

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Diseño estructural de una edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco - 2023”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Jauni Albino, Luz Regina

ASESOR: Aguilar Alcantara, Leonel Marlo

HUÁNUCO – PERÚ

2024

# U

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Estructuras  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

# D

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74978489

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43415813

Grado/Título: Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción

Código ORCID: 0000-0002-0877-5922

**DATOS DE LOS JURADOS:**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
3	Martinez Fabian, Efrain Raul	Maestro en gestión pública	22486921	0000-0002-5177-380X

# H

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 14:45 horas del día **lunes 29 de abril de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

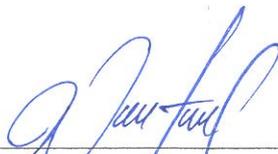
- |                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| ❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS | - PRESIDENTE |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | - SECRETARIO |
| ❖ MG. EFRAÍN RAÚL MARTÍNEZ FABIÁN  | - VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0927-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 NIVELES EMPLEANDO EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER, AMARILIS - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Luz Regina JAÚNI ALBIÑO, para optar el Título Profesional de ingeniero(a) Civil.

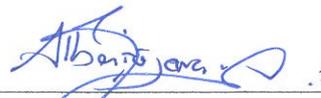
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADA por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 12 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 15:55 H. horas del día 29 del mes de abril del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS  
DNI: 40895876  
ORCID: 0000-0001-7920-1304  
Presidente



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
Secretario



MG. EFRAÍN RAÚL MARTÍNEZ FABIÁN  
DNI: 22486921  
ORCID: 0000-0002-5177-380X  
Vocal



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LUZ REGINA JAUNI ALBINO, de la investigación titulada “Diseño estructural de una edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal Pushover, Amarilis - Huánuco -2023”, con asesor LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA, designado mediante documento, con RESOLUCIÓN N° 0161-2024-D-FI-UDH del P.A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 18 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 05 de julio de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## 25. JAUNI ALBINO LUZ REGINA.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="#">Submitted to University of Melbourne</a> Trabajo del estudiante	1%
3	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## **DEDICATORIA**

A Dios, que es mi maestro, dándome el coraje y la sabiduría que necesito para alcanzar mis objetivos y sobresalir como profesional. A mi madre Mercedes Albino Espinoza, a mis abuelos Redina Espinoza Aguirre y Hugo Estacio Gutierrez y hermana Guadalupe Barrios Albino, quienes siempre han estado ahí para mí, brindándome su apoyo; son mi inspiración y modelos a seguir y me han empujado a trabajar duro para lograr mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los momentos más difíciles de mi vida nunca serán sin tu protección o asistencia, Señor, sin importar dónde esté.

Agradezco las palabras que me fortalecieron en el momento donde pensé dejar todo, “Esperemos que no consideremos el futuro solo como una oscuridad sombría. Aún tenemos muchas páginas en nuestra historia, y no deberíamos hablar como si el final ya estuviese escrito”, Kim Namjoon.

Por último, me gustaría agradecer a mi madre por todo el apoyo moral y financiero que me han brindado mientras me preparaba para mi carrera.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	15
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	16
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	20
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	21
2.2. BASES TEÓRICAS.....	22

2.2.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE DISEÑO ESTRUCTURAL.....	22
2.2.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL .....	24
2.2.3. ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER.....	27
2.2.4. CONSIDERACIONES SÍSMICAS.....	30
2.2.5. CASOS DE ESTUDIO Y APLICACIONES PRÁCTICAS .....	34
2.2.6. SOFTWARE DE SIMULACIÓN Y MODELADO ESTRUCTURAL.....	34
2.2.7. METODOLOGÍA DE DISEÑO ESTRUCTURAL .....	35
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	37
2.3.1. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	37
2.3.2. ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER .....	37
2.3.3. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL .....	37
2.3.4. ETABS .....	37
2.3.5. PARÁMETROS SISMORRESISTENTES.....	38
2.3.6. ANÁLISIS ESTÁTICO.....	38
2.3.7. ANÁLISIS DINÁMICO.....	38
2.4. HIPÓTESIS .....	38
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	38
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	38
2.5. VARIABLES .....	39
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	39
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	39
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	40
CAPÍTULO III.....	41
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	41
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.1.1. ENFOQUE .....	41
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	41
3.1.3. DISEÑO .....	41
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	42
3.2.1. POBLACIÓN .....	42
3.2.2. MUESTRA .....	42
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	42

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	42
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS .....	43
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	43
CAPÍTULO IV.....	44
RESULTADOS.....	44
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	44
4.1.1. DISTRIBUCIÓN DE EDIFICACIÓN .....	44
4.1.2. PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.....	45
4.1.3. ANÁLISIS PREVIO DE ETABS.....	51
4.1.4. OPTIMIZACIÓN DEL MODELO ETABS.....	54
4.1.5. ANÁLISIS PUSHOVER.....	61
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	66
CAPÍTULO V.....	69
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	69
CONCLUSIONES .....	71
RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables. ....	40
Tabla 2 Composición arquitectónica .....	44
Tabla 3 Generalidades de la edificación para el predimensionamiento .....	45
Tabla 4 Predimensionamiento de losa.....	48
Tabla 5 Predimensionamiento de vigas principales .....	49
Tabla 6 Predimensionamiento de vigas Secundarias .....	49
Tabla 7 Predimensionamiento de columnas .....	50
Tabla 8 Análisis del periodo de la edificación .....	51
Tabla 9 Análisis de máximas derivas.....	53
Tabla 10 Elementos estructurales.....	54
Tabla 11 Análisis del periodo de la edificación – Modelo Optimizado.....	55
Tabla 12 Análisis de máximas derivas X-X.....	58
Tabla 13 Análisis de máximas derivas Y-Y.....	59
Tabla 14 Distribución de cargas.....	61
Tabla 15 Desempeño de la edificación .....	65
Tabla 16 Periodo Pushover .....	66
Tabla 17 Desempeño de la edificación .....	67
Tabla 18 Matriz de consistencia.....	79
Tabla 19 Máximo desplazamiento de piso – Modelo previo .....	85
Tabla 20 Máxima deriva de piso – Modelo previo.....	85
Tabla 21 Análisis de máximas derivas X – Modelo previo .....	92
Tabla 22 Máximo desplazamiento de piso – Modelo optimizado .....	92
Tabla 23 Máxima deriva de piso – Modelo previo.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de construcción de espectros de respuesta .....	32
Figura 2 Dos ejemplos típicos de espectros de respuesta, junto con el tipo de edificios que pueden verse. ....	33
Figura 3 Distribución arquitectónica.....	45
Figura 4 Áreas tributarias de columnas .....	47
Figura 5 Áreas tributarias de vigas .....	47
Figura 6 Modelo base ETABS.....	51
Figura 7 Desplazamiento y deriva de entrepiso .....	52
Figura 8 Desplazamiento y deriva de entrepiso X-X.....	56
Figura 9 Desplazamiento y deriva de entrepiso Y-Y .....	57
Figura 10 Análisis de desplazamientos por cargas modales .....	60
Figura 11 Aplicación de cargas del modelo .....	61
Figura 12 Definición de rótulas .....	62
Figura 13 Curva de resistencia de la edificación.....	62
Figura 14 Análisis de edificación con espectro R=8 .....	63
Figura 15 Análisis de edificación con espectro de sismo reducido .....	63
Figura 16 Análisis de edificación con espectro crítico.....	64
Figura 17 Análisis de rótulas de la edificación .....	64
Figura 18 Curva de resistencia de la edificación.....	66
Figura 19 Resolución de Aprobación del proyecto de trabajo de investigación. ....	77
Figura 20 Resolución de nombramiento de Asesor. ....	78
Figura 21 Plano de Ubicación .....	81
Figura 22 Plano de Distribución .....	82
Figura 23 Plano de Zapatas.....	83
Figura 24 Plano de losa .....	84
Figura 25 Modelo deformado - Modelo previo .....	87
Figura 26 Momento máximo - Modelo previo.....	88
Figura 27 Efecto axial - Modelo previo.....	89
Figura 28 Máximo desplazamiento X - Modelo previo .....	90
Figura 29 Máxima deriva X - Modelo previo .....	91
Figura 30 Modelo deformado – Modelo optimizado .....	95

Figura 31 Momento máximo – Modelo optimizado .....	96
Figura 32 Momento máximo - Modelo optimizado .....	97
Figura 33 Resultado de rótulas .....	98
Figura 34 Resultado de rótulas .....	99
Figura 35 Resultado de rótulas .....	100
Figura 36 Resultado de rótulas .....	101

## RESUMEN

La investigación se centró en mejorar el diseño estructural de una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco, mediante el análisis no lineal Pushover. Los objetivos específicos incluyeron el predimensionamiento y modelamiento en ETABS, la determinación de parámetros sismorresistentes, y el análisis estático y dinámico para el diseño estructural, acorde con la normativa técnica local para garantizar la integridad de la estructura. En este contexto, el análisis no lineal Pushover emerge como una herramienta esencial para comprender el comportamiento dinámico de las estructuras frente a cargas sísmicas, permitiendo la evaluación precisa de la vulnerabilidad y la formulación de estrategias de mejora.

Se aplicó un enfoque cuantitativo para recolectar y analizar datos numéricos relacionados con la resistencia de la estructura ante cargas sísmicas. Este estudio adoptó un enfoque explicativo para comprender las relaciones causales y procesos subyacentes en el comportamiento sísmico de la edificación, siguiendo un diseño no experimental que observó fenómenos tal como ocurren en la vida real.

Las conclusiones destacaron la importancia de considerar la ubicación geográfica y la zonificación sísmica para evaluar el riesgo sísmico de las edificaciones. Se logró mejorar el diseño estructural mediante el análisis no lineal Pushover, optimizando escenarios de carga, geometrías y sistemas estructurales en ETABS

Se recomienda seguir normativas locales relacionadas con la resistencia sísmica, adaptarse a las características sísmicas locales al diseñar edificaciones, utilizar herramientas avanzadas de análisis estructural como el análisis no lineal Pushover, implementar sistemas de monitoreo continuo de estructuras y fomentar la investigación y desarrollo en ingeniería estructural para mitigar riesgos sísmicos en el diseño de edificaciones

**Palabras clave:** diseño estructural, análisis no lineal pushover, diseño sismorresistente, predimensionamiento, modelamiento.

## **ABSTRACT**

The research focused on improving the structural design of a five-story building in Amarilis, Huánuco, through non-linear Pushover analysis. Specific objectives included pre-sizing and modeling in ETABS, determining seismic-resistant parameters, and static and dynamic analysis for structural design, following local technical regulations to ensure structural integrity. In this context, non-linear Pushover analysis emerges as a crucial tool for understanding dynamic behavior of structures under seismic loads, enabling precise vulnerability assessment and formulation of improvement strategies.

A quantitative approach was applied to collect and analyze numerical data related to structure's resistance to seismic loads. This study adopted an explanatory approach to understand causal relationships and underlying processes in the building's seismic behavior, following a non-experimental design that observed phenomena as they occur in real life.

The conclusions highlighted the importance of considering geographical location and seismic zoning to evaluate seismic risk in buildings. Structural design was improved through non-linear Pushover analysis, optimizing load scenarios, geometries, and structural systems in ETABS.

The recommendation is to follow local regulations related to seismic resistance, adapt to local seismic characteristics when designing buildings, use advanced structural analysis tools like non-linear Pushover analysis, implement continuous monitoring systems for structures, and promote research and development in structural engineering to mitigate seismic risks in building design.

Keywords: structural design, nonlinear pushover analysis, earthquake resistant design, pre-dimensioning, modeling.

## INTRODUCCIÓN

La investigación se enfoca en mejorar el diseño estructural de una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco, a través del análisis no lineal Pushover. Este enfoque se basa en antecedentes relevantes en el campo de la ingeniería civil, como el trabajo de Viera, Quizanga, & Andino (Junio 2020) sobre el análisis estático no lineal de edificaciones aporticadas de hormigón armado bajo diferentes normativas de construcción.

Los antecedentes mencionados revelan la importancia de aplicar análisis no lineales, como el Pushover, para evaluar el desempeño sísmico y mejorar la resistencia estructural de edificaciones. Además, se destaca la necesidad de considerar normativas locales y parámetros sismorresistentes al diseñar estructuras en zonas sísmicas como Amarilis, Huánuco.

La relevancia de este estudio radica en el contexto urbano en constante crecimiento y la demanda de edificaciones seguras y resistentes a eventos sísmicos en la región. Al utilizar herramientas avanzadas como el análisis no lineal Pushover y software especializado como ETABS, se busca optimizar el diseño estructural y garantizar la integridad de la edificación.

La justificación práctica de la investigación se sustenta en la necesidad de mejorar la seguridad de las construcciones en Amarilis, Huánuco, dado el riesgo sísmico de la región. Además, la viabilidad del estudio se confirma al emplear metodologías avanzadas y cumplir con estándares de diseño y seguridad requeridos por normativas locales y nacionales.

Los objetivos específicos del estudio incluyen el predimensionamiento y modelamiento en ETABS, la determinación de parámetros sismorresistentes, y el análisis estático y dinámico mediante el análisis no lineal Pushover.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según Quinto & Chaverra (2022), la vulnerabilidad sísmica es una preocupación importante en países del cinturón de fuego del Pacífico, donde se registra el 90% de la actividad sísmica global y la mayoría de los volcanes activos del mundo (75%). Las edificaciones, especialmente las viviendas, suelen ignorar aspectos importantes de la normativa colombiana debido a diversos factores como desconocimiento, falta de capacitación del personal y falta de rigor en la emisión de licencias de construcción por parte de las autoridades. Por ello, es crucial emplear metodologías como el análisis no lineal (Pushover) para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones y mejorar su resiliencia ante eventos sísmicos.

De acuerdo a Cisneros & Peceros (2022), su investigación se enfocó en evaluar el comportamiento estructural de un edificio residencial de concreto armado utilizando el análisis estático no lineal pushover. Se utilizó el software ETABS 2019 versión 19.0.0 para analizar los bloques A y C del edificio. Se realizaron análisis estáticos lineales y análisis dinámicos modales espectrales de los bloques, siguiendo los criterios de la normativa NTE E.030 - 2018 para obtener la deformación de los entresijos. Posteriormente, se realizó un análisis estático no lineal pushover para ambos bloques, identificando el punto de rendimiento estructural según los procedimientos del ASCE/SEI 41-13. Los resultados mostraron que el bloque A excedió el límite de deformación de entresijo permitido según la normativa vigente, pero se encontró dentro del rango operacional en el análisis no lineal, con un desplazamiento máximo de 4.21 cm. El bloque C, por su parte, presentó un desplazamiento máximo de 0.35 cm, ubicándose en el rango totalmente operacional. En conclusión, la estructura del edificio no requiere intervenciones adicionales, ya que demostró un buen rendimiento estructural frente a distintas intensidades sísmicas según el SEAOC.

Según Paredes Calderón (2020) en su investigación para evaluar el desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de 14 niveles con muros de

concreto armado. Se empleó el análisis estático no lineal (Pushover) como método principal. Los resultados mostraron una deriva máxima en la dirección X de 0.007 y en la dirección Y de 0.005, con un mejor comportamiento estructural en la dirección X. El análisis se realizó para distintos niveles de amenaza sísmica utilizando los métodos del ASCE 41-13 y FEMA 440, cumpliendo con los objetivos de la SEAOC en la dirección X según ambos métodos, mientras que en la dirección Y, solo cumplió según el método del ASCE 41-13. El análisis no lineal es crucial para entender cómo una estructura responde ante un evento sísmico.

Por lo citado anteriormente se hace indispensable que en la ciudad de Huánuco las obras de viviendas al ser realizadas por maestros de obras en su mayoría no cumplen con normativas vigentes lo que conlleva a que la estructura pueda fallar ante eventos sísmicos debido a eso se planteó el presente proyecto con el fin de ejecutar el diseño estructural de una edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo mejorar el diseño estructural de una edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cuál es el predimensionamiento y modelamiento en ETABS de la edificación de 5 niveles para realizar el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023?

¿Cuáles son los parámetros sismorresistentes de la edificación de 5 niveles para realizar el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023?

¿Cómo realizar el análisis estático y dinámico de la edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover para el diseño estructural, Amarilis - Huánuco -2023?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Mejorar el diseño estructural de una edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar el predimensionamiento y modelamiento en ETABS de la edificación de 5 niveles para realizar el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023.

Determinar los parámetros sismorresistentes de la edificación de 5 niveles para realizar el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco - 2023.

Realizar el análisis estático y dinámico de la edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover para el diseño estructural, Amarilis - Huánuco -2023.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Esta investigación fue respaldada debido a varias razones fundamentales. En primer lugar, el crecimiento urbano y la demanda de viviendas y edificaciones comerciales en Amarilis – Huánuco y otras regiones del Perú han aumentado significativamente desde los años anteriores. Por lo tanto, se consideró esencial garantizar que las estructuras a construirse fuesen seguras y resistentes ante posibles eventos sísmicos, dado que el Perú está ubicado en una región propensa a terremotos activa. Esta investigación permitió el desarrollo de diseños estructurales más eficientes y seguros, cumpliendo con los estándares de seguridad y sostenibilidad requeridos.

Además, la implementación del análisis no lineal pushover en el diseño estructural era una técnica avanzada que permitía evaluar el comportamiento de un edificio frente a cargas sísmicas de manera más realista. Al llevar a cabo esta tesis, se contribuyó al conocimiento técnico

y científico en la región, brindando a los ingenieros y profesionales locales una herramienta valiosa para optimizar el diseño de edificaciones. Como última instancia, esta investigación buscaba, mejorar la seguridad de construcciones en el distrito de Amarilis, reduciendo los riesgos sísmicos y promoviendo el desarrollo sostenible de la región.

#### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La justificación teórica de esta tesis radica en la necesidad de emplear herramientas avanzadas como el análisis no lineal pushover en el diseño estructural de edificaciones en zonas sísmicamente activas como Amarilis, Huánuco. Esto contribuirá a mejorar la capacidad de respuesta y resiliencia de las estructuras frente a sismos, reduciendo así los riesgos asociados a posibles daños y colapsos estructurales.

#### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Con este proyecto de investigación, se afianzaron los conocimientos adquiridos en las clases, permitiendo evidenciar la comprensión y uso práctico de la teoría enseñada en los distintos cursos relacionados con la ingeniería estructural.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Durante el desarrollo del trabajo de investigación encontré las siguientes limitantes:

- El factor económico de esta investigación radica en el costo asociado al uso de herramientas y software especializado para llevar a cabo el análisis no lineal pushover y el modelado estructural en el software ETABS. Además, los costos adicionales relacionados con la adquisición de datos y estudios adicionales, que fueron cubierto en su totalidad por la tesista.

## **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación es viable porque el análisis no lineal pushover ofrece una evaluación detallada del comportamiento estructural ante cargas sísmicas, esencial en zonas como Amarilis, Huánuco, con riesgo sísmico. El estudio de una edificación de 5 niveles proporciona datos relevantes para mejorar la resiliencia y seguridad de estructuras similares en áreas propensas a terremotos. El uso de software como ETABS agiliza el proceso de diseño y análisis, optimizando recursos y permitiendo ajustes eficientes en la estructura para cumplir con estándares de seguridad y diseño estructural.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Argüello Freire (2022) en su trabajo de investigación intitulado: *“Análisis y diseño estructural del edificio Mushuc Runa de diez pisos en estructura metálica, mediante comparación del análisis estático lineal, modal, estático no lineal (pushover), dinámico no-lineal (historia de respuesta), y diseño estructural en concordancia con el AISC 341-16, AISC 358-16, e incidencia en las condiciones actuales de la edificación”* para la obtención de su grado académico de magister en ingeniería civil con mención en estructuras metálicas en la Universidad Técnica De Ambato, El objetivo principal fue realizar un análisis exhaustivo y comparativo del diseño estructural del edificio Mushuc Runa de diez pisos, el cual está construido con estructura metálica. Este análisis se lleva a cabo mediante la aplicación de diferentes métodos, incluyendo el análisis estático lineal, el análisis modal, el análisis estático no lineal (pushover), el análisis dinámico no lineal (historia de respuesta), y el diseño estructural conforme a las normativas AISC 341-16 y AISC 358-16. El objetivo es evaluar la eficacia de cada método en la predicción del comportamiento estructural del edificio y su capacidad de resistir cargas sísmicas. Las conclusiones de la tesis indican que el análisis estático lineal proporciona una estimación conservadora de la respuesta estructural del edificio, mientras que el análisis modal permite identificar modos de vibración significativos. Sin embargo, se observa que el análisis estático no lineal (pushover) y el análisis dinámico no lineal (historia de respuesta) ofrecen una evaluación más realista de la capacidad sísmica y del comportamiento no lineal de la estructura. Además, se encuentra que el diseño estructural conforme a las normativas AISC 341-16 y AISC 358-16 garantiza un nivel adecuado de seguridad y resistencia sísmica para el edificio Mushuc Runa. Estas

conclusiones tienen implicaciones importantes para mejorar las condiciones actuales de la edificación y su capacidad de resistir eventos sísmicos.

Bravo & González (2020) en su proyecto integrador intitulado: "Diseño estructural del Condominio "Alamar" en Punta Blanca, mediante un análisis lineal, y un análisis estático no lineal (Pushover). Usando mampostería alivianada y aplicando la normativa local" para optar el título profesional de ingeniero civil en la Escuela Superior Politécnica Del Litoral, El objetivo fue realizar un análisis comparativo del diseño estructural del Condominio "Alamar" en Punta Blanca, utilizando dos enfoques diferentes: un análisis lineal y un análisis estático no lineal (Pushover). Este estudio se llevó a cabo considerando el uso de mampostería alivianada y cumpliendo con la normativa local vigente. En cuanto a las conclusiones, se observó que el análisis lineal proporcionó una estimación inicial del comportamiento estructural del condominio, aunque se demostró ser limitado para capturar la respuesta no lineal ante cargas sísmicas. Por otro lado, el análisis estático no lineal (Pushover) permitió una evaluación más detallada y realista de la capacidad sísmica del edificio, identificando áreas de vulnerabilidad y proporcionando información valiosa para mejorar su resistencia a los sismos. En conjunto, estos hallazgos subrayan la importancia de combinar enfoques analíticos tradicionales con métodos más avanzados, como el análisis no lineal, para garantizar la seguridad y la eficacia del diseño estructural, especialmente en zonas propensas a eventos sísmicos.

Viera, Quizanga, & Andino (Junio 2020) en su artículo científico intitulado: "Análisis estático no lineal de edificios aporticados de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana y peruana", presentado en FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, El objetivo principal fue llevar a cabo un análisis comparativo de edificios aporticados de hormigón armado utilizando un enfoque de análisis estático no lineal, aplicando las normativas de diseño sísmico de Ecuador, Colombia y Perú. En cuanto a las conclusiones, se encontró que el análisis estático no lineal proporciona una evaluación más

detallada y precisa del comportamiento sísmico de los edificios aporticados de hormigón armado en comparación con métodos de análisis lineal. Además, se observaron diferencias significativas en los resultados obtenidos al aplicar las normativas de diseño sísmico de cada país, lo que resalta la importancia de considerar las particularidades de cada código sísmico nacional al diseñar estructuras en regiones sísmicamente activas. Estos hallazgos subrayan la necesidad de una cuidadosa selección y aplicación de normativas de diseño sísmico para garantizar la seguridad y la adecuación estructural de los edificios frente a eventos sísmicos en distintos contextos geográficos.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Cueva & Huamanchumo (2022) En su tesis intitulada “*Evaluación estructural de la edificación esencial I.E N°10133-Mochumí, mediante el análisis estático no lineal Pushover*” que presentó en la Universidad Tecnológica del Perú para optar el título profesional de ingeniero civil, El objetivo principal fue realizar una evaluación estructural exhaustiva de la edificación esencial I.E N°10133-Mochumí, empleando el análisis estático no lineal Pushover. A través de este análisis, se buscó determinar la capacidad sísmica de la estructura y evaluar su comportamiento ante cargas sísmicas significativas. Las conclusiones destacaron que el análisis estático no lineal Pushover proporcionó una visión detallada de la respuesta sísmica de la edificación, identificando áreas críticas de vulnerabilidad y proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en términos de refuerzo estructural y medidas de mitigación del riesgo sísmico. Este enfoque demostró ser una herramienta efectiva para evaluar la seguridad y la resistencia sísmica de la edificación esencial, contribuyendo así a su adecuada preparación y protección ante posibles eventos sísmicos.

Eduardo (2019) En su tesis intitulada “*Verificación de la confiabilidad del análisis dinámico espectral mediante el análisis no lineal (Push-over) de un edificio de 5 niveles*” que presentó en la Universidad Católica de Santa María para optar el título profesional de ingeniero civil, El objetivo principal fue verificar la confiabilidad del análisis dinámico

espectral mediante la comparación con el análisis no lineal (Push-over) en un edificio de 5 niveles. Para ello, se buscó evaluar la precisión y la capacidad predictiva de ambos métodos en la estimación del comportamiento sísmico de la estructura. Las conclusiones destacaron que si bien el análisis dinámico espectral proporciona una aproximación útil del comportamiento sísmico, el análisis no lineal (Push-over) ofrece una evaluación más detallada y realista de la respuesta estructural, identificando de manera más precisa áreas críticas de vulnerabilidad y proporcionando información valiosa para el diseño y la mitigación del riesgo sísmico. Esta comparación subrayó la importancia de utilizar enfoques complementarios para evaluar la confiabilidad y la seguridad estructural de los edificios ante eventos sísmicos.

Fuentes (2018) En su tesis intitulada *“Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal “pushover”* que presentó en la Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo” para optar el título profesional de ingeniero civil, El objetivo principal fue evaluar el desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles construido con concreto armado, utilizando el análisis estático no lineal "pushover". Para ello, se buscó determinar la capacidad de la estructura para resistir cargas sísmicas significativas y identificar posibles áreas de vulnerabilidad. Las conclusiones destacaron que el análisis estático no lineal "pushover" proporcionó una evaluación detallada y precisa del comportamiento sísmico del edificio, permitiendo la identificación de elementos críticos y la evaluación de la capacidad de la estructura para resistir cargas sísmicas. Este enfoque demostró ser una herramienta valiosa para mejorar la comprensión y la preparación ante eventos sísmicos, contribuyendo así a la seguridad y la resiliencia de las construcciones de concreto armado.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Narro (2019) En su tesis intitulada *“evaluación del desempeño sismorresistente aplicando el método de análisis estático no lineal pushover en una edificación de 4 niveles en la ciudad de Huánuco 2019”* que presentó en la Universidad de Huánuco para optar el título

profesional de ingeniero civil, El objetivo principal fue realizar una evaluación exhaustiva del desempeño sismorresistente de una edificación de cuatro niveles ubicada en la ciudad de Huánuco, utilizando el método de análisis estático no lineal pushover. Se buscó determinar la capacidad de la estructura para resistir cargas sísmicas significativas y evaluar su comportamiento ante eventos sísmicos. Las conclusiones destacaron que el análisis estático no lineal pushover proporcionó una evaluación detallada y precisa del comportamiento sísmico del edificio, identificando áreas críticas de vulnerabilidad y proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en términos de refuerzo estructural y medidas de mitigación del riesgo sísmico. Este enfoque demostró ser una herramienta efectiva para mejorar la seguridad y la resiliencia de las edificaciones ante eventos sísmicos en la ciudad de Huánuco.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

Dentro del vasto campo de la ingeniería civil, el diseño estructural emerge como un componente crucial, orientado a la construcción de edificaciones que sean capaces de soportar cargas y contrarrestar fuerzas externas de manera óptima. En su obra "Structural Analysis", Hibbeler (2016) proporciona un análisis detallado de los fundamentos del diseño estructural, explorando aspectos que van desde la naturaleza de las cargas hasta la selección de materiales y sistemas estructurales.

El proceso de crear cualquier tipo de estructuras requiere de las siguientes etapas:

#### **2.2.1.1. PLANEACIÓN**

Antes de comenzar a construir una estructura destinada a un uso público específico, es crucial abordar la selección de una forma estructural que satisfaga los requisitos de seguridad, estética y economía. Esta fase, frecuentemente la más compleja y vital en el campo de la ingeniería estructural, implica explorar una variedad

de alternativas, como arcos, armaduras o marcos, a través de diversos estudios independientes. Una vez elegida la forma más idónea, se procede a definir las cargas, materiales, disposición de los elementos y sus dimensiones. La habilidad adquirida tras años de experiencia en el ámbito de la ingeniería resulta indispensable para llevar a cabo estas tareas de planificación de manera eficiente.

#### **2.2.1.2. ANÁLISIS**

Para realizar un análisis riguroso de una estructura, es fundamental realizar ciertas simplificaciones acerca de la manera en que están apoyados y unidos sus miembros. Una vez establecido esto y especificadas las cargas, las fuerzas en los elementos y sus movimientos pueden calcularse utilizando los principios de la mecánica estructural, que es el tema central de este libro.

#### **2.2.1.3. DISEÑO**

Después de haber calculado las cargas internas de un miembro, es posible dimensionarlo de manera que cumpla con los estándares de resistencia, estabilidad y deflexión establecidos en las regulaciones actuales. Además, las uniones entre los miembros pueden diseñarse para resistir las cargas previstas, y las dimensiones pueden especificarse para garantizar un ajuste apropiado entre todas las partes.

#### **2.2.1.4. CONSTRUCCIÓN**

La fase conclusiva implica organizar los diversos elementos que conforman la estructura y elaborar un plan para las tareas asociadas con su ensamblaje real. En cuanto a esto, es imperativo realizar inspecciones en cada etapa de la construcción para asegurar que la edificación se esté construyendo de acuerdo con los planos de diseño establecidos.

## **2.2.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

### **2.2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS TRADICIONALES DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL, COMO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS Y EL ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL**

Según Jurgen (1996) Los métodos de análisis estructural son técnicas y enfoques que se utilizan para examinar cómo las estructuras se comportan frente a diversas cargas y situaciones. Algunos de estos enfoques son:

#### **2.2.2.1.1. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (FEM)**

Este método divide la estructura en partes más pequeñas, como barras o placas, para luego analizar el comportamiento de cada una aplicando principios de mecánica. Al resolver ecuaciones específicas, se obtiene una representación detallada del comportamiento de la estructura.

#### **2.2.2.1.2. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE BORDES (BEM)**

Similar al FEM, este método se enfoca en la discretización de la superficie externa de la estructura, siendo útil en problemas de contorno con cargas conocidas en la superficie exterior.

#### **2.2.2.1.3. MÉTODO DE ELEMENTOS DE CONTORNO (BEM)**

Este método se centra en la discretización de la frontera de la estructura, utilizando ecuaciones integrales para resolver el comportamiento de la estructura en función de las condiciones de contorno.

#### **2.2.2.1.4. MÉTODO DE MATRIZ DE RIGIDEZ**

Representa la estructura como un conjunto de elementos conectados por nodos, desarrollando una matriz de rigidez que describe las relaciones entre los desplazamientos nodales y las fuerzas aplicadas.

#### **2.2.2.1.5. MÉTODO DE CROSS**

Este método simplificado considera la estructura como un sistema de barras conectadas en forma de cruz, empleando ecuaciones de equilibrio para calcular las fuerzas internas y los desplazamientos.

La elección del método adecuado depende de la complejidad de la estructura y las condiciones de carga.

#### **2.2.2.2. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS NO LINEAL Y SUS APLICACIONES EN LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL BAJO CARGAS EXTREMAS**

La comprensión inicial del análisis no lineal marca un hito esencial en la ingeniería estructural contemporánea, especialmente al evaluar el comportamiento de las estructuras frente a cargas extremas como sismos o fuertes vientos. Este enfoque reconoce que el comportamiento de las estructuras puede distar de ser lineal y elástico, sobre todo en situaciones límite. (Jurgen Bathe, 1996)

El análisis no lineal, al tener en cuenta la deformación no lineal de los materiales, los comportamientos inelásticos y la interacción entre los elementos estructurales, proporciona una representación más precisa del comportamiento real de las estructuras en comparación con los análisis lineales tradicionales. (Jurgen Bathe, 1996)

Las aplicaciones de este análisis en la evaluación del comportamiento estructural ante cargas extremas son variadas y cruciales. Se emplea para evaluar la capacidad sísmica, comprender el comportamiento estructural en edificaciones de alto rendimiento, analizar la respuesta ante cargas extremas y ciclos de fatiga, y optimizar el diseño estructural, todo ello con el fin de asegurar la seguridad, funcionalidad y eficiencia de las estructuras en entornos desafiantes. Algunas de estas aplicaciones incluyen:

#### **2.2.2.2.1. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD SÍSMICA**

El análisis no lineal es fundamental para evaluar la capacidad de una estructura para resistir cargas sísmicas. Permite identificar y comprender cómo se comporta la estructura ante diferentes niveles de excitación sísmica, así como determinar su capacidad de resistencia y su vulnerabilidad ante daños estructurales.

#### **2.2.2.2.2. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES DE ALTO RENDIMIENTO**

El análisis no lineal es una herramienta indispensable en el diseño y la evaluación de edificaciones de alto rendimiento, como hospitales, centros de datos y estructuras críticas. Permite evaluar la capacidad de estas estructuras para mantener su funcionalidad y resistir daños significativos durante eventos extremos.

#### **2.2.2.2.3. ANÁLISIS DE CARGA EXTREMA Y FATIGA**

El análisis no lineal es útil para evaluar el comportamiento de las estructuras bajo cargas extremas y cíclicas, como las provocadas por eventos de viento fuerte o fenómenos de oleaje en estructuras marítimas. Esto es crucial para garantizar la seguridad y la integridad de las estructuras expuestas a condiciones ambientales severas.

#### **2.2.2.2.4. OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL**

El análisis no lineal permite explorar una amplia gama de soluciones de diseño y evaluar su desempeño frente a cargas extremas. Esto facilita la optimización del diseño estructural, asegurando que la estructura sea segura, eficiente y económica.

### **2.2.3. ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER**

#### **2.2.3.1. DEFINICIÓN Y FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER**

El análisis no lineal pushover es una técnica avanzada de evaluación estructural que considera la no linealidad del comportamiento de una edificación frente a cargas laterales, como las generadas por sismos. A diferencia de los métodos lineales, utiliza curvas de capacidad de carga-desplazamiento para representar cómo cambia la capacidad de carga de la estructura con el aumento del desplazamiento lateral. Al simular gradualmente cargas crecientes, este análisis permite identificar posibles modos de colapso y elementos críticos vulnerables durante eventos sísmicos, proporcionando información valiosa para mejorar el diseño y reforzar la resistencia sísmica de la edificación. (Paulay, 1992)

Los principios subyacentes al análisis no lineal pushover descansan en la idea de que el comportamiento estructural de una construcción puede experimentar cambios notables a medida que se incrementa la magnitud de las cargas laterales aplicadas. En contraste con la simulación de una respuesta elástica lineal, esta técnica emplea las curvas de capacidad de carga-desplazamiento (pushover curves) para ilustrar la variación en la capacidad de carga de la estructura conforme se incrementa el desplazamiento lateral. (Paulay, 1992)

### **2.2.3.2. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA Y LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN BAJO CARGAS LATERALES**

El análisis pushover evalúa la capacidad de carga y la respuesta estructural de una edificación bajo cargas laterales al simular gradualmente un rango de cargas crecientes en la estructura. Este proceso permite entender cómo la estructura responde a diferentes niveles de desplazamiento lateral, lo cual es especialmente relevante en situaciones sísmicas. (Paulay, 1992)

En primer lugar, se modela la estructura y se definen sus propiedades físicas y mecánicas. Luego, se aplican las cargas laterales de manera progresiva, simulando la intensidad creciente de un sismo. Conforme se incrementa la carga, se registran los desplazamientos laterales y las deformaciones en la estructura. (Paulay, 1992)

Durante este proceso, se analiza cómo la estructura redistribuye las cargas internas y cómo se comportan sus elementos estructurales ante las cargas laterales. Se generan las llamadas curvas de capacidad de carga-desplazamiento (pushover curves), que muestran la relación entre la capacidad de carga de la estructura y el desplazamiento lateral aplicado. (Paulay, 1992)

Estas curvas proporcionan información valiosa sobre el comportamiento global de la estructura, incluyendo la capacidad de carga máxima que puede soportar y la secuencia de fallo de sus elementos. Además, permiten identificar los puntos críticos donde se produce un daño significativo o una pérdida de resistencia. (Paulay, 1992)

En resumen, el análisis pushover evalúa la capacidad de carga y la respuesta estructural de una edificación bajo cargas laterales al simular gradualmente cargas crecientes y analizar cómo la estructura responde a esas cargas en términos de desplazamientos, deformaciones y redistribución de cargas.

### **2.2.3.3. DISCUSIÓN SOBRE LAS VENTAJAS DEL ANÁLISIS PUSHOVER EN COMPARACIÓN CON LOS MÉTODOS LINEALES TRADICIONALES**

Según Paulay (1992) El análisis pushover ofrece varias ventajas significativas en comparación con los métodos lineales tradicionales, especialmente en la evaluación del comportamiento estructural frente a cargas laterales extremas, como las generadas por sismos. Algunas de estas ventajas incluyen:

#### **2.2.3.3.1. MODELADO MÁS REALISTA DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL**

Mientras que los métodos lineales asumen una respuesta elástica lineal de la estructura, el análisis pushover considera la no linealidad del comportamiento estructural, lo que permite un modelado más realista de la respuesta de la edificación ante cargas laterales significativas.

#### **2.2.3.3.2. CAPTURA DE LA REDISTRIBUCIÓN DE CARGAS**

El análisis pushover es capaz de capturar la redistribución de cargas dentro de la estructura a medida que se aplican cargas laterales crecientes. Esto es especialmente relevante en situaciones sísmicas, donde la redistribución de cargas puede influir significativamente en el comportamiento global de la edificación.

#### **2.2.3.3.3. IDENTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA MÁXIMA**

Mediante la generación de las curvas de capacidad de carga-desplazamiento, el análisis pushover permite identificar la capacidad de carga máxima que puede soportar la estructura antes de alcanzar un punto de colapso. Esta información es fundamental para comprender los límites de

resistencia de la edificación y tomar decisiones informadas sobre su diseño y reforzamiento.

#### **2.2.3.3.4. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE LA ESTRUCTURA**

El análisis pushover permite identificar los puntos críticos de la estructura donde se produce un daño significativo o una pérdida de resistencia durante eventos extremos. Esto proporciona información valiosa para la implementación de medidas de refuerzo en áreas específicas de la edificación.

En resumen, el análisis pushover ofrece ventajas significativas en la evaluación del comportamiento estructural frente a cargas laterales extremas, proporcionando un modelado más realista de la respuesta de la edificación, la captura de la redistribución de cargas, la identificación de la capacidad de carga máxima y la determinación de los puntos críticos de la estructura. Estas ventajas lo convierten en una herramienta invaluable para diseñadores e ingenieros en la evaluación y mejora de la seguridad sísmica de las edificaciones.

### **2.2.4. CONSIDERACIONES SÍSMICAS**

#### **2.2.4.1. REVISIÓN DE LOS EFECTOS SÍSMICOS EN LAS ESTRUCTURAS Y SU IMPORTANCIA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL**

La revisión de los efectos sísmicos en las estructuras es un proceso fundamental en el diseño estructural, especialmente en regiones propensas a la actividad sísmica. Consiste en evaluar cómo los terremotos y las fuerzas sísmicas afectarán a una estructura determinada y cómo estas fuerzas pueden ser mitigadas o resistidas para garantizar la seguridad de la edificación y sus ocupantes. (Bozorgnia & Bertedero)

Esta revisión implica considerar varios aspectos, como la capacidad de la estructura para soportar las fuerzas horizontales generadas por los terremotos, la posible amplificación sísmica debido a las características del suelo, y la interacción entre la estructura y el suelo sobre el cual está construida. Además, se deben tener en cuenta factores como la respuesta dinámica de la estructura, las deformaciones inducidas por el sismo y la capacidad de la edificación para absorber energía sísmica sin colapsar. (Bozorgnia & Bertedero)

La importancia de esta revisión radica en garantizar que las edificaciones sean capaces de resistir los efectos sísmicos y proteger la vida y la propiedad de las personas que las ocupan. Un diseño estructural adecuado puede reducir significativamente el riesgo de daños durante un terremoto, lo que a su vez contribuye a la resiliencia de las comunidades ante desastres naturales. (Bozorgnia & Bertedero)

#### **2.2.4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS SÍSMICOS, COMO LA ACELERACIÓN DEL SUELO, EL ESPECTRO DE RESPUESTA Y EL PERIODO DE VIBRACIÓN**

Los principales parámetros sísmicos son fundamentales para comprender y evaluar los efectos de los terremotos en las estructuras. Aquí se describen tres de estos parámetros clave: (Bozorgnia & Bertedero)

##### **2.2.4.2.1. ACELERACIÓN DEL SUELO**

La aceleración del suelo es una medida de la rapidez con la que el suelo se mueve durante un terremoto. Se mide en términos de la aceleración experimentada por un punto fijo en la superficie terrestre y se expresa en términos de gravedad terrestre (g). Durante un terremoto, la aceleración del suelo puede variar significativamente en función de la

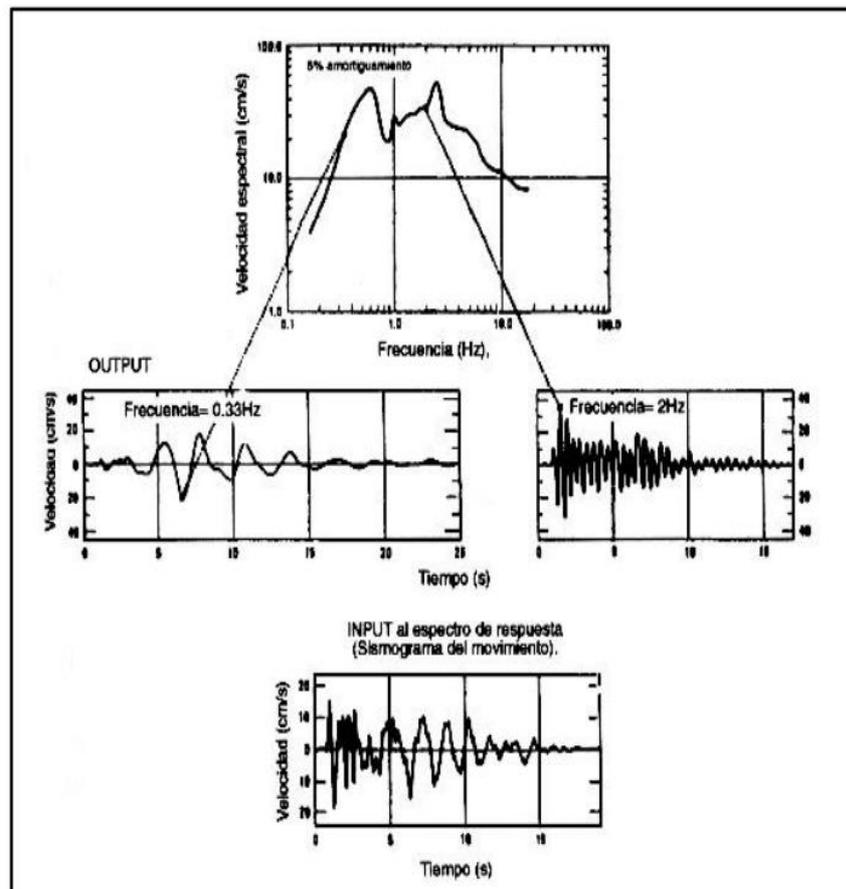
distancia al epicentro, la magnitud del terremoto y las características geológicas del sitio.

#### 2.2.4.2.2. ESPECTRO DE RESPUESTA

El espectro de respuesta es una representación gráfica de la respuesta de una estructura a diferentes frecuencias de vibración durante un terremoto. Se utiliza para evaluar cómo la estructura responde a las diferentes componentes de frecuencia de un movimiento sísmico. El espectro de respuesta se obtiene al aplicar una serie de funciones de transferencia que convierten la aceleración del suelo en las respuestas de desplazamiento, velocidad o aceleración de la estructura.

**Figura 1**

*Esquema de construcción de espectros de respuesta*



Fuente: (Hays, 1980)

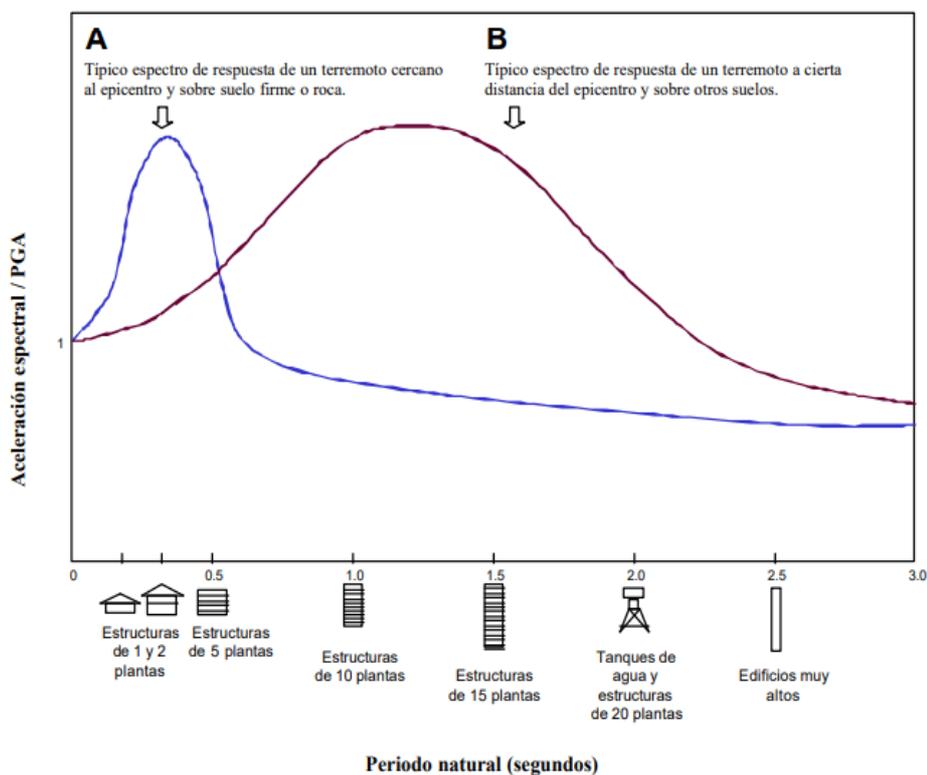
### 2.2.4.2.3. PERÍODO DE VIBRACIÓN

El período de vibración es el tiempo necesario para que una estructura complete un ciclo completo de vibración cuando es excitada por un movimiento sísmico. Es un parámetro fundamental en el diseño sísmico, ya que determina cómo responde una estructura a diferentes frecuencias de vibración. El período de vibración está influenciado por la masa, la rigidez y la geometría de la estructura, así como por las características del suelo sobre el cual está construida.

Estos parámetros sísmicos son críticos en el diseño estructural y la evaluación del riesgo sísmico, ya que ayudan a los ingenieros a comprender cómo las estructuras responderán a los terremotos y a tomar medidas adecuadas para garantizar su seguridad y resistencia ante eventos sísmicos.

**Figura 2**

*Dos ejemplos típicos de espectros de respuesta, junto con el tipo de edificios que pueden verse*



Fuente: (Hays, 1980)

## **2.2.5. CASOS DE ESTUDIO Y APLICACIONES PRÁCTICAS**

### **2.2.5.1. REVISIÓN DE ESTUDIOS DE CASO RELEVANTES QUE EMPLEAN EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER EN EL DISEÑO DE EDIFICACIONES**

la revisión de estudios de caso relevantes que emplean el análisis no lineal pushover en el diseño de edificaciones proporciona valiosos conocimientos sobre cómo esta técnica se utiliza para mejorar la resistencia sísmica de las estructuras existentes y optimizar el diseño de nuevas construcciones en áreas propensas a terremotos. Estos estudios informan las prácticas de ingeniería y contribuyen al desarrollo de soluciones más seguras y resilientes frente a eventos sísmicos. (Elghazouli, 2017)

## **2.2.6. SOFTWARE DE SIMULACIÓN Y MODELADO ESTRUCTURAL**

### **2.2.6.1. DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DEL SOFTWARE ETABS Y EJEMPLOS DE SU APLICACIÓN PRÁCTICA**

ETABS es un software de análisis y diseño estructural ampliamente utilizado en la ingeniería civil, especialmente para la evaluación del comportamiento sísmico de edificaciones. Este software cuenta con herramientas específicas para realizar el análisis no lineal pushover, lo que permite a los ingenieros evaluar la capacidad de carga y la respuesta estructural de las edificaciones ante cargas laterales extremas, como las generadas por sismos. (Computers and Structures, ETABS Integrated Building Design Software User's Manual, 1999)

Una de las características clave de ETABS para el análisis no lineal pushover es su capacidad para modelar de forma precisa la no linealidad del comportamiento estructural, incluyendo la plastificación de elementos, el efecto de los materiales no lineales y la interacción entre diferentes partes de la estructura. (Computers

and Structures, ETABS Integrated Building Design Software User's Manual, 1999)

ETABS también ofrece herramientas para generar y analizar las curvas de capacidad de carga-desplazamiento (pushover curves), que son fundamentales para evaluar el comportamiento de la estructura y determinar su capacidad de carga máxima antes de alcanzar un punto de colapso. (Computers and Structures, ETABS Integrated Building Design Software User's Manual, 1999)

Un ejemplo práctico de la aplicación de ETABS para el análisis no lineal pushover es su uso en la evaluación de la resistencia sísmica de un edificio de varios pisos en una zona sísmica. Los ingenieros pueden modelar la estructura en ETABS, aplicar cargas laterales crecientes para simular un terremoto y analizar cómo responde la edificación utilizando el análisis pushover. Esto permite identificar áreas críticas de vulnerabilidad y proponer medidas de refuerzo para mejorar la seguridad sísmica del edificio. (Computers and Structures, ETABS Integrated Building Design Software User's Manual, 1999)

## **2.2.7. METODOLOGÍA DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

### **2.2.7.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO ESTRUCTURAL QUE INTEGRE EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN Y MEJORA DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL**

La metodología de diseño estructural que integra el análisis no lineal pushover como herramienta de evaluación y mejora del comportamiento estructural sigue varios pasos clave: (Elghazouli, 2017)

#### **2.2.7.1.1. DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DE DISEÑO**

En esta etapa, se establecen los criterios de diseño y los requisitos de resistencia sísmica para la edificación en función de su uso, la ubicación geográfica y los códigos de

construcción aplicables. Esto puede incluir la determinación de la importancia estructural del edificio y la especificación de niveles de desempeño sísmico deseables. (Elghazouli, 2017)

#### **2.2.7.1.2. MODELADO DE LA ESTRUCTURA**

Se procede a modelar la estructura utilizando software de análisis estructural, como ETABS. Se debe tener en cuenta la geometría, los materiales de construcción y las condiciones de carga relevantes. El modelo debe ser lo más preciso posible para obtener resultados confiables durante el análisis.

#### **2.2.7.1.3. ANÁLISIS LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO**

Se realiza un análisis lineal estático y dinámico para evaluar la respuesta estructural de la edificación ante cargas sísmicas. Este análisis proporciona una comprensión inicial de la capacidad de carga y la distribución de fuerzas en la estructura.

#### **2.2.7.1.4. ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER**

Se lleva a cabo un análisis no lineal pushover para evaluar más detalladamente el comportamiento estructural ante cargas laterales extremas. Se aplican cargas laterales crecientes para simular la progresión de un terremoto y se registra la respuesta de la estructura en términos de desplazamientos, deformaciones y demandas de capacidad de carga en los diferentes elementos estructurales.

#### **2.2.7.1.5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y MEJORA DEL DISEÑO**

Los resultados del análisis no lineal pushover se utilizan para identificar áreas críticas de vulnerabilidad y proponer medidas de mejora del diseño para aumentar la resistencia sísmica de la edificación. Esto puede incluir la adición de

refuerzos estructurales, la redistribución de cargas o la modificación de la geometría de la estructura.

#### **2.2.7.1.6. VERIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO**

Se verifica y optimiza el diseño de la estructura utilizando los resultados del análisis no lineal pushover. Se realizan ajustes adicionales según sea necesario para garantizar que la edificación cumpla con los requisitos de resistencia sísmica establecidos en la etapa inicial del proceso de diseño.

### **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

#### **2.3.1. DISEÑO ESTRUCTURAL**

El diseño estructural es el proceso de crear sistemas seguros y eficientes para soportar cargas y resistir fuerzas externas (Hibbeler, 2016).

#### **2.3.2. ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER**

El análisis no lineal pushover es una técnica que evalúa la capacidad de carga y la respuesta estructural ante cargas laterales extremas (Chopra, 2017).

#### **2.3.3. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL**

El modelaje estructural consiste en la formulación de modelos matemáticos que describen el comportamiento de una estructura ante diversas condiciones de carga, siendo un componente crucial en la disciplina ingenieril de estructuras (Chopra, 2017).

#### **2.3.4. ETABS**

En el campo de la ingeniería civil, ETABS sobresale como un software computacional valioso, utilizado para la representación y el diseño eficiente de estructuras de alta complejidad en múltiples

contextos de construcción (Computers and Structures, Curso Virtual de ETABS, 2022).

### **2.3.5. PARÁMETROS SISMORRESISTENTES**

Parámetros sísmicos son aspectos y propiedades de diseño en estructuras que aseguran su resistencia y capacidad de respuesta ante la ocurrencia de sismos (Argüello Freire, 2022).

### **2.3.6. ANÁLISIS ESTÁTICO**

El análisis estático implica una metodología de examen de estructuras que se enfoca en cargas aplicadas lentamente, excluyendo los efectos de la inercia y la aceleración característicos de los análisis dinámicos (Chopra, 2017).

### **2.3.7. ANÁLISIS DINÁMICO**

En el análisis dinámico se consideran la inercia y la aceleración, lo que permite simular el comportamiento de las estructuras frente a cargas que evolucionan con el tiempo, según lo señalado por (Chopra, 2017).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

H-01: El diseño estructural de una edificación de 5 niveles mejora empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023.

H-02gh: El diseño estructural de una edificación de 5 niveles no mejora empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco - 2023.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

H-01: Se desarrolla el predimensionamiento y la estructuración basada en teoría de autores influyentes, como el ingeniero Blanco Blasco en su libro de Estructuración y Diseño de edificaciones de Concreto Armado.

H-02: Los parámetros sismorresistentes a determinar para la zona de Amarilis - Huánuco, fue mediante el RNE vigente.

H-03: Se utiliza el software ETABS, para realizar el análisis no lineal, Pushover de la estructura en Amarilis – Huánuco – 2023.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Diseño estructural.

Indicadores:

- Cuantía de acero.
- Resistencia de concreto.
- Resistencia de acero.
- Momentos finales de diseño.
- Separación de estribos.

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Análisis no lineal pushover.

Indicadores:

- Derivas.
- Aceleraciones.
- Modos y periodos de vibración.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>V. dependiente Diseño estructural</b>	Elementos de concreto armado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantía de acero</li> <li>• Resistencia de concreto</li> <li>• Resistencia de acero</li> <li>• Momentos finales de diseño</li> <li>• Separación de estribos</li> </ul>	Cuantitativa	Discreta
	Análisis dinámico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derivas</li> <li>• Aceleraciones</li> <li>• Modos y periodos de vibración</li> </ul>		
<b>V. independiente Análisis no lineal pushover</b>	Análisis estático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derivas</li> <li>• Aceleraciones</li> <li>• Modos y periodos de vibración</li> </ul>	Cuantitativa	Discreta

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. ENFOQUE**

Según Gliner & Morgan (2020) El enfoque cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para examinar relaciones causales y patrones estadísticos en la investigación científica.

El enfoque cuantitativo para el diseño estructural de una edificación de 5 niveles utilizando el análisis no lineal pushover en Amarilis, Huánuco, en 2023, implicó la recolección y análisis de datos numéricos y medibles relacionados con la capacidad de resistencia de la estructura ante cargas sísmicas. Busqué proporcionar resultados cuantitativos y precisos sobre su comportamiento sísmico.

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

Según Creswell & Poth, (2022) Una investigación de enfoque explicativo permite comprender en profundidad las relaciones causales y los procesos subyacentes que pueden no ser evidentes en otros enfoques de investigación. A través de la inmersión en un caso específico, los investigadores pueden explorar las interacciones entre variables con mayor detalle.

Este estudio adoptó un enfoque explicativo, pues se realizó un análisis detallado y una evaluación estructural de la edificación de 5 niveles. Se exploraron las relaciones entre las variables independientes y dependientes para comprender mejor los factores que influyen en el rendimiento de la estructura.

##### **3.1.3. DISEÑO**

Según Yin (2021) La investigación no experimental es un enfoque de investigación en el cual el investigador no manipula deliberadamente las variables independientes. En lugar de eso, observa y recopila datos

en entornos naturales para comprender fenómenos tal como ocurren en la vida real

Esta tesis consta de una investigación no experimental que aborda el diseño estructural de un edificio de cinco niveles en Amarilis. Se empleó el modelamiento matemático para el análisis no lineal pushover para evaluar su resistencia y comportamiento, siguiendo las normas vigentes del Perú.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

Según, Lohr (2019) La población abarca todos los elementos relevantes para la investigación, que pueden variar en tamaño y diversidad, e incluyen personas, objetos, eventos u otras unidades de análisis con características similares.

La población definida para este estudio serían todas las edificaciones de concreto armado ubicadas en Amarilis, Huánuco.

### **3.2.2. MUESTRA**

Según, Lohr (2019) La muestra es un subconjunto representativo de la población que refleja sus características, lo que permite realizar inferencias válidas sobre toda la población.

La muestra seleccionada para este estudio serán todas las edificaciones de cinco niveles de concreto armado que se encuentren en la zona de Amarilis, Huánuco.

## **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

**Técnica:** Según Hoyle (2020) la técnica de observación es una herramienta en la investigación que permite a los investigadores capturar datos en tiempo real y en contextos inalterados.

Para esta investigación se dio uso de la técnica de observación. Se observó y analizó el objeto de estudio con el propósito de recolectar

datos detallados y objetivos que permitan el desarrollo de la investigación.

**Instrumentos:** Para llevar a cabo la recopilación de datos se dio uso de instrumentos como:

Encuestas, fichas comparativas y de recopilación de datos, las cuales se encuentran detalladas en los anexos.

### **3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS**

Previo al inicio del diseño estructural, se determinaron las dimensiones de los elementos estructurales, dado que el programa exigía el registro de dicha información. Durante el proceso de modelado estructural, se incluyeron dichas dimensiones para poder analizarlas a través del software ETABS.

### **3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

Como parte del proceso investigativo, se llevó a cabo un minucioso reconocimiento de los parámetros de zona, lo cual incluyó la realización de un levantamiento topográfico donde se planea erigir la estructura. Luego se procedió a dimensionar los componentes de la estructura, tales como columnas, vigas y losa. En base a esos parámetros se realizó la modelación de la estructura utilizando el software ETABS. Una vez completado este proceso de modelado, se ingresaron los parámetros sísmicos correspondientes al emplazamiento, siguiendo rigurosamente las directrices establecidas por la normativa E030. Seguidamente, se llevó a cabo un estudio detallado de la estructura en dicho software, con el fin de verificar su cumplimiento con los límites establecidos por la normativa vigente.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

##### 4.1.1. DISTRIBUCIÓN DE EDIFICACIÓN

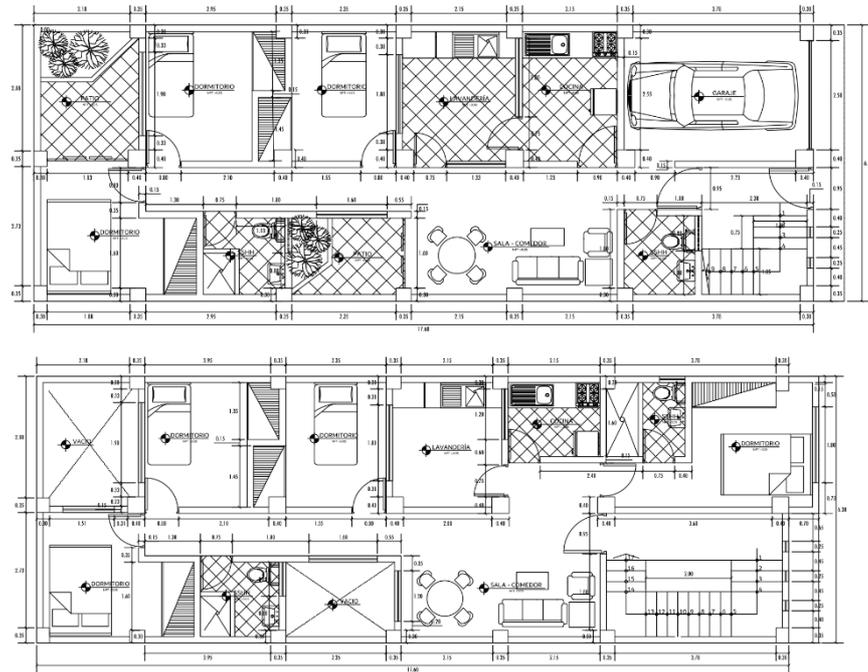
Tabla 2

*Composición arquitectónica*

<b>DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA</b>			
<b>PRIMER NIVEL</b>			
02 PATIOS	=>		11.36 m <sup>2</sup>
03 DORMITORIOS	=>		25.01 m <sup>2</sup>
02 SSHH	=>		6.28 m <sup>2</sup>
01 LAVANDERÍA	=>		7.57 m <sup>2</sup>
01 COCINA	=>		6.46 m <sup>2</sup>
01 SALA COMEDOR	=>		13.43 m <sup>2</sup>
01 GARAJE	=>		12.49 m <sup>2</sup>
<b>DEL SEGUNDO AL QUINTO NIVEL</b>			
02 TRAGALUCES	=>		11.36 m <sup>2</sup>
04 DORMITORIOS	=>		35.42 m <sup>2</sup>
02 SSHH	=>		6.64 m <sup>2</sup>
01 LAVANDERÍA	=>		7.57 m <sup>2</sup>
01 COCINA	=>		3.88 m <sup>2</sup>
01 SALA COMEDOR	=>		13.57 m <sup>2</sup>

Nota. La edificación tomada en cuenta para el análisis no lineal tuvo un área total de 116.55 m<sup>2</sup> de los cuales se estructuró una edificación de 5 niveles la cual se compuso en una edificación multifamiliar, del análisis de zonas distribuidas se tuvo en cuenta un área total construida de 71.24 m<sup>2</sup> con la distribución presentada en la tabla anterior. La edificación se encuentra en la región de Huánuco en la provincia de Huánuco y en el distrito de Amarilis.

**Figura 3**  
Distribución arquitectónica



Nota. Con la identificación de la distribución arquitectónica se procedió a elaborar un análisis de predimensionamiento a fin de estimar las dimensiones de los elementos estructurales que compondrán la edificación partiendo de los metrados de cargas muertas que se generen por efectos de la tabiquería.

#### 4.1.2. PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

**Tabla 3**  
Generalidades de la edificación para el predimensionamiento

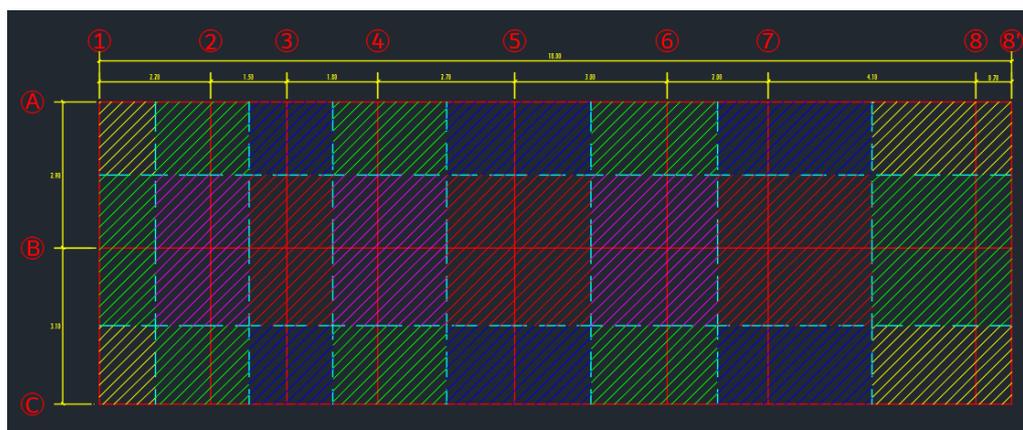
<b>FICHA DE EDIFICACIÓN</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN</b>		
TIPO DE EDIFICACIÓN	=>	MULTIFAMILIAR
LARGO	=>	18.50 m
ANCHO	=>	6.30 m
ÁREA	=>	116.55 m <sup>2</sup>
CANTIDAD DE PISOS	=>	5
ALTURA DE ENTRE PISO	=>	3
ALTURA DE EDIFICACIÓN	=>	15.00 m
<b>CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES</b>		
F'c (CONCRETO)	=>	210 kg/cm <sup>2</sup>
F'y (ACERO)	=>	4200 kg/cm <sup>2</sup>
<b>CARGAS CRÍTICAS</b>		
SOBRE CARGA (CV)	=>	250 kg/m <sup>2</sup>

P. ALIGERADO	=>	380 kg/m <sup>2</sup>
P. TABIQUERÍA	=>	270 kg/m <sup>2</sup>
P. PARAPETOS	=>	150 kg/m <sup>2</sup>
P. ACABADOS	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
<b>PARÁMETROS DE DISEÑO POR SISMOS</b>		
CATEGORÍA	=>	C
ZONA SÍSMICA	=>	2
TIPO DE SUELO	=>	S2
PERIODO FUNDAMENTAL	=>	35
U	=>	1.00
Z	=>	0.25
T <sub>p</sub> (s)	=>	0.60
S	=>	1.15
CT	=>	35.00
T	=>	0.43
C	=>	2.50
ZUCS	=>	0.72

Nota. La edificación analizada se categoriza como una edificación multifamiliar, las dimensiones del terreno levantado tiene un largo de 18.50 m y un frente de 6.30 m, con lo cual se estimó un área total del terreno de 116.55 m<sup>2</sup>, la edificación se compone de 5 niveles y la distancia entre entrepisos se determinó en 3.00 m teniendo en total la edificación una altura de 15.00 m, de la caracterización de los materiales se tomó para el diseño un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>, y un acero estructural corrugado de grado 60 con una resistencia de 4200 kg/cm<sup>2</sup>, al ser una edificación caracterizada como común se estimó según la norma E.020 de cargas que la sobrecarga de entrepiso son 250 kg/m<sup>2</sup>. Por la ubicación de la edificación se pudo caracterizar según el diseño sísmico a la edificación presenta una categoría 2, a partir de las calicatas realizadas en el terreno de interés se estimó que cuenta con un tipo de suelo S2, el cual caracteriza como un suelo intermedio a la zona de la edificación, como se trata de una edificación con un sistema de estructura aporticada se consideró un periodo fundamental de 35, de la estructuración de la arquitectura de la edificación se pudo observar que presenta irregularidades en planta por causa de las esquinas entrantes que presenta por la existencia de los patios.

**Figura 4**

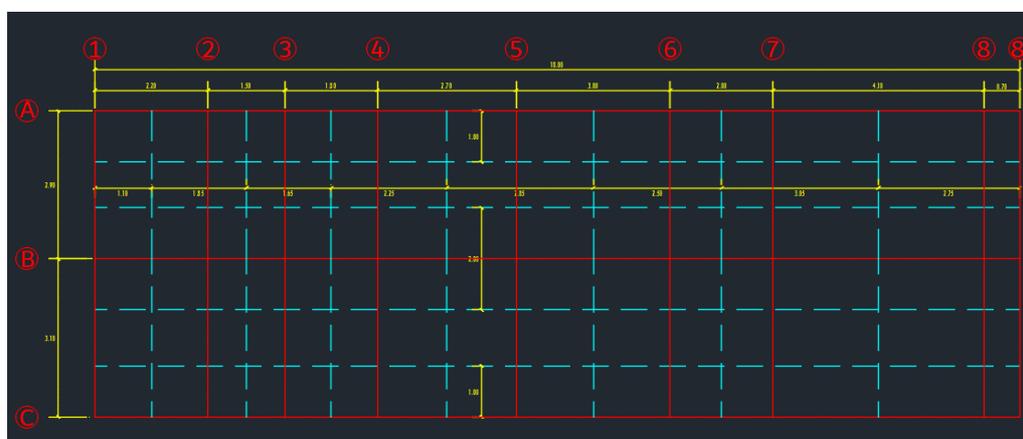
*Áreas tributarias de columnas*



Nota. Planteado los ejes estructurales para la distribución de las columnas y vigas se tomaron en cuenta los anchos tributarios de cada uno de los elementos de las columnas, con ello se pudo determinar que la columna más crítica comprende a la columna central de ubicada en el eje 7 con la cual se hizo el predimensionamiento de las columnas centrales.

**Figura 5**

*Áreas tributarias de vigas*



Nota. En la estructuración de las dimensiones preliminares de las vigas se plantearon las vigas principales inicialmente en el eje "y-y" dicho criterio fue descartado por las longitudes y por la facilidad del proceso constructivo se tomó como el eje de las vigas principales el eje "x-x" teniendo así un sentido menor y un proceso constructivo más idóneo.

**Tabla 4***Predimensionamiento de losa*

<b>PREDIMENSIONAMIENTO LOSA ALIGERADA</b>		
LONGITUD MAYOR DE LADO MENOR	=>	4.10 m
<b>CRITERIO APLICATIVO</b>		
H DE LOSA ALIGERADA ( $L_n/25$ )	=>	0.16 m
H ESCOGIDO	=>	0.25 m
PP TABIQUERÍA MOVIL	=>	270 kg/m <sup>2</sup>
PP ACABADOS	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
PP LOSA ALIGERADA	=>	380 kg/m <sup>2</sup>
SOBRECARGA ENTREPISO	=>	250 kg/m <sup>2</sup>
<b>CRITERIO DE SOBRECARGAS</b>		
CARGA MUERTA	=>	750 kg/m <sup>2</sup>
CARGA VIVA	=>	250 kg/m <sup>2</sup>
CARGA MUERTA RLINEAL	=>	300 kg/m
CARGA VIVA LINEAL	=>	100 kg/m
CARGA TOTAL	=>	1000 kg/m <sup>2</sup>
CARGA ÚLTIMA	=>	590 kg/m <sup>2</sup>
CUANTÍA MÁXIMA	=>	0.009
CUANTÍA MÍNIMA	=>	0.0033
ACERO MÍN REQUERIDO	=>	0.73
ACERO COLOCADO	=>	1Ø1/2 -> 1.27 cm <sup>2</sup>
ÁREA DE ACERO DE TEMP	=>	0.90
ACERO DE TEMP	=>	Ø1/4 @ 25 cm
<b>VERIFICACIÓN POR CORTE</b>		
CORTE ÚLTIMO	=>	1390.93 kg
CORTE EN CARA	=>	1407.15 kg
CORTE ADMISIBLE	=>	1579.86 kg
CONCLUSIÓN	=>	SE ACEPTA EL PREDIMENSIONAMIENTO

Nota. Para la edificación se planteó como sistema principal en las losas considerar losas aligeradas en una dirección, de ello se identificó que la longitud mayor del correspondiente lado menor de la edificación es de 4.10 m dicha luz es la más crítica para el diseño preliminar de la edificación, por el criterio aplicativo se tuvo un espesor preliminar de 0.16 m pero dicho espesor no cumplía con el análisis de verificación al corte, por lo cual teniendo en cuenta las sobrecargas de tabiquería y lo estipulado en la norma E0.20 en su apartado de cargas, el espesor de la losa se estimó en 0.25 m presentado un acero preliminar de 1/2" en las viguetas en una dirección.

**Tabla 5**

*Predimensionamiento de vigas principales*

<b>PREDIMENSIONAMIENTO VIGA PRINCIPAL</b>		
LUZ MAYOR DE VIGA	=>	3.10 m
ANCHO TRIBUTARIO	=>	3.05 m
<b>CARGAS</b>		
PP TABIQUERÍA MÓVIL	=>	270 kg/m <sup>2</sup>
PP ACABADOS	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
PP DE VIGA	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
PP LOSA ALIGERADA	=>	380 kg/m <sup>2</sup>
SOBRECARGA DE ENTREPISO	=>	250 kg/m <sup>2</sup>
CARGA MUERTA	=>	850 kg/m <sup>2</sup>
CARGA VIVA	=>	250 kg/m <sup>2</sup>
W=WD+WL	=>	1100 kg/m <sup>2</sup>
Wu=(1.4WDv)+(1.7WLv)	=>	1615 kg/m <sup>2</sup>
Wu	=>	0.16 kg/cm <sup>2</sup>
<b>DIMENSIONAMIENTO DE VIGA</b>		
$h = Ln / (4 / \text{Raíz } Wu)$	=>	0.31 m
$b = B / 20$	=>	0.15 m
"h" USADA	=>	0.35 m
"b" USADA	=>	0.30 m

Nota. En el predimensionamiento de la viga principal se tomó en cuenta la luz más crítica en la actuarán las cargas de la losa aligerada el cual fue de 3.10 m con un ancho tributario de 3.05 m, con ello y teniendo en cuenta las características de las sobrecargas se pudo determinar que la viga principal debe presentar una sección de 0.30 x 0.35 m.

**Tabla 6**

*Predimensionamiento de vigas Secundarias*

<b>PREDIMENSIONAMIENTO VIGA SECUNDARIA</b>		
LUZ MAYOR DE VIGA	=>	3.00 m
ANCHO TRIBUTARIO	=>	2.00 m
<b>CARGAS</b>		
PP TABIQUERÍA MÓVIL	=>	270 kg/m <sup>2</sup>
PP ACABADOS	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
PP DE VIGA	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
PP LOSA ALIGERADA	=>	380 kg/m <sup>2</sup>
SOBRECARGA DE ENTREPISO	=>	250 kg/m <sup>2</sup>
CARGA MUERTA	=>	850 kg/m <sup>2</sup>
CARGA VIVA	=>	250 kg/m <sup>2</sup>
W=WD+WL	=>	1100 kg/m <sup>2</sup>
Wu=(1.4WDv)+(1.7WLv)	=>	1615 kg/m <sup>2</sup>
Wu	=>	0.16 kg/cm <sup>2</sup>
<b>DIMENSIONAMIENTO DE VIGA</b>		
$h = Ln / (4 / \text{Raíz } Wu)$	=>	0.30 m
$b = B / 20$	=>	0.10 m

"h" USADA	=>	0.30 m
"b" USADA	=>	0.25 m

Nota. En el predimensionamiento de la viga secundaria se tomó en cuenta la luz más crítica en la actuarán las cargas de las losas en una dimensión de ancho tributario de 2.00m teniendo en cuenta las características de sobrecarga y los anchos tributarios se pudo determinar que la sección para la viga secundaria se dimensiona en 0.25 x 0.30 m.

**Tabla 7**

*Predimensionamiento de columnas*

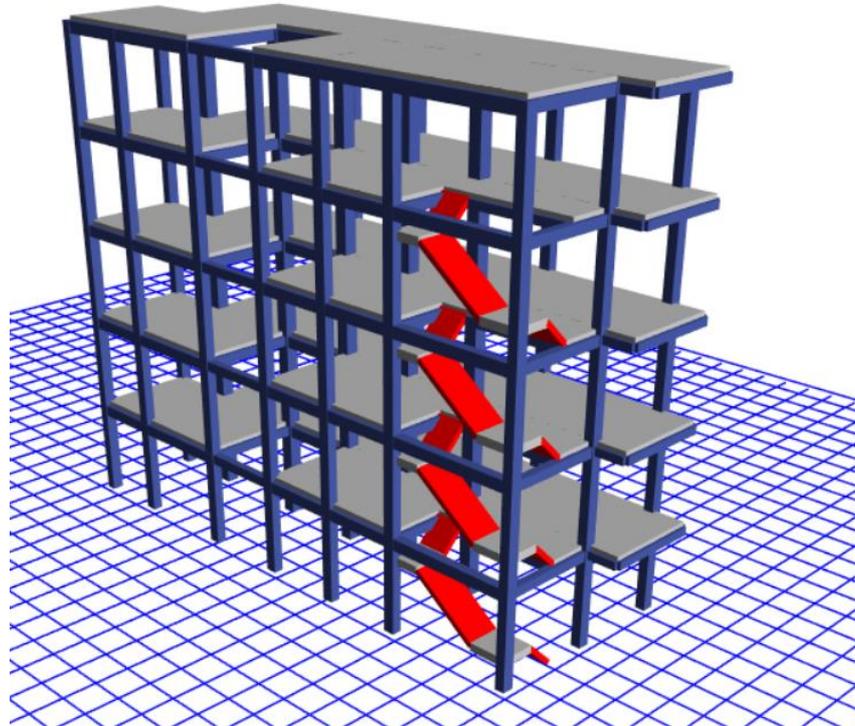
<b>PREDIMENSIONAMIENTO COLUMNAS</b>		
<b>CARGAS</b>		
SOBRECARGA DE ENTREPISO	=>	250 kg/m <sup>2</sup>
PP ACABADOS	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
PP COLUMNAS	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
PP VIGAS	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
SOBRECARGAS	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
PP LOSA ALIGERADA	=>	380 kg/m <sup>2</sup>
PP TABIQUERÍA	=>	270 kg/m <sup>2</sup>
PP TABIQUERÍA (PARAPETO)	=>	150 kg/m <sup>2</sup>
CARGA MUERTA	=>	1010 kg/m <sup>2</sup>
CARGA VIVA	=>	250 kg/m <sup>2</sup>
CARGA VIVA DE TECHO	=>	100 kg/m <sup>2</sup>
1.4WD + 1.7WL	=>	1839 kg/m <sup>2</sup>
PESO DEL 1er AL 4to PISO	=>	7356 kg/m <sup>2</sup>
PESO DEL 5to PISO	=>	1332 kg/m <sup>2</sup>
CARGA TOTAL POR GRAVEDAD	=>	8688 kg/m <sup>2</sup>
<b>DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA</b>		
C-1 ESQUINA	=>	0.30 m x 0.35 m
C-2 LATERAL	=>	0.35 m x 0.30 m
C-3 CENTRAL	=>	0.40 m x 0.40 m

Nota. El predimensionamiento de las columnas se realizó a partir de un análisis de suelo previo el cual caracterizó la resistencia del suelo del cual se pudo identificar que es un suelo intermedio, con dicha información y los parámetros de diseño sismo resistente de coeficientes de caracterización y los valores de cargas actuantes se pudo determinar que las secciones de las columnas están en 0.30 x 0.35, 0.35 x 0.30 y 0.40 x 0.40 m para las columnas de esquina, laterales y centrales respectivamente.

### 4.1.3. ANÁLISIS PREVIO DE ETABS

**Figura 6**

*Modelo base ETABS*



Nota. La estructuración básica de la edificación se realizó a partir del predimensionamiento estimado en el ítem anterior de la investigación dicho modelo fue analizado a fin de verificar la viabilidad de su edificación a partir de los lineamientos E.030 reglamento del diseño sismorresistente.

**Tabla 8**

*Análisis del periodo de la edificación*

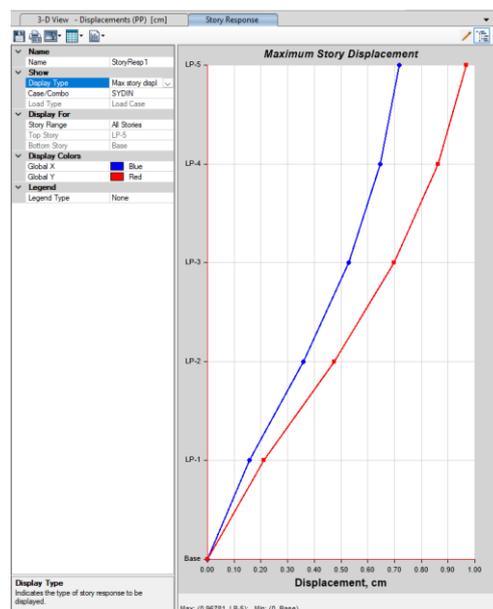
TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
Case	Mode	Period	UX	UY	SumU X	SumU Y	RZ	SumR Z	
		sec							
Modal	1	0.5 55	0.0 135	0.7 248	0 .0135	0 .7248	0.0 987	0 .0987	
Modal	2	0.5 14	0.2 312	0.1 055	0 .2447	0 .8303	0.5 068	0 .6056	
Modal	3	0.4 27	0.5 948	0.0 052	0 .8395	0 .8355	0.2 336	0 .8392	
Modal	4	0.1 8	0.0 0001224	0.1 078	0 .8395	0 .9432	0.0 0001249	0 .8392	
Modal	5	0.1 72	0.0 252	6.9 64E-06	0 .8647	0 .9432	0.0 77	0 .9162	

Modal	6	0.1	0.0	6.9	0	0	0.0	0
		47	765	74E-06	.9412	.9433	256	.9419
Modal	7	0.1	0.0	0.0	0	0	0.0	0
		06	008	308	.942	.974	053	.9471
Modal	8	0.1	0.0	0.0	0	0	0.0	0
			098	061	.9517	.9801	206	.9678
Modal	9	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0
		9	266	002	.9783	.9803	119	.9796
Modal	10	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0
		76	006	118	.9789	.9921	028	.9825
Modal	11	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0
		71	051	037	.9841	.9957	066	.9891
Modal	12	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0
		65	112	001	.9953	.9959	065	.9956
Modal	13	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0
		63	001	028	.9954	.9987	01	.9966
Modal	14	0.0	0.0	0.0	0	1	0.0	0
		58	015	012	.9969		015	.9981
Modal	15	0.0	0.0	0.0	1	1	0.0	1
		53	031	0004106			019	

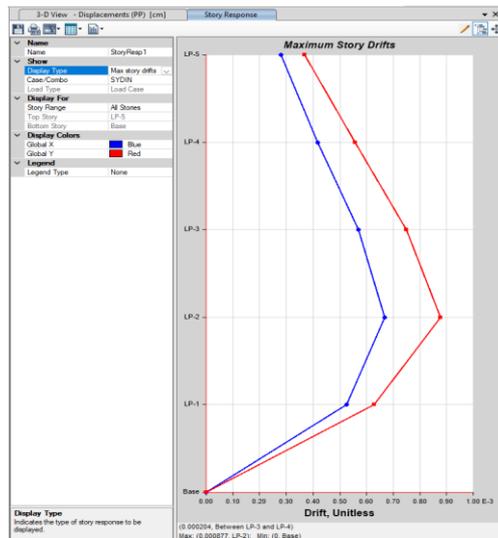
Nota. Ingresando los patrones de carga y propiamente las cargas que afectan a la edificación se estimaron los valores del periodo de vibración de la estructura, la cual el periodo mayor se estimó según la participación modal de las masas en 0.555, dicho valor es superior a lo establecido empíricamente en la estimación del periodo ya que esto se estima con el  $0.1H_t$  el cual se estima en 0.5, evidenciando su periodo superior al valor permisible.

**Figura 7**

*Desplazamiento y deriva de entrepiso*



(A)



(B)

Nota. De los resultados analizados se pudo determinar que la deriva y el desplazamiento de la edificación se hace crítico en el sentido Y del modelo por lo cual se hizo necesario la verificación de las derivas en dicho sentido, del análisis se pudo determinar que el mayor desplazamiento de entrepiso es de 0.97 cm mientras que el mayor valor de deriva de piso en ese sentido fue de 0.00877 cm. ((A) Desplazamiento, (B) Deriva)

**Tabla 9**

*Análisis de máximas derivas*

MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN LA DIRECCIÓN "Y-Y"			
Regularidad Estructural :			Irregular
Coefficiente de Desplazamiento Lateral :			0.85
Coefficiente de Reducción Sísmica : R =			8
Altura de Entrepiso (cm) =			300
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN "Y-Y" =			0.97
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO REAL EN "Y-Y"			6.58
=			
MÁXIMA DERIVA DE PISO EN "Y-Y" =			0.00877
MÁXIMA DERIVA DE PISO EN LA DIRECCIÓN: "Y-Y"			
REVISIÓN :	0.0596	<	0.007
MÁX. DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO			
REVISIÓN :	17.89	<	2.10

Nota. Según la normativa E.030 se establece que los límites de deriva en una edificación de concreto armado se da como máximo en 0.007 cm y para la edificación se estimó en 0.0596 el cual es mayor al límite establecido, para el análisis del desplazamiento de entrepiso se estimó que la edificación tiene un desplazamiento máximo de entrepiso de 2.10 cm y para la edificación se estimó un desplazamiento de 17.89 cm.

Del modelo predimensionado se pudo deducir que se requiere de la aplicación de una rigidez en el sentido y de la estructura con lo cual se plantearon placas a fin de reducir el periodo de vibración y los desplazamientos y derivas que alteran a la edificación.

#### 4.1.4. OPTIMIZACIÓN DEL MODELO ETABS

Como se vio en el apartado anterior se requería una rigidización de la estructura en el eje Y del modelo con lo cual se elaboraron los siguientes reajustes:

**Tabla 10**

*Elementos estructurales*

<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>		
<b>SECCIONES OPTIMIZADAS</b>		
COLUM. CENTRAL	=>	40 X 50 CM
COLUM. LATERAL	=>	40 X 30 CM
COLUM. ESQUINERA	=>	30 X 35 CM
VIGA PRINCIP.	=>	30 X 40 CM
VIGA SECUND.	=>	30 X 35 CM
VIGA BORDE	=>	20 X 25 CM
PLACA	=>	e= 20 CM
LOSA ALIGERADA	=>	e = 25CM

Nota. Del análisis estructural ejecutado preliminarmente se requirieron mejoras para una adecuación de los valores de desplazamiento y derivas que presentó la edificación es por ello que la edificación presentó una falta de rigidez la cual se corrigió a partir de la

colocación de placas estructurales y el redimensionamiento tanto de vigas como de columnas y el incremento de una viga de borde de 20 x 25 cm en las zonas del voladizo y en la loza de recepción de las gradas.

**Tabla 11**

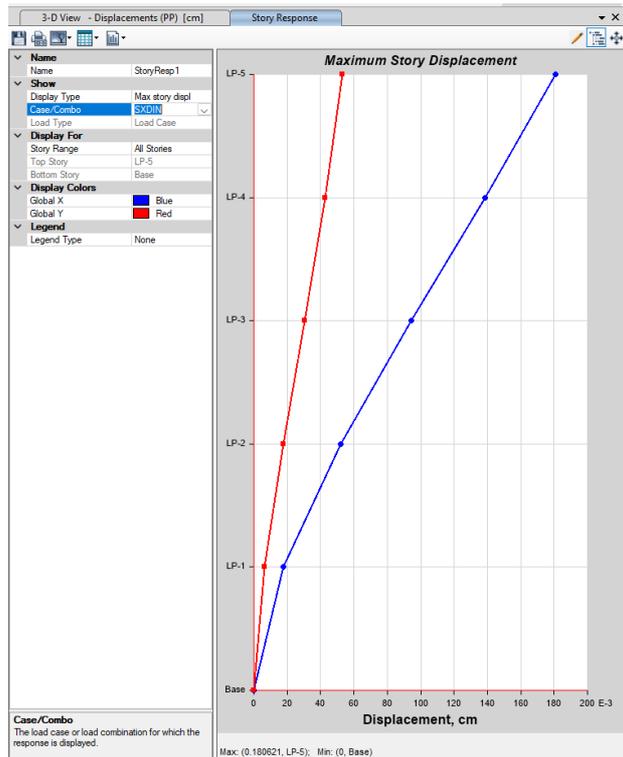
*Análisis del periodo de la edificación – Modelo Optimizado*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
sec								
Modal	1	0.492	0	0.8386	0	0.8386	0.0025	0.0025
Modal	2	0.305	0.0009	0.0018	0.0009	0.8404	0.7508	0.7532
Modal	3	0.21	0.7205	0.00E+00	0.7214	0.8404	0.0007	0.7539
Modal	4	0.162	0.0000175	0.1046	0.7214	0.9449	0.0000452	0.754
Modal	5	0.095	6.74E-07	0.0356	0.7214	0.9806	0.0016	0.7555
Modal	6	0.085	0.0001	0.0004	0.7215	0.981	0.1713	0.9268
Modal	7	0.068	0	0.015	0.7215	0.996	0.0002	0.927
Modal	8	0.056	0	0.004	0.7215	1	0.000002553	0.927
Modal	9	0.052	0.2013	0	0.9228	1	0.00004324	0.927
Modal	10	0.043	0.000003927	5.354E-06	0.9228	1	0.0528	0.9798
Modal	11	0.03	0.0001	1.182E-06	0.9228	1	0.0166	0.9964
Modal	12	0.025	0.056	0	0.9789	1	0.0002	0.9966
Modal	13	0.025	0.0005	0	0.9793	1	0.0034	1
Modal	14	0.017	0.0172	0	0.9965	1	0.00001676	1
Modal	15	0.014	0.0035	0	1	1	0.00000348	1

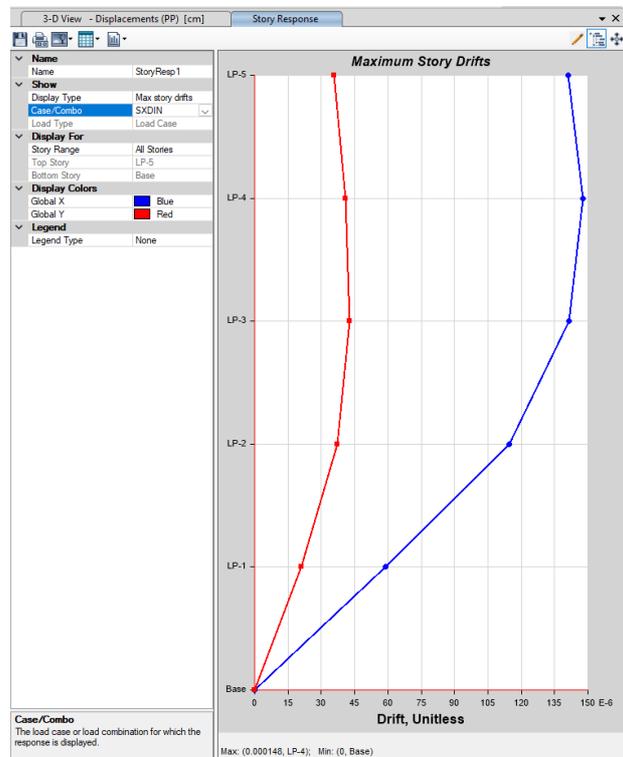
Nota. Ingresando los patrones de carga y propiamente las cargas que afectan a la edificación se estimaron los valores del periodo de vibración de la estructura, la cual el periodo mayor se estimó según la participación modal de las masas en 0.492, dicho valor es menor a lo establecido empíricamente en la estimación del periodo ya que esto se estima con el  $0.1H_t$  el cual se estima en 0.5.

**Figura 8**

*Desplazamiento y deriva de entrepiso X-X*



(A)

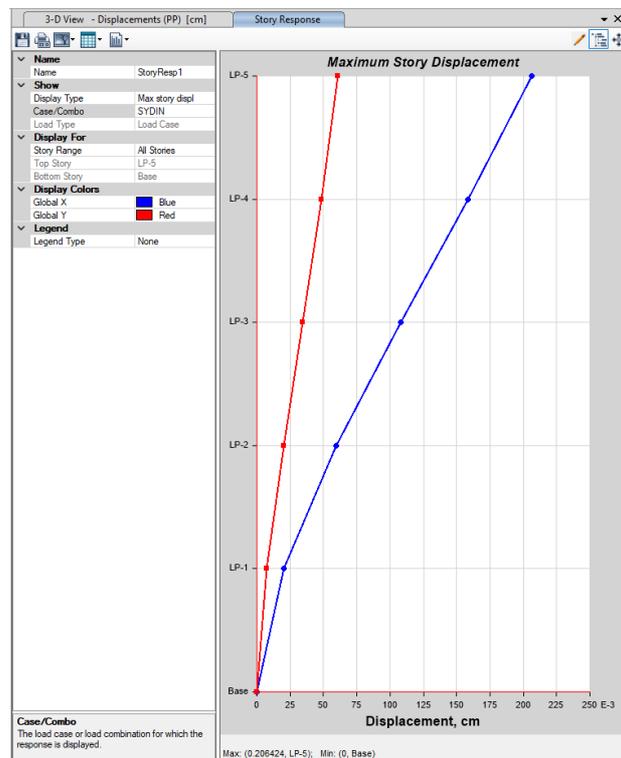


(B)

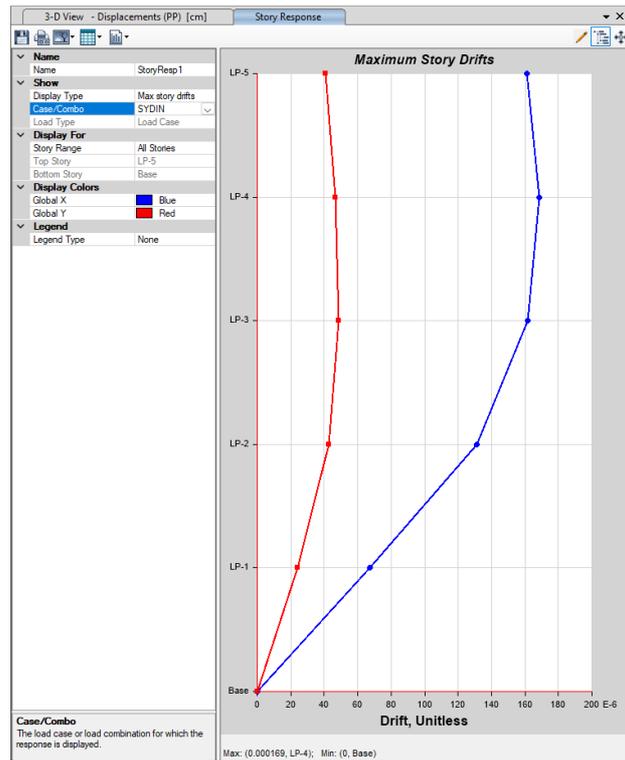
Nota. De los resultados analizados se pudo determinar que la deriva y el desplazamiento de la edificación se hace crítico en el sentido Y del modelo por lo cual se hizo necesario la verificación de las derivas en dicho sentido, del análisis se pudo determinar que el mayor desplazamiento de entrepiso es de 0.18 cm mientras que el mayor valor de deriva de piso en ese sentido fue de 0.000148 cm. ((A) Desplazamiento, (B) Deriva)

**Figura 9**

*Desplazamiento y deriva de entrepiso Y-Y*



(A)



(B)

Nota. De los resultados analizados se pudo determinar que la deriva y el desplazamiento de la edificación se hace crítico en el sentido Y del modelo por lo cual se hizo necesario la verificación de las derivas en dicho sentido, del análisis se pudo determinar que el mayor desplazamiento de entrepiso es de 0.21 cm mientras que el mayor valor de deriva de piso en ese sentido fue de 0.000169 cm. ((A) Desplazamiento, (B) Deriva)

**Tabla 12**

*Análisis de máximas derivas X-X*

MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN LA DIRECCIÓN "X-X"	
Regularidad Estructural :	Irregular
Coefficiente de Desplazamiento Lateral :	0.85
Coefficiente de Reducción Sísmica : R =	8
Altura de Entrepiso (cm) =	300
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN "X-X" =	0.18
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO REAL EN "X-X" =	1.23

MÁXIMA DERIVA DE PISO EN "X-X"			0.000148
=			
MÁXIMA DERIVA DE PISO EN LA DIRECCIÓN: "X-X"			
REVISIÓN :	0.0010	<	0.007
MÁX. DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO			
REVISIÓN :	0.30	<	2.10

Nota. Según la normativa E.030 se establece que los límites de deriva en una edificación de concreto armado se da como máximo en 0.007 cm y para la edificación se estimó en 0.0010 el cual es menor al límite establecido, para el análisis del desplazamiento de entrepiso se estimó que la edificación tiene un desplazamiento máximo de entrepiso de 2.10 cm y para la edificación se estimó un desplazamiento de 0.30 cm.

**Tabla 13**

*Análisis de máximas derivas Y-Y*

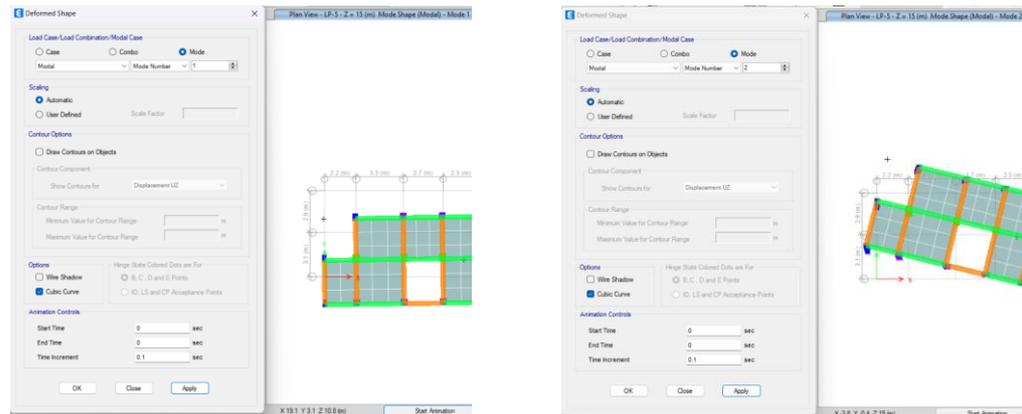
MAXIMO DESPLAZAMIENTO EN LA DIRECCIÓN "Y-Y"			
Regularidad Estructural :			Irregular
Coefficiente de Desplazamiento Lateral :			0.85
Coefficiente de Reducción Sísmica : R			8
=			
Altura de Entrepiso (cm) =			300
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN "Y-Y" =			0.21
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO REAL EN "Y-Y" =			1.4
MÁXIMA DERIVA DE PISO EN "Y-Y"			0.000169
=			
MÁXIMA DERIVA DE PISO EN LA DIRECCIÓN: "Y-Y"			
REVISIÓN :	0.0011	<	0.007
MÁX. DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO			
REVISIÓN :	0.34	<	2.10

Nota. Según la normativa E.030 se establece que los límites de deriva en una edificación de concreto armado se da como máximo en

0.007 cm y para la edificación se estimó en 0.0011 el cual es menor al límite establecido, para el análisis del desplazamiento de entrepiso se estimó que la edificación tiene un desplazamiento máximo de entrepiso de 2.10 cm y para la edificación se estimó un desplazamiento de 0.34 cm.

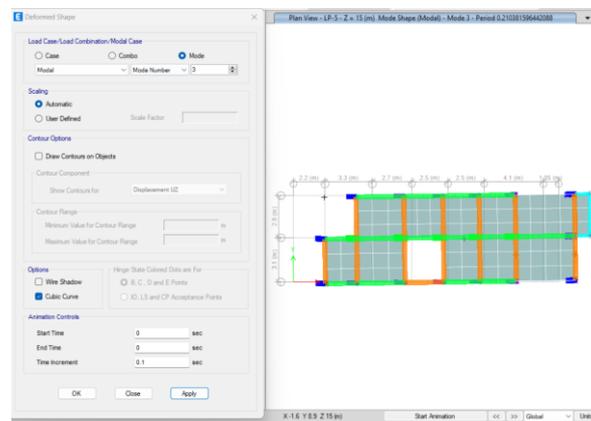
**Figura 10**

*Análisis de desplazamientos por cargas modales*



(a) Caso Modal 1

(b) Caso Modal 2



(b) Caso modal 3

Nota. Del análisis modal aplicado en la estructura según la E.030 los tres primeros casos deben experimentar los desplazamientos en X, Y y las torsiones, dicha limitante en la estructura optimizada se presenta acorde a lo establecido en la normativa ya que en el análisis de las deformaciones de la estructura se presentan esos 3 casos en los 3 primeros análisis modales.

#### 4.1.5. ANÁLISIS PUSHOVER

Tabla 14

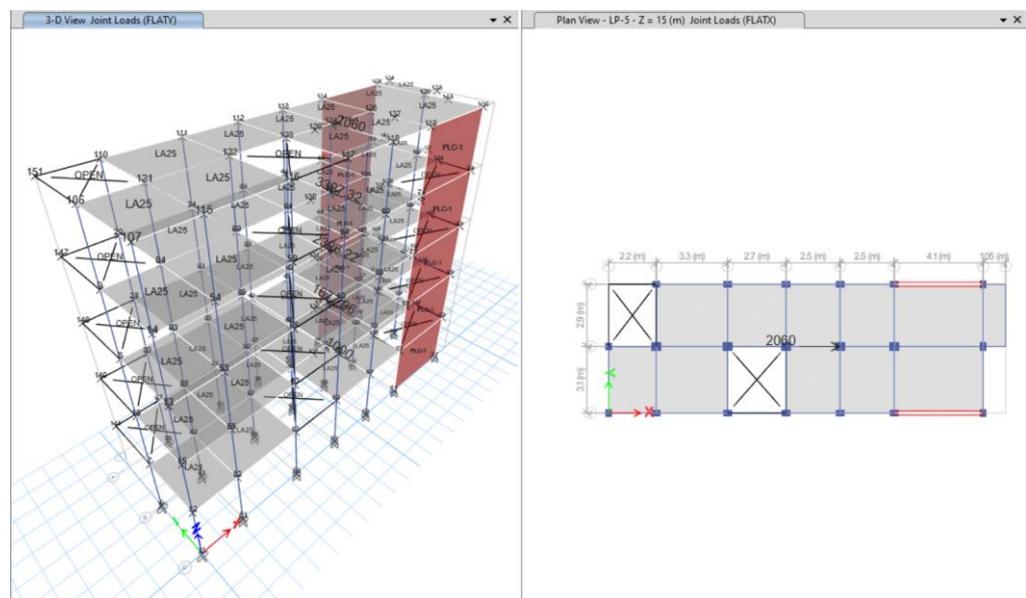
Distribución de cargas

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS				
PISO	CORTANTE	FUERZA	FACTOR	PUSHOVER
5	7437.37	7437.37	2.06	2060.00
4	19702.99	12265.62	3.40	3397.32
3	28354.26	8651.27	2.40	2396.22
2	34412.32	6058.06	1.68	1677.96
1	38022.70	3610.38	1.00	1000.00

Nota. Con el análisis de cortantes obtenidas del modelo sísmico aplicado en la estructura se llegó a obtener los valores de fuerza actuante por piso que se genera para efectos de corte, a partir de ello se estimaron los factores de distribución a fin de poder estimar los valores de fuerza aplicados en el modelo estructural.

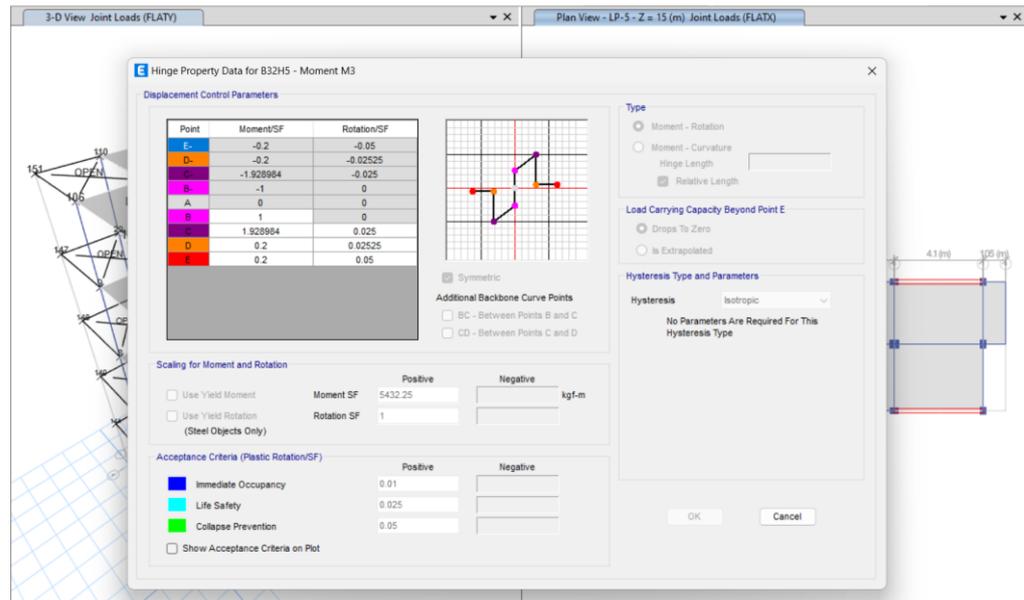
Figura 11

Aplicación de cargas del modelo



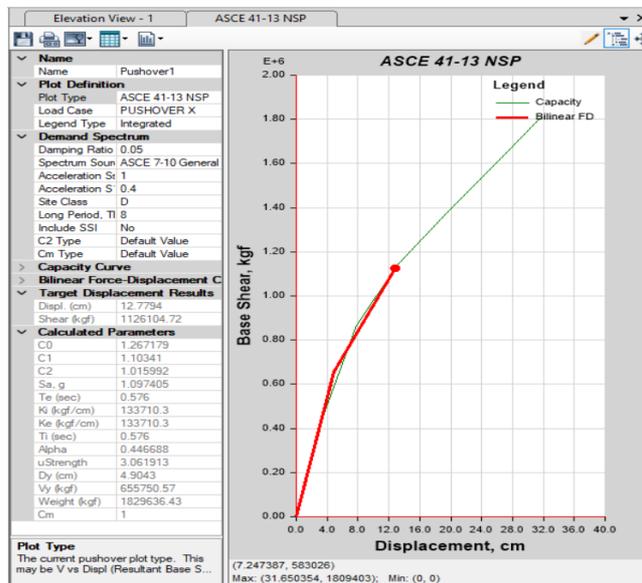
Nota. Con la estimación de las fuerzas a partir de la cortante se crearon casos de cargas en los sentidos X e Y del modelo con lo cual se distribuyeron las fuerzas a partir de la tabla precedente.

**Figura 12**  
Definición de rótulas



Nota. Se definen el comportamiento de las rótulas tanto como de las vigas como de las columnas a fin de poner analizar los desplazamientos y quiebres del modelo de edificación planteada.

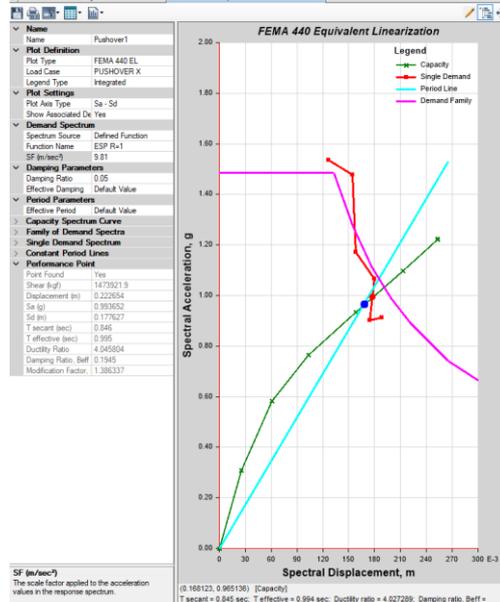
**Figura 13**  
Curva de resistencia de la edificación



Nota de la curva desplazamiento de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 31.65 cm aplicando una fuerza de 18094 kgf, esta curva será analizada a partir de los efectos des espectro de sismo en la edificación.

**Figura 14**

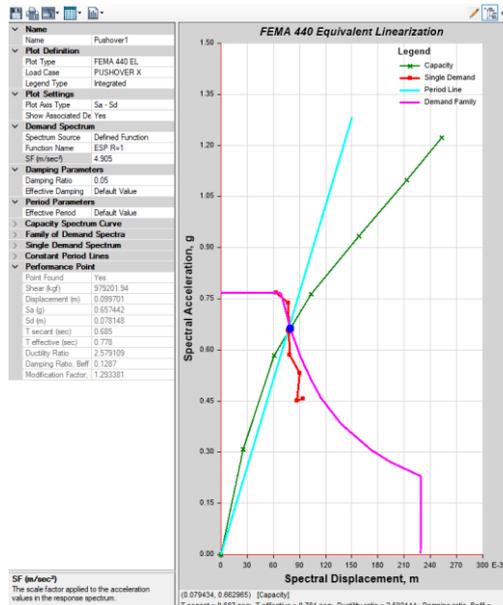
*Análisis de edificación con espectro R=8*



Nota. Con el análisis del espectro con un R=8 se pudo determinar que la edificación se encuentra en la zona no plástica de su resistencia y se encuentra en la zona de ocupación inmediata.

**Figura 15**

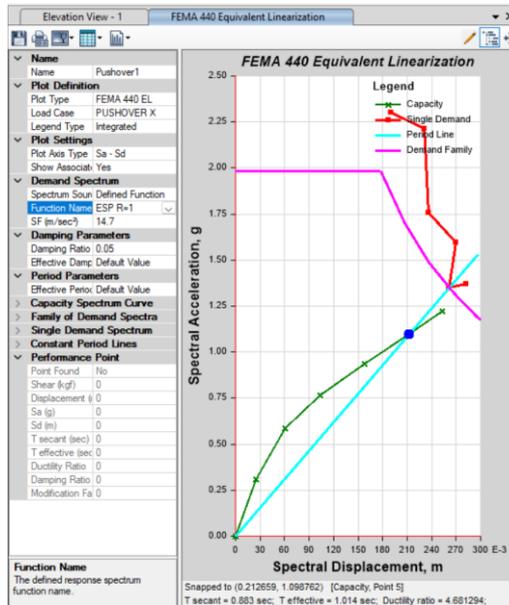
*Análisis de edificación con espectro de sismo reducido*



Nota. Con el análisis del espectro reducido se pudo determinar que la edificación se encuentra en la zona plástica de su resistencia y se encuentra en la zona ocupacional.

**Figura 16**

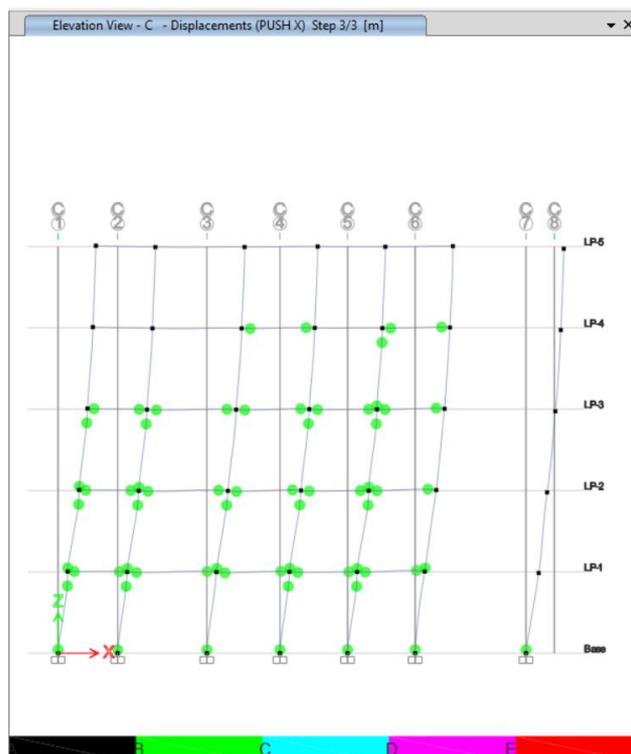
*Análisis de edificación con espectro crítico*



Nota. Con el análisis del espectro crítico se pudo determinar que la curva de resistencia de la edificación no presenta intersección con la gráfica del espectro del sismo con lo cual se determina que la estructura para ese tipo de sismo colapsa.

**Figura 17**

*Análisis de rótulas de la edificación*



Nota. Del análisis del espectro de sismo en estado estándar para la ubicación de la edificación se evidencia la presencia de rótulas en vigas y columnas, pero se encuentra dentro de los límites de aceptables de desplazamiento sin llegar a un nivel crítico.

**Tabla 15**

*Desempeño de la edificación*

<b>NIVEL DE SISMO</b>	<b>NIVELES DE DESEMPEÑO</b>		
	<b>OPERACIONAL</b>	<b>OCUPACIÓN INMEDIATA</b>	<b>SEGURIDAD DE VIDA</b>
<b>SISMO DE SERVICIO</b>		X	
<b>SISMO DE DISEÑO</b>			X
<b>SISMO MÁXIMO</b>			X

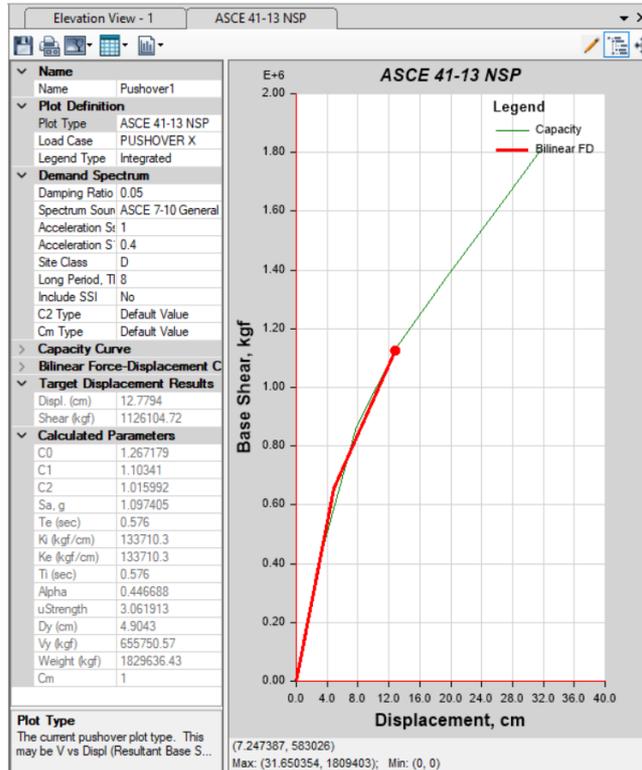
Nota. Con los análisis de la edificación para diferentes sismos se pudo determinar que la edificación frente a un sismo de servicio se puede presentar una ocupación inmediata, mientras que para un sismo de diseño presenta una característica de seguridad de vida y para un sismo máximo la edificación presenta una prevención al colapso.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hi: El diseño estructural de una edificación de 5 niveles mejora empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023.

**Figura 18**

*Curva de resistencia de la edificación*



La edificación presenta un desplazamiento máximo de 31.65 cm con lo cual se pudo identificar que la edificación en su análisis debido a esas fuerzas incrementará sus valores de periodo.

**Tabla 16**

*Periodo Pushover*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
Case	Mode	Period	UX	UY	SumU X	SumU Y	RZ	SumR Z	
se									
c									
odal	M	1	0.7	0	0	0	0.0	0	
			85	8388	0	.8388	025	.0025	
odal	M	2	0.3	0.0	0	0	0.7	0	
			54	008	.0008	.8407	517	.7543	
odal	M	3	0.2	0.7	0	0	0.0	0	
			09	214	00E+00	.7222	.8407	006	.7549

M	4	0.1	0.0	0.	0	0	0.0	0
odal		61	000127	1046	.7222	.9452	001	.7549
M	5	0.0	6.4	0.	0	0	0.0	0
odal		94	7E-07	0354	.7222	.9806	017	.7566
M	6	0.0	0.0	0.	0	0	0.1	0
odal		85	001	0005	.7223	.9811	704	.927
M	7	0.0	0	0.	0	0	0.0	0
odal		68	0	0149	.7223	.996	001	.9271
M	8	0.0	0.0	0.	0	1	0.0	0
odal		56	00001026	004	.7223		00001465	.9271
M	9	0.0	0.2	0	0	1	0.0	0
odal		52	006		.9229		0003772	.9272
M	10	0.0	0.0	6.	0	1	0.0	0
odal		43	00004496	919E-06	.9229		527	.9798
M	11	0.0	0.0	1.	0	1	0.0	0
odal		3	001	832E-06	.9229		166	.9964
M	12	0.0	0.0	0	0	1	0.0	0
odal		25	562		.9791		001	.9966
M	13	0.0	0.0	0	0	1	0.0	1
odal		25	002		.9793		034	
M	14	0.0	0.0	0	0	1	0.0	1
odal		17	172		.9965		0001546	
M	15	0.0	0.0	0	1	1	0.0	1
odal		14	035				00003216	

La edificación con el análisis pushover presenta un periodo mayor a causa de los incrementos de fuerza y los espectros analizados, con ello se pudo identificar que la edificación presenta un efecto por las fuerzas colocadas, con ello se puede plantear medidas de reajuste con las secciones y aceros planteados en los elementos estructurales de la edificación.

**Tabla 17**

*Desempeño de la edificación*

NIVEL DE SISMO	NIVELES DE DESEMPEÑO		
	OPERACIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA	SEGURIDAD DE VIDA PREVENCIÓN AL COLAPSO
SISMO DE SERVICIO		X	
SISMO DE DISEÑO			X
SISMO MÁXIMO			X

Con los análisis de la edificación para diferentes sismos se pudo determinar que la edificación frente a un sismo de servicio se puede presentar una ocupación inmediata, mientras que para un sismo de diseño presenta una característica de seguridad de vida y para un sismo máximo la edificación presenta una prevención al colapso.

Con los valores obtenidos se puede afirmar la hipótesis, de que analizando la edificación por la metodología pushover se pueden mejorar el diseño de los elementos estructurales.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para Eduardo (2019), en su investigación pudo obtener que el análisis convencional no es suficiente en comparación al análisis Pushover, debido a que en la aplicación de los análisis convencionales se conservan las dimensiones de los elementos estructurales sin tener en cuenta los efectos de la pérdida de rigidez y a ello se le adicionan las deformaciones del edificio presentan un comportamiento elástico, en el análisis realizado por Eduardo (2019), se pudo identificar que el efecto Pushover genera una deformación mucho mayor dentro de las edificaciones en comparación con un análisis convencional para el Pushover se consideró un desplazamiento en rango plástico, para el modelo se pudo determinar que la estructura presenta una capacidad de "Ocupación Inmediata", para un sismo de diseño. En la presente investigación se determinó que la edificación presenta para un sismo de servicio una ocupación inmediata al igual que la investigación de referencia, sin embargo, se puede evidenciar que las dimensiones de ambas estructuras varían considerablemente y las irregularidades no son las mismas por ello se requeriría que para la edificación analizada en esta investigación se ajuste un poco más las dimensiones y refuerzos de las estructuras planteadas.

Según Cueva (2022), en el análisis Pushover efectuado para la institución educativa se pudo determinar que la curva de capacidad en el eje X se alcanzó una cortante de 1609.942 Tn y un movimiento lateral de 0.251 m, los valores de cortante de fluencia estimados fueron de 1135 Tn y con un desplazamiento de 0.063m, evidenciando la mayor rigidez en el sentido Y debido a la presencia de placas y muros de albañilería en su estructuración. La edificación que analizó se pudo identificar que para un sismo frecuente y ocasional la edificación presenta un comportamiento operacional. Para la presente investigación se logró obtener de la curva de capacidad e la edificación que se tiene un desplazamiento máximo de 0.31 m con una fuerza

de 1809.4 Tn la variación en la fuerza y la resistencia se debe a la presencia de placas estructurales en la edificación que incrementa el peso de la edificación en comparación con las estructuras de muros de baja ductilidad que presentan los módulos de la institución educativa.

## CONCLUSIONES

La edificación con el análisis Pushover incrementa sus deformaciones debido a la presencia de fuerzas laterales dentro de la edificación a partir de ello con un reajuste de las dimensiones y el análisis de la resistencia de la edificación se puede mejorar o verificar los parámetros óptimos de la edificación.

Del predimensionamiento de la estructura se pudo determinar que los elementos estructurales presentan las siguientes dimensiones: el espesor de la losa se estimó en 0.25 m presentado un acero preliminar de  $\frac{1}{2}$ " en las viguetas en una dirección, viga principal debe presentar una sección de 0.30 x 0.35 m, viga secundaria se dimensiona en 0.25 x 0.30 m y 0.30 x 0.35, 0.35 x 0.30 y 0.40 x 0.40 m para las columnas de esquina, laterales y centrales respectivamente.

Del análisis de los espectros sísmicos de la edificación se pudo determinar que la edificación frente a un **sismo de servicio** se puede presentar una **ocupación inmediata**, mientras que para un **sismo de diseño** presenta una característica de **seguridad de vida** y para un **sismo máximo** la edificación presenta una **prevención al colapso**.

Del análisis estático y dinámico del modelo se pudo determinar que en el sentido X-X se estimó una deriva de 0.0010 el cual es menor al límite establecido, para el análisis del desplazamiento de entrepiso se estimó que para la edificación un desplazamiento de 0.30 cm; mientras que para un sentido Y-Y se estimó una deriva de 0.0011, se estimó que la edificación tiene un desplazamiento de 0.34 cm encontrándose dentro de los límites establecidos.

## RECOMENDACIONES

Considerando que las deformaciones incrementan con el análisis Pushover, se recomienda realizar un reajuste en las dimensiones de los elementos estructurales clave, como viguetas, vigas y columnas, para mejorar su capacidad de resistencia ante fuerzas laterales. Se podría optar por incrementar el tamaño de secciones críticas o agregar refuerzos adicionales donde sea necesario para mejorar la capacidad sísmica de la estructura.

El predimensionamiento de las estructuras solo son preliminares y no conllevan a un diseño final de la estructura ya que estos elementos tienen que ser analizados por los efectos sísmicos que se presentan en la realidad.

Dado que se determinó que la edificación presenta una buena respuesta sísmica ante diferentes niveles de actividad sísmica, se sugiere llevar a cabo pruebas experimentales para validar los resultados obtenidos de los análisis estáticos y dinámicos. Esto ayudaría a confirmar la precisión de los modelos utilizados y garantizaría una mayor confianza en la seguridad y capacidad de respuesta de la edificación ante eventos sísmicos.

Dado que se estimaron desplazamientos dentro de los límites establecidos para la ocupación inmediata y prevención al colapso, se sugiere implementar un programa de monitoreo continuo de la estructura para detectar posibles cambios en su comportamiento a lo largo del tiempo. Además, se debe establecer un plan de mantenimiento preventivo para garantizar que la estructura permanezca en óptimas condiciones y pueda mantener su capacidad de resistencia frente a eventos sísmicos durante su vida útil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argüello Freire, C. H. (2022). *Análisis y diseño estructural del edificio Mushuc Runa de diez pisos en estructura metálica, mediante comparación del análisis estático lineal, modal, estático no lineal (pushover), dinámico no-lineal (historia de respuesta), y diseño estructural en concho*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica De Ambato.
- Bozorgnia, Y., & Berteder, V. V. (s.f.). *Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering*. New York: 1st Edición.
- Bravo Montero, P. A., & González de la Torre, Á. S. (2020). *Diseño estructural del Condominio "Alamar" en Punta Blanca, mediante un análisis lineal, y un análisis estático no lineal (Pushover). Usando mampostería alivianada y aplicando la normativa local*. Guayaquil - Ecuador: Escuela Superior Politécnica Del Litoral.
- Chopra, A. (2017). *Dinámica de estructuras, teoría y aplicaciones a la ingeniería sísmica*. 3.<sup>a</sup> edición, Prentice Hall.
- Computers and Structures, I. (1999). *ETABS Integrated Building Design Software User's Manual*. California.
- Computers and Structures, I. (2022). Curso Virtual de ETABS.
- Creswell, J., & Poth, C. (2022). *Investigación cualitativa y diseño de investigación: Elección entre cinco enfoques (5ta edición)*. Sage Publications, Inc.
- Cueva Sánchez, C. J., & Huamanchumo Jacinto, C. S. (2022). *Evaluación estructural de la edificación esencial I.E N°10133-Mochumí, mediante el análisis estático no lineal Pushover*. Chiclayo – Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Eduardo Villagral, D. D. (2019). *Verificación de la confiabilidad del análisis dinámico espectral mediante el análisis no lineal (Push-over) de un*

*edificio de 5 niveles*. Arequipa - Perú: Universidad Católica de Santa María.

Elghazouli, A. Y. (2017). *Seismic design of buildings To eurocode 8*. London: Imperial College.

Fuentes Rivera Silva, N. F. (2018). *Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal "pushover"*. Huaraz – Perú: Universidad Nacional "Santiago Antúnez De Mayolo".

Gliner, J., & Morgan, G. (2020). *Métodos de Investigación en Entornos Aplicados: Un Enfoque Integrado para el Diseño y el Análisis*. Roudledge.

Hays, d. (1980). *Caracterización del Movimiento del Suelo en Ingeniería Sísmica*.

Hibbeler, R. C. (2016). *Structural Analysis (9th ed.)*. Madrid: Pearson.

Hoyle, R. G. (2020). *Investigación observacional: Métodos y aplicaciones en el comportamiento humano (2da edición)*. Sage Publications.

Jurgen Bathe, K. (1996). *Finite Element Procedures*. United States: Meg Weist.

Lohr, S. (2019). *Muestreo: Diseño y análisis (3ra edición)*. Cengage Learning.

Narro Riva Agüero, D. V. (2019). *Evaluación del desempeño sismorresistente aplicando el método de análisis estático no lineal pushover en una edificación de 4 niveles en la ciudad de Huánuco 2019*. Huánuco - Perú: Universidad de Huánuco.

Paulay, T. (1992). *Diseño Sísmico de Edificaciones de Hormigón Armado y Mampostería*. Copyright © 1992 John Wiley & Sons, Inc.

Viera Arroba, L. P., Quizanga Martínez, D. M., & Andino Carranco, J. L. (Junio 2020). Análisis estático no lineal de edificiosaporticados de hormigón

armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana y peruana.  
*FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, Figempa vol.9 no.1 Quito.

Yin, R. (2021). *Investigación de estudio de caso: Diseño y métodos (6ta ed.)*.  
Sage Publications .

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Jauni Albino, L. (2024). *Diseño estructural de una edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco - 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

# **ANEXOS**

# ANEXO 1

## RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### Figura 19

Resolución de Aprobación del proyecto de trabajo de investigación.

### UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

#### RESOLUCIÓN N° 935-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 25 de abril de 2023

Visto, el Oficio N° 655-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 NIVELES EMPLEANDO EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER, AMARILIS - HUÁNUCO -2023", presentado por el (la) Bach. Luz Regina JAUNI ALBINO.

#### CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 095-2023-D-FI-UDH, de fecha 31 de enero de 2023, perteneciente al Bach. Luz Regina JAUNI ALBINO se le designó como ASESOR(A) a la Mg. Karen Vanessa Bastidas Salazar, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 655-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 NIVELES EMPLEANDO EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER, AMARILIS - HUÁNUCO -2023", presentado por el (la) Bach. Luz Regina JAUNI ALBINO, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza (Secretario) y Mg. Efraín Raúl Martínez Fabián (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### SE RESUELVE:

**Artículo Primero.** - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 NIVELES EMPLEANDO EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER, AMARILIS - HUÁNUCO -2023", presentado por el (la) Bach. Luz Regina JAUNI ALBINO para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

**Artículo Segundo.** - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Ing. Ethel Iverson Manzano Lozano  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
DECANO  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.  
BCR/EJML/nto.

## ANEXO 2

# RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

### Figura 20

Resolución de nombramiento de Asesor.

## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

### RESOLUCIÓN N° 0161-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 09 de febrero de 2024

Visto, el Oficio N° 103-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 467045-0000000477, del Bach. **Luz Regina JAUNI ALBINO**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis.

#### **CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 467045-0000000477, presentado por el (la) Bach. **Luz Regina JAUNI ALBINO**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), y;

Que, con Resolución N° 095-2023-D-FI-UDH, de fecha 31 de enero de 2023, en la cual se designa como Asesor de Tesis de la Bach. **Luz Regina JAUNI ALBINO** a la Mg. Karen Vanessa Bastidas Salazar, quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### **SE RESUELVE:**

**Artículo Primero.** - DEJAR SIN EFECTO, la Resolución N° 095-2023-D-FI-UDH, de fecha 31 de enero de 2023.

**Artículo Segundo.**- DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis de la Bach. **Luz Regina JAUNI ALBINO** al Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcantara, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

**Artículo Tercero.**- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:  
Fac. de Ingeniería - PAIC- Asesor- Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.  
BCR/EJML/nto

## ANEXO 3

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Tabla 18**

*Matriz de consistencia*

TÍTULO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 NIVELES EMPLEANDO EL ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER, AMARILIS - HUÁNUCO -2023					
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo mejorar el diseño estructural de una edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023?</p> <p><b>Problema específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo realizar el predimensionamiento y modelamiento en ETABS de la edificación de 5 niveles para realizar el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco - 2023?</li> <li>• ¿Cómo determinar los parámetros sismorresistentes de la edificación de 5 niveles para realizar el análisis no lineal</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b> Mejorar el diseño estructural de una edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el predimensionamiento y modelamiento en ETABS de la edificación de 5 niveles para realizar el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco - 2023.</li> <li>• Determinar los parámetros sismorresistentes de la edificación de 5 niveles para realizar el análisis no lineal</li> </ul>	<p><b>Hipótesis</b></p> <p><b>General</b> Hi: El diseño estructural de una edificación de 5 niveles mejora empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023.</p> <p>H0: El diseño estructural de una edificación de 5 niveles no mejora empleando el análisis no lineal pushover, Amarilis - Huánuco -2023.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b> Diseño estructural</p> <p><b>Variable independiente:</b> Análisis no lineal pushover</p>	<p><b>Enfoque</b> Será cuantitativo</p> <p><b>Alcance o nivel</b> El alcance del proyecto es explicativo.</p> <p><b>Diseño</b> Es no experimental</p>	<p><b>Población</b> La población para el presente proyecto abarcara el diseño estructural del edificio de 5 niveles, Amarilis - Huánuco - 2023</p> <p><b>Muestra</b> La Muestra para el presente proyecto abarcara el diseño estructural del edificio de 5 niveles, Amarilis - Huánuco - 2023</p>

---

pushover, Amarilis - Huánuco - 2023?

- ¿Cómo realizar el análisis estático y dinámico de la edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover para el diseño estructural, Amarilis - Huánuco -2023?

pushover, Amarilis - Huánuco - 2023.

- Realizar el análisis estático y dinámico de la edificación de 5 niveles empleando el análisis no lineal pushover para el diseño estructural, Amarilis - Huánuco -2023.

**Figura 21**

*Plano de Ubicación*



**Figura 22**

*Plano de Distribución*

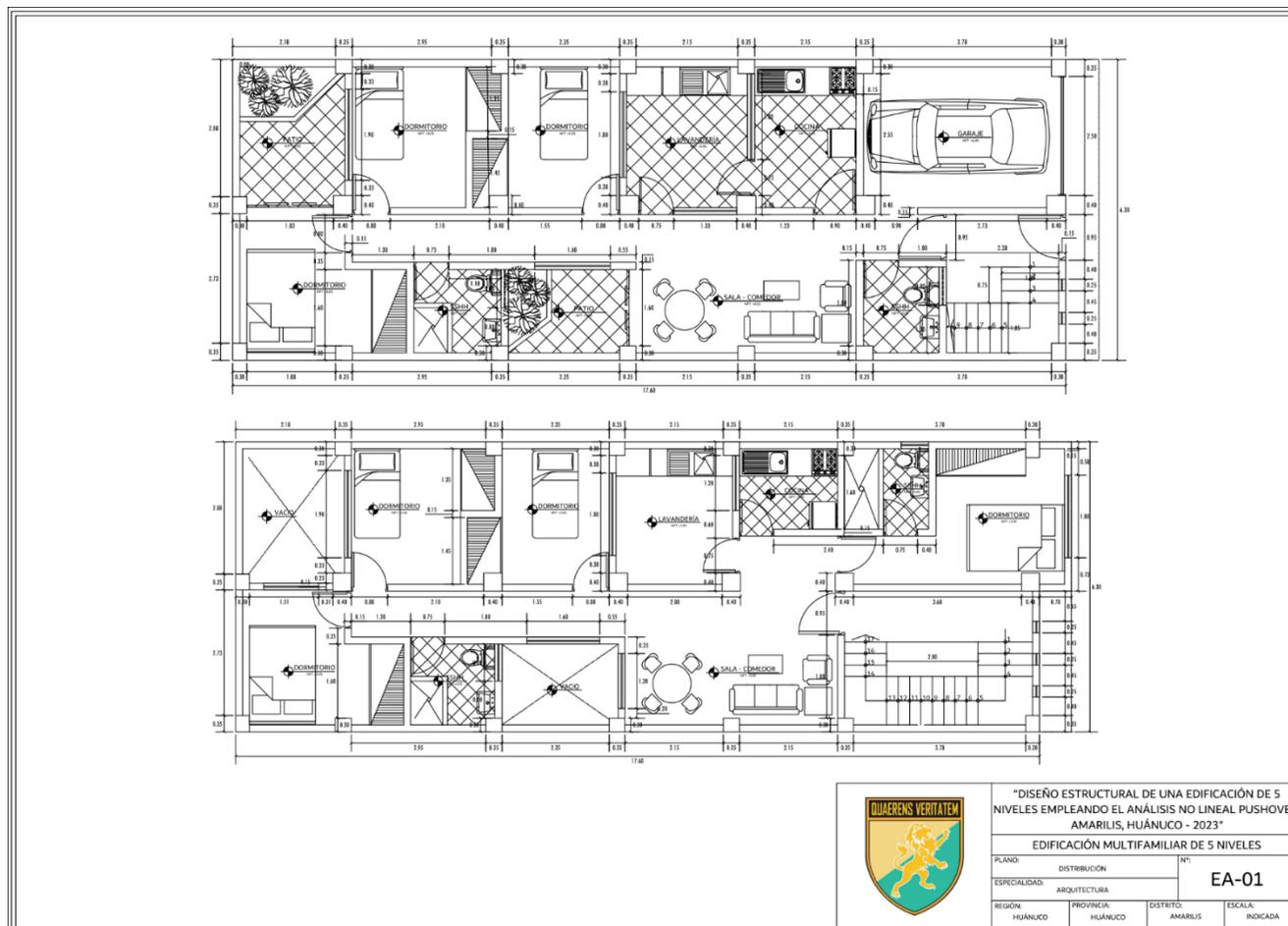
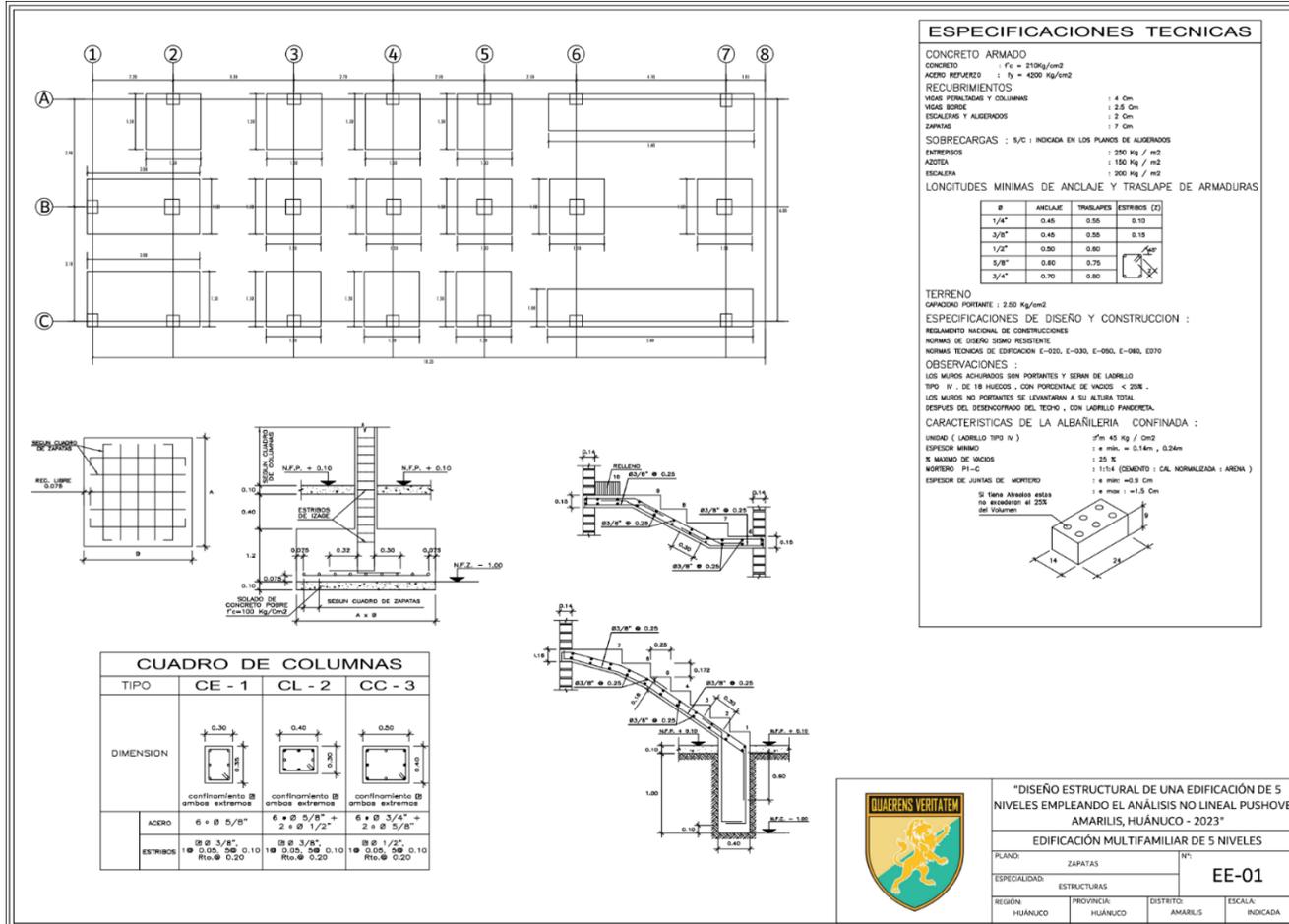
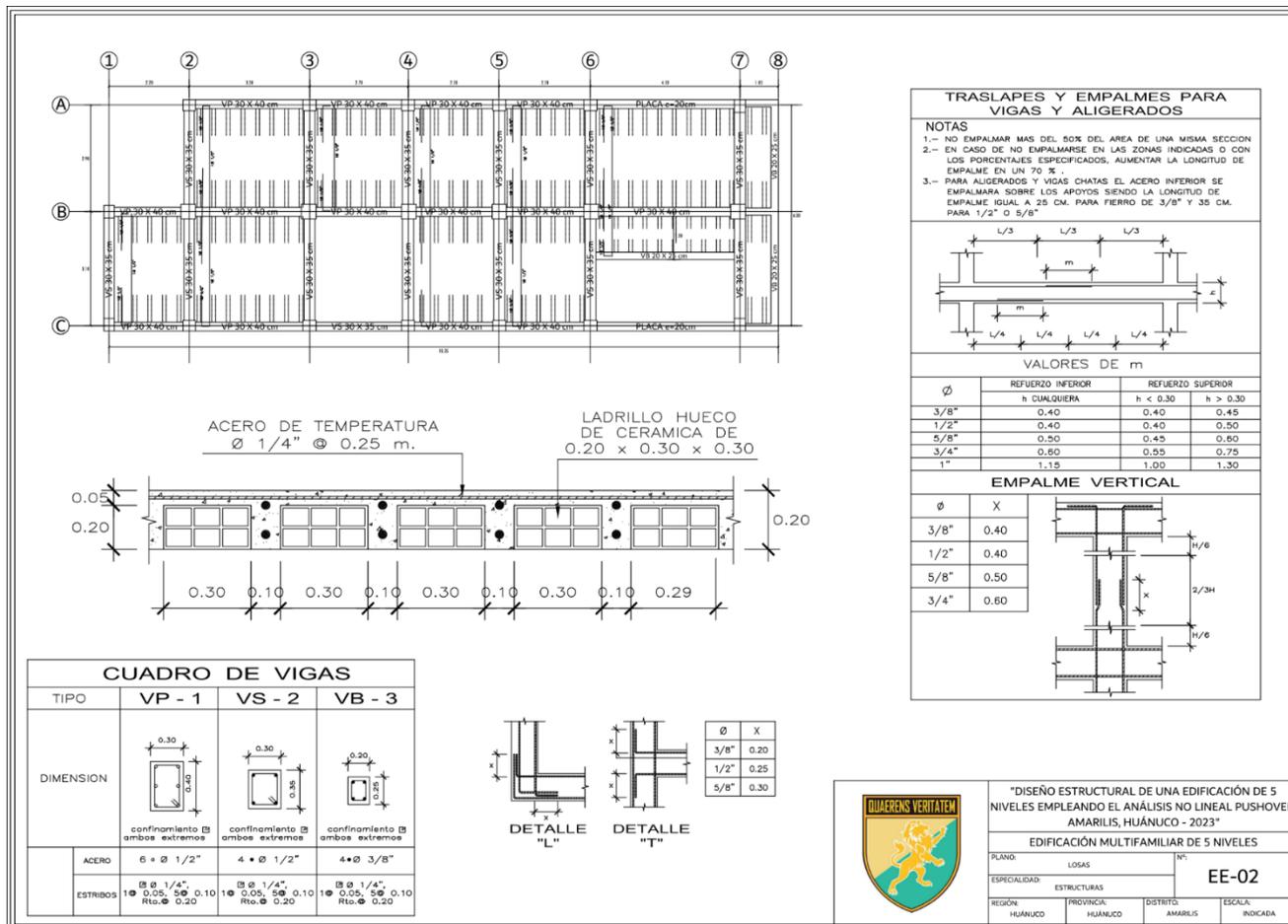


Figura 23

Plano de Zapatas



**Figura 24**  
Plano de losa



**Tabla 19**

*Máximo desplazamiento de piso – Modelo previo*

TABLE: Story Max Over Avg Displacements										
Story	St	Output	Case	Case	Case	S	Direction	Maximum	Average	Ratio
	ory	put	Type	Type	Type	ep	Type	um	age	atio
								cm	cm	
P-5	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.627	0.59	1.
								9	64	053
P-5	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.759	0.43	1.
								4	77	735
P-4	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.566	0.53	1.
								2	71	054
P-4	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.675	0.39	1.
								4	03	73
P-3	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.461	0.43	1.
								6	7	056
P-3	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.546	0.31	1.
								2	57	73
P-2	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.313	0.29	1.
								3	62	058
P-2	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.371	0.21	1.
								Y	4	734
P-1	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.138	0.13	1.
								X	02	06
P-1	L	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.165	0.09	1.
								Y	49	741
P-5	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.717	0.68	1.
								X	16	053
P-5	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.867	0.50	1.
								Y	02	735
P-4	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.647	0.61	1.
								X	39	054
P-4	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.771	0.44	1.
								Y	61	73
P-3	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.527	0.49	1.
								X	95	056
P-3	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.624	0.36	1.
								Y	08	73
P-2	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.358	0.33	1.
								X	85	058
P-2	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.424	0.24	1.
								Y	46	734
P-1	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.157	0.14	1.
								X	88	06
P-1	L	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.188	0.10	1.
								Y	84	741

**Tabla 20**

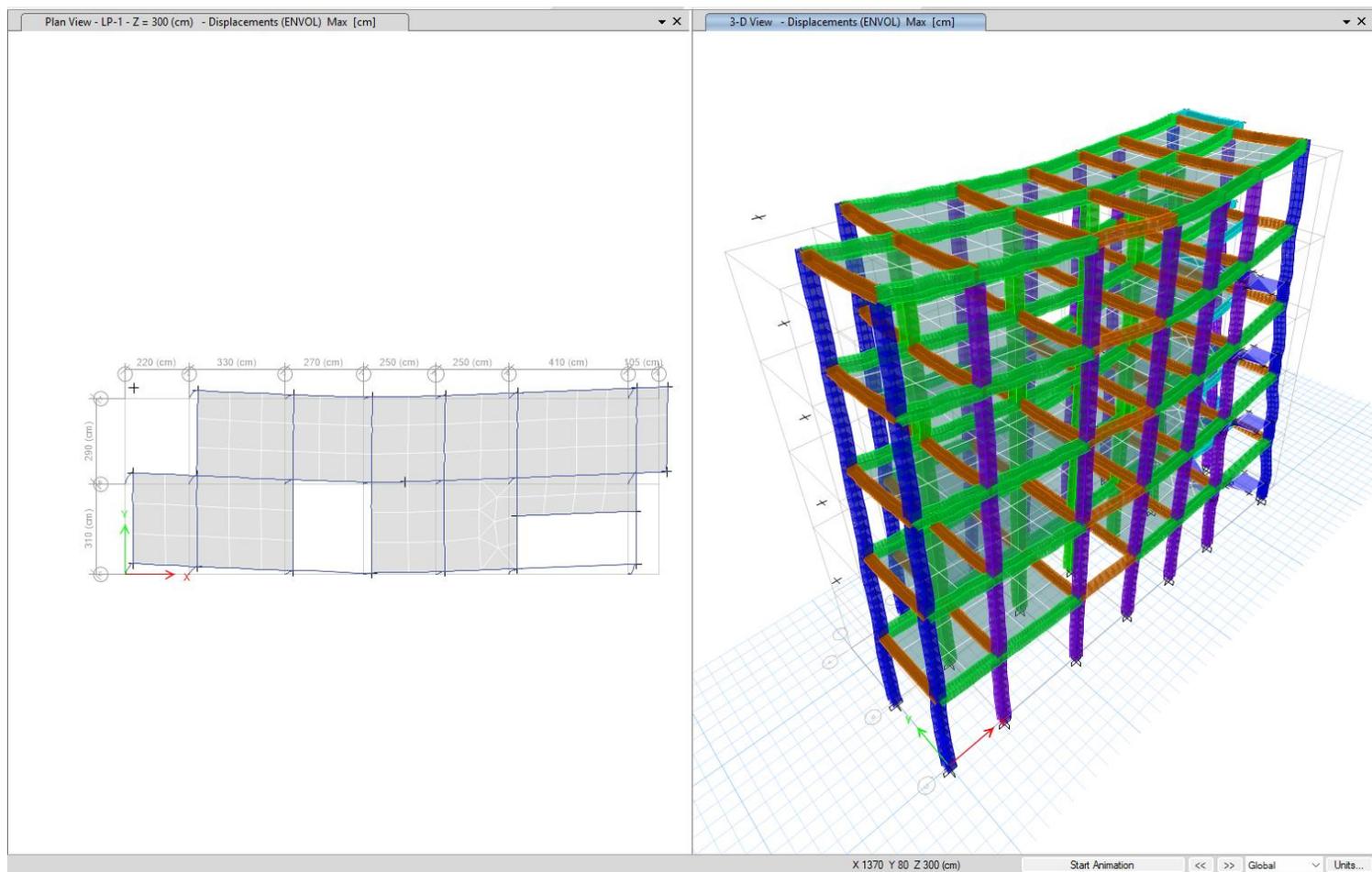
*Máxima deriva de piso – Modelo previo*

TABLE: Story Max Over Avg Drifts										
Story	St	Output	Case	Case	Case	S	Direction	Max	Average	Ratio
	ory	put	Type	Type	Type	ep	Type	x Drift	g Drift	atio
								cm	cm	
-5	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.0	0.0	1.
								733	666	1
-5	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.0	0.0	1.
								968	547	771
-5	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.0	0.0	1.
								838	762	1
-5	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.1	0.0	1.
								106	625	771
-4	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.1	0.1	1.
								097	037	058
-4	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	0.1	0.0	1.
								464	834	756
-4	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.1	0.1	1.
								254	185	058
-4	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	0.1	0.0	1.
								673	953	756

-3	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	X	0.1	0.1	1.
									494	42	053
-3	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	Y	0.1	0.1	1.
									965	125	747
-3	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	X	0.1	0.1	1.
									708	622	053
-3	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	Y	0.2	0.1	1.
									246	286	747
-2	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	X	0.1	0.1	1.
									755	663	056
-2	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	Y	0.2	0.1	1.
									302	314	751
-2	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	X	0.2	0.1	1.
									006	9	056
-2	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	Y	0.2	0.1	1.
									63	502	751
-1	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	X	0.1	0.1	1.
									381	302	06
-1	LP	DIN	SX	Spec	LinResp	ax	M	Y	0.1	0.0	1.
									652	949	741
-1	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	X	0.1	0.1	1.
									578	488	06
-1	LP	DIN	SY	Spec	LinResp	ax	M	Y	0.1	0.1	1.
									888	084	741

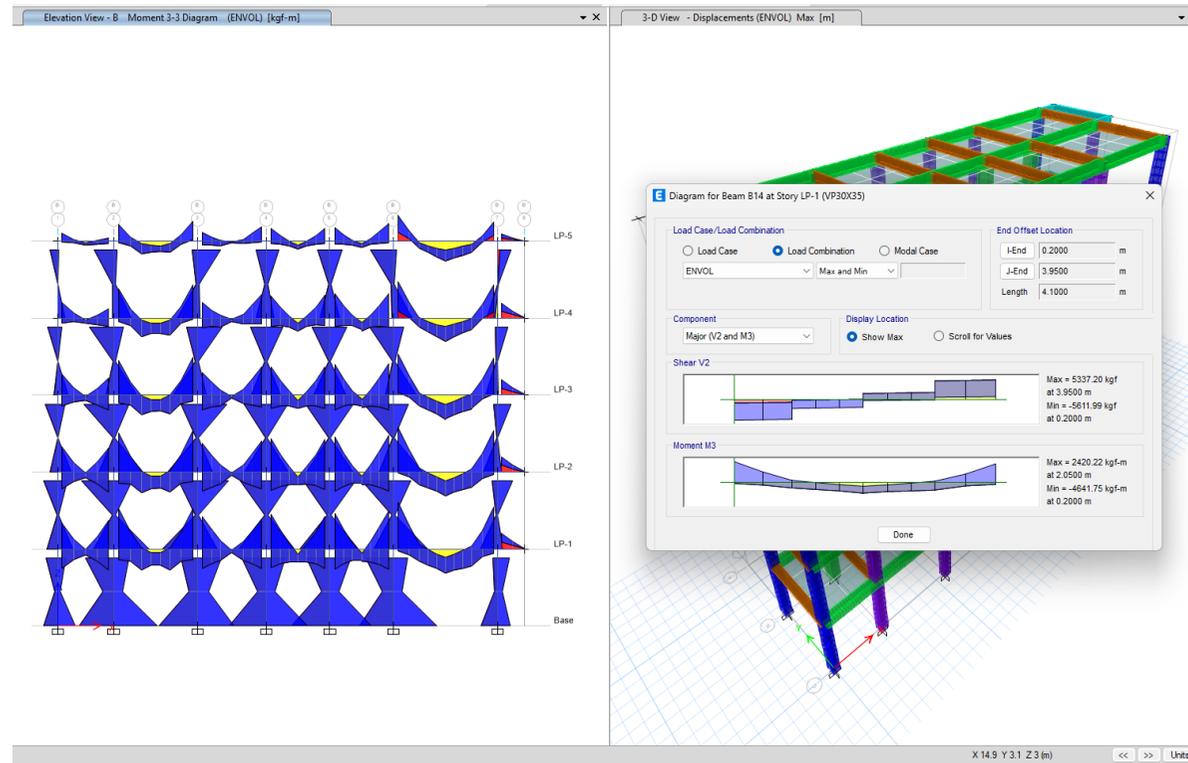
**Figura 25**

*Modelo deformado - Modelo previo*



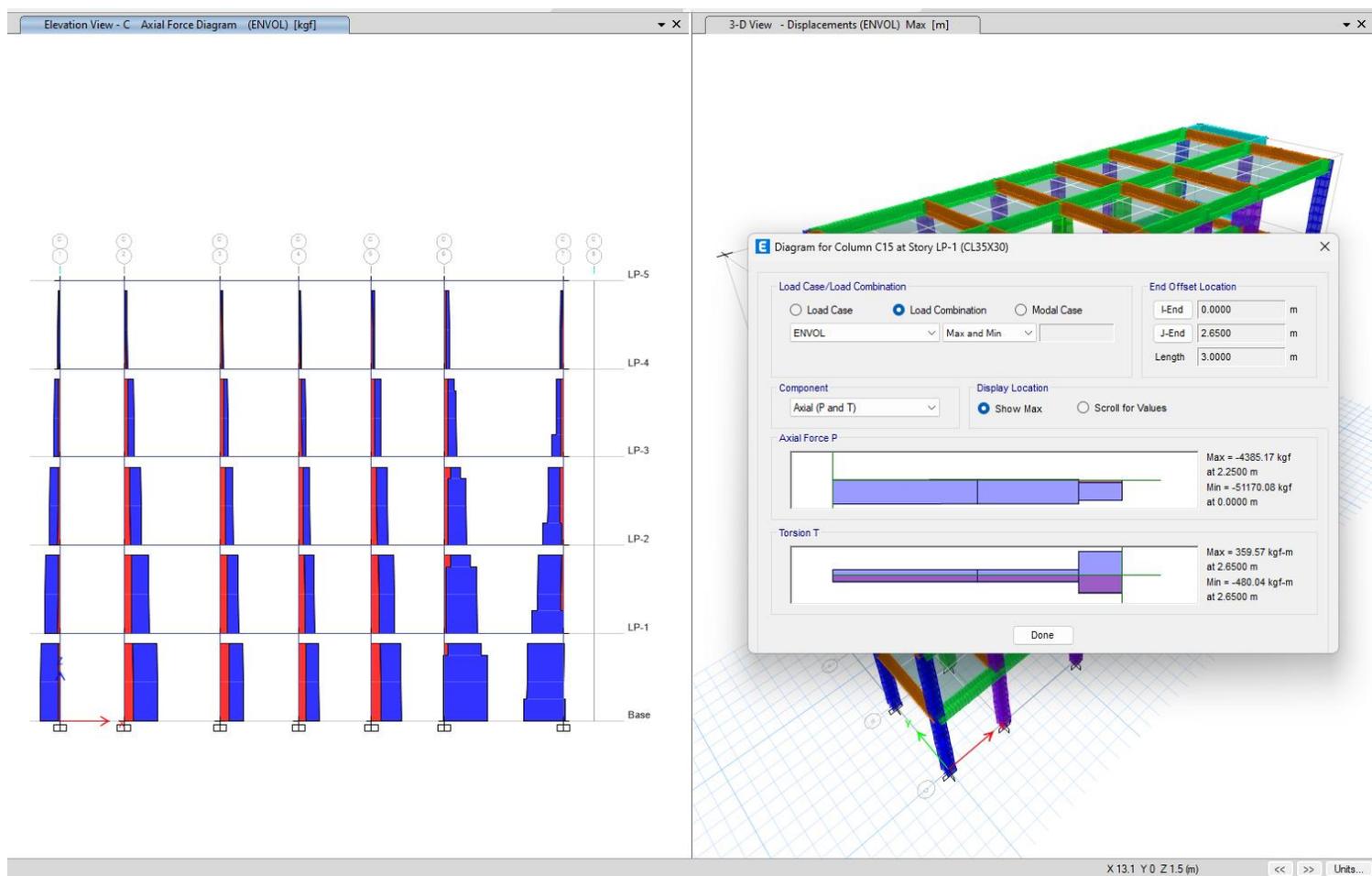
**Figura 26**

*Momento máximo - Modelo previo*



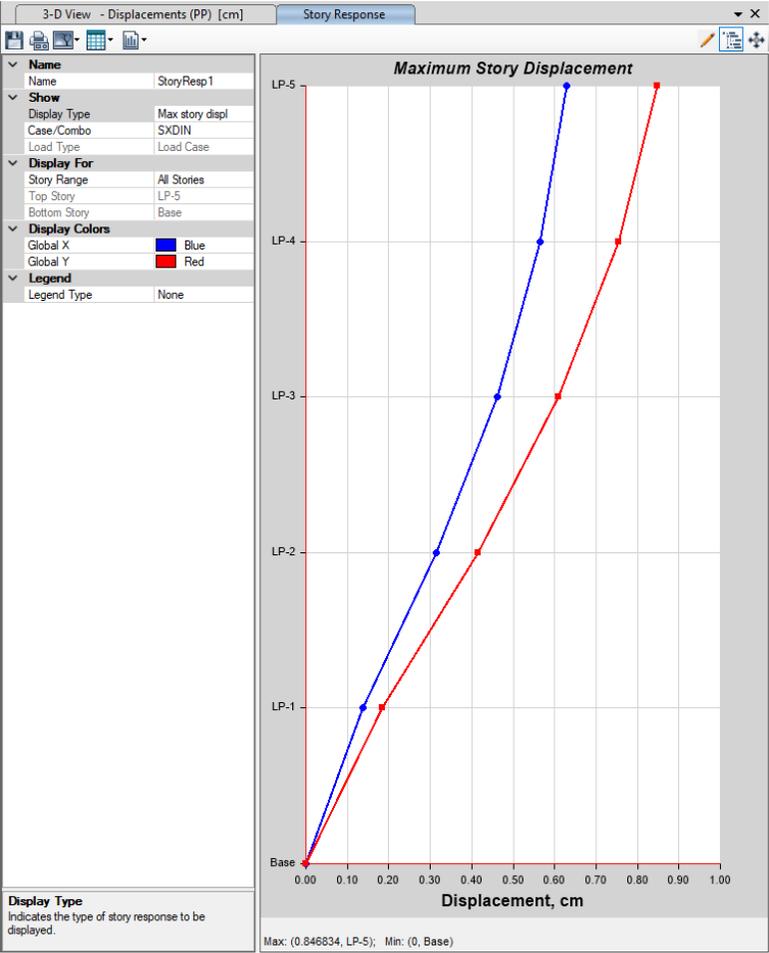
**Figura 27**

*Efecto axial - Modelo previo*



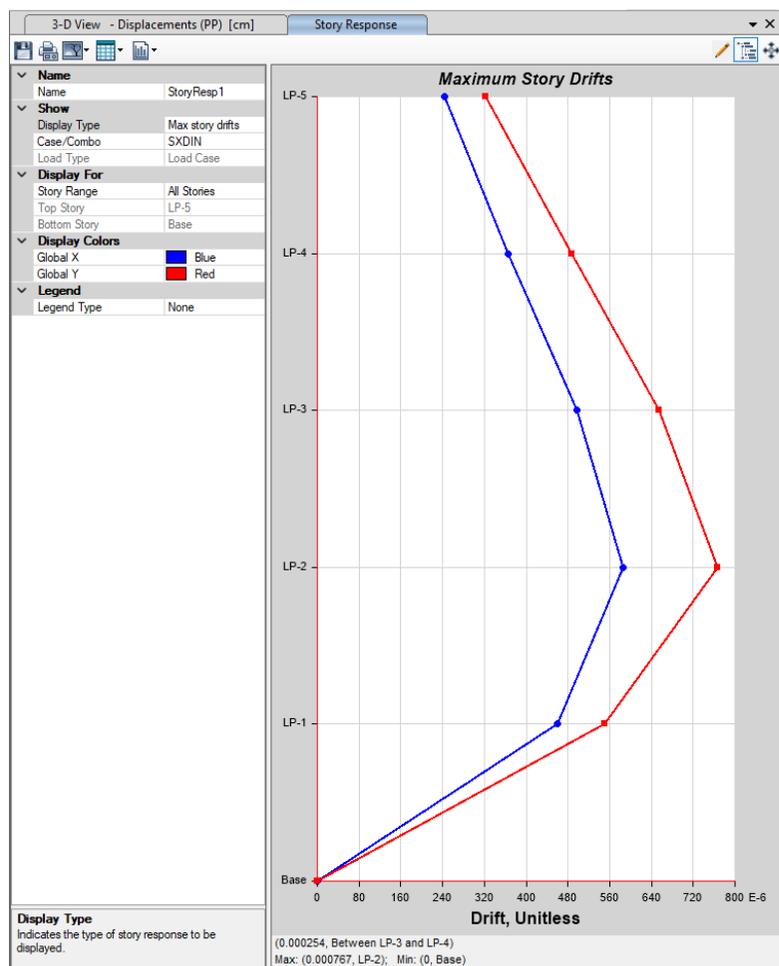
**Figura 28**

Máximo desplazamiento X - Modelo previo



**Figura 29**

*Máxima deriva X - Modelo previo*



**Tabla 21**

*Análisis de máximas derivas X – Modelo previo*

MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN LA DIRECCIÓN "X-X"	
Regularidad Estructural :	Irregular
Coficiente de Desplazamiento Lateral :	0.85
Coficiente de Reducción Sísmica : R =	8
Altura de Entrepiso (cm) =	300
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN "X-X" =	0.85
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO REAL EN "X-X" =	5.76
MÁXIMA DERIVA DE PISO EN "X-X" =	0.00767
MÁXIMA DERIVA DE PISO EN LA DIRECCIÓN: "X-X"	
REVISIÓN :	0.0052 < 0.007
MÁX. DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO	
REVISIÓN :	1.56 < 2.10

**Tabla 22**

*Máximo desplazamiento de piso – Modelo optimizado*

TABLE: Story Max Over Avg Displacements										
Story	S	Output Case	O	Case Type	S	Step Type	Direction	Maximum	Average	Ratio
								cm	cm	
P-5	L	DIN	SX	LinRes	M	ax	X	0.1806	0.1746	1.035
P-5	L	DIN	SX	LinRes	M	ax	Y	0.0532	0.0293	1.817
P-4	L	DIN	SX	LinRes	M	ax	X	0.1385	0.1338	1.035
P-4	L	DIN	SX	LinRes	M	ax	Y	0.0426	0.0231	1.842
P-3	L	DIN	SX	LinRes	M	ax	X	0.0944	0.0912	1.035
P-3	L	DIN	SX	LinRes	M	ax	Y	0.0303	0.0164	1.853
P-2	L	DIN	SX	LinRes	M	ax	X	0.0521	0.0502	1.036
P-2	L	DIN	SX	LinRes	M	ax	Y	0.0175	0.0095	1.838
P-1	L	DIN	SX	LinRes	M	ax	X	0.0177	0.0171	1.038

P-1	L	SX	LinRes	M		0.00	0.0	1
	DIN	pSpec	ax	Y		63	035	.81
P-5	L	SY	LinRes	M		0.20	0.1	1
	DIN	pSpec	ax	X		64	995	.035
P-5	L	SY	LinRes	M		0.06	0.0	1
	DIN	pSpec	ax	Y		08	335	.817
P-4	L	SY	LinRes	M		0.15	0.1	1
	DIN	pSpec	ax	X		83	529	.035
P-4	L	SY	LinRes	M		0.04	0.0	1
	DIN	pSpec	ax	Y		86	264	.842
P-3	L	SY	LinRes	M		0.10	0.1	1
	DIN	pSpec	ax	X		79	042	.035
P-3	L	SY	LinRes	M		0.03	0.0	1
	DIN	pSpec	ax	Y		47	187	.853
P-2	L	SY	LinRes	M		0.05	0.0	1
	DIN	pSpec	ax	X		95	574	.036
P-2	L	SY	LinRes	M		0.02	0.0	1
	DIN	pSpec	ax	Y		02	109	.838
P-1	L	SY	LinRes	M		0.02	0.0	1
	DIN	pSpec	ax	X		02	195	.038
P-1	L	SY	LinRes	M		0.00	0.0	1
	DIN	pSpec	ax	Y		72	04	.81

**Tabla 23**

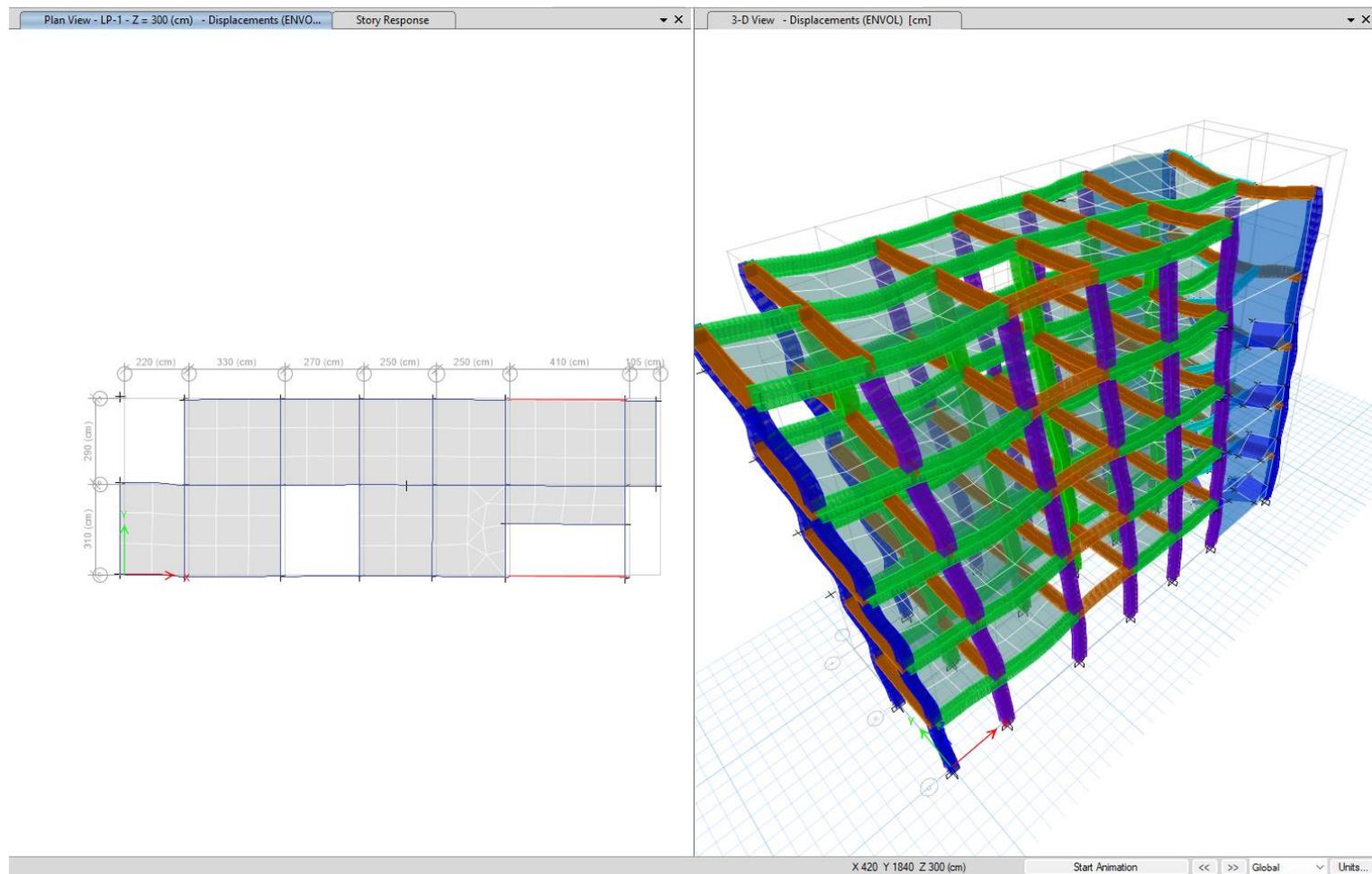
*Máxima deriva de piso Modelo previo*

TABLE: Story Max Over Avg Drifts								
Story	St	Ou	Case	S	Dire	M	Av	R
	ory	Case	Type	Type		cm	cm	
P-5	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	X		0423	0409	034
P-5	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	Y		0107	006	776
P-5	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	X		0484	0468	034
P-5	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	Y		0123	0069	776
P-4	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	X		0443	0429	033
P-4	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	Y		0123	0069	779
P-4	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	X		0506	049	033
P-4	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	Y		014	0079	779
P-3	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	X		0424	0411	034
P-3	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	Y		0128	0069	858
P-3	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	X		0485	0469	034
P-3	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	Y		0147	0079	858
P-2	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
	DIN	pSpec	ax	X		0344	0332	036

	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
P-2	DIN	pSpec	ax	Y		0112	006	85
	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
P-2	DIN	pSpec	ax	X		0393	038	036
	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
P-2	DIN	pSpec	ax	Y		0128	0069	85
	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
P-1	DIN	pSpec	ax	X		0177	0171	038
	L	SX	LinRes	M		0.	0.	1.
P-1	DIN	pSpec	ax	Y		0063	0035	81
	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
P-1	DIN	pSpec	ax	X		0202	0195	038
	L	SY	LinRes	M		0.	0.	1.
P-1	DIN	pSpec	ax	Y		0072	004	81

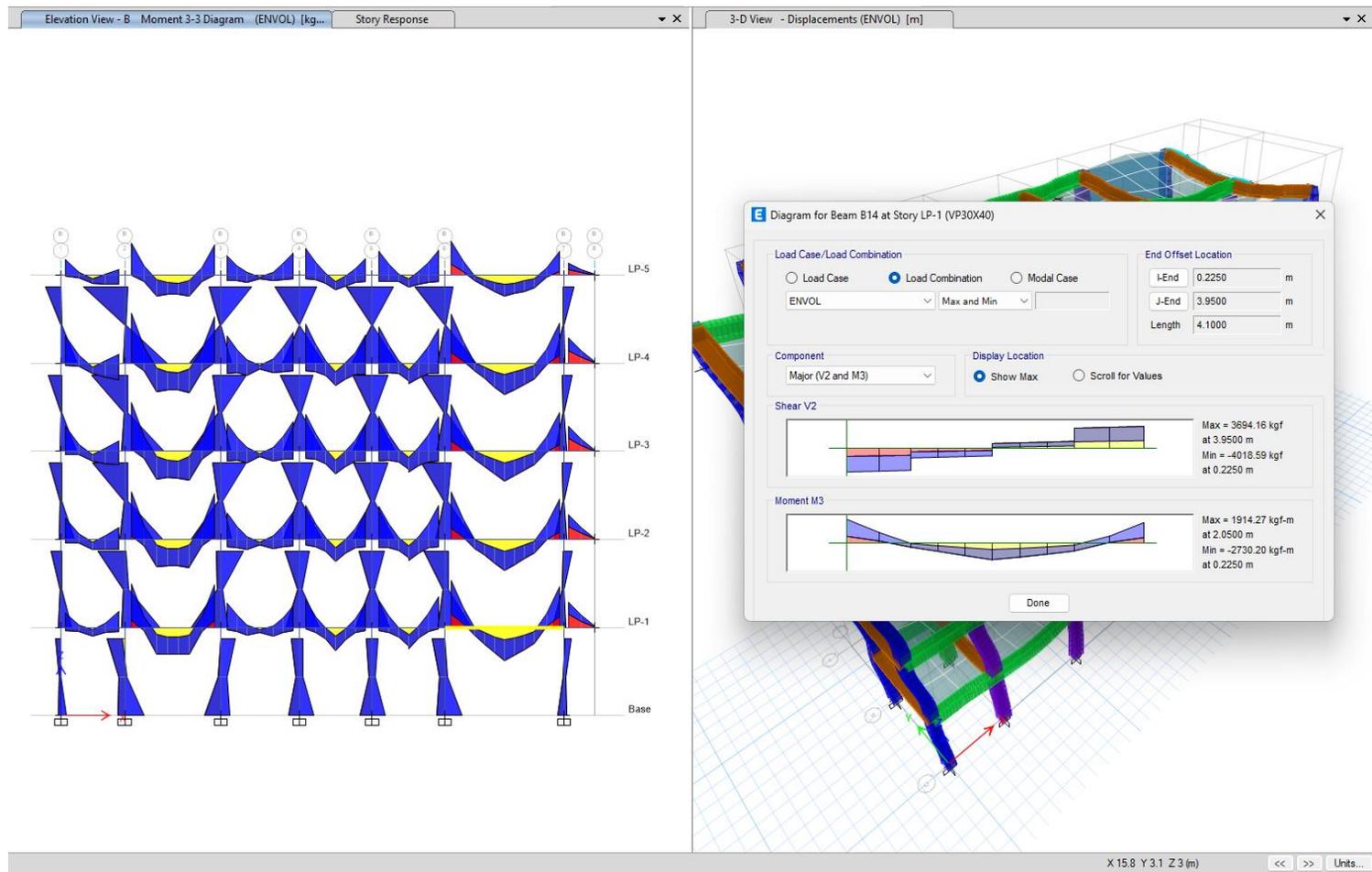
**Figura 30**

*Modelo deformado – Modelo optimizado*



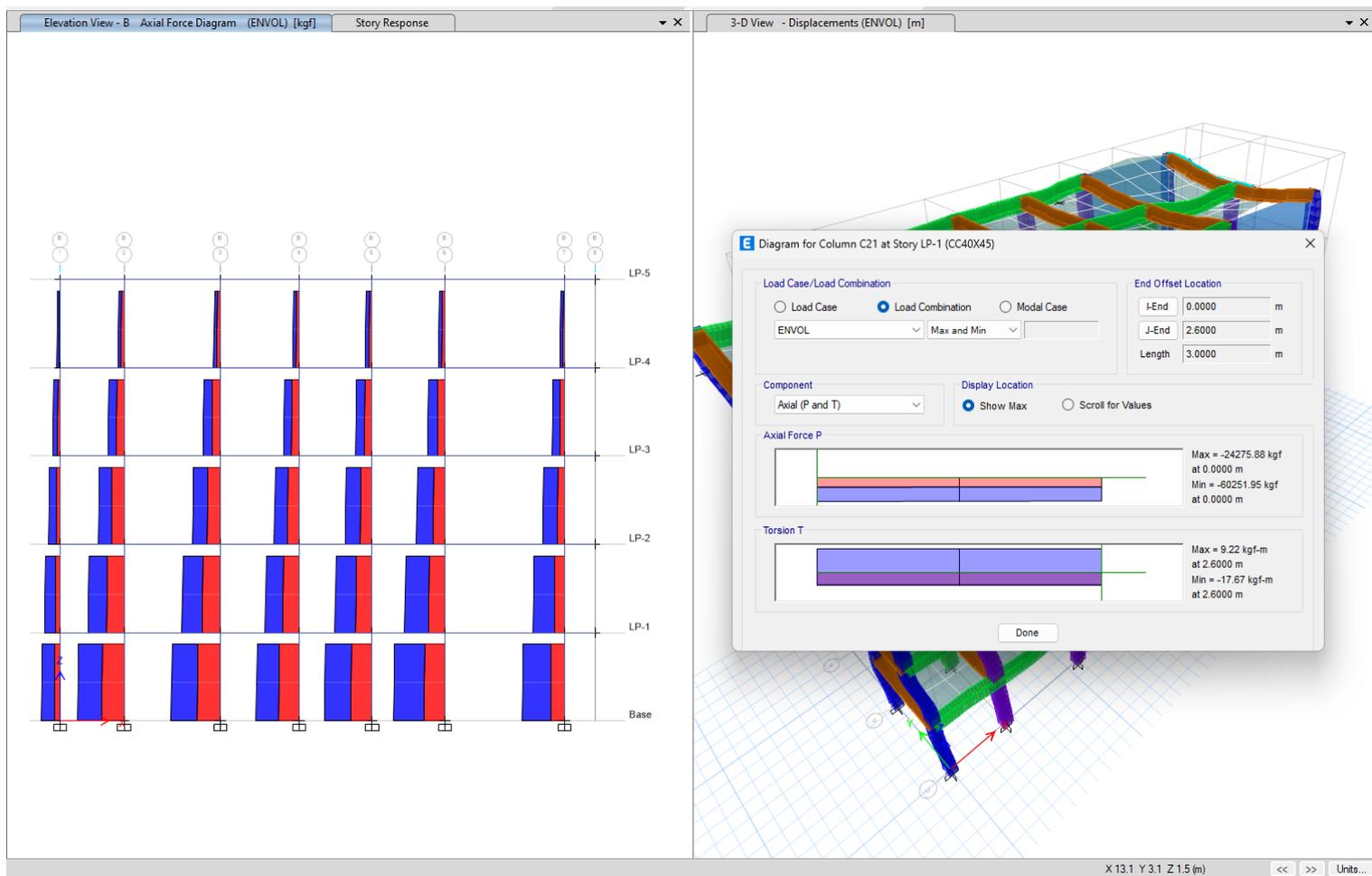
**Figura 31**

*Momento máximo – Modelo optimizado*



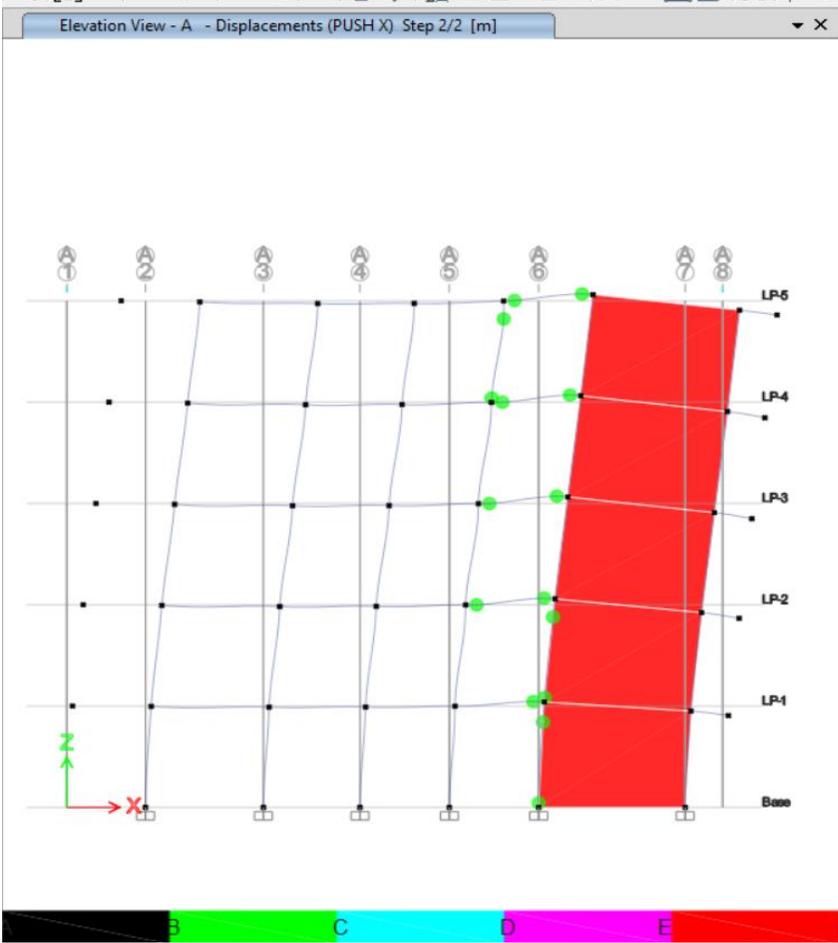
**Figura 32**

*Momento máximo - Modelo optimizado*



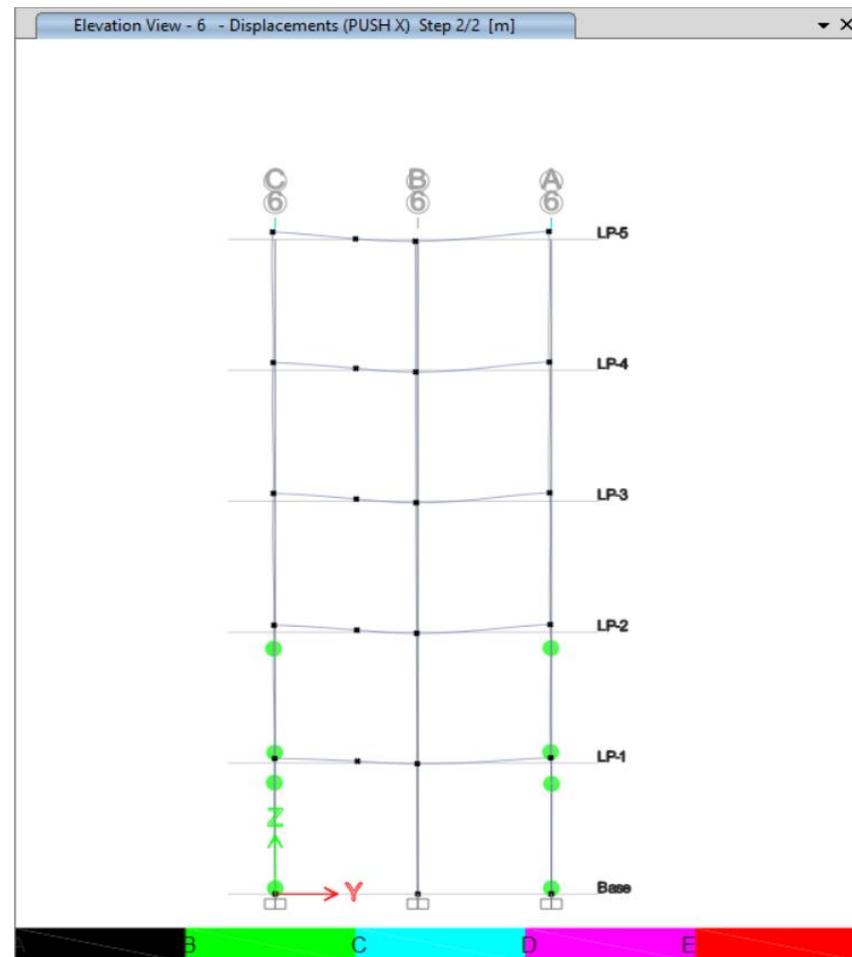
**Figura 33**

Resultado de rótulas



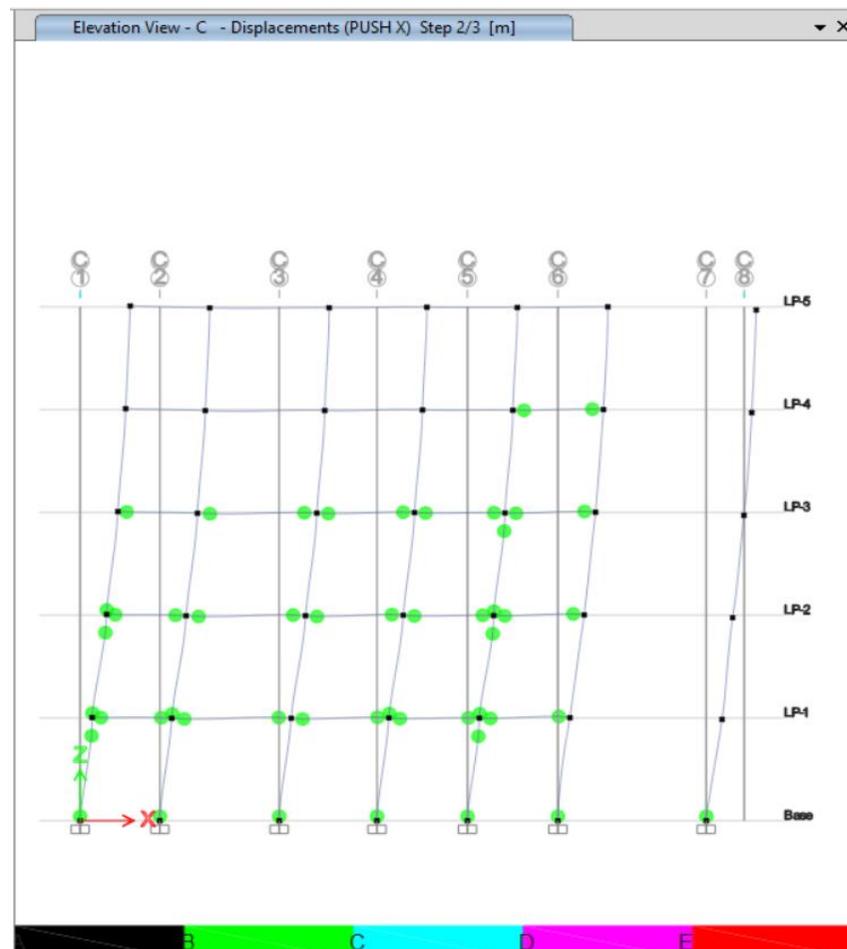
**Figura 34**

Resultado de rótulas



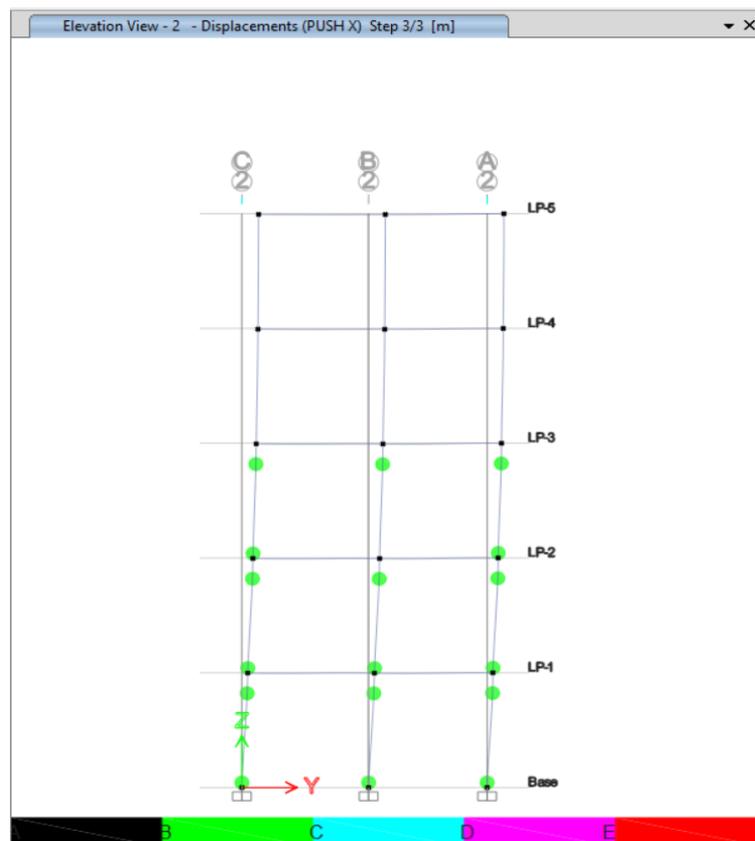
**Figura 35**

*Resultado de rótulas*



**Figura 36**

*Resultado de rótulas*



## ANEXO 4 INSTRUMENTOS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO						
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
	TESIS:					
TESISTA:	BACH. Juan Albino Luz Regina					
UBICACIÓN:	Huánuco - Amarilis					
FECHA:	12-05-23					
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD					
CALICATA:	Nº 1: C-01					
NTP:	339.127					
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05	PROMEDIO
Peso de Bandeja	10.6	10.21	9.10	9.16	9.7	9.754
Peso natural húmedo + bandeja	47.21	44.17	41.3	45.64	49.26	45.516
Peso natural seco + bandeja	40.37	43.87	37.86	43.26	45.78	42.628
Peso natural húmedo	36.61	33.96	32.2	36.48	39.56	35.762
Peso natural seco	29.77	33.66	38.76	34.1	36.08	32.874
Contenido de Humedad	22.98	0.89	23.44	16.98	9.65	18.263
↓ inconsistente						

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS**



TESIS:



TESISTA: BACH. Juan Albino Loz Regino

UBICACIÓN: Huánuco - Amarilis

FECHA: 24-05-23

ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO

CALICATA: C-02

NTP: 339.129

DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Peso del tarro (gr)	13.63	12.06	13.82	14.35	13.28
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)	23.03	21.74	24.17	24.48	23.76
Peso del tarro + suelo seco (gr)	21.00	19.89	21.76	21.64	20.56
Peso del suelo húmedo (gr)	9.4	9.68	10.35	10.13	10.48
Número de golpes	34	28	16	11	36
Contenido de Humedad (%)	27.54	28.55	30.35	32.37	16.48
LÍMITE LÍQUIDO (%)	28	18	31	31	24

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS**



TESIS:

TESISTA: BACH. Juan Albino Luz Regina

UBICACIÓN: Huánuco - Amantlis

FECHA: 24-05-23

ENSAYO: LÍMITE PLÁSTICO

CAUCATA: e-02

NTP: 339.130

DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Peso del tarro (gr)	12.84	10.28	13.24	12.26	11.75
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)	22.16	24.38	22.56	23.03	24.48
Peso del tarro + suelo seco (gr)	20.18	22.02	20.76	21.01	22.21
Peso del suelo húmedo (gr)	9.32	14.1	9.32	10.77	12.73
Peso del suelo seco (gr)	7.34	11.74	7.52	8.75	10.46
LÍMITE PLÁSTICO (%)	26	20	23	24	22

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS**



TESIS:



TESISTA: BACH. Juan Albino Luz Regina

UBICACIÓN: Huánuco - Amarilis

FECHA: 24-05-23

ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO

CALICATA: C-02

NTP: 339.129

DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Peso del tarro (gr)	13.63	12.06	13.82	14.35	13.28
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)	23.03	21.74	24.17	24.48	23.76
Peso del tarro + suelo seco (gr)	21.00	19.59	21.76	21.64	20.56
Peso del suelo húmedo (gr)	9.4	9.68	10.35	10.13	10.48
Número de golpes	34	28	16	11	36
Contenido de Humedad (%)	27.54	28.55	30.35	32.37	16.48
LÍMITE LÍQUIDO (%)	28	18	31	31	24

## ANEXO 5 PANEL FOTOGRÁFICO



En la zona de estudio tomando apuntes del levantamiento topográfico.



Realizando mediciones del lugar de estudio.



Realizando mediciones de la parte frontal de la zona de estudio.



Realizando mediciones de la parte colindante del terreno.