

Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE ACERO DE CUATRO NIVELES ARRIOSTRADO CONCÉNTRICAMENTE EN LA CIUDAD DE MANAGUA, APLICANDO LA NSCM- 22.

Proyecto de graduación para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Snyder Josué
Antón Quiñonez
Carnet: 2020-0186U

Br. Víctor Josué
Suárez Méndez
Carnet: 2020-0160U

Br. Samuel Ezequiel
Martínez Torres
Carnet: 2020-0006U

Tutor:

Ing. Byron Antonio
Silva Rocha

10 de abril de 2026

Managua, Nicaragua

AVAL DEL TUTOR(A)

1. Datos del Estudiante

Nombre del estudiante: Snyder Josué Antón Quiñonez

Programa académico: Carrera de Ingeniería Civil

Carné: 2020 – 0186U

Nombre del estudiante: Víctor Josué Suárez Méndez

Programa académico: Carrera de Ingeniería Civil

Carné: 2020 – 0160U

Nombre del estudiante: Samuel Ezequiel Martínez Torres

Programa académico: Carrera de Ingeniería Civil

Carné: 2020 – 0006U

2. Datos del Tutor(a) Académico(a)

Nombre del tutor(a): Byron Antonio Silva Rocha

Área de conocimiento o CUR: Dirección de Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción (DACAC)

Correo institucional: byron.silva@uni.edu.ni

3. Datos del Asesor(a) Académico(a)

Nombre del asesor(a) académico(a)

Área de conocimiento o CUR

Correo institucional:

Declaración del Tutor(a)

Yo, Byron Antonio Silva Rocha, en calidad de tutor(a) certifico que he revisado la propuesta presentada por el estudiante descrito en este formulario:

☒ Avalo la propuesta para su desarrollo.

☐ No avalo la propuesta (requiere ajustes).

Observaciones (si aplica):

Firma del Tutor(a):



Fecha: 10 / 04 / 2026



Samuel Ezequiel Martínez Torres
Snyder Josué Antón Quiñonez
Victor Josué Suárez Méndez
Sus manos. –

Estimado (s) Bachiller (es), reciba (n) cordiales saludos.

En el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)** se le(s) comunica que el Tema y objetivos de **Proyecto de Graduación** titulado “**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE ACERO DE CUATRO NIVELES ARRIOSTRADO CONCÉNTRICAMENTE EN LA CIUDAD DE MANAGUA, APLICANDO LA NSCM-22**”. Ha sido aprobado y se le ha asignado como Tutor(a) al (a la) **MSc. Byron Antonio Silva Rocha**.

La ejecución, entrega y defensa del **Proyecto de Graduación** tendrá una duración máxima de 05 meses, a partir de la fecha de aprobación de la Dirección, siendo el periodo establecido del **01 de diciembre del 2025 al 30 de abril del 2026**.

Por lo tanto, ud (s) deberá(n) cumplir en el periodo mencionado con lo siguiente:

- Desarrollar el Cronograma de Ejecución y realizar las actividades en correspondencia con el mismo, en el cual se tienen que programar los periodos de encuentros con el tutor, pre defensa y defensa.
- Presentar al tutor **semanalmente** los avances obtenidos en el proceso de ejecución conforme el cronograma.
- Cumplir con al menos el 90% de asistencia en los encuentros programados con el tutor asignado.
- Realizar al menos una pre defensa del Trabajo Monográfico en versión borrador, según el cronograma establecido en el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)**, con el objetivo de garantizar en todos los aspectos el éxito de la defensa.

Igualmente, se le(s) recuerda que no hay prórroga para el cumplimiento de este proceso y que a través de la firma de la carta compromiso reconoce que esta es la última oportunidad para realizar la culminación de estudios.

Sin más a que hacer referencia y deseándole éxito en su **Proyecto de Graduación** para optar al título de **Ingeniero Civil**, se despide.

Atentamente,


Ma. Marcela Carolina Galán Gaitán
Directora



Cc. Expediente Culminación de Estudios

AGRADECIMIENTO

De primero, agradezco a Dios por darme la salud, sabiduría, la paciencia y la fortaleza necesarias para culminar mi carrera profesional. Sin su guía y presencia en mi vida, este logro no habría sido posible.

A mis Padres, por su apoyo incondicional, tanto económico como emocional, que me sostuvo en cada etapa de este camino. Gracias por creer en mí y brindarme siempre atención y palabras de aliento.

A mi familia, por cada palabra de aliento y consejos varios que me ayudaron a superar cada etapa de mi camino a ser profesional.

A mis abuelas, que fueron un pilar importante en mi vida, criándome y enseñándome los valores para ser un buen ser humano para que pueda aportar mucho a la sociedad.

A Ing. Lester Aguirre, que es un segundo padre, el cual me apoyo desde el primer día que empecé mi carrera universitaria hasta este último. Y ha sido un gran ejemplo de hombre, profesional y amigo.

Al Alma Máter UNI, por darme la oportunidad de formarme académicamente como profesional, abriéndome las puertas del conocimiento y brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme como un gran profesional. Al Ing. Byron Silva, por su paciencia, orientación y su guía constante para poder realizar este proyecto.

Br. Snyder Josué Antón Quiñonez

AGRADECIMIENTO

Al Alma Máter (UNI) por formarme profesionalmente a través del conocimiento teórico y práctico transmitido por cada maestro.

A mis padres que sin su apoyo, confianza y eterno esfuerzo no me habría sido posible escribir estas palabras.

A mis abuelos por su crianza y educación ya que gracias a eso me convertí en la persona y profesional de hoy día.

A Massiel Llanes, el amor de mi vida, por estar para mí en los momentos que sentía no dar más, amarme incondicionalmente y motivarme diariamente a dar un paso a la vez.

A mis compañeros y futuros colegas porque gracias a ellos aprendí que se puede llegar lejos trabajando en equipo.

A nuestro tutor Msc Ing. Byron Antonio Silva Rocha, por su apoyo, paciencia y dedicación en ayudarnos a sacar adelante el proyecto que da cierre a nuestro camino estudiantil y nos abre las puertas al mundo profesional.

Br. Víctor Josué Suárez Méndez

AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente por darme la oportunidad de poder culminar mis estudios, por acompañarme y darme las fuerzas necesarias y la sabiduría para superar todos los obstáculos que se presentaron durante toda mi carrera universitaria.

A mis padres que siempre con ejemplo, esfuerzo, paciencia, dedicación y amor me enseñaron el significado de la vida, a no rendirme y siempre estuvieron apoyándome en todo este trayecto.

A mis familiares y conocidos, los cuales me apoyaron y fueron un empuje en todo este trayecto, y los cuales dieron su granito de arena para apoyarme.

A mis amigos y profesores, a partir de los cuales aprendí mucho, tanto de sus experiencias como de su conocimiento. Personas increíbles que contribuyeron a que me enamorara más de la carrera y ser una gran compañía durante toda la carrera.

Finalmente, a nuestro tutor. Msc Ing. Byron Antonio Silva Rocha y a la Universidad Nacional de ingeniería (UNI), por las horas dedicadas, seguimiento y apoyo en todos los aspectos que dieron sus frutos en este estudio.

Br. Samuel Ezequiel Martínez Torres

DEDICATORIA

A Dios, redentor y guía en mi vida, quien tiene la misericordia para poder coronar mi carrera profesional.

A mis padres, dado que es el fruto de tantos años de esfuerzos invertidos en mí, dándome amor, confianza y consejos los cuales han sido la base de mis logros profesionales.

A mi abuela materna, pilar fundamental en mi vida, siendo para mí el mejor ser humano que conozco. Estando presente todos los días con su apoyo incondicional, educándome y formándome para ser un gran hombre y ahora un gran profesional.

Br. Snyder Josué Antón Quiñonez

DEDICATORIA

A mi hermano Lenin Alfonso Méndez que desde hace diez años, desde alguna parte de este vasto universo, me ha visto crecer y convertirme en un gran Ingeniero.

A mis padres, Aida Ileana Méndez y José Ramón Suárez, comerciantes y trabajadores incansables, que hoy en día les agradezco por darme la vida, también por permitirme culminar mi última etapa de formación profesional y ayudarme a lograr mi sueño que desde niño ha sido ser un orgullo para ellos a como ellos lo son para mí.

A mi abuela Rosibel Hernández, costurera y segunda madre que me guio por el buen camino desde pequeño y me transmitió todos los buenos valores que me han hecho ser quien soy.

A mi abuelo Víctor Manuel Suárez, maestro de obra y segundo padre, mi inspiración y razón por la cual decidí convertirme en un Ingeniero Civil.

Br. Víctor Josué Suárez Méndez

DEDICATORIA

A Dios, primeramente, quien me ha dado la victoria para poder coronar mi carrera profesional.

A mis padres, los cuales han sido parte de la base de mis logros académicos y profesiones, guiándome por el buen camino y apoyándome respecto a las decisiones académicas y personales que he tomado.

A mis abuelos, familiares y amigos, personas que han sido pilares en toda mi vida personal y académica, que han estado presente todos los días con su apoyo incondicional, guiándome por el buen camino y aconsejándome para ser una mejor persona, siendo para mí, ángeles que Dios ha puesto en mi camino.

Br. Samuel Ezequiel Martínez Torres

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCION	2
1.2 ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL	3
1.3 Objetivos	5
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
CAPITULO II DESCRIPCION DEL PROYECTO	1
2.1 Descripción de la Estructura	7
2.1.1 <i>Edificio Modelo</i>	8
2.2 Perfilería Metálica	8
CAPITULO III: FUNDAMENTOS TECNICOS	1
3.1 Fundamentos estructurales.....	10
3.2.3 <i>Conceptos y Generalidades</i>	11
3.3 Análisis Estructural.....	11
3.3.1 <i>Análisis Lineal</i>	12
3.3.2 <i>Análisis no Lineal</i>	12
3.3.3 <i>Tipos de Carga para un Análisis Estructural</i>	12
3.4 Método de Análisis Estático Lineal.....	13
3.4.1 <i>Fuerza Lateral Equivalente (FLE)</i>	13
3.5 Cortante Basal	14
3.6 Método de Análisis Dinámico Lineal.....	14
3.6.1 <i>Análisis Modal y Espectral</i>	14
3.7 Respuesta Sísmica	16
3.7.1 <i>Derivas de Piso</i>	16
3.8 Efecto P- Δ	17

3.8.1	<i>Respuesta de una estructura ante los efectos P-Delta</i>	17
CAPITULO IV: METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN		
		18
4.1	Tipo de Investigación	19
4.2	Detallado de cargas del edificio	20
4.2.1	<i>Carga Muerta</i>	20
4.2.2	<i>Carga Viva</i>	23
4.2.3	<i>Peso sísmico del edificio</i>	24
4.3	Combinaciones de Carga para Diseño por Resistencia LRFD.....	25
4.3.1	<i>Combinaciones Básicas LRFD</i>	25
4.3.2	<i>Combinaciones Básicas con efectos de carga sísmica LRFD</i>	25
4.3.3	<i>Clasificación por Irregularidad</i>	26
4.4	Parámetros Sísmicos para la Elaboración del Espectro de Diseño	29
4.4.1	<i>Clasificación de la Estructura por Grupo de Importancia</i>	29
4.4.2	<i>Factor de Importancia</i>	31
4.4.3	<i>Isoaceleración del Suelo</i>	31
4.4.4	<i>Mapa de Zonificación Sísmica</i>	33
4.4.5	<i>Clasificación por Categoría de Diseño Sísmico</i>	34
4.4.6	<i>Sistema Estructural</i>	34
4.4.7	<i>Clasificación de Sitio</i>	35
4.4.8	<i>Factor de Amplificación Vertical por Tipo de Suelo</i>	35
4.4.9	<i>Factor de Ajuste Espectral por el Comportamiento de los Suelos</i>	36
4.4.10	<i>Periodo Fundamental de la Estructura</i>	36
4.4.11	<i>Espectro de Diseño Reducido</i>	37
4.5	Método de Fuerza Lateral Equivalente (FLE).....	39

4.5.1	<i>Coeficiente Sísmico</i>	39
4.5.2	<i>Cortante Basal</i>	40
4.6	Método Dinámico Modal y Espectral (DME)	40
4.6.1	<i>Hipótesis del Análisis</i>	40
4.6.2	<i>Consideraciones del Análisis Dinámico Modal y Espectral por la NSCM-22</i> 40	
4.6.3	<i>Análisis Modal</i>	41
4.7	Revisión y Aceptación del Análisis Modal Espectral.....	41
4.7.1	<i>Validación del Cortante Basal</i>	41
4.8	Respuesta Sísmica de la Estructura	42
4.9	Efectos de Segundo Orden o Efecto P- Δ	43
CAPITULO V: CÁLCULOS.....		44
5.1	Combinaciones de Cargas para introducir a ETABS.....	45
5.2	Peso sísmico de la estructura obtenido de ETABS	45
5.3	Clasificación de la Estructura según las condiciones de Irregularidad.....	46
5.3.1	<i>Irregularidad en Planta</i>	46
5.3.2	<i>Conclusión del análisis y revisión de irregularidad en planta</i>	51
5.3.3	<i>Irregularidad en Elevación</i>	51
5.3.4	<i>Conclusión del análisis y revisión de irregularidad en elevación</i>	54
5.4	Creación del Espectro de Diseño Reducido.....	54
5.4.1	<i>Parámetros de Acción Sísmica</i>	54
5.4.2	<i>Gráfico de Respuesta Espectral Elástica vs Reducido</i>	56
5.4.3	<i>Asignación de la Respuesta Espectral creada al software ETABS.</i>	56
5.5	Cálculo del Cortante Basal por el método de Fuerza Lateral Equivalente	57
5.5.1	<i>Periodo Fundamental de la Estructura</i>	58

5.5.2	<i>Caculo del Coeficiente Sísmico Mínimo</i>	58
5.5.3	<i>Cálculo del Coeficiente Sísmico</i>	59
5.5.4	<i>Asignación del Coeficiente Sísmico para Sx y Sy en ETABS</i>	59
5.5.5	<i>Cálculo del Cortante Basal Estático</i>	60
5.5.6	<i>Comparación del Cortante Basal Estático Calculado y el obtenido por el software ETABS</i>	60
5.6	<i>Análisis Dinámico Modal Espectral</i>	63
5.6.1	<i>Participación Modal</i>	63
5.6.2	<i>Cortantes Basales Dinámicos de ETABS</i>	64
5.6.3	<i>Revisión y Aceptación del Análisis</i>	67
5.6.4	<i>Evaluación de la Respuesta Sísmica de la Estructura</i>	70
5.6.5	<i>Análisis de la Estabilidad de la Estructura</i>	73
CONCLUSIONES.....		74
RECOMENDACIONES		76
REFERENCIAS.....		77
ANEXOS		78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Calidad de los materiales del edificio	7
Tabla 2	Coeficiente de limite superior para el periodo calculado	13
Tabla 3	Peso propio de las secciones de vigas, columnas y rriostros	21
Tabla 4	Pesos estructurales de la losa de entrepiso.....	21
Tabla 5	Pesos estructurales totales	22
Tabla 6	Carga distribuida de carga muerta sobreimpuesta por nivel	23
Tabla 7	Cargas vivas según uso de piso	24
Tabla 8	Irregularidad por planta	26
Tabla 9	Irregularidad en elevación	27
Tabla 10	Irregularidad extrema	28
Tabla 11	Factores de regularidad en planta y elevación	29
Tabla 12	Clasificación de estructura por grupo de importancia	30
Tabla 13	Sismo de diseño.....	30
Tabla 14	Categoría de riesgo.....	31
Tabla 15	Tabla de valores de PGA 475 años	32
Tabla 16	Clasificación por categoría de riesgo	34
Tabla 17	Sistema estructural.....	34
Tabla 18	Clasificación de Sitio	35
Tabla 19	Factor de amplificación vertical por tipo de suelo.....	35
Tabla 20	Factor de ajuste espectral por el comportamiento de suelo	36
Tabla 21	Coeficiente para el cálculo del periodo aproximado.....	37
Tabla 22	Coeficiente para el límite superior del periodo calculado	37
Tabla 23	Peso Sísmico de estructuras con ETABS.....	45
Tabla 24	Irregularidad Torsional en X.....	46
Tabla 25	Irregularidad Torsional en Y.....	48
Tabla 26	Piso flexible en X.....	51
Tabla 27	Piso flexible en Y.....	52
Tabla 28	Distribución de masa.....	52
Tabla 29	Piso débil para el eje X.....	53

Tabla 30	Piso débil para el eje Y.....	53
Tabla 31	Parámetros para el espectro de respuesta.....	55
Tabla 32	Factor de ajuste espectral.....	55
Tabla 33	Valores para el cálculo del periodo fundamental aproximado.....	57
Tabla 34	Periodo fundamental correspondiente al modo fundamental.....	58
Tabla 35	Cortante Basal estático en X considerando efecto Bidireccional.....	61
Tabla 36	Cortante Basal estático en Y considerando efecto Bidireccional.....	62
Tabla 37	Factores de Dirección Modal.....	63
Tabla 38	Factores de Participación de masa.....	64
Tabla 39	Cortante dinámico en X obtenido de ETABS.....	65
Tabla 40	Cortante dinámico en Y obtenido de ETABS.....	66
Tabla 41	Validación de Cortante Basal.....	67
Tabla 42	Factor de escalamiento de cortante basal dinámico para ambas direcciones.....	67
Tabla 43	Cortantes de piso Dinámico en X amplificados obtenido de ETABS.....	69
Tabla 44	Cortantes de piso Dinámico en Y amplificados obtenido de ETABS.....	69
Tabla 45	Desplazamiento del centro de masa por sismo Dinámico en X amplificado.....	70
Tabla 46	Desplazamiento del centro de masa por sismo Dinámico en Y amplificado.....	70
Tabla 47	Evaluación de la distorsión en colapso para el eje X.....	71
Tabla 48	Evaluación de la distorsión en colapso para el eje Y.....	71
Tabla 49	Evaluación de la distorsión en colapso para el eje X con sección de rriotra cambiada.....	72
Tabla 50	Evaluación de la distorsión en colapso para el eje Y con sección de rriotra cambiada.....	72
Tabla 51	Coeficientes de estabilidad en el eje X.....	73
Tabla 52	Coeficientes de estabilidad en el eje Y.....	73

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1	Modelo de estructura en ETABS.....	7
Imagen 2	Sección transversal de losas de entrepiso.....	8
Imagen 3	Fuerzas internas dentro de una viga	14
Imagen 4	Modos de vibración.....	15
Imagen 5	Derivas de piso	16
Imagen 6	Desplazamiento y deriva de una edificación.....	16
Imagen 7	Efectos P-Delta	17
Imagen 8	Mapa de Zonificación sísmica.....	33
Imagen 9	Nodos Analizados para X.....	47
Imagen 10	Nodos Analizados en Y	49
Imagen 11	Retroceso excesivo en las esquinas	50
Imagen 12	Definición de espectro de respuesta en ETABS	56
Imagen 13	Asignación de coeficiente sísmico para el eje X	59
Imagen 14	Asignación de coeficiente sísmico para el eje Y	60
Imagen 15	Introducción del factor de escala en ambas direcciones	68
Imagen 16	Asignación de base de datos y código de diseños	I
Imagen 17	Asignación de grids.....	II
Imagen 18	Definición de propiedades de materiales	II
Imagen 19	Materiales de edificio	III
Imagen 20	Definición de perfilería de elementos.....	III
Imagen 21	Modelado de la estructura	IV
Imagen 22	Liberación de momento en vigas secundarias	IV
Imagen 23	Rigidización de conexiones viga-columna.	V
Imagen 24	Asignación de apoyos	V
Imagen 25	Apoyos para columnas	VI
Imagen 26	Definición de patrones de carga	VI
Imagen 27	Caso de carga Sx estático para NSCM-22	VII
Imagen 28	Definición de peso sísmico de estructura	VIII
Imagen 29	Combinaciones de carga	VIII
Imagen 30	Introducción de espectro de diseño	IX

Imagen 31	Espectro de diseño asignado en ETABS	IX
Imagen 32	Asignación de Load Cases	X
Imagen 33	Asignación de modos.....	XI
Imagen 34	Asignación de cargas sísmicas.....	XII
Imagen 35	Creación de set de cargas	XII
Imagen 36	Asignación de coeficientes para el set de cargas	XIII
Imagen 37	Definición de diafragmas	XIII
Imagen 38	Asignación de diafragmas.....	XIII
Imagen 39	Asignación de diafragma en los entrepisos	XIV
Imagen 40	Corrida del modelo en ETABS	XV
Imagen 41	Obtención de tablas	XVI
Imagen 42	Obtención de gráficos de respuesta	XVI
Imagen 43	Comportamiento Modal Tridimensional en X	XX
Imagen 44	Comportamiento Modal tridimensional en Y	XXI
Imagen 45	Comportamiento modal tridimensional en Z	XXII
Imagen 46	Rotación alrededor del eje Z.....	XXIII
Imagen 47	Vista de planta de los pisos 1, 2 y 3.....	XXIV
Imagen 48	Vista de planta de piso 4.....	XXIV
Imagen 49	Vista frontal del edificio	XXV
Imagen 50	Vista trasera del edificio	XXV
Imagen 51	Vista lateral izquierda de edificio	XXVI
Imagen 52	<i>Vista lateral derecha del edificio</i>	XXVI
Imagen 53	Elevación interna T-F del edificio	XXVII
Imagen 54	Elevación interna D-I del edificio.....	XXVII

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1	Curva típica de esfuerzo - deformación para acero estructural.....	10
Gráfica 2	Respuesta sísmica para un análisis lineal y no lineal de una estructura	12
Gráfica 3	Espectro de respuesta de diseño.....	15

Gráfica 4	Respuesta Idealizada de una estructura de un piso con y sin efecto P-Delta	17
Gráfica 5	Espectro de respuesta según NSCM 22	56
Gráfica 6	Cortante basal estático en X obtenido de ETABS	61
Gráfica 7	Cortante Basal estático en Y obtenido en ETABS	62
Gráfica 8	Cortante dinámico en X en ETABS	65
Gráfica 9	Cortante dinámico en Y en ETABS	66
Gráfica 10	Desplazamiento del centro de masa	XVII
Gráfica 11	Cortante en X	XVIII
Gráfica 12	Cortante en Y	XIX

ABREVIATURAS Y ASIGNACIONES

RNC – Reglamento Nacional de la Construcción

NSCM22 – Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua año 2022

ASCE – American Society of Civil Engineers o Sociedad Americana de Ingenieros Civiles

AISC – American Institute of Steel Construction o Instituto Americano de Construcción en Acero

ASTM – American Society for Testing and Materials o Sociedad Americana para Pruebas y Materiales

ASCE – American Society of Civil Engineers o Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles

NSR-10 - Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente

PGA – Peak Ground Acceleration o Aceleración sísmica máxima (pico) horizontal en roca

CAPITULO I:

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

En regiones con alta actividad sísmica, el comportamiento estructural de los edificios constituye un factor determinante para garantizar la seguridad de las personas y/o los ocupantes que operen en estos. En Nicaragua, la zona del pacifico es la zona con mayor actividad sísmica del país, por lo que se exige que sus construcciones cumplan criterios rigurosos de diseño y evaluación estructural.

En ese contexto, los edificios de acero representan una alternativa eficiente y versátil debido a su resistencia, su capacidad de deformación y la rapidez con la que son construidos. Sin embargo, su desempeño depende en gran medida de la correcta selección de las secciones de los elementos estructurales, características del sitio y el cumplimiento de las normas vigentes.

De acuerdo con la jerarquía de diseño de los elementos estructurales, el primer elemento a diseñarse para una edificación es la losa debido a que conforma el elemento más pesado y sobre la cual actuarán todas las cargas. La estructura está basada en un sistema de entrepiso con diafragma rígido para cada nivel.

La evaluación del comportamiento sísmico de una estructura es crucial para la aprobación del diseño y determinar la respuesta real, ya que esto dictamina si el sistema estructural propuesto aporta la rigidez lateral necesaria para cumplir los estados limites o derivas máximas establecidos en los reglamentos nacionales.

El presente estudio desarrolla un análisis del desempeño sísmico de un edificio de acero de cuatro niveles con arriostramiento concéntrico, ubicado en la ciudad de Managua, aplicando el método Dinámico Modal Espectral (DME) de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua 2022 (NSCM-22).

Con este estudio se busca contribuir al conocimiento teórico-técnico en el campo de la ingeniería estructural, mediante el uso de la normativa vigente para la ciudad de Managua y el manejo adecuado software ETABS v19 para un análisis óptimo que valide una concepción estructural.

1.2 ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

La ciudad de Managua se localiza en una zona de alta amenaza sísmica, condición que ha influido históricamente en la planificación urbana, el diseño estructural y los criterios de evaluación de sus edificaciones. Debido a este contexto geográfico, el diseño sismorresistente se ha consolidado como un elemento fundamental en el desarrollo de infraestructuras, particularmente en edificaciones de mediana altura construidas con sistemas estructurales de acero, los cuales presentan un comportamiento favorable frente a cargas laterales inducidas por sismos.

En este contexto, los sistemas estructurales de marcos arriostrados concéntricamente han sido ampliamente utilizados en proyectos constructivos dentro de la ciudad durante los siglos XX y XXI. Estos sistemas se caracterizan por su alta rigidez y capacidad para resistir cargas laterales, lo que los convierte en una solución eficiente frente a la acción sísmica. No obstante, a pesar de su uso frecuente, cada edificación debe ser evaluada de manera particular, considerando variables como la clasificación del sitio, el tipo de sistema estructural, las cargas aplicadas y el uso previsto de la edificación.

En el ámbito internacional, el desarrollo de normativas como las emitidas por la American Society of Civil Engineers ha servido como referencia para la actualización de reglamentos nacionales. En particular, documentos como la ASCE 7 han influido en la adopción de metodologías modernas de análisis estructural, incorporando conceptos avanzados de diseño por desempeño y factores de reducción sísmica.

A nivel normativo, Nicaragua ha experimentado una evolución progresiva en sus reglamentos de diseño sísmico. Según Carvajal Soto (2016), el país ha contado con diversas normativas desde 1973, 1983 y 2007, siendo esta última conocida como RNC-07. Posteriormente, en el año 2021, se establece la Normativa Sismorresistente para la Ciudad de Managua (NSCM-22), la cual representa la actualización más reciente en materia de diseño estructural.

Esta normativa incorpora criterios más rigurosos en el análisis sísmico, considerando tanto el comportamiento elástico como inelástico de las estructuras, así como la evaluación de derivas de servicio y de colapso, lo que permite una mejor estimación del desempeño estructural ante eventos sísmicos.

El análisis estructural se fundamenta en la mecánica de materiales, la dinámica estructural y la ingeniería sísmica. El comportamiento de las estructuras ante cargas sísmicas se evalúa mediante modelos matemáticos que permiten estimar desplazamientos, fuerzas internas y niveles de desempeño. En este sentido, el análisis del desempeño sísmico se convierte en una herramienta clave para determinar si una edificación cumple con los estados límite establecidos por la normativa vigente, tales como servicio, seguridad y prevención del colapso.

El presente estudio se rige principalmente por la NSCM-22 como documento normativo nacional vigente. Esta norma establece los parámetros necesarios para el análisis, diseño y evaluación de estructuras, asegurando que las edificaciones sean capaces de resistir eventos sísmicos de acuerdo con niveles de desempeño previamente definidos.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Evaluar el desempeño sísmico de un edificio de cuatro niveles de acero en la Ciudad de Managua por el análisis modal espectral utilizando la NSCM-22.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Determinar el cortante basal estático haciendo uso del Método de Fuerza Lateral Equivalente de la NSCM-22.
- Realizar el Análisis Modal y Espectral evaluando el grado de respuesta de la estructura mediante el uso del Software ETABS v22.
- Evaluar la respuesta sísmica de las derivas de piso de la estructura verificando el cumplimiento de la NSCM-22.
- Analizar la estabilidad de la estructura mediante los efectos de segundo orden o Efecto $P-\Delta$.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL

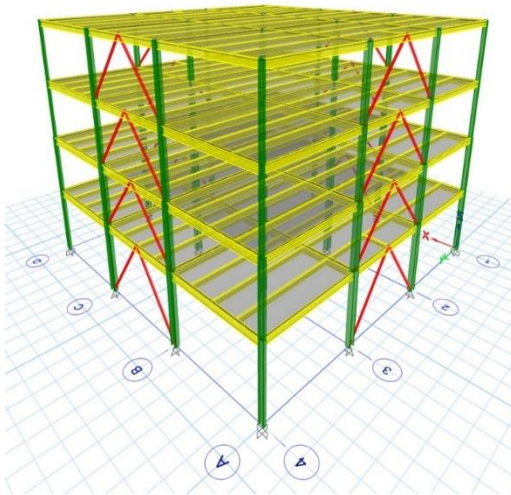
PROYECTO

2.1 Descripción de la Estructura

El edificio por presentar es de uso comercial, específicamente es un centro comercial, el cual contará con 4 niveles, donde la altura del primer nivel será de 3.8 metros y el resto de los niveles serán de 3.2 m, dando una altura total de 13.4 metros.

Imagen 1

Modelo de estructura en ETABS



Fuente. Elaboración Propia

- **Localización del proyecto.** Rotonda Cristo Rey, Ciudad de Managua, Municipio y departamento de Managua.
- **Sistema Estructural.** La estructura posee un sistema de pórticos arriostrados concéntricamente en ambas direcciones.
- **Calidad de los materiales**

Tabla 1

Calidad de los materiales del edificio

Elemento	Tipo de acero	Esfuerzo de fluencia (fy)	Módulo de elasticidad (E)	Resistencia del concreto (f'c)
Losa	ASTM A653	50 ksi	29,000 ksi	3,000 Psi
Riostra	ASTM A36	60 ksi	29,000 ksi	
Marcos de acero	ASTM A992	60 ksi	29,000 ksi	

Fuente. Elaboración Propia

2.1.1 **Edificio Modelo**

2.1.1.1 **Sistema de entrepisos**

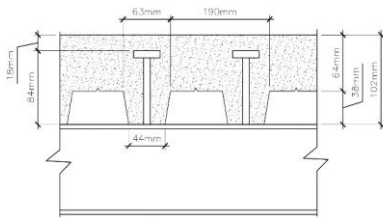
Consiste en un sistema de losas colaborantes que incluye un Steel deck A653SQGr50 (Cubierta de acero fabricada con acero ASTM A653 grado 50 de uso estructural). El modelado de la losa colaborante en Etabs se elaboró a partir de dos definiciones: Losa tipo deck y modelado tipo membrana con un espesor de losa total de 88 mm tomando en cuenta los valores mínimos para el diseño de losas, según la AISC 316, especificado en el comentario I3, sección 2C

2.1.1.2 **Sistema de techo**

Cuenta con una losa colaborante y una pendiente menor a 5%, sus dimensiones son iguales a las del sistema de entrepiso.

Imagen 2

Sección transversal de losas de entrepiso



Fuente. Elaboración propia

La perfilería metálica que confecciona a la estructura ha sido diseñada y revisada de acuerdo con los parámetros de la normativa AISC obteniendo ratios de demanda-capacidad aceptables siguiendo la filosofía estructural LRFD.

CAPITULO III:

FUNDAMENTOS

TECNICOS

3.1 FUNDAMENTOS ESTRUCTURALES

El análisis estructural en zonas sísmicas busca garantizar la seguridad y estabilidad de las edificaciones frente a cargas dinámicas. En ciudades como Managua, este diseño se rige por normativas como la NSCM-22, que establece criterios basados en la amenaza sísmica, condiciones del suelo y desempeño estructural.

3.2 Acero Estructural

3.2.1 Definición

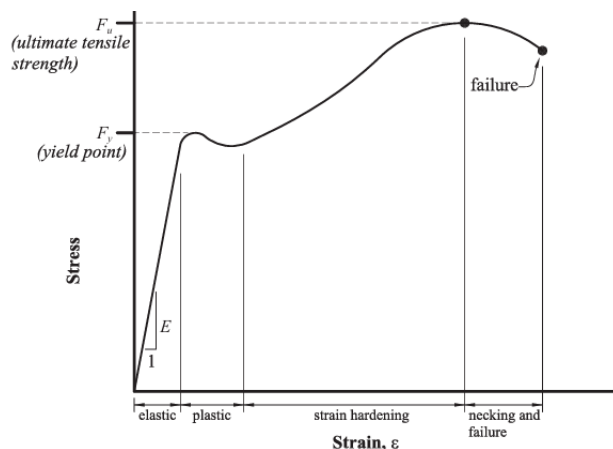
“El acero estructural es una aleación de hierro y carbono, fabricada industrialmente bajo estrictos controles de calidad, lo que garantiza propiedades mecánicas confiables en aplicaciones estructurales. Presenta un peso unitario aproximado de 490 lb/ft³, un módulo de elasticidad de 29,000 ksi y un coeficiente de Poisson cercano a 0.30”. (VIGIL, 2009, p. 3)

3.2.2 Propiedades del Acero Estructural

Las propiedades fundamentales del acero se determinan mediante ensayos de tracción, donde se evalúa su comportamiento esfuerzo-deformación hasta la falla. Entre las más importantes destacan la resistencia a la tracción y la resistencia última.

Gráfica 1

Curva típica de esfuerzo - deformación para acero estructural



Fuente. Structural Steel Design. por Jason Virgil,
2009, 1era edición

3.2.3 Conceptos y Generalidades

- Módulo de Young (E): Representa la rigidez del material en el rango elástico.
 - Ductilidad: Capacidad del acero de deformarse considerablemente sin fracturarse.
 - Resistencia de fluencia: Límite entre el comportamiento elástico y plástico; a partir de este punto las deformaciones son permanentes.
 - Esfuerzo de fluencia (F_y): Es el valor numérico en el eje de los esfuerzos que representa el límite entre el rango elástico y plástico de un elemento de acero.
 - Resistencia máxima a la tracción o tensión de rotura (F_u): Máxima tensión que el material puede soportar antes de la falla.
 - Región de estricción: Es la región la cual el acero comienza a debilitarse, caracterizándose por una reducción localizada en la sección transversal.
- Tipos de Acero Estructural

3.2.3.1 Tipos de Acero Estructural

Según el AISC, los aceros estructurales se clasifican conforme a normas ASTM. Entre los más utilizados se encuentran:

ASTM A992 y A572: Empleados en elementos principales por su alta resistencia.

ASTM A36: De uso común en elementos secundarios y ampliamente utilizado en Nicaragua por su disponibilidad.

3.3 Análisis Estructural

“El análisis estructural es el proceso de cálculo y determinación de los efectos de las cargas y las fuerzas internas en una estructura., edificio u objeto. El análisis estructural es particularmente importante para que los ingenieros estructurales se aseguren de comprender completamente las rutas de carga y los impactos que las cargas tienen en su diseño de ingeniería”. (Carigliano, 2015)

Para un análisis estructural sísmico, su clasificación es la siguiente:

3.3.1 *Análisis Lineal*

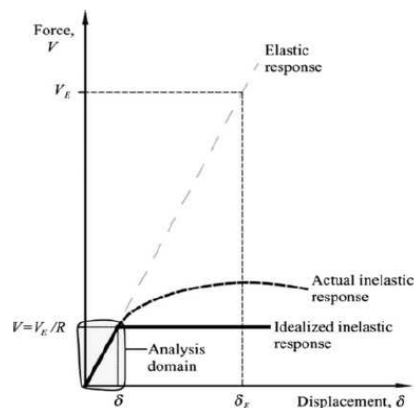
Según la NSCM22, Para este análisis se considera modelos con propiedades lineales elásticas para secciones y materiales de componentes de la estructura, y se mantiene una relación lineal entre fuerzas aplicadas y desplazamientos.

3.3.2 *Análisis no Lineal*

El análisis no lineal es un análisis en el que se mantiene una relación no lineal entre los desplazamientos y las fuerzas aplicadas, debido a que la rigidez no es constante. Este tipo de análisis permite observar la verdadera naturaleza de la respuesta estructural.

Gráfica 2

Respuesta sísmica para un análisis lineal y no lineal de una estructura



Fuente. ASCE 7-16. 2017

3.3.3 *Tipos de Carga para un Análisis Estructural*

Según el Reglamento Nacional de la Construcción del 2007 (RNC-07), existen tres tipos de cargas de acuerdo con la duración de ellas cuando actúan sobre las estructuras:

- **Cargas permanentes:** son aquellas que actúan de forma continua sobre la estructura como el peso propio de la estructura.

- **Cargas variables:** son las cargas cuya intensidad varía con el tiempo como vibraciones, acción sísmica y maquinaria.
- **Cargas accidentales:** son aquellas que no son permanentes ni variables, pero su intensidad es significativa que puede afectar a la estructura como cargas de viento, incendios, cenizas, nieve, etc.

3.4 Método de Análisis Estático Lineal

3.4.1 Fuerza Lateral Equivalente (FLE)

Según la ASCE 7-16, el método de Fuerza Lateral Equivalente es un método estático para desarrollar y distribuir cargas laterales estáticas equivalentes en una estructura para tener en cuenta el efecto de la carga sísmica horizontal.

3.4.1.1 Conceptos y generalidades

Periodo: Según la ASCE 7-16, el período fundamental (T) se determina mediante el análisis estructural o mediante fórmulas que dependerán del tipo de sistema del edificio y la altura de pisos. Este no debe sobrepasar el producto de límite superior sobre el periodo calculado, el cual será definido por la aceleración de la respuesta espectral del diseño en un segundo, y el periodo aproximado

Tabla 2

Coeficiente de límite superior para el periodo calculado

Design Spectral Response Acceleration Parameter at 1 s, S_{D1}	Coefficient C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Fuente. ASCE 7-16. 2017

Coeficiente sísmico. El coeficiente sísmico es un porcentaje del peso de la estructura que representa la fuerza cortante horizontal en su base debido a un sismo, calculándose a partir de la zona sísmica, tipo de suelo, y características del edificio.

3.5 Cortante Basal

El cortante basal es la suma de las fuerzas sísmicas que actúan en los distintos niveles de una estructura, representando la fuerza total en la base en cada dirección. Puede determinarse por el método estático o dinámico.

El cortante basal dinámico representa la respuesta global de la estructura ante excitaciones sísmicas, considerando la contribución de los diferentes modos de vibración

Según la ASCE 7-16, En el método estático de fuerza lateral equivalente, el cortante basal se calcula como el producto del coeficiente sísmico por el peso sísmico de la estructura.

El cortante basal dinámico no debe ser menor que el 100% del estático; si lo es, las fuerzas sísmicas se escalan para no subestimar la demanda estructural.

3.6 Método de Análisis Dinámico Lineal

3.6.1 Análisis Modal y Espectral

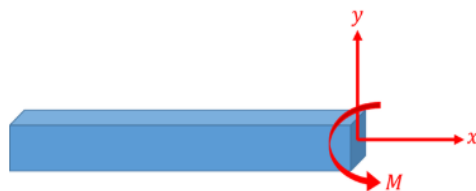
El análisis modal espectral considera la contribución de la masa de la estructura y la interacción de todos los modos de vibrar para la determinación del cortante basal y posteriormente los resultados de desplazamientos. (Jímenez, 2024).

3.6.1.1 Conceptos y Generalidades

- **Grados de libertad de un sistema:** Un grado de libertad (GDL) es el número de movimientos posibles de un sistema estructural. Los grados de libertad se pueden usar para describir desplazamientos y rotaciones en un punto nodal.

Imagen 3

Fuerzas internas dentro de una viga



Fuente. Heb MERMA. 2024

- **Rigidez:** La rigidez es la capacidad que posee un material o estructura para resistir las deformaciones que surgen a raíz la aplicación de una carga extrema.
- **Frecuencia Natural:** Es la frecuencia a la que un objeto seguirá vibrando después de golpearlo.
- **Período Natural o Fundamental:** Es el tiempo que tarda en dar una vibración una estructura en la forma que moviliza la mayor parte de su masa.
- **Modos de vibración:** Son las posibles formas en las que una estructura oscila dada la acción de una carga lateral.

Imagen 4

Modos de vibración

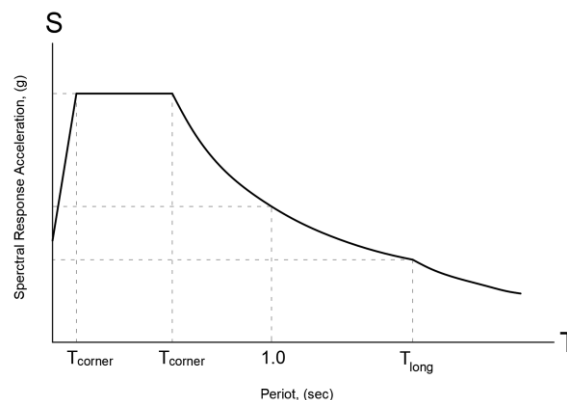


Fuente. Universidad de Costa Rica. 2023

- **Espectro de Respuesta:** Un espectro de respuesta es una representación gráfica que relaciona el período natural de vibración de un sistema estructural con su respuesta máxima ante una excitación dinámica específica, como un sismo

Gráfica 3

Espectro de respuesta de diseño



Fuente. ASCE 7-16. 2017

3.7 Respuesta Sísmica

La respuesta sísmica de una estructura es el comportamiento que tendrá esta frente a un sismo, es decir, como reacciona la estructura ante las aceleraciones sísmicas del suelo. Según Villamizar (2025):

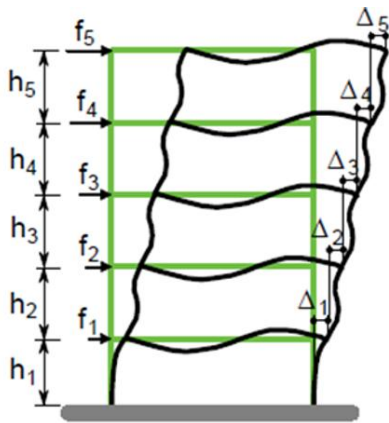
En el campo de la ingeniería civil, especialmente en zonas de alta actividad sísmica, la capacidad de una estructura para resistir los efectos de un terremoto es esencial. Esto no solo implica construir estructuras robustas, sino también analizar detalladamente cómo responderán estas ante la excitación sísmica. La respuesta sísmica evalúa el comportamiento dinámico de una estructura ante un sismo, enfocándose en parámetros críticos como el análisis espectral, desplazamientos, derivas y cortes de piso. (párr.1)

3.7.1 Derivas de Piso

Las derivas de piso son esenciales en el análisis y diseño sismorresistente ya que permite evaluar el grado de deformación lateral y su influencia en el comportamiento estructural y los elementos no estructurales.

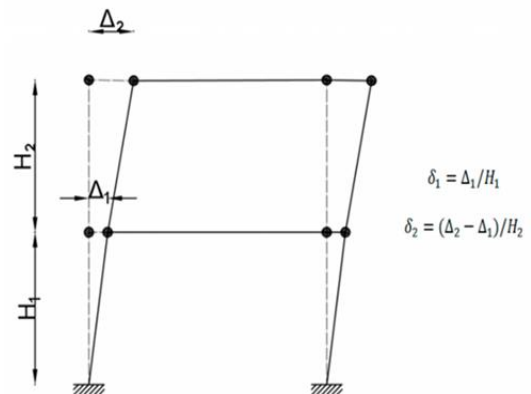
Su control es esencial para garantizar un correcto desempeño estructural. Es por esto que en cada normativa sísmica se establecen límites máximos permisibles de deriva que varían dependiendo del sistema estructural, material, etc.

Imagen 5
Derivas de piso



Fuente. NSR-10

Imagen 6
Desplazamiento y deriva de una edificación



Fuente. SkyCiv Engineering.

3.8 Efecto P- Δ

El efecto P- Δ es un fenómeno no lineal que resulta cuando una carga lateral actúa sobre un elemento, genera un desplazamiento lateral, el cual interactúa con la carga vertical que es aplicada sobre el elemento y genera un momento adicional que incrementa el desplazamiento lateral del mismo

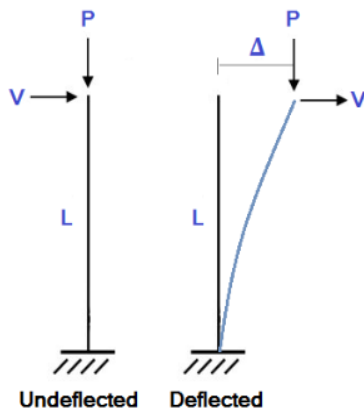
Este efecto permite evaluar que tan sensibles son los esfuerzos y desplazamientos estructurales a la deformación lateral, y si la estructura puede experimentar una amplificación peligrosa de derivas. Si el efecto P- Δ está dentro de los límites establecidos, la estructura mantiene una respuesta estable y las fuerzas actuantes no alteran el comportamiento global significativamente.

3.8.1 Respuesta de una estructura ante los efectos P-Delta

Se presenta una gráfica con la respuesta idealizada para una estructura simple de un piso. Sin efecto P-Delta, la respuesta presenta una rigidez inicial K_0 y una fuerza de fluencia F_{0y} . Después de la fluencia, la estructura entra en el rango inelástico manteniendo estabilidad global con daño estructural.

Considerando efectos P-Delta, la rigidez lateral efectiva K_1 , que es la rigidez estructural K_0 modificada por la rigidez geométrica del sistema K_G , se reduce. Esto genera una menor fuerza lateral de fluencia (F_{1y}) y, tras alcanzar el punto de fluencia, la gráfica muestra una disminución progresiva de la rigidez.

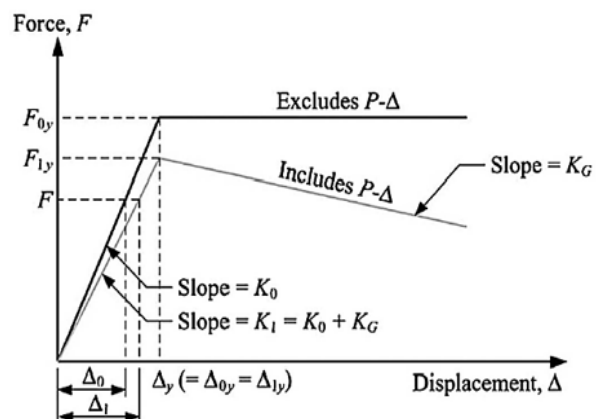
Imagen 7
Efectos P-Delta



Fuente. ALPS Consultant. 2025

Gráfica 4

Respuesta Idealizada de una estructura de un piso con y sin efecto P-Delta



Fuente. ASCE 7-16. 2017

CAPITULO IV:
METODOLOGIA PARA
EL DESARROLLO DEL
PROYECTO DE
GRADUACIÓN

4.1 Tipo de Investigación

La investigación es de alcance descriptivo–correlacional con enfoque cuantitativo, ya que, de acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), se busca especificar las propiedades y características relevantes del fenómeno en estudio mediante la recolección y análisis numérico de datos estructurales. Entre ellos se incluyen el sistema estructural del edificio, las cargas vivas y muertas, el tipo de suelo según la velocidad de onda de corte y la isoaceleración de la ciudad donde se encuentra el edificio.

Además, el estudio analiza la relación entre los datos antes mencionados y la respuesta sísmica del edificio, lo cual justifica el carácter correlacional del alcance planteado.

Según Hernández Sampieri (2014), el Enfoque Cuantitativo “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p.4). Este enfoque se refleja en la obtención de resultados numéricos derivados del análisis modal espectral mediante el software ETABS v19, y los efectos de segundo orden y las derivas de piso obtenidos de la NSCM22.

De acuerdo con Salinas (1993), la Investigación Descriptiva “es investigación de evaluación, ya que pretende determinar la eficacia de un programa, práctica, procedimiento o política y evaluar su validez”. En este estudio, el análisis descriptivo–correlacional permite evaluar la respuesta sísmica del edificio y su grado de cumplimiento respecto a los parámetros establecidos por la NSCM-22.

Con el resultado del análisis de los datos estructurales y dinámicos, se llevará a cabo la evaluación integral del desempeño sísmico del edificio, verificando parámetros como las derivas máximas admisibles y la estabilidad de la estructura mediante el efecto $P-\Delta$, siguiendo los lineamientos establecidos por la normativa sísmica vigente para la ciudad de Managua.

4.2 Detallado de cargas del edificio

La Normativa sismorresistente para la ciudad de Managua año 2022 (NSCM22) establece que se tomará en cuenta 2 tipos de carga para el análisis estructural del edificio

4.2.1 Carga Muerta

La carga muerta que se considera para el análisis estructural, es el total de la carga muerta estructural que es el peso de los elementos estructurales del edificio, y la carga muerta sobreimpuesta, que no es más que el peso de los elementos no estructurales entre los cuales encontramos particiones livianas, mobiliario, instalaciones eléctricas, sanitarias, etc. Ambas distribuidas en el área de la losa por piso.

4.2.1.1 Carga muerta estructural

Se considera la carga muerta estructural según las dimensiones de los elementos estructurales del edificio y la densidad del material de estos, en este caso acero estructural para vigas, columnas, riostras y la losa y concreto para el caso de la losa colaborante.

Tabla 3*Peso propio de las secciones de vigas, columnas y rriostros*

Sección	Dimensión	Peso de la sección (kg)			
		N1: +3.8 m	N2: +7.0 m	N3: +10.2 m	N4: +13.4 m
VIGAS	W10X19	4696.316	4696.316	4696.316	0.000
	W8X13	0.000	0.000	0.000	3208.870
	W12X19	1024.651	1024.651	1024.651	0.000
	W12X16	0.000	0.000	0.000	858.738
	W14X26	1402.058	1402.058	1402.058	0.000
	W12X16	0.000	0.000	0.000	858.738
	W14X43	2297.260	2297.260	2297.260	0.000
	W12X26	0.000	0.000	0.000	1394.765
COLUMNAS	W12X53	2401.792	2022.562	0.000	0.000
	W10X39	0.000	0.000	1490.991	1490.991
	W12X87	1970.701	1659.538	0.000	0.000
	W10X39	0.000	0.000	745.495	745.495
	W10x30	680.507	573.059	0.000	0.000
	W8X15	0.000	0.000	287.826	287.826
RIOSTRAS	HSS3X2-1/2X3/16	335.430	303.897	303.897	303.897
	TOTAL (kg)	14808.716	13979.340	12248.493	9149.319
	Total (ton)	14.81	13.98	12.25	9.15

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4*Peso estructural de la losa de entrepiso*

Piso	Peso total (kg)	Peso Total (Ton)
N1: +3.8 m	62930.52	62.93052
N2: +7.0 m	62930.52	62.93052
N3: +10.2 m	62930.52	62.93052
N4: +13.4 m	62930.52	62.93052
TOTAL	251722.08	251.72208

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 5
Pesos estructurales totales

Nivel de Piso	Peso Total (kg)	Peso Total (Ton)
N1: +3.8 m	77739.24	77.73923562
N2: +7.0 m	76909.86	76.90985982
N3: +10.2 m	75179.01	75.17901304
N4: +13.4 m	72079.84	72.07983938
TOTAL	301907.95	301.91

Fuente. Elaboración propia.

4.2.1.2 Carga muerta sobreimpuesta

Se considera la carga muerta sobre impuesta todos los elementos no estructurales que inciden en la estructura tales como particiones, cielos rasos, pisos, etc.

Las cargas muertas sobre impuestas utilizadas en este edificio son:

- Paredes de covintec - 150 kg/m^2
- Cielo Raso - 8 kg/m^2
- Cerámica - 30 kg/m^2
- Impermeabilizante asfáltico - 35 kg/m^2
- Cerramiento de paredes de vidrio - 96 kg/m
- Barandas - 100 kg/m

En base a estos valores se calculará el peso total de la carga muerta sobreimpuesta por piso, a la cual se le sumará un 10% de la carga muerta estructural total del edificio.

Tabla 6

Carga distribuida de carga muerta sobreimpuesta por nivel

Nivel	CMS NSCM		CMS+10%CM
1-2	166.0 kg/m ²	0.166 ton/m ²	0.259 ton/m
2-3	166.0 kg/m ²	0.166 ton/m ²	0.259 ton/m
3-4	166.0 kg/m ²	0.166 ton/m ²	0.259 ton/m
Azotea	57.22 kg/m ²	0.05722 ton /m ²	0.150 ton/m

Fuente. Elaboración propia.

4.2.2 Carga Viva

Las cargas vivas son las cargas no permanentes producidas por los materiales o las personas que se encuentran en constante movimiento. Estas cargas se expresan como cargas uniformes aplicadas en el área de piso, el cual varia dependiendo de su uso.

Dado lo establecido en la **Sección 9.6** de la NSCM, independientemente del método de análisis y según se clasifique la estructura como un caso general o caso especial se empleará como carga viva actuante cierto porcentaje de la sumatoria de cargas que se consideraron de la **Tabla 7.1.1 Cargas Variables Unitarias Mínimas establecidas**.

Tabla 7
Cargas vivas según uso de piso

DESTINO	MÁXIMO (CV)	NOTAS
Residencial (casas, apartamentos, cuartos de hoteles, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales)	200	(1)
Salones de clase: Escuelas primarias, Preescolares	250	
Secundaria y universidad	250	
Hospitales (salas y cuartos), Asilos, Centros de Salud y Clínicas	200	
Salas de Operación	400	
Oficinas: Despachos	250	(2)
Salas de Archivo	500	
Bibliotecas: Salones de Lectura	300	
Salón de Libros	600	
Lugares de Reunión: Salones de Baile, gimnasios, restaurantes, museos y Salas de juegos	400	
Auditorios, Cines, Templos: Sillas Fijas	350	
Sillas móviles	500	
Teatros: Vestibulos	200	
Piso del escenario	700	
Graderías y tribunas	500	
Lugares de Comunicación para peatones (Pasillos, escaleras, rampas de parqueo y pasajes de acceso libre al público);	500	(1)
Estadios y lugares para espectáculo provisto de gradas (desprovisto de bancas o butacas)	500	
Laboratorios	250	
Comercio: Ligero	350	(2)
Semipesado	450	(2)
Pesado	550	(2)
Fábrica y Talleres: Ligero	400	(2)
Semipesado	500	(2)
Pesado	700	(2)
Bodegas: Ligero	450	(2)
Semipesado	650	(2)
Pesado	1,000	(2)
Techos de losas con pendiente no mayor de 5%	100	(3)
Techos de losas con pendiente mayor de 5%	50	(3)
Garajes y estacionamientos (para automóviles exclusivamente, altura controlada a 2.40 m)	250	(4)
Andamios temporales para la construcción	150	(5)
Marquesinas, balcones y similares	500	

Fuente. NSCM22. 2021

4.2.3 Peso sísmico del edificio

El peso sísmico de la estructura es el peso que resulta de la suma de las cargas permanentes más una fracción de las cargas variables que contribuyen a la respuesta sísmica de la estructura. En este caso se obtiene del apartado 9.6 Peso sísmico efectivo.

4.2.3.1 Caso general

$$W = CM + 0.15 * CV$$

4.3 Combinaciones de Carga para Diseño por Resistencia LRFD

Las combinaciones usadas en este análisis fueron basadas en la Filosofía de Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD), plasmadas en la **Sección 7.5** de la NSCM.

4.3.1 *Combinaciones Básicas LRFD*

- $1.4CM$
- $1.2CM + 1.6CV$
- $1.2CM + CV$
- $0.9CM$

Donde,

CM: Carga permanente del edificio

CV: Carga variable definida en sección 7.1 de la NSCM.

4.3.2 *Combinaciones Básicas con efectos de carga sísmica LRFD*

- $1.2CM + Eh + CV$
- $0.9CM + Eh$

Donde,

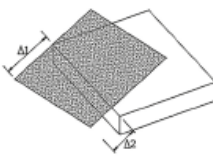
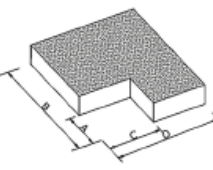
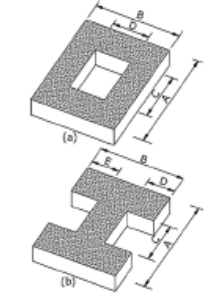
E_h: Carga sísmica. Componente horizontal del sismo considerando el efecto bidireccional.

Según la NSCM el **Efecto Bidireccional** es el efecto de fuerzas sísmicas horizontales en los ejes ortogonales de la siguiente manera: 100% en una dirección y 30% en la dirección ortogonal.

4.3.3 Clasificación por Irregularidad

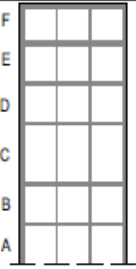
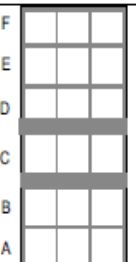
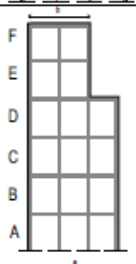
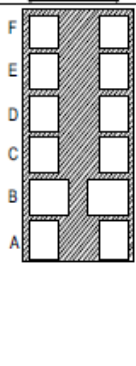
La clasificación por irregularidad se obtendrá en base a las tablas 5.4.2 Factores de irregularidad en planta, tabla 5.4.3 Factores de irregularidad en elevación y tabla 5.4.4 Definición de irregularidad extrema de las páginas 29, 30 y 31, a partir de las cuales definiremos los factores de regularidad por planta y en elevación establecidos en la tabla 5.4.1 de la página 27.

Tabla 8
Irregularidad en planta

<p>Tipo 1 – Irregularidad torsional $\phi_{pi} = 0.9$ $\Delta > 1.2 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en la sección 9.6 de la presente norma.</p>	
<p>Tipo 2 - Retroceso excesivos en las esquinas $\phi_{pi} = 0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 – Discontinuidad en los sistemas de piso $\phi_{pi} = 0.9$ a) $C \times D > 0.5A \times B$ b) $[C \times D + C \times E] > 0.5A \times B$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 – Ejes estructurales no paralelos $\phi_{pi} = 0.8$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto, la presencia de estas irregularidades requiere incluir en los modelos de análisis las deformaciones por flexión, fuerza axial, cortante y por torsión de los elementos estructurales y el método de análisis deberá ser dinámico espacial.</p>	

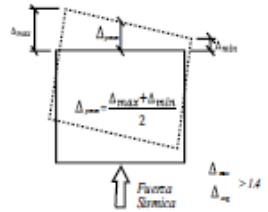
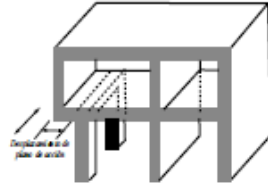
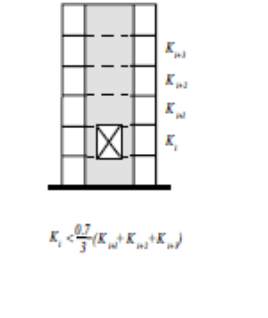
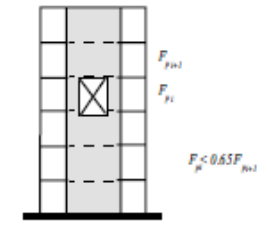
Fuente. NSCM22, 2021

Tabla 9
Irregularidad en elevación

<p>Tipo 1 – Piso flexible</p> <p>$\phi_{Ei} = 0.8$</p> <p>Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D</p> <p>Rigidez $K_c < 0.80 \cdot \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular o de piso flexible cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 – Distribución de masa</p> <p>$\phi_{Ei} = 0.9$</p> <p>$m_D > 1.50m_E$ o</p> <p>$m_D > 1.50m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 – Irregularidad geométrica</p> <p>$\phi_{Ei} = 0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Tipo 4 – Piso débil</p> <p>$\phi_{Ei} = 0.8$</p> <p>Fuerza de piso $F_{PB} < 0.7 F_{PC}$</p> <p>Fuerza de piso $F_{PB} < 0.80 \cdot \frac{(F_C + F_D + F_E)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular o de piso débil, cuando la resistencia lateral de un piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior o menor que el 80 % del promedio de la resistencia lateral de los tres pisos superiores. Entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto, la presencia de estas irregularidades requiere incluir en los modelos de análisis las deformaciones por flexión, fuerza axial, cortante y por torsión de los elementos estructurales y el método de análisis deberá ser dinámico espacial. En los casos de aumento de masas con la altura y esbeltez excesiva, se deberá incorporar el efecto P-Delta en el análisis.</p>	

Fuente. NSCM22, 2021

Tabla 10
Irregularidad extrema

<p>Tipo 1Ex – Irregularidad torsional Extrema</p> $\Delta > 1.4 * \left(\frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2} \right)$ <p>Existe irregularidad por torsión extrema, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1.4 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia.</p>	
<p>Tipo 2Ex – Desplazamiento de los planos de acción de elementos vertical.</p> <p>Una estructura se considera fuertemente irregular cuando existen discontinuidades o desalineamientos en los ejes verticales que supera 1/3 de la dimensión horizontal del miembro inferior en la dirección del desalineamiento.</p>	
<p>Tipo 3Ex – Piso flexible Extremo</p> $Rigidez K_i < 0.60 K_{i+1}$ $K_i < 0.70 * \frac{(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})}{3}$ <p>La estructura se considera fuertemente irregular o de piso flexible extremo, cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 60% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 70 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 4Ex – Piso débil extremo</p> $Fuerza de piso F_{pi} < 0.65 F_{pi+1}$ <p>La estructura se considera fuertemente irregular o de piso débil extremo, cuando la resistencia lateral de un piso es menor que el 65% de la resistencia del piso inmediatamente superior. Entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada.</p>	
<p>Tipo 5Ex – Columna corta</p> <p>Cuando exista una marcada reducción en la longitud libre de la columna, por el efecto de restricciones laterales tales como paredes u otros elementos estructurales.</p>	

Fuente. NSCM22, 2021

Tabla 11*Factores de regularidad en planta y elevación*

Factor de regularidad en planta	Factor de regularidad en elevación
$\Phi_P = \Phi_{PA} \times \Phi_{PB}$	$\Phi_E = \Phi_{EA} \times \Phi_{EB}$
Donde: D	onde:
Φ_P -- Factor de regularidad en planta	Φ_E -- Factor de regularidad en elevación
Φ_{PA} -- Mínimo valor de ϕ_{pi} de cada piso i para el caso de irregularidades del tipo 1,2 y/o 3.	Φ_{EA} -- Mínimo valor de ϕ_{ei} de cada piso i para el caso de irregularidades del tipo 1 y 4.
Φ_{PB} -- Mínimo valor de ϕ_{pi} de cada piso i para el caso de irregularidades del tipo 4.	Φ_{EB} -- Mínimo valor de ϕ_{ei} de cada piso i para el caso de irregularidades del tipo 2 y 3.
ϕ_{pi} -- Factor de irregularidad en planta	ϕ_{ei} -- Factor de irregularidad en elevación

Fuente. NSCM22, 2021

4.4 Parámetros Sísmicos para la Elaboración del Espectro de Diseño

4.4.1 Clasificación de la Estructura por Grupo de Importancia

Según la NSCM22, la clasificación de las edificaciones según su uso es práctica común en las normativas vigentes de muchos países. Los cuatro grupos establecidos en esta norma permite diferenciar las obras que son de funcionamiento vital en condiciones de emergencia o cuya falla puede dar lugar a cuantiosas pérdidas de vidas.

La clasificación de la estructura por grupo de importancia y su categoría de riesgo sísmico se obtendrán en base al uso del edificio según lo establece la tabla 5.2.2 de la NSCM. Dado que la estructura en análisis será de uso Comercial, clasifica como una Estructura de Ocupación Especial y una Categoría de Riesgo III.

Tabla 12*Clasificación de estructura por grupo de importancia*

Grupo de Importancia	Categoría de Riesgo	Ejemplos
Estructuras de ocupación especial	III	<p>Estructuras de alta ocupación tal como se detalla a continuación o cuya falla representa un riesgo sustancial para la vida humana y gran impacto de pérdida económica y/o alteración masiva de la vida civil cotidiana.</p> <p>Estructuras no incluidas en la categoría IV o estructuras de los grupos I y II que puedan poner en peligro a estructuras de este grupo.</p> <p>Construcciones que se deben mantener en operación inmediatamente después de la ocurrencia de un sismo extremo I. Como lo son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estructuras destinadas a vivienda, oficina, comercio, hotel, banco, teatro, restaurante e industria que alberguen a más de 500 personas o más de 10 pisos o cuya área de construcción sea mayor a 10,000 m². • Estructuras pertenecientes a un proyecto en el cual se construirá un número mayor de 10 edificios o de 50 unidades de vivienda unifamiliar o bifamiliar. • Centros de educación preescolar, primaria y secundaria públicos o privados con más de 500 alumnos. • Centros de educación superior o carreras técnicas públicos y privados con más de 500 alumnos. • Centros deportivos que alberguen más de 500 personas. • Centros de convención que reúna a más de 500 personas. • Centros de salud comunitarios, clínicas y Ambulatorios que alberguen a más de 500 pacientes, sean públicas o privadas. • Iglesias con asientos para más de 500 personas. • Puentes con tramos entre 15 y 34 metros de longitud.

Fuente. NSCM22, 2021

4.4.1.1 Sismo de diseño

De acuerdo con esta clasificación, según la tabla 5.1.1 de la NSCM, se seleccionará el Sismo de Diseño: **Sismo Extremo I.**

Tabla 13

Sismo de diseño

Grupo de Importancia	Categoría de Riesgo	Sismo de diseño
Estructuras no destinadas a habitación	I	Sismo de servicio.
Estructuras de ocupación normal	II	Sismo de diseño
Estructuras de ocupación especial	III	Sismo extremo I.
Estructuras esenciales	IV	Sismo extremo II.

Fuente. NSCM22, 2021

4.4.2 Factor de Importancia

El propósito del factor de importancia I es ajustar la demanda sísmica de diseño a la probabilidad de no excedencia que se corresponda con un riesgo apropiado al grupo de importancia. El factor de importancia se obtendrá de la tabla 5.2.1 tal que, de acuerdo a la clasificación previa de la estructura, será de 1.3 correspondiente a una categoría de riesgo III.

Tabla 14
Categoría de riesgo

Categoría de riesgo	I
I	0.75
II	1.0
III	1.3
IV	1.65

Fuente. NSCM22, 2021

4.4.3 Isoaceleración del Suelo

La isoaceleración del suelo, se refiere a regiones o líneas en el mapa donde la aceleración del suelo es aproximadamente constante, o al momento de un temblor, se percibe la misma intensidad sísmica. La isoaceleración de suelo se obtendrá en base a la ubicación del edificio en cuestión, según la tabla 14.2 Tabla de valores de a_0 PGA 475 años de la NSCM. La isoaceleración a utilizar es la de Managua que es de 0.36667.

Tabla 15
Tabla de valores a_0 PGA 475 años

			1a	Departamento	Longitud (Oeste)	Latitud (Norte)	Aceleración	Zona
CHINANDEGA	12.62937	-87.13105	0.407450	SAN JOSE DE CUSMAPA	13.28330	-86.65000	0.230908	
EL VIEJO	12.66348	-87.16663	0.406850	ESTELÍ	13.08330	-86.35000	0.229832	
EL REALEJO	12.54307	-87.16466	0.406553	CAMDAPA	12.38330	-85.51670	0.227043	
CORINTO	12.48250	-87.17304	0.402359	ESQUIPULAS	12.66670	-85.78330	0.225594	
CHICHIGALPA	12.56670	-87.03330	0.396122	SAN FRANCISCO DE CUAPA	12.26670	-85.38330	0.225494	
POSOLTEGA	12.54310	-86.97890	0.395105	SAN DIONISIO	12.75000	-85.85000	0.223672	
QUEZALGUAQUE	12.50610	-86.90330	0.394123	LAS SABANAS	13.35000	-86.61670	0.221183	
LA PAZ CENTRO	12.34000	-86.67530	0.392197	SAN JUAN DE NICARAGUA	10.94800	-83.73420	0.219464	
TONALÁ	12.76842	-87.13107	0.391709	SANTO TOMAS	12.06670	-85.08330	0.216900	
NAGAROTE	12.26750	-86.56530	0.391216	EL ALMENDRO	11.68330	-84.70000	0.216607	
VILLA EL CARMEN	11.97879	-86.50723	0.386383	LA LIBERTAD	12.21670	-85.16670	0.213588	
MATEARE	12.23460	-86.43138	0.380808	MATAGALPA	12.91670	-85.91670	0.212623	
EL CRUCERO	11.98330	-86.31670	0.378408	VILLA SANDINO	12.04830	-84.99362	0.212457	
CIUDAD SANDINO	12.15890	-86.34420	0.378162	SAN LUCAS	13.41670	-86.60000	0.211869	
SAN RAFAEL DEL SUR	11.84854	-86.43839	0.374813	SANTA MARIA	13.75000	-86.71670	0.210481	
MANAGUA	12.13282	-86.25040	0.366670	PUEBLO NUEVO	13.38330	-86.48330	0.207684	
DIRIAMBÁ	11.85812	-86.23922	0.365774	SOMOTO	13.48330	-86.58330	0.205631	
SAN MARCOS	11.91670	-86.20000	0.363454	SAN RAMON	12.91667	-85.83333	0.205575	
SANTA TERESA	11.73330	-86.21670	0.360877	CONDEGA	13.35000	-86.40000	0.204562	
EL ROSARIO	11.83330	-86.16670	0.360298	MUYMUY	12.76670	-85.63330	0.204195	
LA CONQUISTA	11.73330	-86.20000	0.360043	LA CONCORDIA	13.18330	-86.16670	0.203013	
MASATEPE	11.91445	-86.14458	0.358639	SANTO DOMINGO	12.26670	-85.08330	0.202712	
LA PAZ DE ORIENTE	11.82159	-86.13065	0.357333	NUEVA GUINEA	11.68330	-84.45000	0.202075	
NANDASMO	11.93330	-86.11670	0.353781	JINOTEGA	13.09103	-86.00234	0.201012	
NIQUINHOMO	11.90518	-86.09446	0.353352	YALAGUINA	13.48333	-86.48333	0.200849	
MAIPASILLO	12.67572	-86.57162	0.353095	MACUPEZO	13.65000	-86.61670	0.199169	
NANDAIME	11.75000	-86.05000	0.352472	PALACAGUINA	13.45000	-86.40000	0.198324	
TOLA	11.43330	-85.93330	0.345397	SAN RAFAEL DEL NORTE	13.21670	-86.11670	0.197737	
SAN JUAN DEL SUR	11.25292	-85.87049	0.343685	TOTOGALPA	13.56270	-86.49240	0.197074	
BELEN	11.50000	-85.88330	0.342530	EL CORAL	11.91580	-84.65030	0.196575	
POTOSÍ	11.49416	-85.85680	0.339339	SAN SEBASTIAN DE YALI	13.30000	-86.18330	0.195701	
RIVAS	11.43330	-85.83330	0.335964	OCOTAL	13.63330	-86.48330	0.194016	
BUENOS AIRES	11.46670	-85.81670	0.335299	DIPILTO	13.71670	-86.50000	0.191357	
SAN JORGE	11.45584	-85.80308	0.334595	MOZONTE	13.65000	-86.45000	0.189288	
GRANADA	11.92988	-85.95602	0.332963	TELPANECA	13.52928	-86.28568	0.189046	
TIPITAPA	12.20060	-86.09390	0.328836	MATIGUAS	12.83330	-85.46670	0.188226	
CÁRDENAS	11.20000	-85.51670	0.326221	CIUDAD ANTIGUA	13.63330	-86.31670	0.184781	
TESMA	12.08194	-86.01739	0.325204	MUELLE DE LOS BUEYES	12.06670	-84.53330	0.182672	
MOYOGALPA	11.53330	-85.70000	0.324525	SAN FERNANDO	13.68137	-86.31486	0.182580	
ALTAGRACIA	11.56670	-85.58330	0.312272	LA DALIA	13.06670	-85.75000	0.182305	
SAN FRANCISCO LIBRE	12.50470	-86.30030	0.309043	SAN JUAN DEL RIO COCO	13.54483	-86.16506	0.181925	
SOMOTILLO	13.03330	-86.91670	0.299712	SANTA MARIA DE PANTASM/	13.27197	-86.04677	0.181543	
VILLANUEVA	12.96360	-86.81470	0.295717	BOCANA DE PAIWÁS	12.78571	85.12269	0.174387	
SAN CARLOS	11.12300	-84.77870	0.293260	EL AYOTE	12.49470	-84.81940	0.174218	
EL JICARAL	12.72720	-86.38080	0.290595	QUILALÍ	13.56670	-86.03330	0.173706	
SAN MIGUELITO	11.40000	-84.90000	0.282374	EL JICARO	13.71670	-86.13330	0.172507	
SANTA ROSA DEL PEÑON	12.80110	-86.37060	0.281296	RIO BLANCO	12.93330	-85.21670	0.171977	
EL SAUCE	12.88690	-86.53810	0.278710	RANCHO GRANDE	13.23655	-85.55864	0.171081	
SANTO TOMAS DEL NORTE	13.18440	-86.92190	0.277569	JALAPA	13.91670	-86.13330	0.171061	
PUERTO MORRITO	11.62090	-85.07919	0.274547	MURRA	13.76667	-86.01667	0.169168	
EL LLANO	11.02230	-84.81360	0.265644	EL CUÁ	13.36750	-85.67330	0.168329	
SÁBALOS	11.05000	-84.46670	0.263217	WIVILÍ DE NUEVA SEGOVIA	13.61670	-85.83330	0.164163	
TEUSTEPE	12.41670	-85.80000	0.260007	WIVILÍ DE JINOTEGA	13.62680	-85.82540	0.164042	
SAN FRANCISCO DEL NORTE	13.20000	-86.76666	0.259346	EL RAMA	12.33333	-84.66667	0.162354	
SAN PEDRO DEL NORTE	13.26670	-86.88330	0.258956	WASLALA	13.33100	-85.37460	0.158999	
CIUDAD DARÍO	12.73060	-86.12500	0.257376	SAN JOSE DE BOCAY	13.53330	-85.53330	0.156791	
ACHUAPA	13.05370	-86.59004	0.256640	MULUKUKU	13.17320	-84.95540	0.154564	
SAN NICOLAS	12.93240	-86.34810	0.251660	BLUEFIELDS	12.01310	-83.76530	0.152154	
SAN LORENZO	12.38330	-85.66670	0.245579	KUKRA HILL	12.25000	-83.75000	0.145158	
JUIGALPA	12.10100	-85.36710	0.242460	EL TORTUGUERO	12.81670	-84.20000	0.144585	
TERRABONA	12.73330	-85.96670	0.238550	WASPAM	14.73330	-83.96670	0.144201	
SAN JUAN DE LIMAY	13.16670	-86.61670	0.237303	LA CRUZ DE RIO GRANDE	13.11670	-84.18330	0.140276	
SEBACO	12.85110	-86.09940	0.237089	LAGUNA DE PERLAS	12.34294	-83.67123	0.139541	
LAS CAÑAS	11.52870	-86.14750	0.236741	SIUNA	13.73321	-84.77725	0.137890	
SAN JOSÉ DE GUASIMAL	12.95530	-86.22410	0.235858	ALAMIKAMBA	13.50000	-84.21670	0.136219	
SAN ISIDRO	12.93190	-86.19530	0.235803	BONANZA	14.02885	-84.59103	0.134497	
LA TRINIDAD	12.96880	-86.23530	0.235099	ROSITA	13.88330	-84.40000	0.134043	
COMALAPA	12.28330	-85.51670	0.234868	KARAWAIA	12.93231	-83.57762	0.127771	
SANTA LUCIA	12.53330	-85.71670	0.234427	BILWI	14.03330	-83.38330	0.113379	
BOACO	12.46670	-85.66670	0.234379					
SAN JOSE DE LOS REMATES	12.60000	-85.76670	0.234373					
ACOPYA	11.96670	-85.16670	0.233193					

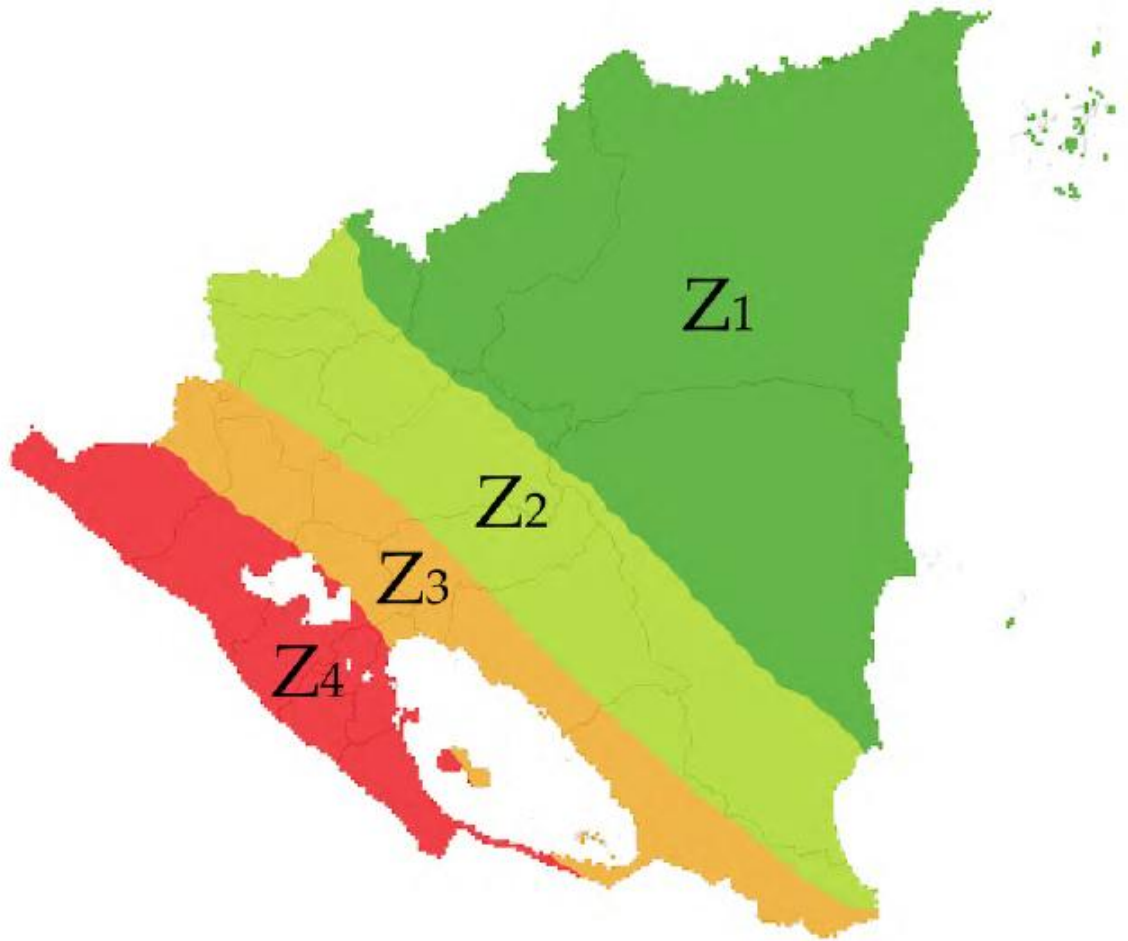
Fuente. NSCM22, 2021

4.4.4 Mapa de Zonificación Sísmica

La zonificación sísmica o la peligrosidad sísmica del territorio nacional se obtendrá por medio del Mapa de Zonificación Sísmica para Nicaragua de la ilustración 6.2.1. La zona de ubicación del edificio es la zona 4 (Z4).

Imagen 8

Mapa de Zonificación sísmica



Fuente. NSCM22, 2021

4.4.5 Clasificación por Categoría de Diseño Sísmico

La clasificación por Categoría de diseño sísmico establece que tan exigente debe ser el diseño sismorresistente de una estructura de acuerdo con el sitio y a la categoría de riesgo del edificio. La categoría de diseño sísmico se determinará según la tabla 5.3.1, cuyo valor a usar dependerá del valor de isoaceleración del suelo y la categoría de riesgo del edificio. En este caso la categoría de diseño sísmico es del tipo D.

Tabla 16

Clasificación por categoría de riesgo

PGA	Categoría de riesgo	
Valores de a_0 en g	I, II	III, IV
$a_0 \leq 0.10$	A	B
$0.10 < a_0 < 0.15$	B	C
$0.15 \leq a_0 < 0.30$	C	D
$0.30 \leq a_0$	D	D

Fuente. NSCM22, 2021

4.4.6 Sistema Estructural

Se revisará el modelado del edificio para determinar el tipo de sistema estructural acorde a la tabla 5.5.1 de la NSCM22 y se obtendrá todos los datos necesarios para los siguientes cálculos. El sistema estructural seleccionado son Marcos especiales de acero arriostrados concéntricamente.

Tabla 17

Sistema estructural

Tabla 5.5.1

Coefficientes y factores de diseño para sistemas resistentes a fuerzas sísmicas

Sistema Estructural	Coefficiente de modificación de respuesta, R^a	Factor de sobrerresistencia, Ω_s^b	Coefficiente de deflexión, C_d	Distorsión Máxima De piso γ_{max}
B. SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MARCOS ARRIOSTRADOS				
1. Marcos de acero con arriostramiento excéntrico	8	2	4	0.025
2. Marcos especiales de acero arriostrados concéntricamente	6	2	5	0.020

Fuente. NSCM22, 2021

4.4.7 Clasificación de Sitio

La clasificación del sitio se obtendrá en base a la velocidad de onda de corte del suelo, resistencia de penetración estándar o resistencia al corte del suelo sin drenar, los cuales se obtendrá en la tabla 6.3.1 Clasificación por tipo de suelo. El tipo de suelo del edificio es del tipo C, que es Suelo muy Denso y Roca Blanda.

Tabla 18
Clasificación de sitio

Clasificación del sitio	Descripción	Definición		
		Velocidad de onda de corte V_s (m/s)	Resistencia de penetración estándar $\bar{N}$	Resistencia al corte del suelo sin drenar S_u (kg/cm ²).
A	Roca rígida	$V_s > 1500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1500$	N/A	N/A
C	Suelo muy Denso y Roca Blanda	$360 < V_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$	$S_u \geq 1.0$
D	Suelo Rígido	$180 < V_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$0.5 \leq S_u \leq 1.0$
E	Suelo Blando	$V_s < 180$	$\bar{N} < 15$	$S_u < 0.5$
E	-	Además, se considerará un suelo tipo E, cualquier capa de suelo con más de 3m que tenga las siguientes características. 1. Índice de Plasticidad $PI > 20$ 2. Contenido de humedad $w \geq 40\%$ 3. Resistencia al cortante sin drenar $S_u < 0.2 \text{ kg/cm}^2$		

Fuente. NSCM22, 2021

4.4.8 Factor de Amplificación Vertical por Tipo de Suelo

Los factores de amplificación son coeficientes que incrementan la aceleración sísmica del movimiento del suelo en base a las condiciones geotécnicas del sitio y su zona sísmica. El factor de amplificación vertical se obtendrá de la tabla 6.4.1 Factores de amplificación vertical por tipo de suelo. El factor seleccionado es de 1.3.

Tabla 19
Factor de amplificación vertical por tipo de suelo

Zona Sísmica	Tipo de Suelo				
	A	B	C	D	E
Z_1	0.8	1	1.4	1.7	2.2
Z_2	0.8	1	1.4	1.6	2.0
Z_3	0.8	1	1.4	1.5	ver nota
Z_4	0.8	1	1.3	1.4	ver nota

Fuente. NSCM22, 2021.

4.4.9 Factor de Ajuste Espectral por el Comportamiento de los Suelos

Estos factores se encargan de modificar los periodos característicos del espectro de diseño, ajustando la extensión de la meseta de aceleración constante, para reflejar los efectos de no linealidad del suelo, principalmente la pérdida de rigidez asociada al aumento de deformaciones durante un sismo. El factor de ajuste espectral se obtendrá de la tabla 6.5.1, cuyo valor dependerá de la clasificación del sitio. En este caso los valores que se usaran, acorde a la clasificación de sitio tipo C son 1 y 4/3.

Tabla 20

Factor de ajuste espectral por el comportamiento de los suelos

Clasificación del sitio	FS_{Tb}	FS_{Tc}
A	1	5/6
B	1	1
C	1	4/3
D	2	5/3

Fuente. NSCM22, 2021

4.4.10 Periodo Fundamental de la Estructura

El periodo fundamental de la estructura se obtendrá del modelado en ETABS, pero antes de eso se obtendrá un periodo máximo del producto del periodo fundamental aproximado, el cual se calculará en base a una de las ecuaciones mostradas en el apartado 8.2.1.6 dependiendo del sistema estructural, y el límite superior del periodo máximo calculado obtenido de la tabla 8.2.1, el cual se hallará del producto del factor de amplificación vertical por tipo de suelo y la isoaceleración del suelo.

$$T_a = C_t * h_n^x$$

Tabla 21*Coeficiente para el cálculo del periodo aproximado*

Tipo de estructura	C_t	α
Marcos resistentes a momentos en los que los marcos resisten el 100% de la fuerza sísmica y que no estén ligados a componentes rígidos que impidan o restrinjan su desplazamiento lateral.		
• Marcos de acero resistentes a momentos.	0.0724	0.80
• Marcos de concreto reforzados resistentes a momentos.	0.0466	0.90
Marcos de acero arriostrados excéntricamente.	0.0731	0.75
Marcos de acero arriostrados con pandeo restringido.	0.0731	0.75
Todos los demás sistemas estructurales.	0.0488	0.75

Fuente. NSCM22, 2021

Tabla 22*Coeficiente para el límite superior del periodo calculado*

$F_{as} * a_0$	C_u
≥ 0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Fuente. NSCM22, 2021

4.4.11 Espectro de Diseño Reducido

El espectro de diseño reducido es el que resulta de dividir las ecuaciones del espectro de respuesta elástico $A_{(T)}$ establecido en la **sección 6.7** y el Factor de comportamiento sísmico del sistema estructural R_0 establecido en la **sección 6.6** de la NSCM-22. Esto significa que, a mejor comportamiento estructural (valores de R_0 altos dado un sistema de alta ductilidad o de buen amortiguamiento sumado a una adecuada geometría), la respuesta sísmica será menor lo que implicaría cortantes de piso y desplazamientos laterales bajos. Se excluye

La ecuación que da lugar al espectro elástico está dada por la **ecuación 6.7-1** de la NSCM-22:

$$A_{(T)} = \begin{cases} A_0 * \left[1 + \frac{T}{FS_{T_b} * T_b} * (\beta - 1) \right] & 0 \leq T \leq FS_{T_b} * T_b \\ \beta A_0 & FS_{T_b} * T_b \leq T \leq FS_{T_c} * T_c \\ \beta A_0 * \left(\frac{FS_{T_c} * T_c}{T} \right)^p & FS_{T_c} * T_c \leq T \leq T_d \\ \beta A_0 * \left(\frac{FS_{T_c} * T_c}{T} \right)^p * \left(\frac{T_d}{T} \right)^q & T \geq T_d \end{cases}$$

Esta tabulación permitirá la creación de una gráfica de Aceleración vs Período. Al dividir la Aceleración Espectral entre Factor de Comportamiento Sísmico del Sistema Estructural (es decir, se toma en cuenta la configuración estructural) obtendremos la gráfica del espectro reducido de diseño ($A_{(T)}/R_0$). Según la NSCM-22 se excluirá de la reducción la primera rama ascendente del espectro para $0 \leq T \leq FS_{T_c} * T_c$.

Siendo entonces:

A_0 : Valor de la aceleración del terreno con la influencia del suelo y la importancia de la estructura.

β : cociente de la aceleración ($a(\text{meseta})/a_0$)

p, q : son los exponentes que definen la forma del espectro para un periodo de vibración mayor de T_c, T_d respectivamente;

T_a, T_b, T_c Periodos característicos del espectro de respuesta

I : Factor de importancia

Donde:

$$A_0 = a_0 * F_{as} * I$$

$$\beta = 2.4$$

$$p = 0.8$$

$$q = 2$$

$$T_b = 0.05 \text{ s}$$

$$T_c = 0.3 \text{ s}$$

$$T_d = 2 \text{ s}$$

Una vez construido el Espectro de Diseño Reducido se introducirá al software de ETABS para efectuar posteriormente el Análisis Dinámico Modal Espectral (DME).

4.5 Método de Fuerza Lateral Equivalente (FLE)

El edificio se analizará primeramente mediante el Método de Fuerza Lateral Equivalente, establecido en la Normativa Sismorresistente para la ciudad de Managua año 2022 (NSCM22) con el objetivo de conocer el cortante basal estático.

4.5.1 Coeficiente Sísmico

El coeficiente sísmico se encontrará en base a los parámetros establecidos en el apartado 8.2.1.3 Coeficiente sísmico, el cual dependerá del valor del periodo fundamental de la estructura, y deberá ser mayor al coeficiente sísmico mínimo especificado en el apartado 8.2.1.4 Coeficiente sísmico mínimo.

$$CS = \begin{cases} \frac{\beta A_0}{R_0} & 0 \leq T \leq FS_{T_c} * T_c \\ \frac{\beta A_0}{R_0} * \left(\frac{FS_{T_c} * T_c}{T} \right)^P & FS_{T_c} * T_c \leq T \leq T_d \\ \frac{\beta A_0}{R_0} * \left(\frac{FS_{T_c} * T_c}{T} \right)^P * \left(\frac{T_d}{T} \right)^q & T \geq T_d \end{cases}$$

El coeficiente sísmico mínimo será igual a:

$$C_{s,min} = FS_{T_c} \beta \frac{A_0}{R_0}$$

4.5.2 Cortante Basal

El cortante basal estático se obtendrá de la ecuación del apartado 8.2.1.2 Fuerza de cortante basal.

$$V_b = C_s * W$$

4.6 Método Dinámico Modal y Espectral (DME)

4.6.1 Hipótesis del Análisis

El análisis de la estructura se hizo con el programa de modelado BIM ETABS 2022. La estructura se analizó como un cuerpo tridimensional. El análisis sísmico se efectuó únicamente a los elementos estructurales mas no a los accesorios/decoraciones o elementos no estructurales como cerramientos o particiones ya que estos no aportan a la rigidez ni resistencia del edificio al no ser especificados como solicitaciones de carga. Todos los elementos estructurales de tipo superficie (LOSAS) son elementos tipo Shell; VIGAS, COLUMNAS y RIOSTRAS son elementos tipo Frame.

Para poder efectuar el análisis del comportamiento dinámico de la estructura se empleó el Método Dinámico Modal Espectral, el cual hace una superposición de los períodos y modos de vibrar del edificio.

4.6.2 Consideraciones del Análisis Dinámico Modal y Espectral por la NSCM-22

4.6.2.1 Diafragma

Se consideró un diafragma rígido para todos los niveles de entepiso dado que el sistema de losa (Steel Deck) es rígida.

4.6.2.2 Solicitaciones sísmicas

Se solicitó al edificio con el sismo de diseño plasmado en la NSCM-22. Se construyó el Espectro de Diseño Sísmico en base a las características de la estructura y del sitio donde se emplaza tomando en cuenta los parámetros de entrada de la normativa.

4.6.2.3 Excentricidades

La edificación es simétrica por diseño, pero se consideró una excentricidad accidental entre el centro de masas y de rigidez del 5% según lo establecido en la sección 9.8 “Torsión de Piso y Excentricidad Accidental” de la NSCM-22. Esto influye al aplicar la fuerza sísmica al centro de masa del diafragma rígido.

4.6.2.4 Muros y Paredes

No se consideraron muros ni paredes en el análisis puesto que únicamente se cuenta con elementos de cerramiento cuya aportación de rigidez lateral es nula y únicamente fueron considerados como carga muerta sobre impuesta.

4.6.3 *Análisis Modal*

Para la obtención de las fuerzas sísmicas dinámicas se implementó el Análisis Modal Espectral en ETABS 2022 introduciendo un espectro de respuesta.

4.6.3.1 Número de Modos

La sección 8.2.2.2 de la NSCM dictamina que se incluirá el número de modos de vibración necesarios para alcanzar, por lo menos, el 90% de participación la masa sísmica

Para efectuar el Análisis Modal tridimensionalmente, dada una estructura de 4 niveles, se consideró un rango máximo 12 modos de vibración siendo 3 por nivel.

4.6.3.2 Participación Modal

Bazan & Meli (1990) en su Libro *“Manual de Diseño Sísmico de Edificios”*, establecen que una estructura tendrá un adecuado comportamiento sísmico siempre que sus primeros 2 modos de vibración sean traslacionales (X e Y) y el 3.er modo sea torsional o de rotación en el eje Z.

4.7 Revisión y Aceptación del Análisis Modal Espectral

4.7.1 *Validación del Cortante Basal*

4.7.1.1 Escalado de Fuerzas

Según la Sección 8.2.2.7 de la NSCM el cortante basal dinámico o modal (obtenido con ETABS) deber ser al menos el 100% del cortante basal estático

(obtenido con Método de Fuerza Lateral Equivalente). Si resulta menor, se ha de calcular un factor de escala que amplifique las fuerzas sísmicas, mediante la ecuación (8.2-14) de la NSCM:

$$\text{Factor de escala} = \frac{V_b}{V_t}$$

Donde,

V_b = Cortante basal estático obtenido por el método de FLE.

V_t = Cortante basal dinámico o modal obtenido del Software ETABS 2022.

Producto de la amplificación de las fuerzas habrá un incremento de los desplazamientos con el cual será evaluada la respuesta de la estructura y por consecuente, su estabilidad.

4.8 Respuesta Sísmica de la Estructura

Se obtendrán los desplazamientos laterales elásticos de la estructura con el programa ETABS. Una vez obtenidos, se calcularán los desplazamientos inelásticos amplificados y las derivas de piso de acuerdo con la sección 10.2 de la NSCM22. Por último, se obtendrán las distorsiones de piso de acuerdo con el apartado 10.4 y se compararán con la distorsión máxima del sistema estructural obtenido en la tabla 5.5.1 siempre y cuando la limitante por categoría de riesgo sea cumplida, caso contrario la norma exige que se considere un 75% del valor de la tabla.

La deriva de piso será calculada con la ecuación 10.2-1

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

Para el desplazamiento de un nivel se calcula con la ecuación 10.2-2:

$$\delta_i = \frac{C_d * \delta_{ie}}{I}$$

Donde:

C_d = Coeficiente de deflexión según la tabla 5.5.1 de la NSCM.

δ_{ie} = Desplazamiento lateral elástico en un punto de nivel i calculado con el espectro de diseño que incluye el coeficiente de reducción de respuesta, en donde se han incorporado los efectos torsionales y los efectos de los componentes horizontales de la acción sísmica, así como los efectos de amplificación por la incorporación del análisis P- Δ en caso de que deban tomarse en cuenta según la sección 9.5 de la NSCM

I = Factor de importancia según la tabla 5.2.1

Para la distorsión de piso se usa:

$$\gamma_i = \frac{\Delta_i}{h_i}$$

Esta debe ser menor al establecido en la tabla 5.5.1, de acuerdo con el sistema estructural.

4.9 Efectos de Segundo Orden o Efecto P- Δ

Una vez calculado las distorsiones de piso se calcularán los efectos de segundo orden o efecto P- Δ de acuerdo con la **Sección 9.5: Efectos P- Δ** de la NSCM-22, en ambas direcciones para ver si la estructura es estable o no, comprobando que el coeficiente de estabilidad no sobrepase el máximo establecido dicha sección de la norma.

El coeficiente de estabilidad se calculará con la ecuación 9.5-1 de la NSCM-22:

$$\theta = \frac{P_i \Delta_i I}{V_i h_i C d}$$

El coeficiente de estabilidad no debe ser mayor que lo calculado con la ecuación. 9.5-2:

$$\theta_{max} = \frac{0.5}{\beta_{pd} * C d} \leq 0.25$$

Para que los efectos de segundo orden sean ignorados se debe de cumplir $\theta \leq 1$.

CAPITULO V:

CÁLCULOS

5.1 Combinaciones de Cargas para introducir a ETABS

Al modelado estructural únicamente se cargarán las combinaciones de carga del efecto bidireccional del sismo horizontal para la obtención de cortantes estáticos:

- $S_x + 0.30 S_y$
- $0.30 S_x + S_y$
- $S_x - 0.30 S_y$
- $-0.30 S_x + S_y$

5.2 Peso sísmico de la estructura obtenido de ETABS

Se trabaja con los pesos sísmicos dados por el software ETABS, con el objetivo de tener una mayor precisión a la hora de calcular el análisis, teniendo una fuente confiable para la adquisición de datos.

Tabla 23

Peso Sísmico de estructuras por ETABS

Peso Sísmico por ETABS				
TABLE: Mass Summary by Story				Wo
Story	UX	UY	UZ	
	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	tonf
N4: +13.4 m	13.35714	13.35714	13.35714	131.034
N3: +10.2 m	19.20259	19.20259	19.20259	188.377
N2: +7 m	19.28281	19.28281	19.28281	189.164
N1: +3.8 m	19.41333	19.41333	19.41333	190.445
Total				699.020

Fuente. Elaboración propia

5.3 Clasificación de la Estructura según las condiciones de Irregularidad

5.3.1 Irregularidad en Planta

Tipo 1: Irregularidad Torsional:

Para el cálculo de la irregularidad por torsión en el eje X, se tomarán las derivas de los nodos (Véase Tabla 8). Estos valores fueron obtenidos por el software ETABS para todos los niveles de la estructura. La fórmula para ocupar en el análisis es:

$$\Delta < 1.2 * \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$$

Tabla 24
Irregularidad Torsional en X

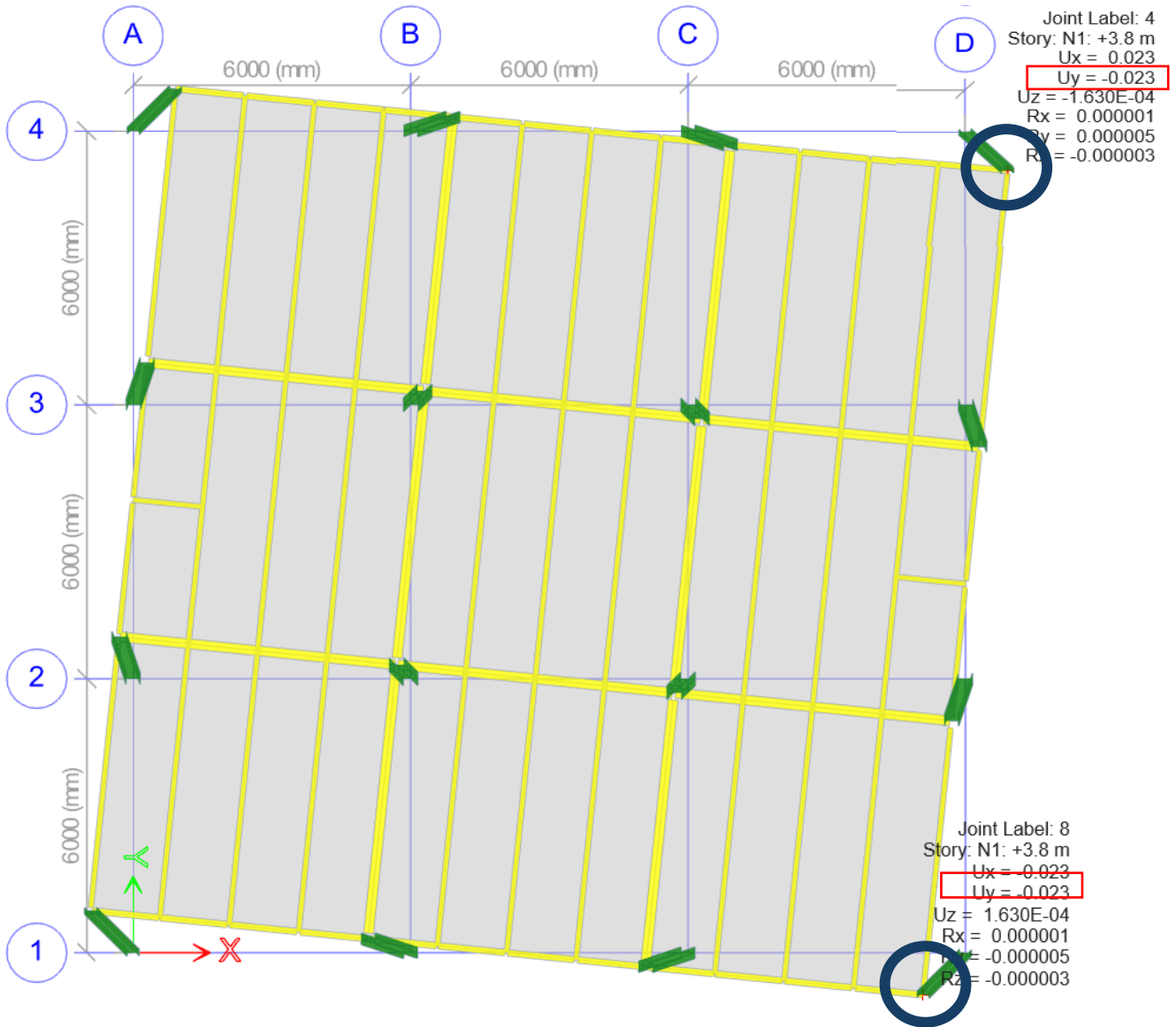
IRREGULARIDAD TORSIONAL EN X				
NIVEL 1				
Δ:	0,023	mm		MÁX. DERIVA
Δ1:	0,023	mm		
Δ2:	0,023	mm		
0,023	<	0,0276		OK
NIVEL 2				
Δ:	0,038	mm		
Δ1:	0,038	mm		
Δ2:	0,038	mm		
0,038	<	0,0456		OK
NIVEL 3				
Δ:	0,05	mm		
Δ1:	0,05	mm		
Δ2:	0,05	mm		
0,05	<	0,06		OK
NIVEL 4				
Δ:	0,057	mm		
Δ1:	0,057	mm		
Δ2:	0,057	mm		
0,057	<	0,0684		OK

Fuente. Elaboración Propia

- Nodos analizados para X:

Imagen 9

Nodos Analizados para X



Fuente. Elaboración Propia

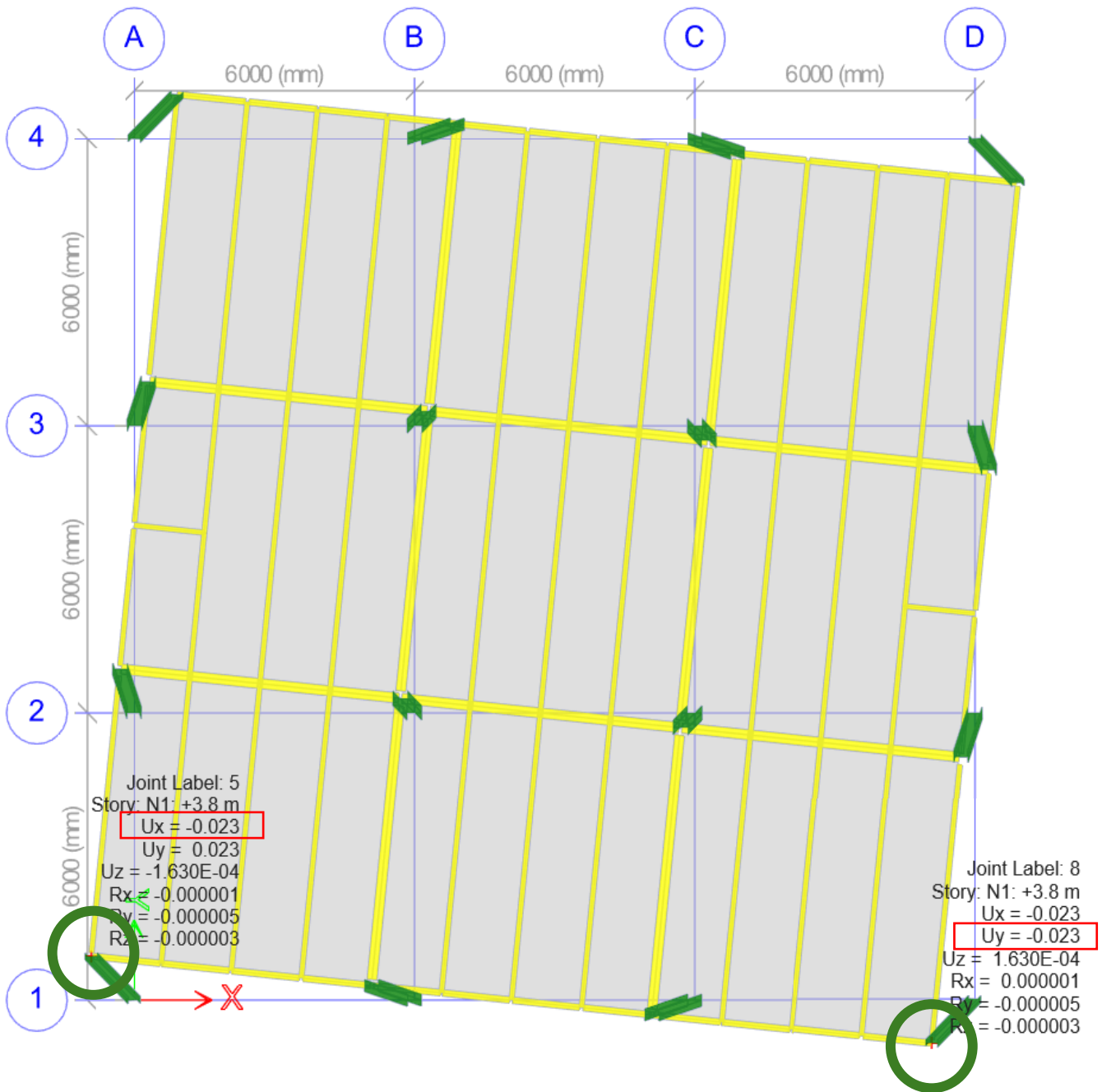
De la misma manera se tomará para el análisis en el eje Y.

Tabla 25
Irregularidad Torsional en Y

IRREGULARIDAD TORSIONAL EN Y				
NIVEL 1				
Δ :	0,023	mm		
$\Delta 1$:	0,023	mm		
$\Delta 2$:	0,023	mm		
0,023	<	0,0276	OK	
NIVEL 2				
Δ :	0,038	mm		
$\Delta 1$:	0,038	mm		
$\Delta 2$:	0,038	mm		
0,038	<	0,0456	OK	
NIVEL 3				
Δ :	0,05	mm		
$\Delta 1$:	0,05	mm		
$\Delta 2$:	0,05	mm		
0,05	<	0,06	OK	
NIVEL 4				
Δ :	0,057	mm		
$\Delta 1$:	0,057	mm		
$\Delta 2$:	0,057	mm		
0,057	<	0,0684	OK	

Fuente. Elaboración propia

Imagen 10
Nodos Analizados en Y



Fuente. Elaboración Propia

Dado el análisis se observa que la estructura es doblemente simétrica, lo que hace que las derivas de los extremos sean iguales y por lo tanto no hay irregularidad torcional.

$$\phi_{PA1} = 1$$

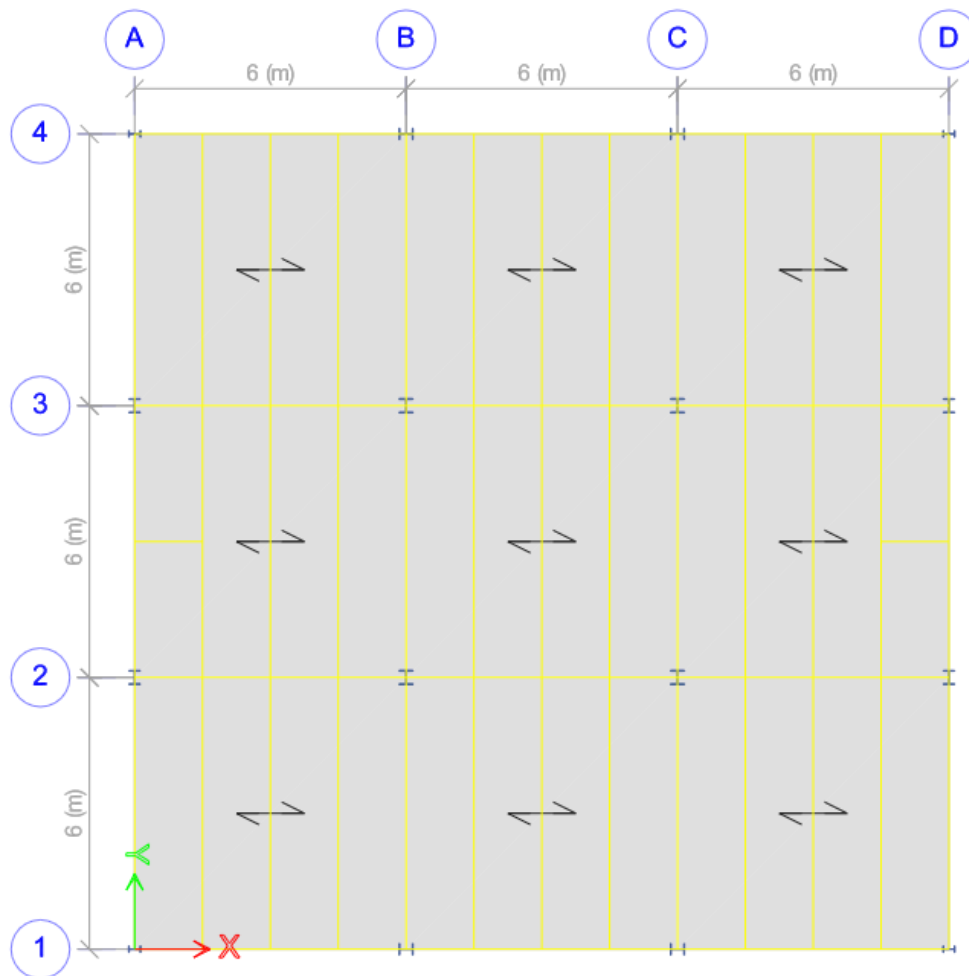
Tipo 2: Retroceso Excesivo en las esquinas

Según la configuración estructural, no posee sesgos o cortes en esquinas de ningún nivel, la geometría en planta es totalmente rectangular a como se muestra:

$$\phi_{PA2} = 1$$

Imagen 11

Retroceso excesivo en las esquinas



Fuente. Elaboración Propia

Tipo 3: Discontinuidad en los sistemas de pisos

La estructura no presenta variación en la geometría, cada planta por nivel no presenta entrantes ni aberturas dentro de su área, se determina entonces que no se presenta este tipo de irregularidad en planta.

Por lo tanto: $\phi_{PA3} = 1$

Entonces tenemos que: $\phi_{PA} = \phi_{PA1} * \phi_{PA2} * \phi_{PA3} = 1$

Tipo 4: Ejes estructurales no paralelos:

Los ejes de la estructura son completamente paralelos, tanto en la dirección X, como para la dirección Y, por lo tanto:

$$\phi_{PB} = 1$$

5.3.2 Conclusión del análisis y revisión de irregularidad en planta

El análisis dio como resultado los factores de regularidad en planta para $\phi_{PA} = 1$ y para $\phi_{PB} = 1$. Concluimos:

$$\phi_P = \phi_{PA} * \phi_{PB} = 1$$

5.3.3 Irregularidad en Elevación

Tipo 1: Piso Flexible

Dado que la estructura tiene un mismo sistema de rigidez estructural en todos los niveles, no existe variación en su área en planta y cada entrepiso cuenta con la misma distribución de elementos, las rigideces entre pisos no varían excesivamente (Véase *Tabla*). En el caso del eje X:

Tabla 26
Piso flexible en X

Tabla: Story Stiffness X							
Story	Output Case	Case Type	Stiff X				
			tonf/m				
N4: +13.4 m	Sx	LinStatic	8672.5				
N3: +10.2 m	Sx	LinStatic	10635	> 6070.75	OK	1	$0.80 \cdot \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$
N2: +7 m	Sx	LinStatic	13484	> 7444.80	OK	1	
N1: +3.8 m	Sx	LinStatic	10179	> 9438.70	OK	1	
						8744.48	OK
							1

Fuente. Elaboración propia

En el caso del eje Y:

Tabla 27

Piso flexible en Y

Tabla: Story Stiffness Y							
Story	Output Case	Case Type	Stiff Y				
			tonf/m				
N4: +13.4 m	Sy	LinStatic	8598				
N3: +10.2 m	Sy	LinStatic	10593	>	6018.70	OK	ϕ
N2: +7 m	Sy	LinStatic	12783	>	7415.34	OK	ϕ
N1: +3.8 m	Sy	LinStatic	10899	>	8948.41	OK	ϕ

0.70 Rigidez K_D

$$0.80 \cdot \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$$

8526.65

OK

ϕ

Fuente. Elaboración propia

Se concluye que no hay irregularidad por piso flexible ya que la rigidez estructural, está bien distribuida, Entonces:

$$\phi_{EA1} = 1$$

Tipo 2: Distribución de masa

En la misma trayectoria de análisis, no existe excesiva variación en la distribución de masas en los entrepisos, la masa de cualquier entrepiso no es mayor que 1.5 veces respecto de la masa de uno de sus pisos adyacente, calculado con la formula:

$$m_i < 1.5 * m_{i-1} \quad \text{y} \quad m_i < 1.5 * m_{i+1}$$

En la dirección X e Y

Tabla 28

Distribución de masa

TABLE: Mass Summary by Story							
Story	UX						
	tonf-s ² /m						
N4: +13.4 m	13.35714						
N3: +10.2 m	19.20259	<	20.036	OK	ϕ	<	28.803885
N2: +7 m	19.28281	<	28.804	OK	1	<	28.924215
N1: +3.8 m	19.41333	<	28.924	OK	1	<	29.119995

Fuente. Elaboración propia

Concluyendo entonces, $\phi_{EB1} = 1$

Tipo 3: Irregularidad Geométrica

No existe irregularidad geométrica en elevación puesto que todos los entresijos poseen la misma área en planta. Se concluye entonces,

$$\phi_{EB2} = 1$$

Tipo 4: Piso Débil

La estructura no se considera irregular en cuanto a su sistema de resistencia lateral en ningún entresijo, por lo tanto, analizamos que:

- Para el eje X

Tabla 29

Piso débil para el eje X

Story Forces X			
Story	Output Case	Case Type	VX tonf
N4: +13.4 m	SsmoX	LinRespSpec	29.172
N3: +10.2 m	SsmoX	LinRespSpec	61.6215
N2: +7 m	SsmoX	LinRespSpec	84.7347
N1: +3.8 m	SsmoX	LinRespSpec	100.9604

$0.7 F_{PC}$			ϕ		$0.80 \cdot \frac{(F_C + F_D + F_E)}{3}$	
> 20.42	OK		1			
> 43.135	OK		1			
> 59.314	OK		1		46.80752	OK
						ϕ
						1

Fuente. Elaboración propia

- Para el eje Y

Tabla 30

Piso débil para el eje Y

Story Forces Y			
Story	Output Case	Case Type	VY tonf
N4: +13.4 m	SsmoY	LinRespSpec	29.6466
N3: +10.2 m	SsmoY	LinRespSpec	62.1844
N2: +7 m	SsmoY	LinRespSpec	85.2518
N1: +3.8 m	SsmoY	LinRespSpec	100.8197

$0.7 F_{PC}$			ϕ		$0.80 \cdot \frac{(F_C + F_D + F_E)}{3}$	
> 20.7526	OK		1			
> 43.5291	OK		1			
> 59.6763	OK		1		47.22208	OK
						ϕ
						1

Fuente. Elaboración propia

Obtenemos entonces:

$$\phi_{EA2} = 1$$

5.3.4 Conclusión del análisis y revisión de irregularidad en elevación

El análisis de la estructura respecto a la clasificación de la irregularidad en elevación dio como resultado:

$$\phi_{EA} = \phi_{EA1} * \phi_{EA2} = 1$$

5.4 Creación del Espectro de Diseño Reducido

El espectro reducido para diseño es el que resulta al dividir las ecuaciones del espectro de diseño elástico, por el factor de comportamiento sísmico

$$\frac{A_{(T)}}{R_0}$$

Por lo tanto, se debe recapitular todos los parámetros de acción sísmica en la creación del espectro de diseño.

5.4.1 Parámetros de Acción Sísmica

Cálculo de la Aceleración Espectral

$$A_0 = a_0 * F_{as} * I$$

$$A_0 = 0.36667 * 1.3 * 1.3$$

$$A_0 = 0.6196723$$

Factor de comportamiento sísmico del sistema estructural

$$R_0 = R * \phi_P * \phi_E$$

$$R_0 = 6 * 1 * 1$$

$$R_0 = 6$$

Parámetros fijos para el Espectro de Respuesta

Tabla 31

Parámetros para el espectro de respuesta

Valores fijos:	
β	2.4
ρ	0.8
q	2
T_b	0.05s
T_c	0.30s
T_d	2.00s

Fuente. Elaboración propia

- Factores de Ajuste Espectral según **Tabla 6.5.1 de la NSCM-22** en base a la clasificación del sitio

Tabla 32

Factores de ajuste espectral

FS_{T_b}	1
FS_{T_c}	1.333

Fuente. Elaboración propia

$$FS_{T_b} * T_b = 1 * 0.05 \text{ s} = 0.05 \text{ s}$$

$$FS_{T_c} * T_c = 4/3 * 0.3 \text{ s} = 0.4 \text{ s}$$

5.4.2 Gráfico de Respuesta Espectral Elástica vs Reducido

Gráfica 5

Espectro de respuesta según NSCM 22



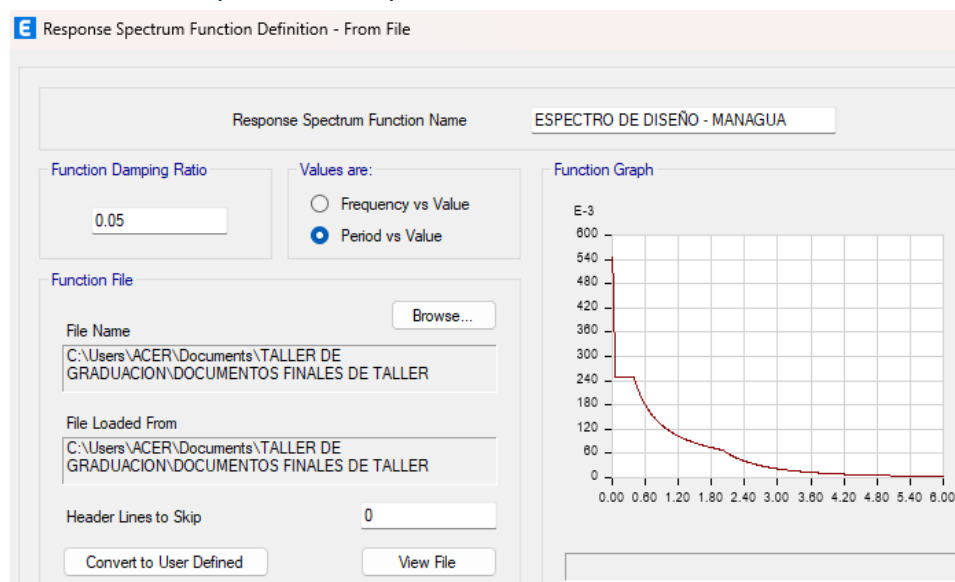
Fuente. Elaboración propia

5.4.3 Asignación de la Respuesta Espectral creada al software ETABS.

Una vez elaborado el espectro se carga la función en ETABS:

Imagen 12

Definición de espectro de respuesta en ETABS



Fuente. Elaboración propia

5.5 Cálculo del Cortante Basal por el método de Fuerza Lateral Equivalente

- **Coeficientes para el cálculo del periodo fundamental aproximado**

Tabla 33

Valores para cálculo de periodo fundamental aproximado

Valores fijos para el Calculo	
Altura de la Estructura	$h_n = 13.4 \text{ m}$
Coeficientes requeridos extraídos de la Tabla 8.2.2 de la NSCM-22	$C_t = 0.0488$
	$X = 0.75$

Fuente. NSCM22, 2021

- **Periodo Fundamental Aproximado.**

$$T_a = C_t * h_n^x$$

$$T_a = 0.0488 * (13.4)^{0.75}$$

$$T_a = 0.342 \text{ s}$$

- **Cálculo del Periodo Fundamental Máximo**

$$T_{m\acute{a}x} = C_u * T_a$$

$$a_0 = 0.366670 \qquad F_{as} = 1.4$$

$$F_{as} * a_0 = 0.4767$$

Por lo tanto, el coeficiente para el límite superior del periodo máximo calculado es:

$$C_u = 1.4$$

Y calculamos el Periodo Máximo:

$$T_{m\acute{a}x} = C_u * T_a$$

$$T_{m\acute{a}x} = 1.4 * .342 \text{ s} = 0.478 \text{ s}$$

Este es el período que la NSCM-22 considera saludable para la estructura.

5.5.1 Periodo Fundamental de la Estructura

Como el Método de Fuerza Lateral Equivalente no es el método base de análisis sino, el Dinámico Modal Espectral, tomaremos el período fundamental de la estructura de ETABS y lo compararemos con el período máximo establecido en el Capítulo 8.2.1.5 de la NSCM 22, escogiendo el menor de ambos para el cálculo del Coeficiente Sísmico.

El período fundamental de la estructura, correspondiente al primer modo de vibración o modo fundamental es:

Tabla 34

Periodo fundamental correspondiente al modo fundamental

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.703	1.423	8.9406	79.9343

Fuente. Elaboración propia

$$T_{FUNetabs} = 0.703 \text{ s}$$

Calculo para el periodo fundamental

$$T_{m\acute{a}x} < T_{FUNetabs}$$

Por ende, tenemos que el periodo fundamental es

$$T_{FUN} = 0.478 \text{ s}$$

Se distingue entonces que el Período Fundamental recae en el siguiente rango;

$$FS_{TC} * T_c < T_{FUN} < T_d$$

$$0.4 < 0.478 < 2$$

5.5.2 Cáculo del Coeficiente Sísmico Mínimo

$$CS_{min} = FS_{TC} * \beta * \frac{A_0}{2 * R_0}$$

$$CS_{min} = 0.165$$

5.5.3 Cálculo del Coeficiente Sísmico

El Coeficiente Sísmico se calculará con la siguiente ecuación:

$$C_s = \frac{\beta * A_0}{R_0} * \left(\frac{F_{S_{Tc}} * T_c}{T_{FUN}} \right)^P$$

$$C_s = 0.215$$

Comparación del Coeficiente Sísmico Mínimo y el calculado,

$$C_{S_{min}} < C_s$$

Tenemos que el coeficiente sísmico es: $C_s = 0.215$

Dado que se cuenta con el mismo sistema estructural (Pórticos arriostrados concéntricamente) en X e Y, sólo habrá un coeficiente sísmico.

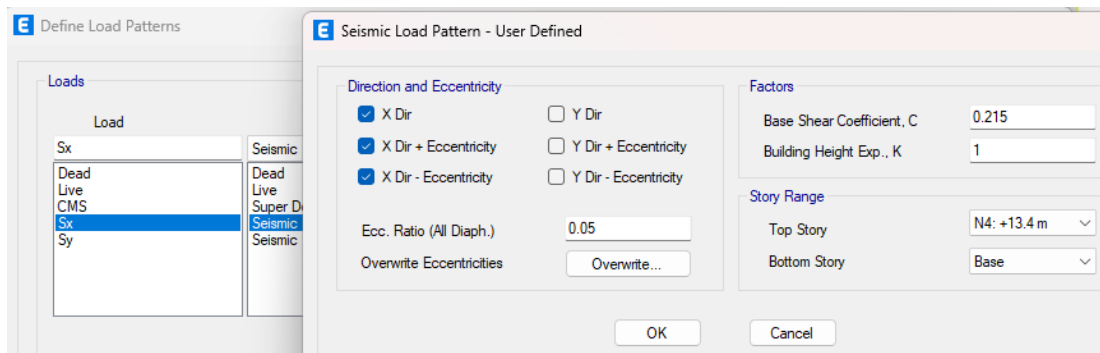
5.5.4 Asignación del Coeficiente Sísmico para Sx y Sy en ETABS

Para cada patrón de carga de sismo estático se asignará el coeficiente sísmico calculado:

- Eje X

Imagen 13

Asignación de coeficiente sísmico para el eje X

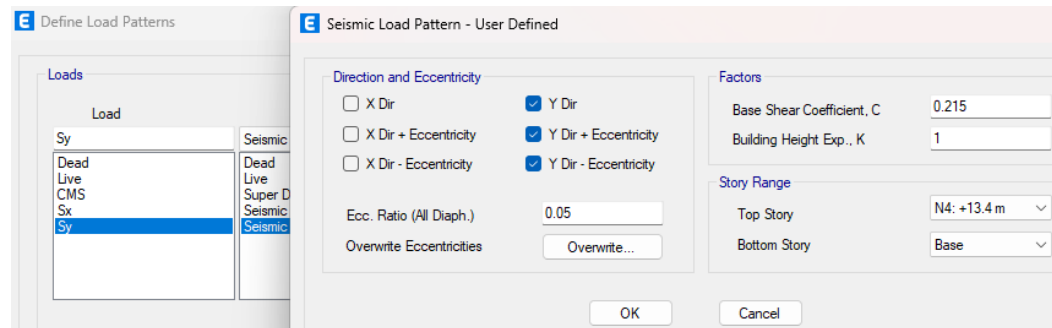


Fuente. Elaboración propia

- Eje Y:

Imagen 14

Asignación de coeficiente sísmico para el eje Y



Fuente. Elaboración propia

Es importante destacar que la NSCM-22 en la **Sección 9.8: Torsión de piso y excentricidad accidental** establece que se debe considerar una excentricidad accidental del 5% para todos los diafragmas aún cuando la estructura sea doblemente simétrica.

5.5.5 Cálculo del Cortante Basal Estático

Para este cálculo se extrae el valor del peso sísmico del edificio de ETABS:

$$W_o = 699.020 \text{ tonf}$$

- Cálculo de la Fuerza de Corte Basal Estático

$$V_b = C_s * W_o$$

$$V_b = 150.1269 \text{ tonf}$$

5.5.6 Comparación del Cortante Basal Estático Calculado y el obtenido por el software ETABS

El cortante basal estático obtenido el programa para los ejes ortogonales X e Y (tomando en cuenta el efecto bidireccional del sismo según sección 8.2.1.9) resulta:

- Eje X:

Tabla 35

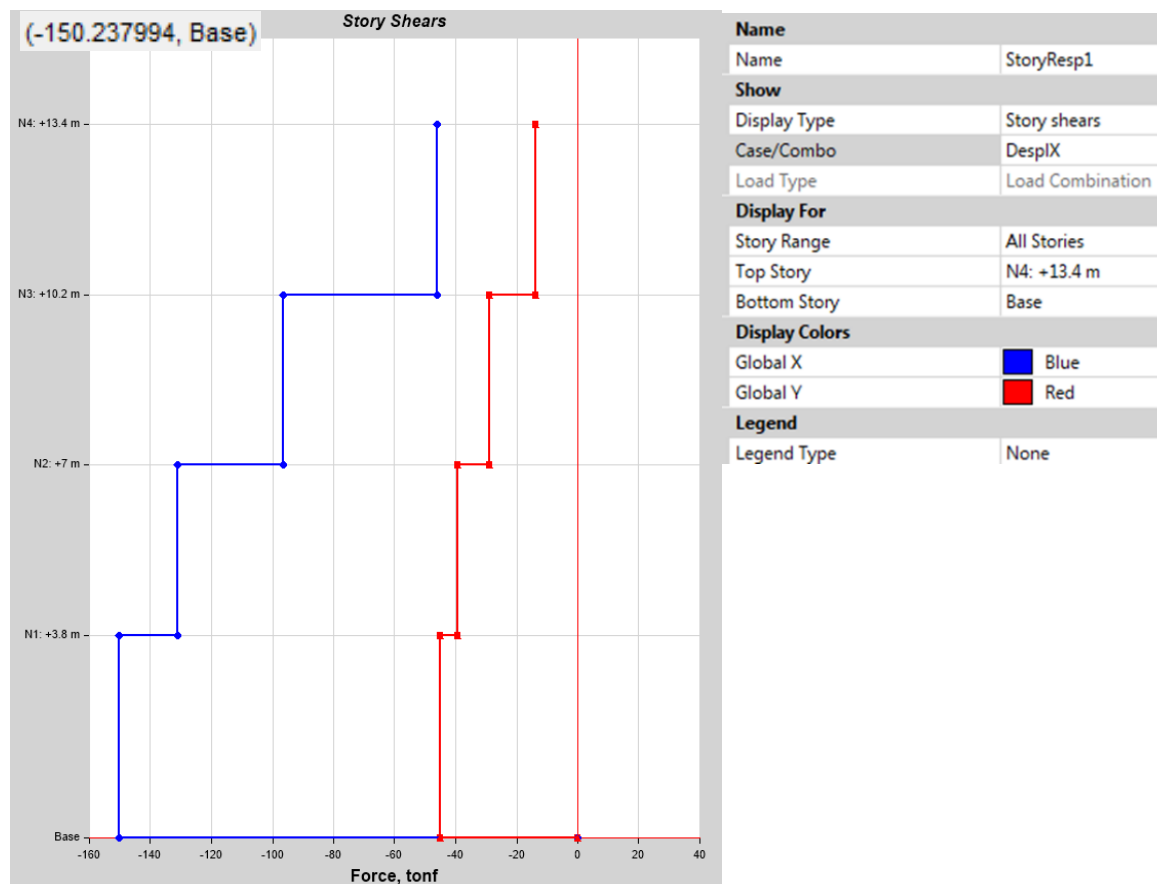
Cortante Basal estático en X considerando efecto Bidireccional

Vbasal Estático en X considerando Efecto Bidireccional					
Story	Output Case	Case Type	Step Type	VX	VY
				tonf	tonf
N1: +3.8 m	DesplX	Combination	Max	-150.238	-45.0714

Fuente. Elaboración propia

Gráfica 6

Cortante basal estático en X obtenido de ETABS



Fuente. Elaboración propia

- Eje Y:

Tabla 36

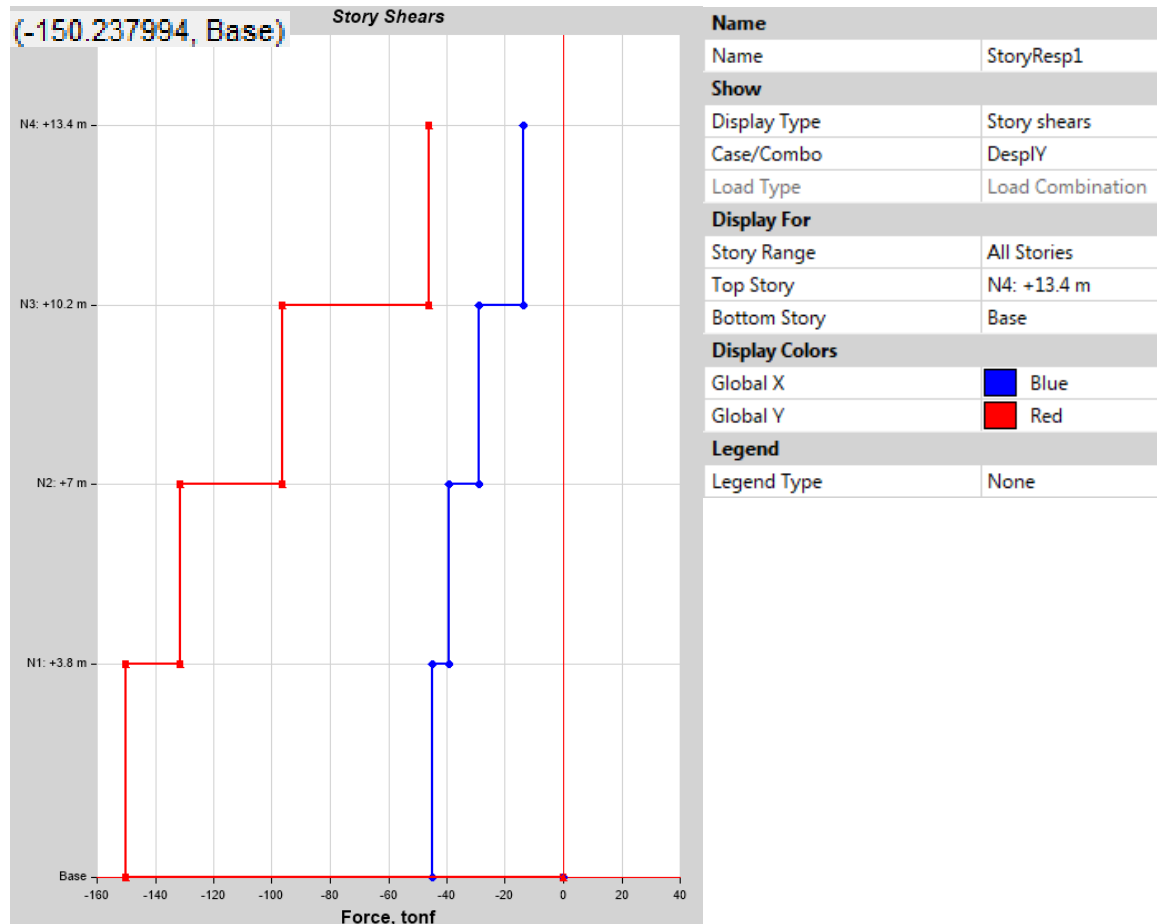
Cortante Basal estático en Y considerando efecto Bidireccional

Vbasal Estático en Y considerando Efecto Bidireccional					
Story	Output Case	Case Type	Step Type	VX	VY
				tonf	tonf
N1: +3.8 m	DesplY	Combination	Max	-45.0714	-150.238

Fuente. Elaboración propia

Gráfica 7

Cortante Basal estático en Y obtenido en ETABS



Fuente. Elaboración propia

Se observa la similitud entre el cálculo manual del cortante basal y el arrojado por el Software ETABS.

Dado que se está haciendo uso de un Coeficiente Sísmico calculado manualmente, usaremos el Cortante Basal Estático obtenido con el método de Fuerza Lateral Equivalente de la sección 8.2.1 en la NSCM-22.

5.6 Análisis Dinámico Modal Espectral

Una vez corrido el modelo estructural se obtendrán los siguientes resultados del análisis dinámico:

5.6.1 Participación Modal

Obtenemos los **Factores de Dirección Modal** por cada eje que sirven para identificar la dirección predominante de la excitación asociada a cada modo de vibración:

Tabla 37

Factores de Dirección Modal

Factores de Dirección Modal					
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	0.703	1	0	0
Modal	2	0.696	0	1	0
Modal	3	0.484	0	0	1

Fuente. Elaboración propia

Se observa que la estructura posee un adecuado comportamiento sísmico, puesto que los dos primeros modos son traslacionales en X e Y respectivamente y la rotación se hace presente en el tercer modo de vibración.

Así también, se presentan los **Factores de Participación de Masa** dados los modos de vibración (3 por nivel), los cuales miden la proporción de la masa total del edificio que responde en un modo de vibración para contribución del análisis:

Tabla 38*Factores de Participación de masa*

Factores de Participación de Masa					
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	0.703	0.9057	0	0
Modal	2	0.696	0	0.8967	0
Modal	3	0.484	0	0	0.9098
Modal	4	0.251	0.0782	0	0
Modal	5	0.244	0	0.0835	0
Modal	6	0.23	0	0	0
Modal	7	0.219	0.0001	0	0
Modal	8	0.218	0	0.0003	0
Modal	9	0.203	0	0	0
Modal	10	0.189	0	0	0
Modal	11	0.184	0	0.0002	0
Modal	12	0.18	0	0	0.0058
TOTAL			0.984	0.9807	0.9156
			SumRX	SumRY	SumRZ

Fuente. Elaboración propia

- El eje X alcanzó un 98.4% de participación de masa modal en el tercer modo de vibración.
- El eje Y alcanzó un 98.07% de participación de masa modal en el cuarto modo de vibración.
- El eje rotacional Z alcanzó un 91.56% de participación de masa modal en el cuarto modo de vibración

De esta manera verificamos que el análisis dinámico es representativo de la respuesta sísmica real y, a su vez, validamos el adecuado comportamiento de la estructura ya que, por lo observado en la tabla de resultados, se logra al menos el 90% de participación de masa en los 12 modos (3 por nivel) considerados según lo requiere la NSCM-22 en la sección 8.2.2.2.

5.6.2 Cortantes Basales Dinámicos de ETABS

El software ETABS 2022 obtiene el cortante basal dinámico sumando las fuerzas horizontales en la base de la estructura que resultan de la combinación modal del análisis sísmico dinámico.

Los cortantes de piso inducidos por un sismo dinámico de diseño a la estructura fueron extraídos del Software ETABS 2022:

- Eje X

Tabla 39

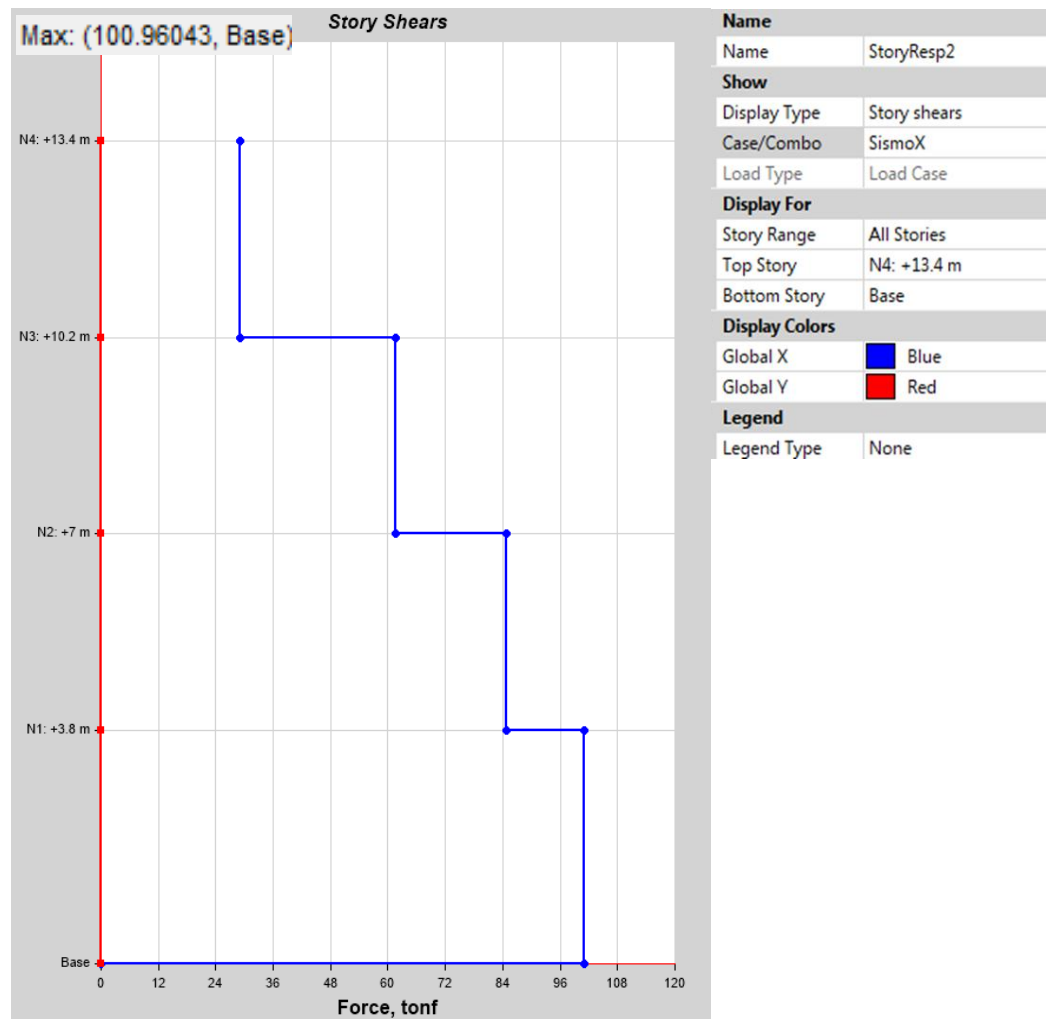
Cortante dinámico en X obtenido de ETABS

Cortantes de Piso Dinámicos en X					
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	VX
					tonf
N4: +13.4 m	SsmoX	LinRespSpec Max		Bottom	29.172
N3: +10.2 m	SsmoX	LinRespSpec Max		Bottom	61.6215
N2: +7 m	SsmoX	LinRespSpec Max		Bottom	84.7347
N1: +3.8 m	SsmoX	LinRespSpec Max		Bottom	100.9604

Fuente. Elaboración propia

Gráfica 8

Cortante dinámico en X en ETABS



Fuente. Elaboración propia

- Eje Y:

Tabla 40

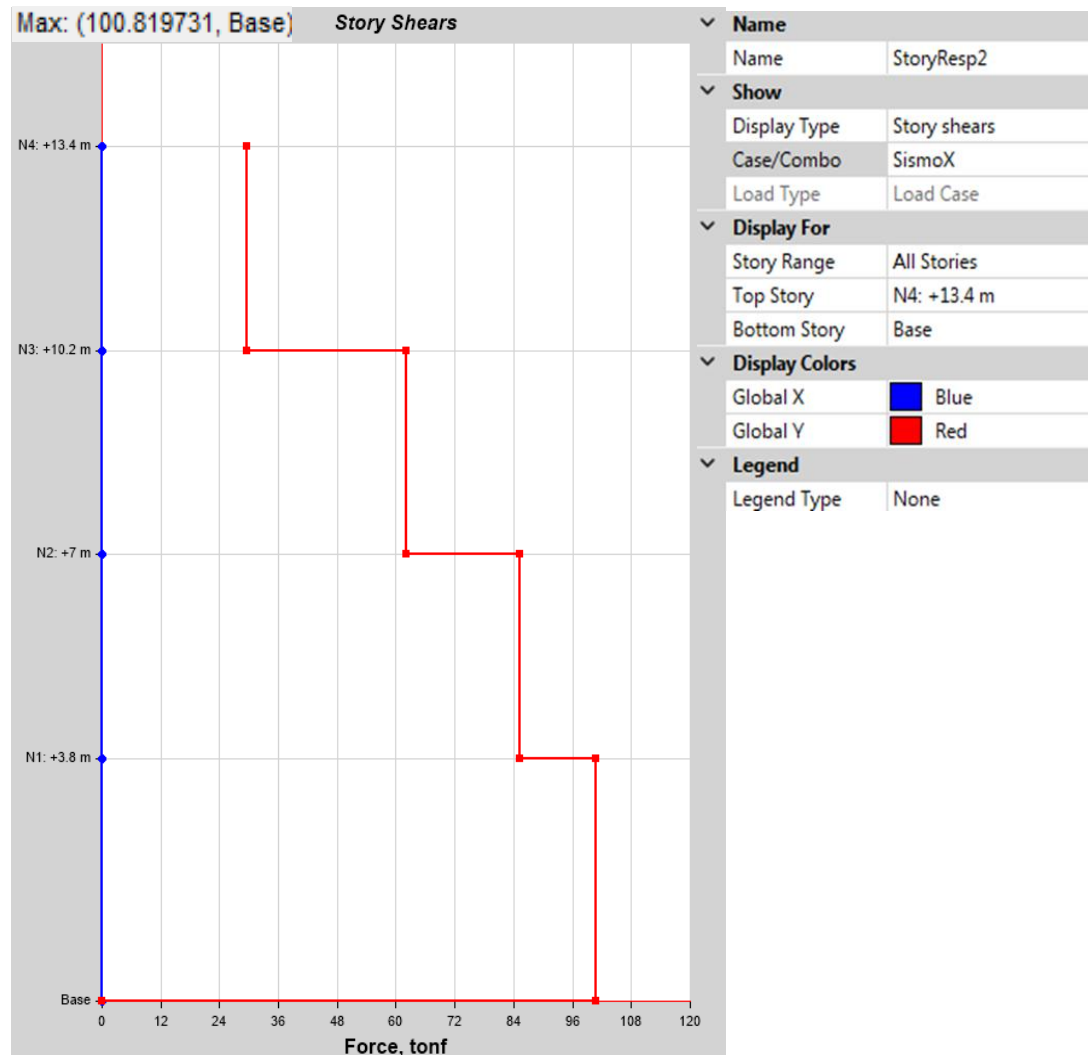
Cortante dinámico en Y obtenido de ETABS

Cortantes de Piso Dinámicos en Y					
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	VY
					tonf
N4: +13.4 m	SismoY	LinRespSpec Max		Bottom	29.6466
N3: +10.2 m	SismoY	LinRespSpec Max		Bottom	62.1844
N2: +7 m	SismoY	LinRespSpec Max		Bottom	85.2518
N1: +3.8 m	SismoY	LinRespSpec Max		Bottom	100.8197

Fuente. Elaboración propia

Gráfica 9

Cortante dinámico en Y en ETABS



Fuente. Elaboración propia

5.6.3 Revisión y Aceptación del Análisis

5.6.3.1 Comprobación del Análisis Dinámico

Según lo establecido en la **sección 8.2.2.7** de la NSCM-22 el cortante basal dinámico (obtenido con ETABS) deber ser al menos el 100% del cortante basal estático (obtenido por el Método de Fuerza Lateral Equivalente).

- Cortantes Basales Dinámicos y Estáticos**

Tabla 41

Validación de Cortante Basal

Validación del Cortante Basal			
Cortante Basal Estático Calculado con la NSCM Sección 8.2.1.2			
$V_{bEX} =$	$V_{bEY} =$	150.1269	tonf
Cortante Basal Dinámico según ETABS			
$V_{bDX} =$	100.9604	tonf	
$V_{bDY} =$	100.8197	tonf	

Fuente. Elaboración propia

De la relación de los cortantes estáticos y dinámicos obtenemos que:

Tabla 42

Factor de escalamiento de Cortante basal dinámico para ambas direcciones

ESCALADO DE FUERZAS - NSCM 22 (8.2.2.7)				
Vb (Tonf)	En X		En Y	
	ESTÁTICO	DINÁMICO	ESTÁTICO	DINÁMICO
Base	150.1269	100.9604	150.1269	100.8197
DIV/EST	0.6725		0.6716	
FE=VE/VD	1.4870		1.48906328614	
FE Propuesto	1.50		1.50	

Fuente. Elaboración propia

$$V_{bD} < V_{bE} \therefore \text{No cumple}$$

El cortante dinámico resulta menor que el 100% del cortante estático, por lo tanto, de acuerdo con la NSCM-22, **para validar el Análisis Modal Espectral** de la estructura **incrementaremos** el Cortante Dinámico de X e Y **en un Factor de Escala** $F_E = 1.5$ para garantizar $Vb_D = 100\%Vb_E$.

Este factor de escala será introducido para el Caso de Sismo Dinámico de los ejes X e Y o bien U1 y U2 respectivamente:

Imagen 15

Introducción del factor de escala en ambas direcciones

Load Case Data

General

Load Case Name: SismoX

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (PESO DEL EDIFICIO)

Analysis Model: Default

Buttons: Design..., Notes...

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO DE DISE...	9.8067*1.5

Buttons: Add, Delete

Load Case Data

General

Load Case Name: SismoY

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (PESO DEL EDIFICIO)

Analysis Model: Default

Buttons: Design..., Notes...

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO DE DISE...	9.8067*1.5

Buttons: Add, Delete

Fuente. Elaboración propia

Una vez se haya introducido el factor de escala en el Software se obtendrán los cortantes dinámicos y los desplazamientos del centro de masa amplificados dado el sismo dinámico.

5.6.3.2 Obtención de la Respuesta Dinámica Amplificada.

Una vez corrido el modelo nuevamente, obtendremos los cortantes basales y desplazamientos producto del sismo dinámico amplificados.

- Eje ortogonal X

Tabla 43

Cortantes de piso Dinámico en X amplificados obtenidos de ETABS

Cortantes de Piso Dinámicos en X Amplificados					
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	VX
					tonf
N4: +13.4 m	SismoX	LinRespSpec Max		Bottom	43.7582
N3: +10.2 m	SismoX	LinRespSpec Max		Bottom	92.4327
N2: +7 m	SismoX	LinRespSpec Max		Bottom	127.1027
N1: +3.8 m	SismoX	LinRespSpec Max		Bottom	151.4414

> VbE OK

Fuente. Elaboración propia

- Eje ortogonal Y

Tabla 44

Cortantes de piso Dinámico en Y amplificados obtenidos

Cortantes de Piso Dinámicos en Y Amplificados					
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	VY
					tonf
N4: +13.4 m	SismoY	LinRespSpec Max		Bottom	44.4701
N3: +10.2 m	SismoY	LinRespSpec Max		Bottom	93.2771
N2: +7 m	SismoY	LinRespSpec Max		Bottom	127.8784
N1: +3.8 m	SismoY	LinRespSpec Max		Bottom	151.2304

> VbE OK

Fuente. Elaboración propia

Por lo tanto, **se ha garantizado que el Cortante Basal Dinámico es al menos el 100% del Cortante Estático calculado** con la Ec. 8.2-1 de la NSCM 22 según lo establece la Sección 8.2.1.2.

Producto de la amplificación del sismo dinámico obtendremos **Desplazamientos del Centro de Masas amplificados**:

- **Eje ortogonal X**

Tabla 45

Desplazamientos del centro de masa por sismo Dinámico en X amplificado

Desplazamientos del Centro de Masa por Sismo Dinámico en X amplificados					
Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX
					cm
N4: +13.4 m	D4	SsmoX	LinRespSpec	Max	3.7361
N3: +10.2 m	D3	SsmoX	LinRespSpec	Max	3.261
N2: +7 m	D2	SsmoX	LinRespSpec	Max	2.4207
N1: +3.8 m	D1	SsmoX	LinRespSpec	Max	1.4833

Fuente. Elaboración propia

- **Eje ortogonal Y**

Tabla 46

Desplazamiento del centro de masa por sismo Dinámico en Y amplificado

Desplazamientos del Centro de Masa por Sismo Dinámico en Y amplificados					
Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UY
					cm
N4: +13.4 m	D4	SsmoY	LinRespSpec	Max	3.7114
N3: +10.2 m	D3	SsmoY	LinRespSpec	Max	3.2265
N2: +7 m	D2	SsmoY	LinRespSpec	Max	2.3756
N1: +3.8 m	D1	SsmoY	LinRespSpec	Max	1.3812

Fuente. Elaboración propia

Estos datos corresponden a la respuesta de la estructura producto de la acción del sismo dinámico amplificado.

5.6.4 Evaluación de la Respuesta Sísmica de la Estructura

5.6.4.1 Derivas y Distorsiones de Piso en Colapso

Es importante remarcar que la NSCM-22 en su sección 10.3 establece para el cálculo de derivas y distorsiones de piso se debe utilizar el período fundamental de la estructura obtenido de métodos más refinados, esto es entonces, según lo obtenido por ETABS.

De acuerdo con lo descrito en el **acápite 3.9** del Diseño Metodológico, los factores necesarios para el cálculo y evaluación de las derivas y distorsiones en colapso son:

Categoría de riesgo de la estructura:	III	$\gamma_{\text{máx}}$ Tabla 5.5.1
Factor de Importancia =	1.3	0.02
Coef. De Deflexión Tabla 5.5.1 NSCM-22		Distorsión Máxima Sección 10.4: $0.75 \cdot \gamma_{\text{máx}}$
CDX	5	$\gamma_{\text{máx}} = \Delta(x)/h$ 0.015
CDY	5	$\gamma_{\text{máx}} = \Delta(x)/h$ 0.015

Por lo tanto, se obtiene que:

- Evaluación de la Distorsión en Colapso para el Eje X

Tabla 47

Evaluación de la distorsión en colapso para el eje X

		DESP. ELÁST	DESP. INELÁST	DERIVA (INELÁST)		
Nivel	h (cm)	DespXCM(cm)	DespX (cm)	DesplxT (cm)	DISTORSIÓNX (cm)	Revisión
4	320	3.7362	14.37	1.827692308	0.0057	OK
3	320	3.261	12.54230769	3.231923077	0.0100	OK
2	320	2.4207	9.310384615	3.605384615	0.0112	OK
1	380	1.4833	5.705	5.705	0.0150	OK

Fuente. Elaboración propia

- Evaluación de la Distorsión en Colapso para el Eje Y

Tabla 48

Evaluación de la distorsión en colapso para el eje Y

		DESP. ELÁST	DESP. INELÁST	DERIVA (INELÁST)		
Nivel	h (cm)	DespYCM(cm)	DespY (cm)	DesplyT (cm)	DISTORSIÓNY	Revisión
4	320	3.7114	14.27461538	1.865	0.0058	OK
3	320	3.2265	12.40961538	3.272692308	0.0102	OK
2	320	2.3756	9.136923077	3.824615385	0.0119	OK
1	380	1.3812	5.312307692	5.312307692	0.0139	OK

Fuente. Elaboración propia

Se observa que ambos ejes ortogonales cumplen por distorsión al colapso en todos los niveles de la estructura.

Es prudente remarcar que, para el caso del nivel 1 en el eje ortogonal X, **se cumple en el límite máximo** lo cual no es adecuado y **se recomienda lograr una mejor holgura** aumentando la sección las riostras concéntricas.

Para lograr una menor fatiga a la estructura se propuso el uso de secciones de riostras de 4"X4"X3/16" únicamente en el nivel 1. Este cambio fue realizado en ambas direcciones ortogonales para evitar excentricidades del centro de masas y rigidez.

De tal forma que la evaluación de las distorsiones de piso ajustada sería:

- **Evaluación de la Distorsión en Colapso para el Eje X**

Tabla 49

Evaluación de la distorsión de colapso para el eje X con sección de riostra cambiada

Nivel	h (cm)	DESP. ELÁST	DESP. INELÁST	DERIVA(INELÁST)	DISTORSIÓNX (cm)	Revisión
		DespXCM(cm)	DespX (cm)	DesplxT (cm)		
4	320	3.4958	13.44538462	1.961153846	0.0061	OK
3	320	2.9859	11.48423077	3.43	0.0107	OK
2	320	2.0941	8.054230769	3.651538462	0.0114	OK
1	380	1.1447	4.402692308	4.402692308	0.0115	OK

Fuente. Elaboración propia

- **Evaluación de la Distorsión en Colapso para el Eje Y**

Tabla 50

Evaluación de la distorsión en colapso para el Eje Y con sección de riostra cambiada

Nivel	h (cm)	DESP. ELÁST	DESP. INELÁST	DERIVA(INELÁST)	DISTORSIÓN Y	Revisión
		DespYCM(cm)	DespY (cm)	DesplyT (cm)		
4	320	3.4929	13.43423077	1.980384615	0.0061	OK
3	320	2.978	11.45384615	3.443461538	0.0107	OK
2	320	2.0827	8.010384615	3.818846154	0.0119	OK
1	380	1.0898	4.191538462	4.191538462	0.0110	OK

Fuente. Elaboración propia

Se ha logrado conseguir una mayor holgura en las distorsiones de piso, resultando así un comportamiento más saludable para la estructura ante la acción sísmica.

5.6.5 Análisis de la Estabilidad de la Estructura

De acuerdo con lo descrito en el **acápite 3.10 del Diseño Metodológico: Efectos de Segundo Orden o Efecto $P-\Delta$** , la sección 9.5 de la NSCM-22 establece que se ha de considerar un análisis de los efectos geométricos de segundo orden debido a las cargas verticales en una estructura desplazada lateralmente ya que se produce un incremento de cortantes y derivas de piso.

El análisis que se llevará a cabo será del **Coefficiente de Estabilidad (θ)** haciendo uso de las ecuaciones mencionadas en el apartado 3.10 del Diseño Metodológico. Los parámetros por utilizar definidos con anterioridad son el factor de importancia y el coeficiente de deflexión (CDX y CDY):

- Coefficientes de Estabilidad para el eje X**

Tabla 51

Coefficientes de estabilidad en el eje X

Evaluación de la Estabilidad de la Estructura en X según NSCM-22						
Nivel	Pi tonf	Δx_i cm	h _i cm	VDX _i tonf	θ	Resultado
Nivel 4	131.033543	1.8277	320	43.7582	0.00444682	ESTRUCTURA ESTABLE
Nivel 3	319.410951	3.2319	320	92.4327	0.0090742	ESTRUCTURA ESTABLE
Nivel 2	508.575317	3.6054	320	127.1027	0.01172129	ESTRUCTURA ESTABLE
Nivel 1	699.020085	5.7050	380	151.4414	0.01801733	ESTRUCTURA ESTABLE

Fuente. Elaboración propia

- Coefficientes de Estabilidad para el eje Y:**

Tabla 52

Coefficientes de estabilidad en el eje Y

Evaluación de la Estabilidad de la Estructura en Y según NSCM-22						
Nivel	Pi tonf	Δy_i cm	h _i cm	VDY _i tonf	θ	Resultado
Nivel 4	131.033543	1.8650	320	44.4701	0.00446495	ESTRUCTURA ESTABLE
Nivel 3	319.410951	3.2727	320	93.2771	0.00910549	ESTRUCTURA ESTABLE
Nivel 2	508.575317	3.8246	320	127.8784	0.0123586	ESTRUCTURA ESTABLE
Nivel 1	699.020085	5.3123	380	151.2304	0.01680055	ESTRUCTURA ESTABLE

Fuente. Elaboración propia

Se obtiene que la estructura es estable en ambos ejes ortogonales y, dado que los coeficientes de estabilidad (θ) para todos los niveles son **menores que 0.1**, según la sección 9.5 de la NSCM-22, **los efectos de segundo orden ($P-\Delta$) pueden ser ignorados** y no afectarán a la vitalidad de la estructura.

CONCLUSIONES

La rigidez que aporta un determinado sistema estructural a un edificio es crucial para la obtención de períodos fundamentales saludables. Baja rigidez estructural conllevará a períodos de oscilación altos provocando mayores desplazamientos, mientras, una alta rigidez estructural implicará períodos cortos sometiendo a la estructura a grandes aceleraciones sísmicas, pero desplazamientos pequeños. Ambos escenarios no son saludables puesto que lo que se quiere lograr es que la estructura incurra en el rango elástico y libere energía mediante desplazamientos que estén controlados bajo las normativas nacionales como la NSCM-22 abarcada en este estudio.

Se determinó el cortante basal estático de la estructura mediante la aplicación del método de Fuerza Lateral Equivalente dada la sección 8.2.1 de la NSCM-22. El coeficiente sísmico calculado según la sección 8.2.1.3 del reglamento dio como resultado $C_s = 0.215$ donde, multiplicado con el peso sísmico del edificio obtenido de ETABS, se obtuvo un cortante basal estático de $V_{bE} = 150.238 \text{ tonf}$.

El Análisis Dinámico Modal y Espectral del edificio resultó en un adecuado comportamiento estructural:

- Se obtuvo que los primeros dos modos de vibración de la estructura fueron traslacionales (X e Y respectivamente) y el tercer modo fue rotacional en el eje Z.
- Producto de una adecuada distribución de masa, simetría y configuración estructural se alcanzó el 90% de participación de masa mínimo solicitado por la NSCM-22, en todas las direcciones ortogonales para el número de modos considerados los cuales fueron 12 modos, tres por nivel. Para el eje X se alcanzó un 98.4% de participación de masa, para el eje Y se obtuvo un 98.07% de participación y, para el eje rotacional Z se alcanzó un 91.56%. De esta forma, se puede dictaminar que la rotación no es un efecto predominante ni crítico en la estructura, producto de la simetría y adecuada distribución del centro de rigidez.

- El cortante dinámico proporcionado por el Software ETABS v22 resultó menor que el 100% del cortante estático calculado por lo cual, para validar el método se determinó un factor de escala, exigido por la NSCM-22, que resultó en $F_E = 1.5$ dando lugar al escalamiento de fuerzas, obteniendo así una respuesta amplificada del edificio.

La respuesta o distorsiones de piso están controladas para ambas direcciones ortogonales (X e Y) según lo rige la NSCM-22 en su sección 10.4:

- Para el eje X la máxima distorsión de piso fue de $\gamma_{1x} = 0.015$ para el primer nivel, siendo esta igual al máximo permitido para una estructura de marcos especiales arriostrados concéntricamente y categoría de riesgo III. Sin embargo, esto fue solventado aumentando el tamaño de perfil de las riostras obteniendo una distorsión de $\gamma_{1x\text{solventada}} = 0.0115$.
- Para el eje Y la máxima distorsión de piso fue de $\gamma_{1y} = 0.0139$ para el primer nivel, existiendo una mayor holgura respecto al límite permitido. Esto se debe a que el eje Y es el eje fuerte de la estructura ya que, a pesar de utilizar el mismo sistema estructural en ambas direcciones, la disposición de las vigas secundarias en todos los niveles es en este sentido, sirviendo así como un arriostramiento lateral extra dando una mejor estabilidad.

Por último, que respecta a la evaluación de la estabilidad estructural mediante los efectos de segundo orden o Efecto P- Δ , se calcularon los coeficientes de estabilidad en todos los niveles, siendo el nivel 1 el más crítico donde, para el eje X el coeficiente de estabilidad calculado fue de $\theta_{1x} = 0.0180173$ y para el eje Y de $\theta_{1y} = 0.0168006$. Por lo cual, dado a que estos coeficientes de estabilidad son menores a 0.1, la NSCM-22 permite ignorar los efectos de segundo orden y podemos concluir que la estructura es estable y su desempeño sísmico es ideal.

RECOMENDACIONES

- Debido a que la distorsión de piso del nivel 1 en la dirección X se encuentra en el límite permitido por la NSCM-22, se recomienda aumentar el perfil de riostras a 4"X4"X3/16" para el primer nivel, sin embargo, es prudente hacer este ajuste en ambas direcciones para evitar generar excentricidades en la estructura y reducir los esfuerzos actuantes.
- Cualquier ajuste a la estructura del edificio, ya sean cambios en la perfilería o asignación de nuevas cargas, requerirá de realizarse nuevamente todo el análisis de la respuesta y estabilidad estructural para garantizar un correcto desempeño.
- Para cada estudio en el cual se utilice el Software ETABS como medio de análisis se recomienda ser prudente con la construcción del modelado debido a que cualquier definición o asignación de propiedades incorrecta llevará a un análisis y resultado erróneo.

REFERENCIAS

- Carigliano, S. (22 de abril de 2015). *¿Qué es el análisis estructural?* Obtenido de SkyCiv: <https://skyciv.com/es/education/what-is-structural-analysis/>
- Carvajal Soto, L. A. (26 de Julio de 2016). *Análisis Comparativo de las Normativas de Diseño Sísmico para Edificaciones de Nicaragua y Costa Rica*. Obtenido de Archivo Digital UPM: <https://oa.upm.es/43545/>
- Condor, K. (14 de Junio de 2024). *La Importancia del Análisis Estructural en la Construcción*. Obtenido de LicitApp: <https://licitapp.com/blog/la-importancia-del-analisis-estructural-en-la-construccion/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20An%C3%A1lisis%20Estructural,influencias%20sobre%20las%20estructuras%20f%C3%ADsicas.>
- Guevara, I. (30 de agosto de 2022). *Análisis Estructural*. Obtenido de Ingegeek: El Blog de la Ingeniería Civil: <https://www.ingegeek.site/2022/08/30/analisis-estructural/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. 6a). México D.F: MMcGRAW-HILL.
- Jímenez, A. (23 de Julio de 2024). *Análisis Modal Espectral*. Obtenido de INESA TECH: <https://www.inesa-tech.com/blog/analisis-modal-espectral/>
- McCormac, J. C., & Cernak, S. F. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Rodríguez Rodríguez, M. A. (s.f.). *Sistemas de Protección Sísmica*. Obtenido de Sismica Institute: <https://sismica-institute.com/sistemas-de-proteccion-sismica/#t-1707734003267>
- Salinas, P. (22 de Abril de 2013). *Metodologia de la Investigación Científica*. Obtenido de Slideshare: <https://www.slideshare.net/slideshow/metodologia-de-investigacion-cientifica-pedro-jose-salinas-uandes/19641383#17>

VIGIL, J. (2009). *Structural Steel Design a Practice-Oriented Approach* (1st. ed.).
(PEARSON, Ed.) Ohio, Columbus, Estados Unidos de America:
PEARSON EDUCATION.

ANEXOS

ELABORACION DEL MODELADO DE LA ESTRUCTURA EN ETABS V22

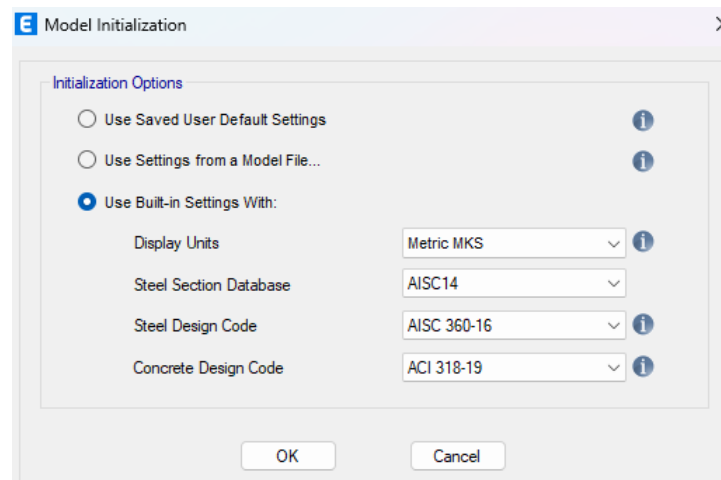
El modelado de la estructura se llevó a cabo con el Software CSI ETABS 2019 para la obtención del peso sísmico de la estructura, las rigideces por nivel y los desplazamientos laterales dada las acciones sísmicas. En este apartado se detallará el procedimiento por el cual se logró obtener la respuesta dinámica que ha sido evaluada en el desarrollo del proyecto.

Paso 1: Códigos de Análisis y Diseño

La primera interfaz vista al crear un nuevo modelo es la elección de las bases de datos y códigos de diseño. En nuestro caso trabajaremos con las normativas estadounidense de Acero y Concreto Estructurales:

Imagen 16

Asignación de base de datos y código de diseños

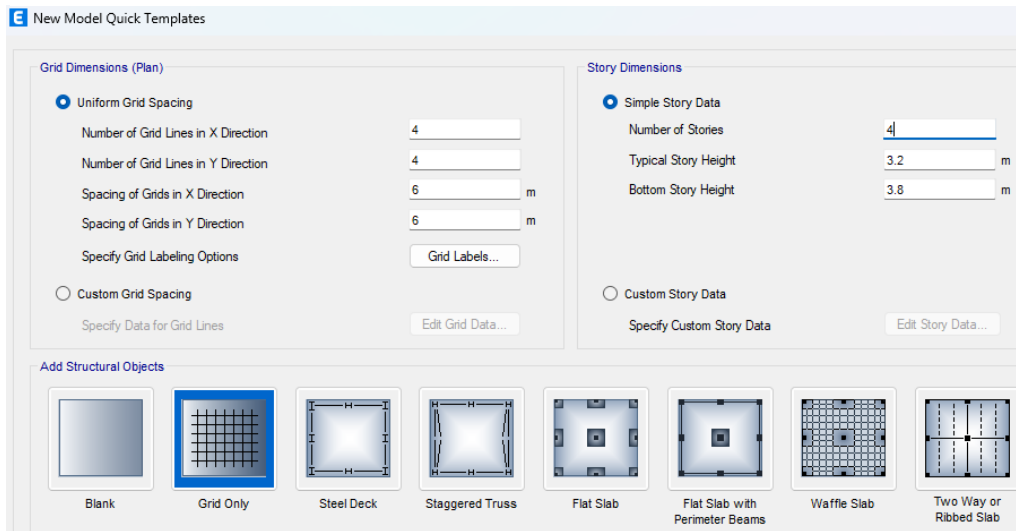


Fuente. Elaboración propia

Paso 2: Elaboración del Grid

Dada la geometría del edificio se confecciona el grid donde se establece el número de ejes en X e Y, número de niveles y sus respectivas alturas:

Imagen 17
Asignación de grids

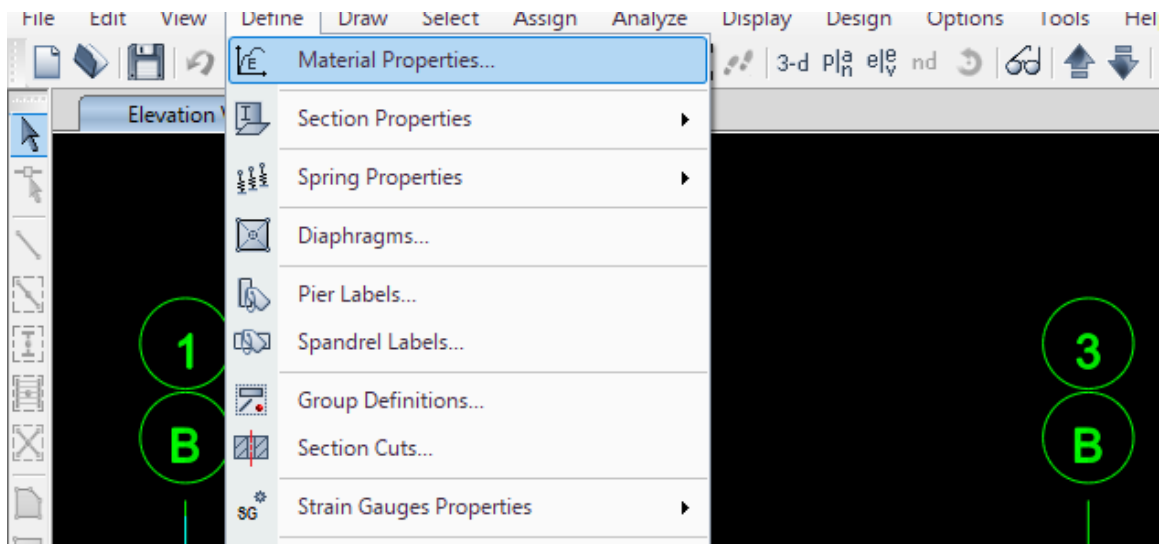


Fuente. Elaboración propia

Paso 3: Definición de las Propiedades de los Materiales

En este apartado se definirá el material propio de los elementos estructurales (Losa, Vigas, Columnas, Riostras) previamente concebido en el diseño.

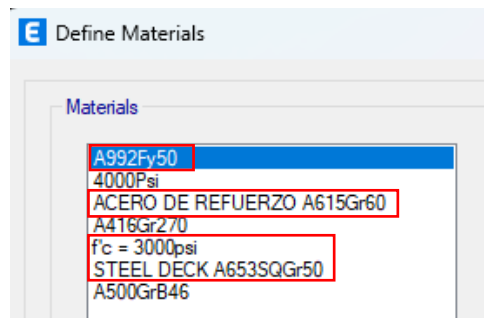
Imagen 18
Definición de propiedades de materiales



Fuente. Elaboración propia

Para el edificio de análisis se consideraron los siguientes materiales

Imagen 19
Materiales de edificio

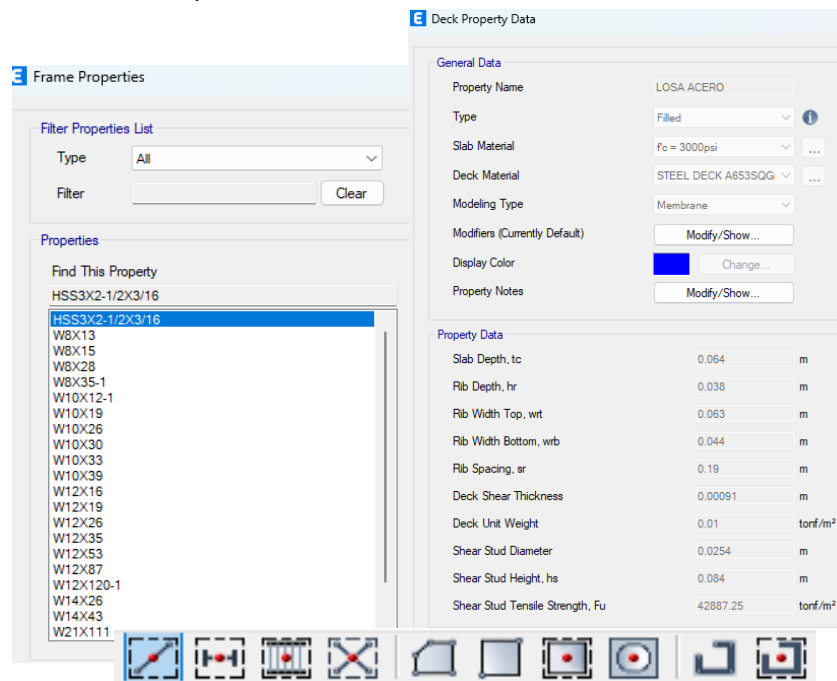


Fuente. Elaboración propia

Paso 4: Definición de la perfilería

En ETABS hay elementos tipo FRAME (elementos de longitud) y tipo SHELL (elementos de área). El edificio es una estructura de acero con perfilería W para columnas y vigas, perfilería HSS para las riostras y un sistema de losa de entrepiso-azotea tipo STEEL DECK, de tal forma que los perfiles de vigas y columnas se extraen de las bases de datos consideradas al inicio y, para definir la sección del Deck, tomamos los parámetros geométricos diseñados:

Imagen 20
Definición de perfilería de elementos

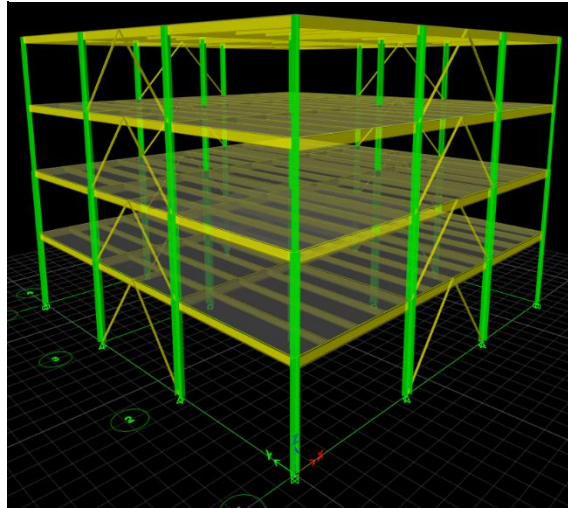


Fuente. Elaboración propia

Paso 5: Modelado de la Estructura

Para el modelado de los elementos estructurales nos auxiliaremos de las herramientas que brinda el programa:

Imagen 21
Modelado de la estructura

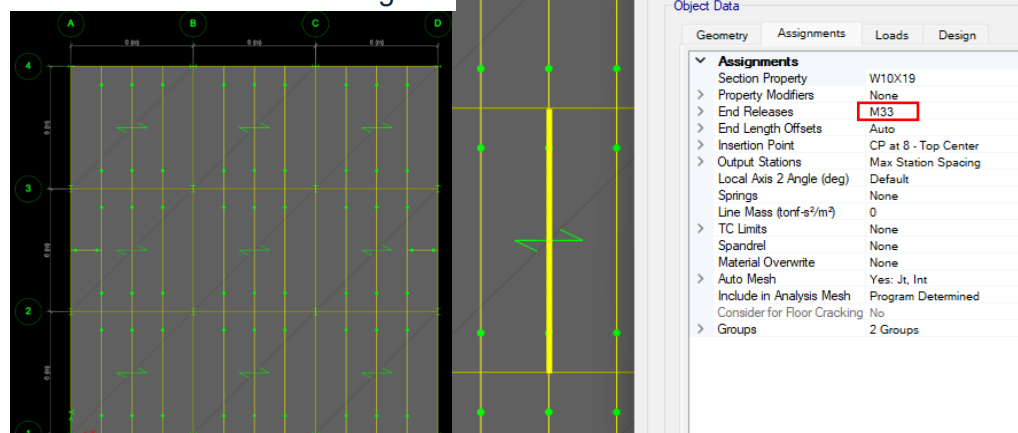


Fuente. Elaboración propia

Paso 6: Liberación de Momento a Vigas Secundarias

Una vez se haya terminado el modelado de la estructura, es importante liberar a las vigas secundarias de momento M33 o momento flector ya que se quiere evitar la transferencia de este mismo en las conexiones de viga secundaria-

Imagen 22
Liberación de momento en vigas



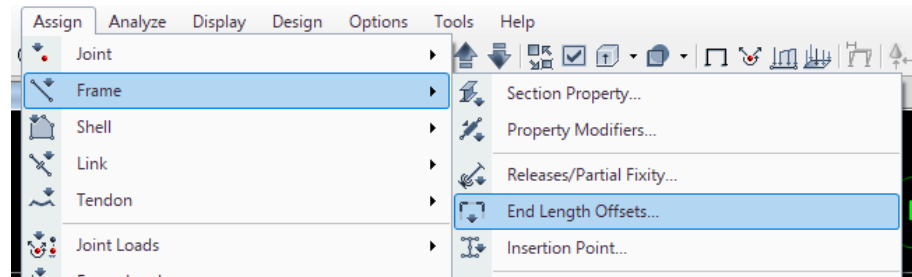
Fuente. Elaboración propia

viga principal convirtiéndola en una conexión a corte. Esta liberación de momento evitará que exista torsión en las vigas principales lo cual es muy dañino para la estructura.

Paso 7: Rigidización de las conexiones Viga-Columna

Imagen 23

Rigidización de conexiones viga-columna.



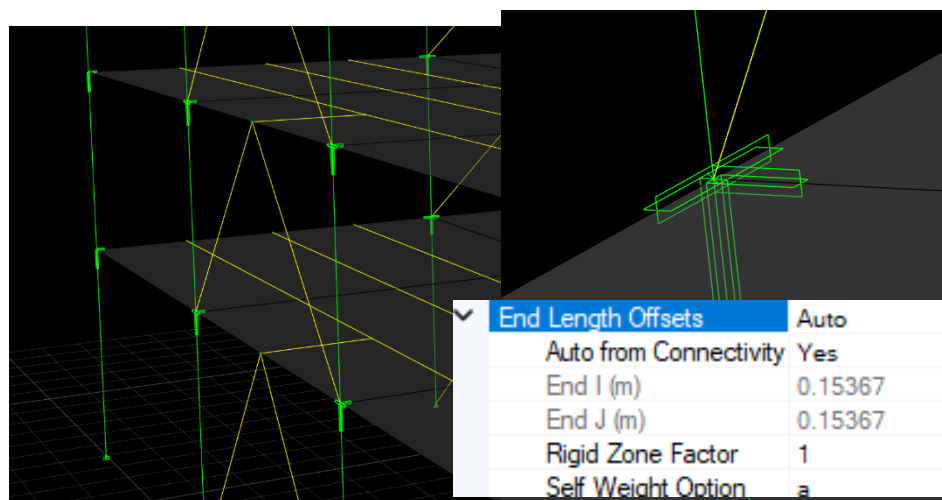
Fuente. Elaboración propia

Con esta herramienta garantizaremos una adecuada conexión de los elementos principales como son vigas y columnas. Se seleccionan todas columnas y vigas principales, posterior en la herramienta End Length Offsets se establece un factor de rigidización de 1.

Paso 8: Asignación de Apoyos

Imagen 24

Asignación de apoyos



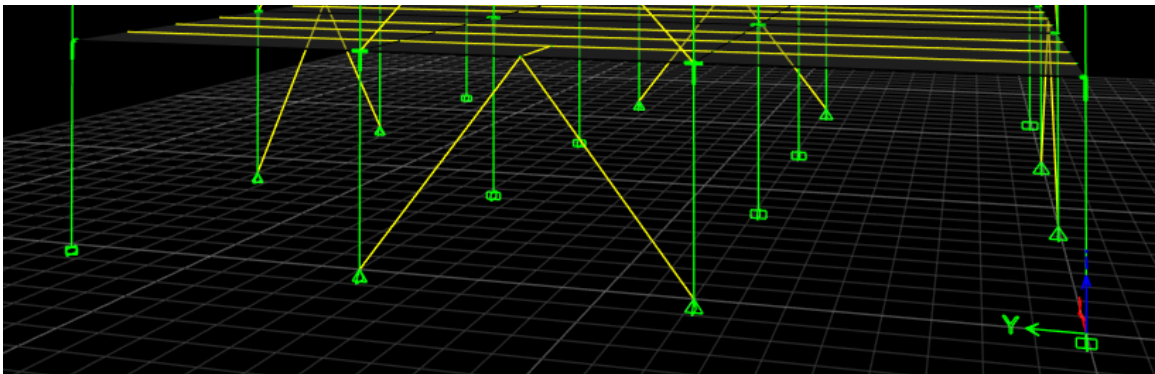
Fuente. Elaboración propia

La asignación de apoyos es de suma importancia puesto que es la asignación de restricciones ante el desplazamiento/momentos.

Para las columnas que tienen conectadas riostras en su base se les asignará apoyos fijos para no restringir el momento debido que las riostras se consideran desacopladas de la estructura y estas sólo deben funcionar a compresión y tracción. Las demás columnas serán empotradas a la base.

Imagen 25

Apoyos para columnas



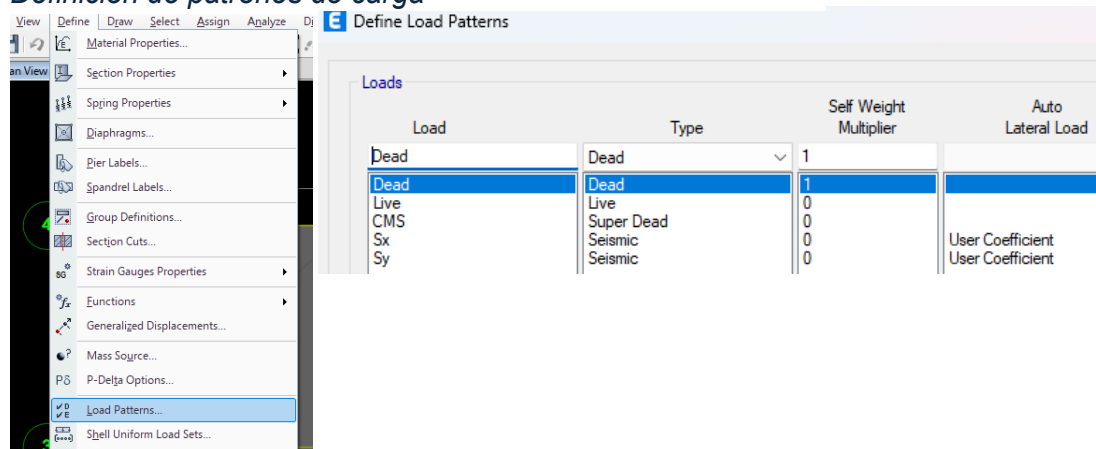
Fuente. Elaboración propia

Paso 9: Definición de Patrones de Carga

Una vez modelada la estructura procedemos a definir las cargas que actuarán en la misma, las cuales son: CM, CMS, CV, CVR, Sx y Sy (Sismos estáticos).

Imagen 26

Definición de patrones de carga



Fuente. Elaboración propia

La NSCM-22 establece un solo factor de minoración de 0.15 a la CV (casos generales).

Para los patrones de sismo dinámico podemos introducir el coeficiente de sísmico calculado. De igual manera, la excentricidad será asignada según dictamine la norma en uso.

Para el caso de carga S_x se deja con check las casillas con dirección X únicamente. Para el caso de la NSCM-22 se establece una excentricidad accidental del 5%.

Imagen 27

Caso de carga S_x estático para NSCM-22

Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

☒ X Dir ☐ Y Dir

☒ X Dir + Eccentricity ☐ Y Dir + Eccentricity

☒ X Dir - Eccentricity ☐ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Fuente. Elaboración propia

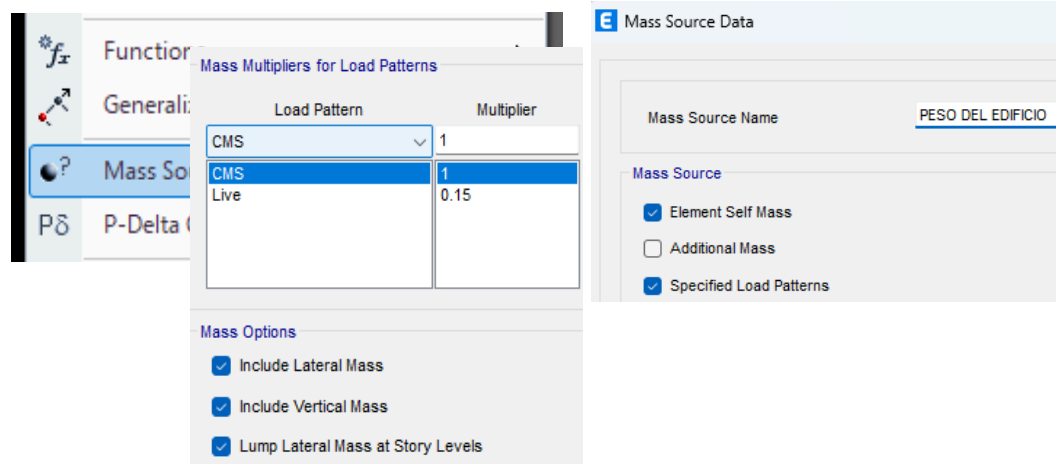
Paso 10: Fuente de Masa del Edificio

En el apartado Define - Mass Source se definirá el peso sísmico de la estructura según la combinación establecida en el reglamento nacional que se esté usando.

Poniendo de ejemplo la NSCM-22:

Imagen 28

Definición de peso sísmico de estructura



Fuente. Elaboración propia

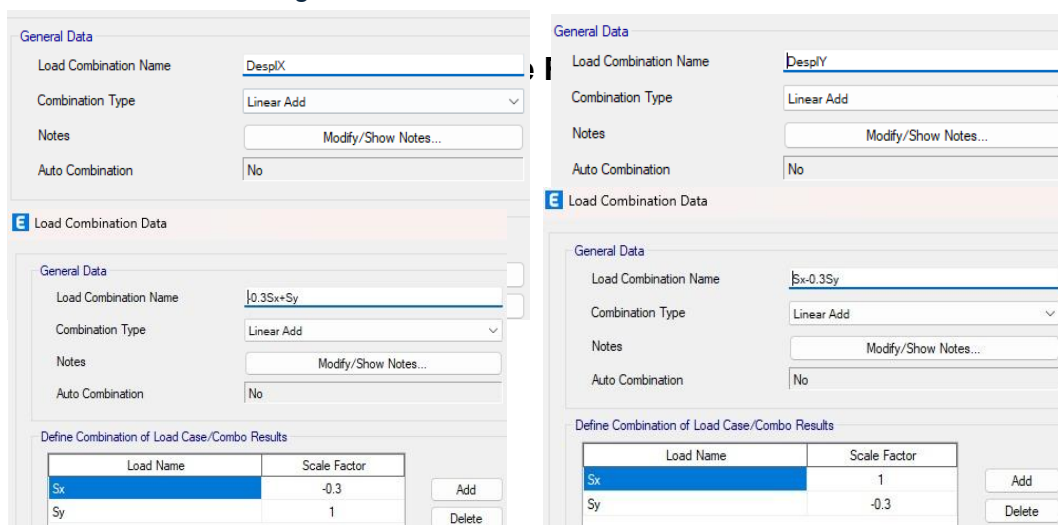
Paso 11: Combinaciones de Carga

Las combinaciones de carga para la obtención de desplazamientos por sismo estático que se emplearán serán las del Efecto Bidireccional del sismo establecidas en la NSCM-22:

- Para S_x : será $S_x \pm 0.3S_y$
- Para S_y : será $0.3S_x \pm S_y$

Imagen 29

Combinaciones de carga

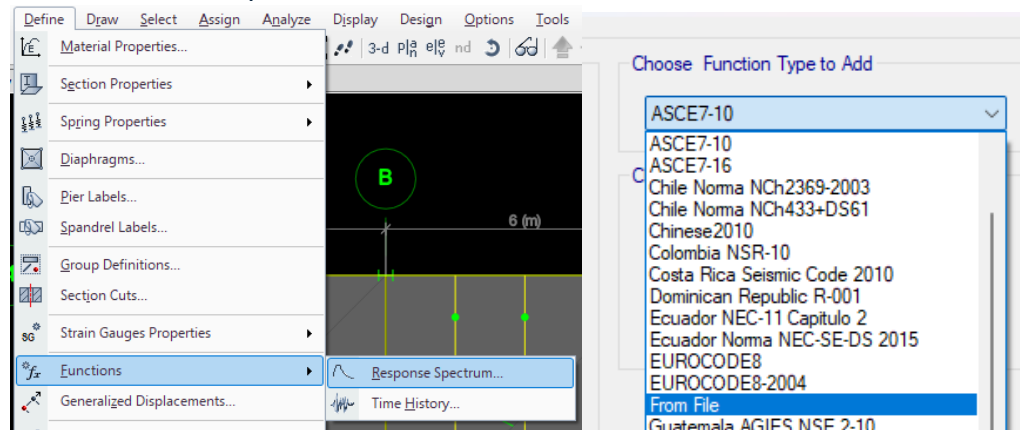


Fuente. Elaboración propia

Para cargar el espectro se cargará desde la opción “From File”

Imagen 30

Introducción de espectro de diseño



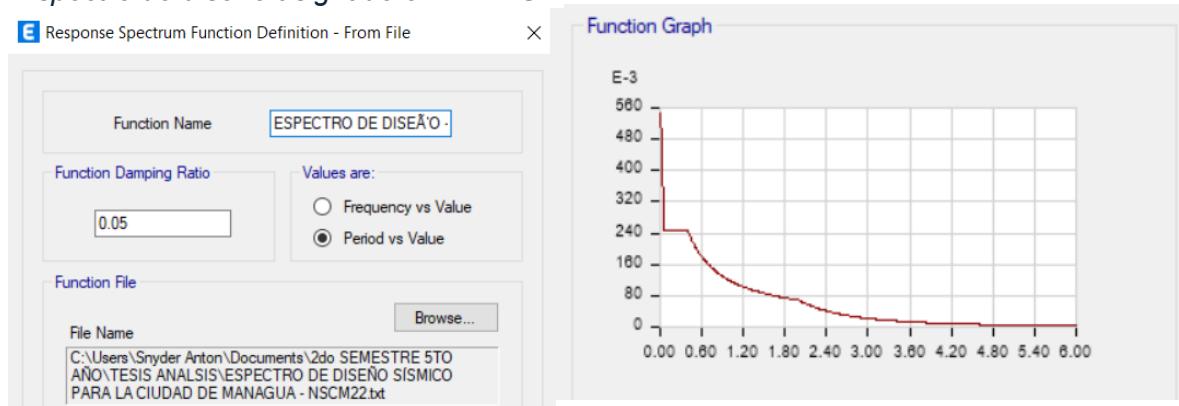
Fuente. Elaboración propia

El espectro construido con los reglamentos nacionales debe cargarse para la obtención de la respuesta dinámica que está relacionada con el período fundamental de la estructura.

En *Browse* se busca el archivo .txt que contiene el espectro y se carga.

Imagen 31

Espectro de diseño asignado en ETABS



Fuente. Elaboración propia

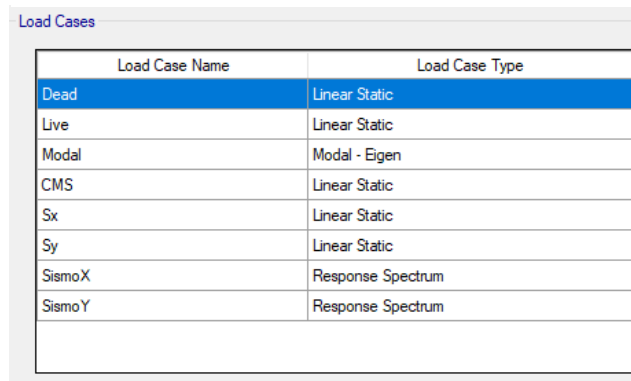
Paso 13: Casos de Carga

Aquí definiremos los casos de carga que se correrán en el modelo para la obtención de la respuesta (desplazamientos, períodos y respuesta modal). Define

– Load Cases:

Imagen 32

Asignación de Load Cases



Load Case Name	Load Case Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
Modal	Modal - Eigen
CMS	Linear Static
Sx	Linear Static
Sy	Linear Static
SismoX	Response Spectrum
SismoY	Response Spectrum

Fuente. Elaboración propia

En el caso modal se asignan el número de modos que equivalen número de niveles por 3. Para el caso de análisis, edificio de 4 niveles, resultan $4 \times 3 = 12$ modos de vibración. Si la estructura tiene buen comportamiento sísmico los porcentajes de participación de masa estarán por encima del 90% en la cantidad de modos considerada, de no ser así, los reglamentos nacionales recomiendan considerar el número de modos necesarios para cumplir este porcentaje mínimo.

Imagen 33

Asignación de modos

Load Case Data

General

Load Case Name: Modal

Load Case Type/Subtype: Modal Eigen

Mass Source: PESO DEL EDIFICIO

Analysis Model: Default

P-Delta/Nonlinear Stiffness

☒ Use Preset P-Delta Settings None

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

Nonlinear Case:

Loads Applied

Advanced Load Data Does NOT Exist ☐ Advanced

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 12

Minimum Number of Modes: 1

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

☒ Allow Auto Frequency Shifting

OK Cancel

Fuente. Elaboración propia

De igual manera, se definirán los sismos dinámicos a los que se les asignará el espectro según sea la normativa que se esté utilizando. Se ha de indicar la dirección de la aceleración. Para X es U1 y para Y es U2. Se deberá asignar la excentricidad que exige la normativa. Para el caso de la NSCM-22 el caso dinámico en X es:

Paso 14: Asignación de Cargas

Imagen 34

Asignación de cargas sísmicas

Load Case Data

General

Load Case Name:

Load Case Type:

Mass Source:

Analysis Model:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO TIPITAP...	980.665

Other Parameters

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping:

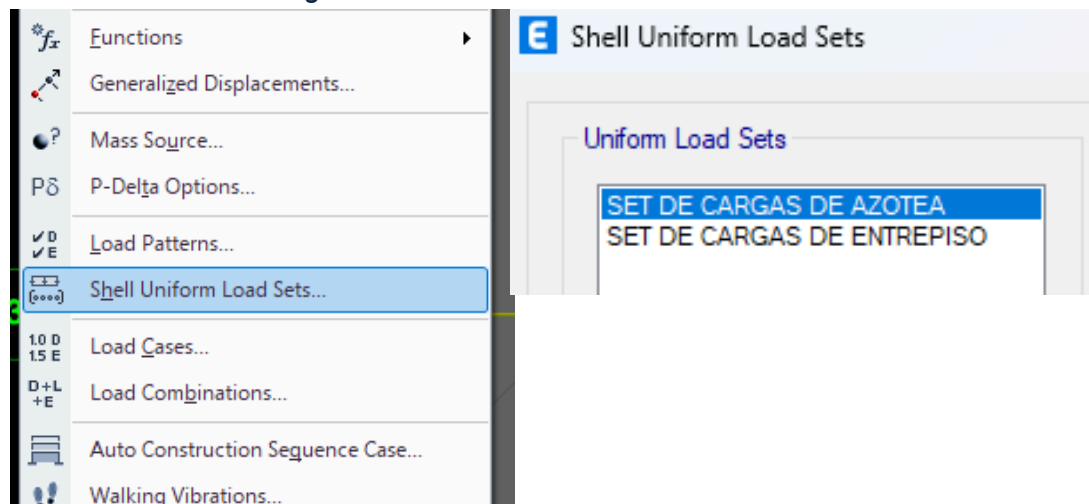
Diaphragm Eccentricity:

Fuente. Elaboración propia

Se creará un set de carga de entrepiso y uno de azotea donde se definirán las cargas muertas sobreimpuestas y cargas vivas consideradas en el análisis. Para la NSCM-22 se le asignó la CV correspondiente dado que en el centro de masa se asignó el factor de minoración de 0.15 (la estructura de análisis entra en los casos generales). Define-Shell Uniform Load Sets.

Imagen 35

Creación de set de cargas

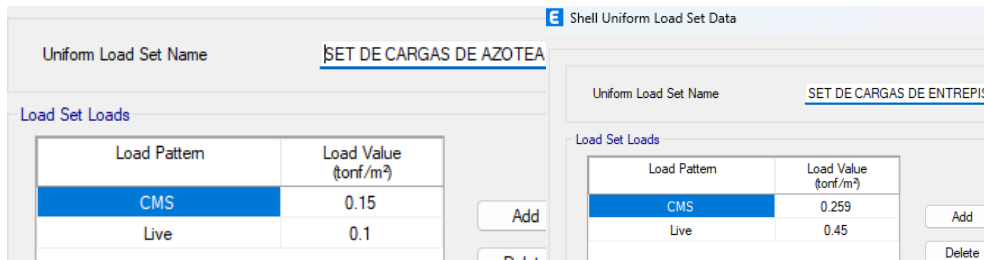


Fuente. Elaboración propia

Para la NSCM-22:

Imagen 36

Asignación de coeficientes para el set de cargas



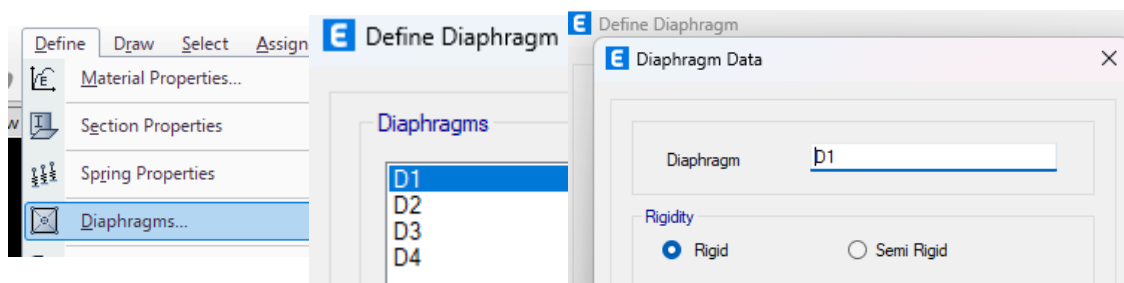
Fuente. Elaboración propia

Paso 15: Asignación de Diafragmas

Se le asignará a la estructura diafragmas rígidos a cada entrepiso debido a que es el comportamiento que obtiene producto del sistema de losa rígida.

Imagen 37

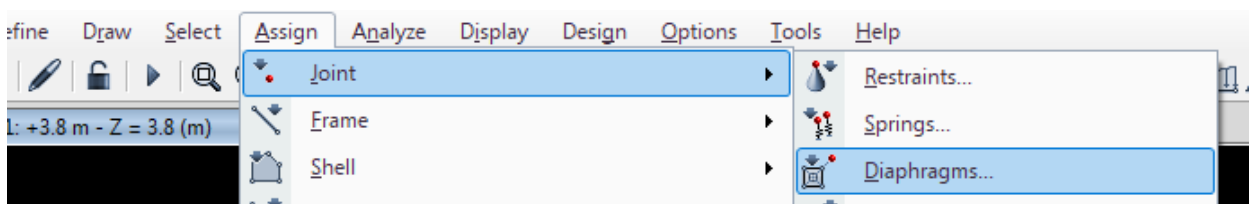
Definición de diafragmas



Fuente. Elaboración propia

Imagen 38

Asignación de diafragmas

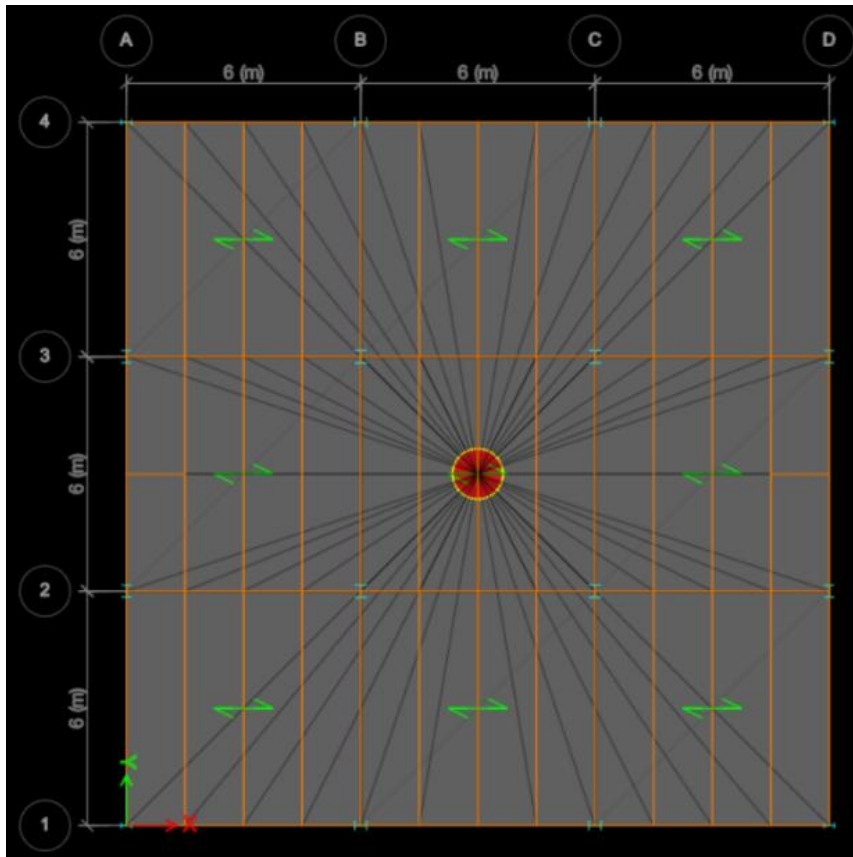


Fuente. Elaboración propia

Para la asignación de estos diafragmas, seleccionamos todo el entrepiso y a como se muestra:

Imagen 39

Asignación de diafragma en los entrepisos



Fuente. Elaboración propia

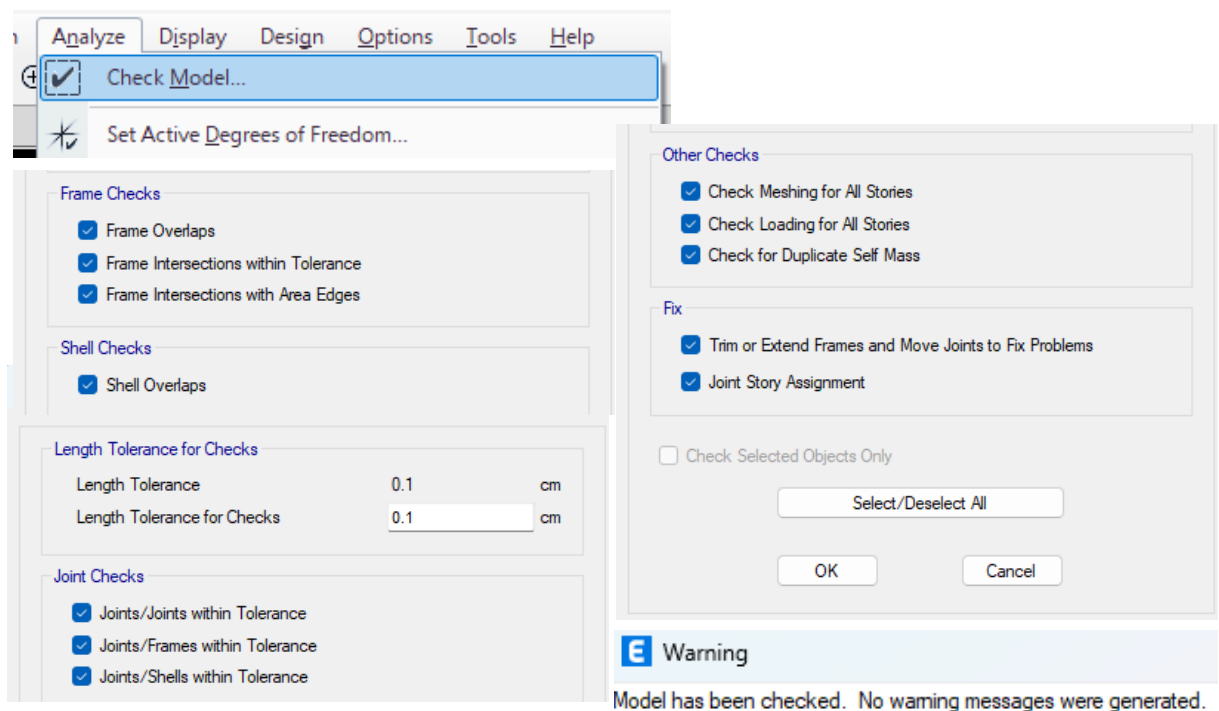
Paso 16: Corrida del Modelo

Es importante remarcar que, cada que se efectúe un cambio en el modelo o se asignen nuevas cargas, los diafragmas deben de asignarse de nuevo para todos los entrepisos.

Antes de correr el modelo se necesita analizarlo/chequearlo para determinar si no existe error en este como elementos solapados

Imagen 40

Corrida del modelo en ETABS



Fuente. Elaboración propia

Se concluye que el modelado está correcto.

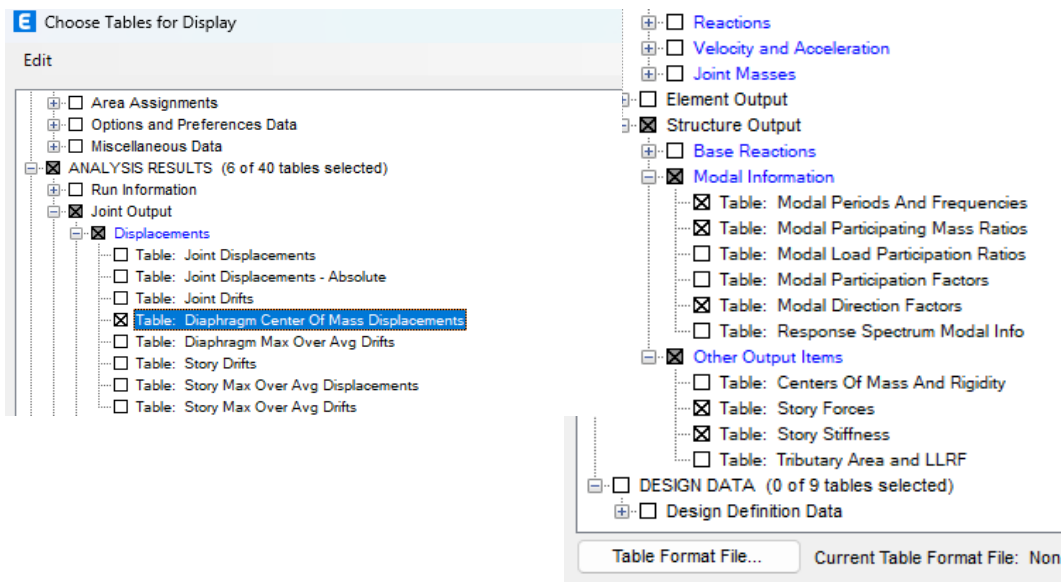
Paso 17: Obtención de la Respuesta

Los resultados del análisis del software están reflejados en las tablas accediendo con Ctrl+t.

Para un análisis sísmico estas son las tablas de interés:

Imagen 41

Obtención de tablas



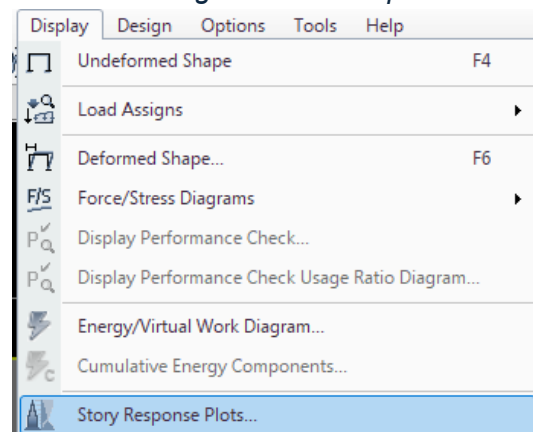
Fuente. Elaboración propia

Paso 18: Gráficos

Para obtener la respuesta en gráficos nos vamos a:

Imagen 42

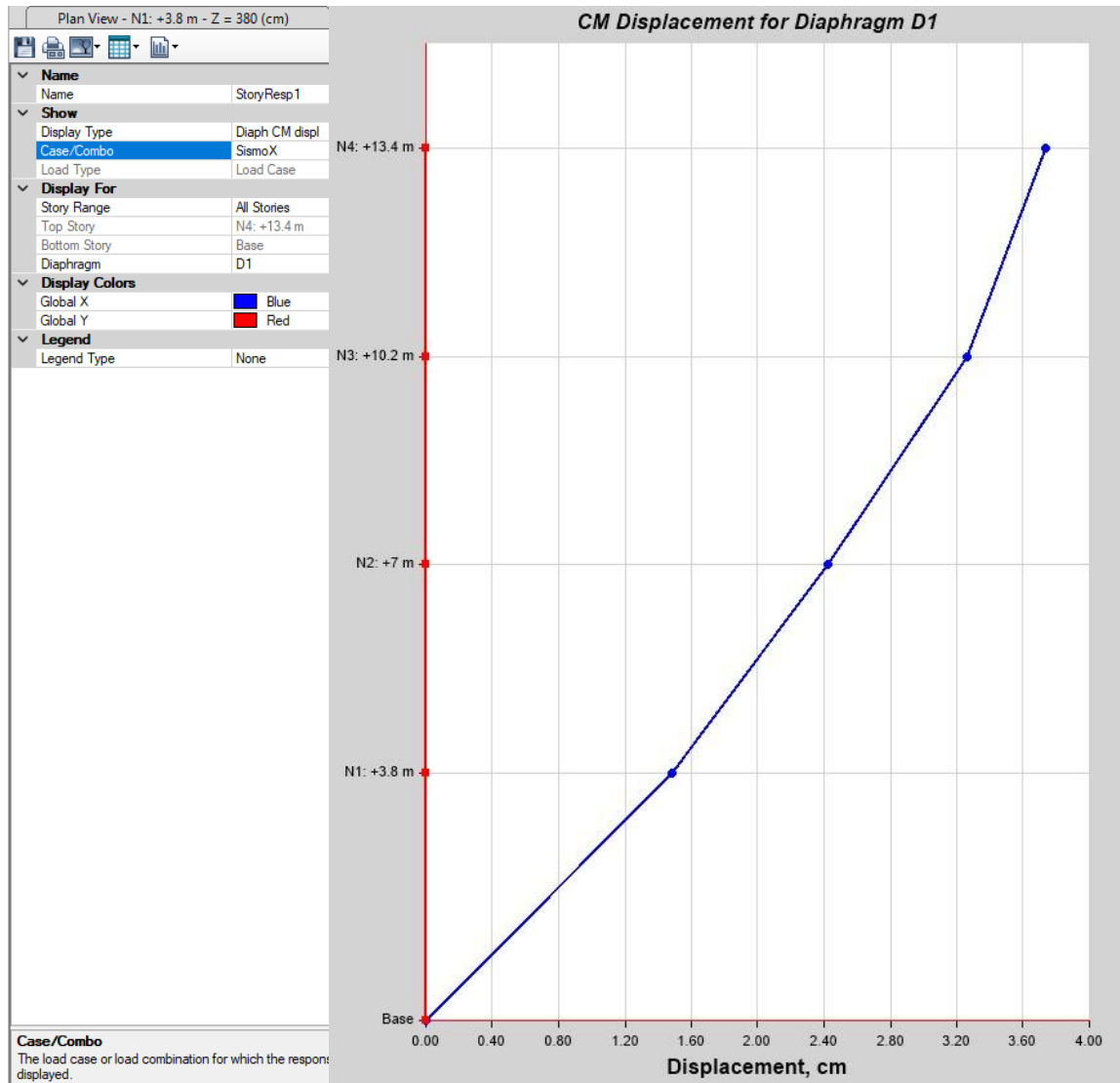
Obtención de gráficos de respuesta



Fuente. Elaboración propia

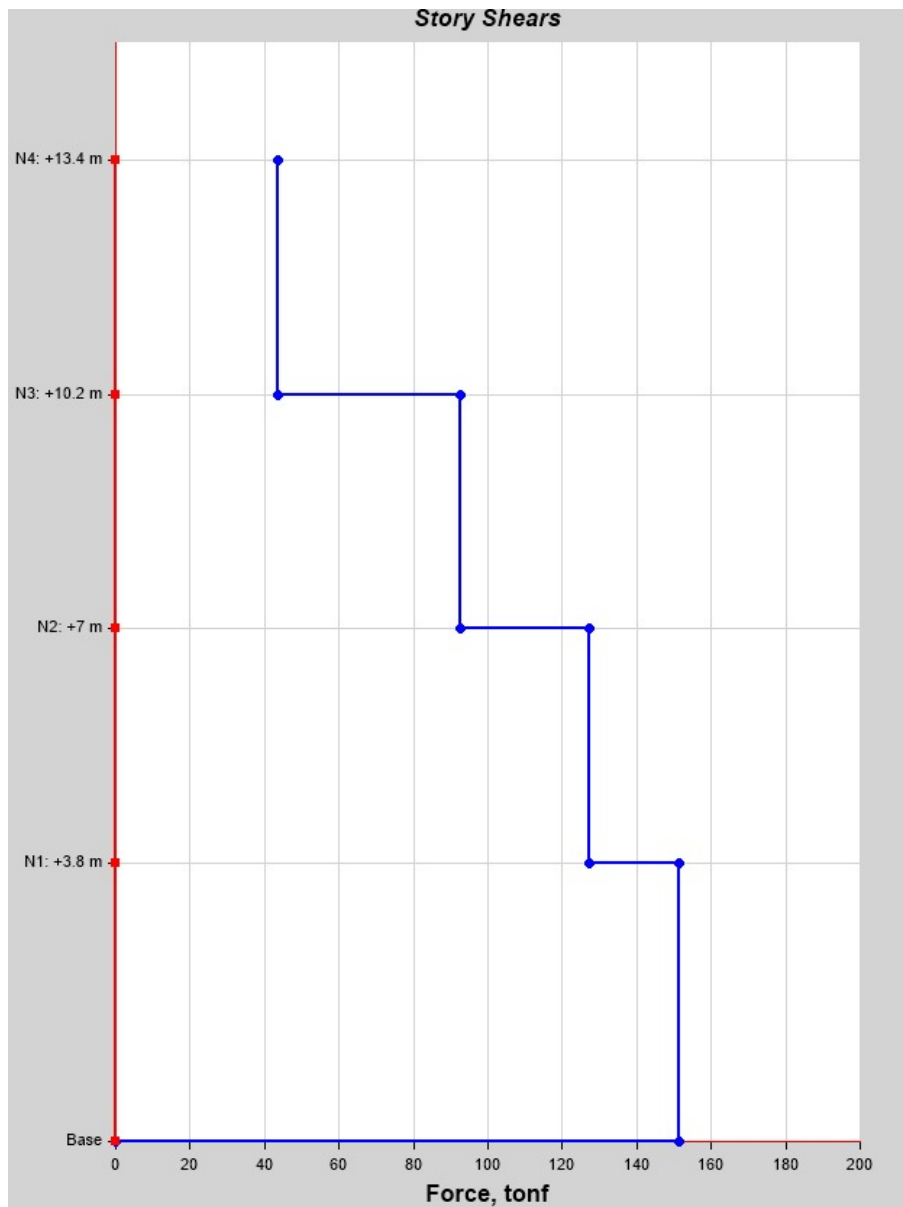
Gráfica 10

Desplazamiento del centro de masa



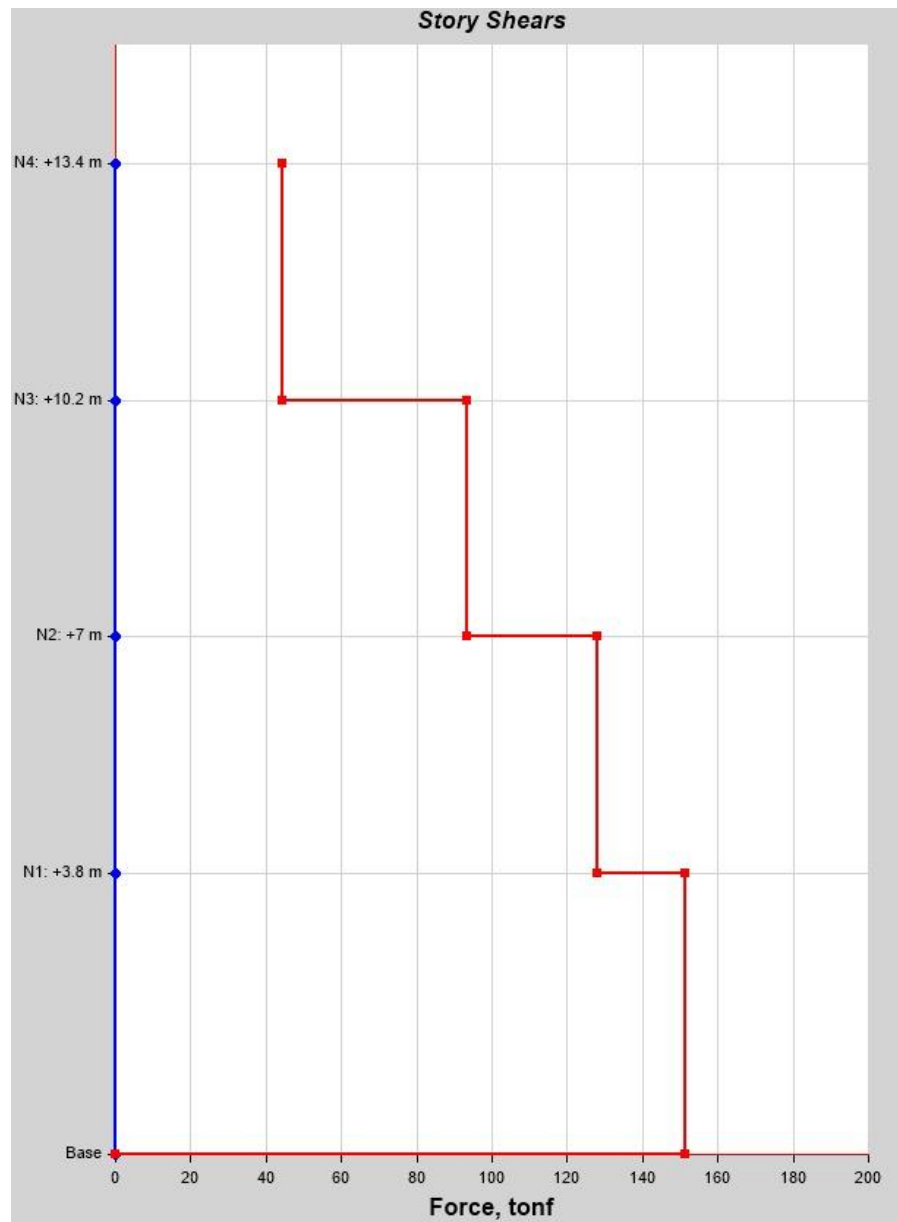
Fuente. Elaboración propia

Gráfica 11
Cortante en X



Fuente. Elaboración propia

Gráfica 12
Cortante en Y



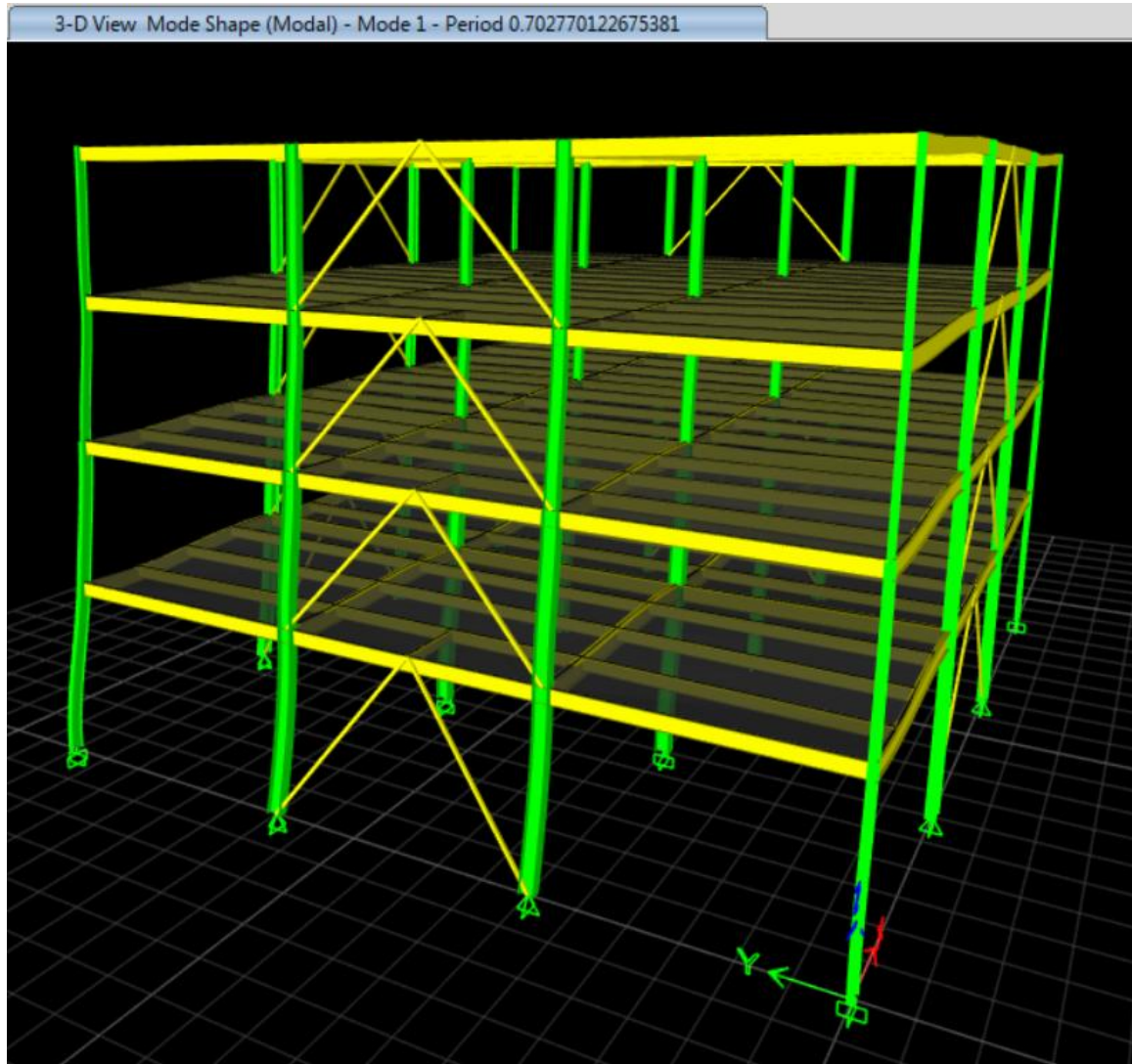
Fuente. Elaboración propia

Comportamiento Modal Tridimensional (NSCM-22)

Modo 1: Traslación en X

Imagen 43

Comportamiento Modal Tridimensional en X

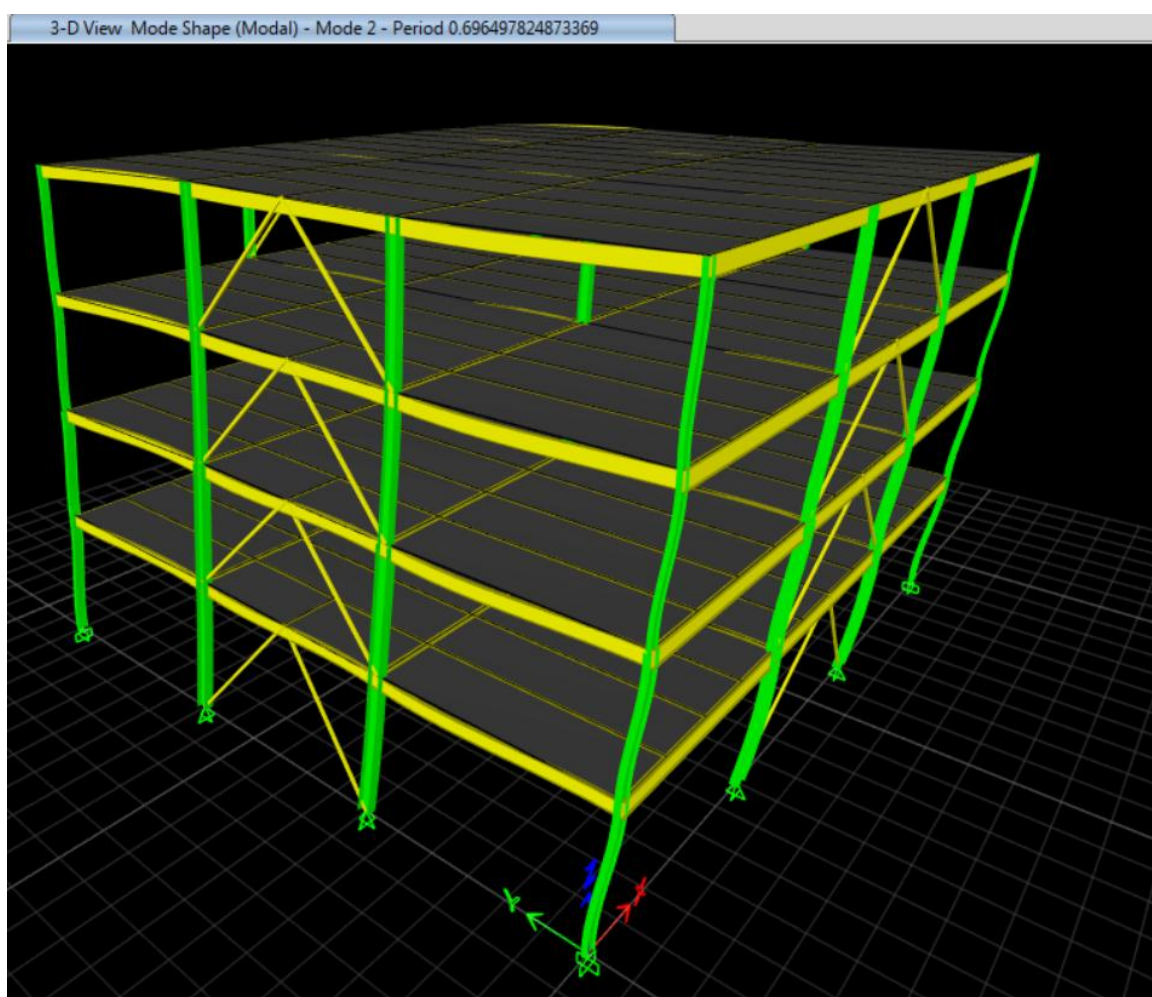


Fuente. Elaboración propia

Modo 2: Traslación en Y

Imagen 44

Comportamiento Modal tridimensional en Y

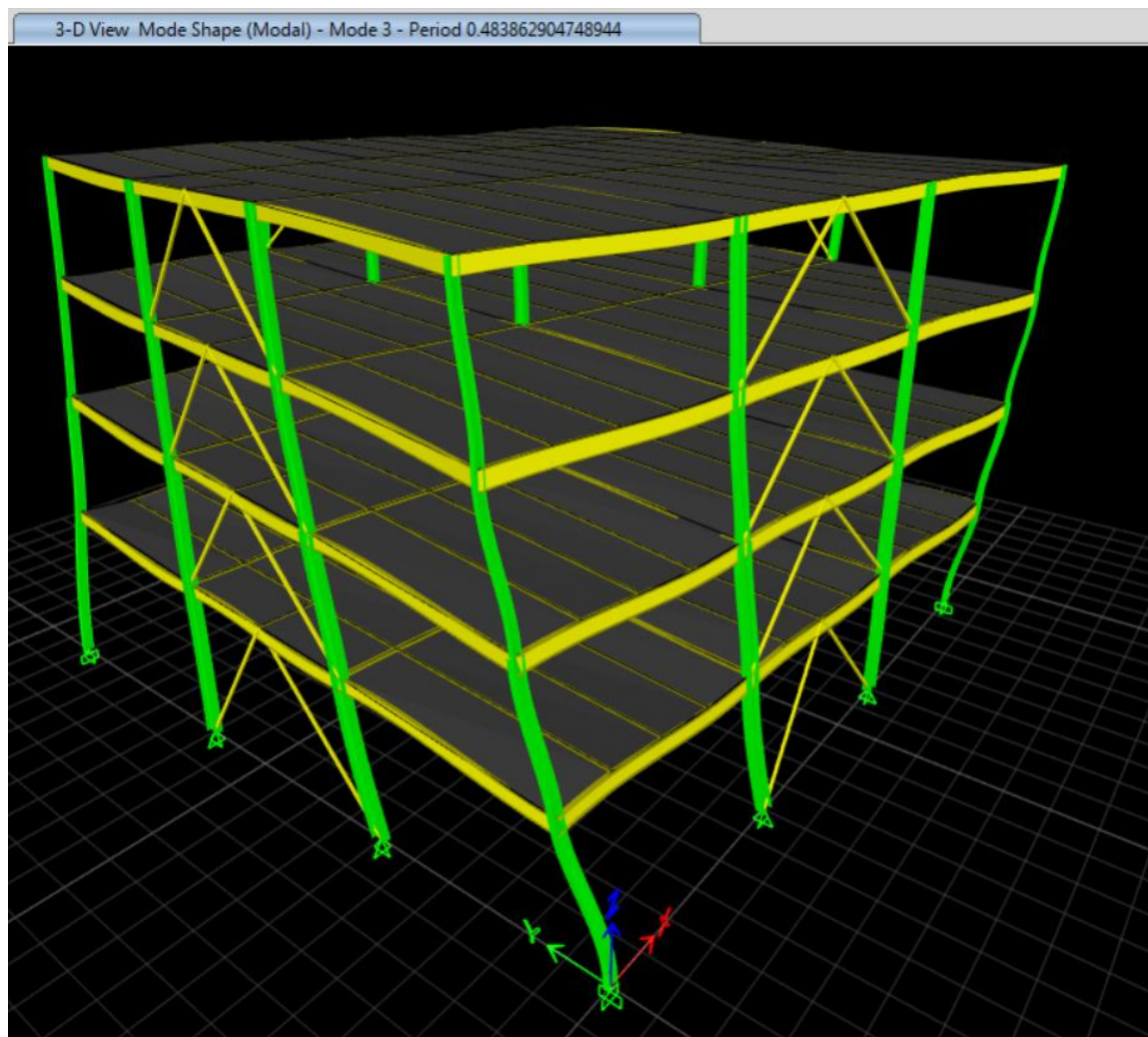


Fuente. Elaboración propia

Modo 3: Rotación en Z

Imagen 45

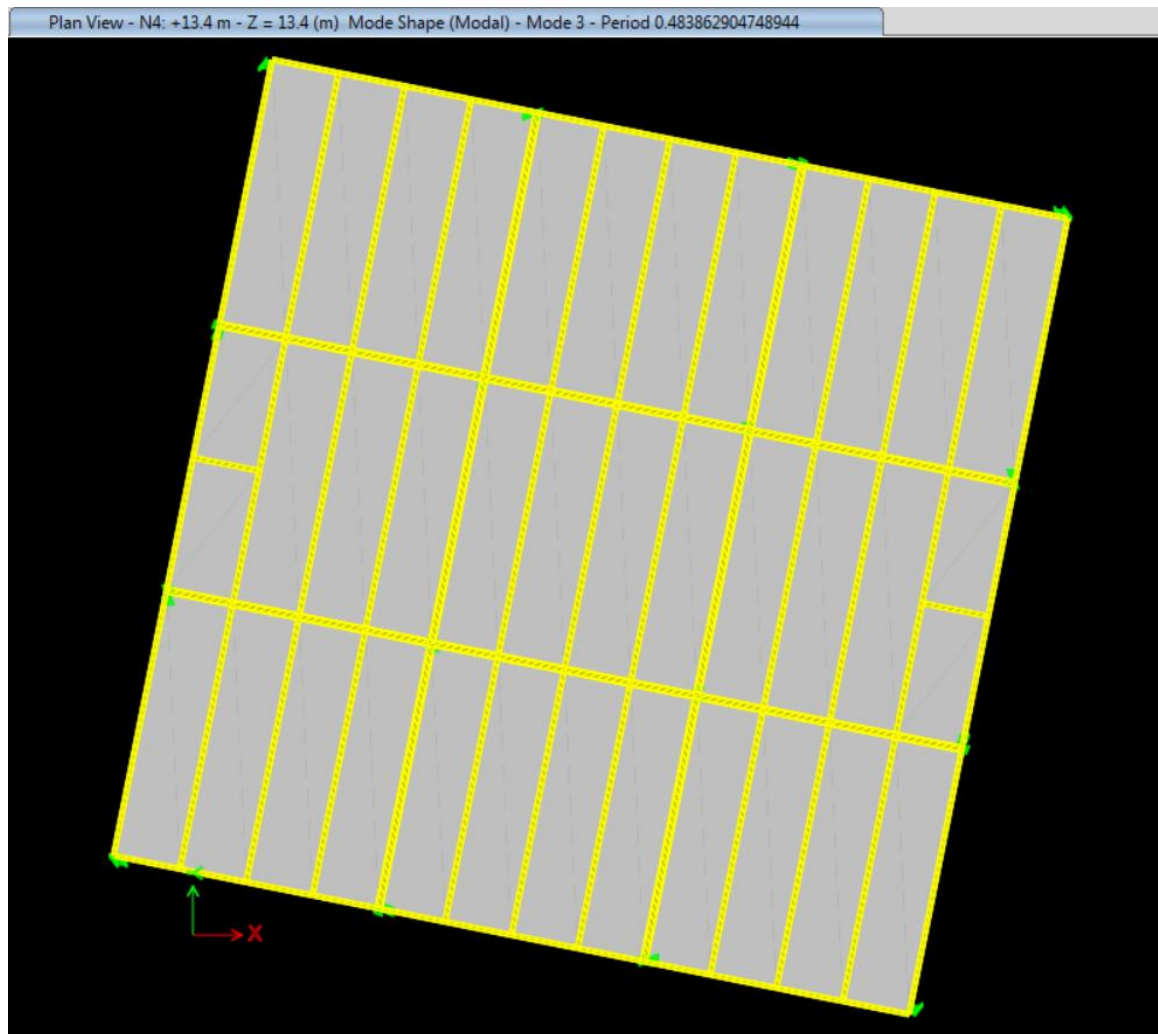
Comportamiento modal tridimensional en Z



Fuente. Elaboración propia

Imagen 46

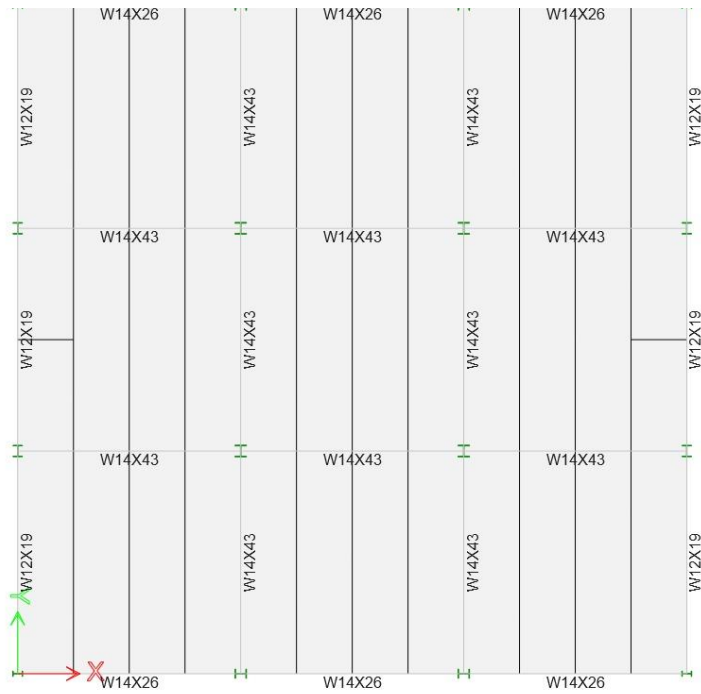
Rotación alrededor del eje Z



Fuente. Elaboración propia

Imagen 47

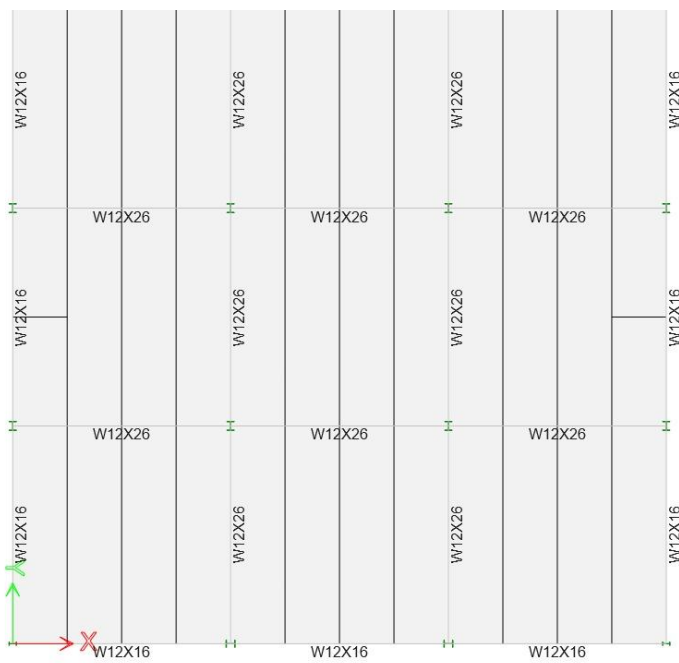
Vista de planta de los pisos 1, 2 y 3



Fuente. Elaboración propia

Imagen 48

Vista de planta de piso 4



Fuente. Elaboración propia

Imagen 49
Vista frontal del edificio

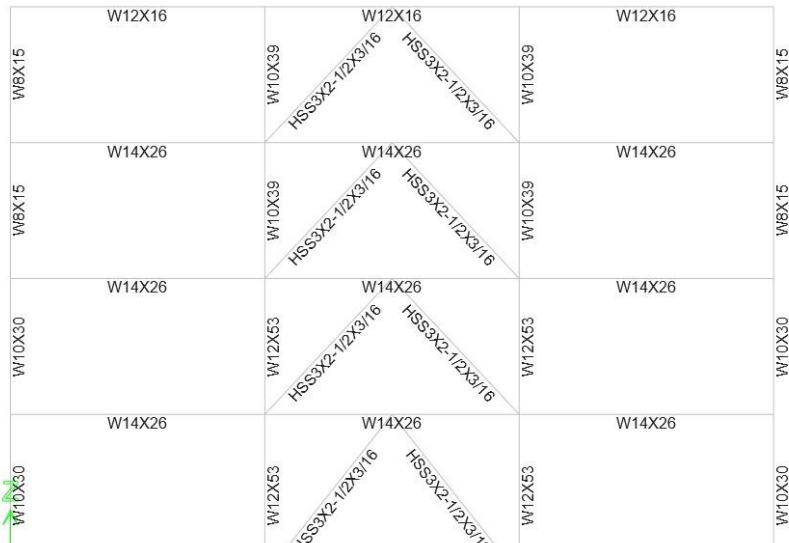
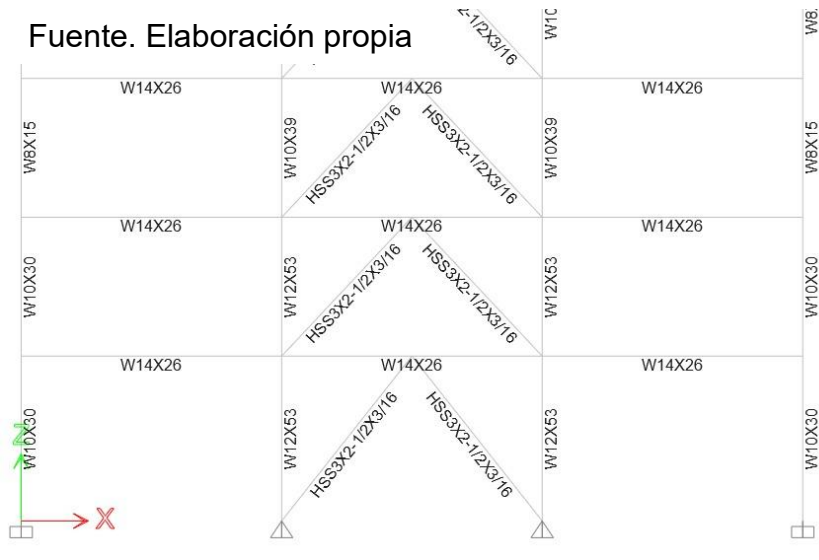


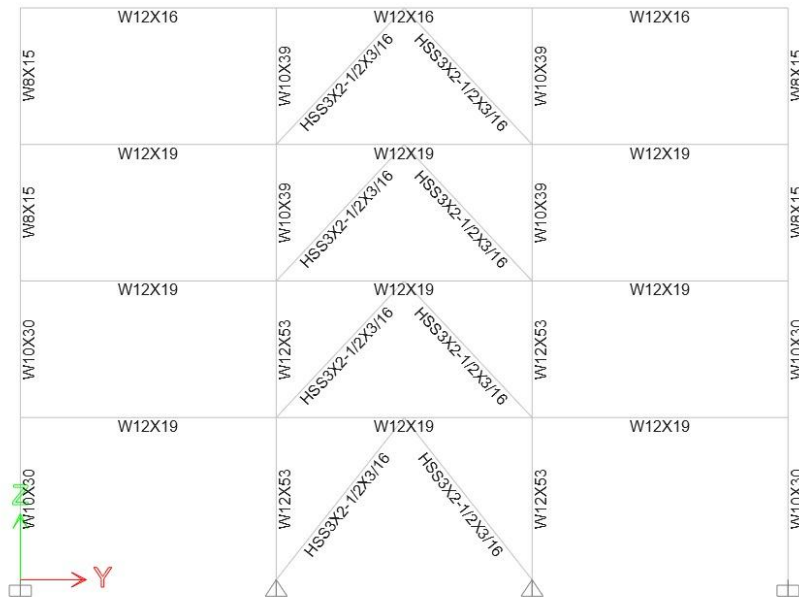
Imagen 50
Vista trasera del edificio



Fuente. Elaboración propia

Imagen 51

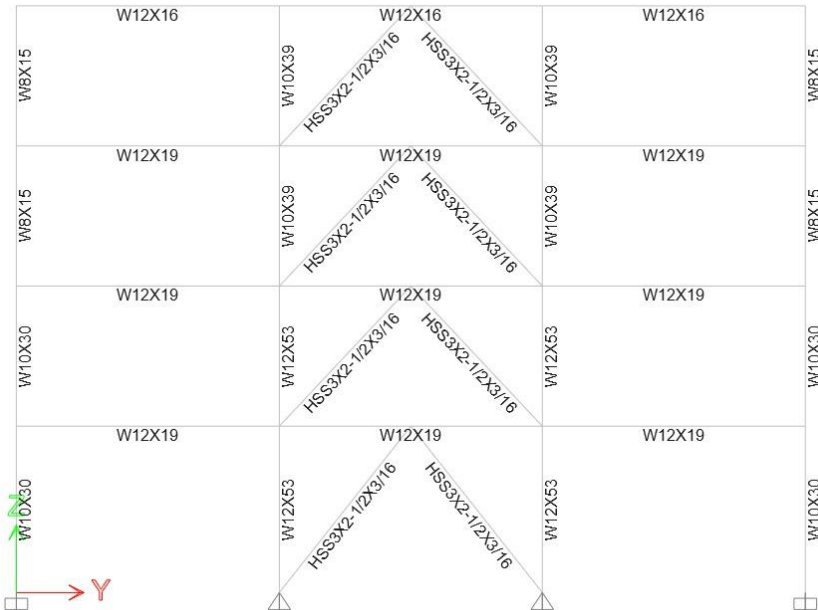
Vista lateral izquierda de edificio



Fuente. Elaboración propia

Imagen 52

Vista lateral derecha del edificio



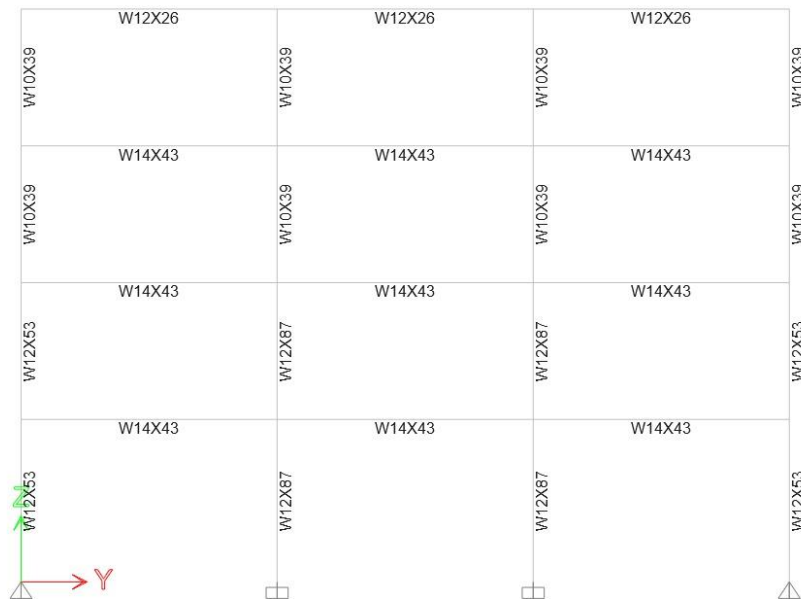
Fuente. Elaboración propia

Imagen 53
Elevación interna T-F del edificio



Fuente. Elaboración propia

Imagen 54
Elevación interna D-I del edificio



Fuente. Elaboración propia



Secretaría Académica de
Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

CONSTANCIA DE CULMINACION DE ESTUDIOS

La suscrita Secretaría Académica del Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción, de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), hace constar que:

SNYDER JOSUE ANTON QUIÑONEZ

Carnet: **2020-0186U**, Con plan de Estudios **2015**, de conformidad con el Reglamento Académico vigente, ha aprobado las asignaturas del **Programa Académico de Ingeniería Civil** en el **II Semestre del 2024**, quedando pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio que lo acredite como **INGENIERO CIVIL**.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Dado en la ciudad de Managua, a los veinticuatro días del mes de marzo del año dos mil veintiséis.

Atentamente



MSc. Beatriz de los Angeles Torrez Rodríguez
Secretaría Académica
Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

CC: Archivo



Teléfono: (505) 3399 8501



Recinto Universitario Simón Bolívar RUSB
Avenida Universitaria,
Managua, Nicaragua. Apdo. 5505



beatriz.torrez@uni.edu.ni
ayud@registrar.uniedu.ni

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR**

**MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1
REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA**

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6F-BFF81-1		
NOMBRE	ANTON QUIÑONEZ SNYDER JOSUÉ		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	SEXO	M
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	D1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	20

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

**LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>**

FECHA: 06/03/2026

**Creado Por: ISOZA
Actualizado Por:**



Secretaría Académica de
Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

CONSTANCIA DE CULMINACION DE ESTUDIOS

La suscrita Secretaria Académica del Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción, de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), hace constar que:

VICTOR JOSUE SUAREZ MENDEZ

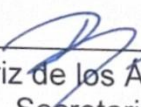
Carnet: **2020-0160U**, Con plan de Estudios **2015**, de conformidad con el Reglamento Académico vigente, ha aprobado las asignaturas del **Programa Académico de Ingeniería Civil** en el **II Semestre del 2024**, quedando pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio que lo acredite como **INGENIERO CIVIL**.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Dado en la ciudad de Managua, a los diecisiete días del mes de marzo del año dos mil veintiséis.

Atentamente




MSc. Beatriz de los Angeles Torrez Rodríguez
Secretaria Académica
Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

CC: Archivo

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR**

**MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1
REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA**

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	70-44A3D-1		
NOMBRE	SUÁREZ MÉNDEZ VICTOR JOSUÉ		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	SEXO	M
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	D1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2020

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

**LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://sing.setec.edu.ni/>**

FECHA: 06/04/2026

**Creado Por: ISOZA
Actualizado Por:**



CONSTANCIA DE CULMINACION DE ESTUDIOS

La suscrita Secretaría Académica del Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción, de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), hace constar que:

SAMUEL EZEQUIEL MARTINEZ TORRES

Carnet: **2020-0006U**, Con plan de Estudios **2015**, de conformidad con el Reglamento Académico vigente, ha aprobado las asignaturas del **Programa Académico de Ingeniería Civil** en el **II Semestre del 2024**, quedando pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio que lo acredite como **INGENIERO CIVIL**.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Dado en la ciudad de Managua, a los dieciocho días del mes de marzo del año dos mil veintiséis.

Atentamente,




MSc. Beatriz de los Angeles Tórrez Rodríguez
Secretaria Académica
Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

CC: Archivo



Universidad
Nacional de
Ingeniería

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR**

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6BEB81F1		
NOMBRE	MARTÍNEZ TORRES SAMUEL EZEQUIEL		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	SEXO	M
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	DIFCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2020

AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
6	DIFCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.

Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>

Correo:

Clave:

FECHA: 19/03/2026 10:55:31

Creado Por: 6BEB81F1

Actualizado Por: