron que las derivas relativas de entrepiso en las direcciones X-X y Y-Y se mantuvieron en todo momento por debajo del límite máximo de 0.007 establecido en la norma, lo que garantiza un control adecuado de desplazamientos horizontales. En lo que respecta a los desplazamientos máximos, se alcanzaron valores en el rango de centímetros, confirmando que la edificación cumple satisfactoriamente con los parámetros normativos de servicio. Asimismo, la cortante basal calculada en el análisis dinámico coincidió con los valores exigidos en la norma, lo que evidencia que la estructura absorbe y distribuye de manera correcta las solicitaciones sísmicas globales.

De manera complementaria, si bien los esfuerzos internos reflejaron concentraciones de momentos y cortantes en ciertos elementos portantes, el comportamiento global de la edificación se mantuvo dentro de los límites de seguridad estructural previstos en la normativa vigente, clasificándose en un nivel de desempeño comprendido entre “Operacional” y “Daño Controlado”. Esto implica que el módulo es seguro para condiciones sísmicas de diseño. Sin embargo, y como parte de una planificación preventiva para futuros escenarios de deterioro o posibles daños acumulativos, se plantearon medidas de reforzamiento estructural orientadas a incrementar la rigidez y redundancia del sistema: (i) la incorporación de muros de concreto armado en la dirección Y, (ii) el uso de muros portantes de albañilería en la dirección X, y (iii) el reforzamiento localizado de columnas y placas críticas con el fin de mejorar la resistencia a compresión y la estabilidad lateral. Estas alternativas, basadas en los resultados del análisis estructural, no son de aplicación inmediata dado el cumplimiento normativo actual, pero constituyen un plan técnico de mejora para asegurar un mayor nivel de desempeño y prolongar la vida útil de la edificación frente a futuros eventos sísmicos.

### 3.2. Identificación de las características de los elementos estructurales del módulo en estudio

#### 3.2.1. Materiales

**Tabla 10**

*Propiedades de los materiales*

Resistencia del Concreto ( $f'c$ ):	245 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad del Concreto ( $E_c$ )	234 787.14 Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson ( $\nu$ )	0.2
Resistencia del Acero en Fluencia	4 200 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad del Acero ( $E_a$ )	2 100 000 kg/cm <sup>2</sup>
Albañilería Estructural	18 tn /m <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad ( $E_m$ )	32 500 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson ( $\nu$ )	0.25
Peso Específico ( $\gamma$ )	
-Concreto Simple	2 300 kg/m <sup>3</sup>
-Concreto Armado	2 400 kg/m <sup>3</sup>
-Muros de Albañilería	1 900 kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Universidad Nacional de Jaén (2023).

La Tabla 10 presenta las propiedades mecánicas de los materiales empleados en el modelamiento estructural, como la resistencia y módulo de elasticidad del concreto, acero y albañilería. Estos parámetros son esenciales para representar el comportamiento real de los elementos y garantizar un análisis preciso de la estructura.

#### 3.2.2. Especificaciones de los elementos estructurales

- **Columna “T” C-01: 100x55x30:** En la figura 7, muestra las dimensiones de la columna C-01 tipo T en el ETABS, donde tiene un ancho total de 1.00m, ancho de alma de 0.30m y una altura total de 0.55m.

- **Placa “L” PL-01: 170x170x30:** En la figura 8, muestra las dimensiones de la placa en L en el software ETABS, donde presente un ancho de 0.30m y un largo de 1.70m.
- **Viga V-P: 30x65:** En la figura 6, muestra las dimensiones de la viga V-P en el ETABS, que es de 0.30m de ancho x 0.65m de altura.
- **Viga V-S: 30x60:** En la figura 5, muestra las dimensiones de la viga V-S en el ETABS, que es de 0.30m de ancho x 0.60m de altura.
- **Losa aligerada: e=0.25m:** En la figura 4, muestra las dimensiones de la losa aligerada en el ETABS, que tiene una altura de 0.25m.

### 3.3. Evaluación y verificación de irregularidades en altura y planta

#### 3.3.1. Verificación de irregularidades en altura “Ia”

##### A. Rigidez de piso Blando en la Dirección X-X

**Tabla 11**

*Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en la Dirección X-X*

PISO	DIRECCION X-X			VERIFICACION
	K (ton/m)	Lim1 (ton/m)	Lim2 (ton/m)	
Story4	<b>12026.518</b>			<b>REGULAR</b>
Story3	<b>74507.077</b>	8418.5626		<b>REGULAR</b>
Story2	<b>92803.184</b>	52154.9539		<b>REGULAR</b>
Story1	<b>149476.474</b>	64962.2288	47823.14107	<b>REGULAR</b>

Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. (Factor 0.75)

#### FACTOR DE IRREGULARIDAD

Ia=

1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 11 muestra la verificación de irregularidad de rigidez en la dirección X-X. Los valores obtenidos en cada piso se encuentran dentro de los límites establecidos,

clasificando a la estructura como regular. Esto significa que no existe condición de piso blando en dicha dirección. Los datos fueron extraídos del ETABS (Ver anexo 22).

### B. Rigidez de piso Blando en la Dirección Y-Y

**Tabla 12**

*Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en la Dirección Y-Y*

<b>DIRECCION Y-Y</b>				
<b>PISO</b>	<b>K (ton/m)</b>	<b>Lim1 (ton/m)</b>	<b>Lim2 (ton/m)</b>	<b>VERIFICACION</b>
Story4	<b>13446.088</b>			<b>REGULAR</b>
Story3	<b>67514.54</b>	9412.2616		<b>REGULAR</b>
Story2	<b>82711.69</b>	47260.178		<b>REGULAR</b>
Story1	<b>135740.02</b>	57898.183	43645.951	<b>REGULAR</b>

Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. (Factor 0.75)

<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD</b>	
Ia=	1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 12 expone la verificación de rigidez en la dirección Y-Y, donde los resultados también cumplen con los límites normativos. El factor de irregularidad obtenido es igual a 1, lo que confirma que la edificación presenta un comportamiento regular y no evidencia pisos blandos. Los datos fueron extraídos del ETABS (Ver anexo 23).

### C. Irregularidad extrema de rigidez en la Dirección X-X

**Tabla 13**

*Verificación de Irregularidad extrema de rigidez en la Dirección X-X*

<b>DIRECCION X-X</b>				
<b>PISO</b>	<b>K (ton/m)</b>	<b>Lim1 (ton/m)</b>	<b>Lim2 (ton/m)</b>	<b>VERIFICACION</b>
Story4	<b>12026.518</b>			<b>REGULAR</b>
Story3	<b>74507.077</b>	7215.9108		<b>REGULAR</b>
Story2	<b>92803.184</b>	44704.2462		<b>REGULAR</b>
Story1	<b>149476.474</b>	55681.9104	41845.24843	<b>REGULAR</b>

Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. (Factor 0.50).

---

**FACTOR DE IRREGULARIDAD**

Ia=

1

---

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 13 evalúa la irregularidad extrema de rigidez en la dirección X-X. Los resultados muestran que los valores de rigidez superan los límites mínimos exigidos, por lo que la estructura se considera regular. Esto indica que no existen concentraciones críticas de deformación en esta dirección. Los datos fueron extraídos del ETABS (Ver anexo 22).

#### **D. Irregularidad extrema de rigidez en la Dirección Y-Y**

**Tabla 14**

*Verificación de Irregularidad extrema de rigidez en la Dirección Y-Y*

PISO	DIRECCION Y-Y			VERIFICACION
	K (ton/m)	Lim1 (ton/m)	Lim2 (ton/m)	
Story4	<b>13446.088</b>			<b>REGULAR</b>
Story3	<b>67514.54</b>	8067.6528		<b>REGULAR</b>
Story2	<b>82711.69</b>	40508.724		<b>REGULAR</b>
Story1	<b>135740.02</b>	49627.014	38190.20753	<b>REGULAR</b>

Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. (Factor 0.50)

---

**FACTOR DE IRREGULARIDAD**

Ia=

1

---

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 14 evalúa la irregularidad extrema de rigidez en la dirección Y-Y. Los resultados muestran que todos los pisos cumplen con los límites establecidos, obteniendo un factor de irregularidad igual a 1. Por tanto, la estructura se clasifica como regular y no presenta deficiencias en esta dirección. Los datos fueron extraídos del ETABS (Ver anexo 23).

### E. Irregularidad de masa o peso

**Tabla 15**

*Verificación de Irregularidad de masa o peso*

<b>DIRECCION X e Y</b>				
<b>PISO</b>	<b>M (ton-s2/m)</b>	<b>Lim 1 (ton-s2/m)</b>	<b>Lim 2 (ton-s2/m)</b>	<b>VERIFICACION</b>
Story3	<b>64.51622</b>		64.53528	<b>REGULAR</b>
Story2	<b>43.02352</b>	96.77433	66.63624	<b>REGULAR</b>
Story1	<b>44.42416</b>	64.53528		<b>REGULAR</b>

Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos. (Factor 0.90)

<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD</b>	
Ia=	1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 15 analiza la irregularidad de masa o peso en ambas direcciones. Los valores obtenidos en los diferentes niveles están dentro de lo permitido por la norma, con un factor de irregularidad de 1. Esto indica que la distribución de cargas es uniforme y no se generan concentraciones de peso crítico. Los datos fueron extraídos del ETABS (Ver anexo 26).

### F. Irregularidad geométrica vertical

Se observa en el anexo 27 se tienen la continuidad de los 4 niveles del módulo en estudio siendo estas de la misma dimensión sin haber una variación.

**Tabla 16**

*Verificación de Irregularidad geométrica vertical*

<b>¿IRREGULARIDAD PRESENTE?</b>	
<b>NO</b>	

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos. (Factor 0.90)

<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD</b>	
Ia=	1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 16 corresponde a la verificación de irregularidad geométrica vertical. Se confirma que todos los niveles mantienen la misma dimensión en planta, resultando en un factor de irregularidad de 1. Con ello, se descarta la existencia de variaciones significativas en la configuración estructural.

### G. Discontinuidad en los sistemas resistentes

**Tabla 17**

<i>Verificación de Discontinuidad en los sistemas resistentes</i>	
<b>¿IRREGULARIDAD PRESENTE?</b>	
<b>NO</b>	
Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento. (Factor 0.80)	
<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD</b>	
Ia=	1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 17 muestra la verificación de discontinuidad en los sistemas resistentes. Al no presentarse elementos desalineados ni cambios bruscos de orientación, el factor de irregularidad es 1. Esto confirma la continuidad de los sistemas estructurales y la estabilidad del edificio (Ver anexo 29).

**Tabla 18**

<i>Verificación de Discontinuidad extrema en los sistemas resistentes</i>	
<b>¿IRREGULARIDAD PRESENTE?</b>	
<b>NO</b>	
Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total. (Factor 0.60)	
<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD</b>	
Ia=	1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 18 presenta la verificación de discontinuidad extrema en los sistemas resistentes. El análisis indica que la fuerza cortante en los elementos no supera el límite del 25% establecido, obteniendo un factor de irregularidad de 1. Por lo tanto, la edificación no presenta esta condición de riesgo (Ver anexo 29).

### 3.3.2. Verificación de irregularidades en planta “Ip”

De acuerdo a la norma técnica de edificaciones E.030 (2018) determina parámetros para encontrar irregularidades en altura en las dos direcciones de análisis.

#### A. Irregularidad torsional en la Dirección X-X

**Tabla 19**

*Verificación de Irregularidad Torsional en la Dirección X-X*

PISO	DIRECCION X-X					VERIFICACION
	$\Delta_{(ABS-MAX)}$ (m)	$\Delta_{(REL-MAX)}$ (m)	$\Delta_{(ABS-PR OM)}$ (m)	$\Delta_{(REL-PR OM)}$ (m)	$\Delta_{(REL-MAX)/\Delta_{(REL-PROM)}}$	
Story3	<b>0.007458</b>	0.002647	<b>0.007219</b>	0.002554	1.04	<b>REGULAR</b>
Story2	<b>0.004811</b>	0.002846	<b>0.004665</b>	0.00276	1.03	<b>REGULAR</b>
Story1	<b>0.001965</b>	0.001965	<b>0.001905</b>	0.001905	1.03	<b>REGULAR</b>

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

FACTOR DE IRREGULARIDAD	
Ia=	1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 19 analiza la irregularidad torsional en la dirección X-X. Los resultados de desplazamientos relativos se mantienen por debajo de los límites normativos, con un factor de irregularidad de 1. Esto demuestra que no existe un comportamiento torsional crítico en la estructura (Ver anexo 30).

#### B. Irregularidad torsional en la Dirección Y-Y

**Tabla 20**

*Verificación de Irregularidad Torsional en la Dirección Y-Y*

PISO	DIRECCION X-X					VERIFICACION
	$\Delta_{(ABS-MAX)}$ (m)	$\Delta_{(REL-MAX)}$ (m)	$\Delta_{(ABS-PR OM)}$ (m)	$\Delta_{(REL-PR OM)}$ (m)	$\Delta_{(REL-MAX)/\Delta_{(REL-PROM)}}$	
Story 3	<b>0.00831</b>	0.00292	<b>0.00814</b>	0.00286	1.02	<b>REGULAR</b>

Story 2	<b>0.00538</b>	0.00320	<b>0.00527</b>	0.00313	1.02	<b>REGULAR</b>
Story 1	<b>0.00218</b>	0.00218	<b>0.00213</b>	0.00213	1.02	<b>REGULAR</b>

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

#### FACTOR DE IRREGULARIDAD

Ia=

1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 20 verifica la irregularidad torsional en la dirección Y-Y. Los desplazamientos en los diferentes pisos se encuentran dentro de los valores permitidos, alcanzando un factor de irregularidad de 1. Con ello, se descarta la presencia de torsión excesiva en esta dirección. Los datos fueron extraídos del ETABS (Ver anexo 32).

### C. Irregularidad torsional extrema en la Dirección X-X

**Tabla 21**

*Verificación de la irregularidad torsional extrema en la dirección X-X*

PISO	DIRECCION XX					VERIFICACION
	$\Delta_{(ABS-MAX)}$ (m)	$\Delta_{(REL-MAX)}$ (m)	$\Delta_{(ABS-PR-OM)}$ (m)	$\Delta_{(REL-PR-OM)}$ (m)	$\Delta_{(REL-MAX)}/\Delta_{(REL-PROM)}$	
Story3	<b>0.00745</b>	0.00264	<b>0.00721</b>	0.00255	1.04	<b>REGULAR</b>
Story2	<b>0.00481</b>	0.00284	<b>0.00466</b>	0.0027	1.03	<b>REGULAR</b>
Story1	<b>0.00196</b>	0.00196	<b>0.00190</b>	0.00190	1.03	<b>REGULAR</b>

Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $\Delta_{max}$ ) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{prom}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible. (Factor 0.60)

#### FACTOR DE IRREGULARIDAD

Ia=

1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 21 muestra la verificación de irregularidad torsional extrema en la dirección X-X. Los valores de desplazamiento relativo cumplen con los límites normativos, alcanzando un factor de irregularidad de 1. Esto confirma que no existe torsión excesiva en esta dirección. Los datos fueron extraídos del ETABS (Ver anexo 31).

#### D. Irregularidad torsional extrema en la Dirección Y-Y

**Tabla 22**

*Verificación de la irregularidad torsional extrema en la dirección Y-Y*

<b>DIRECCION XX</b>						
<b>PISO</b>	$\Delta_{(ABS-MAX)} (m)$	$\Delta_{(REL-MAX)} (m)$	$\Delta_{(ABS-PROM)} (m)$	$\Delta_{(REL-PROM)} (m)$	$\Delta_{(REL-MAX)} / \Delta_{(REL-PROM)}$	<b>VERIFICACION</b>
Stor y3	<b>0.008317</b>	0.002929	<b>0.008143</b>	0.002869	1.02	<b>REGULAR</b>
Stor y2	<b>0.005388</b>	0.003204	<b>0.005274</b>	0.003137	1.02	<b>REGULAR</b>
Stor y1	<b>0.002184</b>	0.002184	<b>0.002137</b>	0.002137	1.02	<b>REGULAR</b>

Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $\Delta_{max}$ ) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{prom}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible. (Factor 0.60).

#### **FACTOR DE IRREGULARIDAD**

Ia=

1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 22 corresponde a la irregularidad torsional extrema en la dirección Y-Y. Los resultados obtenidos clasifican a la estructura como regular, con un factor de irregularidad de 1. En consecuencia, la edificación no presenta este tipo de deficiencia (Ver anexo 33).

#### E. Esquinas entrantes

En los 4 niveles del módulo en estudio no pose esquinas entrantes, ya que la estructura es simétrica en las dos direcciones formando un rectángulo perfecto.

**Tabla 23**

<i>Verificación de esquinas entrantes</i>	
<b>¿IRREGULARIDAD PRESENTE?</b>	
<b>NO</b>	
La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta. (Factor 0.90).	
<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD</b>	
Ia=	1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 23 verifica la presencia de esquinas entrantes. Se observa que la edificación no presenta este tipo de geometría, ya que mantiene una planta simétrica rectangular. El factor de irregularidad es 1, garantizando estabilidad geométrica (Ver anexo 35).

#### **F. Discontinuidad del diafragma**

Como se observa en la figura presentada anteriormente el módulo en estudio no presenta ninguna discontinuidad de su diafragma en ninguno de los pisos, por lo que no tiene irregularidad de discontinuidad del diafragma.

**Tabla 24**

<i>Verificación de discontinuidad de diafragma</i>	
<b>¿IRREGULARIDAD PRESENTE?</b>	
<b>NO</b>	
La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta. (Factor 0.85).	
<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD</b>	
Ia=	1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 24 analiza la discontinuidad del diafragma en todos los niveles. Los resultados indican que no existen aberturas ni reducciones significativas de rigidez, obteniéndose un factor de irregularidad de 1. Por lo tanto, los diafragmas cumplen con la normativa (Ver anexo 36).

### G. Sistemas no paralelos

El módulo en estudio no presenta ninguna discontinuidad del sistema, por lo que no tiene irregularidad de sistemas no paralelos.

**Tabla 25**

*Verificación de sistemas paralelos*

<b>¿IRREGULARIDAD PRESENTE?</b>	
<b>NO</b>	
Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso. (Factor 0.90).	
<b>FACTOR DE IRREGULARIDAD</b>	
Ia=	1

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 25 evalúa la continuidad de sistemas resistentes paralelos. Se confirma que los muros y pórticos mantienen una disposición adecuada y paralela, sin ángulos críticos. El factor de irregularidad es 1, descartando riesgos estructurales por falta de paralelismo (Ver anexo 37).

### 3.4. Verificación y comparación de la cortante basal del módulo en estudio

A continuación, se presentarán los resultados de las fuerzas internas de cada elemento estructural que nos brinda el programa ETABS para el modelamiento estático y dinámico como se muestra a continuación:

#### 3.4.1. Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión:

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

**Donde:**

Z = Factor de zona

U = Factor de uso o importancia

C = Factor de amplificación sísmica

S = Factor de suelo

P = Peso de la edificación

R = Coeficiente Básico de Reducción

### **A. Análisis en la Dirección X-X**

Z = 0.25 (zona 2)

U = 1.50 (categoría A1)

C = 2.50

S = 1.40

P = Peso de la edificación

R = 6.00 (muros estructurales)

**Verificación:**

El valor de C/R no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$\frac{2.5}{6.00} \geq 0.11$$

0.4166  $\geq$  0.11 ... *Cumple !*

**Coeficiente Basal:**

$$\frac{Z.U.C.S}{R} = \frac{(0.25)(1.50)(2.50)(1.40)}{6.00} = 0.21875$$

**Figura 10**

*Asignación del Coeficiente Basal en la Dirección X-X al Software Etabs*

Seismic Load Pattern - User Defined

**Direction and Eccentricity**

X Dir       Y Dir

X Dir + Eccentricity       Y Dir + Eccentricity

X Dir - Eccentricity       Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)      0.05

Overwrite Eccentricities      Overwrite...

**Factors**

Base Shear Coefficient, C      0.2187

Building Height Exp., K      1

**Story Range**

Top Story      PISO3

Bottom Story      Base

OK      Cancel

*Nota.* ETABS (2024).

La Figura 10 muestra la asignación del coeficiente basal en la dirección X-X mediante ETABS, cuyo valor es 0.2187. Este parámetro es esencial para determinar la demanda sísmica aplicada a la estructura en dicha dirección.

**Figura 11**

*Fuerza Cortante Basal en la Dirección X-X calculado por el Etabs*

Base Reactions

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Note Base Reactions

Filter:

	Output Case	Case Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	to
▶	SEX	LinStatic	-325.9192	0	0	
	SEY	LinStatic	0	-325.9192	0	

Record: << < 1 > >> Add Tables... Done

*Nota.* ETABS (2024).

La Figura 11 presenta la fuerza cortante basal en la dirección X-X calculada por ETABS, cuyo valor es de 325.9192 toneladas. Este resultado representa la acción sísmica que debe ser resistida por la base estructural.

## B. Análisis en la Dirección Y-Y

$$Z = 0.25 \text{ (zona 2)}$$

$$U = 1.50 \text{ (categoría A1)}$$

$$C = 2.50$$

$$S = 1.40$$

P = Peso de la edificación

$$R = 6.00 \text{ (muros estructurales)}$$

### Verificación:

El valor de  $C/R$  no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$\frac{2.5}{6.00} \geq 0.11$$

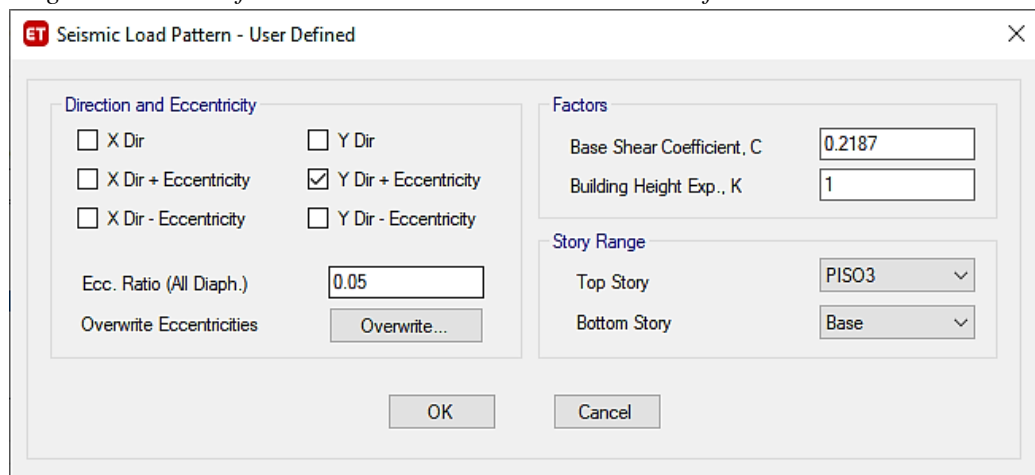
$$0.4166 \geq 0.11 \dots \text{Cumple !}$$

### Coefficiente Basal:

$$\frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} = \frac{(0.25)(1.50)(2.50)(1.40)}{6.00} = 0.21875$$

**Figura 12**

*Asignación del Coeficiente Basal en la Dirección Y-Y al Software Etabs*

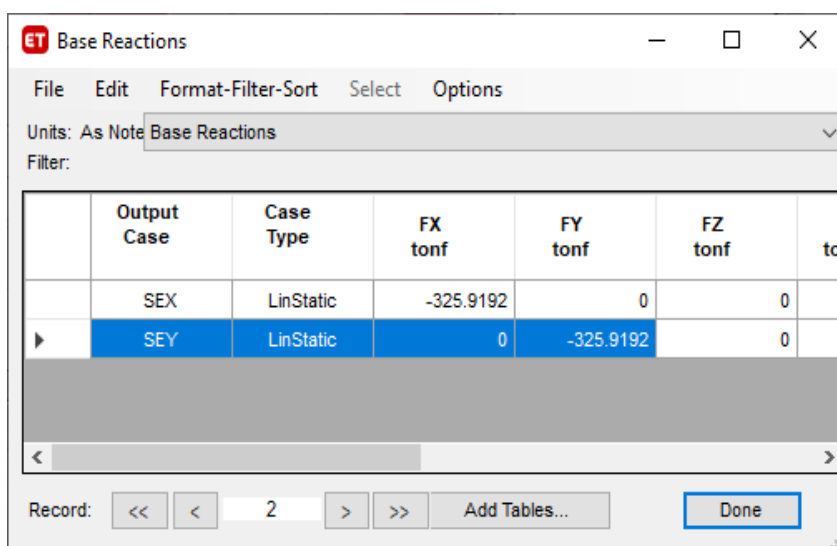


*Nota.* ETABS (2024).

La Figura 12 corresponde a la asignación del coeficiente basal en la dirección Y-Y, siendo también de 0.2187. Este valor es coherente con el cálculo de la dirección X-X, mostrando simetría en el comportamiento sísmico inicial.

**Figura 13**

*Fuerza Cortante Basal en la Dirección Y-Y calculado por el Etabs*



	Output Case	Case Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	to
	SEX	LinStatic	-325.9192	0	0	
▶	SEY	LinStatic	0	-325.9192	0	

*Nota.* ETABS (2024).

La Figura 13 muestra la cortante basal en la dirección Y-Y obtenida en ETABS, con un valor de 325.9192 toneladas. Esto confirma la equivalencia de esfuerzos en ambas direcciones principales del análisis sísmico.

### 3.4.2. Verificación de la fuerza cortante mínima

De acuerdo a la norma técnica E.030 menciona que, para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado según el artículo 29 para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

**Tabla 26**

*Fuerza cortante mínima*

Piso	Caso de Carga	Cortante Estática (VE)		Cortante Dinámica (VD)		Comparación VD/VE	Condición VD > 80%VE
		Cortante X tonf	Cortante Y tonf	Cortante X tonf	Cortante Y tonf		

NIVEL 1	Sismo X	325.92	284.74	0.874	¡Cumple !
NIVEL 1	Sismo Y	325.92	290.07	0.89	¡Cumple !

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 26 compara los valores de cortante estática (VE) y dinámica (VD), obteniendo razones VD/VE de 0.874 y 0.89, respectivamente. Ambos superan el mínimo normativo de 0.80, cumpliendo con lo establecido en el Artículo 29 de la Norma E.030.

### 3.4.3. Verificación del sistema estructural

La norma en su artículo 16 “Sistema Estructurales” para un sistema de Muros Estructurales, menciona lo siguiente: “Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% del cortante en la base”. Para ello se hizo una comparación con los resultados obtenidos en el modelado de la estructura del módulo en estudio.

#### A. Análisis en la Dirección X-X

A continuación, se presenta los resultados analizados en la dirección X-X, obteniendo un 82% de cortante en los muros, lo que conlleva a un sistema de muros estructurales y toma un coeficiente básico de reducción  $R_o = 6$ . (Ver anexo 38).

Vbase	: 325.92 Tn
Vmuros	: 266.06 Tn
Vcol	: 59.86 Tn
% Vmuros	: 82%
% Vcol	: 18%
Caso	: 2 “Muros Estructurales”
$R_o$	: 6 Coeficiente Básico de Reducción

#### B. Análisis en la Dirección Y-Y

A continuación, se presenta los resultados analizados en la dirección Y-Y, obteniendo un 93% de cortante en los muros, lo que conlleva a un sistema de muros estructurales y toma un coeficiente básico de reducción  $R_o = 6$  (Ver anexo 39).

Vbase	: 325.92 Tn
-------	-------------

Vmuros	: 303.01 Tn
Vcol	: 22.91 Tn
% Vmuros	: 93%
% Vcol	: 7%
Caso	: 2 “Muros Estructurales”
Ro	: 6 Coeficiente Básico de Reducción.

### 3.5. Determinación y comparación de los desplazamientos relativos de entrepiso del módulo

**Tabla 27**

*Desplazamientos Relativos de Entrepiso en la Dirección X-X*

PISO	DIRECCION	DERIVAS CALCULADA DE ENTREPISO	DERIVAS MAX. DE ENTREPISO E.030 (CONCRETO)	VERIFICACION
<b>PISO4</b>	Desplazamiento en X-X	0.002968	0.007	<b>Cumple</b>
<b>PISO3</b>	Desplazamiento en X-X	0.003224	0.007	<b>Cumple</b>
<b>PISO2</b>	Desplazamiento en X-X	0.003463	0.007	<b>Cumple</b>
<b>PISO1</b>	Desplazamiento en X-X	0.001881	0.007	<b>Cumple</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 27, se comprueba el cumplimiento de los desplazamientos relativos en la dirección X-X del módulo en estudio en comparación con el máximo valor establecido en la NTE E.030. Esto comprueba que la estructura en estudio se encuentra apta ante un suceso sísmico.

**Tabla 28**

*Desplazamientos Relativos de Entrepiso en la Dirección Y-Y*

PISO	DIRECCION	DERIVAS CALCULADA DE ENTREPISO	DERIVAS MAX. DE ENTREPISO E.030 (CONCRETO)	VERIFICACION
<b>PISO4</b>	Desplazamiento en Y-Y	0.002416	0.007	<b>Cumple</b>
<b>PISO3</b>	Desplazamiento en Y-Y	0.003569	0.007	<b>Cumple</b>

<b>PISO2</b>	Desplazamiento en Y-Y	0.003899	0.007	<b>Cumple</b>
<b>PISO1</b>	Desplazamiento en Y-Y	0.002091	0.007	<b>Cumple</b>

*Nota.* Elaboración propia.

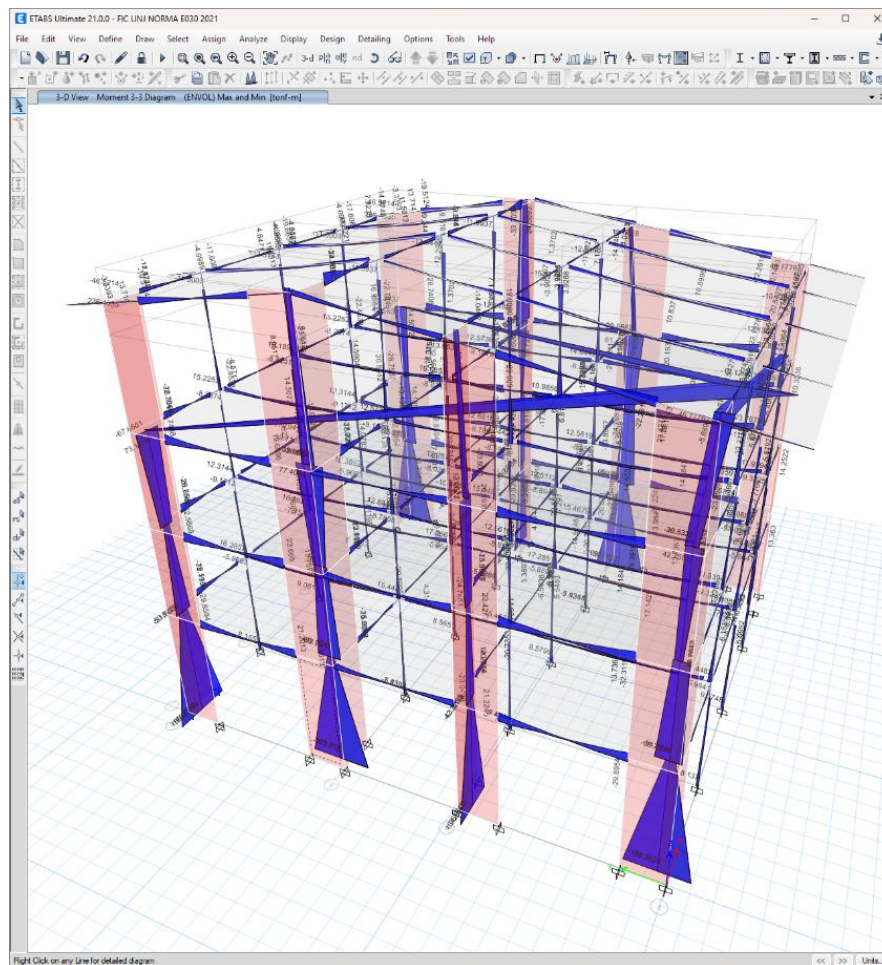
En la tabla 28, se comprueba el cumplimiento de los desplazamientos relativos en la dirección Y-Y del módulo en estudio en comparación con el máximo valor establecido en la NTE E.030. Esto comprueba que la estructura en estudio se encuentra apta ante un suceso sísmico.

### 3.6. Esfuerzos internos (Carga Axial y Momento Flector)

#### 3.6.1. Diagramas de momento flectores

**Figura 14**

*Diagrama de momentos flectores: Estructura en 3D*



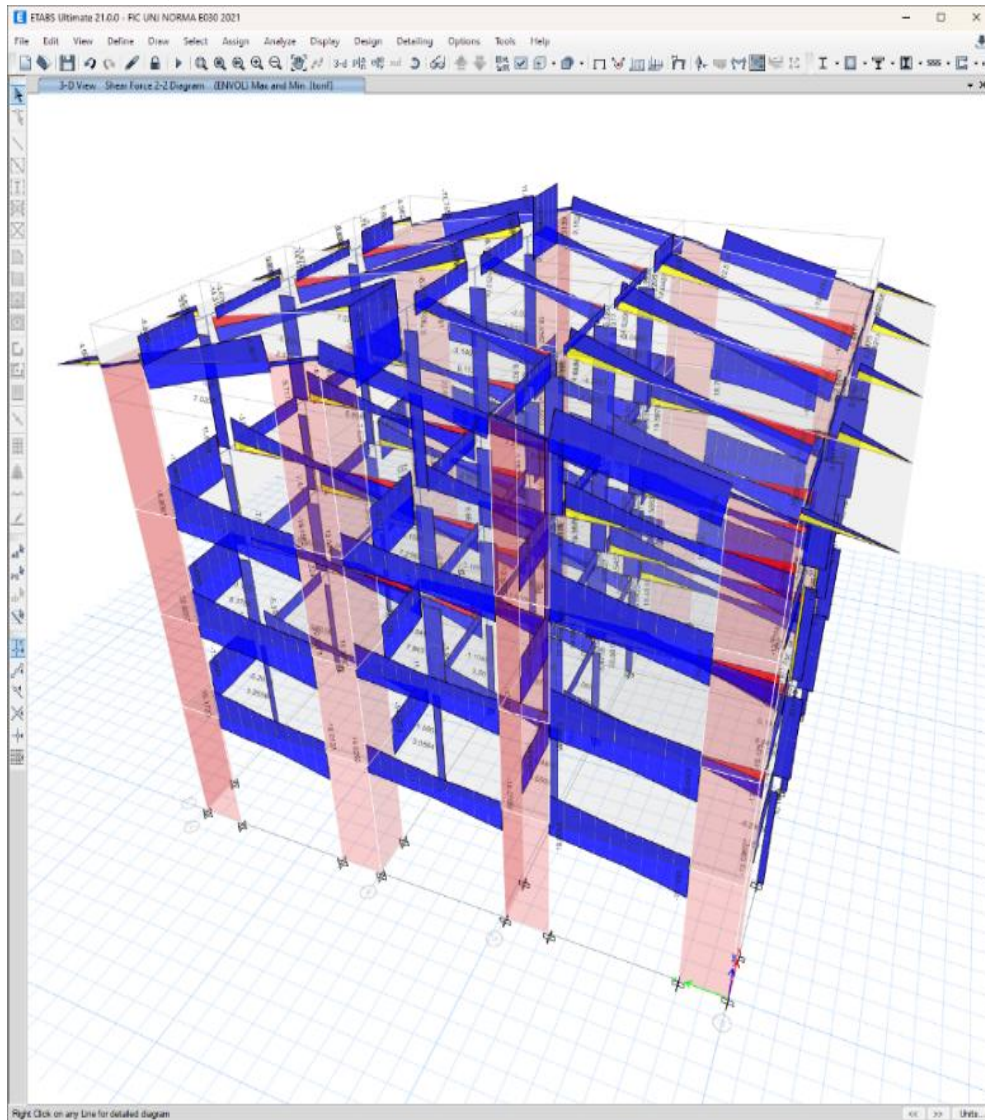
*Nota.* ETABS (2024).

La Figura 14 presenta el diagrama tridimensional de momentos flectores en toda la estructura según ETABS. Se observa la distribución de los momentos en los diferentes elementos, identificando las zonas de mayor demanda de flexión.

### 3.6.2. Diagramas de fuerzas cortantes

**Figura 15**

*Diagrama de fuerzas cortantes: Estructura en 3D*



*Nota.* ETABS (2024).

La Figura 15 muestra el diagrama tridimensional de fuerzas cortantes generado en ETABS. Este resultado permite visualizar la magnitud y distribución de las cortantes, destacando los elementos estructurales más solicitados.

### 3.6.3. Momentos máximos y Fuerzas cortantes máximas

#### A. Momentos máximos

**Tabla 29**

*Resultados de los diagramas de envolvente del momento flector crítico en todos los niveles*

Nivel	Momentos máximos	Ubicación
<b>Primer Nivel</b>	21.1971 Ton-f.	La figura del anexo 40 muestra que el momento flector más crítico está en el eje 1-1 y 5-5
<b>Segundo Nivel</b>	23.6503 Ton-f.	La figura del anexo 41 muestra que el momento flector más crítico está en el eje 5-5
<b>Tercer Nivel</b>	20.198 Ton-f.	La figura del anexo 42 muestra que el momento flector más crítico está en el eje 5-5
<b>Cuarto Nivel</b>	7.9023 Ton-f.	La figura del anexo 43 muestra que el momento flector más crítico está en el eje A-A

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 29 resume los momentos flectores máximos en cada nivel, alcanzando el valor más alto en el segundo nivel con 23.6503 Ton-f. Los resultados muestran que los ejes 5-5 y 1-1 concentran los momentos más críticos en los diferentes pisos.

#### B. Fuerzas cortantes máximos

**Tabla 30**

*Resultados de los diagramas de envolvente de fuerza cortante crítico en todos los niveles*

Nivel	Fuerzas cortantes máximos	Ubicación
<b>Primer Nivel</b>	22.66 Ton-f.	La figura del anexo 44 muestra que la fuerza cortante más crítica está en el eje 3.-3
<b>Segundo Nivel</b>	20.1754 Ton-f.	La figura del anexo 45 muestra que la fuerza cortante más crítica está en el eje 1-1 y 5-5
<b>Tercer Nivel</b>	23.7767 Ton-f.	La figura del anexo 46 muestra que la fuerza cortante más crítica está en el eje 3-3
<b>Cuarto Nivel</b>	15.6634 Ton-f.	La figura del anexo 47 muestra que la fuerza cortante más crítica está en el eje B-B

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 30 presenta las fuerzas cortantes máximas por nivel, con un valor máximo de 23.7767 Ton-f en el tercer nivel. Se aprecia que los ejes 3-3 y 1-1 concentran la mayor demanda cortante en los distintos pisos de la estructura.

### **3.7. Alternativas de solución a los problemas que pudiera presentar el módulo en estudio.**

Para poder incrementar la capacidad de la estructura del módulo en estudio a posibles problemas que pudieran suscitar en un futuro, es necesario la realización de un reforzamiento estructural, aumentando los elementos estructurales o añadiendo nuevos. En el refuerzo de una estructura se mejoran las características estructurales sobre las originales, esta operación incrementa la capacidad estructural del elemento por encima de su capacidad original.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el análisis estructural que se ha realizado al módulo en estudio se pudo detectar en dos partes de la edificación esfuerzos internos máximos que podrían afectar a la estructura del módulo en estudio ante un evento sísmico considerable. Estas partes detectadas al momento del análisis estructural son las siguientes:

- En el eje 3-3 entre el eje C y D en el Tercer Nivel, se aprecia una fuerza cortante máxima con un valor de 23.7767 Ton-f.

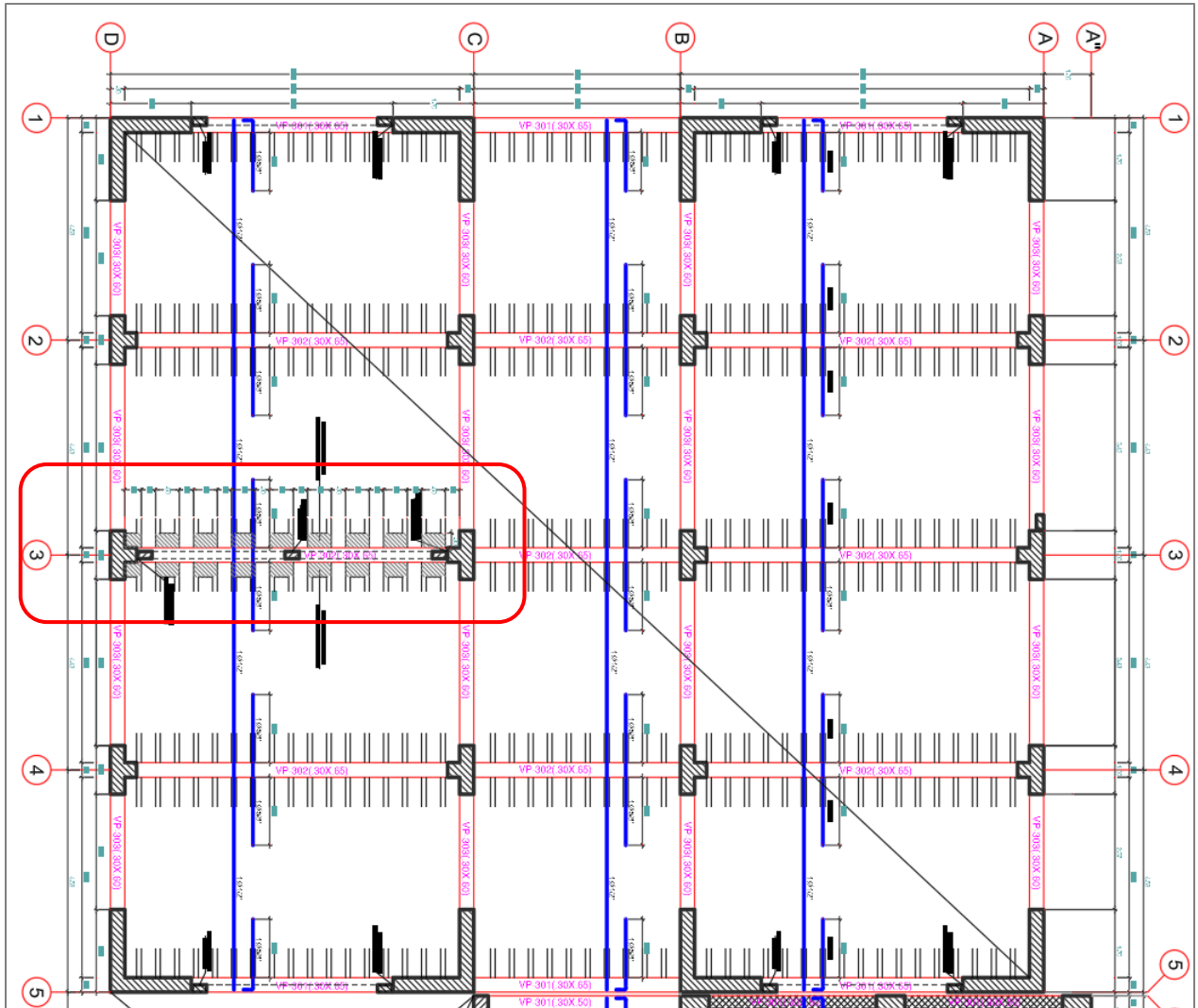
En esta zona se aprecia la ubicación de la viga VP-302(0.30X.65) apoyadas en columna T. A pesar de que en esta zona se el diseño inicial abarco un aumento del ancho de las viguetas de la losa aligerada, no se pudo reducir a fuerza cortante máxima. (Ver figura 16)

- Eje 5-5 entre el eje C y D en el Segundo Nivel, se aprecia un momento flector máximo con un valor de 23.6503 Tonf-m.

En esta zona se aprecia la ubicación de la viga VP-201 (0.30X.65) apoyadas en placas en L. (Ver figura 17)

**Figura 16**

Vista de planta de Aligerado del Tercer Nivel, eje 3-3 entre el eje C y D

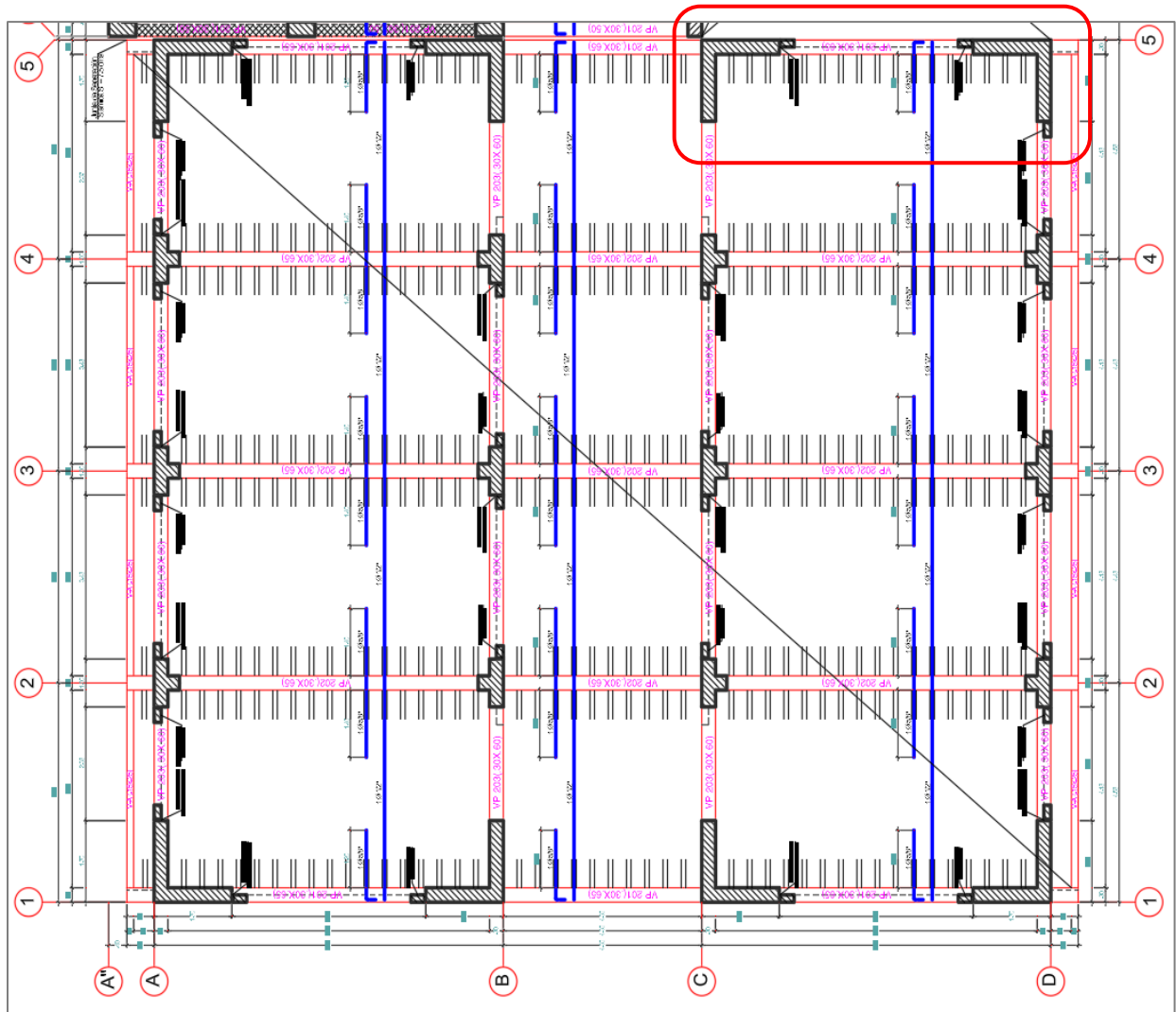


Nota. Fuente: Universidad Nacional de Jaén (2024).

La Figura 16 presenta la vista en planta del aligerado en el tercer nivel, destacando la zona crítica en el eje 3-3 entre C y D. En este sector se concentra la **fuerza cortante máxima** de 23.7767 Ton-f.

Figura 17

Vista de planta de Aligerado del segundo Nivel, eje 5-5 entre el eje C y D



Nota. Universidad Nacional de Jaén (2024).

La Figura 17 muestra el aligerado del segundo nivel, donde se ubica el **momento flector máximo** en el eje 5-5 entre C y D. Este resultado confirma la localización de la zona de mayor demanda de flexión en el módulo.

### 3.7.1. Alternativa de solución

- Para el eje 3-3 entre el eje C y D en el Tercer Nivel, donde la fuerza cortante máxima es de 23.7767 Ton-f.

En esta alternativa de reforzamiento a nivel de la zona donde se genera la fuerza cortante máxima, se utilizará la incorporación de elementos de muros portantes (ver figura

18) que reemplazan a los muros de tabiquería existentes, además, se aumenta las dimensiones de las columnas T (ver figura 19).

Ventajas:

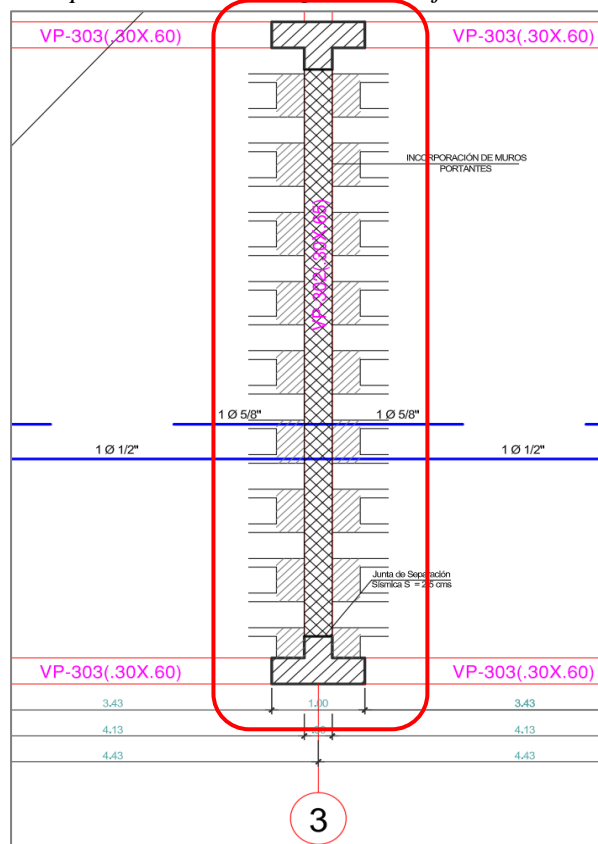
- Aumenta la rigidez lateral del sistema estructural.
- Mejora la distribución de cargas y la disipación de energía sísmica.
- Refuerza la conexión viga-columna.

Desventajas:

- Aumento del peso estructural.
- Mayor costo y tiempo de ejecución.
- Requiere modificación del diseño arquitectónico si se introducen muros portantes nuevos.

**Figura 18**

*Incorporación de Muros portantes eje 3-3 entre el eje C y D*

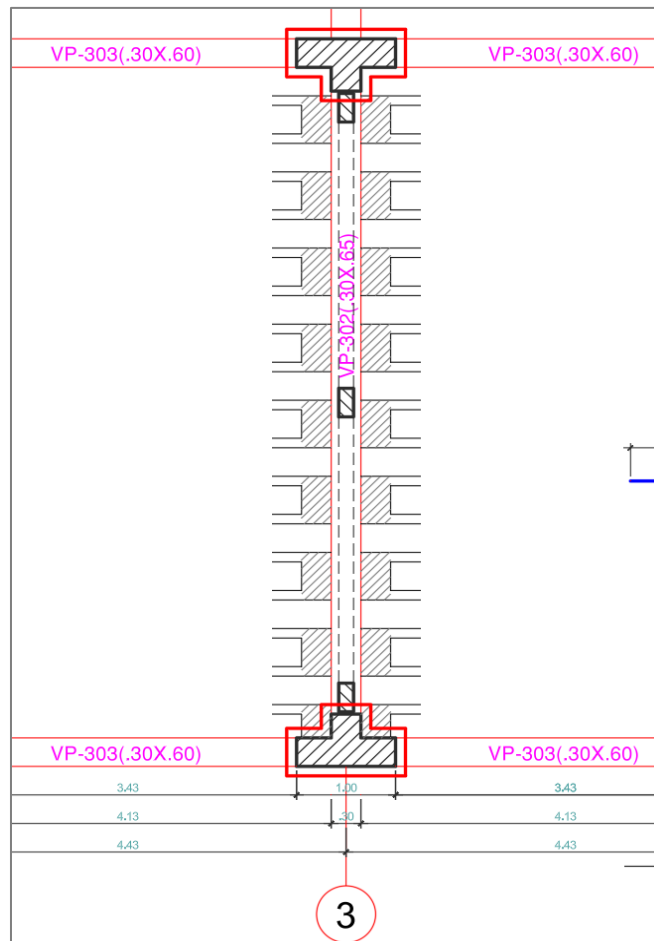


*Nota. Elaboración propia.*

La Figura 18 ilustra la propuesta de reforzamiento con incorporación de muros portantes en el eje 3-3. Esta alternativa busca aumentar la rigidez lateral y mejorar la capacidad sísmica del sistema estructural.

**Figura 19**

*Reforzamiento en las columnas T en el eje 3-3 entre el eje C y D*



*Nota.* Elaboración propia.

La Figura 19 muestra el incremento de las dimensiones de la columna T en el eje 3-3, como medida de reforzamiento. Con ello se mejora la resistencia y la capacidad de disipar energía sísmica.

**Figura 20**

*Secciones antiguas y nuevas de la columna T*



*Nota.* Elaboración propia.

La Figura 20 compara la sección antigua y la nueva de la columna T tras el reforzamiento. El aumento de área mejora significativamente la estabilidad estructural en la zona más solicitada.

- **Para el Eje 5-5 entre el eje C y D en el Segundo Nivel, donde se tiene un momento flector máximo con un valor de 23.6503 Tonf-m.**

En esta alternativa de reforzamiento a nivel de la zona donde se genera la fuerza cortante máxima, se utilizó la incorporación de elementos de muros portantes (ver figura 21) que reemplazan a los muros de tabiquería existentes, además, se aumenta las dimensiones de las placas (ver figura 22).

Ventajas:

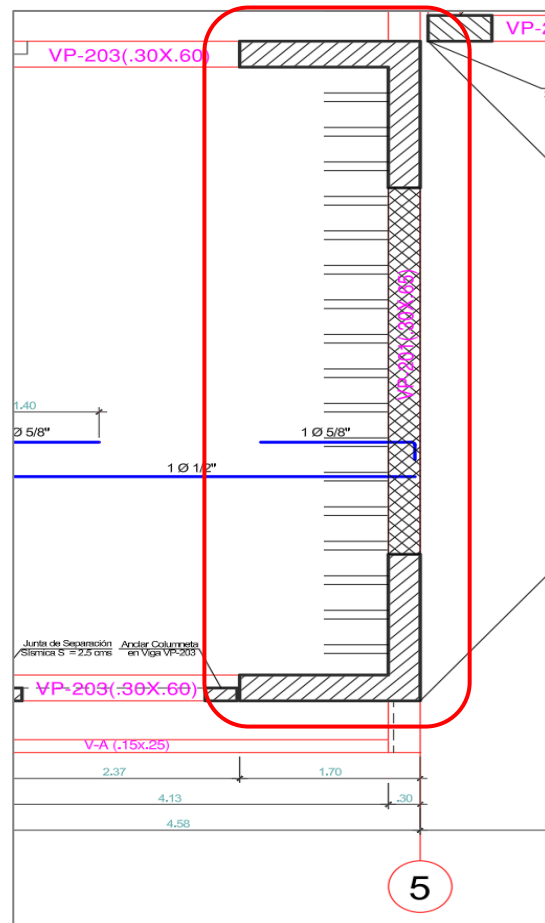
- Disminuye la sollicitación en la viga mediante redistribución de cargas.
- Mejora la estabilidad global del sistema.

Desventajas:

- Requiere de mayor espacio estructural.
- Necesidad de adaptar la arquitectura interna.

**Figura 21**

*Incorporación de Muros portantes eje 5-5 entre el eje C y D*

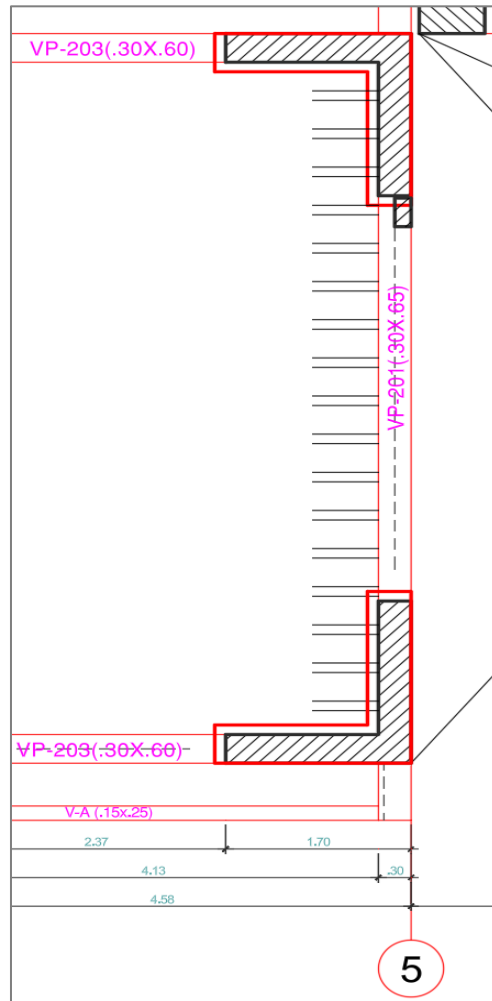


*Nota.* Elaboración propia.

La Figura 21 presenta la incorporación de muros portantes en el eje 5-5 entre C y D, como alternativa de reforzamiento. Este refuerzo redistribuye cargas y mejora la estabilidad global del sistema estructural.

**Figura 22**

Reforzamiento en las placas en el eje 5-5 entre el eje C y D

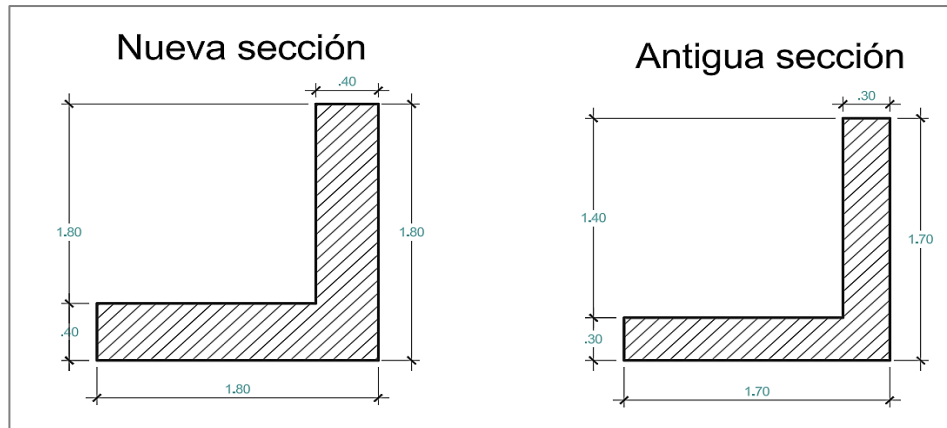


Nota. Elaboración propia.

La Figura 22 muestra el aumento de dimensiones en la placa ubicada en el eje 5-5. El refuerzo incrementa la capacidad de resistencia y rigidez en la zona crítica de mayor momento flector.

**Figura 23**

*Secciones antiguas y nuevas de la placa en L*



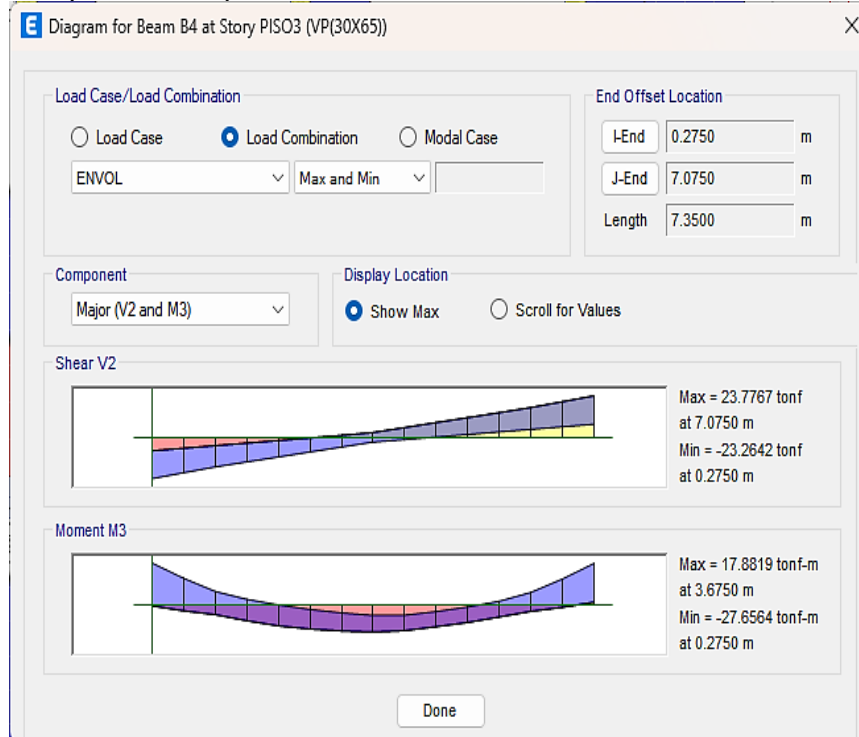
*Nota.* Elaboración propia.

La Figura 23 compara las secciones antigua y nueva de la placa en L. La ampliación de espesores mejora la capacidad portante y la estabilidad del elemento frente a solicitaciones sísmicas.

### 3.7.2. Análisis de las partes reforzadas

**Figura 24**

*Nuevo diagrama de fuerzas cortantes en el eje 3-3 entre el eje C y D del Tercer Nivel al incorporar muros portantes e incrementar la sección de las columnas T*

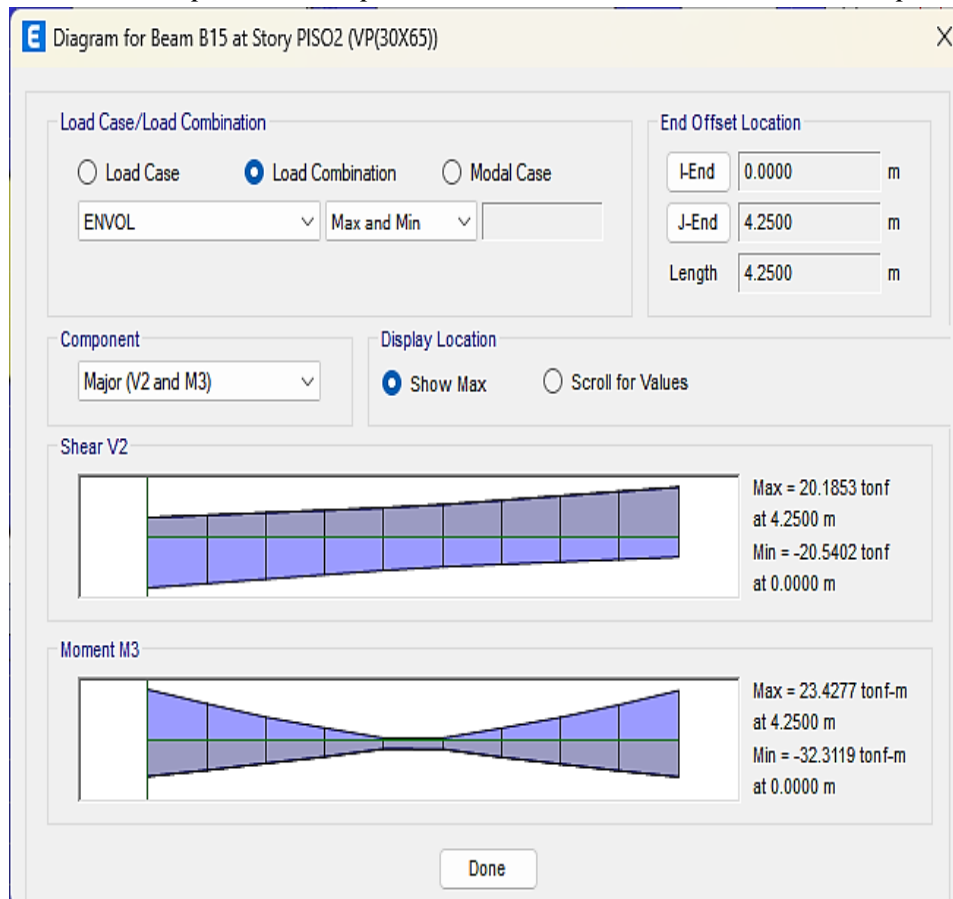


*Nota.* ETABS (2024).

La Figura 24 presenta el nuevo diagrama de cortante en el eje 3-3 del tercer nivel tras el reforzamiento. La fuerza cortante máxima se reduce de **23.7767 Ton-f a 18.2486 Ton-f**, mostrando la efectividad de la intervención.

### Figura 25

*Diagrama de momento flector en el eje 5-5 entre el eje C y D del Segundo Nivel, al incorporar muros portantes e incrementar la sección de las placas*



*Nota.* ETABS (2024).

La Figura 25 muestra el nuevo diagrama de momento flector en el eje 5-5 del segundo nivel. El valor crítico disminuye de **23.6503 Tonf-m a 19.8659 Tonf-m**, evidenciando la mejora del desempeño estructural.

### 3.7.3. Proceso constructivo Para columnas en T y L

- Demolición de la losa de piso, considerando señalización en el área. Luego se procede con el acarreo y la eliminación del material producto de la demolición (Huaitalla, 2023).

- Realización de la excavación localizada, con la finalidad de realizar las perforaciones sobre la cara de la cimentación y escarificado y luego colocar las barras verticales de la nueva columna (Huaitalla, 2023).
- Como primer paso realizar el apuntalamiento de la zona a intervenir. Retirar el recubrimiento de concreto de las columnas a reforzar, seguido picar la columna eliminando la capa exterior de concreto hasta encontrar el refuerzo del acero. Por otro lado, se traza la ubicación de los anclajes dispuestos en toda la superficie de las columnas existentes y se retira el recubrimiento de concreto de las barras de las losas tomando como limite el perímetro de la columna nueva, con la finalidad de realizar el vaciado posterior de concreto de relleno que garantice el contacto adecuado entre el concreto nuevo y el existente (Huaitalla, 2023).
- Limpieza de la sección picada. El concreto debe encontrarse limpio, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, entre otros. Debe estar firme y sano con respecto a sus resistencias mecánicas. La superficie a unir debe quedar rugosa (Tudela, 2022).
- Se coloca los anclajes y ganchos, para esto se utiliza un taladro y anclajes químicos. En el mercado hay varios adhesivos epóxicos que se utilizan para la colocación de estos anclajes, como por ejemplo el adhesivo SIKA Anchor Fix 3001 (Huaitalla, 2023).
- Se efectúan las perforaciones en la losa superior, seguido de la habilitación y colocación del acero de refuerzo como las barras verticales y estribos para la nueva sección de columna reforzada.

**Figura 26***Detalle de encamisado en la zapata*

*Nota.* Arq. al detalle (2019).

La Figura 26 ilustra el procedimiento de encamisado en zapatas de concreto armado. Este refuerzo garantiza la correcta transmisión de cargas y el anclaje de los elementos estructurales nuevos.

**Figura 27***Detalle de encamisado en la columna*

*Nota.* Arq. al detalle (2019).

La Figura 27 muestra el procedimiento de encamisado en columnas de concreto armado. Este refuerzo permite aumentar la capacidad portante y mejorar la resistencia frente a cargas sísmicas.

- Colocación de un adhesivo epóxico en toda la sección de concreto antiguo. Un ejemplo de aditivo epóxico utilizado para el puente de unión entre concreto viejo y nuevo es (Sikadur®32 GEL), cuya presentación es en gel y es de fácil acceso en cualquier distribuidora de materiales de construcción.

### **Figura 28**

#### *Aplicación de aditivo epóxico*



*Nota.* Arq. al detalle (2019).

La Figura 28 presenta la aplicación de un adhesivo epóxico sobre la superficie de columnas, facilitando la unión entre concreto nuevo y antiguo. Este procedimiento asegura la adherencia estructural durante el encamisado.

- Realización del primer encofrado y vaciado de concreto de la misma resistencia que los elementos que se encamis. Este proceso se recomienda hacerlo en 2 partes.

- Segundo vaciado, después de 3 días, se retira el encofrado. Finalizando el desencofrado de las columnas se procede con el relleno localizado con material propio y el vaciado de concreto de la losa de piso.

### **Figura 29**

*Desencofrado del primer vaciado en columnas*



*Nota.* Huaitalla (2023).

La Figura 29 ilustra el desencofrado tras el primer vaciado de concreto en columnas. Se observa la nueva capa estructural que envuelve al elemento, incrementando su sección resistente.

**Figura 30**

*Desencofrado del segundo vaciado en columnas*



*Nota.* Huaitalla (2023).

La Figura 30 muestra el resultado del desencofrado posterior al segundo vaciado en columnas. El refuerzo terminado evidencia una mejora significativa en la sección transversal de los elementos.

- Como opción se puede realizar el vaciado de los 5cm del piso superior. Este vaciado se realiza desde el piso superior, rellenando los 5 cm faltantes. Este puede ser con SIKA Dur 41, garantizando que el fluido rellene toda la sección superior.

**Figura 31**

*Desencofrado del piso superior*



*Nota.* Huaitalla (2023).

La Figura 31 presenta el acabado final en la parte superior de la columna, reforzado con aditivo SIKA Dur 41. Este procedimiento garantiza la completa integración y continuidad entre los concretos nuevo y existente.

## IV. DISCUSIÓN

En el módulo de estudio se definieron las propiedades mecánicas de los materiales con valores representativos: concreto  $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , con módulo de elasticidad de  $234,787.14 \text{ kg/cm}^2$  y coeficiente de Poisson de 0.20; acero de refuerzo con fluencia de  $4,200 \text{ kg/cm}^2$  y módulo de elasticidad de  $2,100,000 \text{ kg/cm}^2$ ; y albañilería estructural con resistencia de  $18 \text{ t/m}^2$ , módulo de elasticidad de  $32,500 \text{ kg/cm}^2$  y Poisson de 0.25, los cuales fueron ingresados en el software ETABS siguiendo parámetros técnicos aceptados. No obstante, se detectó una discrepancia relevante en la zonificación sísmica del proyecto original: el proyectista consideró zona 3, cuando en realidad la ciudad de Jaén corresponde a zona 2 ( $Z = 0.25$ ) de acuerdo con la Norma Técnica E.030 – 2018, lo que alteró la definición del espectro de diseño y generó resultados poco representativos de las demandas sísmicas reales. Este hallazgo coincide con lo expuesto por Mucha Camposano (2020), quien evidenció que variaciones en el factor  $Z$  producen diferencias significativas en los valores de cortante basal y desplazamientos, y se alinea con lo señalado por Martínez (2024), que aplicó correctamente  $Z = 0.25$  obteniendo resultados coherentes con el comportamiento estructural esperado en el nororiente peruano. De igual modo, Guerrero y Rivera (2022) advirtieron que inconsistencias en la aplicación del factor sísmico obligan a escalar los resultados dinámicos para cumplir con la E.030, lo cual confirma la sensibilidad del análisis a la correcta definición de parámetros de zonificación. La comparación demuestra que el uso incorrecto del parámetro  $Z$  en el proyecto original condujo a criterios de diseño equivocados; en contraste, el presente estudio aplicó los valores actualizados de la E.030 – 2018, garantizando que la zonificación sísmica, el espectro de diseño y los factores de reducción estén ajustados a la realidad geográfica de Jaén, asegurando con ello mayor confiabilidad normativa y estructural.

En el análisis de irregularidades estructurales del módulo en estudio se determinó que no presenta irregularidades ni en altura ni en planta, obteniéndose valores de  $I_a = 1.00$  e  $I_p = 1.00$ , lo que confirma una configuración geométrica y estructural regular, con distribución uniforme de masas y rigideces, diafragmas continuos y ausencia de discontinuidades en los sistemas resistentes. Esta condición asegura un comportamiento dinámico estable, reduce la concentración localizada de esfuerzos y permite que eventuales intervenciones futuras —como encamisados o la incorporación de muros portantes— actúen de manera puntual sin comprometer la estabilidad global del edificio. Estos hallazgos

difieren de lo reportado por Guerrero y Rivera (2022), quienes obtuvieron  $I_a = 0.75$  e  $I_p = 1.00$ , evidenciando regularidad en planta pero irregularidad en altura, situación que incrementaba la vulnerabilidad vertical de su edificación. De manera similar, Barboza y Serrano (2022) documentaron irregularidades críticas tanto en planta como en altura, asociadas a torsión extrema y a la disposición no simétrica de muros, factores que comprometieron seriamente el desempeño sísmico de la estructura analizada. En contraste, estudios como el de Romero y Hernández (2024) concluyeron que el bloque educativo evaluado presentaba una configuración regular, con derivas menores a 0.007 en X y 0.005 en Y, resultados que coinciden con lo obtenido en el presente proyecto. En consecuencia, la comparación de estos antecedentes permite establecer que el módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén presenta una configuración estructural más robusta y regular, lo que fortalece la confiabilidad del análisis sismorresistente desarrollado conforme a la Norma Técnica E.030 – 2018 y asegura que los resultados obtenidos sean técnicamente representativos y seguros.

De los resultados obtenidos en el presente estudio se verificó que la cortante dinámica supera el 80% de la cortante estática en ambas direcciones (X-X y Y-Y), cumpliendo con lo estipulado en el Artículo 29 de la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. En la dirección X-X, la cortante basal alcanzó 325.92 Tn, de las cuales 266.06 Tn (82%) fueron absorbidas por los muros y 59.86 Tn (18%) por las columnas, clasificándose como un sistema de muros estructurales con coeficiente de reducción  $R_o = 6$ . De manera similar, en la dirección Y-Y la cortante basal fue de 325.92 Tn, distribuyéndose 303.01 Tn (93%) en muros y 22.91 Tn (7%) en columnas, lo que confirma nuevamente la predominancia del sistema de muros y la aplicación de  $R_o = 6$ . Este resultado contrasta con el expediente técnico original, que planteaba un sistema dual con  $R_o = 7$ , lo que habría derivado en un análisis con diferentes aproximaciones de desempeño estructural. Comparando con Martínez (2024), quien también clasificó su edificación bajo un sistema de muros con  $R_o = 6$ , se observa coincidencia en la tipología estructural, aunque difieren los valores de cortante basal (196.44 Tn en Martínez frente a 325.92 Tn en este estudio), diferencia atribuible a variaciones en la masa, la altura acumulada, los criterios de modelado y los parámetros sísmicos locales. Asimismo, Mucha Camposano (2020) evidenció que modificaciones en el factor de zona ( $Z$ ) generan variaciones significativas en la cortante basal y en los desplazamientos, destacando que mientras la norma anterior consideraba  $Z = 0.30$ , la versión actual redujo el valor a  $Z = 0.25$  para la zona 2, lo cual altera directamente

el espectro de diseño y, por ende, los resultados del análisis sísmico. De igual modo, Guerrero y Rivera (2022) reportaron que, en sus análisis, la cortante dinámica no superó el 90% de la estática, requiriendo factores de escala adicionales para cumplir con la normativa, lo que evidencia la sensibilidad del sistema a la relación  $V_{din}/V_{est}$ . En conjunto, estas comparaciones permiten concluir que el presente estudio se encuentra en concordancia con la clasificación normativa del sistema estructural como de muros, con absorción predominante de cortantes en los muros portantes y un coeficiente de reducción de respuesta coherente con la realidad sísmica de Jaén.

En el análisis de derivas estructurales conforme a la Norma Técnica E.030 – 2018, el módulo en estudio presentó un desplazamiento máximo relativo de 0.003463 en la dirección X-X y 0.003899 en la dirección Y-Y, ambos registrados en el segundo nivel, valores que se ubican muy por debajo del límite normativo de 0.007 para edificaciones de concreto armado. Este resultado evidencia un comportamiento sísmico seguro y confirma la confiabilidad del modelamiento estructural empleado. Cabe resaltar que el expediente técnico también reportó derivas dentro del rango permitido, lo que demuestra la coherencia entre ambos análisis. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Legua Prado (2022), quien en su investigación sobre pabellones académicos en Subtanjalla–Ica determinó que las derivas estructurales se mantenían dentro de los límites establecidos por la normativa, ratificando la eficacia de la aplicación rigurosa de la E.030 como herramienta para garantizar la seguridad estructural en edificaciones educativas. Por otro lado, la investigación de Guerrero y Rivera (2022) mostró que, en estructuras de albañilería, la deriva en el eje X-X superó el límite de 0.005, comprometiendo parcialmente el desempeño sísmico y evidenciando la necesidad de reforzar la rigidez, mientras que en el eje Y-Y se cumplía con la norma, destacando así un comportamiento direccional desigual. En contraste, Romero y Hernández (2024) evaluaron un bloque educativo que alcanzó derivas de 0.007 en X y 0.005 en Y, situándose en los valores límite de la norma, lo cual refleja un desempeño aceptable pero menos controlado que el obtenido en este estudio. En conjunto, la comparación demuestra que el módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén no solo cumple, sino que presenta derivas uniformes y más conservadoras, lo que valida su configuración estructural y diseño sismorresistente, aportando criterios técnicos replicables para la planificación de infraestructura universitaria en zonas de alta sismicidad.

El análisis estructural detallado del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil permitió identificar zonas críticas con concentraciones de esfuerzos internos, particularmente en el eje 3-3 del tercer nivel, donde se registró una fuerza cortante máxima de 23.7767 Ton-f, y en el eje 5-5 del segundo nivel, con un momento flector máximo de 23.6503 Tonf-m. Estas magnitudes iniciales no pudieron ser controladas únicamente mediante el incremento del ancho de las viguetas de la losa aligerada, lo que evidenció que las soluciones planteadas en el diseño original resultaban insuficientes para garantizar un adecuado desempeño sísmico. Para corregir estas deficiencias, se implementaron estrategias de reforzamiento estructural integral, consistentes en la sustitución de muros de tabiquería por muros portantes, el redimensionamiento de columnas tipo T y la optimización de placas en L. Dichas medidas lograron reducir la fuerza cortante a 18.2486 Ton-f (-23.21%) y el momento flector a 19.8659 Tonf-m (-15.19%), demostrando que la redistribución de esfuerzos y el aumento de la rigidez global permiten cumplir con mayor rigor los criterios de la Norma Técnica E.030 – 2018. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Mucha Camposano (2020), quien reportó reducciones en fuerzas cortantes de entre 6% y 37% y en momentos flectores de hasta 17% mediante técnicas de reforzamiento estructural, confirmando la efectividad de estas estrategias para mejorar el desempeño global del sistema resistente. En contraste, Barboza y Serrano (2022) evidenciaron que edificaciones con disposición no simétrica de muros, irregularidad torsional extrema y discontinuidad vertical presentaron altas concentraciones de esfuerzos internos y menor eficiencia sísmica, lo que resalta la importancia de la regularidad estructural en la mejora del desempeño. Asimismo, Calvay (2023) comparó sistemas aporticados y de muros portantes, concluyendo que estos últimos presentan menores desplazamientos laterales y mejor capacidad de control de esfuerzos internos, lo cual refuerza la validez de las soluciones aplicadas en este estudio. En conjunto, el presente trabajo demuestra que la correcta aplicación de parámetros normativos actualizados y la implementación de reforzamientos estratégicos constituyen una metodología eficaz y replicable para garantizar el desempeño sísmico de edificaciones educativas, fortaleciendo su seguridad y funcionalidad frente a eventos sísmicos severos.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Se evaluó el comportamiento sismorresistente conforme a la Norma Técnica E.030 – 2018 del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, el cual se concluye que los valores de deriva relativa (0.003463 en X y 0.003899 en Y) se mantuvieron por debajo del límite de 0.007, los desplazamientos máximos se encontraron dentro de los parámetros permitidos y la cortante dinámica superó el 80% de la cortante estática, clasificando a la edificación dentro del sistema de muros estructurales ( $R_o = 6$ ). En consecuencia, la edificación cumple las condiciones normativas actuales y se comporta de manera confiable frente a sollicitaciones sísmicas representativas de la zona de Jaén.

Se identificó en la evaluación del comportamiento sismorresistente del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén de empleando la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente, que NO CUMPLE con el parámetro del factor de Zona el cual le corresponde un valor  $Z=0.25$  (para Zona Sísmica 2) para la provincia de Jaén el cual se encuentra ubicado el módulo en estudio; y no un valor  $Z=0.35$  (para Zona Sísmica 3).

Se evaluó que el módulo presenta un comportamiento estructural adecuado al no evidenciar irregularidades ni en altura ni en planta, obteniendo factores de irregularidad  $I_a = 1.00$  e  $I_p = 1.00$ , lo que confirma una configuración geométrica y resistente, simétrica y estable. Esta condición asegura que la respuesta sísmica global del edificio sea confiable y segura, limitando las demandas estructurales a efectos locales (fuerza cortante y momento flector) sin comprometer la integridad general del sistema.

Al verificar y comparar en el análisis estructural se evidenció que la cortante dinámica supera el 80% de la cortante estática en ambas direcciones, cumpliendo con la condición establecida en el Artículo 29 de la Norma Técnica E.030–2018. Asimismo, la distribución de la cortante basal muestra que la mayor parte de las fuerzas son absorbidas por los muros estructurales (82% en X-X y 93% en Y-Y), clasificando el sistema como muros estructurales con un coeficiente básico de reducción  $R_o = 6$ , en contraste con el sistema dual planteado en el expediente técnico ( $R_o = 7$ ), lo que podría

generar diferencias significativas en las fuerzas de diseño y desempeño sísmico de la edificación.

Se determinó y comparó que los desplazamientos máximos relativos de entre piso, para ambas direcciones X-X y Y-Y, en todos sus niveles cumple en su totalidad con la nueva Norma Técnica E.030, puesto que las derivas inelásticas (desplazamientos máximos relativos) son menores que 0.007 (límite máximo para concreto armado) exigidos en la norma técnica.

Se determinó que los esfuerzos internos críticos se localizaron en el eje 3-3 del tercer nivel, con una fuerza cortante máxima de 23.77 Ton-f, y en el eje 5-5 del segundo nivel, con un momento flector máximo de 23.65 Tonf-m. Estos valores iniciales no pudieron ser controlados con las soluciones del diseño original, pero al aplicar medidas de reforzamiento estructural integral (sustitución de tabiquería por muros portantes, redimensionamiento de columnas en T y optimización de placas en L) los esfuerzos se redujeron a 18.25 Ton-f (-23.21%) y 19.87 Tonf-m (-15.19%) respectivamente, demostrando que la redistribución de esfuerzos y el aumento de rigidez global permiten cumplir con mayor rigor los parámetros de resistencia establecidos en la E.030 – 2018.

Se propone que a raíz de la evaluación del módulo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén permitió identificar zonas críticas con esfuerzos y momentos estructurales elevados, proponiéndose como solución la incorporación de muros portantes y el aumento de dimensiones en columnas y placas. Estas modificaciones redujeron significativamente la fuerza cortante y el momento flector máximos, mejorando el comportamiento sismorresistente del módulo y garantizando un diseño más seguro.

## 5.2. Recomendaciones

Se sugiere utilizar y cumplir los parámetros y las disposiciones de diseño sismorresistente de manera correcta establecidas en la nueva Norma Técnica E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones porque de estos valores depende el buen diseño de una edificación sismorresistente.

Se recomienda priorizar en futuros proyectos el diseño y construcción de estructuras regulares en planta y elevación, ya que este tipo de configuración geométrica y estructural minimiza concentraciones de esfuerzos y reduce la posibilidad de amplificación de efectos sísmicos, garantizando un comportamiento dinámico más estable y seguro.

Se recomienda realizar estudios futuros que incluyan una verificación integral del sistema estructural con el coeficiente básico de reducción adecuado ( $R_o = 6$ ), así como análisis no lineales y simulaciones de desempeño para escenarios sísmicos más severos, a fin de validar la seguridad estructural y optimizar las estrategias de diseño para edificaciones similares.

Se recomienda realizar estudios sismorresistentes en otros módulos de la Universidad Nacional de Jaén, aplicando la Norma Técnica E.030 actual, con el fin de comparar desplazamientos relativos, distribución de fuerzas y posibles irregularidades estructurales, asegurando así un diagnóstico integral de la seguridad sísmica de toda la infraestructura universitaria.

Ante una posible futura falla estructural en el módulo de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén por la toma equivocada de los parámetros de zonificación en la etapa de modelado estructural y diseño sismorresistente, se recomienda llevar a cabo un proyecto de reforzamiento de la estructura que apunte a reducir el nivel de posibles daños estructurales a fin de evitar futuras paralizaciones en las funciones del desarrollo de las actividades universitarias y otras actividades para las que el edificio está destinado.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad Falla, D. M., & Guivar Molina, N. (2019). *Comportamiento estructural sismorresistente mediante el análisis estático aplicando la nueva norma E-030-2018 en la IE Sagrado Corazón, Jaén 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/253>
- Aucancela, B., & Velasco, V. (2021). Gestión turística como herramienta de desarrollo sostenible de la microcuenca del río Chimborazo, cantón Riobamba. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, (13), 102-116. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2550-67222021000100102&script=sci\\_arttext](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2550-67222021000100102&script=sci_arttext)
- Albino Cortez, , I. B., & Aldave Sánchez, A. D. (2021). *Evaluación sismorresistente y propuesta de diseño del colegio Micaela Bastidas, Chimbote - Áncash- 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo <https://hdl.handle.net/20.500.12692/74236>
- Barboza Altamirano, A., & Cardozo Mendoza, A. J. (2022). *Evaluación estructural sismorresistente del bloque c de la institución educativa emblemática jaén de bracamoros empleando la norma técnica e. 030, Jaén–2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/454>
- Barboza, R., & Serrano, O. (2022). *Desempeño sísmico del edificio Ángel Divino ubicado en la ciudad de Chota, provincia de chota, región Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3833>
- Cabrera Ordóñez, C. G. (2022). *Evaluación sismo resistente de una vivienda de dos plantas de hormigón armado ubicada en la Ciudad de Santa Rosa* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Machala. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/18439>
- Calderon Alcantara, S. N. (2022). *Mejora de la respuesta sísmica del Colegio Felipe Salaverry usando reforzamiento de encamisado de columnas departamento de*

*Ayacucho 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89012>

Cordero, Z. R. V. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista educación*, 33(1), 155-165. <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

El Comercio Perú. (2019, 10 de agosto). *Cajamarca: sismo de magnitud 4,1 se reportó esta mañana en Jaén, según IGP*. <https://elcomercio.pe/peru/cajamarca-sismo-magnitud-4-1-reporto-manana-jaen-igp-noticia-nndc-663868-noticia/>

Infobae Perú. (2021, 1 de diciembre). *Nuevo reporte tras terremoto en Amazonas: 5222 damnificados, 8009 afectados y 223 viviendas destruidas*. Infobae. <https://www.infobae.com/america/peru/2021/11/28/terremoto-en-amazonas-heridos-muertos-viviendas-afectadas-damnificados-sismo-peru-reporte-indecioen-defensa-civil/>

Farinango, L., Herrera, H., Correa, M., Hernández, L., & Parra, G. (2022). Evaluación sísmica y rehabilitación de una edificación universitaria construida hace más de 40 años. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 5(1), 7–37. <https://revistas.intec.edu.do/index.php/cite/article/view/2517>

France 24. (2025, 12 de enero). *15 años del terremoto en Haití: reconstrucción fallida e inseguridad profundizan un estado crítico*. France 24. <https://www.france24.com/es/am%C3%A9rica-latina/20250112-15-a%C3%B1os-del-terremoto-en-hait%C3%AD-reconstrucci%C3%B3n-fallida-e-inseguridad-profundizan-un-estado-cr%C3%ADtico>

Garay Mendoza, H. C. (2022). *Comparación de la respuesta estructural de la edificación del módulo “B” de la Institución Educativa Cesar Vallejo – Hualgayoc – Cajamarca al utilizar los software SAP2000 y Robot Structural* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31223>

García Vasquez, D. E., & Rodríguez Sánchez, L. J. (2023). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para el diseño del reforzamiento estructural que mejorara la respuesta sismorresistente de la I.E 81751 Dios es Amor aplicando la norma E.030-2019,*

- ciudad de Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33100>
- Gil Acuña, J. E. (2023). *Evaluación Estructural del Módulo 01 de la I.E. secundaria "Andrés Avelino Cáceres" del C.P. Morán Lirio, Hualgayoc-Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5342>
- Guerrero Celmi, O. A., & Rivera Dominguez, N. W. (2019). *Evaluación del comportamiento sismorresistente usando Etabs de un edificio de 4 niveles, San Marcos, Huari, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_60bd0985056e3aa7d14d550445259015](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_60bd0985056e3aa7d14d550445259015)
- Guerrero Zavaleta, N. A. (2021). *Evaluación estructural del bloque "B1" de la I. E. Jaén de Bracamoros de la ciudad de Jaén, 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4389>
- Hernández-Ávila, C. E., & Escobar, N. A. C. (2019). *Introducción a los tipos de muestreo. Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de Salud, 2(1), 75-79.* <https://camjol.info/index.php/alerta/article/download/7535/7746>
- Hernández Monzón, J. M. (2022). *Evaluación del nivel de desempeño sísmico de la estructura de concreto reforzado del módulo G de la División de Ciencias de la Ingeniería en el Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala mediante un análisis Estático* [Tesis de postgrado, Universidad San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional de la Universidad San Carlos de Guatemala. <https://www.postgrados.cunoc.edu.gt/tesis/9ac251bd99d3539c20d03023a4fe7eae79f9dcc3.pdf>
- Huamani Leon, J. P. (2023). *Aplicación de la norma sismorresistente E. 030 para evaluar el comportamiento estructural del pabellón de la Facultad de Derecho y Ciencia Política de la ciudad universitaria, San Luis Gonzaga, Ica 2022* [Tesis de pregrado,

Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/6fd27b3d-a6af-4174-a188-3c60f555db10>

Huaitalla Chate, J. (2023). *Evaluación de las alternativas de reforzamiento estructural con fibras de carbono o encamisado de concreto armado mediante la comparativa resistencia y costo de las columnas del centro comercial A, en Lima Metropolitana* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/667579/Huaitalla\\_CJ.pdf;jsessionid=9E40BADD06ECD39DE0DA2B92ECA24E15?sequence=3](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/667579/Huaitalla_CJ.pdf;jsessionid=9E40BADD06ECD39DE0DA2B92ECA24E15?sequence=3)

Hernández-Ávila, C. E., & Escobar, N. A. C. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de Salud*, 2(1), 75-79. <https://camjol.info/index.php/alerta/article/download/7535/7746>

Hernández Monzón, J. M. (2022). *Evaluación del nivel de desempeño sísmico de la estructura de concreto reforzado del módulo G de la División de Ciencias de la Ingeniería en el Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala mediante un análisis Estático* [Tesis de postgrado, Universidad San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional de la Universidad San Carlos de Guatemala. <https://www.postgrados.cunoc.edu.gt/tesis/9ac251bd99d3539c20d03023a4fe7eae79f9dcc3.pdf>

Instituto Geofísico del Perú. (2024). *Sismos reportados – Últimos sismos en el Perú*. <https://ultimosismo.igp.gob.pe/ultimo-sismo/sismos-reportados>

Jiménez Morante, L., & Mazacón Lamilla, J. (2020). *Análisis comparativo de un edificio Aporticado de hormigón armado aplicando la norma Ecuatoriana nec-se-ds-2015 y la norma Peruana rne e.030-2020 – rne e.060-2020* [Tesis Doctoral, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60504>

Legua Prado, F. A. G. (2022). *Aplicación de la Norma Diseño Sismorresistente E. 030 para la evaluación estructural de los pabellones de la Facultad de Agronomía en el distrito de Subtanjalla-Ica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Luis

- Gonzaga]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/e7f455f7-7d52-4cad-8c8c-e85471cb677e>
- López, P. L. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto cero*, 9(08), 69-74. <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>
- Mamani Luis, J. S. (2021). *Evaluación sismorresistente del pabellón 'A' de la I.E. Andrés Avelino Cáceres del Distrito Baños del Inca, Cajamarca, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82530>
- María Estefanía, R. B. (2020). *Evaluación sismorresistente de una vivienda de dos plantas construidas con sistemas estructurales de ductilidad limitada (caso pórticos resistente a momento)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15645>
- Marca Vislao, J. L., & Rojas Cama, E. G. (2022). *Análisis comparativo de 2 tipos de refuerzos estructurales para la "Institución Educativa N°4460 - Cesar Cohaila Tamayo" en el departamento de Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/a0456cc3-5c64-4cc7-815d-f4932ba3c7c6>
- Martinez Romaní, A. L. (2024). *Aplicación de la Norma Técnica E. 030 diseño sismorresistente para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica-2023* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/dd53b891-bd35-448a-80a6-1d6b55f088a3>
- Merino Campoverde, J. E., & Meza Bure, L. A. (2022). *Evaluación del Comportamiento Sismorresistente de un Edificio de Concreto Armado de 04 Niveles Empleando la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente Ubicado en la Urbanización Las Flores, Jaén – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/453>

- Ministerio de Educación de Chile. (s.f.). *Terremoto 27F*. Emergencia y Desastre – Ministerio de Educación. <https://emergenciaydesastres.mineduc.cl/terremoto-27f/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente*. *Diario Oficial El Peruano*. <https://museos.cultura.pe/sites/default/files/item/archivo/Norma%20t%C3%A9cnica%20E.030%20Dise%C3%B1o%20sismorresistente.pdf>
- Mucha Camposano, J. (2020). *Evaluación del comportamiento sismorresistente de un centro educativo empleando la norma técnica E.0.30, anterior y la actual vigente* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional de la Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7026>
- Novoa, C. A. (2017). Investigación cuantitativa. *Fundación Universitaria del Área Andina*. <https://digitk.areandina.edu.co/bitstreams/30b26254-a8d2-4cd6-b44f-e107d90d3e6f/download>
- Orrillo Vega, O. E. (2023). *Estudio comparativo de la respuesta estructural al considerar la normativa Sismoresistente E030 2003, 2016 y 2018 para la edificación de la galería comercial “Leguia” en la ciudad de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5815>
- Romero Araujo, R. A., & Hernández Racho, I. (2024). *Evaluación del desempeño sismorresistente del bloque 3D de la Institución Educativa Fe y Alegría N° 22 San Luis Gonzaga, Jaén-2023* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/649>
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista ean*, (82), 179-200. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602017000100179&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602017000100179&script=sci_arttext)
- Silva Alverca, J. E. (2024). *Evaluación sismorresistente de un edificio de concreto armado empleando la norma E. 030–2018, en la urbanización California, Jaén–2024* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/814>

- Torres Calvay, F. A. (2023). *Desplazamientos Laterales en Edificaciones de Cinco Niveles para el Sistema Estructural Aporticado y Muros Portantes, Ciudad de Jaén* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/520>
- Tudela Laura, M. H. (2022). *Análisis comparativo entre el encamisado de concreto armado y el uso de CFRP como métodos de reforzamiento estructural en columnas* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ce813463-f4dc-4858-af3d-594dbf710493/content>
- Vargas, M. J. R., Santiago, R. T., Guadalupe, A. D., Araujo, J. G., & Rodríguez, C. L. (2024). Evaluación Estática de una Edificación de Concreto Armado de 6 Niveles Según la Norma técnica Peruana E. 030 en la provincia de Chanchamayo, región Junín. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 1272-1287. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/12355>
- Vera Marín, S. D. C. (2011). *Análisis estructural sismo-resistente del bloque A del edificio de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de la Universidad Técnica de Ambato Campus Huachi para garantizar la seguridad de sus ocupantes* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/c092801d-7de7-4d68-868d-076c203d640e>
- Volcano Discovery. (2024). *Sismos recientes cerca de Jaén, Cajamarca, Perú*. S.L.: Volcano Discovery. <https://www.volcanodiscovery.com/es/lugar/9260/sismos/jaen/past30days.html>

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi profundo y sincero agradecimiento a mi asesor por el asesoramiento brindado durante el desarrollo de la Presente Tesis y sus valiosas aportaciones. Y a todas las personas que me apoyaron de alguna u otra forma en la culminación de mi Tesis.

Jhonatan Torres Tantarico

Agradezco al Ing. Wilmer Rojas Pintado por su apoyo y facilidades brindadas, a mi asesor de tesis por su aporte en mi proceso de formación profesional, al Ing. José Luis Piedra Tineo por su gran apoyo incondicional. Y a todas aquellas personas que estuvieron motivándome para poder culminar este valioso proyecto.

Jhon Carlos Guerrero Nuñez

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos por su gran apoyo incondicional durante cada etapa de mi crecimiento profesional y que constituyen una motivación más para poder seguir avanzando como profesional.

Jhonatan Torres Tantarico

A mi padre, por inmenso valor de sacrificio que demostró con nosotros, por las diferentes dificultades que tuvo que cruzar, para poder estar donde ahora estoy, a mi madre, por dejarme el valor de avanzar y persistir, por más cansado que pueda estar, a las Ejercito del Perú por enseñarme que todo pasa y por más difícil que parezca la situación, la noche llega y junto a ella su descanso, a mis hermanos, por confiar en mí, por apoyarme, por su amor incondicional, consejos, esfuerzo y gran apoyo que me brindaron para lograr mis metas.

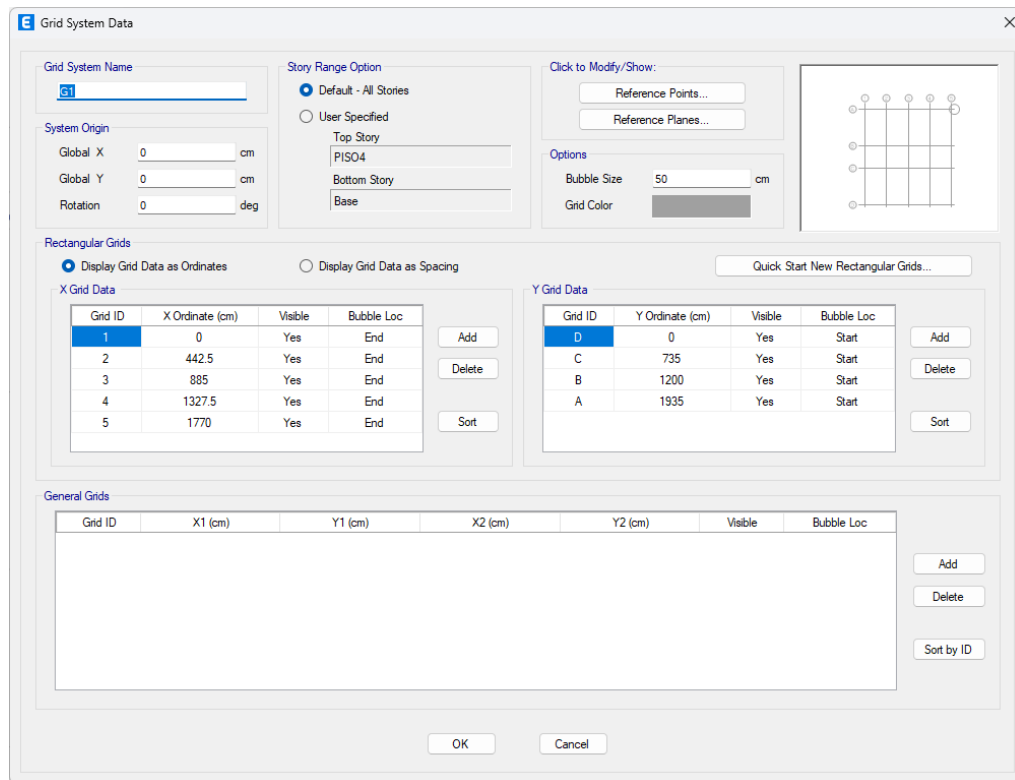
Jhon Carlos Guerrero Nuñez

## **ANEXOS**

**Anexos 01 – Reportes del desarrollo y resultados del modelado  
estructural**

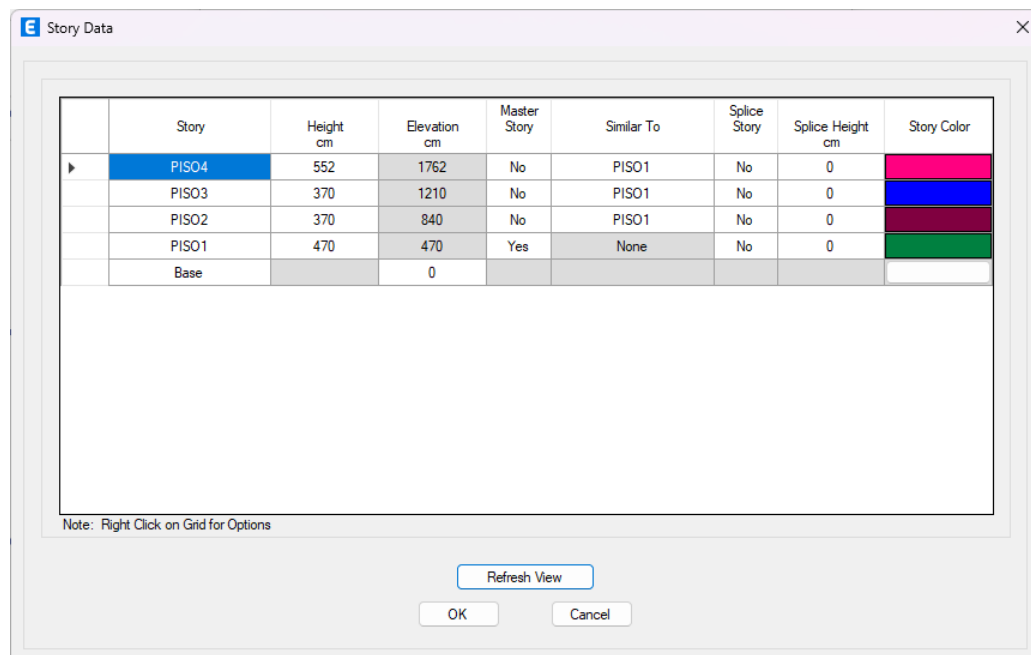
## Anexo 1

### Definición del Sistema de Grillas en el Programa Etabs



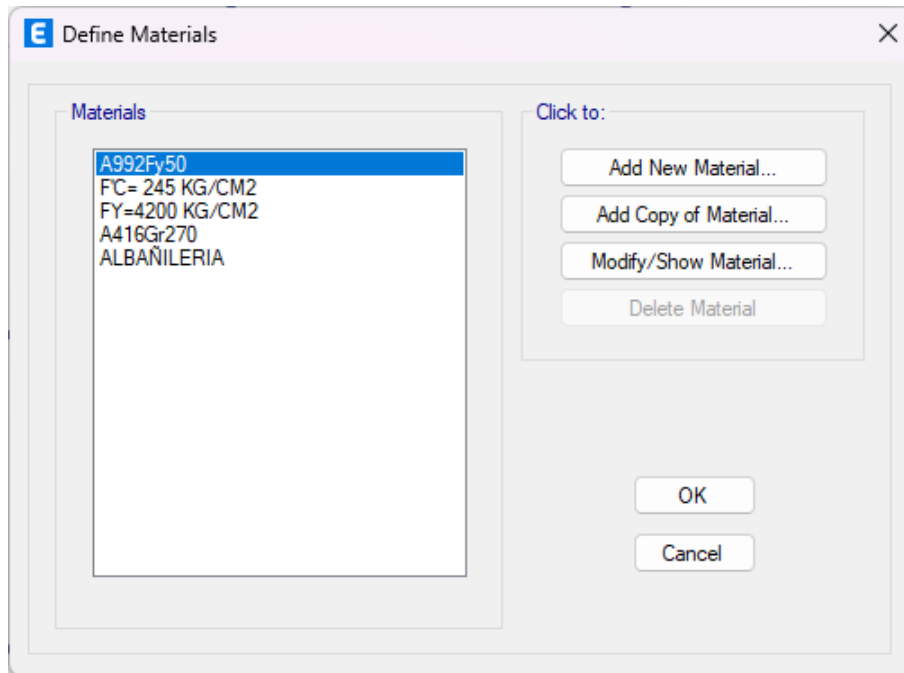
## Anexo 2

### Definición de los niveles del módulo en estudio en el Programa Etabs.



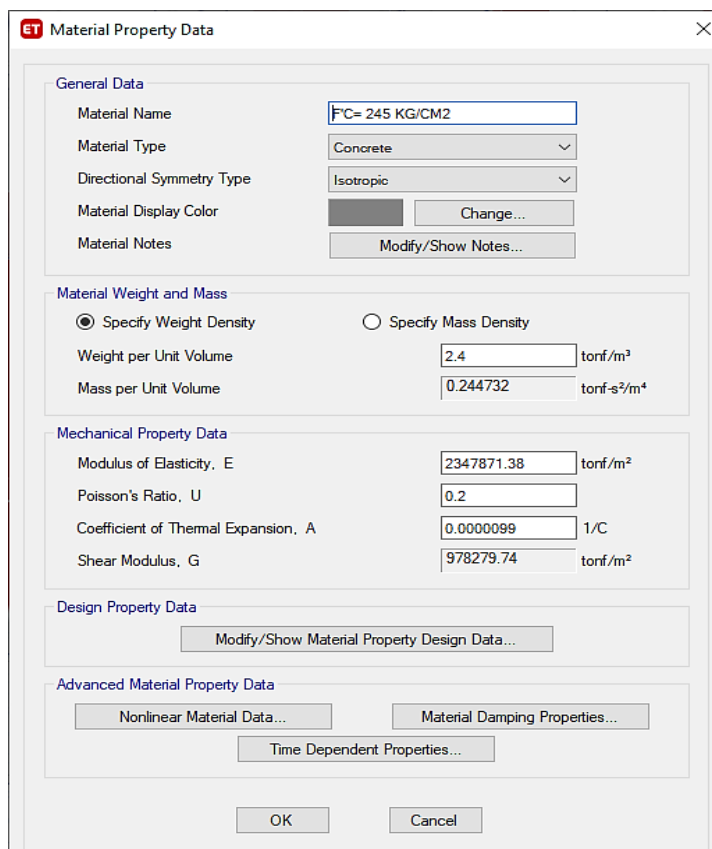
### Anexo 3

#### *Definición de los Materiales en el Programa Etabs.*



### Anexo 4

#### *Propiedades del concreto en el software ETABS*



## Anexo 5

### *Propiedades del acero en el software ETABS*

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: FY=4200 KG/CM2

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color:   Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density     Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.85 tonf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 0.800477 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 21000000 tonf/m<sup>2</sup>

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

Nonlinear Material Data...    Material Damping Properties...    Time Dependent Properties...

OK    Cancel

## Anexo 6

### *Definición de las Secciones de los Elementos Estructurales Vigas y Columnas en el Programa Etabs.*

**Frame Properties**

**Filter Properties List**

Type: All

Filter:    Clear

**Properties**

Find This Property: CT(100X55X30)

CT(100X55X30)

VA(15X25)

VP(30X65)

VS(30X60)

**Click to:**

Import New Properties...

Add New Property...

Add Copy of Property...

Modify/Show Property...

Delete Property

Delete Multiple Properties...

Convert to SD Section

Copy to SD Section

Export to XML File...

OK    Cancel

## Anexo 7

### Especificaciones de la columna C-01 en el ETABS

**ET Section Designer Section Property Data**

**General Data**

Property Name: CT(100X55X30)

Base Material: F'C= 245 KG/CM2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Design Type**

No Check/Design       General Steel Section

Concrete Column       Composite Column

**Concrete Column Check/Design**

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

**Define/Edit/Show Section**

Section Designer...

**Section Properties**      **Property Modifiers**

Properties...      Set Modifiers...

OK      Cancel

## Anexo 8

### Especificaciones de la placa PL-01 en el ETABS

**ET Wall Property Data**

**General Data**

Property Name: PLACA 30CM

Property Type: Specified

Wall Material: F'C= 245 KG/CM2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color:  Change...

Property Notes: Modify/Show...

**Property Data**

Thickness: 0.3 m

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK      Cancel

## Anexo 9

### Especificaciones de la viga V-P en ETABS

ET Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: VP(30X65)

Material: FC= 245 KG/CM2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.65 m

Width: 0.3 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

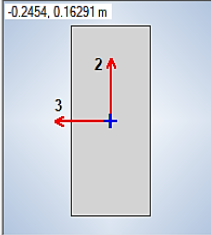
Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

-0.2454, 0.16291 m



## Anexo 10

### Especificaciones de la viga V-S en el ETABS

ET Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: VS(60X60)

Material: FC= 245 KG/CM2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.6 m

Width: 0.3 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

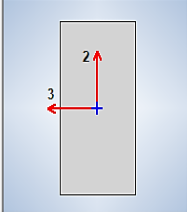
**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column



## Anexo 11

### *Especificaciones de losa aligerada en el software ETABS*

**ET Slab Property Data**

**General Data**

Property Name: ALIGERADO 25CM

Slab Material: F'c= 245 KG/CM2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Use Special One-Way Load Distribution

**Property Data**

Type: Slab

Thickness: 0.0001 m

OK Cancel

## Anexo 12

### *Definición de las Combinaciones de Cargas en el Programa Etabs.*

**E Load Combinations**

**Combinations**

- Comb1
- Comb2
- Comb3
- Comb4
- Comb5
- Comb6
- Comb7
- Comb8
- Comb9
- CV
- DERIVAS XX
- DERIVAS YY
- ENVOL

**Click to:**

Add New Combo...

Add Copy of Combo...

Modify/Show Combo...

Delete Combo

Add Default Design Combos...

Convert Combos to Nonlinear Cases...

OK Cancel

## Anexo 13

*Definición de la Carga Envolvente en el Programa Etabs.*

**Load Combination Data**

**General Data**

Load Combination Name: ENVOL

Combination Type: Envelope

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

**Define Combination of Load Case/Combo Results**

Load Name	Scale Factor
Comb1	1
Comb2	1
Comb3	1
Comb4	1
Comb5	1
Comb6	1

Add

Delete

OK Cancel

## Anexo 14

*Definición de los Casos de Carga en el Programa Etabs.*

**Load Cases**

**Load Cases**

Load Case Name	Load Case Type
Modal	Modal - Eigen
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
Azotea	Linear Static
SEX	Linear Static
SEY	Linear Static
SDX	Response Spectrum
SDY	Response Spectrum
SDX(DISEÑO)	Response Spectrum
SDY(DISEÑO)	Response Spectrum

Click to:

Add New Case...

Add Copy of Case...

Modify/Show Case...

Delete Case

Show Load Case Tree...

OK

Cancel

## Anexo 15

*Definición de la Carga Dinámica para el Espectro de Diseño tanto para la dirección X-X y para la dirección Y-Y en el Programa Etabs.*

**E Load Case Data** [X]

**General**

Load Case Name:  Design...  
 Load Case Type: Response Spectrum Notes...  
 Mass Source: Previous (PESO SISMICO)  
 Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO XX	9.81

Add  
Delete  
 Advanced

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal  
 Modal Combination Method: CQC  
 Include Rigid Response  
 Rigid Frequency, f1:   
 Rigid Frequency, f2:   
 Periodic + Rigid Type:   
 Earthquake Duration, td:   
 Directional Combination Type: SRSS  
 Absolute Directional Combination Scale Factor:   
 Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...  
 Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...  
 OK Cancel

**E Load Case Data** [X]

**General**

Load Case Name:  Design...  
 Load Case Type: Response Spectrum Notes...  
 Mass Source: Previous (PESO SISMICO)  
 Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO YY	9.81

Add  
Delete  
 Advanced

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal  
 Modal Combination Method: CQC  
 Include Rigid Response  
 Rigid Frequency, f1:   
 Rigid Frequency, f2:   
 Periodic + Rigid Type:   
 Earthquake Duration, td:   
 Directional Combination Type: SRSS  
 Absolute Directional Combination Scale Factor:   
 Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...  
 Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...  
 OK Cancel

## Anexo 16

### Definición de los Modos de Vibración en el Programa Etabs.

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: Modal

Load Case Type/Subtype: Modal / Eigen

Mass Source: PESO SISMICO

Analysis Model: Default

**P-Delta/Nonlinear Stiffness**

Use Preset P-Delta Settings: None

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case:

**Loads Applied**

Advanced Load Data Does NOT Exist  Advanced

**Other Parameters**

Maximum Number of Modes: 12

Minimum Number of Modes: 1

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

OK Cancel

## Anexo 17

### Definición de los Patrones de Carga en el Programa Etabs.

**Define Load Patterns**

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Dead	Dead	1	
Dead	Dead	1	
Live	Live	0	
Azotea	Roof Live	0	
SEX	Seismic	0	User Coefficient
SEY	Seismic	0	User Coefficient

**Click To:**

Add New Load

Modify Load

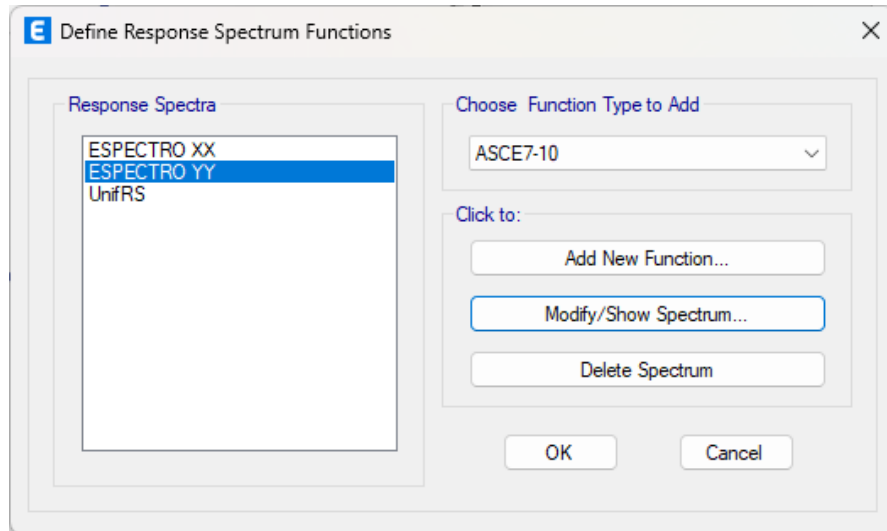
Modify Lateral Load...

Delete Load

OK Cancel

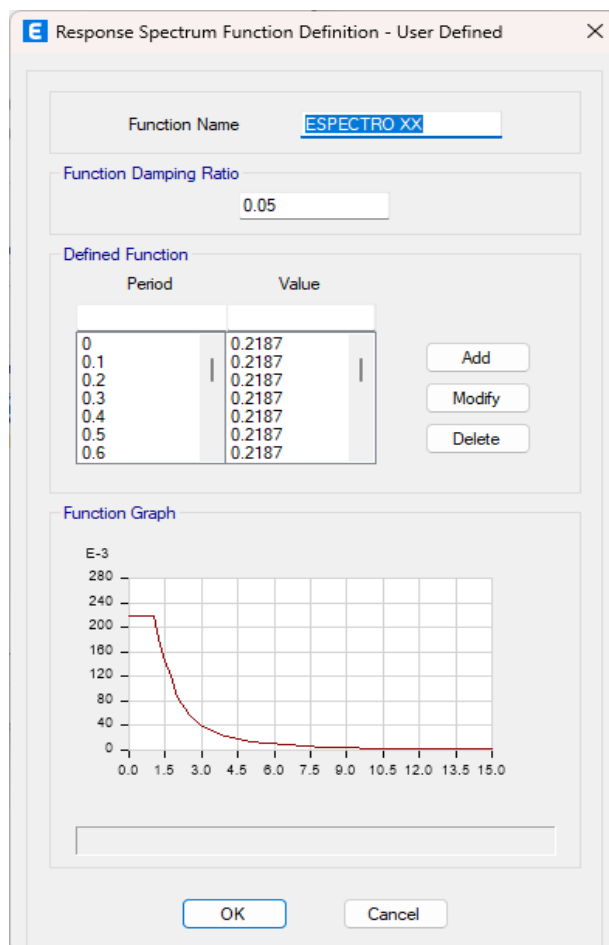
## Anexo 18

*Definición de Funciones de Espectro de Respuesta en el Programa Etabs.*



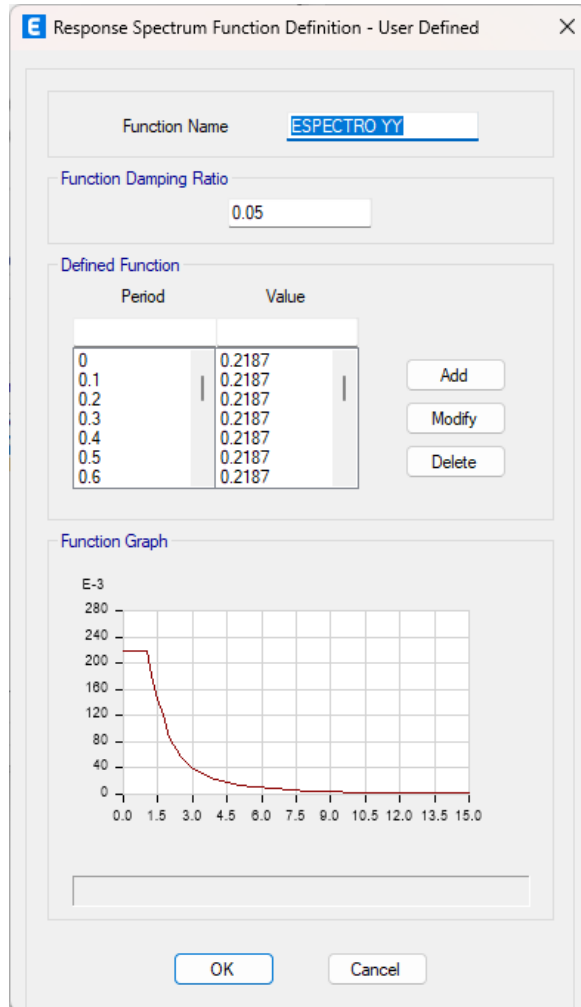
## Anexo 19

*Espectro de Diseño tanto para la dirección X-X en el Programa Etabs.*



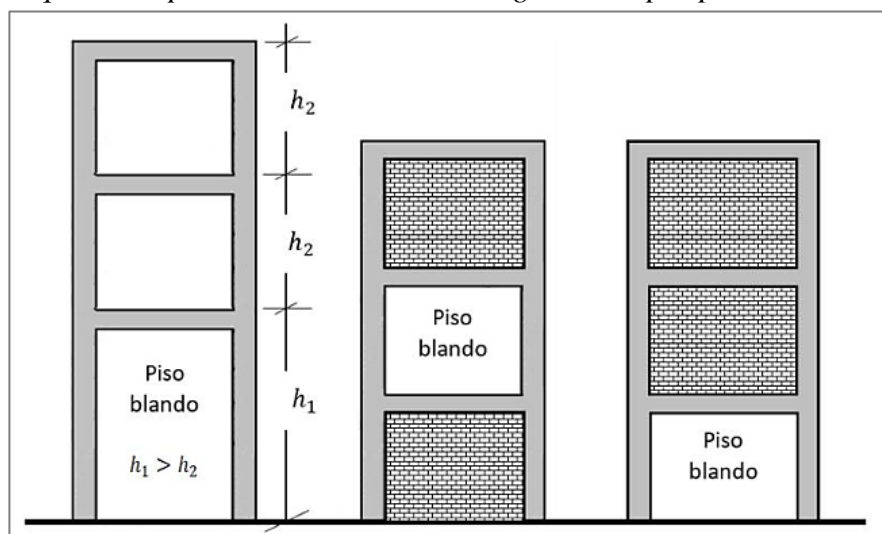
## Anexo 20

*Espectro de Diseño tanto para la dirección Y-Y en el Programa Etabs*



## Anexo 21

*Esquema de posibles escenarios de irregularidad por piso blando.*



## Anexo 22

*Datos para piso blando en la dirección X-X*

Story Stiffness								
1 de 4   Reload Apply								
	Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Stiffness X tonf/m	Shear Y tonf	Drift Y m	Stiffness Y tonf/m
▶	PISO4	SDX	43.3508	0.003605	12026.518	2.168E-06	0.000123	0
	PISO3	SDX	190.5665	0.002558	74507.077	5.457E-06	0.000105	0
	PISO2	SDX	256.1739	0.00276	92803.184	6.427E-06	0.000108	0
	PISO1	SDX	284.7407	0.001905	149476.474	4.553E-06	7.5E-05	0

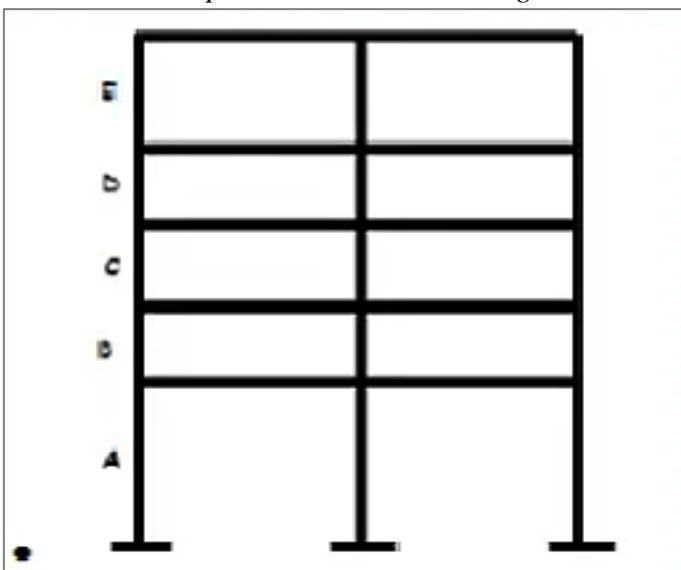
## Anexo 23

*Datos para piso blando en la dirección Y-Y*

Story Stiffness								
1 de 4   Reload Apply								
	Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Stiffness X tonf/m	Shear Y tonf	Drift Y m	Stiffness Y tonf/m
▶	PISO4	SDY	7.021E-07	9.2E-05	0	37.6265	0.002798	13446.088
	PISO3	SDY	6.686E-06	8.2E-05	0	194.0215	0.002874	67514.54
	PISO2	SDY	1.106E-05	9.1E-05	0	259.5642	0.003138	82711.69
	PISO1	SDY	8.179E-06	6.3E-05	0	290.0683	0.002137	135740.02

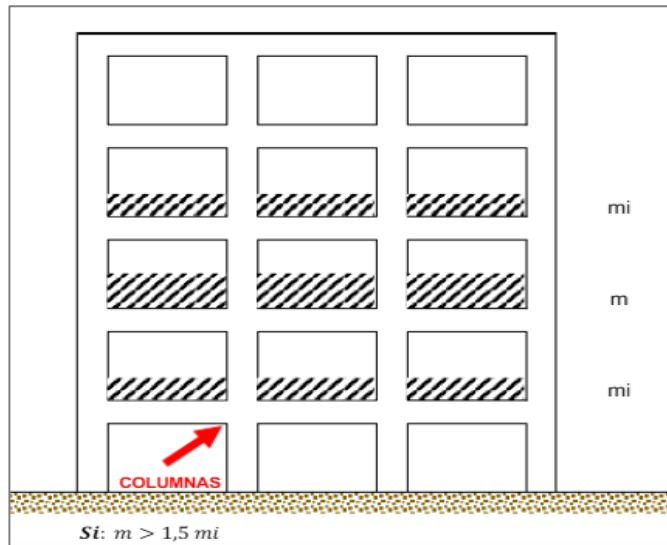
## Anexo 24

*Esquema de un escenario de irregularidad extrema de rigidez, donde la variación de alturas en cada piso conlleva a esta irregularidad*



## Anexo 25

Esquema de un escenario de irregularidad de masa o peso en una edificación.



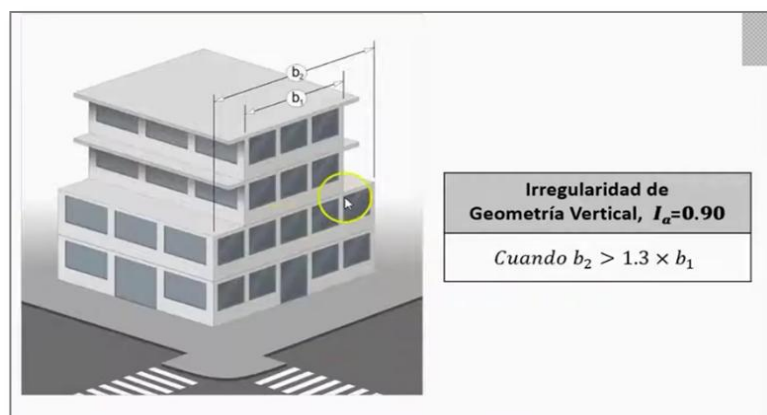
## Anexo 26

Datos para Irregularidad de Masa o Peso

Story	UX tonf-s <sup>2</sup> /m	UY tonf-s <sup>2</sup> /m	UZ tonf-s <sup>2</sup> /m
PISO4	11.17242	11.17242	0
PISO3	64.51622	64.51622	0
PISO2	43.02352	43.02352	0
PISO1	44.42416	44.42416	0
Base	6.86693	6.86693	0

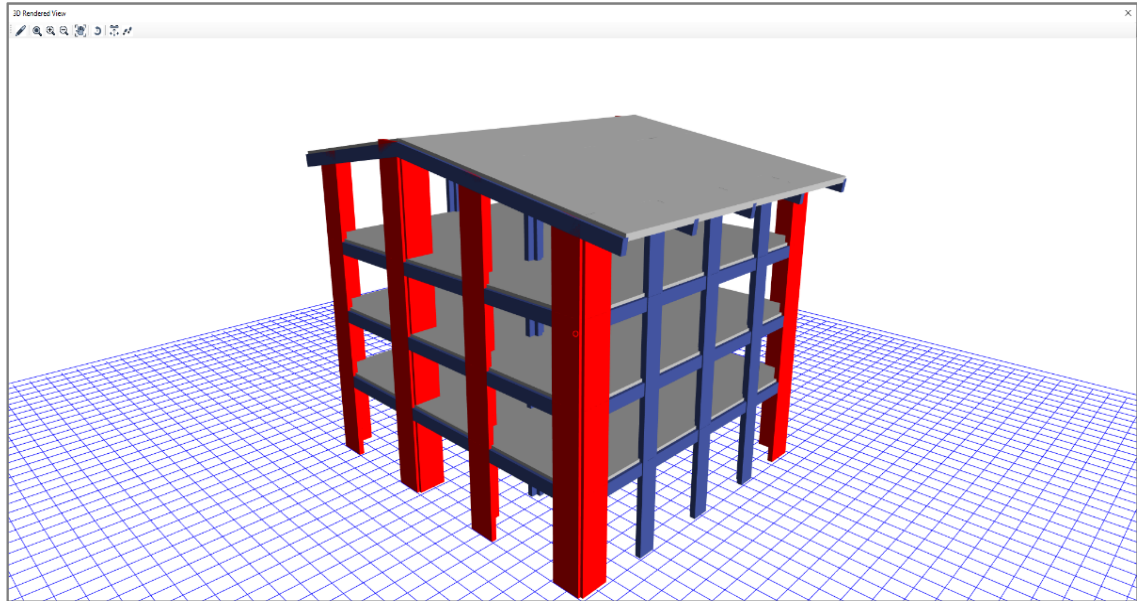
## Anexo 27

Esquema donde muestra relaciones del ancho de una edificación para determinar la irregularidad vertical.



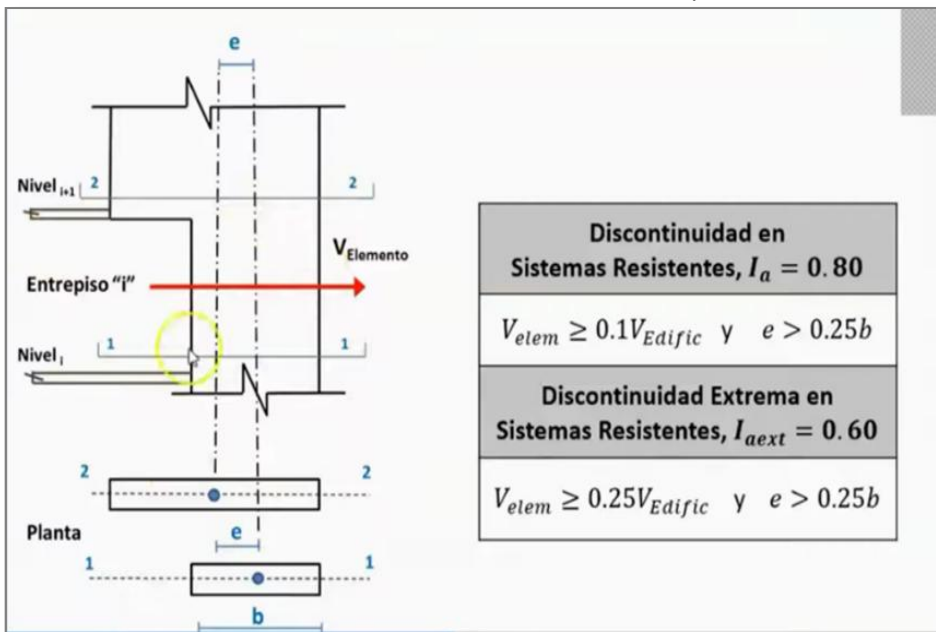
## Anexo 28

### Modelo estructural del módulo en altura



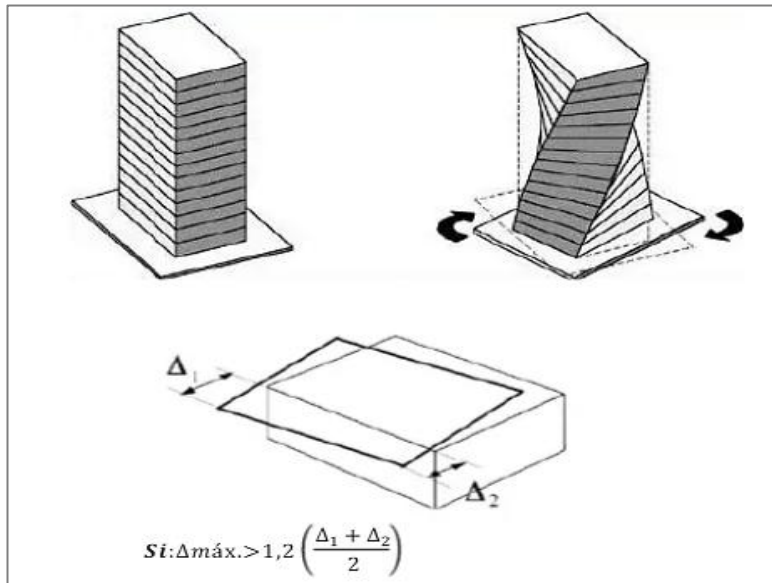
## Anexo 29

Esquema donde muestra relaciones de las cortantes de una edificación para determinar la discontinuidad en sistemas resistentes y extrema en sistemas resistentes



### Anexo 30

Esquema del efecto torsional de un edificio y esto ocurre por la mala distribución de elementos resistentes.



### Anexo 31

Datos para a irregularidad torsional en la dirección X-X

Story Max/Avg Displacements						
1 de 3   Reload Apply						
	Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum m	Average m	Ratio
▶	PISO3	SDX Max	X	0.007458	0.007219	1.033
	PISO2	SDX Max	X	0.004811	0.004665	1.031
	PISO1	SDX Max	X	0.001965	0.001905	1.031

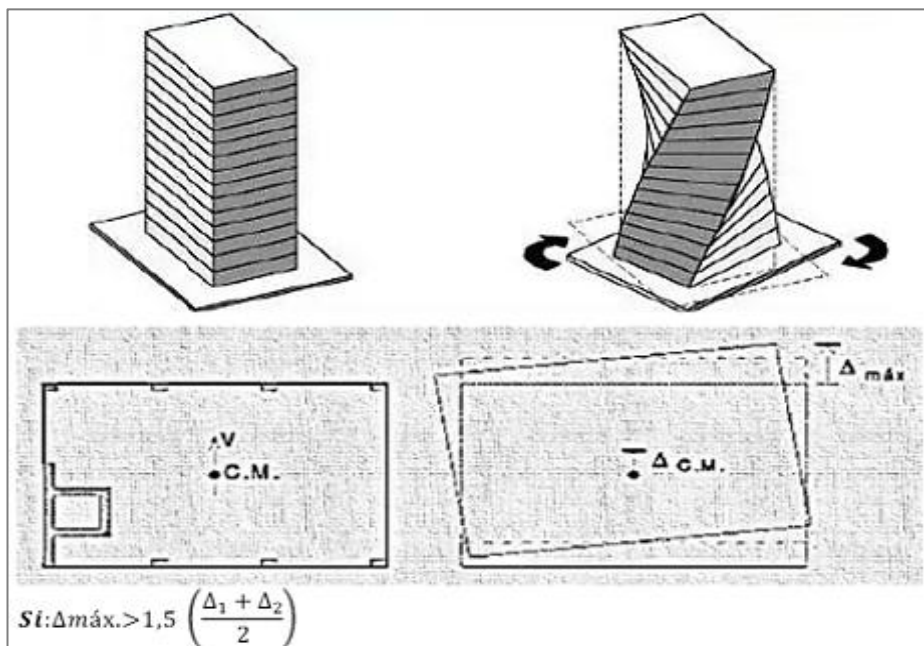
### Anexo 32

Datos para a irregularidad torsional en la dirección Y-Y

Story Max/Avg Displacements						
1 de 3   Reload Apply						
	Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum m	Average m	Ratio
▶	PISO3	SDY Max	Y	0.008317	0.008143	1.021
	PISO2	SDY Max	Y	0.005388	0.005274	1.022
	PISO1	SDY Max	Y	0.002184	0.002137	1.022

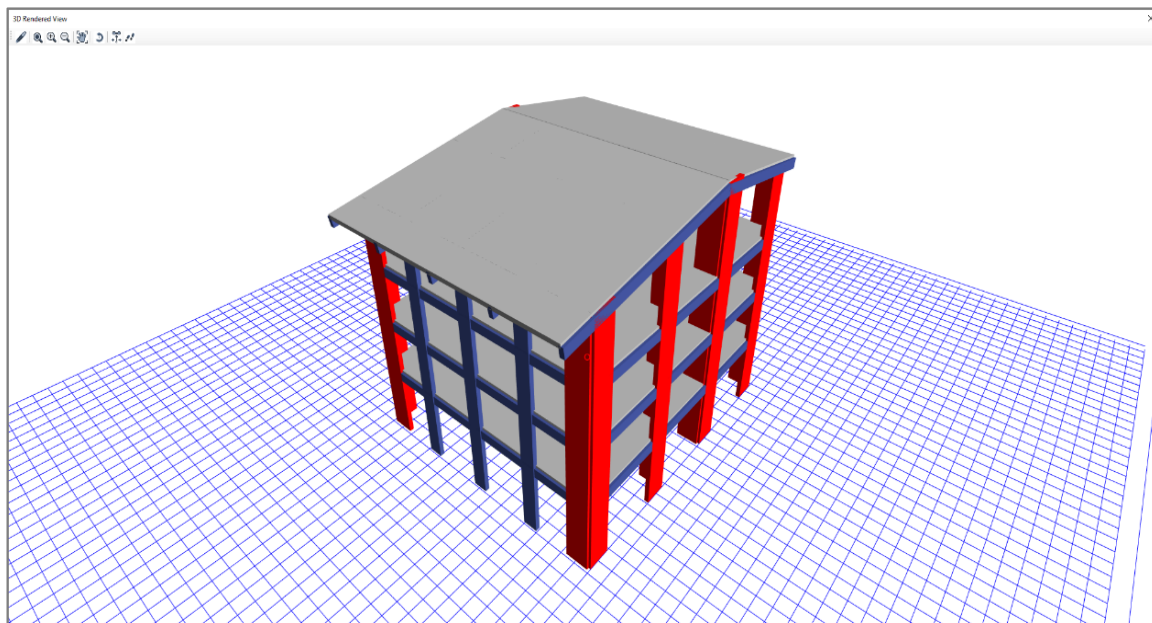
### Anexo 33

*Esquema del efecto torsional extrema de un edificio y esto ocurre por una muy mala distribución de elementos resistentes.*



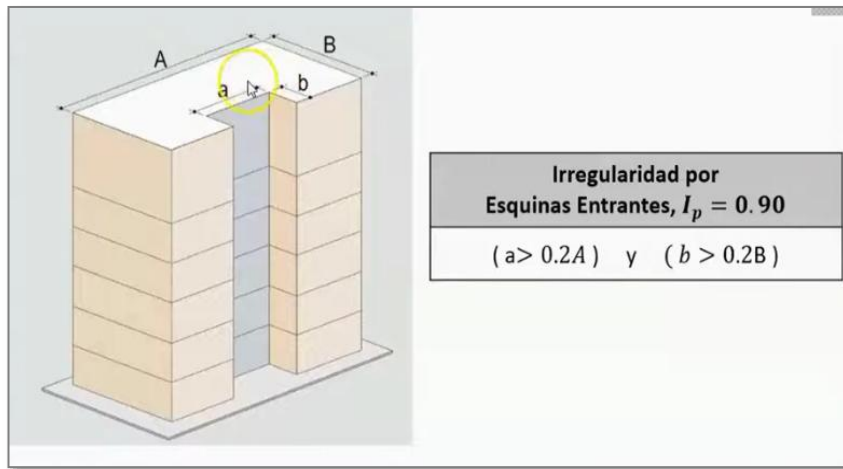
### Anexo 34

*Modelo estructural del Módulo*



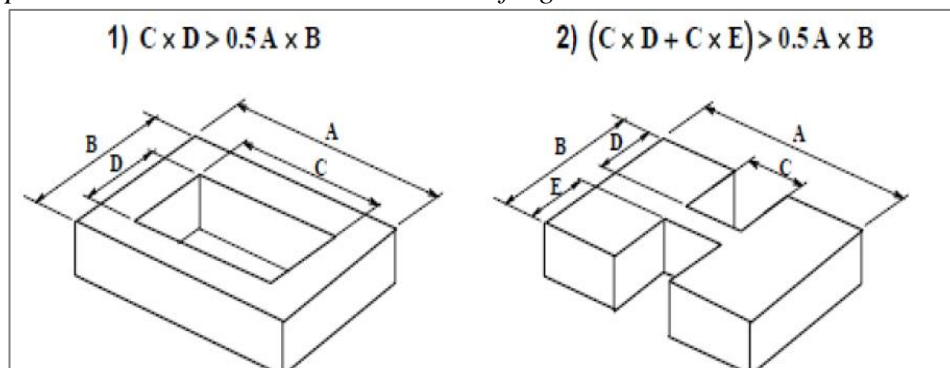
### Anexo 35

Esquema donde muestra relaciones dimensiones entrantes de una edificación para determinar esquinas entrantes



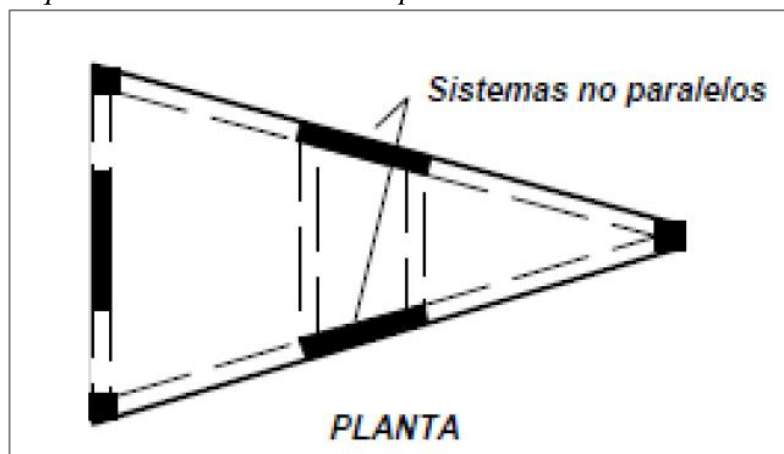
### Anexo 36

Esquema donde muestra relaciones dimensiones de largo y ancho de una edificación para determinar discontinuidad de diafragmas.



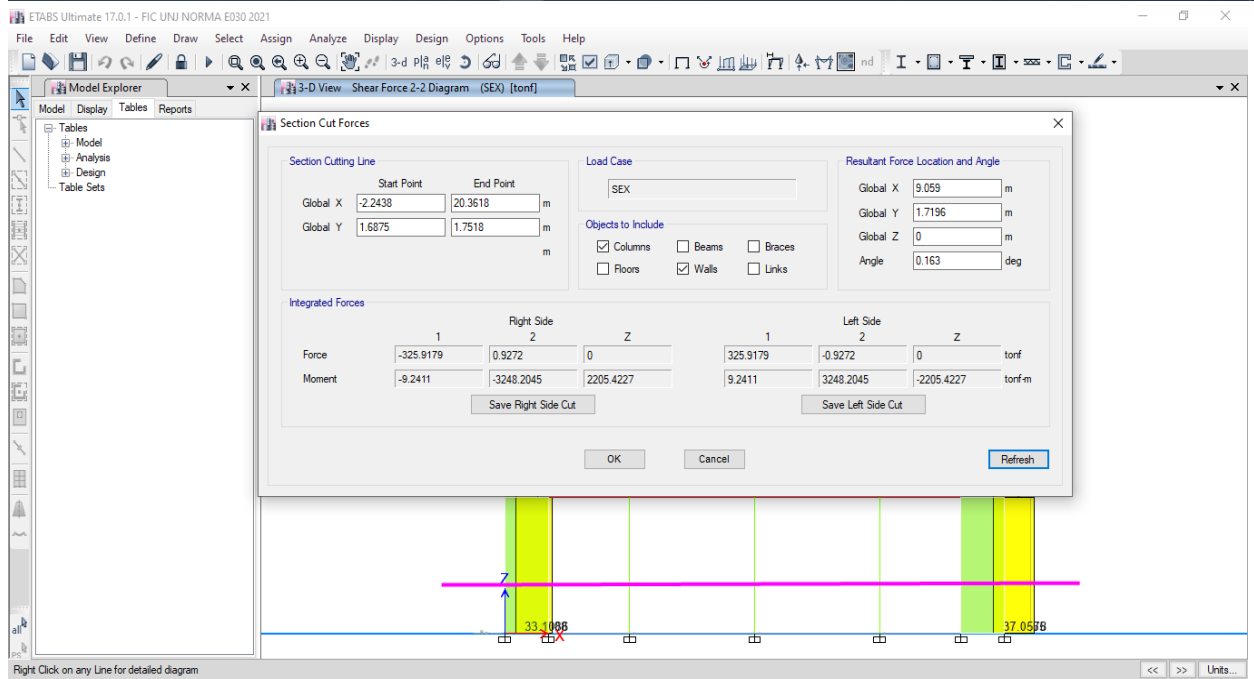
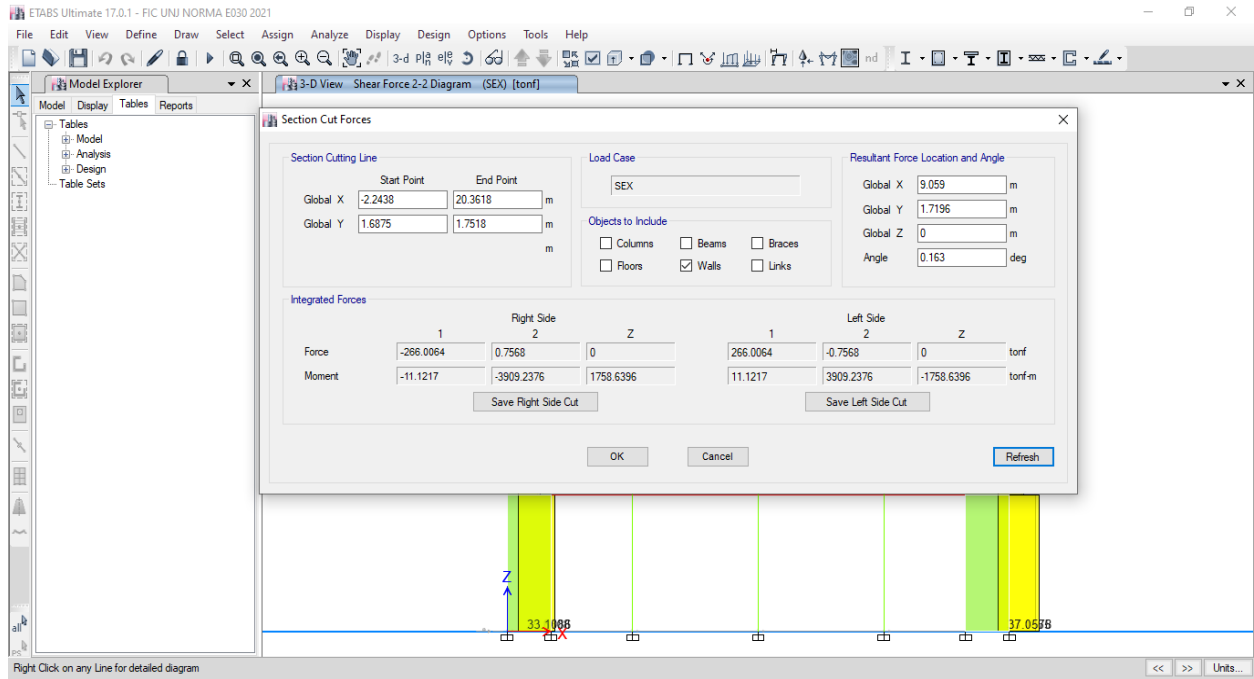
### Anexo 37

Esquema donde muestra el no paralelismo de los sistemas de una edificación



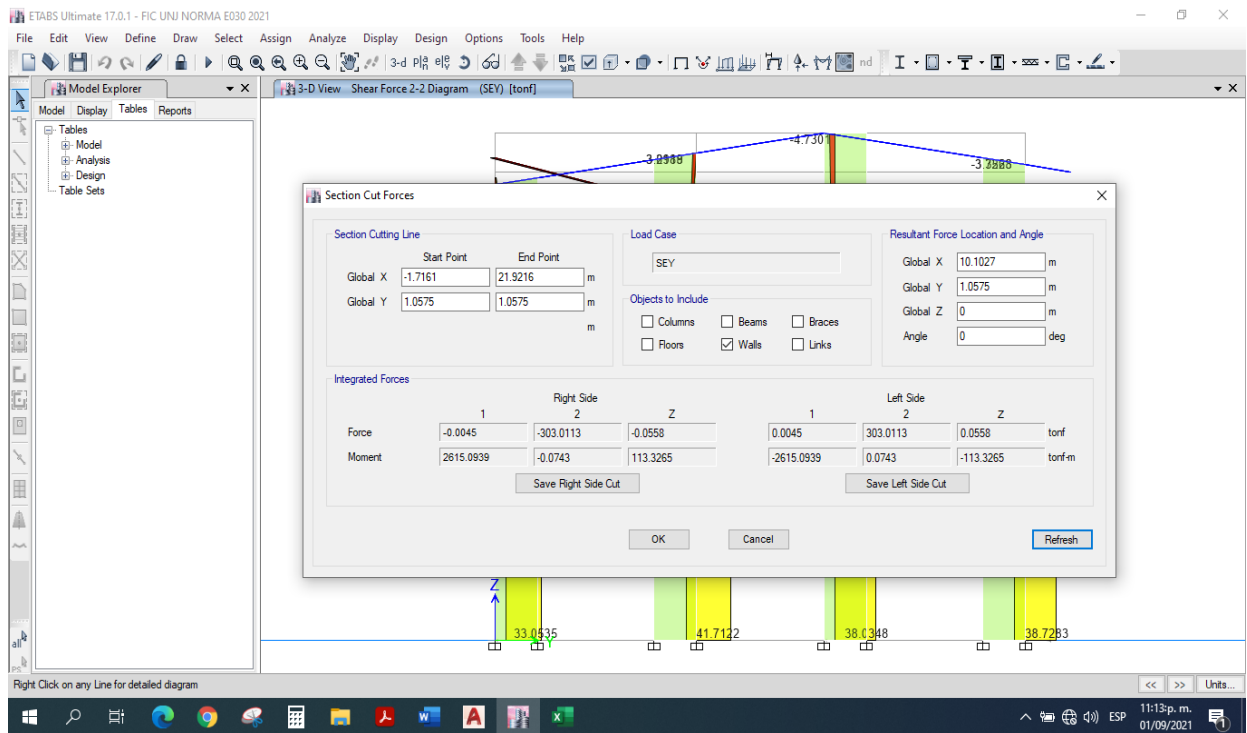
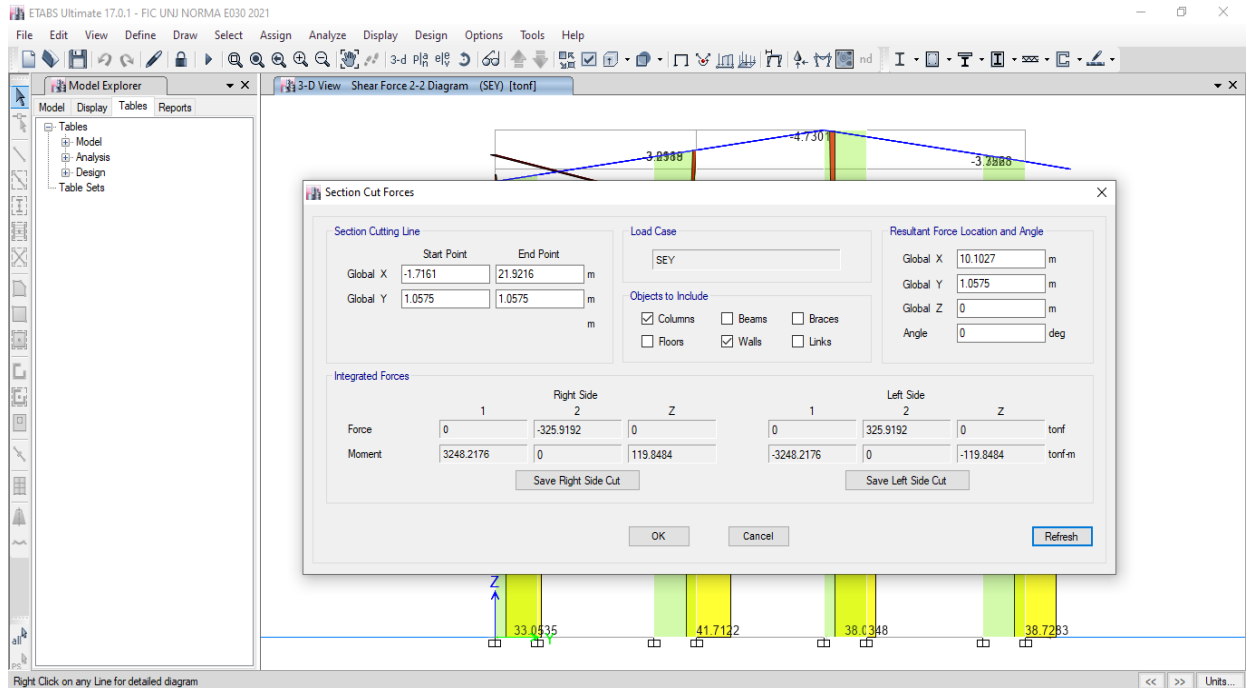
# Anexo 38

## Cortante en los Muros en la dirección X-X



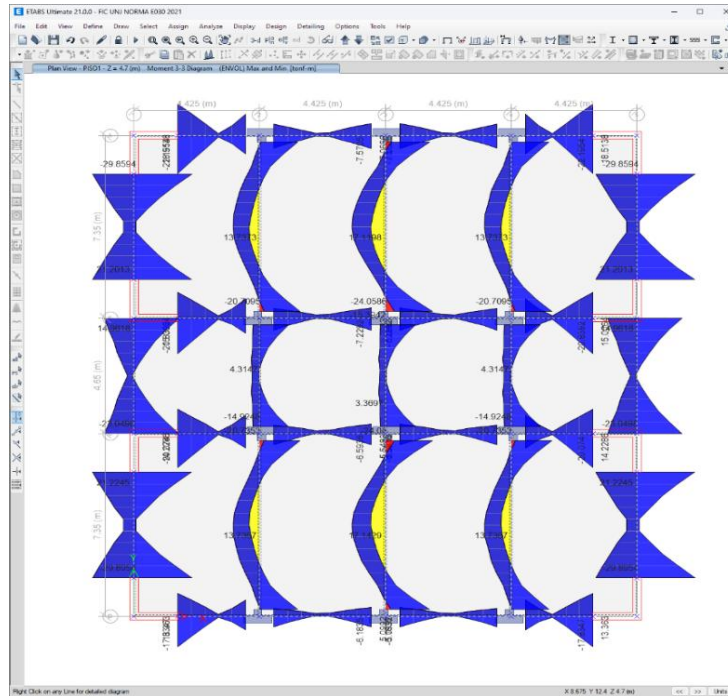
# Anexo 39

## Cortante en los Muros en la dirección Y-Y



## Anexo 40

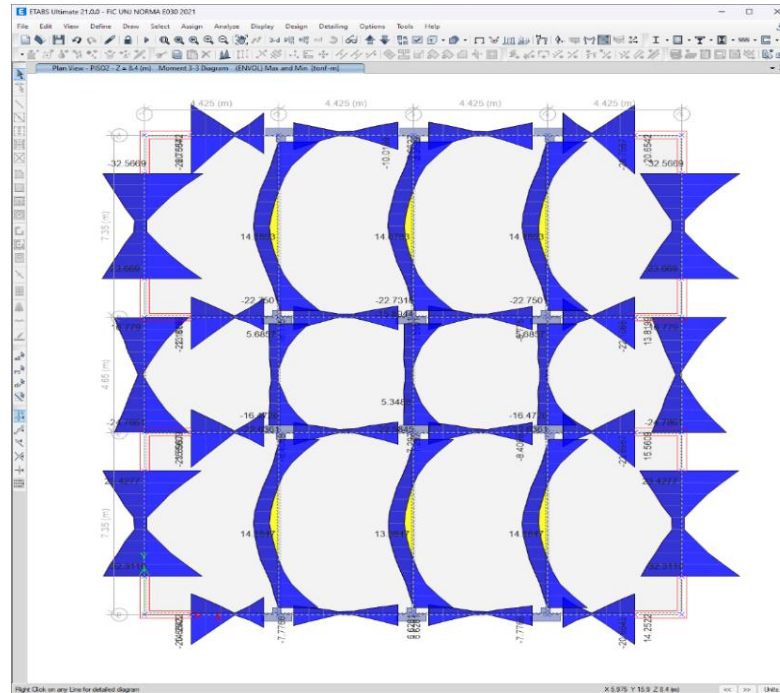
### Diagrama general de envolvente de momentos flectores: Primer Nivel



*Nota.* La figura muestra la envolvente de momentos del piso 1 según el programa ETABS.

## Anexo 41

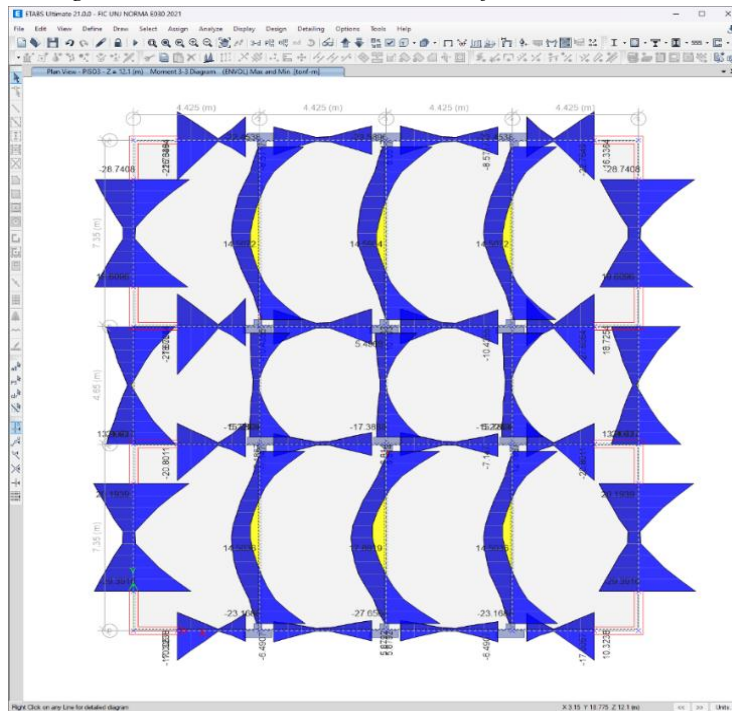
### Diagrama de envolvente de momentos flectores: Segundo Nivel



*Nota.* La figura muestra la envolvente de momentos del piso 2 según el programa ETABS

## Anexo 42

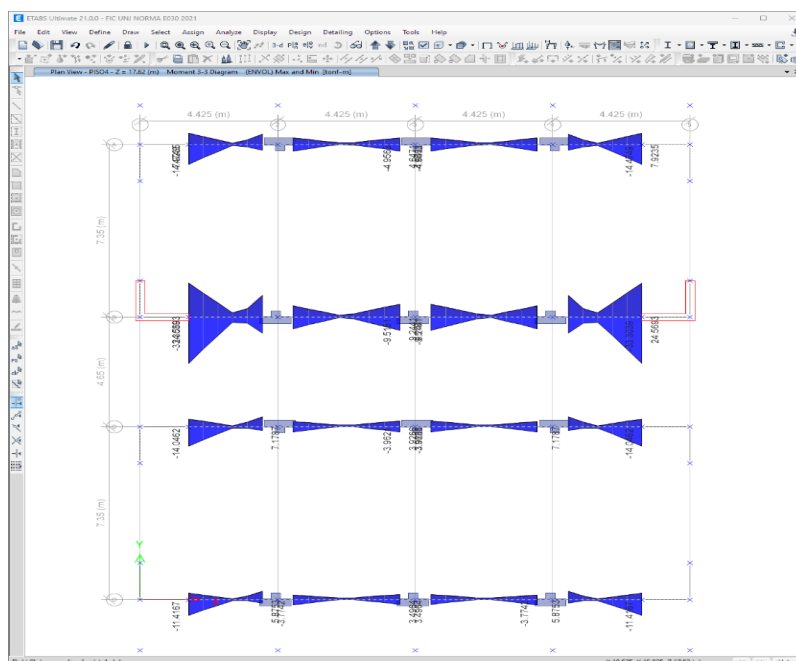
### Diagrama de envoltura de momentos flectores: Tercer Nivel



*Nota.* La figura muestra la envoltura de momentos del piso 3 según el programa ETABS.

## Anexo 43

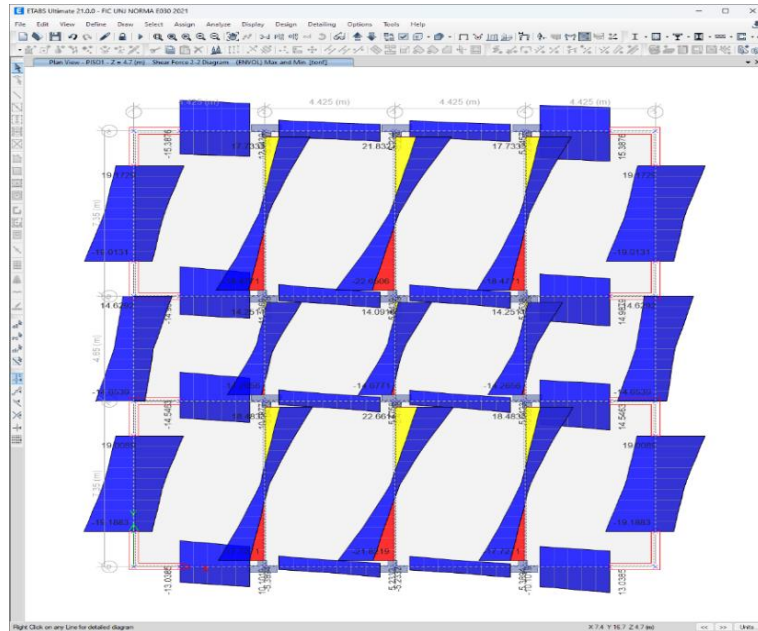
### Diagrama de envoltura de momentos flectores: Cuarto Nivel



*Nota.* La figura muestra la envoltura de momentos del piso 4 según el programa ETABS

## Anexo 44

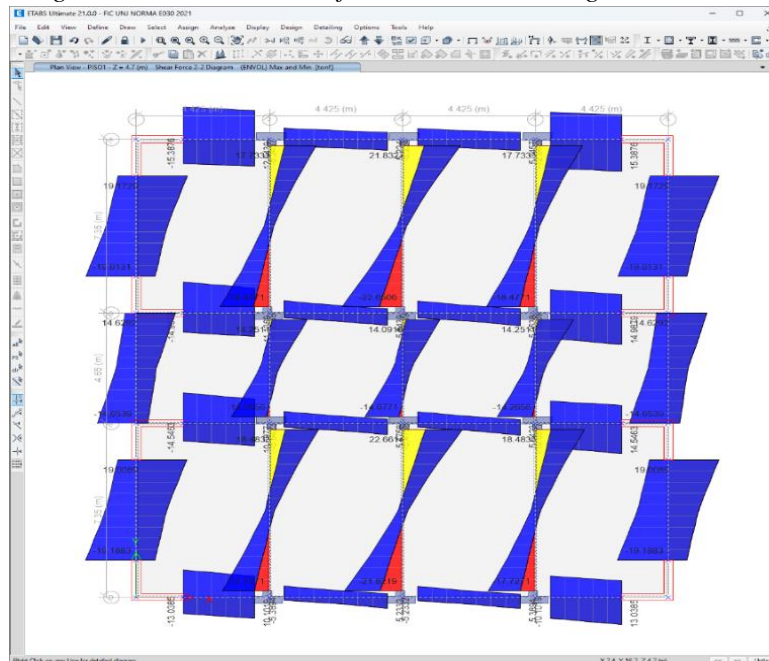
### Diagrama de envolvente de fuerzas cortantes: Primer Nivel



*Nota.* La figura muestra envolvente de fuerzas cortantes del piso 1 según el ETABS.

## Anexo 45

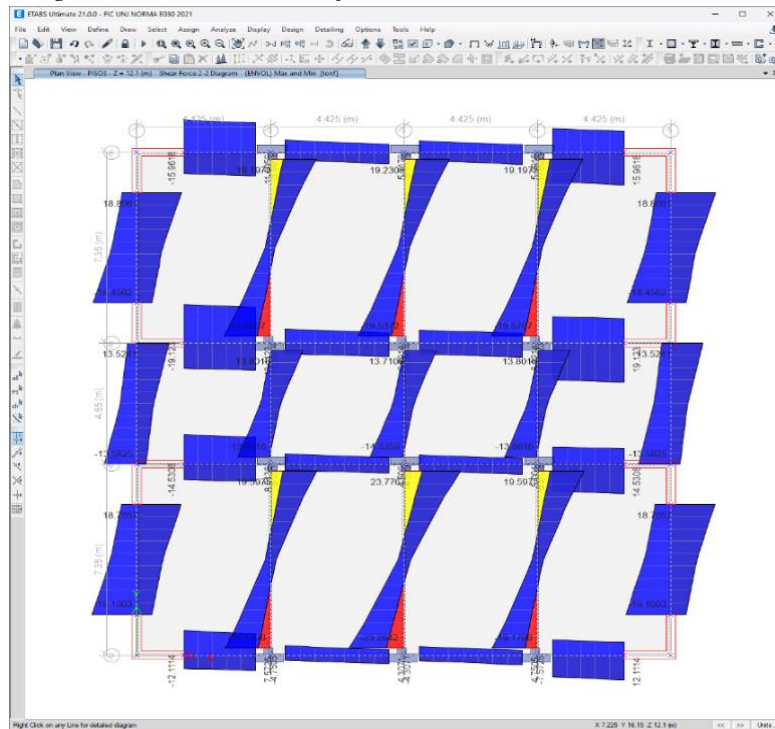
### Diagrama de envolvente de fuerzas cortantes: Segundo Nivel



*Nota.* La figura muestra envolvente de fuerzas cortantes del piso 2 según el ETABS.

## Anexo 46

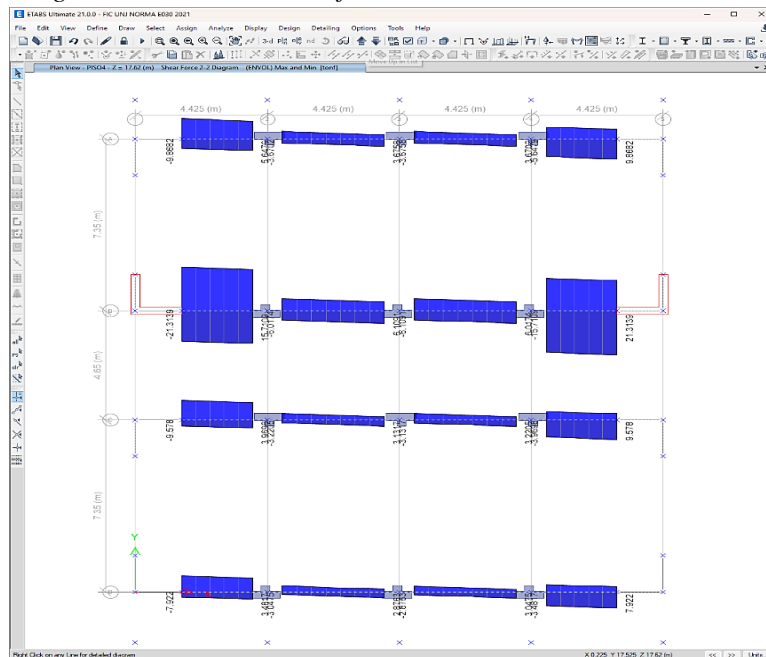
### Diagrama de envoltura de fuerzas cortantes: Tercer Nivel



*Nota.* La figura muestra envoltura de fuerzas cortantes del piso 3 según el ETABS.

## Anexo 47

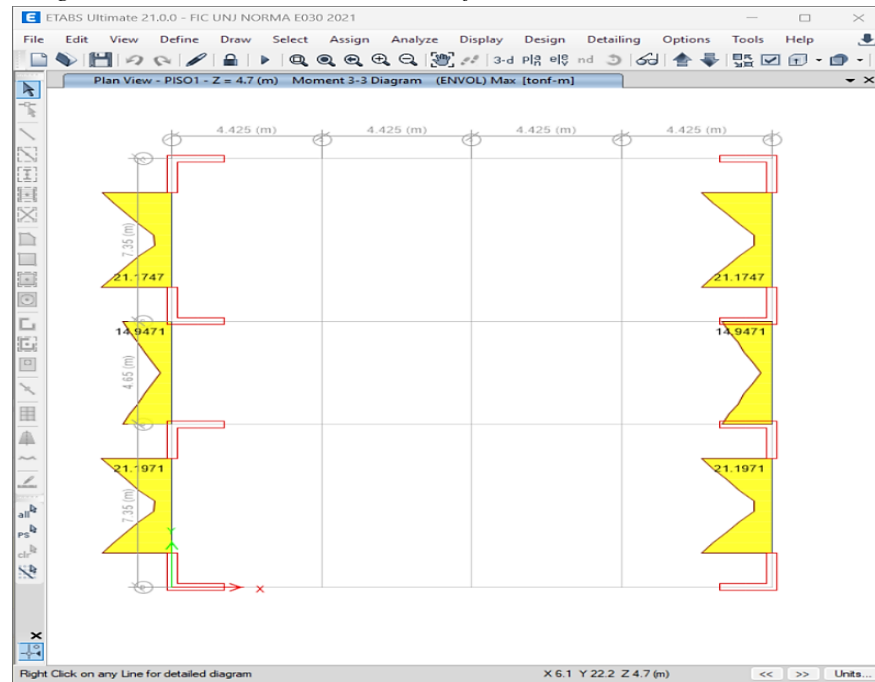
### Diagrama de envoltura de fuerzas cortantes: Cuarto Nivel



*Nota.* La figura muestra envoltura de fuerzas cortantes del piso 4 según el ETABS.

## Anexo 48

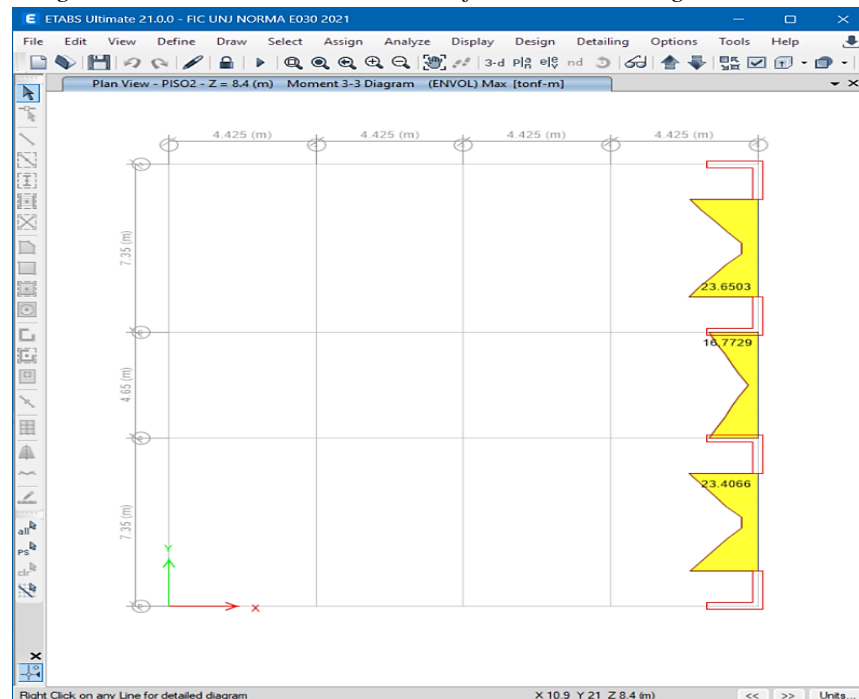
### Diagrama de envoltente del momento flector crítico: Primer Nivel



*Nota.* La figura muestra que el momento flector más crítico está en el eje 1-1 y 5-5 cuyo valor es de 21.1971 Ton-f.

## Anexo 49

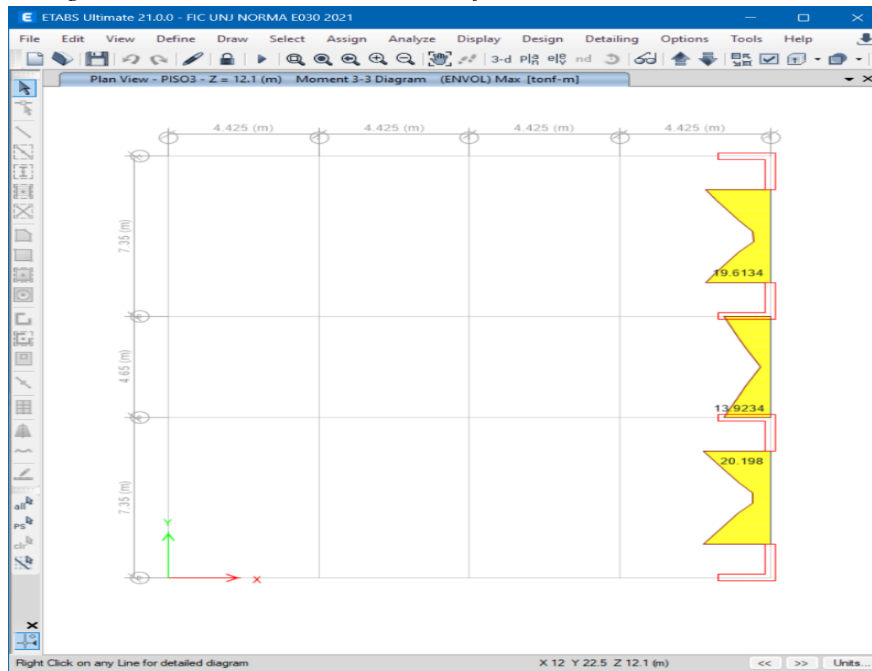
### Diagrama de envoltente del momento flector crítico: Segundo Nivel



*Nota.* La figura muestra que el momento flector más crítico está en el eje 5-5 cuyo valor es de 23.6503 Ton-f.

## Anexo 50

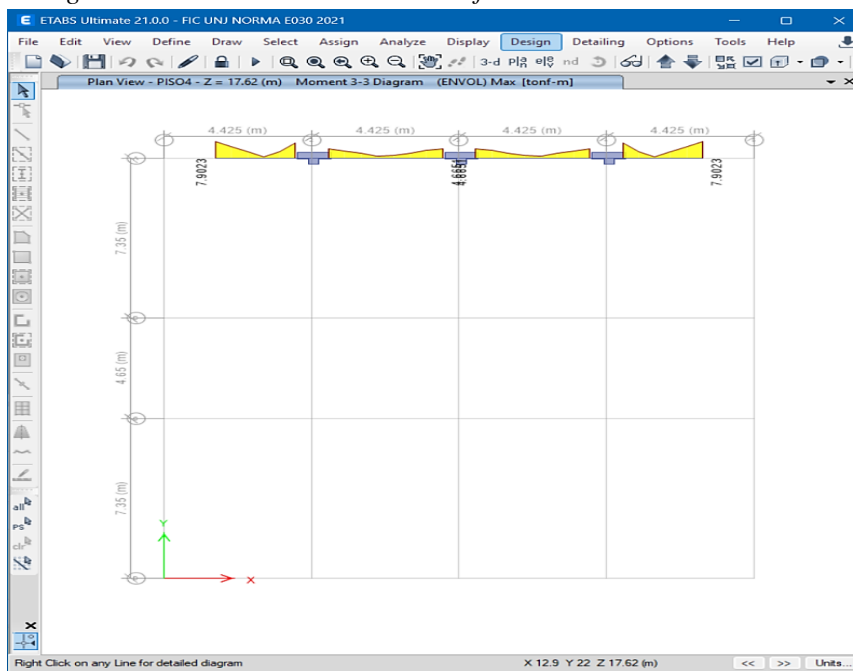
### Diagrama de envolvente del momento flector crítico: Tercer Nivel



*Nota.* La figura muestra que el momento flector más crítico está en el eje 5-5 cuyo valor es de 20.198 Ton-f.

## Anexo 51

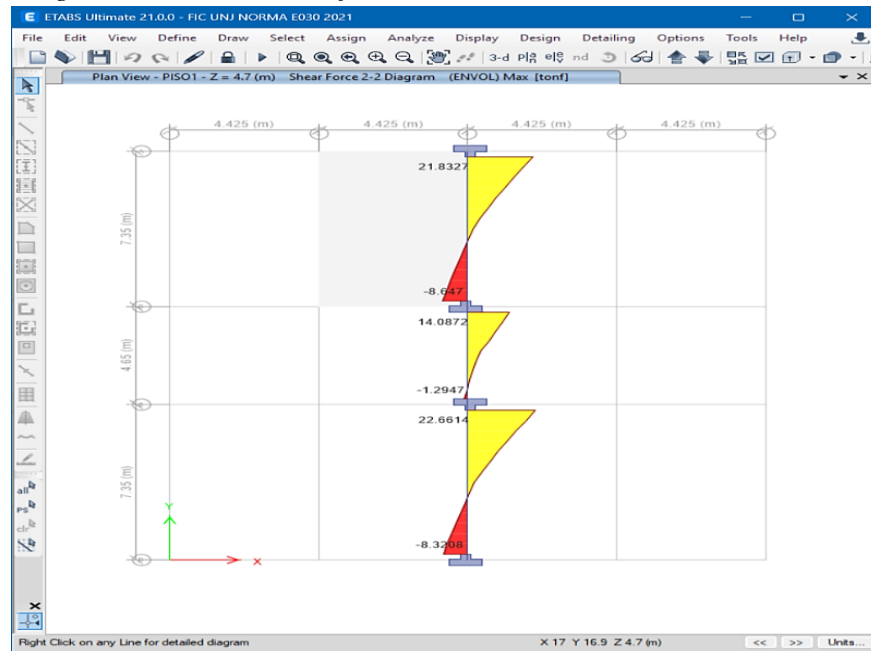
### Diagrama de envolvente del momento flector crítico: Cuarto Nivel



*Nota.* La figura muestra que el momento flector más crítico está en el eje A-A cuyo valor es de 7.9023 Ton-f.

## Anexo 52

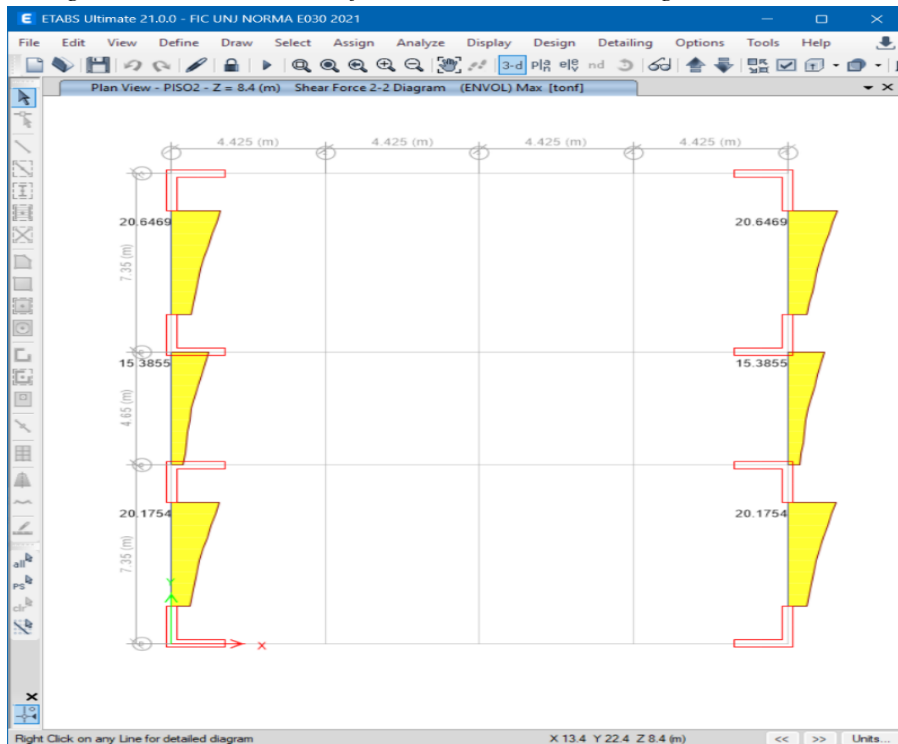
### Diagrama de envoltura de fuerza cortante crítica: Primer Nivel



*Nota.* La figura muestra que la fuerza cortante más crítico está en el eje 3-3 cuyo valor es de 22.66 Ton-f.

## Anexo 53

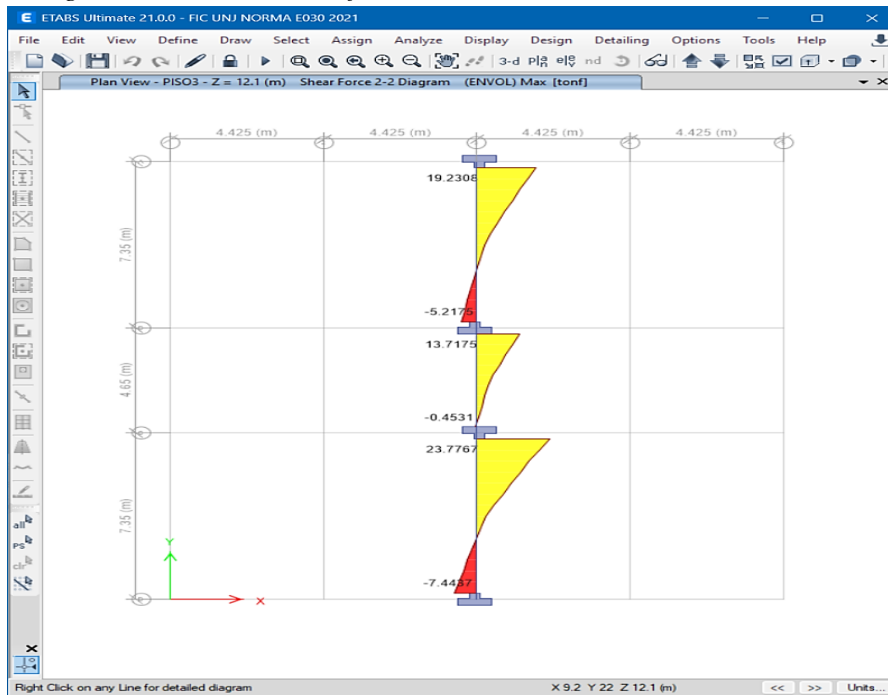
### Diagrama de envoltura de fuerza cortante crítica: Segundo Nivel



*Nota.* La figura muestra que la fuerza cortante más crítico está en el eje 1-1 y 5-5 cuyo valor es de 20.1754 Ton-f.

## Anexo 54

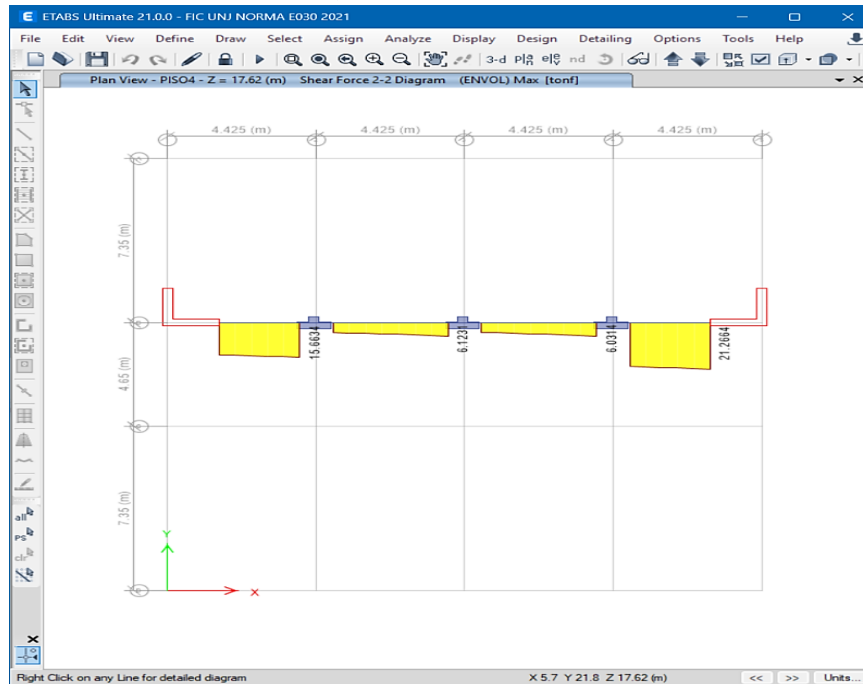
### Diagrama de envoltente de fuerza cortante crítica: Tercer Nivel



*Nota.* La figura muestra que la fuerza cortante más crítico está en el eje 3-3 cuyo valor es de 23.7767 Ton-f.

## Anexo 55

### Diagrama de envoltente de fuerza cortante crítica: Cuarto Nivel



*Nota.* La figura muestra que la fuerza cortante más crítico está en el eje B-B cuyo valor es de 15.6634 Ton-f.

**Anexos 02 - Planos**

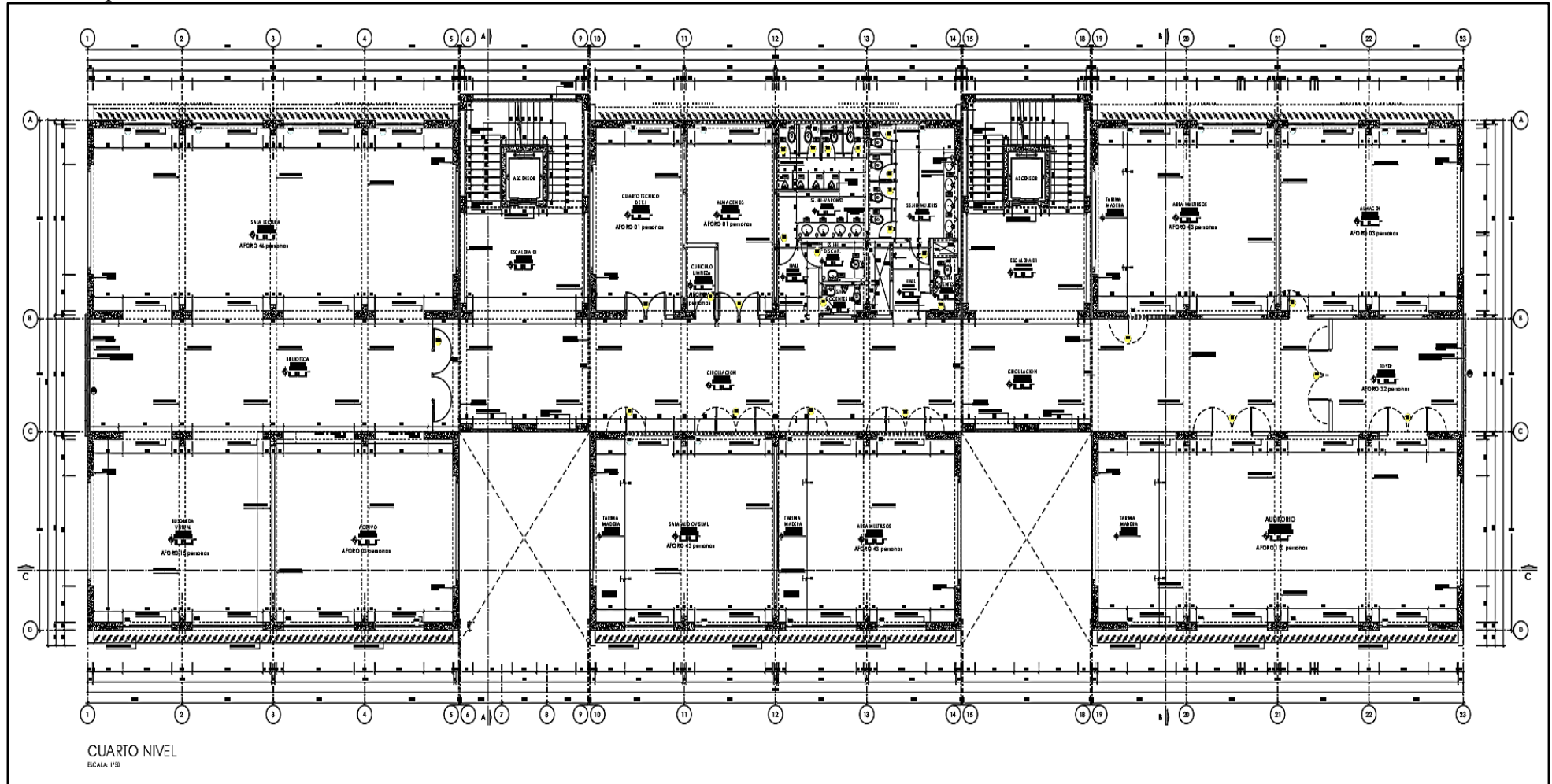






Anexo 59

Planta arquitectura del cuarto nivel



*Nota: La figura muestra la distribución arquitectónica del cuarto nivel del módulo de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.*

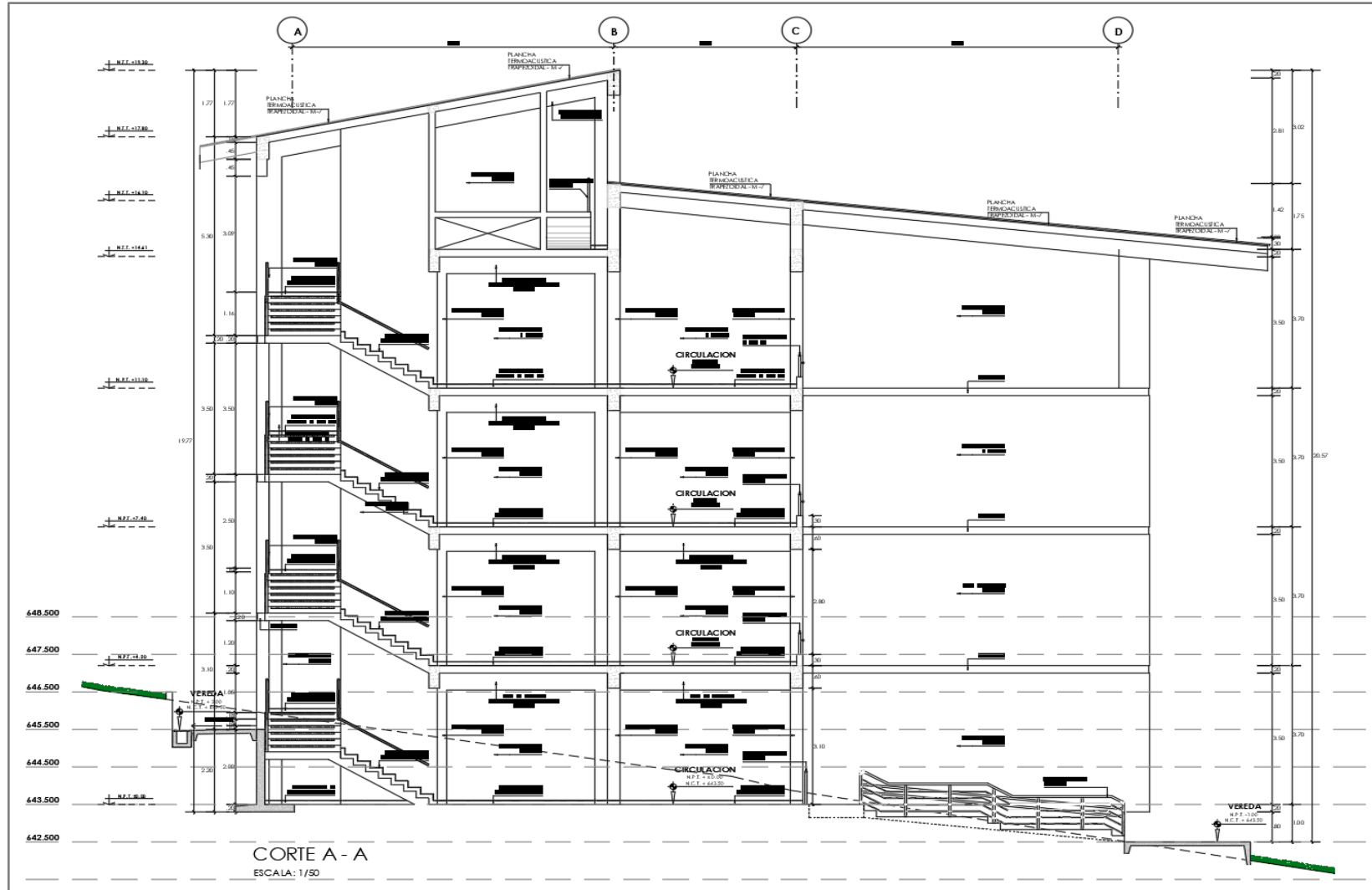
Anexo 60

*Elevaciones Frontal y Posterior*



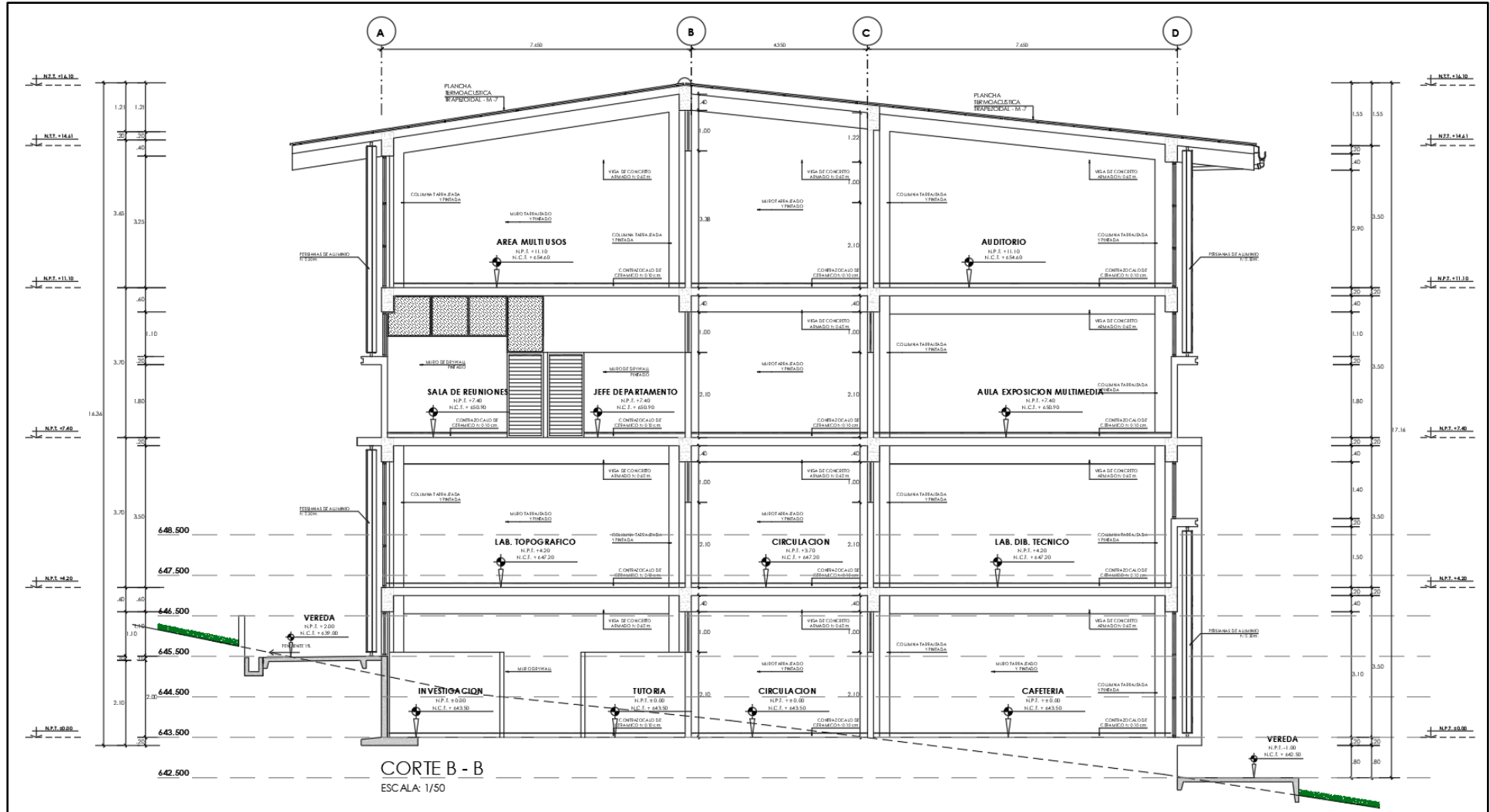
# Anexo 61

## Corte A-A



Anexo 62

Corte B-B



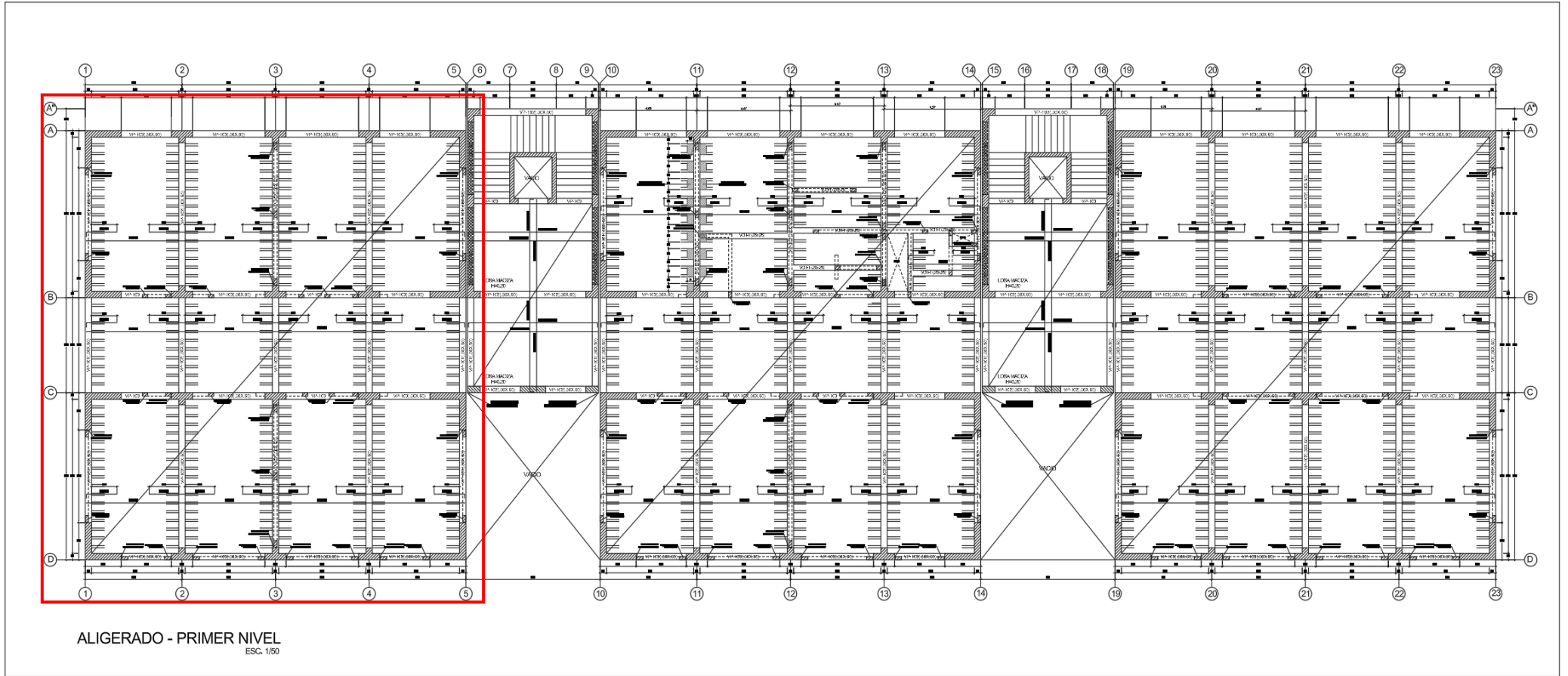
Anexo 63

Planta de Cimentación del Módulo en Estudio.



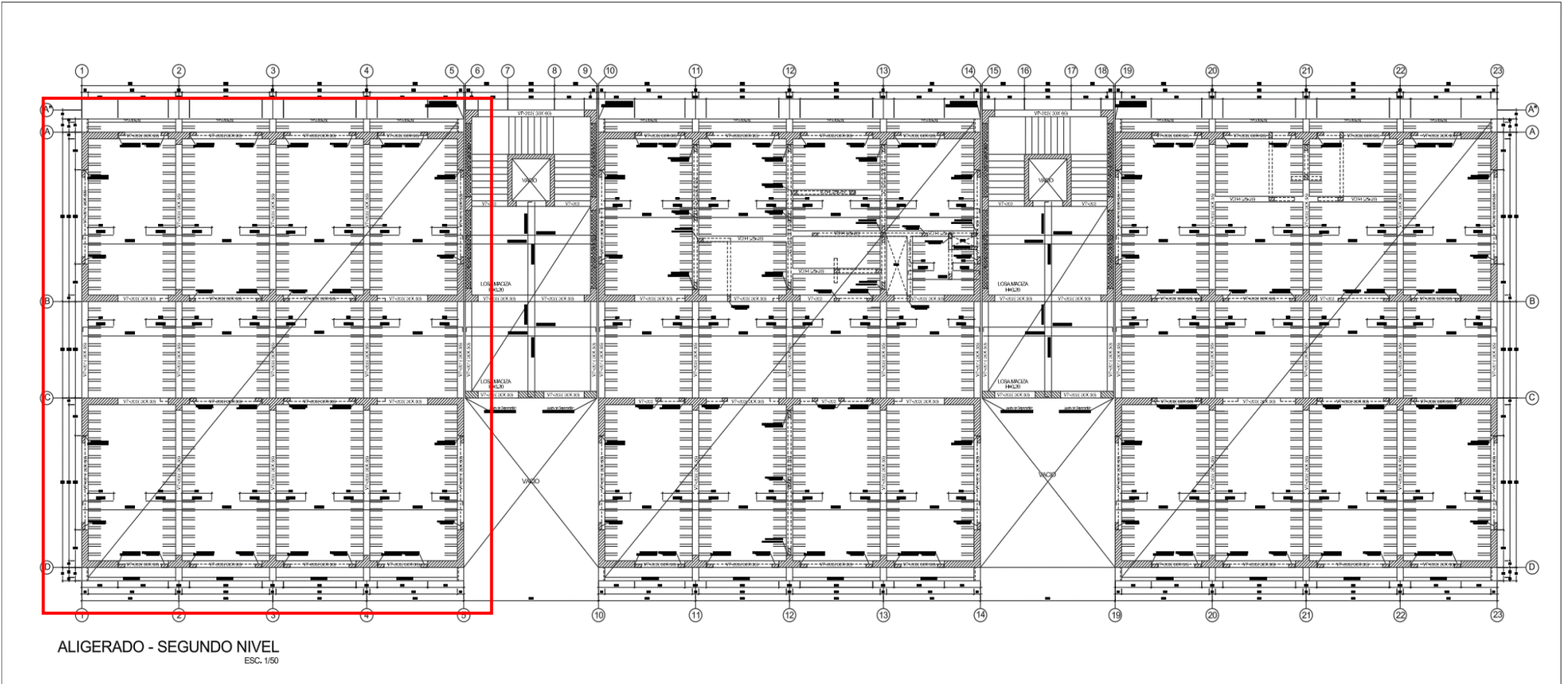
Anexo 64

Planta Aligerado - Primer Nivel del Módulo en Estudio.



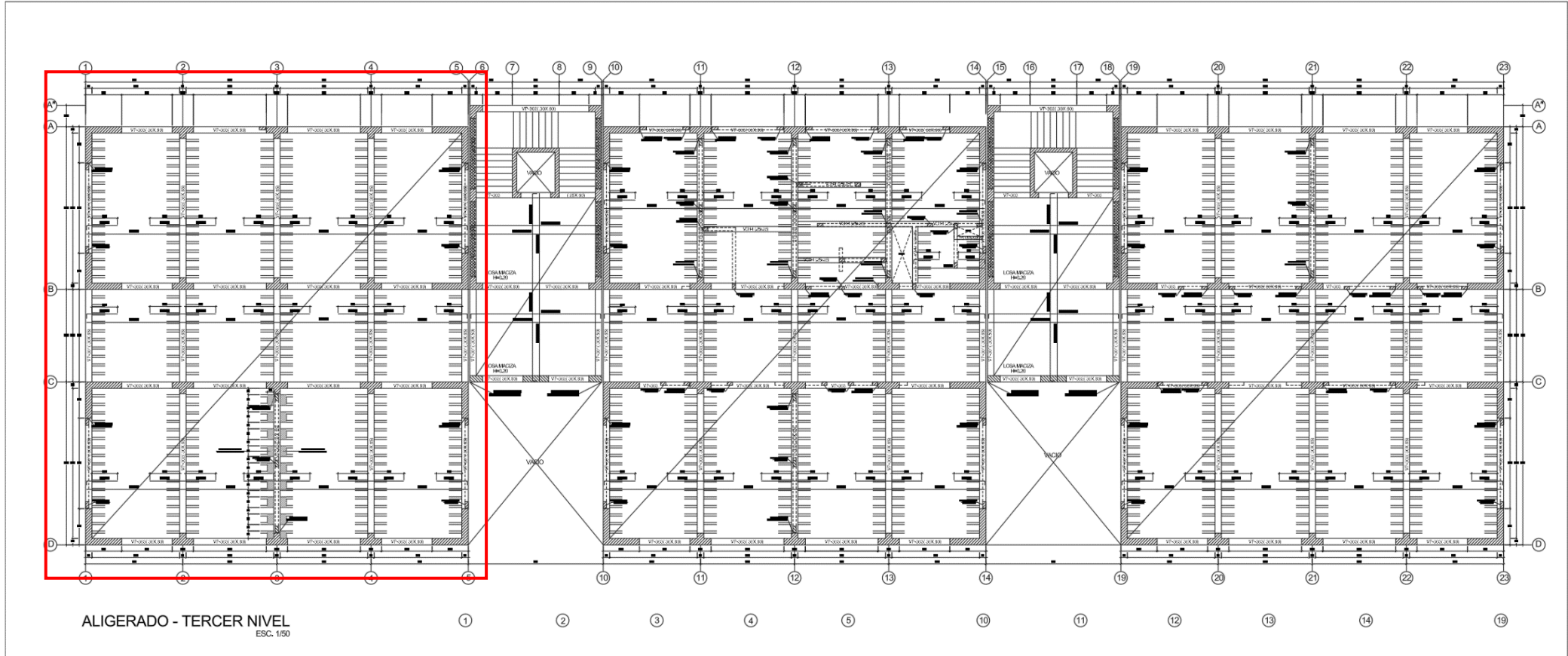
Anexo 65

Planta Aligerado - Segundo Nivel del Módulo en Estudio.



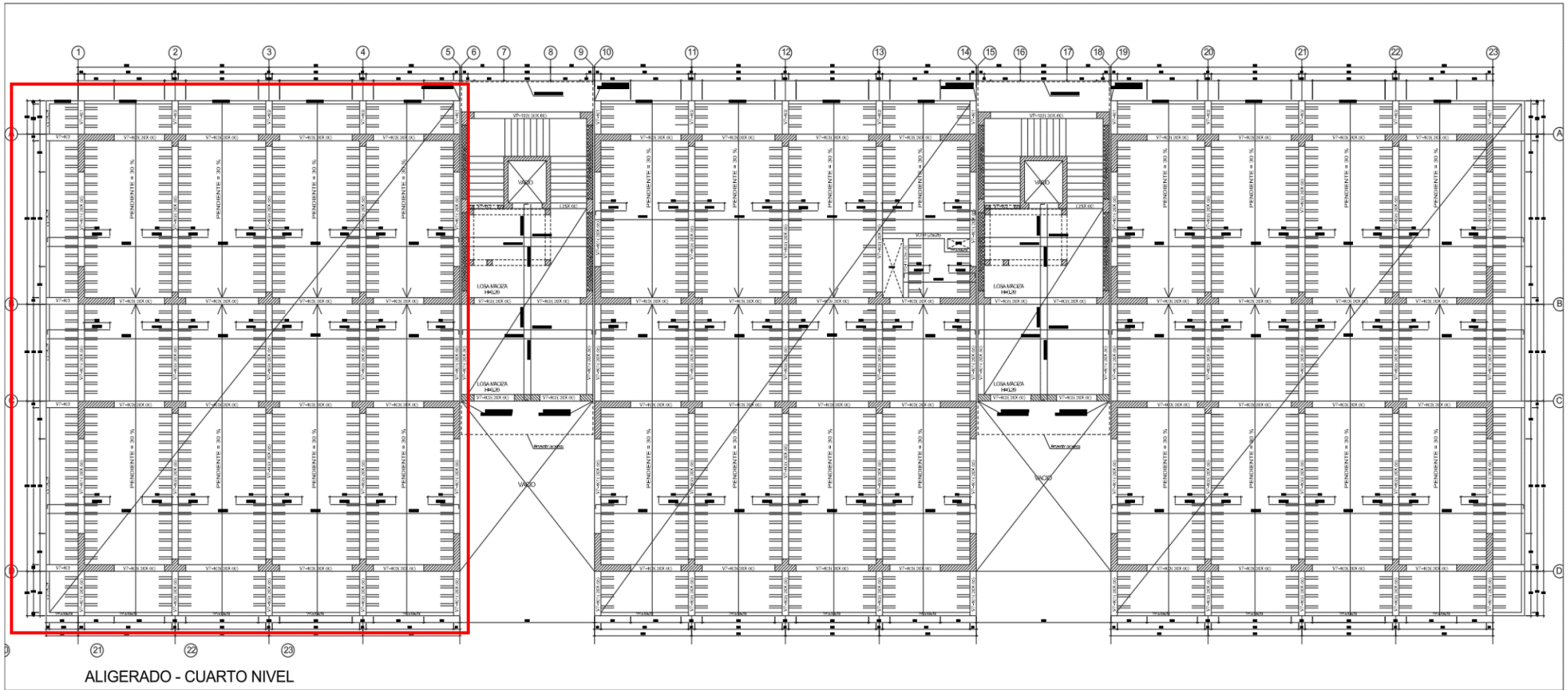
Anexo 66

Planta Aligerado - Tercer Nivel del Módulo en Estudio.



Anexo 67

Planta Aligerado – Cuarto Nivel del Módulo en Estudio.

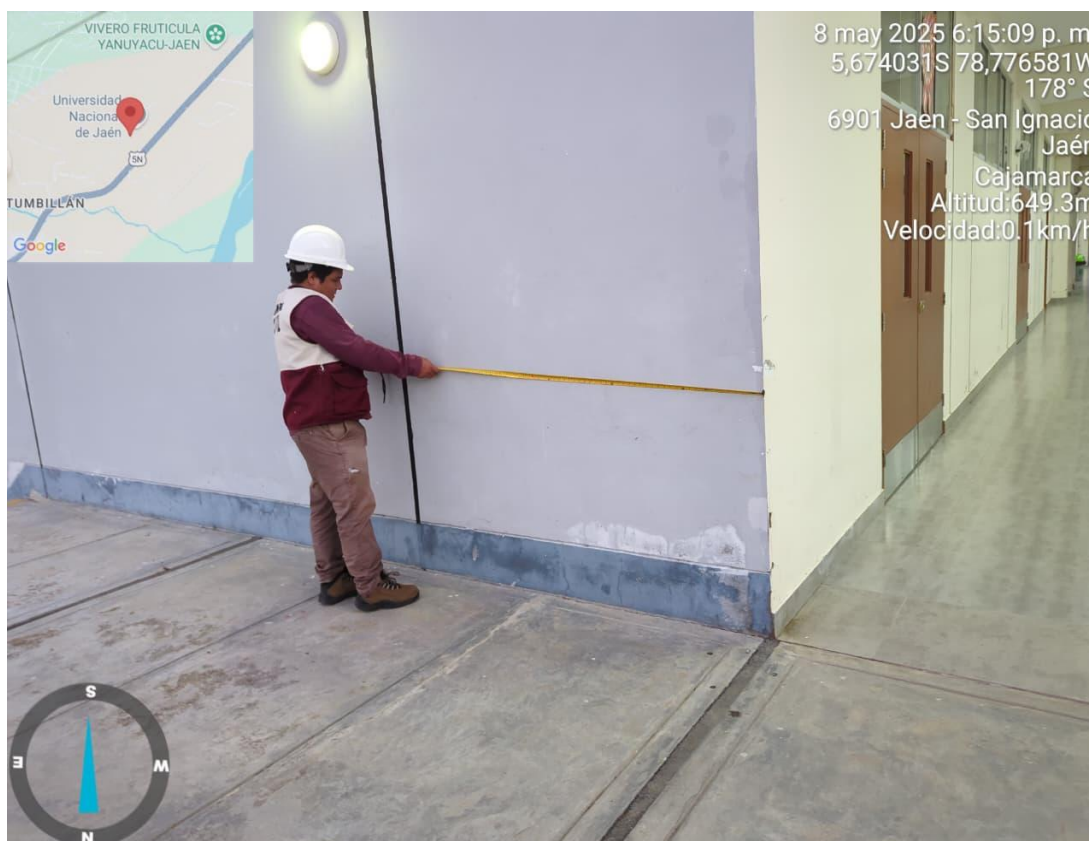


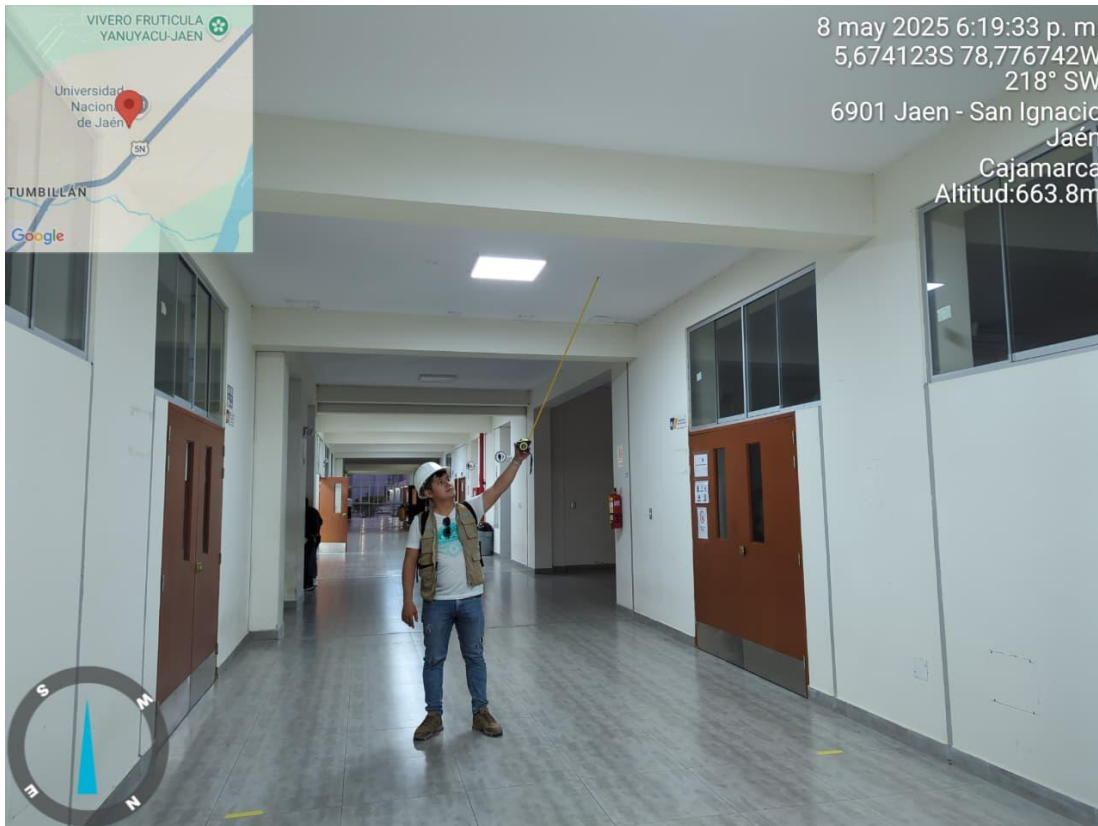
**Anexos 03 – Evidencias Fotografías**

Anexo 68

Toma de Medidas interiores de Columnas y Placas en el Módulo 1 de la Facultad de Ingeniería Civil



**Anexo 69***Toma de Medidas exteriores de Columnas y Placas en el Módulo 1 de la Facultad de Ingeniería Civil*

**Anexo 70***Verificación de Vigas interiores y toma de medidas de los espacios de circulación en el Módulo 1 de la Facultad de Ingeniería Civil*

## Anexo 71

*Solicitud del expediente técnico para el desarrollo el presente proyecto de investigación*



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**UNIDAD EJECUTORA DE INVERSIONES**  
**"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN**  
**DE LA ECONOMÍA PERUANA"**



Jaén, 21 de marzo del 2025

**CARTA N°060-2025-UNI/UEI/PAAC**

**AL :** JHONATAN TORRES TANTARICO  
 Tesista

**DE :** ING. PIERO ALEXANDER ARANDA CASANA  
 Jefe de Unidad Ejecutora de Inversiones

**ASUNTO :** ALCANZO INFORMACION SOLICITADA

**REFERENCIA:** a) CARTA N°001-2025/J.T.T

Mediante la presente me dirijo a Usted, aprovecho la oportunidad para saludarle cordialmente y así mismo en atención al documento de la referencia a), alcanzo información solicitada referente al proyecto "Mejoramiento de los servicios académicos y administrativos de la Universidad Nacional de Jaén, Distrito de Jaén, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca.

Agradeciendo la atención que brinde al presente y sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresarle mi especial consideración.

**Atentamente;**

  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
 Ing. Piero Alexander Aranda Casana  
 C.I.: 248158  
 JEFE DE LA UNIDAD EJECUTORA DE INVERSIONES



Anexo 72

Certificado de manejo del programa ETABS emitido por MASTERS LEAN CONSTRUCTION S.A.C. (MLC).



10-D-SI-S-2020



Capacitate y Edifica tu Futuro

## MASTERS LEAN CONSTRUCTION SAC

Otorga el presente certificado al:

### Jhonatan Torres Tantarico

Por haber aprobado el curso de especialización en:  
**DISEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICACIÓN DE  
 CONCRETO ARMADO CON ETABS, SAP 2000,  
 SAFE y PTC MATHCAD PRIME**

CALIFICACIÓN=17.00

El cual inicio el día 15 de Agosto del 2020 y termino el 08 de Octubre del 2020  
 con un total de 40 Horas efectivas

Trujillo 08 de Octubre del 2020



**Erik Junior Barreto Zavaleta**  
 ING. CIVIL  
 CIP 175557

---

Ing. Erik Junior Barreto Zavaleta  
 Gerente General MLC SAC



**Erik Danner Barreto Zavaleta**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 230387


---

Ing. Erik Danner Barreto Zavaleta  
 Director Academico



**CAPACITACIÓN  
 INGENIERÍA  
 CONSTRUCCIÓN**

TEMARIO:



<b>MODULO 1 ETABS Y PTC MATHCAD PRIME</b>	<b>SESION 1</b>	Fallas Estructurales, sometidas a fuerzas sísmica y cargas de gravedad. Criterios de Estructuración, predimensionamiento (columnas, placas, vigas, losas), columnas fuerte viga débil. Criterios de Modelamiento. Breve descripción de interfaz del programa Etabs, unidades de trabajo. Elección de plantilla de inicio, configuración de rejilla en Planta y elevación. Definición de materiales, secciones de elementos estructurales. Modelamiento Estructural, asignación de cargas de gravedad.	<b>MODULO 2 SAFE Y PTC MATHCAD PRIME</b>	<b>SESION 4</b>	Diseño de losas aligeradas unidireccional, corte, flexión y verificación de deflexiones. Diseño de losas aligeradas bidireccional, corte, flexión y verificación de deflexiones. Diseño de losas maciza, corte, flexión y verificación de deflexiones.
	<b>SESION 2</b>	Chequeo de irregularidades pre-corrida. Implementación de análisis Estático y Dinámico Norma E.030 - 2018. Centro de Masa y Centro de Rigidez. Periodo fundamental de la estructura, masa participativa. Justificación de sistema estructural, derivas de entre piso. Piso Blando y torsión en planta. Fuerza cortante mínima de diseño. Combinaciones de resistencia última para el diseño en Concreto armado.		<b>SESION 5</b>	Capacidad de carga en cimentaciones, cálculo de longitud de desarrollo columna zapata. Exportación de Etabs a Safe. Predimensionamiento de zapatas en AutoCAD y exportación a Safe. Verificación de presiones en la cimentación en condiciones de servicio. Modelamiento de franjas de diseño, cargas última.
	<b>SESION 3</b>	Diseño de Vigas E.060 y longitudes de desarrollo. Diseño de Columnas E.060. Diseño de Muros de corte o Placas E.060.	<b>MODULO 3 SAP 2000 Y MATHCAD PRIME</b>	<b>SESION 6</b>	Diseño por corte unidireccional, bidireccional y flexión en zapatas. Diseño de vigas de cimentación corte y flexión. Diseño de Losas aligeradas a dos aguas. Diseño de escaleras rectas corte y flexión. Diseño de escaleras rectas con descanso intermedio corte y flexión. Diseño de escaleras dos tramos corte y flexión.

Trujillo 08 de Octubre del 2020

## Anexo 73

*Certificado de manejo del programa ETABS emitido por YACHAY WASI CENTRO DE FORMACION.*

**EL CENTRO DE FORMACIÓN YACHAY WASI**  
Otorga el presente:

# CERTIFICADO

A: *Jhon Carlos Guerrero Nuñez*

Por haber participado en calidad de asistente y haber aprobado el curso taller:

## ETABS, BÁSICO

Desarrollado del 04 al 11 de enero 2020, acumulando un total de 30 horas académicas.

Jaén, enero del 2020



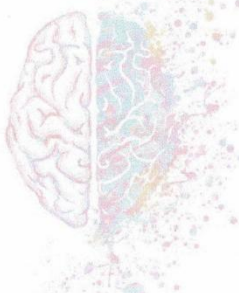
**YACHAY WASI**  
CENTRO DE FORMACIÓN




**Cecilia Elizabeth Aquino Pasapera**  
Gerente General  
CENTRO DE FORMACIÓN YACHAY WASI



**Juan Carlos Calderon Terrones**  
Docente  
INGENIERO CIVIL C.I.R N°173196





# YACHAY WASI

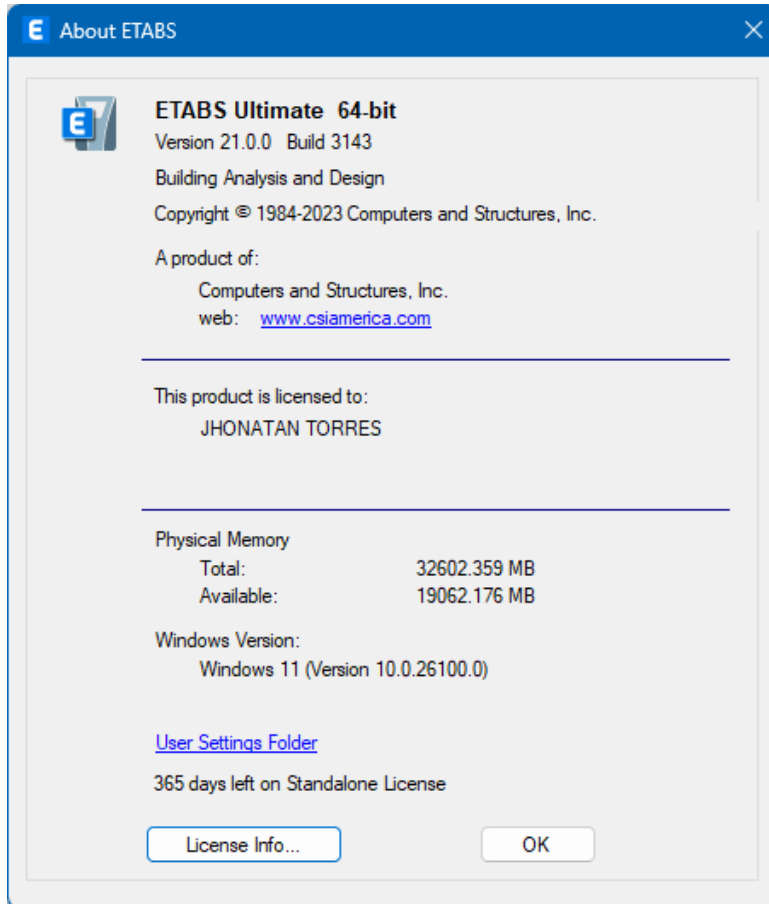
CURSOS • TALLERES • SEMINARIOS

CENTRO DE FORMACION "YACHAY WASI SAC."
RUC: 20 22501818
<b>FECHA DE CERTIFICACION</b>
11 ..... 01 ..... 2020
<b>N° DE CERTIFICADO</b>
018 - 2020 / ETABS - B
<b>CALIFICACION</b>
15

## Anexo 74

*Certificado de manejo del programa SAP 2000 emitido por YACHAY WASI CENTRO DE FORMACION.*



**Anexo 75***Licencia del software ETABS Versión 21.0.0*

### **Anexos 03 – Validación del modelo**

### Anexo 76

#### Definición del Sistema de Grillas en el Programa SAP 2000

**Grid System Name:** 31

**System Origin:**  
 Global X: 0 cm  
 Global Y: 0 cm  
 Rotation: 0 deg

**Story Range Option:**  
 Default - All Stories  
 User Specified  
 Top Story: PISO4  
 Bottom Story:   
 Base:   
 Visible

**Click to Modify/Show:**  
 Reference Points...  
 Reference Planes...  
 Visible

**Options:**  
 Bubble Size: 50 cm  
 Grid Color:

**Rectangular Grids:**  
 Display Grid Data as Ordinates  
 Display Grid Data as Spacing

**X Grid Data:**

Grid ID	X Ordinate (cm)	Visible	Bubble Loc
1	0	Yes	End
2	442.5	Yes	End
3	885	Yes	End
4	1327.5	Yes	End
5	1770	Yes	End

**Y Grid Data:**

Grid ID	Y Ordinate (cm)	Visible	Bubble Loc
D	0	Yes	Start
C	735	Yes	Start
B	1200	Yes	Start
A	1935	Yes	Start

**General Grids:**

Grid ID	X1 (cm)	Y1 (cm)	X2 (cm)	Y2 (cm)	Visible	Bubble Loc

Buttons: OK, Cancel

### Anexo 77

#### Definición de los niveles del módulo en estudio en el Programa SAP 2000.

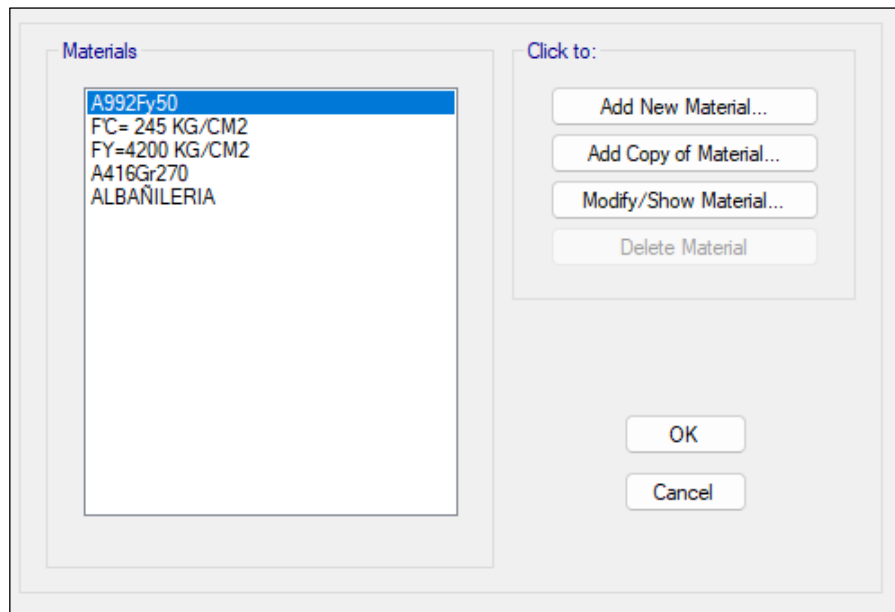
Story	Height cm	Elevation cm	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height cm	Story Color
PISO4	552	1762	No	PISO1	No	0	<span style="background-color: #ff00ff; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></span>
PISO3	370	1210	No	PISO1	No	0	<span style="background-color: #0000ff; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></span>
PISO2	370	840	No	PISO1	No	0	<span style="background-color: #800080; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></span>
PISO1	470	470	Yes	None	No	0	<span style="background-color: #008000; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></span>
Base		0					

Note: Right Click on Grid for Options

Buttons: Refresh View, OK, Cancel

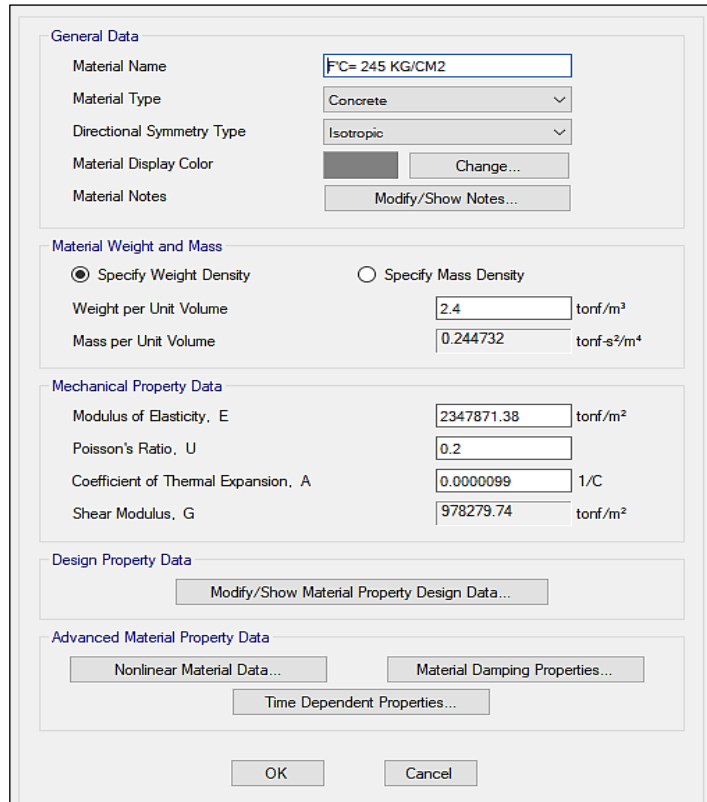
## Anexo 78

### Definición de los Materiales en el Programa SAP 2000



## Anexo 79

### Propiedades del concreto en el software SAP 2000



## Anexo 80

### Propiedades del acero en el software SAP 2000

The screenshot shows the 'Material Properties' dialog box in SAP 2000, configured for steel. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name is 'FY=4200 KG/CM2', Material Type is 'Rebar', Directional Symmetry Type is 'Uniaxial', and Material Display Color is a blue square. Buttons for 'Change...' and 'Modify/Show Notes...' are present.
- Material Weight and Mass:** 'Specify Weight Density' is selected. Weight per Unit Volume is 7.85 tonf/m<sup>3</sup>, and Mass per Unit Volume is 0.800477 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E is 21000000 tonf/m<sup>2</sup>, and Coefficient of Thermal Expansion, A is 0.0000117 1/C.
- Design Property Data:** A button for 'Modify/Show Material Property Design Data...' is available.
- Advanced Material Property Data:** Buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...' are shown.

At the bottom, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

## Anexo 81

### Definición de las Secciones de los Elementos Estructurales Vigas y Columnas en el Programa SAP 2000

The screenshot shows the 'Section Definition' dialog box in SAP 2000. It is used to manage structural sections for beams and columns. The dialog includes:

- Filter Properties List:** A dropdown menu for 'Type' (set to 'All') and a 'Filter' text box with a 'Clear' button.
- Properties:** A list box titled 'Find This Property' containing the following sections: CT(100X55X30), CT(100X55X30) (highlighted), VA(15X25), VP(30X65), and VS(30X60).
- Click to:** A vertical column of buttons for actions: 'Import New Properties...', 'Add New Property...', 'Add Copy of Property...', 'Modify/Show Property...', 'Delete Property', 'Delete Multiple Properties...', 'Convert to SD Section', 'Copy to SD Section', and 'Export to XML File...'.

'OK' and 'Cancel' buttons are located at the bottom of the dialog.

## Anexo 82

### Especificaciones de la columna C-01 con SAP 2000

General Data

Property Name: CT(100X55X30)

Base Material: FC= 245 KG/CM2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Design Type

No Check/Design       General Steel Section

Concrete Column       Composite Column

Concrete Column Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

Define/Edit/Show Section

Section Designer...

Section Properties: Properties...

Property Modifiers: Set Modifiers...

OK      Cancel

## Anexo 83

### Especificaciones de la placa PL-01 con SAP 2000

General Data

Property Name: PLACA 30CM

Property Type: Specified

Wall Material: FC= 245 KG/CM2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color:  Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.3 m

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK      Cancel

## Anexo 84

### Especificaciones de la viga V-P con SAP 2000

General Data

Property Name:

Material:  ...

Notional Size Data:

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape:

Section Property Source

Source: User Defined

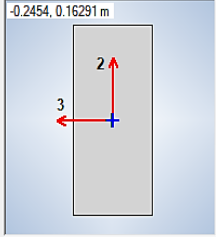
Section Dimensions

Depth:  m

Width:  m

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

-0.2454, 0.16291 m



Property Modifiers

Currently Default

Reinforcement

## Anexo 85

### Especificaciones de la viga V-S con SAP 2000

General Data

Property Name:

Material:  ...

Notional Size Data:

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape:

Section Property Source

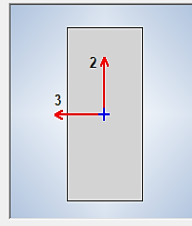
Source: User Defined

Section Dimensions

Depth:  m

Width:  m

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column



Property Modifiers

Currently Default

Reinforcement

**Anexo 86***Especificaciones de losa aligerada en el software SAP 2000*

The image shows a dialog box for defining a property in SAP 2000. It is divided into two main sections: "General Data" and "Property Data".

**General Data**

- Property Name: ALIGERADO 25CM
- Slab Material: F'C= 245 KG/CM2 (with a dropdown arrow and an ellipsis button)
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Modeling Type: Membrane (with a dropdown arrow)
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: Change...
- Property Notes: Modify/Show...
- Use Special One-Way Load Distribution

**Property Data**

- Type: Slab (with a dropdown arrow)
- Thickness: 0.0001 m

At the bottom of the dialog box are two buttons: "OK" and "Cancel".

## Anexo 87

### *Definición de los Modos de Vibración con SAP 2000.*

General

Load Case Name: Modal [Design...]

Load Case Type/Subtype: Modal Eigen [Notes...]

Mass Source: PESO SISMICO

Analysis Model: Default

P-Delta/Nonlinear Stiffness

Use Preset P-Delta Settings: None [Modify/Show...]

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case: [ ]

Loads Applied

Advanced Load Data Does NOT Exist  Advanced

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 12

Minimum Number of Modes: 1

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

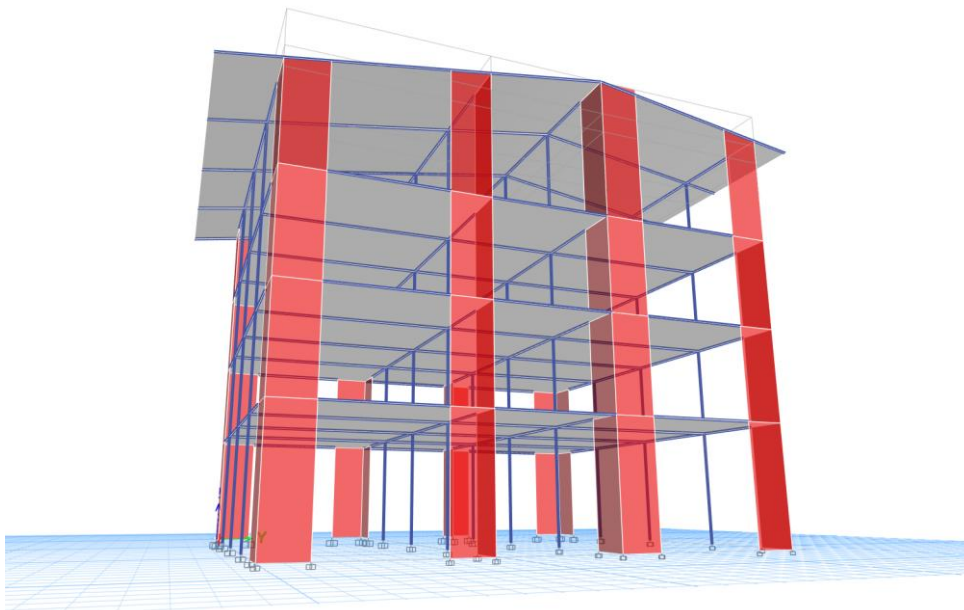
Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

OK Cancel

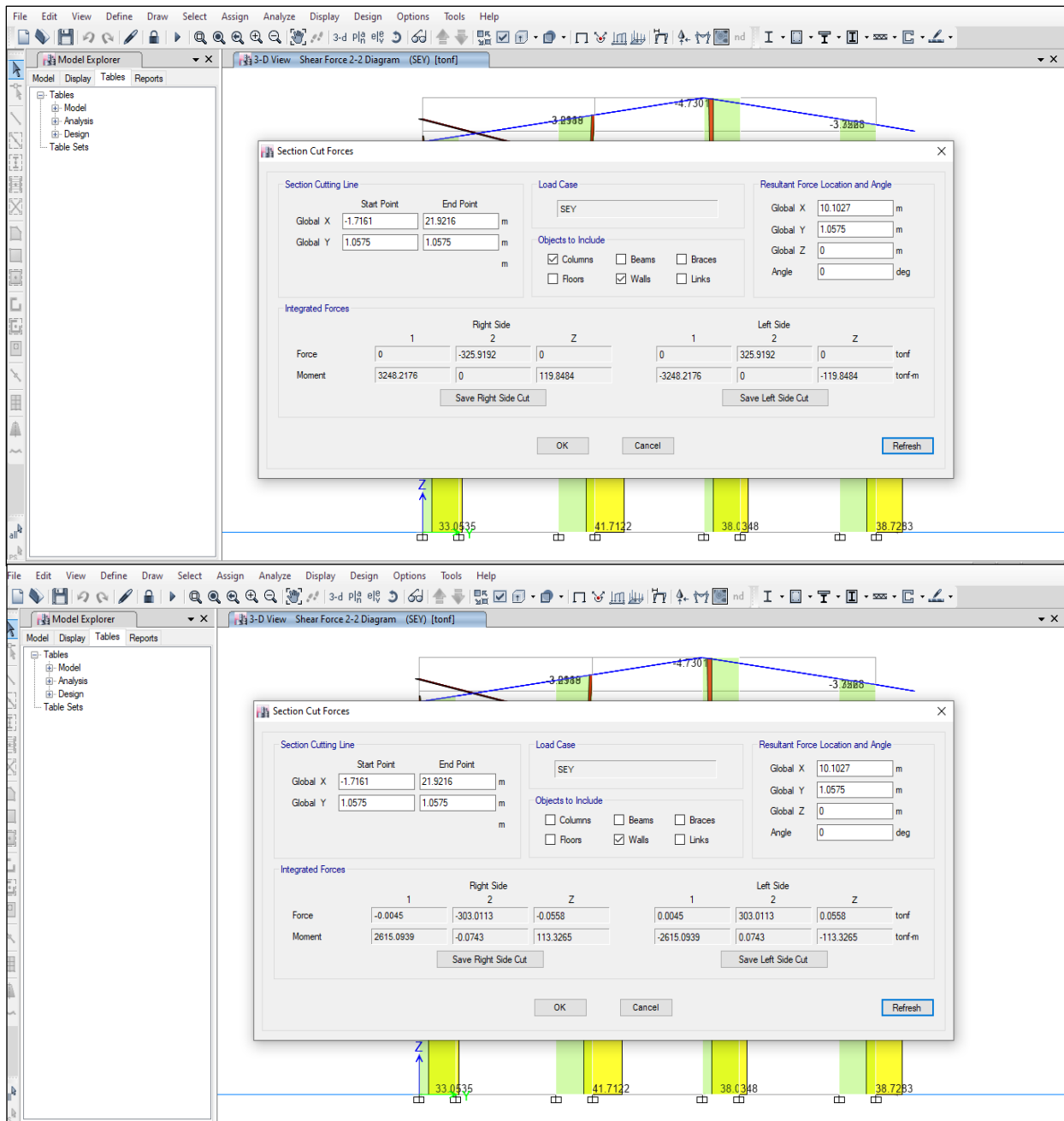
## Anexo 88

### *Modelo estructural del módulo en altura con SAP 2000*



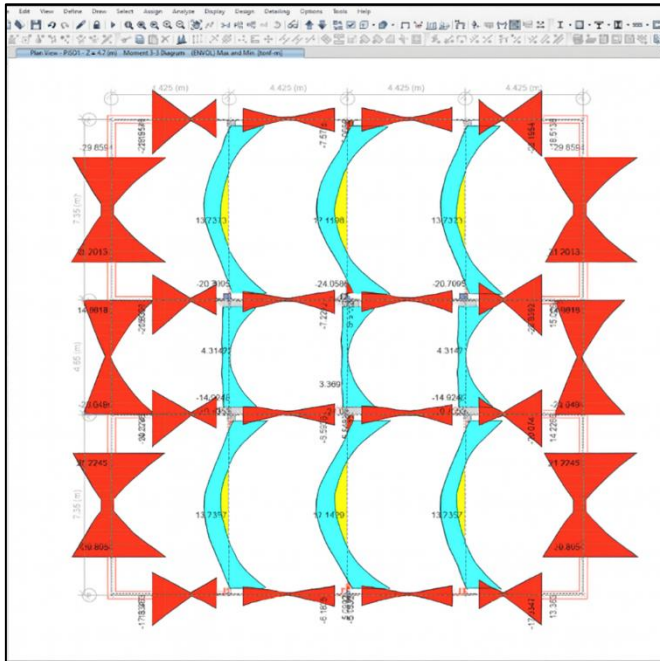
# Anexo 89

## Cortante en los Muros en la dirección Y-Y con SAP 2000



## Anexo 90

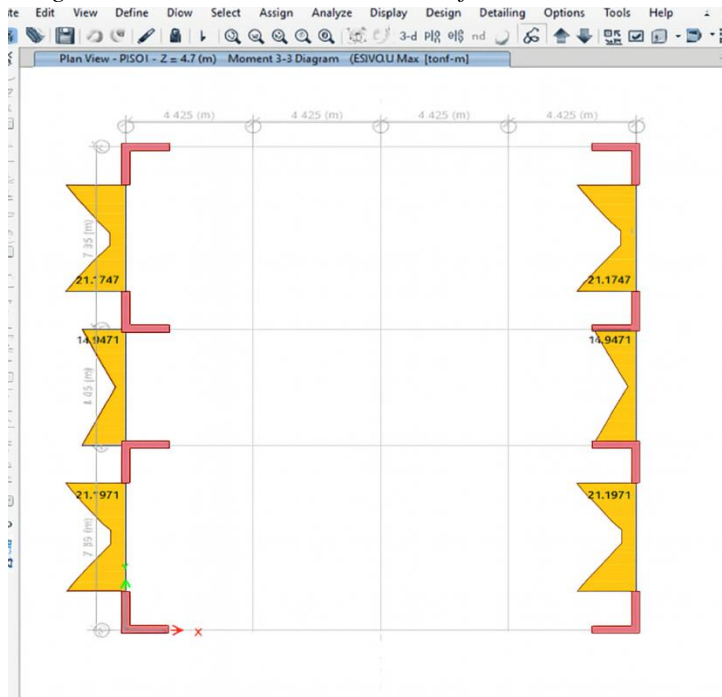
### Diagrama general de envolvente de momentos flectores: Primer Nivel



*Nota.* La figura muestra la envolvente de momentos del piso 1 según el programa SAP 2000.

## Anexo 91

### Diagrama de envolvente del momento flector crítico: Primer Nivel



*Nota.* La figura muestra que el momento flector más crítico está en el eje 1-1 y 5-5 cuyo valor es de 21.1971 Ton-f.