

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Estudio del comportamiento sismorresistente y diseño estructural de un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La Esperanza – Huánuco - 2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Torres Yanayaco, Cristhian Antony

ASESOR: Lira Camargo, Luis Gerónimo

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

D

H



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

DATOS DEL PROGRAMA:

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

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73991039

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41198244

Grado/Título: Maestro en educación con mención en investigación y docencia superior

Código ORCID: 0000-0003-2344-6956

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
2	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Taboada Trujillo, William Paolo	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	40847625	0000-0002-4594-1491



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
1921

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:45 horas del día **viernes 16 de febrero 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:

- ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO - PRESIDENTE
- ❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA - SECRETARIO
- ❖ MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 0233-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE CINCO NIVELES DE ACERO ESTRUCTURAL, LA ESPERANZA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach. CRISTHIAN ANTONY TORRES YANAYACO, 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) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 1.3 y cualitativo de SUFICIENTE. (Art. 47).

Siendo las 12.05 horas del día 16 del mes de febrero del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

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

MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
Secretario

MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO
DNI: 40847625
ORCID: 0000-0002-4594-1491
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, Luis Lira Camargo asesor(a) docente del Programa Académico de Ingeniería Civil designado(a) mediante documento **RESOLUCIÓN N.º 466-2023-D-FI-UDH** del estudiante **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**, de la tesis titulada:

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE CINCO NIVELES DE ACERO ESTRUCTURAL, LA ESPERANZA - HUÁNUCO - 2023”

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del **17 %** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio 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, 29 de febrero del 2024.



Mg. Lira Camargo Luis
DNI: 41198244
CODIGO ORCID: 0000-0003-2344-6956

REVISION 1

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	17%	2%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	catalogo-gy.ucab.edu.ve Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	

Mg. Lira Camargo Luis

DNI: 41198244

CODIGO ORCID: 0000-0003-2344-6956

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a ustedes mis amados padres. Su amor sin condiciones, apoyo constante y dirección han sido esenciales en mi trayectoria hacia la conclusión de este estudio. Desde el inicio de mi camino de mis estudios de ingeniería civil, ustedes han estado a mi lado, animándome en los momentos de incertidumbre y compartiendo mi alegría por cada éxito.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios, así como a mis padres, familiares y amistades que me brindaron su apoyo e hicieron posible la realización de mi Tesis. Quiero expresar un agradecimiento especial a mi asesor, quien me brindó valiosa ayuda en la elaboración de mi trabajo. Reconozco y aprecio la supervisión constante del ingeniero, que fue fundamental para cumplir con todos los parámetros requeridos de manera óptima en el desarrollo de mi Tesis.

Agradezco de corazón a esta respetable Universidad de Huánuco - UDH por la enseñanza recibida en las aulas. Gracias a esta educación de calidad, he logrado cumplir mi objetivo profesional y realizar el sueño de convertirme en ingeniero civil. La formación que he adquirido aquí ha sido fundamental en mi preparación y ha sentado las bases sólidas para mi futuro en este campo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCION	XIII
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	26
2.2.1. ESTRUCTURACIÓN.....	26
2.2.2. CRITERIOS PARA ESTRUCTURACIÓN.....	26
2.2.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	28
2.2.4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE.....	29
2.2.5. CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE.....	30
2.2.6. PARÁMETROS PARA EL ESPECTRO DE DISEÑO	30
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	31
2.4. HIPÓTESIS.....	32
2.5. VARIABLES.....	33
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	33
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	33
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	34
CAPÍTULO III	36
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.1.1. ENFOQUE.....	36
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	36
3.1.3. DISEÑO.....	36
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	37

3.2.1. POBLACIÓN.....	37
3.2.2. MUESTRA.....	37
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
3.3.1. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	38
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	38
3.4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	38
3.4.2. ANÁLISIS DE DATOS.....	38
CAPÍTULO IV.....	39
RESULTADOS.....	39
4.1. ASPECTOS GENERALES.....	39
4.1.1. LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	39
4.1.2. ARQUITECTURA DEL PROYECTO.....	40
4.2. IDEALIZACIÓN ESTRUCTURAL.....	44
4.2.1. NORMATIVA Y CÓDIGOS APLICADOS.....	44
4.2.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....	44
4.2.3. CARGAS PARTICIPANTES.....	46
4.2.4. COMBINACIONES DE CARGA.....	51
4.2.5. CONSIDERACIONES SÍSMICAS.....	52
4.2.6. PARÁMETROS DEL SUELO (S).....	54
4.2.7. CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES (U).....	56
4.2.8. ANÁLISIS DINÁMICO.....	57
4.3. ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE LA EDIFICACION.....	58

4.3.1. MODELO ESTRUCTURAL ADOPTADO.....	59
4.3.2. MODOS DE VIBRACIÓN.....	59
4.3.3. DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES.....	60
4.3.4. CORTANTE BASAL.....	63
4.3.5. DISEÑO DE ELEMENTOS DE ACERO.....	65
4.3.6. RESULTADOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.....	69
CAPÍTULO V.....	77
DISCUSION DE RESULTADOS.....	77
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	81
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables.....	34
Tabla 2 Normas y Códigos aplicables.....	44
Tabla 3 Cargas muertas consideradas	46
Tabla 4 Valores obtenidos de la presión del viento (Ph).....	50
Tabla 5 Combinaciones de Cargas- Tensiones Últimas. Estructuras de Acero	52
Tabla 6 Factores de Zonificación “Z”.	54
Tabla 7 Factor de Suelo “S”	55
Tabla 8 Períodos “Tp” y “TL”.....	55
Tabla 9 Sistemas Estructurales en acero.	57
Tabla 10 Valores para el cálculo de la fuerza cortante basal.....	63
Tabla 11 Valores de la fuerza cortante en la base.....	65
Tabla 12 Elementos de acero resultantes.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Departamento donde se ubica el proyecto	39
Figura 2 Provincia y Distrito donde se ubica el proyecto	40
Figura 3 Planta de la edificación	41
Figura 4 Vista Pórticos A, B, E y F	41
Figura 5 Vista pórticos C y D	42
Figura 6 Vista Pórtico 1	42
Figura 7 Vista pórtico 2	43
Figura 8 Vista Pórticos 3, 4 y 5	43
Figura 9 Propiedades de los materiales	45
Figura 10 Ficha técnica placa colaborante seleccionada	46
Figura 11 Sobrecarga muerta de entrepiso total aplicada – Vista de planta	47
Figura 12 Sobrecarga muerta de techo total aplicada – Vista de planta	47
Figura 13 Carga viva aplicada en entrepisos - vista de planta	48
Figura 14 Carga viva aplicada en techo - vista de planta	49
Figura 15 Carga de viento aplicada	51
Figura 16 Combinaciones de carga aplicadas	52
Figura 17 Diafragma rígido de la estructura	53
Figura 18 Zonificación sísmica	54
Figura 19 Response Spectrum Funtion para la edificación	58
Figura 20 Edificación final - Modelo 3D	59
Figura 21 Resultados del periodo fundamental de vibración	60
Figura 22 Distorsiones máximas en X	61
Figura 23 Distorsiones máximas en Y	62
Figura 24 Corte basal en Y	64
Figura 25 Corte basal en X	64
Figura 26 Peso total de la edificación	65
Figura 27 Diseño de secciones en acero	66
Figura 28 Section Check Viga de Carga	67
Figura 29 Section Check Columna Central	68
Figura 30 Resultados - Base de la edificación	70
Figura 31 Resultados - Planta Tipo y Techo de la edificación	71

Figura 32 Resultados - Pórtico 1.....	72
Figura 33 Resultados - Pórtico 2.....	73
Figura 34 Resultados - Pórticos 3, 4 y 5.....	74
Figura 35 Resultados - Pórticos A, B, E y F.....	75
Figura 36 Resultados - Pórticos C y D.....	76

RESUMEN

Como objetivo general se planteó determinar las características estructurales sismorresistentes de un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco – 2023. Por lo tanto, se realizó un estudio descriptivo utilizando métodos cuantitativos y diseño experimental utilizando el software CSI ETABS en el que se modeló un edificio de acero de cinco plantas para su posterior análisis sísmico. Se consideraron como materiales para evaluar la resistencia sísmica de la estructura el perfil de acero estructural ASTM A-36 - $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ y concreto $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$. De acuerdo a la evaluación sísmica, las distorsiones máximas calculadas corresponden a 0.00032 en la dirección y, lo cual es menor a los desplazamientos máximos especificados en la norma técnica peruana E.030, por lo que cumple con la normatividad vigente. Se obtuvieron para columnas perfiles HEB-260, para vigas carga IPE-240 y para vigas de amarre IPE-200. De acuerdo con los resultados de simulación del programa de análisis estructural ETABS del CSI, el edificio fue diseñado con un comportamiento sísmico adecuado y todos sus elementos cumplen con lo establecido en la Norma Técnica E.030, Diseño Sísmico.

Palabras clave: Sismorresistencia, Acero estructural, ETABS, Resistencia Sísmica, Desplazamientos máximos

ABSTRACT

The general objective was to determine the seismic-resistant structural characteristics of a five-story residential building made of structural steel, La Esperanza - Huánuco - 2023. Therefore, a descriptive study was carried out using quantitative methods and experimental design using CSI ETABS software in which a five-story steel building was modeled for subsequent seismic analysis. ASTM A-36 structural steel profile - $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ and concrete $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$ were considered as materials to evaluate the seismic resistance of the structure. According to the seismic evaluation, the maximum distortions calculated correspond to 0.00032 in the y-direction, which is less than the maximum displacements specified in Peruvian technical standard E.030, thus complying with current regulations. HEB-260 profiles were obtained for columns, IPE-240 for load-bearing beams and IPE-200 for tie beams. According to the simulation results of the CSI ETABS structural analysis program, the building was designed with adequate seismic behavior and all its elements comply with the provisions of Technical Standard E.030, Seismic Design.

Keywords: Seismic resistance, Structural steel, ETABS, Seismic resistance, Maximum displacements

INTRODUCCION

El presente trabajo de tesis titulado "Estudio del comportamiento sismorresistente y diseño estructural de un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La Esperanza - Huánuco - 2023"

El propósito fundamental de esta investigación es abordar la necesidad de evaluar y mejorar la resistencia sísmica de las estructuras en zonas sísmicamente activas, para garantizar la seguridad de las personas y la integridad de las edificaciones. El diseño estructural de edificios en estas áreas requiere un profundo entendimiento de la interacción entre la estructura y las fuerzas sísmicas, así como la aplicación de técnicas y normativas actualizadas para garantizar su comportamiento adecuado durante un evento sísmico.

Cabe indicar que el trabajo está organizado en capítulos que abarcan desde la revisión bibliográfica y el análisis de normativas hasta la modelación y simulación estructural, con el objetivo de proporcionar una guía integral. En última instancia, se busca fomentar la seguridad estructural y contribuir al desarrollo sostenible de la región que algunas veces está expuesta a riesgos sísmicos.

El presente trabajo comprende en el capítulo I, en esta sección se abordan los problemas identificados, tanto en términos generales como específicos, se plantean los objetivos generales y específicos de la investigación, se justifica la relevancia del estudio, se establecen las limitaciones y se evalúa la viabilidad de la investigación. Asimismo; el capítulo II, comprende la revisión de tablas de antecedentes nacionales y regionales, así como sustentos teóricos relevantes. Se definen conceptos clave, se plantean hipótesis, se identifican variables y se exploran las manipulaciones de estas variables que precedieron a este estudio. Para el capítulo III con respecto a la metodología de Investigación se detalla los enfoques, niveles y diseños de investigación. Se describe la población y muestras consideradas, así como las técnicas y herramientas utilizadas para la recopilación de datos. Capítulo 4: Procesamiento de Datos y Resultados en este capítulo se presenta el procesamiento de los datos recolectados y se exponen los resultados del análisis comparativo entre los dos sistemas estructurales bajo estudio. Se

destaca la utilización del software ETABS para el análisis y diseño d elementos estructurales. Finalmente, el Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones este capítulo cubre la comparación de los resultados obtenidos, las conclusiones finales derivadas del estudio y las recomendaciones para futuras investigaciones. Se incluyen referencias y anexos como planos y matrices de consistencia, entre otros.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Con el tiempo, la tecnología de la construcción ha evolucionado en todo el mundo, con diferentes aplicaciones y normas, lo que ha dado lugar a una elevada demanda en el área de la construcción. Sin embargo, actualmente hay muchos edificios y estructuras aislados que ponen en peligro a la población debido a la falta de conocimientos y al deseo de la gente de ahorrar dinero, y hay muchos edificios de baja calidad cuyos propietarios no son conscientes de lo que podría ocurrir en caso de terremoto de gran magnitud, lo que provoca pérdidas humanas y económicas (Choudhary y Fatima, 2022)

El diseño estructural es un aspecto primordial de la ingeniería civil, el diseño es la base misma de la construcción de cualquier edificio, casa, presa, puente, alcantarilla, canal, etc. La ingeniería estructural existe desde que el ser humano empezó a construir sus propias estructuras, lo más importante en ingeniería estructural es el diseño de los elementos y miembros básicos simples de un edificio, a saber, las losas, las vigas, las columnas y las fundaciones (Sibenik y Kovacic, 2020).

A nivel continental, en Estados Unidos de Norte América la experiencia sísmica reciente muestra importantes limitaciones en el diseño, lo que sugiere que el diseño de edificios requiere una mayor inversión, lo que oscurece el conocimiento de que el diseño de edificios se lleva a cabo para proteger vidas y permitir que las personas sobrevivan en los edificios durante los terremotos (Anajafi y Medina, 2019).

En América Latina, particularmente en Ecuador, el acero no es el principal material estructural en proyectos pequeños como edificios de cinco pisos, a diferencia del concreto, que es más utilizado en este tipo de construcciones, el acero es un método constructivo que escasea en el mercado debido a la escasa de mano de obra calificada, a diferencia del concreto armado, que tiene mucha más disponibilidad en el mercado laboral de la construcción debido al alto número de empresas dedicadas a este tipo de construcciones, por ello, la reticencia hacia las estructuras de acero se

debe a que la población las percibe como menos duraderas, lo que se debe a la falta de familiaridad de la población con este tipo de construcción, ya que están acostumbrados a las estructuras de concreto, y perciben como inestables otras estructuras construidas con materiales convencionales que no son de concreto (Romo, 2020)

Por su parte, el Perú es una región altamente sísmica, y este tipo de estructuras deben ser diseñadas para soportar las fuerzas sísmicas que actúan sobre su composición, además, se debe tener en cuenta que las edificaciones residenciales son lugares donde la población pasa la mayor parte de su día a día, por lo que su análisis sísmico es muy importante; además, este tipo de edificaciones deben ser capaces de soportar las diferentes fuerzas que se aplican durante un sismo y poder disipar todas las cargas provenientes de estas sollicitaciones sísmicas, para poder así permanecer funcionales conforme a la norma E030 para estructuras sismorresistentes, garantizando la seguridad de las familias y la población en general (Guerra, 2022).

La localidad de Huánuco en la actualidad experimenta un notable desarrollo en el área de la construcción, aumentando así la necesidad de incrementar el número de viviendas en el menor tiempo posible sin comprometer sus características sismorresistentes, lo cual es común cuando los edificios no se construyen sobre las bases de un diseño sismorresistente y se confía principalmente en la negligencia de los constructores, con el fin de ahorrar dinero y sobre todo no incurrir en altos costos, siendo un grave error, ya que estos edificios no tienen ninguna garantía de seguridad contra futuros movimientos sísmicos que podrían causar fallas, por lo cual surge la necesidad de implementar metodologías constructivas que permitan aumentar este número de viviendas en el menor tiempo posible cumpliendo con la normativa E030 de diseño sismorresistente, como lo son las edificaciones de acero estructural (Aguilar, 2022).

Por lo tanto, como objetivo este estudio investiga las características sismorresistentes de un edificio residencial de cinco pisos de acero estructural, en La Esperanza - Huánuco 2023, y su diseño estructural utilizando un software para el modelamiento y cálculo estructural.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son las características estructurales sismorresistentes que debe poseer un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo sería el modelamiento estructural que debe poseer un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023?

¿Cuál es el comportamiento estructural sismorresistente que debe poseer un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023?

¿Qué características estructurales sismorresistentes deben tener los elementos estructurales que conforman un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las características estructurales sismorresistentes de un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza -Huánuco – 2023

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Generar el modelamiento estructural de un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023.

Estimar el comportamiento estructural sismorresistente que debe poseer un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza -Huánuco - 2023.

Determinar las características estructurales sismorresistentes que deben tener los elementos estructurales que conforman un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza -

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El diseño y cálculo de un edificio de cinco niveles con estructura de acero estructural contribuirá a aumentar la demanda de viviendas en zonas muy vulnerables a los eventos sísmicos, además al ser una metodología constructiva con plazos de tiempo mucho más reducidos en comparación con el concreto armado, esto debido a los tiempos de fraguado, contribuirá a un aumento de la verticalidad en las zonas residenciales en una cantidad de tiempo reducida.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La base teórica de este estudio será declarar que todos los edificios deben cumplir todas las normas establecidas por el RNE, principalmente la norma E.030 para diseño sismorresistente, demostrando que al utilizar el acero estructural para edificación de múltiples niveles se puede cumplir con todos los estándares establecidos de flexión, pandeo, distorsiones y cortante basal.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Se utilizará el software ETABS, el cual permite al ingeniero modelar, aplicar tanto cargas variables como permanentes y solicitar la estructura por sismo, y así por medio de simulaciones estructurales determinar los elementos óptimos para la edificación, por lo que este estudio será útil para que los estudiantes de ingeniería evalúen el comportamiento de edificios de cinco pisos con fines residenciales y corroborar su cumplimiento con todos los parámetros normativos.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La carencia de tesis locales sobre el diseño sismorresistente de edificaciones residenciales en la localidad de Huánuco.

Además de la necesidad de realizar un estudio de mecánica de suelos con la finalidad de obtener la capacidad portante de los mismos, así mismo, todos los posibles contratiempos que esto podría conllevar como son el clima y las normativas estatales.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Todos los recursos invertidos en esta tesis son autofinanciados por el investigador, y no se utilizará ninguna financiación externa para llevar a cabo esta investigación.

Este estudio pretende demostrar y contribuir positivamente a futuras investigaciones sobre el diseño de la resistencia sísmica de edificios residenciales utilizando software de análisis estructural, en este caso ETABS, y sobre cómo se completa el propio diseño de acuerdo con los códigos de construcción nacionales, como el E030, para el diseño de la resistencia sísmica. Con la ayuda de expertos con amplia experiencia en este campo (consultores, profesores y jurados), fue posible validar los cálculos pertinentes, garantizando así la fiabilidad necesaria para demostrar resultados precisos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

En las construcciones modulares de acero (MSB), la conexión es una parte fundamental del rendimiento estructural y la transferencia de cargas, hasta la fecha, las conexiones de los MSB han utilizado principalmente una placa de conexión o un dispositivo de unión, sin tener en cuenta las dificultades prácticas que entrañan el izado y la instalación de la unidad modular. Por lo tanto, Lian et al. (2021) en su artículo se proponen un innovador acoplamiento de conexiones totalmente prefabricado y elevable. El comportamiento sísmico de la conexión se analizó utilizando el programa informático ABAQUS. El estudio numérico de conexión se basó en un model simplificado de elementos finitos, además de un model detallado de elementos finitos. En el model utilizando elementos finitos completado se cotejó con los resultados de las pruebas de la nueva conexión en referencias anteriores. El modelo de conexión simplificado se desarrolló utilizando muelles para conectar los componentes por medio de cinco análisis de elementos finitos de carga cíclica cuasiestática en la conexión MSB innovadora para investigar su capacidad de transferencia de carga y su comportamiento sísmico. Los resultados mostraron que el debilitamiento en el extremo de la viga puede transferir la bisagra plástica a una posición debilitada con poco efecto en la resistencia global. A partir de estos resultados, concluyen que la respuesta cíclica puede incorporarse al modelo simplificado global mediante el calculo de los coeficientes de rigidez y amortiguación de la union.

Jing et al. (2020) en su investigación diseñaron una estructura modular de acero antisísmico para una edificación de seis plantas.

Estudio de tipo experimental donde en las pruebas sísmicas longitudinales y laterales, los módulos se deslizaron en diferentes direcciones desde distintos niveles de planta dentro de un desplazamiento máximo definido de 2,5% de deriva y se centraron dentro de una tolerancia de 5 mm al final de un terremoto importante. Todos los módulos se mantuvieron estables durante el desplazamiento y no mostraron tendencia al colapso ni a desplomarse en los niveles inferiores. Durante un terremoto de gran magnitud, más del 80% de la energía sísmica introducida en el sistema propuesto se disipa por fricción e histéresis del caucho. Durante el desplazamiento, todos los módulos permanecieron estables y no se produjo ningún derrumbe ni asentamiento de los niveles inferiores. Durante un terremoto de mayor magnitud, el sistema propuesto disipa más del 80% de la energía sísmica introducida por la fricción y la histéresis del caucho. En conclusión, el sistema requiere una deformación del 5% y se centra dentro de una tolerancia de 5 mm al final de un terremoto fuerte, durante el desplazamiento, todos los módulos permanecen estables y no hay riesgo de colapso o pandeo en los niveles inferiores y durante las vibraciones fuertes, el sistema propuesto disipa más del 80% de la energía sísmica mediante la fricción del caucho.

Los cambios en el uso del edificio provocan cambios en las cargas vivas, que a su vez afectan a todas las magnitudes dependientes, como el centro de masa, el centro de desplazamiento, la excentricidad, por tanto, el momento que puede resistir el edificio durante un terremoto. Para ello, Puleo y Sarkis (2020), investigaron en qué medida estas variaciones afectan a los edificios y qué aspectos sísmicos se ven afectados, por medio del análisis del comportamiento sísmico de una edificación irregular de hormigón armado de seis plantas y forma irregular. Se trató de un estudio no experimental, cuantitativo y descriptivo en el que se identificaron dos casos con cargas variables en cada planta para investigar estos efectos. Los edificios de ambos casos se modelaron utilizando software estructural para analizar las fuerzas actuantes sobre los edificios y derivar los cambios en el caso 2 en

comparación con el caso 1. De los resultados se puede concluir que el cambio de uso del edificio irregular no tiene un efecto significativo y a veces insignificante en los desplazamientos que se producen, mientras que en el caso de un edificio regular tiene un efecto muy significativo.

En su estudio Gaibor (2020), se propone diseñar una estructura de acero con un marco de resistencia flexible, que es un tipo de configuración estructural que proporciona un mecanismo de distribución de energía que permite el comportamiento esperado durante los terremotos. Se trató de un estudio descriptivo, cuantitativo y experimental. El diseño de estos marcos resistentes a momento se basa en los últimos códigos de construcción de Ecuador y USA. El diseño estructural final se llevó a cabo utilizando el programa informático ETABS, ya que es fácil de usar e incluye diseños previamente probados para las conexiones resistentes a momentos. El resultado es un edificio con secciones óptimas de columnas, vigas, viguetas y placas base que cumplen los requisitos de los criterios de diseño. En conclusión, cabe esperar que el rendimiento estructural sea satisfactorio en términos de geometría y resistencia sísmica, para terremotos con una probabilidad superior al 10 %, no se espera que la estructura experimente deformaciones excesivas en el rango elástico durante un periodo de 50 años.

Polastri et al. (2019), en su artículo estudiaron el comportamiento sísmico de estructuras de varias plantas rigidizadas con vigas laminadas transversalmente mediante simulaciones numéricas dinámicas lineales. Todos los sistemas analizados tienen la misma huella rectangular, el mismo tipo de estructura y la misma disposición de muros transversales en cada planta. Para garantizar la eficiencia estructural, los sistemas de resistencia a cargas laterales combinan el núcleo central del edificio con muros transversales perimetrales de longitud parcial. Los casos difieren en cuanto al número de plantas (3, 5 ó 7), las características de los elementos estructurales y los métodos de anclaje de los muros transversales. Las propiedades de las uniones utilizadas en los análisis

se obtienen a partir de ensayos con anclajes de anclaje y uniones transversales cuadradas. Los resultados de la simulación evidencian que los edificios de mediana altura son susceptibles a efectos de pandeo lateral y transfieren grandes cargas de levantamiento a los cimientos durante eventos sísmicos de nivel de diseño. Por lo tanto, pueden ser necesarias medidas de diseño especiales para limitar los desplazamientos laterales a los niveles prescritos en las normas. Las representaciones simplificadas de las propiedades de las juntas pueden dar lugar a predicciones inadecuadas de los desplazamientos laterales de las superestructuras durante los eventos sísmicos y a un diseño incorrecto de las juntas. Concluyen que entre los dispositivos adecuados se incluyen los anclajes metálicos que pueden limitar el desplazamiento entre capas y, al mismo tiempo, transferir fuerzas a la cimentación de forma que las estructuras, los muros transversales o los diafragmas de suelo y techo no sufran daños locales.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Para Tipacti (2020), el objetivo principal de su tesis fue modelar y diseñar un edificio prefabricado de concreto de ocho pisos en la zona urbana de San Luis en el departamento y provincia de Ica. El modelo metodológico utilizado es un modelo transversal no empírico simple y detallado. La superficie total del área utilizada fue de 4.600 metros cuadrados y las áreas de muestra son parcelas de superficie total de 832 m². Como resultado, se obtuvieron las dimensiones de todos los elementos de la estructura. Las conclusiones que se pueden extraer son que la utilización de los datos obtenidos del programa de análisis estructural para el diseño sísmico del edificio permite cumplir con las especificaciones de diseño para la resistencia sísmica, además se obtuvo el área transversal final de cada miembro estructural con la distribución de acero calculada para cada elemento de acuerdo con los requisitos sísmicos.

En su investigación Gonzalez y Reyes (2022), se enfocaron en el

análisis y el diseño de una edificación de cinco plantas en Trujillo, basado en una capacidad portante bastante reducida de $1,11 \text{ kg/cm}^2$. El proyecto es un estudio descriptivo y transversal que utiliza métodos cuantitativos y experimentales. El proyecto abarca una superficie de $298,53 \text{ m}^2$ e incluye elementos estructurales como losa aligerada, vigas, columnas y cimentaciones. La disposición se diseñó de acuerdo con la zona óptima para su operación, teniendo en cuenta los requisitos reglamentarios, lo que dio como resultado una disposición adecuada del edificio. Los resultados del análisis estructural mostraron que las deformaciones eran inferiores a las exigidas por la legislación, lo que dio lugar a una resistencia adecuada del edificio en sus direcciones X y Z. La estructura se diseñó utilizando el software ETABS para obtener los momentos necesarios para diseñar la estructura de acuerdo con los requisitos legales. Puede concluirse que el diseño de la estructura cumple los requisitos de RNE para el diseño de estructuras sísmicas.

El propósito del estudio de Anco y Mamani (2020), fue analizar y diseñar un edificio residencial de 5 pisos con estructuras de muros confinados en Tacna, en base a los códigos nacionales de construcción. Investigación de enfoque cuantitativo de tipo descriptiva y transversal. Para llevar a cabo el estudio se determinaron elementos de diseño como la ubicación del sitio, la definición arquitectónica y la obtención de un estudio mecánico de suelos. Luego, se realizó el diseño preliminar, medición de cargas, análisis y modelamiento estructural de la estructura utilizando el software ETABS para el cálculo de su estructura. Se realizaron un análisis estático, además de uno dinámico que dio como resultado una deflexión de suelo a techo de 0.0012 en la dirección X y de 0.0005 en la dirección Y, que no superaba la deflexión máxima permitida de 0.005 definida en la normativa. Para los cimientos del edificio se utilizó una placa base de 0.30 m de espesor y vigas de $0.30 \times 0.80 \text{ m}$ en los extremos y en el interior. Finalmente, se puede concluir que los muros que poseen una ductilidad limitada muestran un apropiado comportamiento estructural en caso de riesgo sísmico, ya que cumplen con los requerimientos del Código de Edificaciones del Perú para el

diseño antisísmico y el diseño estructural.

En el estudio de Condori (2022), se presenta un estudio descriptivo, mediante un método cuantitativo transversal, el cual desarrollo el diseño de la estructura de un edificio de hormigón armado de cuatro plantas con un sótano residencial. El edificio está en una parcela de 710 m² y el suelo es de arena limosa con una capacidad portante de 1kgf/cm². La superestructura del edificio se analizó con Etabs y la cimentación con Safe. Los elementos estructurales se diseñaron de acuerdo con los métodos de resistencia especificados en el código de edificación. Los resultados se basaron en cálculos y pruebas del citado código de edificación. Se concluyó que el comportamiento estructural del edificio es adecuado y cumple los requisitos del código de edificación. Por lo tanto, se espera que el se comporte elásticamente y resista los terremotos sin sufrir daños ni derrumbarse debido a su fragilidad.

El objetivo principal de la investigación de Huaman y Quispe (2021), fue realizar un modelo y diseñar estructuralmente una edificación de cinco pisos con pisos semirrecluidos en Las Viñas, región Ica. Metodológicamente se trató de un diseño no experimental y de corte transversal, descriptivo simple. El área total a estudiar fue de 1,759.97 m² y la muestra se tomó de dos parcelas con un área de 300.00 m² en su totalidad. Para modelar y diseñar el diseño estructural, fue necesario determinar la elevación y rugosidad del terreno, determinar el desplazamiento relativo máximo permisible, para posteriormente realizar un análisis dinámico basado en cuantificaciones sísmicas y de acuerdo al estudio mecánico del suelo conseguido, para realizar el diseño estructural se utilizó el programa de cálculo Cypecad 2022, considerando el Código Nacional de Construcción las disposiciones vigente E.030 para sismorresistencia. Los resultados mostraron que el edificio cuenta con una losa de piso de espesor 25 cm, un piso aligerado de 25 cm, columnas rectangulares de 25 x 60 cm, un sistema de muros portantes tanto en el eje X como en el Y conformado por vigas de carga de 25 x 45 cm y vigas auxiliares de 25 x 45 cm.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ESTRUCTURACIÓN

Una estructura se define como una disposición sistemática de elementos que soportan carga estructural para lograr el comportamiento previsto de un edificio con respecto a la gravedad y los costes sísmicos (Zambrano, 2021).

2.2.2. CRITERIOS PARA ESTRUCTURACIÓN

La normativa E.030 Diseño sismorresistente (Ministerio de Vivienda, 2019), establece que deben tenerse en cuenta las ciertas características presentadas a continuación para mejorar la calidad del comportamiento de una edificación:

2.2.2.1. SIMETRÍA

Esto ocurre cuando el centro de masa concuerda con el centro de rigidez. En los proyectos se busca simetría para reducir el coste de la excentricidad y evitar la concentración de fuerzas y la torsión, las edificaciones asimétricas suelen incurrir en costos más elevados tanto en su concepción como en la fase de construcción (Taheri et al., 2019).

2.2.2.2. RIGIDEZ

La rigidez estructural es la capacidad de un elemento estructural de resistir la deformación, también puede definirse como la capacidad de resistir cargas sin deformarse ni desplazarse demasiado, proporcionando así la estabilidad básica de la estructura (Liu et al., 2022).

2.2.2.3. CONTINUIDAD

La continuidad en altura de los elementos controla la rigidez de cada capa o plano para eliminar las deficiencias causadas por losas blandas y concentraciones de tensiones. Los componentes

del análisis se controlan de forma sostenible colocando elementos estructurales como columnas y muros en un espacio en el que exista continuidad (Calderón y Díaz, 2020).

2.2.2.4. DUCTILIDAD

La composición debe ser dúctil para que la energía ocasionada por un sismo pueda disiparse mediante deformaciones elásticas y dúctiles sin superar la capacidad de resistencia y sin llegar a la fractura. Este criterio es uno de los criterios de diseño principales de las estructuras, por lo que, si la ductilidad cambia en alguna parte del conjunto, éste no tendrá el comportamiento previsto en el cálculo de diseño (Avgerinou y Vayas, 2020).

2.2.2.5. DEFORMACIONES LIMITADAS

Como se ha descrito en el apartado anterior, la composición debe ser capaz de deformarse para disipar la energía del movimiento telúrico. No obstante, deben controlarse para que no superen el valor de las resistencias estructurales, en otras palabras, la composición debe tener tanto ductilidad como resistencia (Sadeghi et al., 2021).

2.2.2.6. INCLUSIÓN DE LÍNEAS SUCESIVAS DE RESISTENCIA

Para lograr optimizar la estructura en la fase de diseño, es factible asignar recursos estructurales a niveles más elevados, buscando así recursos que conduzcan a una mayor resistencia del acero y minimizando así los costes (Heshmati et al., 2020).

2.2.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La etapa de predimensionamiento tiene lugar tras la finalización del diseño estructural. En este contexto, hay varias interacciones que permiten dimensionar los recursos estructurales para maximizar los beneficios de la sostenibilidad. (Hu et al., 2020).

2.2.3.1. VIGAS

Una viga es una estructura horizontal con un ángulo de 0° que soporta principalmente las cargas vivas y muertas de una losa ligera. En vigas de hormigón, en su mayoría de sección rectangular, se replanteó por su sencillez de diseño, así mismo en vigas de acero estructural estas están conformadas por 2 alas y un alma con una alta inercia (Romo, 2020).

2.2.3.2. COLUMNAS

Las columnas son soportes verticales y longitudinales capaces de soportar el peso de la estructura transmitiendo estas cargas hacia las fundaciones. Los factores de dimensionamiento más utilizados para las columnas se basan en la carga axial y la resistencia a la compresión del material, por lo que es necesario calcular la carga que recibirán las columnas debido a la gravedad (Aguilar, 2022). Se proponen dos criterios para el predimensionamiento de las columnas:

- **Columnas perimetrales**

Las columnas de este tipo situados en los bordes suelen soportar cargas axiales inferiores a las de las columnas situadas en el centro de la estructura, pero deben poder resistir los momentos monumentales inducidos por los movimientos telúricos (Guerra, 2022).

- **Columnas interiores**

Este tipo tiene una superficie mayor que las columnas exteriores, lo que significa que deben soportar cargas axiales

más elevadas. En las columnas interiores, el brazo de la fuerza sísmica con respecto al centro de rigidez es menor, por lo que el momento sísmico de resistencia es menor que en las columnas exteriores (Calderón y Díaz, 2020).

2.2.4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE

Esta prueba se realiza para determinar la resistencia de la fuerza interna causada por el desplazamiento de las oscilaciones de expansión del suelo a lo largo del movimiento sísmico en el elemento (Ministerio de Vivienda, 2019)

- **Criterios de análisis sísmico**

La sollicitación sísmica utilizada para determinar estas fuerzas será coherente con el movimiento sísmico para diseño definido en la NTE E030, es decir, el movimiento sísmico con una probabilidad de aceleración máxima superior al 10% en un periodo de 50 años (Ministerio de Vivienda, 2019).

Tipo de análisis sísmico

- **Análisis sísmico estático:** en este método es representado el movimiento sísmico con las fuerzas que actúan sobre las masas de cada clase (Ministerio de Vivienda, 2019).
- **Análisis sísmico dinámico:** este método también se denomina análisis sísmico modal espectral y es el procedimiento más utilizado a nivel mundial, en el que el espectro de diseño se utiliza para derivar los métodos de vibración y la base combinada de estos métodos se utiliza para derivar las fuerzas debidas al movimiento sísmico de diseño (Ministerio de Vivienda, 2019).

2.2.5. CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE

Al diseñar para la resistencia y el control de materiales, es importante diseñar para la resistencia a los terremotos, lo que tendrá un impacto positivo en la calidad al tiempo que reconoce las propiedades físicas y reduce los costes del proyecto (Anco y Mamani, 2020).

2.2.6. PARÁMETROS PARA EL ESPECTRO DE DISEÑO

◆ **Clasificación por zona**

Este valor, también llamado componente regional, es la aceleración horizontal máxima del sismo de diseño expresada como porcentaje de la intensidad (Ministerio de Vivienda, 2019).

◆ **Condiciones ingenieriles y geológicas**

Para calcular el espectro de diseño de vibraciones sísmicas, es necesario conocer las propiedades del suelo. La norma E-030 clasifica la composición del suelo en cinco categorías basadas en la distribución del cizallamiento, la media ponderada de los ensayos de penetración estándar y la resistencia al cizallamiento no confinado (Ministerio de Vivienda, 2019)

◆ **Parámetros del emplazamiento**

Estos límites corresponden a las fases S-elemento, T_p y T_I y pueden determinarse a partir del conocimiento del sector sísmico y del perfil del suelo a partir del cual se determina la composición (Ministerio de Vivienda, 2019)

◆ **Categorías de edificios y factores de uso**

Los edificios se clasifican en función de su valor y uso: según la NTE E030, existen cuatro categorías: mayor, crítico, normal y temporal (Ministerio de Vivienda, 2019)

- ♦ **Sistema estructural y factor básico de reducción sísmica (R_0)** El factor de reducción sísmica básico (R_0) refleja la ductilidad de la estructura en caso de terremoto y puede calcularse de acuerdo con el concepto de diseño sísmico (Ministerio de Vivienda, 2019).

- ♦ **Factores de Irregularidad**
Con el fin de aproximar adecuadamente el valor del factor de reducción sísmica para estructuras de forma irregular, la NTE E030 penaliza el valor de R_0 (Ministerio de Vivienda, 2019).

- ♦ **Espectro de diseño**
También conocido como espectro de aceleración, es una curva derivada de las medidas máximas de aceleración que pueden perjudicar diversas estructuras y está relacionado con el comportamiento del sistema estructural, la actividad sísmica del sitio y las condiciones del terreno (Guerra, 2022).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Cargas Muertas: en el caso del diseño sísmico, el peso muerto se calcula como el peso de todo el activo que se mantendrá durante toda la vida útil de la edificación (Ministerio de Vivienda, 2019).

Carga viva: La carga viva es el peso de un recurso o individuo que continuará en movimiento dentro del elemento. La norma E.020 sigue dando valores para al menos diferentes categorías según la ocupación o el uso previsto. (Ministerio de Vivienda, 2019).

Carga transversal: en el caso del diseño sísmico, conviene tenerse en cuenta las cargas permanentes y variables del elemento, por lo que, en el caso de un elemento sobrecargado, la carga sísmica (W) se multiplica por ambas cargas. (Ministerio de Vivienda, 2019).

Zonificación sísmica: el Perú se divide en 4 regiones, las cuales básicamente toman diferentes valores, los cuales se siguen dando en la NTE-E060. (Ministerio de Vivienda, 2019).

Parámetros de sitio: el diseño sísmico debe tomar en cuenta el tipo de suelo que describa de mejor manera las condiciones del sitio, utilizando los valores del elemento relacionado con la sismicidad utilizado en el estudio de diseño. (Ministerio de Vivienda, 2019).

Diseño de elementos estructurales: Los elementos estructurales se diseñarán para cada carga muerta que el elemento pueda resistir; sin embargo, algunos elementos pueden diseñarse también para cargas activas por debajo de sus valores teóricos totales (Ministerio de Vivienda, 2019).

Combinaciones de carga: para las combinaciones de carga y las cargas nominales, deben tenerse en cuenta los criterios de cálculo dados en la normativa (Ministerio de Vivienda, 2019).

2.4. HIPÓTESIS

Hi: El diseño estructural sismorresistente del edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco – 2023, cumplirá con todos los parámetros que establece la norma técnica E.030 Diseño sismorresistente.

H0: El diseño estructural sismorresistente del edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco – 2023, no cumple con todos los parámetros que establece la norma técnica E.030 Diseño sismorresistente.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Sismorresistencia

Cualidad o capacidad de un edificio para soportar los efectos de las cargas y movimientos dinámicos durante un terremoto aproximándose al fallo estructural, con el objetivo principal de proteger y salvar la vida de sus ocupantes (Heshmati et al., 2020).

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño estructural

El diseño es el proceso metodológico que consiste en definir las características de una estructura para que cumpla óptimamente la estabilidad, resistencia y rigidez teniendo como su función principal proporcionar estabilidad estructural utilizando materiales y diseño adecuados (Taheri et al., 2019).

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADOR	Tipo de Variable	ESCALA DE MEDICIÓN
Sismorresistencia	El grado de utilidad a partir del cual el deterioro de la rigidez lateral y de la estabilidad del sistema trastorna el equilibrio de la estructura y se aproxima al fallo estructural. (Avgerinou y Vayas, 2020)	Cargas	<ul style="list-style-type: none"> • Cargas muertas • Cargas vivas 	Cuantitativa	Razón
		Diseño sismorresistente	<ul style="list-style-type: none"> • Zona sísmica • Sistema estructural • Análisis dinámico • Parámetros de sitio • Factor Ro 		
		Configuración Estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo • Estructuración 		

Diseño Estructural	El diseño es el proceso creativo que consiste en definir las características de un sistema para que cumpla óptimamente sus objetivos. Un sistema estructural se diseña para soportar las fuerzas que se le aplican. (Gaibor, 2020b)	Diseño de elementos estructurales	<ul style="list-style-type: none">• Columnas• Vigas• Viguetas
--------------------	---	-----------------------------------	---

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Este enfoque es cuantitativo, ya que el análisis de la importancia de los elementos estructurales está relacionado con el comportamiento sísmico de los mismos y requiere la realización de cálculos mediante simuladores informáticos para obtener valores coherentes con las mediciones cuantitativas. Por consiguiente, el enfoque cuantitativo tiene por objeto cuantificar y expresar en distintos grados los datos o valores obtenidos para las magnitudes consideradas (Carrasco, 2019).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

En cuanto al nivel corresponde a una investigación descriptiva, ya que no es una mera descripción o aproximación de un objeto, sino que expresa e indica las características, cualidades y rasgos principales de los fenómenos y de la realidad en un periodo histórico determinado. (Herbas y Rocha, 2018).

3.1.3. DISEÑO

Se trata de un proyecto experimental porque las variables para diseño de la edificación, mediante modelización y simulación con software especializado, se manipularán deliberadamente para evaluar la resistencia sísmica mediante observación experimental. El estudio experimental se caracteriza por ser un proceso basado en la exposición de un sujeto o grupo de individuos a condiciones, estímulos o procedimientos categóricos para demostrar los resultados u opiniones obtenidos (Arias y Covinos, 2021).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Es el conjunto de individuos, objetos, personas, situaciones o funciones inherentes a la investigación que se quiere analizar (Carrasco, 2019). Se estima en la investigación como población para la investigación a todos los elementos estructurales pertenecientes a una edificación residencial en La Esperanza - Huánuco – 2023.

3.2.2. MUESTRA

Se trata de una porción muy representativa de la población, extraída con la finalidad de examinar sus características y generalizar a toda la población (Navarro, 2014). En la investigación se considera como muestra a las columnas y vigas de la edificación de acero en La Esperanza - Huánuco – 2023.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Estas técnicas buscan como objetivo recabar datos sobre las variables estudiadas, para ello se consultaron revistas nacionales e internacionales relacionadas con el área estudiada para obtener criterios de estudio de los conceptos encontrados (Hernández y Mendoza, 2018). La observación experimental consiste en un proceso e instrumentos que tienen como objetivo verificar las propiedades y componentes principales de elementos presentes en el fenómeno de interés o en la naturaleza (Herbas y Rocha, 2018)

3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Son las herramientas que los investigadores utilizan para obtener respuestas a un problema concreto (Herbas y Rocha, 2018).

Para realizar una observación, los investigadores deben acudir al lugar o fenómeno objeto de estudio utilizando fichas de recogida de datos (Arias y Covinos, 2021). El uso de estas fichas será el de recogida de datos obtenidos por medio del software ETABS de CSI, un avanzado programa de cálculo estructural que permite realizar análisis estructurales lineales y no lineales.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

3.4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para iniciar el análisis y diseño estructural, primero hay que realizar un diseño preliminar de la estructura, el software requiere la introducción de datos históricos y secciones transversales preliminares. A continuación, se modela la estructura y se introducen las cargas que actúan sobre ella en el software ETABS de CSI para su adecuada modelización y análisis, con la finalidad de optimizar estos elementos, los resultados se tabulan, dimensionan y miden en Excel.

3.4.2. ANÁLISIS DE DATOS

El software Excel utiliza hojas de cálculo, gráficos y tablas dinámicas de Microsoft Excel para analizar los datos de los modelos estructurales en el software CSI ETABS y verificar que los desplazamientos principales, las distorsiones y los esfuerzos cortantes en la base cumplen las normas nacionales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. ASPECTOS GENERALES

4.1.1. LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El presente estudio está ubicado políticamente en:

- Departamento: Huánuco
- Provincia: Huánuco
- Distrito: Huánuco
- Localidad: La Esperanza

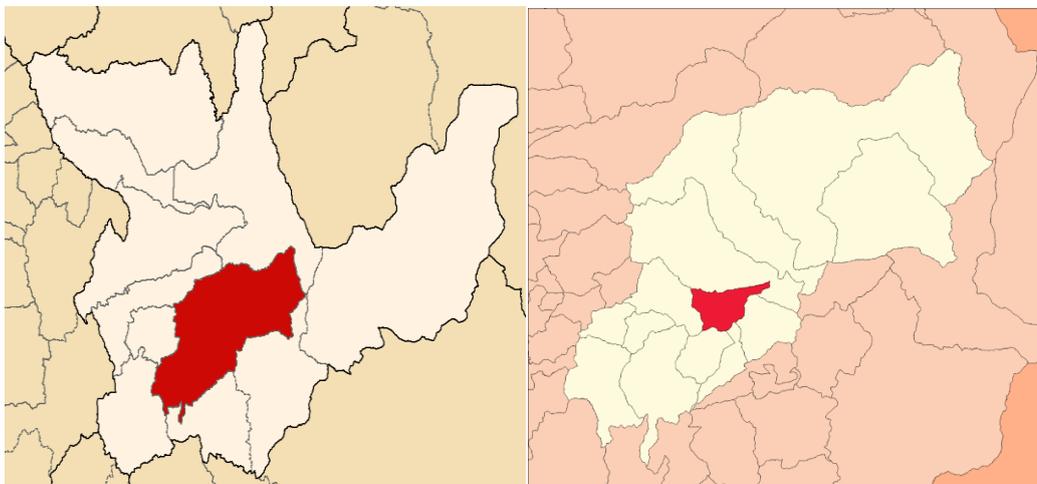
Figura 1

Departamento donde se ubica el proyecto



Figura 2

Provincia y Distrito donde se ubica el proyecto



4.1.2. ARQUITECTURA DEL PROYECTO

Consta de una edificación de 5 niveles, el cual será destinada para uso residencial. Los niveles son típicos y tienen un área bajo techo de 300 m² y una altura de entepiso de 3.3 m. La superestructura será realizada en su totalidad de perfiles de acero estructural, la losa de entepiso y techo será tipo deck con placa colaborante.

Figura 3

Planta de la edificación

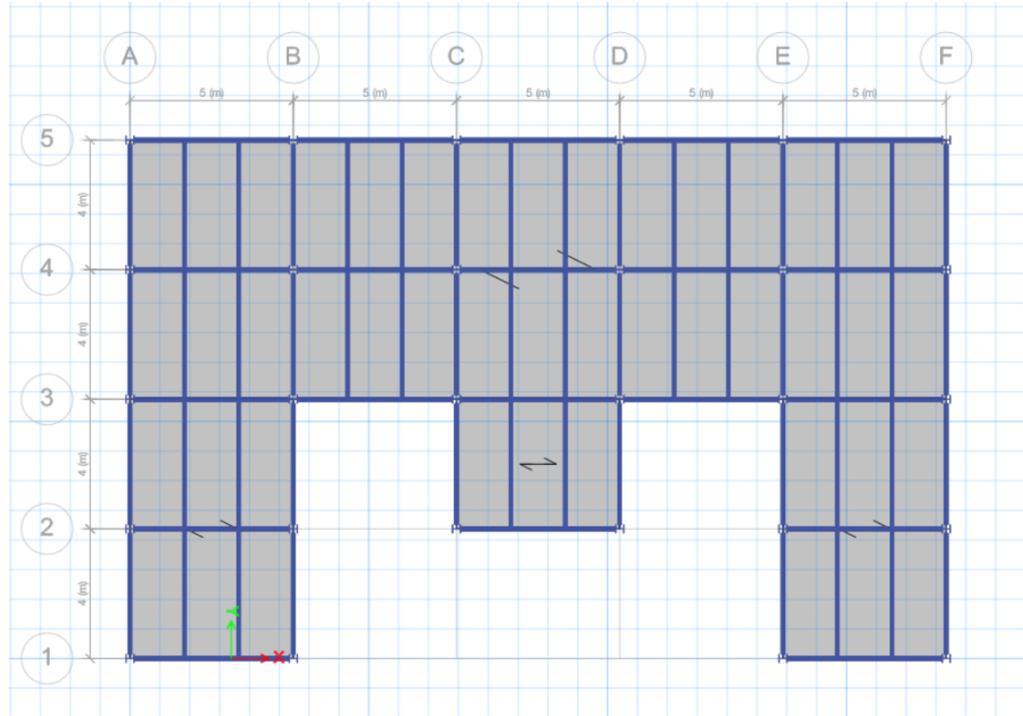


Figura 4

Vista Pórticos A, B, E y F

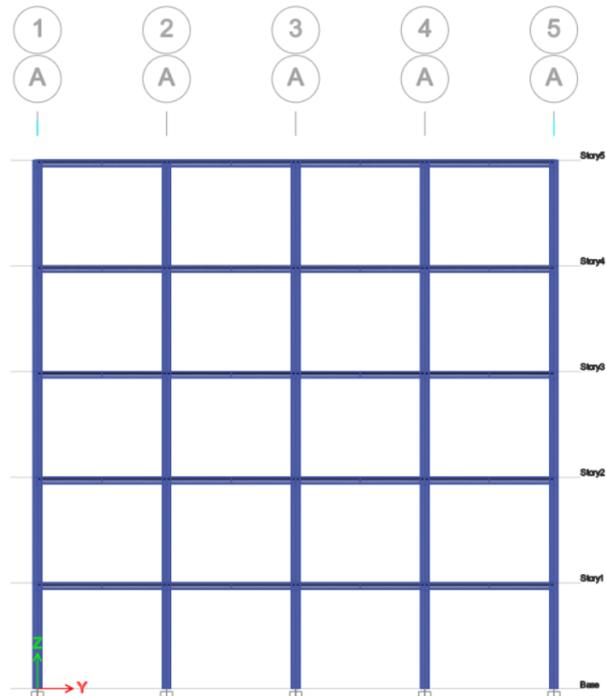


Figura 5

Vista pórticos C y D

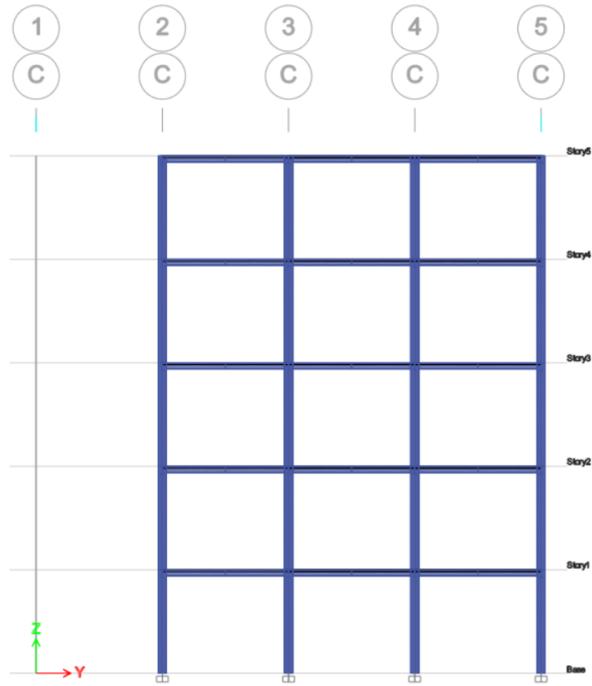


Figura 6

Vista Pórtico 1

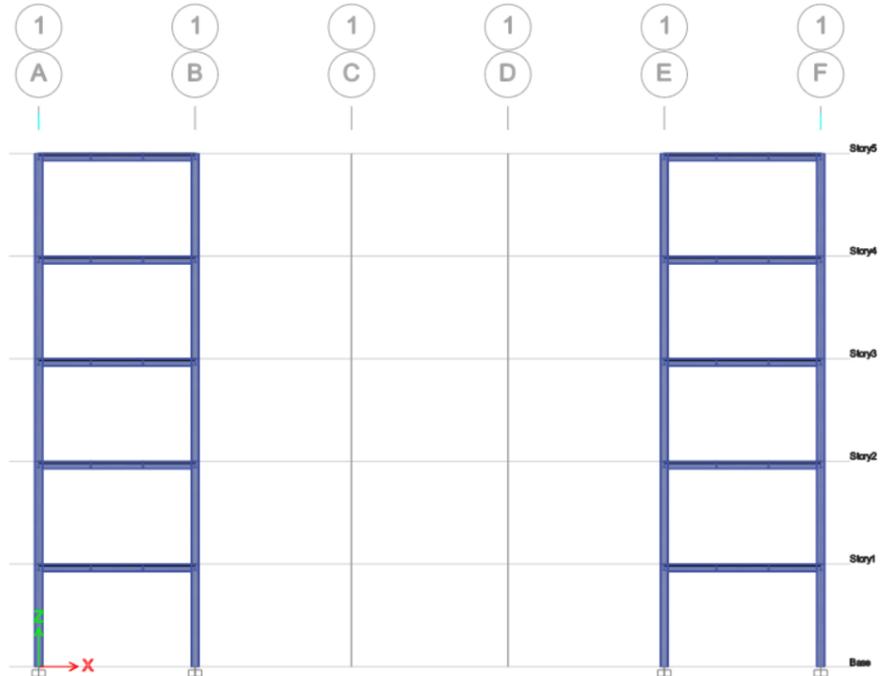


Figura 7

Vista pórtico 2

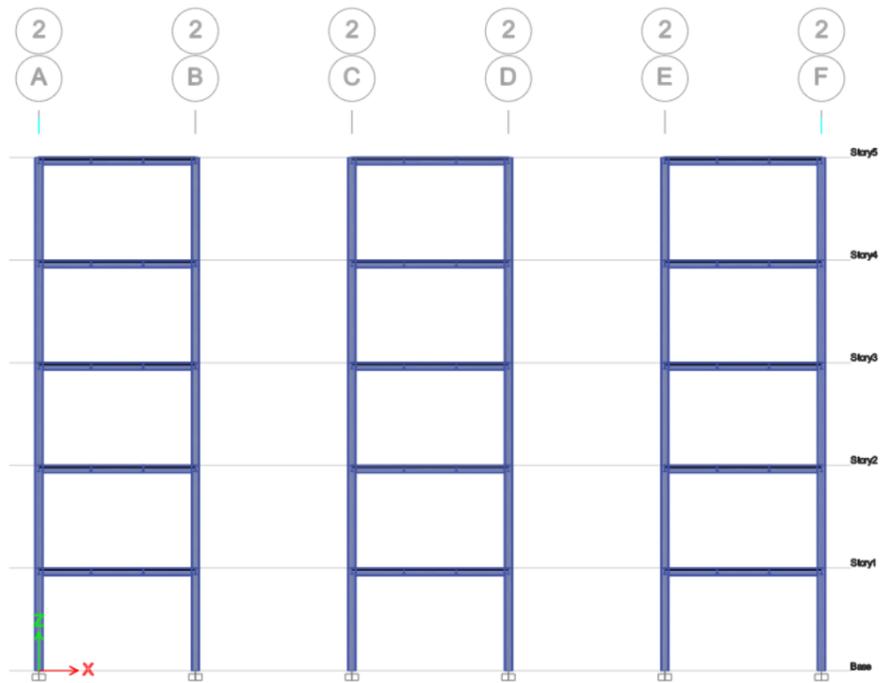
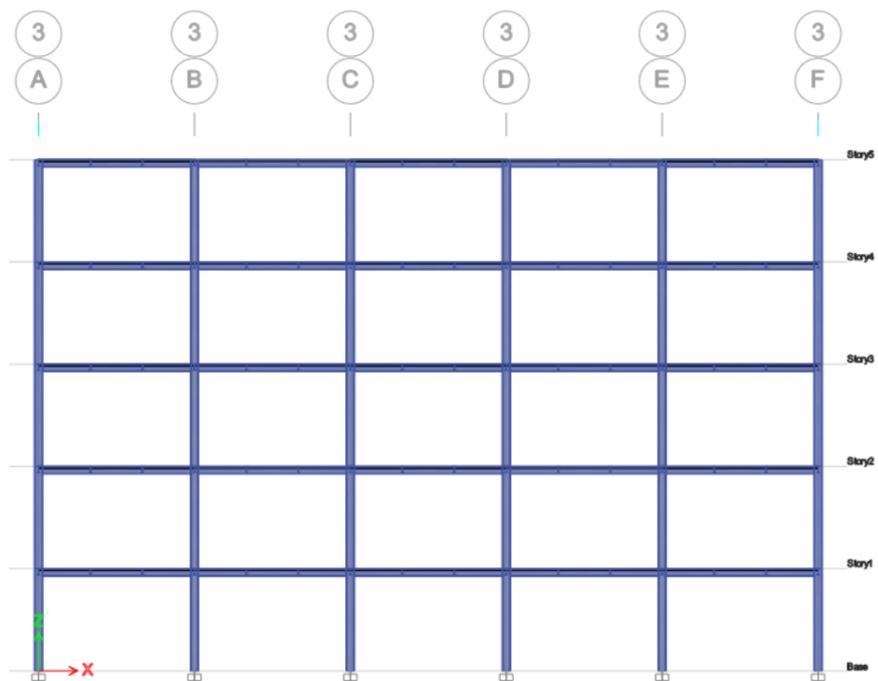


Figura 8

Vista Pórticos 3, 4 y 5



4.2. IDEALIZACIÓN ESTRUCTURAL

4.2.1. NORMATIVA Y CÓDIGOS APLICADOS

El análisis y el diseño del edificio se llevaron a cabo de acuerdo con las últimas normativas nacionales de construcción y las normas y estándares que se enumeran a continuación:

Tabla 2

Normas y Códigos aplicables

Descripción	Norma
Cargas participantes	E.020 "Cargas"
Análisis Sismorresistente	E.030 "Diseño Sismorresistente"
Concreto Armado	E.050 "Concreto Armado"
Elementos de Acero	E.090 "Estructuras Metálicas"
Análisis dinámico	AISC "Manual of Steel Construction, Load and Resistance Factor Design"

4.2.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

La calidad requerida de los materiales según los planos respectivos es la siguiente:

- Acero estructural en perfiles: ASTM A-36 - $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- Concreto $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 9
Propiedades de los materiales

E Material Property Data ×

General Data

Material Name: A36

Material Type: Steel

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7849,05 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 7849,047 kg/m³

E Material Property Design Data ×

Material Name and Type

Material Name: A36

Material Type: Steel, Isotropic

Grade: Grade 36

Design Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 2531,05 kgf/cm²

Minimum Tensile Strength, Fu: 4077,8 kgf/cm²

Expected Yield Stress, Fye: 3796,58 kgf/cm²

Effective Tensile Strength, Fue: 4485,58 kgf/cm²

E Material Property Data ×

General Data

Material Name: Concreto Fc = 210 kg/cm2

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2402,77 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 2402,77 kg/m³

E Material Property Design Data ×

Material Name and Type

Material Name: Concreto Fc = 210 kg/cm2

Material Type: Concrete, Isotropic

Grade: Fc = 210 kg/cm2

Design Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, Fc: 210 kgf/cm²

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

4.2.3. CARGAS PARTICIPANTES

Las cargas que deben tenerse en cuenta en el análisis y diseño de la estructura se especifican en la sección E.020 Cargas. Los efectos de los terremotos se especifican en la sección E.030.

Peso propio y cargas muertas

Se tendrá en cuenta el peso propio de los elementos estructurales y el peso de los elementos no estructurales conectados permanentemente a la estructura: el programa ETABS (SELFWEIGHT) determina el peso propio de la estructura. Se tendrá en cuenta el peso de los siguientes elementos:

Tabla 3

Cargas muertas consideradas

Descripción	Peso unitario
Acero Estructural	7850 kg/m3
Concreto en losa compuesta E=10cm	185 kg/mt2
Placa Colaborante	9.16 Kg/m2
Acabado de piso y paredes	200 kg/cm2
Nivelación y manto asfáltico en techos	110 kg/cm2

Figura 10

Ficha técnica placa colaborante seleccionada

Propiedades del Concreto ($f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$)		
Altura de Losa (cm)	Volumen de Concreto (m^3/m^2)	Carga Muerta (Kg/m^2)
9	0.067	161
10	0.077	185
11	0.087	209
12	0.097	233
13	0.107	257
14	0.117	281

Propiedades de la Sección del Acero				
Calibre	Peso/Área (Kg/m^2)	I (cm^4/m)	S.sup (cm^3/m)	S.inf (cm^3/m)
22	9.16	25.01	16.42	10.99
20	10.93	30.36	19.92	13.34

L : longitud de separación entre apoyos (m)

Tabla de Cargas (Kg/m^2) con Concreto ($f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$)							
Calibre	L metros	Altura de Losa					
		h=9	h=10	h=11	h=12	h=13	h=14
22	1.25	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	1.50	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	1.75	1552	1837	2000	2000	2000	2000
	2.00	1126	1339	1553	1766	1979	2000
	2.25	834	998	1163	1327	1491	1655
	2.50	625	755	884	1013	1142	1271
	2.75	471	574	677	781	884	987
	3.00	353	437	521	604	681	771
	3.25	262	330	398	467	535	603
	3.50	189	245	301	358	414	470

Figura 11

Sobrecarga muerta de entrepiso total aplicada – Vista de planta



Figura 12

Sobrecarga muerta de techo total aplicada – Vista de planta



Carga viva

Las cargas variables son cargas cuya magnitud varía con el tiempo. Resultan de su utilización o uso normal según su entorno:

- En Viviendas 200 Kg/m².
- En techos 100 Kg/m².

Figura 13

Carga viva aplicada en entrepisos - vista de planta



Figura 14

Carga viva aplicada en techo - vista de planta



Carga sísmica

De acuerdo con el diseño sismorresistente E.030, la fuerza cortante total en la base de la estructura correspondiente a una dirección dada viene dada por la siguiente expresión:

$$V = (Z U C S / R) \times P$$

Donde

- V = Fuerza cortante principal
- Z = coeficiente de zonificación
- U = factor de servicio.
- C = coeficiente de refuerzo sísmico.
- S = coeficiente de suelo.
- R = coeficiente de reducción sísmico.
- P = masa total.

Carga de viento

La carga de viento es determinada en base a la norma peruana E.020 con una velocidad para el viento de 75 km/h (norma mínima). La carga de viento externa (presión y succión) perpendicular a la superficie activa se calcula utilizando la ecuación:

$$P_h = 1,2 (0,005 C V_h^2)$$

Donde:

Ph: fuerza del viento a una altura dada h en kgf/m².

C: factor de escala de forma si se utiliza como ejemplo la superficie vertical del edificio.

Vh: velocidad de diseño a una altura dada h, 75 km/h.

La fuerza del viento que actúa sobre la "envolvente" del modelo idealizado debido al impacto del viento sobre la estructura es la siguiente:

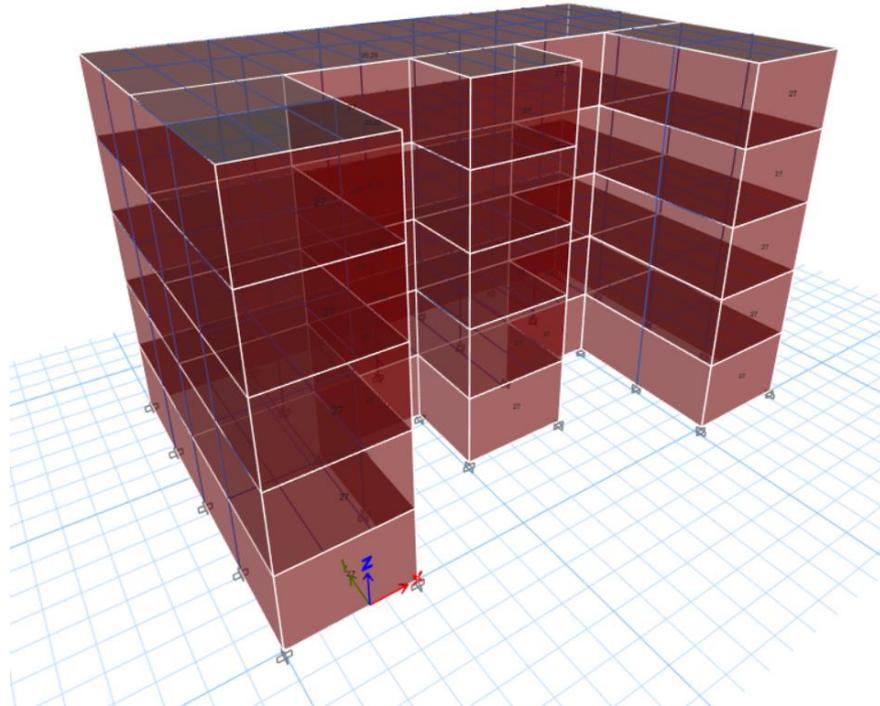
Tabla 4

Valores obtenidos de la presión del viento (Ph)

Descripción	Valor
Barlovento (presión)	27,00 kg/m ²
Sotavento (succión)	-20,25 kg/m ²

Se suponen dos direcciones de viento independientes: una perpendicular a la dirección longitudinal de la estructura y otra transversal a la misma dirección de la estructura.

Figura 15
Carga de viento aplicada



4.2.4. COMBINACIONES DE CARGA

Casos Primarios de Carga

D = Carga permanente o muerta.

Ls/c = Carga variable o viva de entepiso.

Lr = Carga variable o viva de techo.

E = Carga Sísmica.

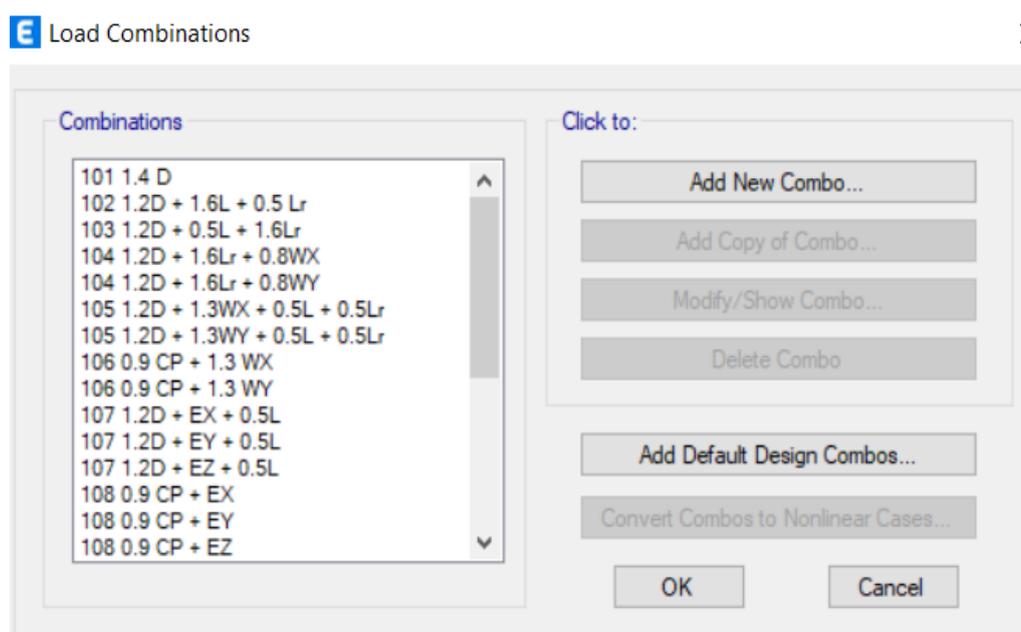
W = Carga por viento sobre la superestructura.

Combinaciones de Carga – Tensiones Últimas

La estructura de acero se diseñó con las solicitaciones calculadas para las combinaciones que se estipulan en la normativa E.090 para estructuras Metálicas.

Tabla 5*Combinaciones de Cargas- Tensiones Últimas. Estructuras de Acero*

Combinación	D	Ls/c	Lr	E	W
1,4(D)	1,4				
1,2(D)+1,6(L)+0,5(Lr)	1,2	1,6	0,5		
1,2(D)+0,5(L)+1,6(Lr)	1,2	0,5	1,6		
1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W)	1,2		1,6		0,8
1,2(D)+1,3(W)+0,5(L)+0,5(Lr)	1,2	0,5	0,5		1,3
1,2(D)+(E)+0,5(L)	1,2	0,5		1,0	
0,9(D)+(E)	0,9			1,0	
0,9(D)+1,3(W)	0,9				1,3

Figura 16*Combinaciones de carga aplicadas*

4.2.5. CONSIDERACIONES SÍSMICAS

La idea del análisis de la dinámica de los edificios se basa en el uso de periodos naturales, además de modos de vibración, que se determinan mediante un método de análisis el cual tiene en cuenta las propiedades de rigidez y la repartición del peso de la estructura.

El análisis de la dinámica del edificio se realiza empleando un modelo tridimensional, cada nodo del cual contiene seis grados de

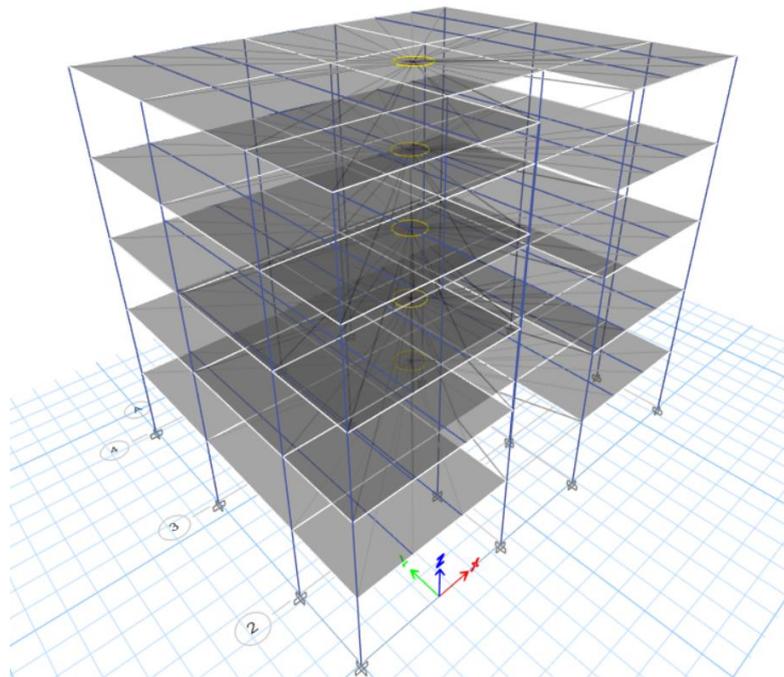
libertad. Para diafragmas rígidos, se consideran tres grados de libertad del diafragma, correspondientes a los componentes ortogonales de desplazamiento horizontal y una componente rotacional, mientras que la distribución de fuerzas horizontales en el plano debe corresponder a la rigidez en los elementos portantes.

En el caso de un diafragma rígido, se supone que, al tratarse de una losa plana, no existe deformación en el plano (acortamiento o alargamiento), es decir, todos los nudos del diafragma se mueven por igual en los tres grados de libertad en las tres direcciones principales.

Las cargas de flexión, cortante, torsión y axial se consideran para todos los elementos de la estructura examinada.

Figura 17

Diafragma rígido de la estructura



Zonificación Sísmica (Z)

El proyecto de norma E.030 ha definido un coeficiente "Z" para cada una de las cuatro zonas sismorresistentes. Este coeficiente corresponde a la aceleración máxima de la superficie del suelo, que puede superar el 10% en 50 años.

A efectos del presente estudio, la zona del proyecto se clasifica como Zona 2 con un factor Z de 0,25.

Figura 18

Zonificación sísmica



Fuente. Norma E.030 “Diseño sismorresistente”

Tabla 6

Factores de Zonificación “Z”

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente. Norma E.030 “Diseño sismorresistente”

4.2.6. PARÁMETROS DEL SUELO (S)

En este estudio, los perfiles de suelo se clasificaron según las propiedades mecánicas que posee el suelo, el espesor de la capa, el período de vibración de la base y la velocidad de expansión de la onda

de cizallamiento.

El perfil de suelo de la zona del proyecto es de tipo elástico (S3) y los parámetros $T_p(s)$, $T_L(s)$ y la relación de rigidez del suelo S asociados a este perfil de suelo son 1,0, 1,6 y 1,1, respectivamente.

Tabla 7
Factor de Suelo "S"

Suelo Zona	S0	S1	S2	S3
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente. Norma E.030 "Diseño sismorresistente"

Tabla 8
Períodos T_p y T_L

	Perfil de Suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_P (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente. Norma E.030 "Diseño sismorresistente"

Factor de Amplificación Sísmica (C)

El coeficiente de refuerzo sísmico debe tener en cuenta las características del emplazamiento y el periodo de vibración de la estructura. Este coeficiente se define mediante la siguiente expresión:

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) \leq 2.5$$

Donde:

T_p : define el periodo espectral del emplazamiento para cada tipo de

suelo.

T: periodo base de la estructura. La norma E.030, Diseño sísmico, da una expresión para la aproximación en todas las direcciones con respecto a la altura total del edificio (h_n).

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

Dónde:

h_n = altura del edificio en metros.

C_T = coeficiente en función del sistema resistente de la estructura (armazón, muro, etc.).

Valores de T y C adoptados

- $T = 16.50 \text{ m} / 35 = 0.471 \text{ s}$
- $C = 2.5 * 1/0.471 = 5.30$ - usar 2.5

4.2.7. CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES (U)

Cada edificio se clasifica en función de su uso e importancia. En función del uso y la importancia del edificio, se asigna un factor de mejora a la resistencia básica al esfuerzo cortante de los edificios significativos. Este elemento pertenece a la categoría C, por lo que el valor asignado es 1,0.

Sistemas Estructurales (R)

Los sistemas de construcción se clasifican en función de los materiales utilizados y del principal sistema de construcción sismorresistente en cada dirección. El factor de amortiguación sísmica se elige en función de la clasificación de la estructura.

Los factores de amortiguación sísmica sólo pueden utilizarse en estructuras en las que las vigas verticales y horizontales puedan disipar la energía manteniendo la estabilidad estructural y en las que el edificio

pueda funcionar de forma inelástica bajo cargas sísmicas elevadas.

En las direcciones Y-Y y X-X, la resistencia y rigidez de la estructura la proporciona casi en su totalidad la estructura de acero (pilares y vigas), que domina en ambas direcciones. Por este motivo, los pórticos de momento intermedio (IMF) utilizan un factor de descuento (Ro) de 7.

Tabla 9

Sistemas Estructurales en acero

Sistema	Coefficiente de Reducción
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados	8

Fuente. Norma E.030 "Diseño sismorresistente"

4.2.8. ANÁLISIS DINÁMICO

Para calcular la aceleración espectral en cada dirección considerada, el espectro de aceleración pseudoelástica se determina a partir de:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

donde

Z = coeficiente según la zona

U = factor de utilización

C = factor de amplificación sísmica

S = perfil del suelo

R = factor de reducción Ro

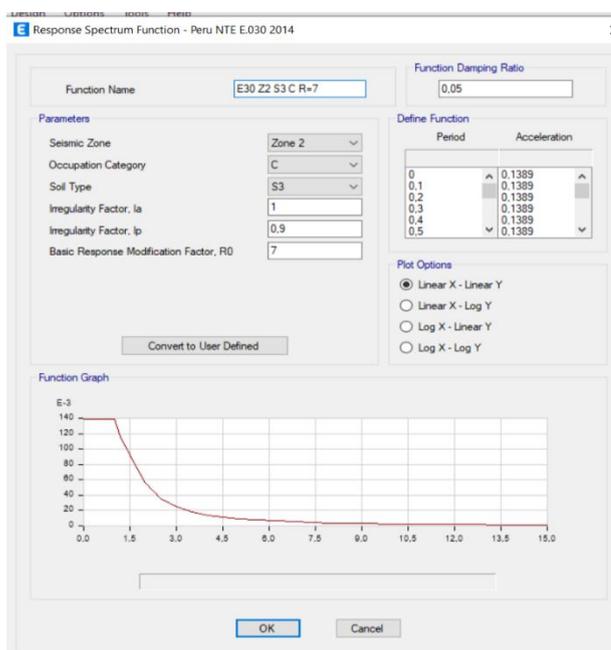
g = gravedad 9,81 m/s

Los principales aspectos de la conducta dinámica de la estructura se calculan a partir de la distribución espacial de masas y rigideces. Las masas se concentran en los pisos intermedios y el análisis considera tres

grados de libertad para cada piso de la estructura, que se asocian a dos componentes traslacionales ortogonales y una componente rotacional.

El análisis de dinámica modal espectral se realizó utilizando el método de Combinación de Valores Modales (CQC), considerando los espectros de pseudo aceleración inelástica definidos en el Capítulo IV Análisis Estructural, Sección 4.6.2 Aceleración Espectral y Sección 4.6.3 Criterios de Combinación de la Norma de Diseño Sísmico E.030.

Figura 19
Response Spectrum Function para la edificación



4.3. ANÁLISIS SIMORRESISTENTE DE LA EDIFICACION

El diseño sísmico de la estructura se realizó de acuerdo con los métodos descritos en la Norma E.030 "Diseño Sísmico", teniendo en cuenta las propiedades de los materiales y las cargas que actúan sobre la estructura e influyen en su comportamiento bajo carga sísmica, suponiendo un modelo de comportamiento lineal y elástico con cargas sísmicas pequeñas.

El método de análisis sísmico aplicado a la estructura es el análisis dinámico mediante una combinación de modos espectrales, teniendo en cuenta los efectos traslacionales y rotacionales.

El número de modos de vibración de cada dirección será tal que la suma de las masas efectivas sea como mínimo el 90 % de la masa total de la edificación en cada dirección de análisis, teniendo en cuenta al menos los tres

primeros modos de vibración dominantes en la dirección de análisis.

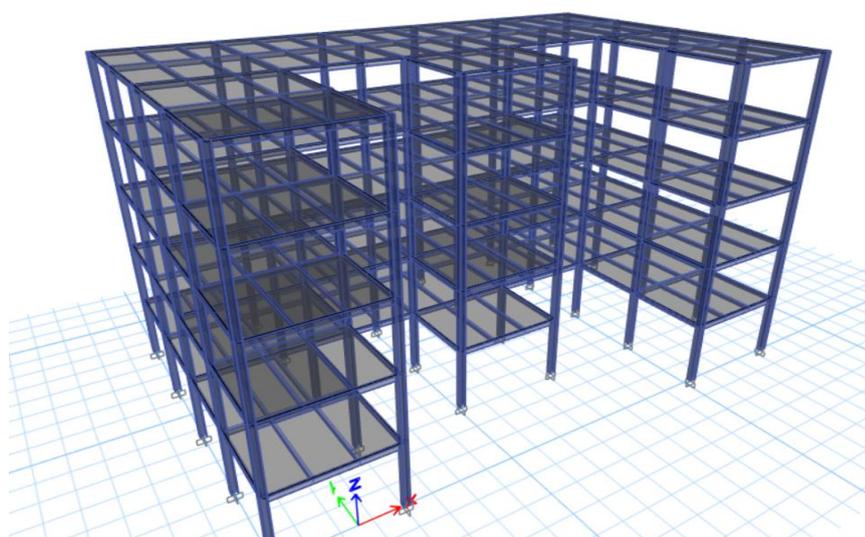
Para las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer piso del edificio no deberá ser inferior al 80 % del valor calculado de acuerdo con el punto 4.5. Si es necesario aumentar la fuerza cortante para alcanzar estos valores mínimos, todos los demás resultados, excepto los desplazamientos, se reducirán proporcionalmente.

4.3.1. MODELO ESTRUCTURAL ADOPTADO

El comportamiento dinámico de una estructura se determina construyendo modelos matemáticos que tengan en cuenta la contribución de elementos estructurales, a la rigidez lateral en cada nivel de la estructura. Las fuerzas sísmicas son inerciales y proporcionales a la masa, siendo necesario determinar la cantidad y distribución de la masa en la estructura.

Figura 20

Edificación final - Modelo 3D



4.3.2. MODOS DE VIBRACIÓN

El programa informático utilizado (ETABS) calcula la rigidez y determina las frecuencias naturales y los modos de vibración; según la norma E-030, los modos de vibración se tienen en cuenta si la masa

efectiva total supera el 90% de la masa de la estructura. El siguiente gráfico muestra los resultados del periodo base para el porcentaje máximo de masa.

Figura 21

Resultados del periodo fundamental de vibración

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0,12	0,7869	0	0	0,7869	0	0	0
Modal	2	0,118	0	0,8185	0	0,7869	0,8185	0	0,1905
Modal	3	0,08	0,0551	0	0	0,842	0,8185	0	0
Modal	4	0,04	0,1138	0	0	0,9556	0,8185	0	0
Modal	5	0,038	0	0,1405	0	0,9556	0,959	0	0,6734
Modal	6	0,027	0,0045	0	0	0,9601	0,959	0	0
Modal	7	0,023	0,0281	0	0	0,9882	0,959	0	0
Modal	8	0,022	0	0,0298	0	0,9882	0,9888	0	0,0847
Modal	9	0,018	0,0096	0	0	0,9978	0,9888	0	0
Modal	10	0,017	0	0,0091	0	0,9978	0,998	0	0,0448
Modal	11	0,016	1,024E-05	0	0	0,9978	0,998	0	0
Modal	12	0,015	0,0021	0	0	1	0,998	0	0
Modal	13	0,015	0	0,002	0	1	1	0	0,0066
Modal	14	0,013	2,962E-05	0	0	1	1	0	0
Modal	15	0,011	7,122E-06	0	0	1	1	0	0

4.3.3. DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES

La normativa E.030 especifica que el valor de desplazamiento obtenido del análisis elástico lineal, el cual se multiplicará por $0,75R$ para determinar el desplazamiento inelástico (real). En este caso, $0,75R = 0,75 \times 7,00 = 5,25$.

Según la norma E.030, el desplazamiento máximo admisible es de $0,007$ para las estructuras fabricadas principalmente de concreto armado y de $0,010$ para las estructuras diseñadas para resistir fuerzas sísmicas en ambas direcciones. Para las estructuras de acero, el desplazamiento máximo admisible es de $0,007$. La sobrecarga es de $0,75R/h$, siendo h la altura desde el suelo hasta el techo.

Las deformaciones se obtuvieron mediante análisis dinámico con el software ETABS, como se muestra a continuación:

Figura 22

Distorsiones máximas en X

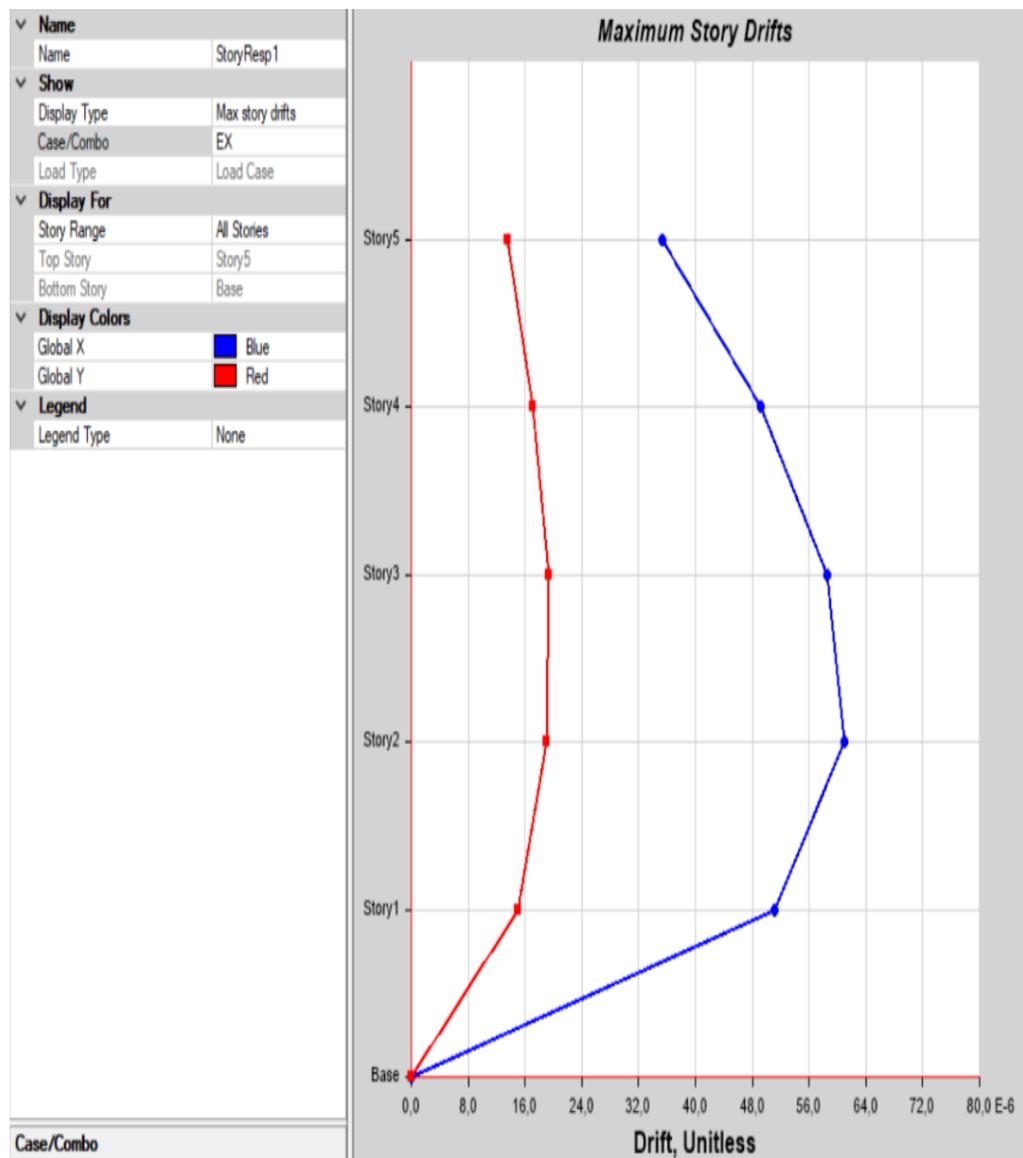
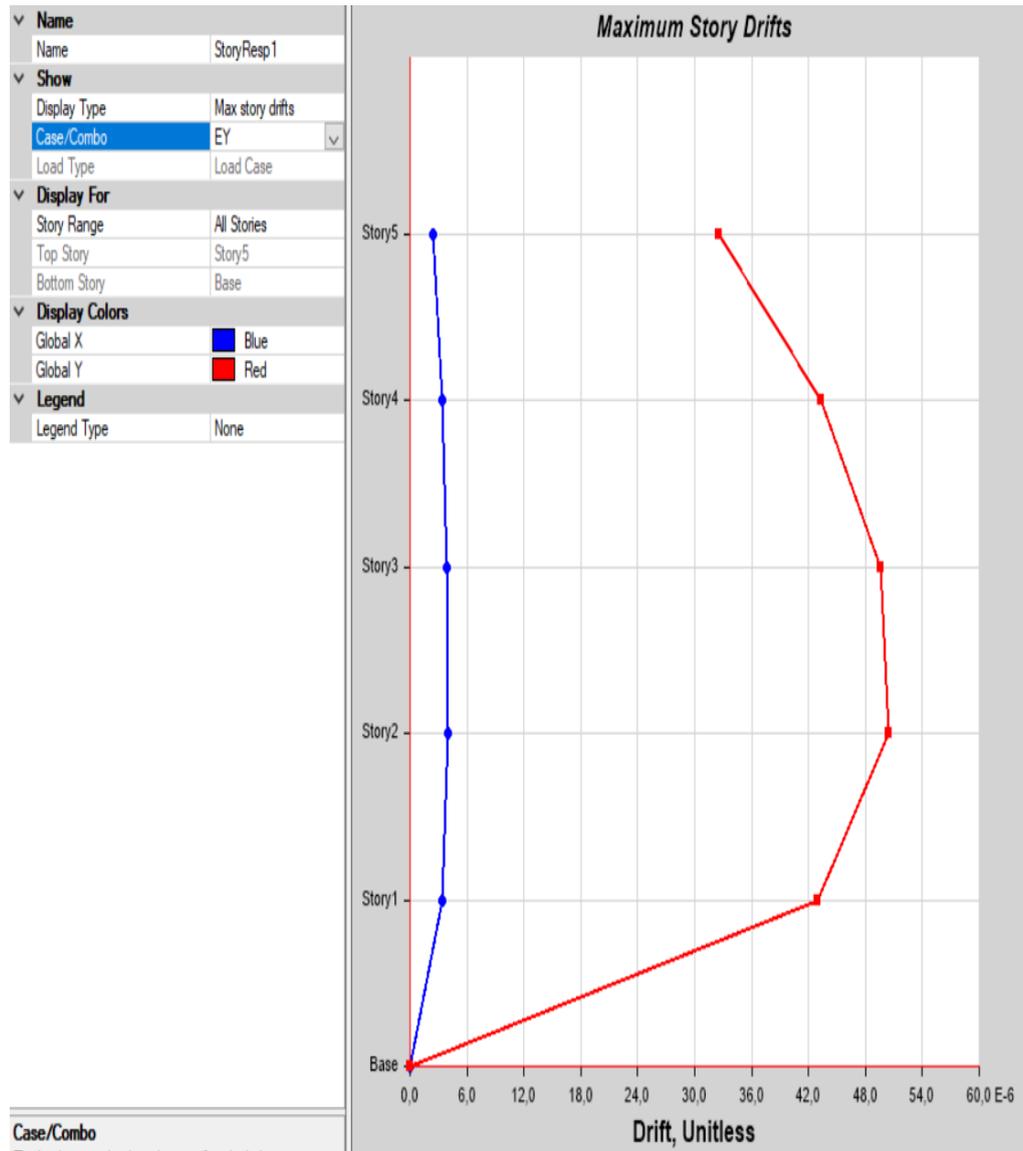


Figura 23
Distorsiones máximas en Y



La distorsión máxima se produce en el sentido X siendo 0.000061, la distorsión total sería $0.000061 * 0.75 * 7 = 0.00032 < 0.010$ ok.

4.3.4. CORTANTE BASAL

Aplicando los requisitos de E.030 Diseño de estructuras sismorresistentes al análisis sísmico con fuerzas estáticas equivalentes, se obtiene lo siguiente:

Tabla 10

Valores para el cálculo de la fuerza cortante basal

Módulo	Zona	Z	U	C	S	R	Zucs/r
X-X	2	0,25	1,0	2,50	1,4	7	0,125
Y-Y	2	0,25	1,0	2,50	1,4	7	0,125

La fuerza cortante base mínima obtenida como producto del valor ZUCS/R y la masa de la estructura considerada es. La fuerza cortante base derivada del análisis dinámico debe ser al menos el 80% de la fuerza cortante estática equivalente para un edificio normal en ambas direcciones. En caso contrario, todos los demás resultados, excepto el desplazamiento, deben escalarse proporcionalmente según el cálculo sísmico de E.030.

Figura 25

Corte basal en X

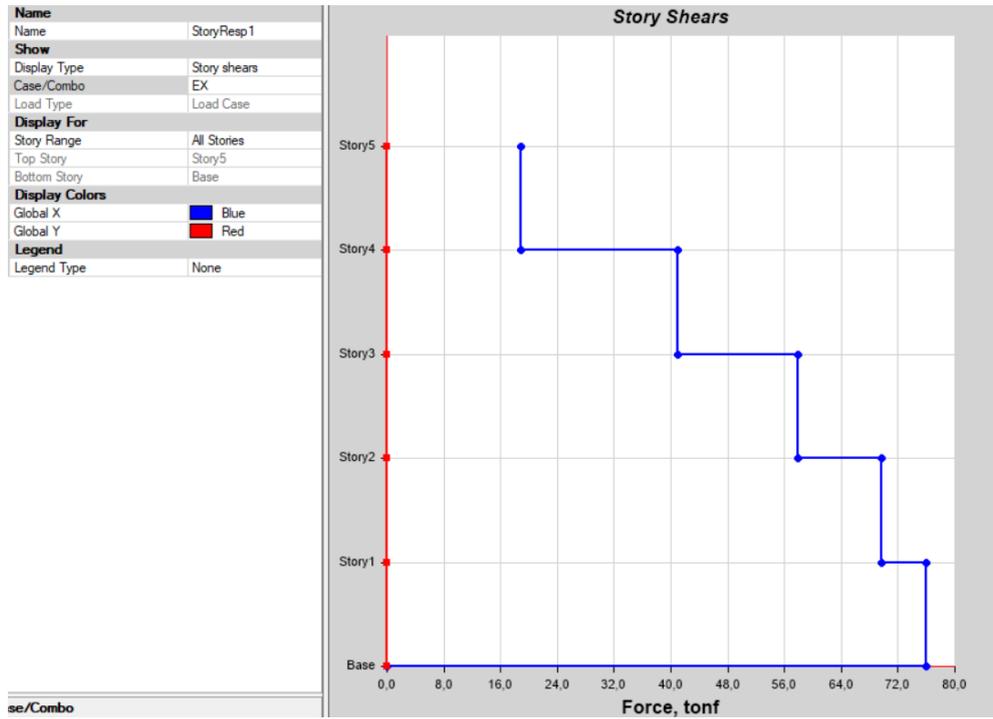


Figura 24

Corte basal en Y

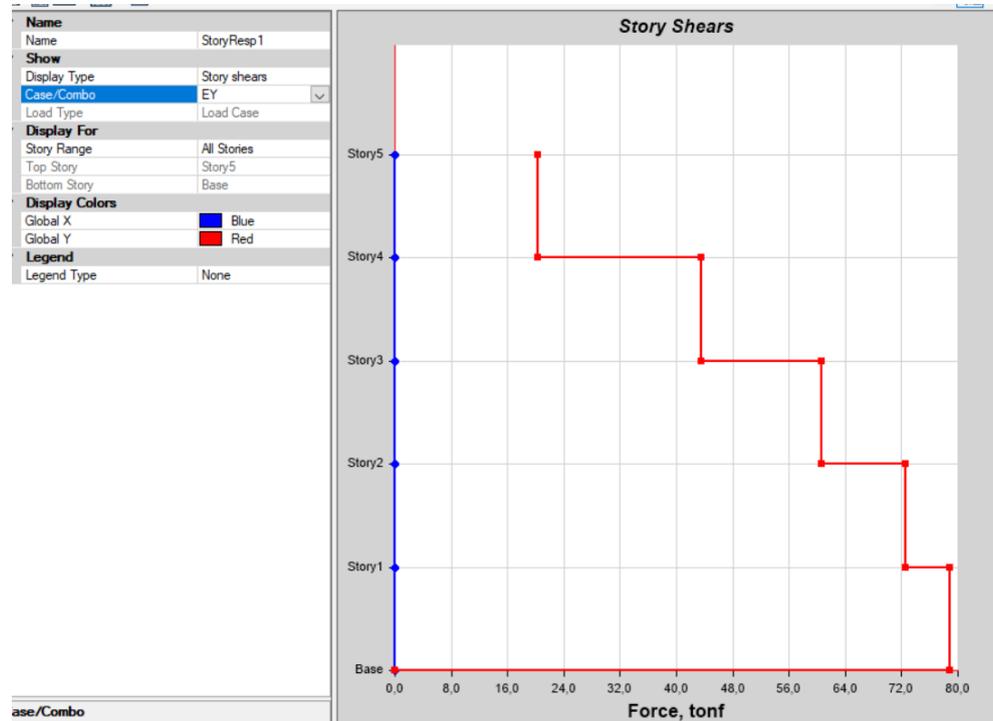
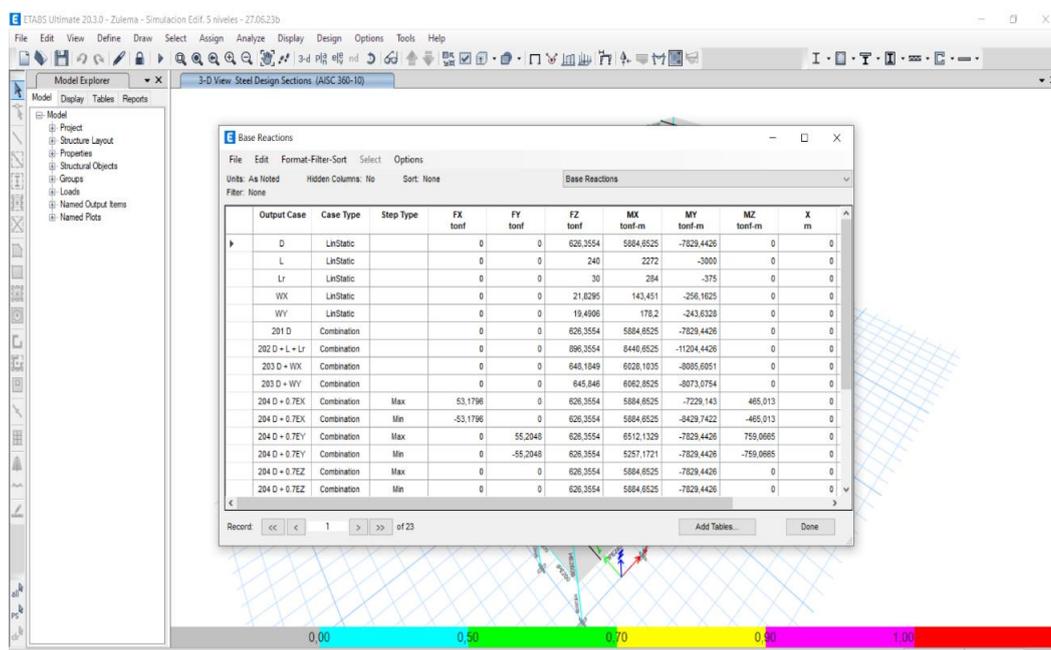


Figura 26

Peso total de la edificación



$$V_{min} = 0.125P$$

$$P = 626.35 \text{ ton} + 0.25 \cdot 240 = 686.35 \text{ tn}$$

Tabla 11

Valores de la fuerza cortante en la base

Spec	P (Kgf)	Vmin (Kgf)	0,8Vmin (Kgf)	Vact (Kgf)	Verificación
EX	686350.00	85793.75	68635.00	75970.86	¡Cumple!
EY	686350.00	85793.75	68635.00	78864.05	¡Cumple!

4.3.5. DISEÑO DE ELEMENTOS DE ACERO

El modelo presentado se idealiza en tres dimensiones para determinar no sólo las fuerzas axiales, de flexión y cortantes, sino también la flexión biaxial y la torsión, lo que permite una evaluación más fiable del comportamiento estructural.

A partir de la idealización de la estructura, ETABS determina la matriz de rigidez con respecto a los grados de libertad considerados. El

algoritmo se basa en métodos de ingeniería de análisis estructural (método de la matriz de rigidez-elasticidad y análisis de redes).

El programa también realiza el cálculo de la sección transversal utilizando el método LRFD. Este cálculo consiste en determinar los coeficientes (relación entre las tensiones aplicadas y las tensiones resistentes), que deben ser inferiores o iguales a 1.

Figura 27

Diseño de secciones en acero

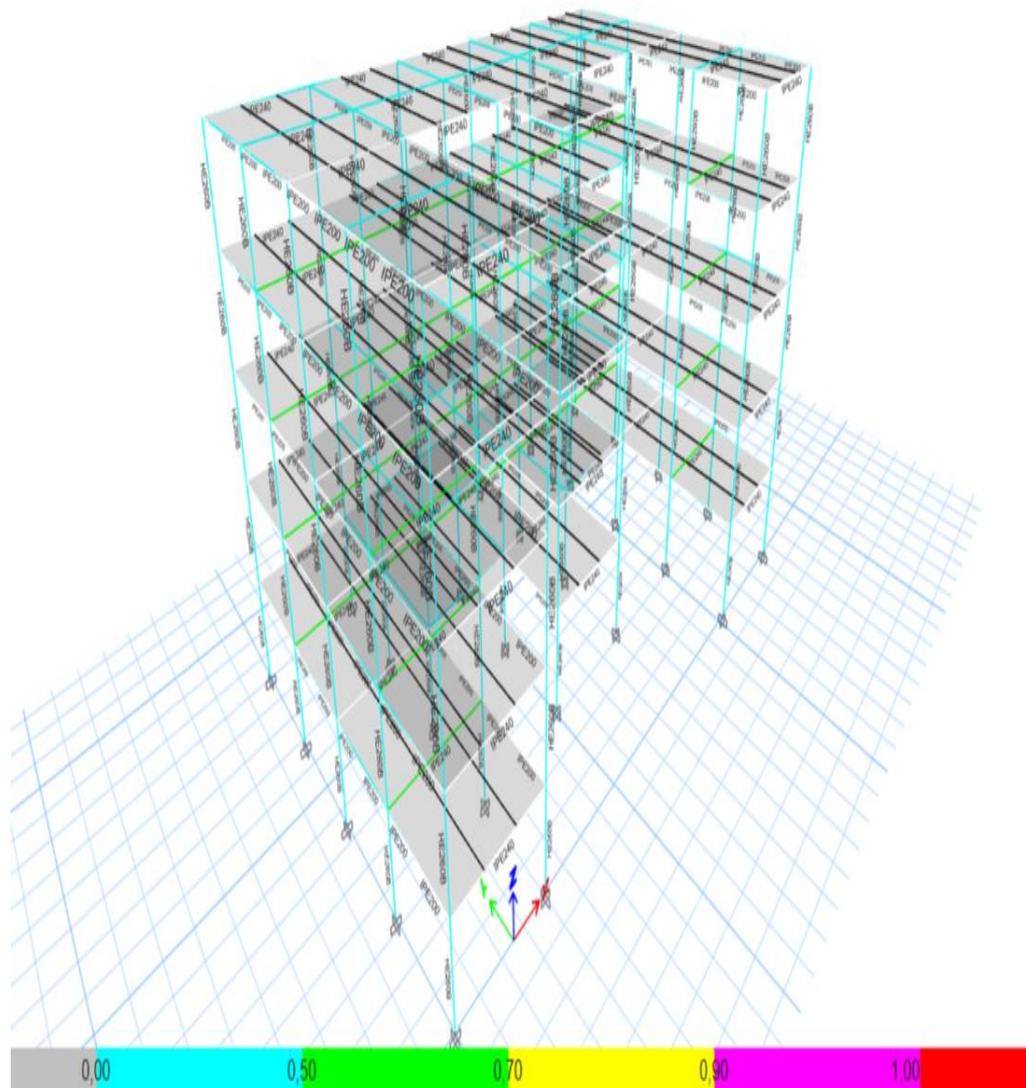


Figura 28

Section Check Viga de Caga

ETABS Steel Frame Design
AISC 360-10 Steel Section Check (Strength Summary)

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (cm)	Combo	Element Type	Section	Classification
Story1	B7	211	487	102 1.2D + 1.6L + 0.5 Lr	Intermediate Moment Frame	IPE240	Compact

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (cm)	LLRF	Stress Ratio Limit
500,0	1	1

Analysis and Design Parameters

Provision	Analysis	2nd Order	Reduction
LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-0 Fixed

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_u$	T_b	EA factor	EI factor
0	0	1	0,8	0,8

Design Code Parameters

ϕ_b	ϕ_c	ϕ_{TV}	ϕ_{TF}	ϕ_V	ϕ_{VR}	ϕ_{VT}
0,9	0,9	0,9	0,75	0,9	1	1

Section Properties

A (cm ²)	J (mm ⁴)	I _{xx} (mm ⁴)	I _{yy} (mm ⁴)	A _{1,2} (cm ²)	A _{1,2} (cm ²)
39,1	130000	38920000	2840000	23,5	14,9

Design Properties

S _{xx} (mm ³)	S _{yy} (mm ³)	Z _{xx} (mm ³)	Z _{yy} (mm ³)	r _{xx} (cm)	r _{yy} (cm)	C _v (mm ⁴)
324333,3	47333,3	387000	73900	10	2,7	37391182424

Material Properties

E (kgf/cm ²)	f _y (kgf/cm ²)	R _y	C _{Dr}	α
2038901,92	2531,05	1,5	1,2	NA

Stress Check forces and Moments

Location (cm)	P _u (tonf)	M _{u1} (tonf-m)	M _{u2} (tonf-m)	V _{u1} (tonf)	V _{u2} (tonf)	T _u (tonf-m)
487	0	-5,259	0	5,3812	0	0

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1.3b,H1-2,M)

	L Factor	K ₁	K ₂	B ₁	B ₂	C _m
Major Bending	0,948	1	1	1	1	1
Minor Bending	0,333	1	1	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling

Figura 29

Section Check Columna Central

ETABS Steel Frame Design

AISC 360-10 Steel Section Check (Strength Summary)

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (cm)	Combo	Element Type	Section	Classification
Story1	C9	41	0	102 1.2D + 1.6L + 0.5 Lr	Intermediate Moment Frame	HE260B	Compact

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (cm)	LLRF	Stress Ratio Limit
330,0	0,481	1

Analysis and Design Parameters

Provision	Analysis	2nd Order	Reduction
LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau=0 Fixed

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_x$	T_b	EA factor	EI factor
0,245	0,066	1	0,8	0,8

Design Code Parameters

ϕ_c	ϕ_s	ϕ_{TV}	ϕ_{TF}	ϕ_V	ϕ_{LR}	ϕ_{LT}
0,9	0,9	0,9	0,75	0,9	1	1

Section Properties

A (cm ²)	J (mm ⁴)	I _{xx} (mm ⁴)	I _{yy} (mm ⁴)	A ₁₋₂ (cm ²)	A ₁₋₃ (cm ²)
118	1270000	149200000	51350000	91	26

Design Properties

S _{xx} (mm ³)	S _{yy} (mm ³)	Z _{xx} (mm ³)	Z _{yy} (mm ³)	r _{xx} (cm)	r _{yy} (cm)	C _w (mm ⁶)
1147692	395000	1283000	602000	11,2	6,6	7,537E+11

Material Properties

E (kgf/cm ²)	f _y (kgf/cm ²)	R _y	C _{pr}	α
2038901,92	2531,05	1,5	1,2	NA

Stress Check forces and Moments

Location (cm)	P _u (tonf)	M _{u1-2} (tonf-m)	M _{u2-3} (tonf-m)	V _{u1} (tonf)	V _{u2} (tonf)	T _u (tonf-m)
0	-73,0472	-0,0118	-0,0011	-0,0115	-0,003	0

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)

	L Factor	K _x	K _y	B _x	B _y	C _m
Major Bending	0,927	1	1	1	1	0,398
Minor Bending	0,927	1	1	1	1	0,544

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L _{br}	K _{br}	C _b
-----------------	-----------------	----------------

4.3.6. RESULTADOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

Tabla 12

Elementos de acero resultantes

Elemento	Perfil
Columnas (3.3m)	HEB-260
Vigas de Carga (5m)	IPE-240
Vigas de Amarre (4m)	IPE-200

Figura 30

Resultados - Base de la edificación

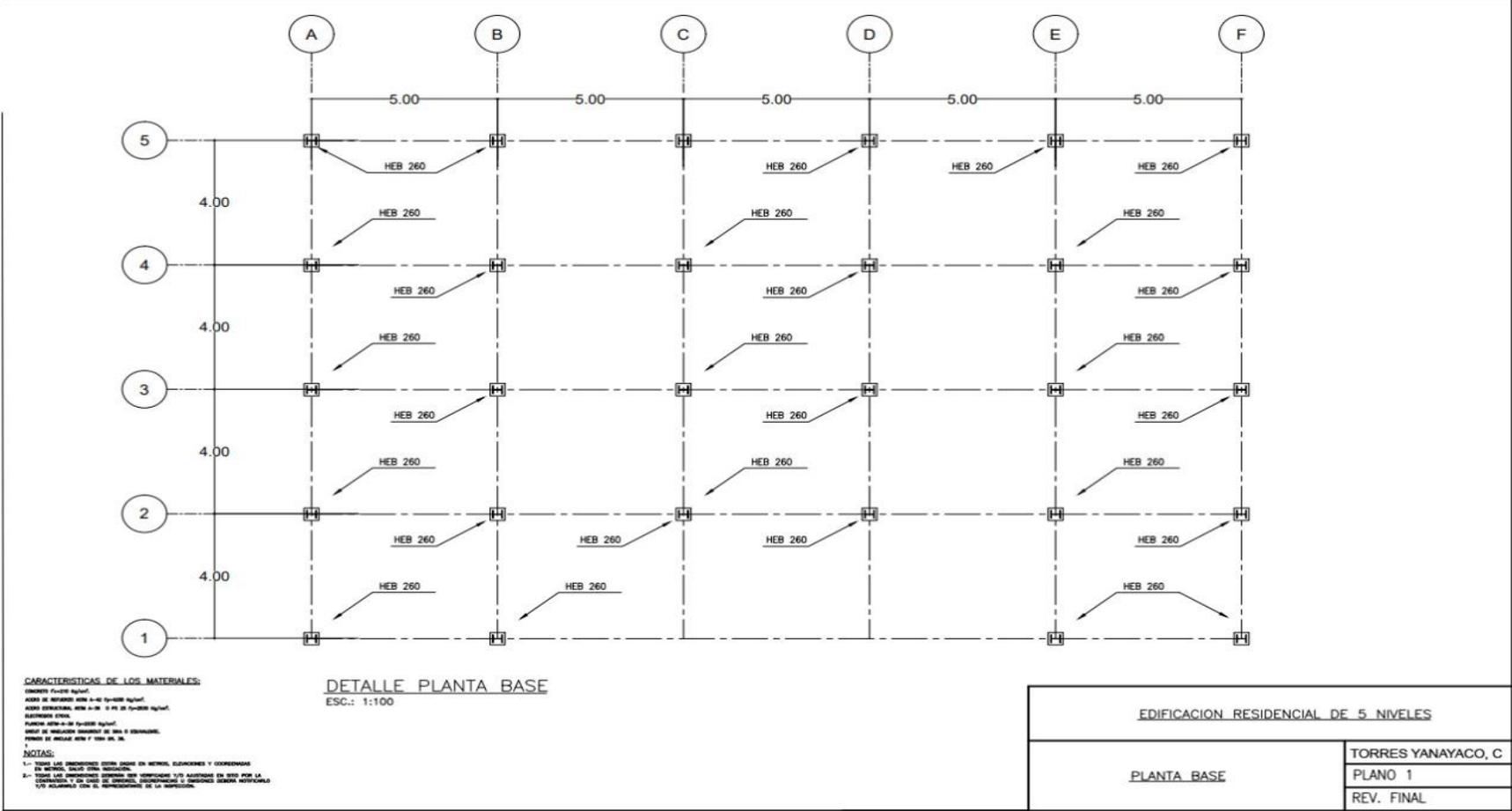


Figura 32

Resultados - Pórtico 1

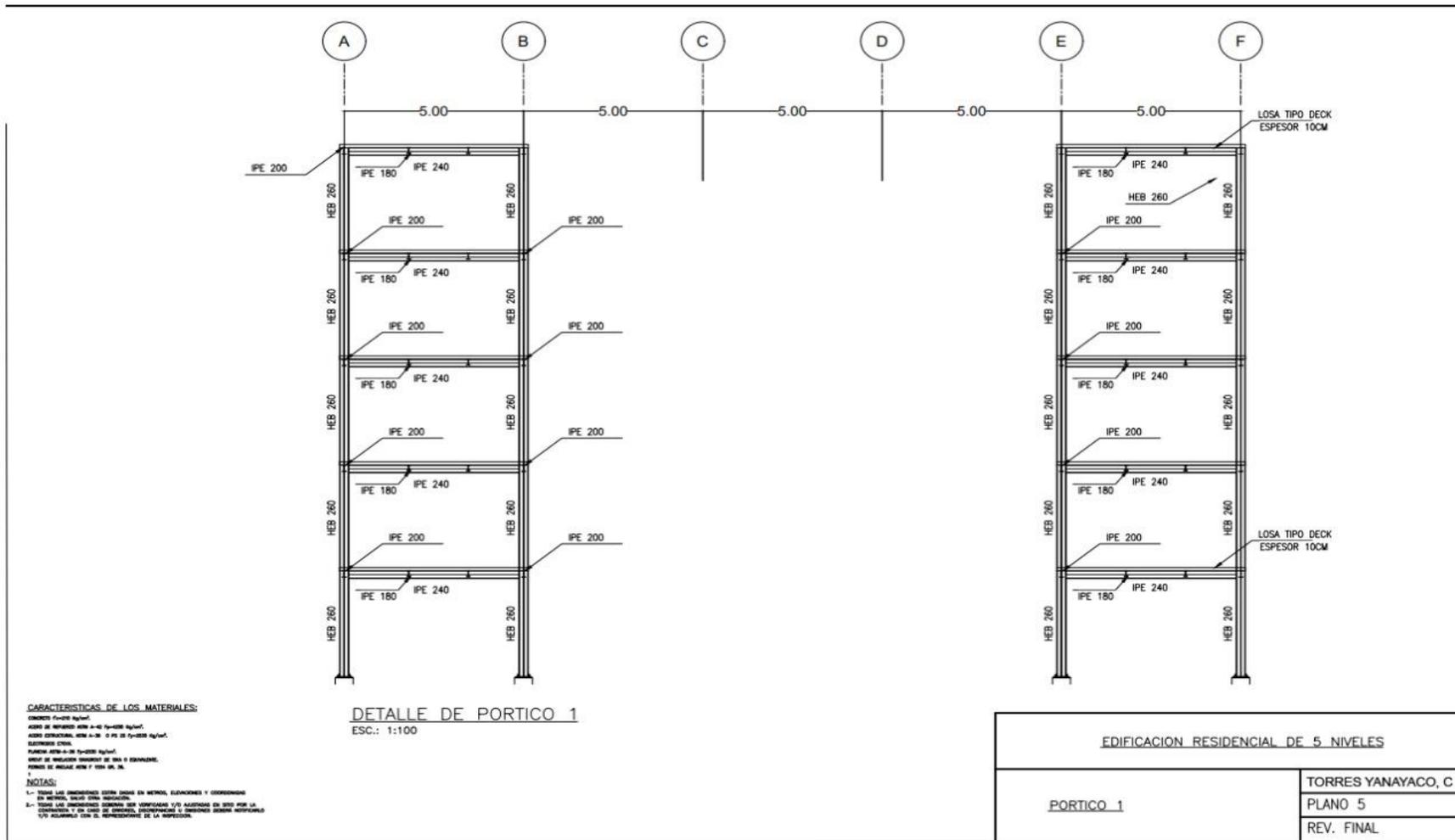


Figura 33

Resultados - Pórtico 2

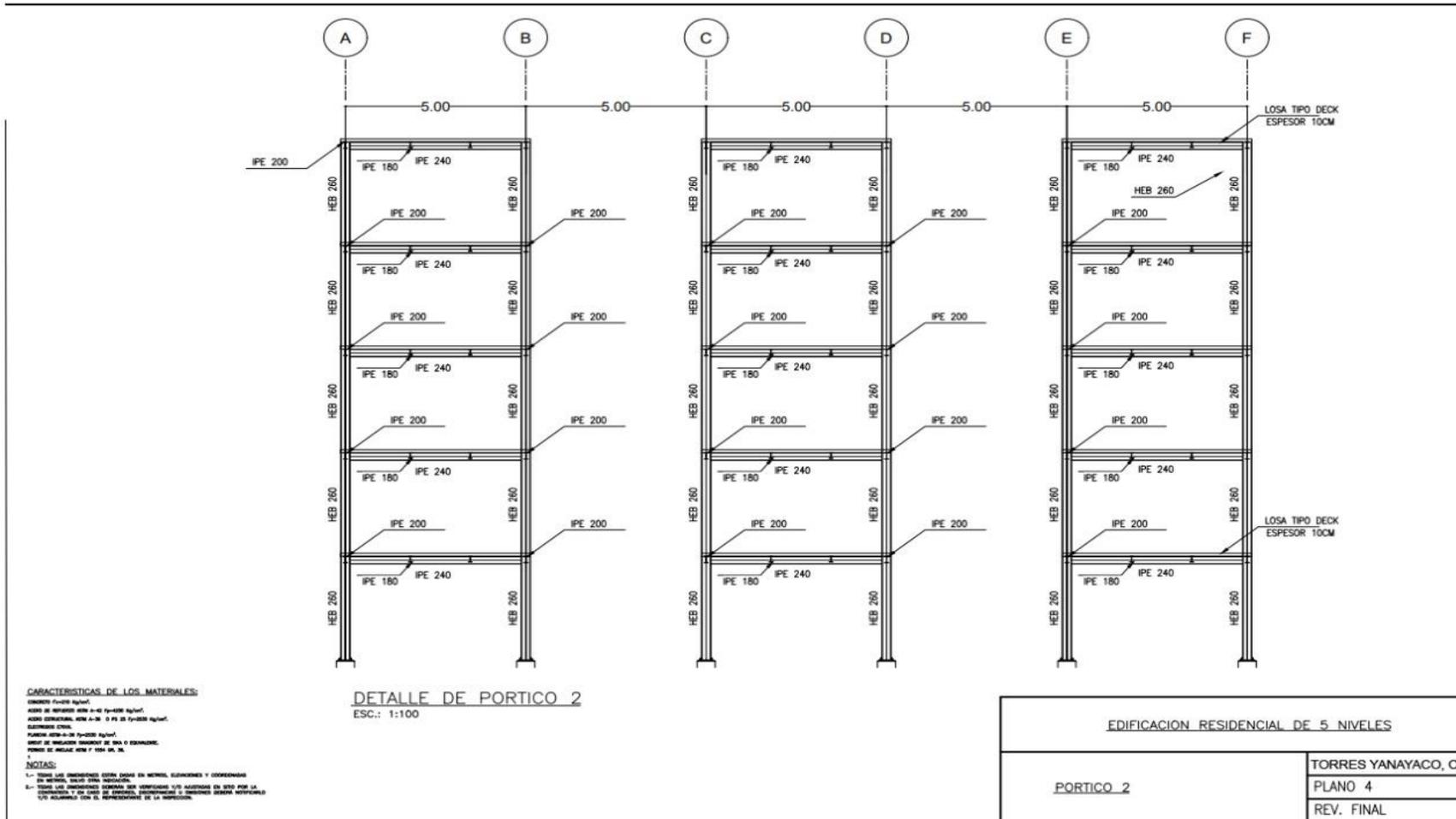


Figura 34

Resultados - Pórticos 3, 4 y 5

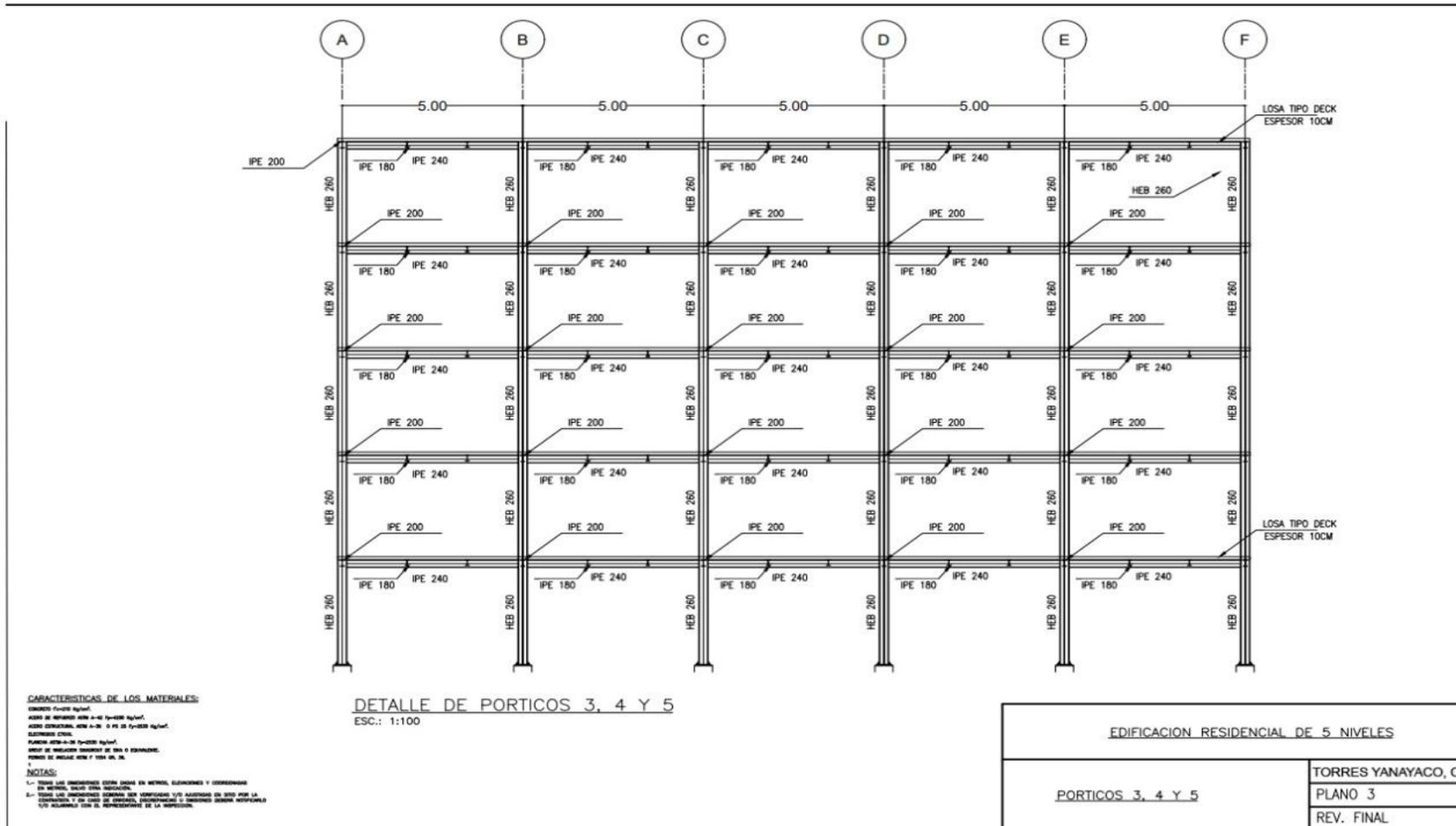
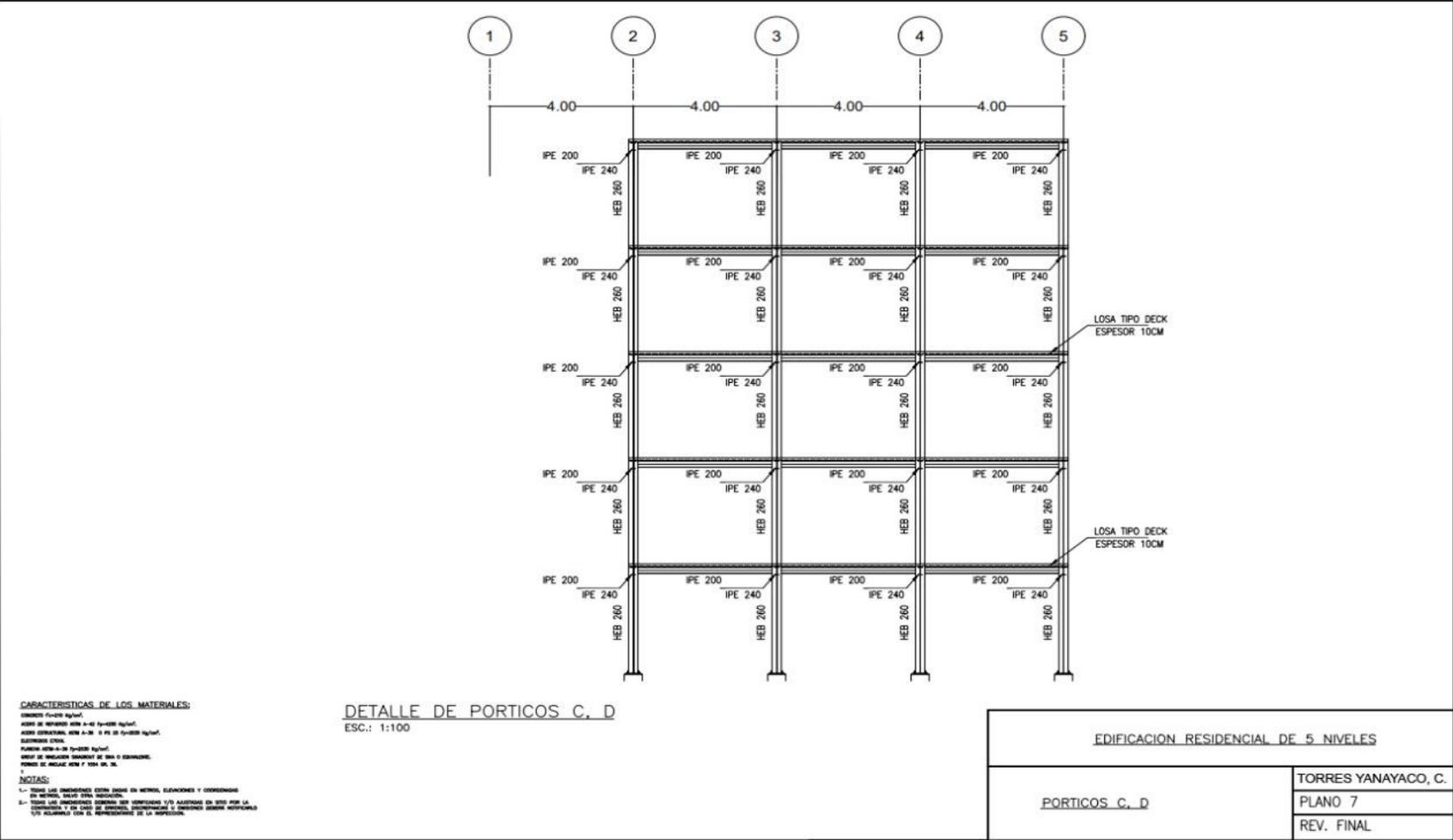


Figura 36

Resultados - Pórticos C y D



CAPÍTULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

El diseño estructural sísmico del edificio residencial de acero de cinco pisos, al ser realizado con el software ETABS de CSI, cumple con los requerimientos definidos por las normas técnicas peruanas, además de lograr más del 90 por ciento de participación de masa estructural en el ciclo básico de vibración. Gaibor (2020), al utilizar el software ETABS de CSI en su investigación, concluye que este permite una adecuada idealización de la estructura, enfocándose en estructuras sísmicas de acero, logrando más del 95 por ciento de participación de masa y obteniendo las secciones transversales más idóneas para sus elementos de acuerdo a los códigos de construcción más recientes de Ecuador y Estados Unidos, asegurando que las edificaciones no experimenten deformaciones excesivas en la región elástica por un período de 50 años.

En concordancia al comportamiento estructural de la estructura, Condori (2022), quien presenta un estudio descriptivo, desarrollo un análisis y diseño estructural de una edificación residencial de concreto armado de cuatro plantas compuesto por un sótano, muros de cortante, pilares y vigas, y un sistema de cubierta compuesto por losas aligeradas y macizas, que presenta una tendencia temporal biaxial no lineal, es el resultado de la relación entre el desplazamiento del suelo y la curvatura requerida, todo ello según los criterios de simplicidad, simetría, estabilidad, plasticidad y rigidez lateral, lo que garantiza que el edificio posea el comportamiento estructural adecuado y cumpla los requisitos de la normativa de edificación, de modo que presente un comportamiento plástico que le permita resistir la acción sísmica sin fallos por fragilidad o colapsar.

En el mismo orden de ideas, Gonzales y Reyes (2022) abordan el diseño estructural de una edificación de cinco plantas, realizando un análisis estructural de cargas gravitatorias y sísmicas mediante un modelo tridimensional en el que cada losa se diseña como una membrana rígida con

tres grados de libertad. El análisis estructural evidenció una deformación menor que la requerida por la norma E.030, resultando en una rigidez adecuada en ambas direcciones para la edificación. En concordancia a este estudio el diseño estructural se desarrolló utilizando el software ETABS para encontrar los momentos requeridos para el diseño estructural tal y como exige la norma E.060, para los elementos estructurales se consideraron $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ y $Fy= 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Con respecto a las dimensiones finales de los elementos estructurales en donde la simulación arrojó como resultados para sus vigas de carga perfiles IPE-240, Vigas de amarre IPE-200 y para las columnas HEB-260. Esto contrasta con los resultados de Anca y Mamani (2020), donde se obtuvieron vigas de $0,30 \times 0,80 \text{ m}$ debido a diferencias en el uso del edificio y el sistema estructural utilizado, y los resultados del análisis estático y dinámico mostraron una diferencia de $0,0012$ en la dirección X y $0,0012$ en la dirección X desde el suelo hasta el techo, respectivamente. El análisis de las desviaciones en la dirección Y de $0,0005$ y $0,005$, que no superan la desviación máxima admisible de $0,005$ especificada en las normas, al igual que en este estudio el análisis estructural se realizó teniendo en cuenta las disposiciones de las normas AISC, que exigen que las estructuras desarrollen su capacidad máxima de flexión antes de que se produzca el colapso por flexión y que este proceso pueda reducirse progresivamente mediante una disipación favorable de la energía. Por lo tanto, sólo deben utilizarse secciones transversales sísmicamente compactas que cumplan los criterios de análisis basados en la geometría de la sección transversal y la carga prevista de la estructura.

CONCLUSIONES

Se evidencia que por medio del software ETABS de CSI, este permite una correcta y eficiente idealización de la estructura por medio de un modelo 3D esto respetando todo lo establecido en la normativa técnica peruana.

Tras comprobarlo de acuerdo con la Norma E.090 para estructuras de acero y la Norma E.030, se comprobó que el diseño era conforme porque, dentro de los límites de resistencia, los elementos estructurales se diseñaron utilizando el método de diseño de factor de carga y resistencia (LRFD), que garantiza que la fuerza de resistencia requerida es inferior a la fuerza de resistencia de diseño. Además, el edificio es seguro bajo cargas sísmicas laterales ya que las distorsiones máximas de la estructura en las direcciones "X" e "Y" son de 0,00032, inferior al límite de 0,010 especificado en el código de estructuras de acero.

Una vez realizado el diseño sismorresistente para elementos de acero se obtuvo para columnas perfiles HEB-260, para vigas de carga perfiles IPE-240 y para vigas de amarre perfiles IPE-200 como las secciones óptimas para la edificación.

RECOMENDACIONES

Es recomendado considerar otros tipos de perfiles además de los perfiles tipo "I" y tipo "H", tales como perfiles tubulares y comparar su comportamiento en contraste con los actualmente utilizados.

Se recomienda realizar el diseño la infraestructura y comparar como influyen las diferentes zonificaciones sísmicas en las dimensiones de sus elementos.

Es recomendable comparar económicamente utilizando un sistema de concreto armado y así evaluar las ventajas y desventajas que trae consigo utilizar un sistema de acero estructural con respecto a uno de concreto armado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, L. (2022). Diseño sísmico estructural para estimar desplazamientos en edificaciones multifamiliares sobre suelos intermedios aplicando norma E.030 en Yanag, Pillcomarca -Huánuco – 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92776>
- Anajafi, H., & Medina, R. A. (2019). Lessons Learned from Evaluating the Responses of Instrumented Buildings in the United States: The Effects of Supporting Building Characteristics on Floor Response Spectra. *Earthquake Spectra*, 35(1), 159-191. <https://doi.org/10.1193/081017EQS159M>
- Anco, R., & Mamani, A. (2020). Análisis Y Diseño Estructural De Un Edificio De Vivienda Multifamiliar Con Muros De Ductilidad Limitada En La Ciudad De Tacna - 2020 [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1536/Anco-Mamani-Mamani-Zapana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación (E. C. EIRL (ed.); Primera Ed). ENFOQUES CONSULTING EIRL. http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2260/1/Arias-Covinos-Diseño_y_metodologia_de_la_investigacion.pdf
- Avgerinou, S., & Vayas, I. (2020). High-strength steel on dissipative elements in seismic resistant systems: Tests and simulations. *Journal of Constructional Steel Research*, 172, 106173. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106173>
- Calderón, L., & Díaz, E. (2020). Diseño sismorresistente de una vivienda unifamiliar de cinco pisos y una azotea, utilizando estructuras aporticadas y placas de concreto incorporando cenizas volantes a la mezcla de concreto en el distrito de Surco-2020 (Tesis de pregrado). Tesis de pregrado, Univerisdad César Vallejo.
- Carrasco, S. (2019). Metodologia de la investigacion científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación (E.

S. M. E. I. R. LTDA (ed.)). EDITORIAL SAN MARCOS E I R LTDA.
http://www.sancristoballibros.com/libro/metodologia-de-la-investigacion-cientifica_45761

- Choudhary, K., & Fatima, B. (2022). Emergence of Earthquake Resistant Buildings: Review of Earthquake Resistant Tall Buildings of India. *Indian Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 14(2 (Special Issue)), 386-394. <https://doi.org/10.21088/ijfmp.0974.3383.14221.54>
- Condori, A. (2022). Análisis y diseño estructural sismorresistente de un edificio de concreto armado de cuatro pisos y un sótano, tacna-2020 [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2374/Condori-Ticona-Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gaibor, D. (2020). Diseño Sismorresistente de un Edificio de 4 Pisos en Acero [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8815/1/991473328606366.pdf>
- Gonzalez, T., & Reyes, E. (2022). Análisis y diseño estructural sismo resistente de un centro comercial de 5 niveles ubicado en Trujillo – La Libertad [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/110200/Gonzales_HTS-Reyes_LEF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guerra, G. (2022). Análisis y diseño estructural con el software ETABS de un edificio comercial de 5 niveles de concreto armado, Huánuco - Huánuco -2022 [Tesis de pregrado, Universidad de Huanuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4007>
- Herbas, B., & Rocha, E. (2018). Metodología científica para la realización de investigaciones de mercado e investigaciones sociales cuantitativas. *Perspectivas*, 1(45), 123-160. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332018000200006&lng=es&nrm=iso
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (Editorial & M. G. H. Education (eds.)). Editorial Education, Mc Graw Hill. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp->

content/uploads/2019/02/RUDICSv9n18p92_95.pdf

- Heshmati, M., Khatami, A., & Shakib, H. (2020). Seismic performance assessment of tubular diagrid structures with varying angles in tall steel buildings. *Structures*, 25, 113-126. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.02.030>
- Hu, S., Wang, W., & Qu, B. (2020). Seismic economic losses in mid-rise steel buildings with conventional and emerging lateral force resisting systems. *Engineering Structures*, 204, 110021. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.110021>
- Huaman, J., & Quispe, J. (2021). Modelamiento y Diseño Estructural de una Edificación de 5 pisos con Semisótano, en la Urbanización las Viñas, Ica 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81883/Huaman_HJE-Quispe_YJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jing, J., Charles Clifton, G., Roy, K., & Lim, J. B. P. (2020). Performance of a novel slider device in multi-storey cold-formed steel modular buildings under seismic loading. *Structures*, 27, 212-246. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.05.051>
- Lian, J.-Y., Deng, E.-F., He, J.-M., Cai, L.-M., Gao, S.-C., & Zhou, J.-J. (2021). Numerical analysis on seismic performance of corner fitting connection in modular steel building. *Structures*, 33, 1659-1676. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.05.044>
- Liu, J., Xu, L., & Xie, X. (2022). Seismic design and performance of a steel frame-shear plate shear wall with self-centering energy dissipation braces structure. *Journal of Building Engineering*, 51, 104336. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104336>
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2019). Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente Del Reglamento Nacional De Edificaciones. El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/anexo-de-rm-n-355-2018-vivienda-mediante-la-cual-se-modi-anexo-rm-n355-2018-vivienda-1720685-1>
- Navarro, J. (2014). *Epistemología y Metodología de la Investigación* (G. E. Patria (ed.)). Grupo Editorial Patria. <https://books.google.co.ve/books?id=RtrhBAAQBAJ&newbks=0&print>

sec=frontcover#v=onepage&q&f=false

- Polastri, A., Izzi, M., Pozza, L., Loss, C., & Smith, I. (2019). Seismic analysis of multi-storey timber buildings braced with a CLT core and perimeter shear-walls. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17(2), 1009-1028. <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0467-9>
- Puleo, A., & Sarkis, C. (2020). Influencia en el comportamiento sismorresistente de una edificación irregular de concreto reforzado de seis niveles, afectada por un cambio de uso [Tesis de pregrado, Universidad Católica Andrés Bello]. <http://catalogo-gy.ucab.edu.ve/documentos/tesis/36191.pdf>
- Romo, A. (2020). Diseño estructural en acero con cimentación de una vivienda habitacional en la ciudad de Manta [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9325/1/120928.pdf>
- Sadeghi, A., Kazemi, H., & Samadi, M. (2021). Probabilistic seismic analysis of steel moment-resisting frame structure including a damaged column. *Structures*, 33, 187-200. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.03.065>
- Sibenik, G., & Kovacic, I. (2020). Assessment of model-based data exchange between architectural design and structural analysis. *Journal of Building Engineering*, 32, 101589. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101589>
- Taheri, A., Hosseini, M., & Moghadam, A. S. (2019). Creation of innovative earthquake resistant steel buildings by dividing the structure into inner and outer parts having interaction by hysteretic dampers. *Journal of Vibroengineering*, 20(1), 477-493. <https://doi.org/10.21595/jve.2017.19194>
- Tipacti, L. (2020). Modelamiento y diseño estructural de una edificación de 8 niveles de concreto armado, urbanización San Luis, distrito y provincia Ica. TRUJILLO - PERÚ. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo.
- Zambrano, P. (2021). Diseño sismorresistente de un edificio multifamiliar de 5 pisos en estructura de acero (Tesis de pregrado). Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION

Torres Yanayaco, C. (2023). *Estudio del comportamiento sismorresistente y diseño estructural de un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La Esperanza - Huánuco - 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE CINCO NIVELES DE ACERO ESTRUCTURAL, LA ESPERANZA – HUÁNUCO - 2023

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p>Problema General: ¿Cuáles son las características estructurales sismorresistentes que debe poseer un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo sería el modelamiento estructural que debe poseer un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023? • ¿Cuál es el comportamiento estructural sismorresistente que debe poseer un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023? • ¿Qué características estructurales sismorresistentes 	<p>Objetivo general: Determinar las características estructurales sismorresistentes de un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco – 2023.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generar el modelamiento estructural de un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023. • Estimar el comportamiento estructural sismorresistente que debe poseer un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023. • Determinar las características estructurales sismorresistentes 	<p>Hi: El diseño estructural sismorresistente del edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco – 2023, cumplirá con todos los parámetros que establece la norma técnica E.030 Diseño sismorresistente.</p> <p>H0: El diseño estructural sismorresistente del edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco – 2023, no cumple con todos los parámetros que establece la norma técnica E.030 Diseño sismorresistente.</p>	<p>Variable independiente: Sismorresistencia</p> <p>Variable dependiente: Diseño Estructural</p>	<p>Enfoque de investigación Cuantitativo</p> <p>El diseño de la investigación Experimental</p> <p>El nivel de la investigación : Descriptivo</p>	<p>Población: Todos los elementos estructurales pertenecientes a una edificación residencial en La Esperanza - Huánuco – 2023.</p> <p>Muestra: Las columnas y vigas de la edificación de acero en La Esperanza - Huánuco – 2023.</p>

deben tener los elementos estructurales que conforman un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco - 2023?

que deben tener los elementos estructurales que conforman un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La esperanza - Huánuco – 2023.

ANEXO 2

RESOLUCION DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 466-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 07 de marzo de 2023

Visto, el Oficio N° 327-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 394925-0000001493, del Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (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° 394925-0000001493, presentado por el (la) Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Luis Geronimo Lira Camargo, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 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. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**, al Mg. Luis Geronimo Lira Camargo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - 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



ANEXO 3

RESOLUCION DE APROBACION DE PROYECTO

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1422-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 30 de junio de 2023

Visto, el Oficio N° 989-2023-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: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE CINCO NIVELES DE ACERO ESTRUCTURAL, LA ESPERANZA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**.

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° 466-2023-D-FI-UDH, de fecha 07 de marzo de 2023, perteneciente a la Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO** se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Luis Geronimo Lira Camargo, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 989-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE CINCO NIVELES DE ACERO ESTRUCTURAL, LA ESPERANZA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarría (Secretario) y Mg. Jhon Elio Gomez Valles (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: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE CINCO NIVELES DE ACERO ESTRUCTURAL, LA ESPERANZA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO** 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



ANEXO 4

RESOLUCION DE APROBACION DE INFORME FINAL

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 2933-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 06 de diciembre de 2023

Visto, el Oficio N° 2004-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Informe Final de Trabajo de investigación (Tesis) intitulado: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE CINCO NIVELES DE ACERO ESTRUCTURAL, LA ESPERANZA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**.

CONSIDERANDO:

Que, según 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° 1422-2023-D-FI-UDH, de fecha 30 de junio de 2023, se aprobó el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución, del Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**, y;

Que, según Oficio N° 2004-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE CINCO NIVELES DE ACERO ESTRUCTURAL, LA ESPERANZA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Martin César Valdivieso Echevarría (Secretario) y Mg. Juan Augusto Vasquez Salcedo (Vocal), quienes declaran APTO para la Sustentación de su 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 Único. - APROBAR, el Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL DE CINCO NIVELES DE ACERO ESTRUCTURAL, LA ESPERANZA - HUÁNUCO - 2023", presentado por el (la) Bach. **Cristhian Antony TORRES YANAYACO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

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

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
I. DATOS INFORMATIVOS:					
TÍTULO	Estudio del comportamiento sismorresistente y diseño estructural de un edificio residencial de cinco niveles de acero estructural, La Esperanza - Huánuco - 2023				
VARIABLE INDEPENDIENTE	: Sismorresistencia				
VARIABLE DEPENDIENTE	: Diseño estructural				
PERIODO	: 2023				
II. ASPECTO DEL REGISTRO DE LA INFORMACIÓN:					
NIVELES	CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL		DESPLAZAMIENTO LATERAL	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
	Modelado	Estructuración	Derivas de entrepiso	Perfil Viga	Perfil Columna
5					
4					
3					
2					
1					