

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Evaluación sísmica y diseño de reforzamiento estructural de una edificación de uso especial de 1133 m² con pórticos resistente a momento de hormigón armado, ubicado en la ciudad de Guayaquil, aplicando la norma NEC-2015 a través del análisis PUSHOVER.

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Maestría en Estructuras Civiles Sismorresistentes

Presentado por:

Carlos Alfredo Chérrez Ávila

Kevin Andre Nicolalde Hernández

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mi madre, quien siempre ha sabido amarme y cuidarme, la mujer a quien más amo en esta vida, a mis hermanas por ser una fuente de motivación para seguir creciendo en todos los aspectos de mi vida y a mi padre que siempre ha sido un amigo incondicional dispuesto a escucharme y ayudarme con los problemas de la vida, a mi familia, los amo mucho, mi gratitud eterna.

- Kevin Andre Nicolalde Hernández

Este proyecto está dedicado, en primer lugar, a Dios, por ser la fuente de salud, fuerza y sabiduría que me ha permitido superar cada desafío. Sin Su guía, nada de esto habría sido posible.

A mi madre, una mujer ejemplar que con su constancia y sacrificio me ha enseñado que todo se puede alcanzar con esfuerzo y perseverancia. A mi esposa, por ser mi pilar de apoyo incondicional en las noches de desvelo, brindándome siempre su amor y comprensión. A mi hija, por su amor y paciencia durante este tiempo de preparación, recordándome la razón por la que persigo mis sueños. Este logro también va dedicado a la memoria de mi mami Margarita (†) de seguro estaría feliz de verme cumplir mis sueños.

Dedico también este logro a cada una de mis tías, que han sido como una segunda madre para mí y bajo sus consejos y cuidados a lo largo de mi vida he podido alcanzar cosas importantes, y a toda mi familia, quienes con su fe en mí y su constante motivación me impulsaron a alcanzar esta meta. A todos ellos, mi gratitud eterna.

- Carlos Alfredo Chérrez Ávila

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los maestros que la vida te da, a ingenieros civiles y profesionales que he conocido a lo largo de mi trayectoria profesional y me han sabido enseñar que es ser un profesional, un hombre de bien y trabajador. Agradezco a los maestros de la maestría de Estructuras Sismorresistentes de la ESPOL, quienes impartieron los conocimientos que hoy nos permiten tener las herramientas para contribuir a construir edificaciones y estructuras para el desarrollo de la sociedad. Agradezco a mi compañero Carlos Chérrez, una gran persona y amigo fiel, sin su ayuda esto no hubiera sido posible.

- Kevin Andre Nicolalde Hernández

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la PhD. Natividad García por brindarme la oportunidad de formarme como magíster en las instalaciones de ESPOL. Su acompañamiento constante y su disposición para atender nuestros requerimientos fueron fundamentales a lo largo de este proceso.

De igual manera, extendo mi sincero agradecimiento al Msc. Wilson Carofilis Gallo por su apoyo incondicional durante la realización de este proyecto. Su generosidad al compartir sus conocimientos y su compromiso en cada etapa del trabajo contribuyeron de manera significativa a la culminación de esta investigación. A mi amigo y compañero de tesis Kevin Nicolalde que a pesar de los obstáculos no se dio por vencido y pudimos sacar adelante este proyecto, y no puede faltar mi amigo y colega Msc. Alexis Jama por ser la persona que me brindó información para poder desarrollar este trabajo. Mil gracias.

- Carlos Alfredo Chérrez Ávila

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Kevin Nicolalde* y *Carlos Chérrez* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Kevin Andre Nicolalde
Hernández

Carlos Alfredo Chérrez
Ávila

EVALUADORES

.....
Nadia Rosaura Quijano Arteaga

PROFESORA DE LA MATERIA

.....
Samantha Elizabeth Hidalgo Astudillo

PROFESORA DE LA MATERIA

.....
Wilson Wladimir Carofilis Gallo

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La seguridad sísmica de las edificaciones de uso especial es una prioridad en zonas de alta peligrosidad sísmica, como la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Esta investigación se centra en la evaluación sísmica y el diseño de reforzamiento estructural de una edificación de 1133 m² con sistema de pórticos resistentes a momento de hormigón armado. El objetivo principal es mejorar su desempeño sísmico para garantizar la seguridad de vida de sus habitantes y la prevención al colapso después de un evento sísmico. La metodología aplicada se basa en un análisis estático no lineal (PUSHOVER), conforme a los lineamientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015). Para ello, se utilizó software especializado para modelar la estructura y evaluar su respuesta ante aplicaciones de cargas laterales monotónicas. La evaluación inicial permitió identificar las debilidades estructurales críticas, como deficiencias en columnas, que pueden comprometer la estabilidad global de la edificación. El diseño de reforzamiento incluyó técnicas de encamisado de columnas con concreto adicional para incrementar la rigidez de la estructura. Los resultados muestran que el desempeño sísmico de la edificación mejoro, cumpliendo la demanda de desplazamiento por la norma NEC-2015, garantizando la seguridad de sus ocupantes y la prevención al colapso. La investigación demuestra la eficacia de la metodología de evaluación y diseño de reforzamiento aplicada, la cual es replicable en otras edificaciones de uso especial con sistemas estructurales similares. Este trabajo contribuye a la mejora de la resiliencia estructural de edificios críticos en zonas de alta peligrosidad sísmica, reforzando la seguridad de la comunidad.

ABSTRACT

Seismic safety of special-use buildings is a priority in areas of high seismic risk, such as the city of Guayaquil, Ecuador. This research focuses on the seismic evaluation and structural reinforcement design of a 1133 m² building with a concrete moment-resistant frame system. The main objective is to improve its seismic performance to ensure the life safety of its inhabitants and prevent collapse after a seismic event. The applied methodology is based on a non-linear static analysis (PUSHOVER), according to the guidelines of the Ecuadorian Construction Standard (NEC-2015). For this purpose, specialized software was used to model the structure and evaluate its response to monotonic lateral load applications. The initial evaluation allowed identifying critical structural weaknesses, such as deficiencies in columns, which may compromise the overall stability of the building. The reinforcement design included column casing techniques with additional concrete to increase the rigidity of the structure. The results show that the seismic performance of the building improved, meeting the displacement requirements of the NEC-2015 standard, ensuring the safety of its occupants and preventing collapse. The research demonstrates the effectiveness of the applied retrofit evaluation and design methodology, which can be replicated in other special-use buildings with similar structural systems. This work contributes to improving the structural resilience of critical buildings in high seismic hazard areas, reinforcing the safety of the community.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ABREVIATURAS	v
SIMBOLOGÍA.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Localización.....	4
Estudios previos	5
1.3 Problemática por resolver.....	9
1.4 Justificación	10
1.5 Objetivos	12
1.5.1 Objetivo General	12
1.5.2 Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO 2.....	13
2. Desarrollo del proyecto	13
2.1 Marco conceptual	13
2.1.1 Corrosión	15
2.1.2 Carbonatación.....	16
2.1.3 Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15)	16
2.1.4 Riesgo sísmico.....	17

2.1.5	Análisis estático no lineal (PUSHOVER)	17
2.1.6	Relaciones esfuerzo-deformación.....	18
2.1.7	Espectro De Capacidad	19
2.1.8	Curva de capacidad	19
2.1.9	Efectos P-Delta	20
2.1.10	Desempeño estructural	20
2.1.11	Reforzamiento estructural	22
2.2	Marco metodológico	26
2.2.1	Trabajo de laboratorio o gabinete	28
2.2.2	Tabulación de datos.....	43
2.2.3	Solución a diseñar	45
CAPÍTULO 3.....		46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		46
3.1	Resultados	46
3.2	Análisis de resultados.....	52
CAPÍTULO 4.....		61
Conclusiones Y Recomendaciones		61
Conclusiones.....		61
Recomendaciones.....		62
BIBLIOGRAFÍA.....		63
ANEXO		66

ABREVIATURAS

ASCE	American Society of Civil Engineers
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
CICG	Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas
ISTG	Instituto Superior Tecnológico de Guayaquil
FEMA	Federal Emergency Management Agency
ATC	Applied Technology Council

SIMBOLOGÍA

Kgf	Kilogramo fuerza
Tonf	Tonelada fuerza
m	Metros
mm	Milímetros
MPa	Mega Pascales
f'_c	Resistencia a la compresión del hormigón
Tr	Periodo de retorno

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Caracterización de peligro sísmico Ecuador (Vivienda M. d., Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014)	2
Ilustración 2 Ubicación del edificio de estudio (Google , 2024)	4
Ilustración 3 Fotografía de fachada frontal del edificio (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)	5
Ilustración 4 Losa edificio Panamá (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).....	5
Ilustración 5 Carbonatación en hormigón (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).....	6
Ilustración 6 Columnas Edificio Panamá (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).....	6
Ilustración 7 Losa de hormigón (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)	7
Ilustración 8 Armadura de acero (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)	7
Ilustración 9 Ensayos de resistencia a la compresión (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)	8
Ilustración 10 Corrosión de acero (Concepto, s.f.)	15
Ilustración 11 Esfuerzo vs deformación unitaria (Frederick S. Merritt, 1999).....	18
Ilustración 12 Punto de desempeño (ATC, 1996).....	19
Ilustración 13 Momentos de segundo orden producidos por carga P y desplazamiento delta (SkyCiv, 2016)	20
Ilustración 14 Encamisado de columna de concreto (Sika)	23
Ilustración 15 Refuerzo a cortante con láminas CFRP (Sika).....	24
Ilustración 16 Marco metálico (Sika).....	24
Ilustración 17 Aislador sísmico (Sika).....	25
Ilustración 18 Flujograma de metodología (Autores, 2024)	26
Ilustración 19 Asignación de resistencia a la compresión del hormigón (Autores, 2024)	29
Ilustración 20 Propiedades mecánicas del acero de refuerzo (Autores, 2024).....	29
Ilustración 21 Definición de sección transversal de columna 50x50 cm (Autores, 2024)	30
Ilustración 22 Definición de acero de refuerzo para columna de 50x50 cm (Autores, 2024)	30
Ilustración 23 Momento de inercia modificado para columnas (Autores, 2024).....	31
Ilustración 24 Modelado de viga con ménsula (Autores, 2024)	31

Ilustración 25 Modelo tridimensional de la estructura de la edificación (Autores, 2024)	32
Ilustración 26 Definición del tipo de modelo y propiedades de losa (Autores, 2024)	33
Ilustración 27 Modelo estructural con losa y diafragma rígido (Autores, 2024)	33
Ilustración 28 Definición de carga muerta como caso estático no lineal (Autores, 2024)	34
Ilustración 29 Definición del patrón de carga PUSHOVER (Autores, 2024)	35
Ilustración 30 Definición del caso de carga PUSHOVER (Autores, 2024)	35
Ilustración 31 Control para la aplicación de la carga (Autores, 2024)	36
Ilustración 32 Definición de rotulas plásticas (Autores, 2024)	36
Ilustración 33 Parámetros de rotulas plásticas (Autores, 2024)	37
Ilustración 34 Asignación de rotulas plásticas a la estructura (Autores, 2024)	37
Ilustración 35 Desplazamiento de pórticos (Autores, 2024)	38
Ilustración 36 Diagramas de momentos en vigas y columnas (Autores, 2024)	38
Ilustración 37 Curva cortante en la base vs. Desplazamiento (Autores, 2024)	38
Ilustración 38 Espectro de respuesta para un sismo raro (Autores, 2024)	40
Ilustración 39 Espectro de respuesta para un sismo muy raro (Autores, 2024)	40
Ilustración 40 Desempeño sísmico, dirección X, sismo raro (Autores, 2024)	41
Ilustración 41 Desempeño sísmico, dirección X, sismo muy raro (Autores, 2024)	41
Ilustración 42 Desempeño sísmico, dirección Y, sismo raro (Autores, 2024)	42
Ilustración 43 Desempeño sísmico, dirección Y, sismo muy raro (Autores, 2024)	42
Ilustración 44 Formación de rótulas caso PUSHOVER X (Autores, 2024)	44
Ilustración 45 Formación de rótulas caso PUSHOVER Y (Autores, 2024)	44
Ilustración 46 Propiedades del concreto (Autores, 2024)	46
Ilustración 47 Propiedades del acero (Autores, 2024)	47
Ilustración 48 Sección de columna reforzada 45x45 (Autores, 2024)	47
Ilustración 49 Diagrama de momento – curvatura de columna reforzada 45x45 (Autores, 2024)	48
Ilustración 50 Diagrama iteración de columna reforzada 45x45 (Autores, 2024)	48
Ilustración 51 Sección de columna reforzada 65x65 (Autores, 2024)	49
Ilustración 52 Diagrama de momento – curvatura de la columna reforzada 65x65 (Autores, 2024)	49
Ilustración 53 Diagrama de columna reforzada 65x65 (Autores, 2024)	50

Ilustración 54 Sección de columna reforzada 45x65 (Autores, 2024).....	50
Ilustración 55 Diagrama de momento – curvatura de la columna reforzada 45x65 (Autores, 2024).....	51
Ilustración 56 Diagrama de columna reforzada 45x65 (Autores, 2024).....	51
Ilustración 57 Primeras Rótulas Plásticas en Vigas - Seguridad De Vida - paso 3 (Autores, 2024)	52
Ilustración 58 Primeras Rótulas Plásticas en Base de Columnas, Seguridad De Vida-paso 4 (Autores, 2024)	53
Ilustración 59 Primeras Rótulas Plásticas en Base de Columnas y vigas -Seguridad De Vida-paso 6 (Autores, 2024).....	53
Ilustración 60 Curva de Capacidad en el eje X (Autores, 2024)	54
Ilustración 61 Análisis de formación de rótulas y límites de aceptación de la estructura eje X (Autores, 2024).....	55
Ilustración 62 Resultados del análisis PUSHOVER en el eje X para un sismo muy raro (Autores, 2024).....	55
Ilustración 63 Curva de Capacidad y Punto de Desempeño en el eje X para un sismo muy raro (Autores, 2024).....	56
Ilustración 64 Primeras Rótulas Plásticas en Vigas -Seguridad De Vida-paso 9 (Autores, 2024)	56
Ilustración 67 Primeras Rótulas Plásticas en columnas-Seguridad De Vida-paso 10 (Autores, 2024).....	57
Ilustración 68 Rótulas Plásticas en Vigas y columnas -Seguridad De Vida-paso 11 (Autores, 2024).....	57
Ilustración 69 Curva de capacidad en el eje Y (Autores, 2024).....	58
Ilustración 70 Análisis de formación de rótulas y límites de aceptación de la estructura eje Y (Autores, 2024).....	58
Ilustración 71 Resultados del análisis PUSHOVER en el eje Y para un sismo raro (Autores, 2024).....	59
Ilustración 72 Curva de Capacidad y punto de Desempeño en el eje Y para un sismo raro (Autores, 2024).....	59
Ilustración 73 Resultados del análisis PUSHOVER en el eje Y para un sismo muy raro (Autores, 2024).....	60

Ilustración 74 Curva de Capacidad y Punto de Desempeño en el eje Y para un sismo muy raro (Autores, 2024).....	60
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Coordenadas sitio de proyecto (Google , 2024)	4
Tabla 2.2 Niveles de amenaza sísmica (Vivienda M. d., Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014)	21
Tabla 2.3 Niveles de amenaza sísmica (Vivienda M. d., Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras, 2014).....	21
Tabla 2.3 Criterios para graficar los niveles de desempeño (Engineers, 2017).....	39
Tabla 2.4 Desplazamientos del centro de masas (Autores, 2024)	43
Tabla 2.5 Reacciones en la base de la estructura (Autores, 2024)	43
Tabla 2.6 Desempeño sísmico (Autores, 2024).....	43

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Guayaquil, en la intersección de las calles Panamá y Padre Aguirre, se encuentra un edificio que ha superado más de 50 años de antigüedad, compuesto por pórticos de hormigón armado resistente a momento. Cuenta con un área en planta estimada de 1133 m², de un solo nivel con una losa accesible en la cual existen una oficina/bodega con vistas a la calle Panamá (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023). Este edificio le pertenece a la secretaria técnica de Gestión Inmobiliaria del Sector Público y actualmente el edificio se encuentra desocupado (Público, s.f.).

El edificio ha experimentado un deterioro gradual en su losa maciza, que sirve de cubierta, debido a la antigüedad de esta y se puede evidenciar desprendimiento del recubrimiento de hormigón en diferentes áreas, quedando a la intemperie las varillas de acero de refuerzo, que a su vez presentan un estado de corrosión, esto conlleva a que la varilla pierda resistencia y ductilidad. Por otra parte, en sus columnas centrales se han construido unas ménsulas en dos direcciones que fueron diseñadas específicamente para soportar cargas adicionales de la losa. Estas ménsulas no forman parte del diseño original de la edificación. El estado actual de la edificación genera incertidumbre sobre su capacidad para tener un buen desempeño sísmico con respecto a los criterios sismorresistentes actuales (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).

Es fundamental realizar un análisis sísmico de la edificación, de tal manera que se puedan identificar deficiencias estructurales que comprometan el desempeño y seguridad de esta. Esto servirá para proponer técnicas de reforzamiento con el fin de que la estructura mejore su desempeño sísmico y brinde seguridad a sus ocupantes.

El objetivo es evaluar la capacidad sísmica de la estructura mediante un análisis estático no lineal (PUSHOVER), para identificar puntos débiles y posibles modos de falla y determinar el reforzamiento estructural adecuado para la edificación, con el fin de mejorar su respuesta ante eventos sísmicos y mejorar el desempeño general.

Se espera lograr la verificación de la mejora del desempeño sísmico gracias al reforzamiento estructural, analizando la curva de capacidad de la edificación reforzada mejorada comparada con la curva de capacidad de la estructura sin reforzar y cumpliendo los parámetros establecidos en la norma NEC-15.

1.1 Antecedentes

Ecuador es un país donde el riesgo de eventos sísmicos es elevado, debido a esto las edificaciones e infraestructuras en Ecuador deben ser diseñadas y construidas para soportar las demandas que generan los terremotos (Vivienda M. d., Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014).

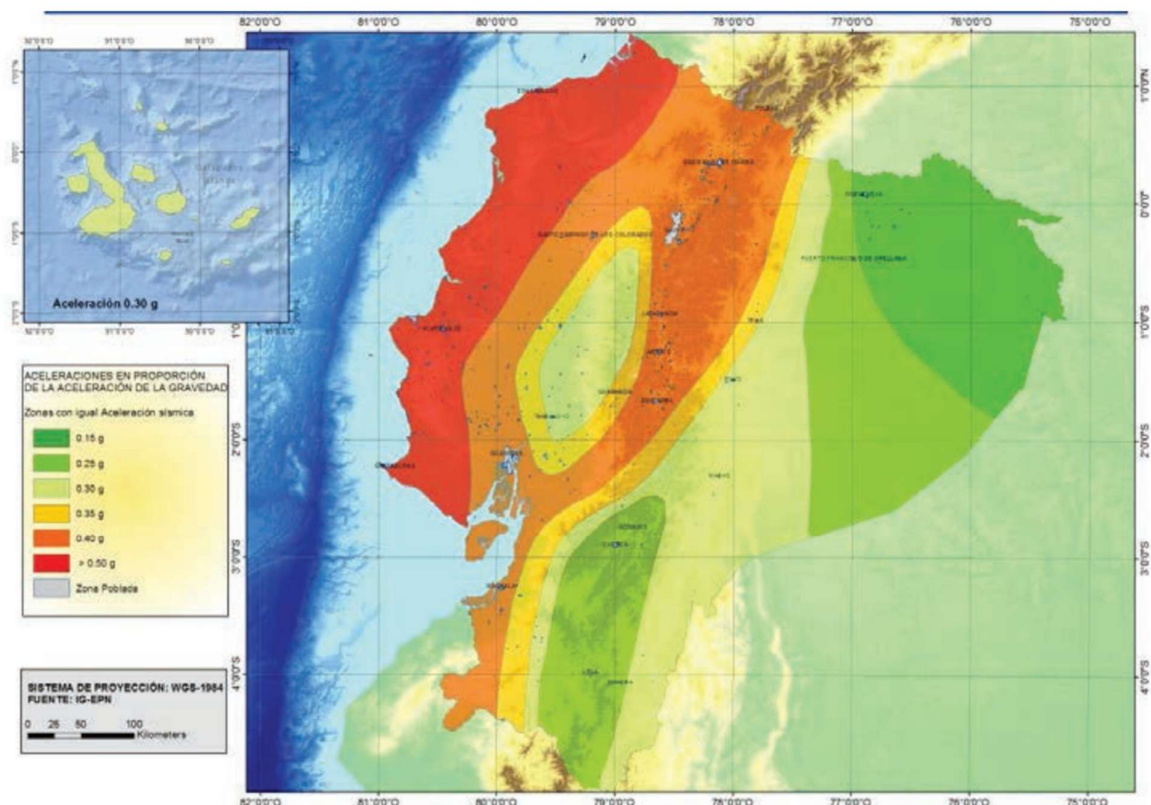


Ilustración 1 Caracterización de peligro sísmico Ecuador (Vivienda M. d., Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014)

Para resolver esta problemática se realizan reforzamientos estructurales a las edificaciones ya sea para rehabilitarlas, mejorar su capacidad de respuesta ante futuros eventos sísmicos o el aumento de cargas gravitacionales como puede ser la adición de nuevos pisos. Estas técnicas consisten en mejorar las capacidades de los elementos estructurales de una edificación para poder soportar mayores cargas y deformaciones (Martinez, s.f.).

En julio de 2023 la secretaria técnica de Gestión Inmobiliaria entregó en calidad de transferencia de dominio el Edificio Panamá a la Senescyt, este edificio se encuentra ubicado en la ciudad de Guayaquil, en la intersección de las calles Panamá y Padre Aguirre, tiene un área estimada de 1.133 m² y ha superado más de 50 años de antigüedad. El fin era convertirlo en el nuevo campus del Instituto Superior Tecnológico de Guayaquil, donde se tenía planificado formar a más de 3.000 estudiantes, además, debido a las características de la edificación se tenía la oportunidad de acondicionar al menos 22 aulas en su losa de cubierta para poder recibir aproximadamente a 2.400 alumnos, adicional a los 3.000 antes indicados (Secretaría de Educación Superior, 2023).

En octubre de 2023 el Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas realizó la evaluación estructural del edificio, el objetivo principal era determinar si la edificación era capaz de soportar la construcción de un nuevo piso cumpliendo con los requisitos de seguridad planteados en las normas de construcción actuales. Debido a su antigüedad y condiciones actuales de la estructura, las cuales presentan incertidumbre sobre su capacidad para tener un buen desempeño sísmico con respecto a los criterios sismorresistentes actuales, esta edificación se encuentra desocupada (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).

Es importante realizar una evaluación sísmica y determinar un reforzamiento estructural que permita dar seguridad a las personas que la utilizarán y evitar la demolición, para no incurrir en gastos económicos y costes medioambientales que genera una nueva construcción (Noemi, 2021).

1.2 Localización

El edificio de estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Guayaquil, en las calles Panamá y Padre Aguirre, a cien metros del Malecón 2000. Sus coordenadas en el sistema UTM son:

Tabla 1.1 Coordenadas sitio de proyecto (Google , 2024)

Zona	17M
Coordenada Este	624733.00 m
Coordenada Norte	9758311.00 m



Ilustración 2 Ubicación del edificio de estudio (Google , 2024)



Ilustración 3 Fotografía de fachada frontal del edificio (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)

Estudios previos

La evaluación del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas a la edificación determino lo siguiente:

- Se realizó la nivelación en la losa de cubierta debido a que se observaron desniveles. La losa de cubierta presenta desniveles desde 1 cm hasta 15 cm; en promedio se tiene un desnivel de 7 cm. Según un perfil topográfico estos desniveles se acentúan en las ubicaciones de dos tragaluces en la losa de cubierta (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).



Ilustración 4 Losa edificio Panamá (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)

- Se extrajeron núcleos de hormigón de columnas, vigas y losa para conocer el estado de carbonatación y realizar los ensayos de rotura a compresión; se sacaron 8 núcleos, 3 extracciones de columnas, 3 extracciones de viga y 2 extracciones de losa. Los núcleos de las vigas presentaron 3 cm de carbonatación y la resistencia del hormigón promedio es de 115 Kg/cm² (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).



Ilustración 5 Carbonatación en hormigón (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)

- Se observaron mensuales en las columnas interiores de la edificación en sus dos direcciones las cuales no fueron parte del diseño original de la edificación, es decir, se construyeron como medida de reforzamiento (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).



Ilustración 6 Columnas Edificio Panamá (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)

- La losa de cubierta por su parte baja presenta desprendimiento del hormigón, dejando a la vista el acero de refuerzo el cual está en estado de corrosión, este patrón se repite a lo largo de toda la losa. Los mismo sucede con ciertas mensuales (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).



Ilustración 7 Losa de hormigón (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)

- El acero de refuerzo son varillas lisas, esto es entendible debido a que la edificación tiene más de 50 años de antigüedad (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).



Ilustración 8 Armadura de acero (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)

- Se realizó un modelo matemático computacional para determinar las derivas de piso, los resultados fueron para la dirección X 0.187% y para dirección Y 0.242% (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).
- Se han observado grietas y deformaciones en paredes y elementos estructurales (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFILLI"

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ROTURA DE
CILINDROS DE CONCRETO

PROYECTO: 1 REVENIMIENTO: cm
AGREGADO GRUESO: AGUA:
AGREGADO FINO: NÚMERO DE SACOS DE CEMENTO:
TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO: MÓDULO DE FINURA: cm
CEMENTO: ALTURA: cm
RELACIÓN AGUA-CEMENTO (A/C) ÁREA: cm²
RESISTENCIA: kg/cm² FECHA DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS: 6-10-23
CILINDRO DIAMETRO: 68 mm FECHA DE CORTE Y PERFILADO DE NÚCLEOS: 12-10-23

	FECHA DE ENSAYO	DIAMETRO D (mm)	ALTURA H (mm)	RELACION H/D	AREA (mm ²)	CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCION	RESISTENCIA SIN CORREGIR (kg/cm ²)	RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
N-1 Columna	17.10.23	68	148	2.176	3631.68	4150	NA	114.3	114.3	4
N-2 Viga	17.10.23	68	89	1.609	3631.68	3150	0.937	86.7	81.28	3
N-3 Columna	17.10.23	68	92	1.353	3631.68	1360	0.942	37.4	35.29	2
N-4 Viga	17.10.23	68	92	1.353	3631.68	4370	0.942	120.3	113.39	3
N-5 Columna	17.10.23	68	147	2.162	3631.68	3200	NA	88.1	88.1	3
N-6 Viga	17.10.23	68	142	2.088	3631.68	3300	NA	90.9	90.9	3
N-7 Losa	17.10.23	68	93	1.368	3631.68	7800	0.944	214.8	202.77	3
N-8 Losa	17.10.23	68	95	1.397	3631.68	4400	0.948	121.2	114.81	4

OBSERVACIONES: Las muestras consisten en 8 núcleos extraídos de la edificación, perfilados y ensayados a compresión por CCC.

Ilustración 9 Ensayos de resistencia a la compresión (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023)

En el informe se plantea una propuesta para un segundo piso, para ello se realizó una propuesta arquitectónica y se modeló una segunda planta en software computacional de análisis estructural, adicionando nuevas cargas muertas, sobre muertas y vivas. Las

conclusiones del nuevo análisis estructural con la nueva propuesta constructiva para el edificio determinaron lo siguiente:

- Debido al estado actual de la edificación no se recomienda iniciar ninguna nueva construcción hasta reparar y reforzar los elementos estructurales dañados. Se debe realizar un análisis de la cimentación y el suelo para determinar cómo se verán afectados por la adición de nuevas cargas (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).

1.3 Problemática por resolver

El Edificio Panamá muestra deterioro en su estructura (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023), lo cual puede deberse al tiempo de la edificación, malas prácticas constructivas, deficiencias en los materiales usados, mal diseño de los elementos estructurales para soportar cargas gravitacionales y accidentales, etc.

Este deterioro se puede identificar en los desniveles que presenta su losa de cubierta maciza de hormigón armado, los cuales tienen un promedio de 7 cm, el desprendimiento del recubrimiento de hormigón de las varillas de acero en la parte inferior de la losa, generando corrosión en el acero, que al mismo tiempo afecta al hormigón fisurándolo por expansión; esto también se observa en las ménsulas de la edificación, por último, hay grietas y deformaciones en paredes y elementos estructurales (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).

La edificación es de una sola planta y tiene un área estimada de 1.133 m² (ancho: 21.95 m, largo: 55.03 m), su losa es accesible y en esta se encuentra un área estimada de 309 m² de oficinas/bodegas cuya cubierta es metálica (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023). Tomando en cuenta las dimensiones del inmueble se vuelve considerable el costo de demolición y nueva construcción, además del impacto ambiental que tienen las nuevas construcciones (Noemi, 2021), por lo tanto, la pregunta que nos planteamos es:

- ¿es factible que una edificación que ha cumplido o está por cumplir su tiempo de vida útil pueda seguir brindando servicio a sus ocupantes?

- ¿puede esta edificación cumplir con los requisitos actuales de la norma de construcción NEC-15 y cumplir con el objetivo de desempeño sísmico No Colapso durante un sismo extremo?

Para responder las anteriores preguntas modelaremos la geometría, secciones y materiales de la estructura en software especializado en análisis y diseño estructural, evaluaremos el desempeño sísmico de la estructura mediante un análisis estático no lineal (PUSHOVER), determinaremos que elementos estructurales deben ser reforzados de ser el caso para que los mecanismos de falla sean los deseados por el criterio ingenieril.

1.4 Justificación

Se estima un 14% de las edificaciones en Ecuador son objeto de reconstrucciones y ampliaciones (Censo, 2023), en el caso de ampliaciones, si la edificación actual no fue construida desde un inicio proyectada para soportar más niveles, lo más normal es que estas tiendan a ser demolidas para dar paso a nuevas estructuras.

El gasto económico y el impacto al medio ambiente (Noemi, 2021) que generaría una nueva construcción se pueden evitar si las edificaciones pudieran ser rehabilitadas y modificadas, con el fin de darles un mayor tiempo de vida útil y asegurar que puedan soportar las nuevas cargas impuestas por construcción, al mismo tiempo que se garantiza que cumplan con las actualizaciones de los códigos constructivos.

El edificio Panamá ubicado en las calles Panamá y Padre Aguirre de la ciudad de Guayaquil, presenta incertidumbre sobre su capacidad para tener un buen desempeño sísmico con respecto a los criterios sismorresistentes actuales (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023). Debido a esto se encuentra desocupado y sin uso, además, basados en informes de inspección estructural al sitio esta edificación no es capaz de soportar niveles superiores de construcción, limitando el uso que se le pueda dar (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).

Debido a esto una opción que se podría plantear sería demoler la edificación para construir una nueva que se adapte a las necesidades de las personas. Para evitar esto se plantea mejorar su respuesta ante eventos sísmicos y mejorar el desempeño general de la edificación a través de un reforzamiento estructural. Así se justifica este proyecto que busca ayudar a las personas a no incurrir en gastos económicos y a evitar daños al medio ambiente que generan las nuevas construcciones, al presentarles propuestas de reforzamiento estructural para que edificaciones antiguas puedan cumplir los requisitos actuales de las normas de construcción y puedan ser remodelados y ampliados para nuevos usos.

En caso de no garantizar un buen desempeño sísmico para la edificación, esta podría colapsar súbitamente ante la acción de cargas accidentales producidas por los sismos, poniendo en riesgo la vida humana de sus ocupantes al darles poco intervalo de tiempo para desocuparla.

Con nuestro proyecto contribuimos a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030:

- ✓ **Objetivo 11** Ciudades y comunidades sostenibles,
 - **Meta:** De aquí a 2030, reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo especial hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad.

- ✓ **Objetivo 12** Producción y consumos responsables
 - **Meta:** De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar el reforzamiento estructural para una edificación de uso especial de 1133 m² para su rehabilitación y mejora de su capacidad sísmica, mediante un análisis estático no lineal (PUSHOVER).

1.5.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la capacidad sísmica de la estructura mediante un análisis estático no lineal (PUSHOVER) para identificar puntos débiles y posibles modos de falla utilizando software especializado en análisis estructural.
- Determinar el reforzamiento estructural para los puntos débiles de la edificación identificados con el fin de mejorar su respuesta ante eventos sísmicos y mejorar el desempeño general de la edificación, a través de las diferentes técnicas actuales de reforzamiento.
- Garantizar que el reforzamiento propuesto brinde una mayor capacidad lateral ante demandas sísmicas a través de un nuevo análisis estático no lineal (PUSHOVER) comparando su curva de capacidad y desplazamientos laterales.

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

La norma NEC-15 utiliza la metodología de diseño basado en fuerzas para que las estructuras tengan la capacidad de resistir fuerzas sísmicas y gravitacionales, así como combinaciones de estas, presentar derivas de piso, ante dichas cargas, inferiores a las permisibles por la norma y que puedan disipar energía de deformación inelástica (Vivienda M. d., Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014)

Gracias a nuevas investigaciones y lecciones aprendidas se ha ido desarrollando el diseño sismorresistente basado en desempeño, esta metodología busca predecir el comportamiento sísmico de la edificación, la característica principal en el diseño sísmico por desempeño consiste en la suposición, por parte del analista del grado de deterioro (nivel de daño) que tendrá la estructura después de la ocurrencia del sismo de diseño, lo cual se logra con la interacción o acoplamiento de la demanda sísmica con la capacidad estructural (Magazine, s.f.).

Para conocer el desempeño estructural de una edificación se suele utilizar un análisis estático no lineal más conocido como PUSHOVER. Este simula el efecto de un terremoto al aplicar cargas laterales que van en incremento hasta que la estructura alcanza un desplazamiento deseado o se llega al fallo. De esta manera podemos ver la secuencia de falla en la estructura y sus puntos débiles, es decir, zonas de los elementos estructurales que han incurrido en el rango no lineal y presentan deformaciones o rotaciones excesivas (Guide, s.f.).

Una vez identificados los puntos débiles de la edificación y ver su secuencia de falla, se determina el tipo de reforzamiento estructural adecuado para cada elemento de la estructura, con el objetivo de que la estructura presente un nivel de desempeño estructural para los distintos tipos de sismos, buscando por último el no colapso de la edificación ante sismos extremos (Vivienda M. d., Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014).

Las técnicas de reforzamiento pueden incrementar la resistencia y/o la ductilidad de la estructura y otras reducen la demanda sísmica; las intervenciones locales pueden tener un efecto sobre la respuesta local o global en mayor o menor grado (Engineers, 2017). Las técnicas de reforzamiento pueden ser:

Reforzamiento local, para mejorar la capacidad de elementos específicos de las estructuras

Encamisado: mejora la capacidad de carga, resistencia a la flexión y corte de elementos estructurales. Consiste en colocar alrededor del elemento estructural una capa de hormigón reforzado con varillas de acero, aumentando la sección transversal del elemento, esto aumenta su ductilidad y capacidad para absorber energía (Engineers, 2017).

Polímeros reforzados con fibra: se combinan fibras de refuerzo con una matriz de plástico, siendo un material muy ligero y resistente a la tracción. Las fibras pueden ser de carbono, vidrio o aramida (Engineers, 2017).

Reforzamiento global, cuyo objetivo es mejorar el desempeño de la estructura en general.

Arriostramientos y muros estructurales: restringen las fuerzas laterales de los sismos y ayudan a controlar el desplazamiento incrementando la rigidez de la edificación, además, pueden ayudar a elementos estructurales específicos a evitar el pandeo (Engineers, 2017).

Disipadores de energía: absorben parte de la energía sísmica que soportara la edificación, de esta manera reduce las deformaciones y daños que pudieran soportar los elementos estructurales principales de la edificación. Tenemos los disipadores friccionales que disipan la energía en la fricción entre dos superficies que se deslizan una sobre otra. Arriostramiento restringido contra pandeo que consiste en un núcleo de acero encamisado por una placa metálica rellena de hormigón, disipa la energía a través

de la deformación y funciona a tensión y compresión. Amortiguadores viscosos los cuales tiene un líquido viscoelástico que disipa la energía (Engineers, 2017).

Aisladores de base: su función es reducir la transmisión del movimiento sísmico en la base de la estructura, por lo tanto, se instalan en la base de edificaciones y algunos incluyen amortiguadores para aumentar su capacidad sísmica (Engineers, 2017).

2.1.1 Corrosión

La corrosión es un proceso mediante el cual el acero va perdiendo materia debido a reacciones químicas en su entorno, esto afecta las propiedades mecánicas del material, disminuyendo la capacidad de soportar cargas a tensión en elementos estructurales que estén constituidos con este material (Concepto, s.f.).

La corrosión en elementos de hormigón armado sucede debido alguna de las siguientes causas (Concepto, s.f.):

- Carbonatación: La infiltración de dióxido de carbono en el hormigón puede reducir el pH y corroer el acero.
- Acción de cloruros: Los cloruros presentes en el agua de mar o en sales de deshielo pueden acelerar la corrosión.
- Mala ejecución: Errores en la colocación, falta de recubrimiento adecuado y una compactación deficiente del hormigón pueden conducir a deterioros.



Ilustración 10 Corrosión de acero (Concepto, s.f.)

2.1.2 Carbonatación

La carbonatación en el hormigón es un proceso químico que sucede cuando el dióxido de carbono del medio ambiente penetra en el hormigón y reacciona con el hidróxido de calcio en el material. Este proceso convierte el hidróxido de calcio en carbonato de calcio, lo cual disminuye el pH del hormigón (Frederick S. Merritt, 1999).

Las consecuencias de este proceso es la eliminación de la protección pasiva del acero dentro de los elementos de hormigón armado, haciendo más susceptible la corrosión en el acero que también afecta al hormigón, debido a que el acero que se empieza a corroer se expande y genera grietas en el hormigón, disminuyendo su capacidad de resistir cargas a compresión y un debilitamiento a toda la estructura (Frederick S. Merritt, 1999).

2.1.3 Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15)

En 1970, Ecuador no contaba con una normativa nacional específica para la construcción de edificaciones. La evolución de las normativas de construcción en Ecuador ha sido un proceso gradual y significativo. Antes de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), que se estableció en 1996, las construcciones se guiaban principalmente por ordenanzas locales de ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca. Estas ordenanzas eran menos estructuradas y específicas en comparación con la NEC-15 (Vivienda M. d., 2017).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción recoge una serie de normativas, de obligatorio cumplimiento a nivel nacional, por las cuales se establecen los requisitos mínimos de seguridad y calidad que deben cumplir las edificaciones a nivel nacional, en todas las etapas del proceso constructivo. La NEC supone una actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción, vigente desde 1996 (Vivienda M. d., 2017).

La NEC-15 contempla medidas de mitigación para construcciones informales o edificaciones anteriores a la norma. Se contempla un capítulo único y exclusivo para la rehabilitación estructural de edificios existentes, proporcionando las herramientas necesarias para la evaluación y el proceso de análisis de patologías estructurales, de manera que se pueda desarrollar un proyecto de rehabilitación arquitectónica que

implique adaptar las estructuras existentes a los requisitos establecidos en la NEC-15 (Vivienda M. d., 2017).

2.1.4 Riesgo sísmico

Según el (Vivienda M. d., Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras, 2014) el riesgo sísmico resulta de la combinación de 3 factores:

- Peligro sísmico,
- Nivel de exposición,
- Vulnerabilidad al daño de las edificaciones.

Por lo tanto, el riesgo sísmico es la probabilidad de las consecuencias esperadas de daños que puedan originarse en un sistema ante la acción de un sismo, que pueda ocurrir en dicho sitio, considerando las probabilidades de que ocurran (Vivienda M. d., Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras, 2014).

El peligro sísmico es una descripción cuantitativa de la probabilidad de que en un sitio dado se dé la ocurrencia de un terremoto de distintas intensidades en un periodo de tiempo determinado (Vivienda M. d., Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras, 2014).

El análisis de vulnerabilidad se realiza a través de funciones de vulnerabilidad o fragilidad, que relacionan probabilísticamente una medida de intensidad sísmica con una medida de daño en la edificación. En muchos casos las funciones de vulnerabilidad también incorporan las consecuencias del daño en términos de pérdidas humanas y materiales (Vivienda M. d., Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras, 2014).

2.1.5 Análisis estático no lineal (PUSHOVER)

El análisis PUSHOVER es un método de análisis estructural no lineal utilizado para evaluar el comportamiento de edificaciones bajo cargas sísmicas. Esta técnica consiste

en aplicar desplazamientos o cargas a la edificación de forma incremental hasta que se llegue al punto de colapso (Guide, s.f.). La técnica del PUSHOVER es adecuada para:

- Obtener la Curva de Capacidad Lateral más allá del Rango Elástico.
- Obtener la formación secuencial de mecanismos y fallas en los elementos.

2.1.6 Relaciones esfuerzo-deformación

Cuando un material está sometido a fuerzas externas, desarrollará uno o más de los siguientes tipos de deformación: elástica lineal, elástica no lineal, viscoelástica, plástica e inelástica. Muchos materiales estructurales exhiben deformaciones lineales elásticas bajo cargas de diseño. Para estos materiales la deformación unitaria es proporcional al esfuerzo hasta que se alcanza cierto esfuerzo llamado límite de proporcionalidad, esta relación se conoce como ley de Hooke (Frederick S. Merritt, 1999).

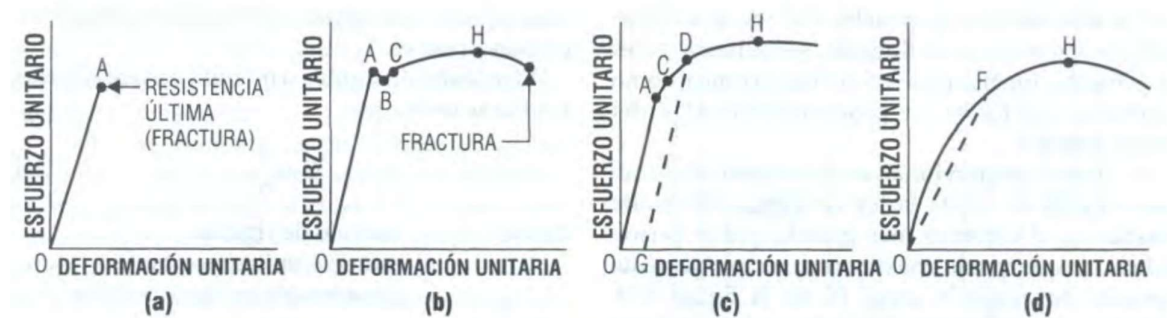


Ilustración 11 Esfuerzo vs deformación unitaria (Frederick S. Merritt, 1999)

En el comportamiento elástico no lineal, el esfuerzo no es proporcional a la deformación, pero no hay deformación residual permanente cuando se quita la carga (grafica d). Las otras graficas (grafica b, c y d) son características de materiales dúctiles; debido a que las deformaciones aumentan rápidamente cerca de la fractura con poco aumento en el esfuerzo, ellas dan una advertencia de la inminencia de la falla, mientras que los materiales frágiles fallan en forma súbita (grafica a) (Frederick S. Merritt, 1999).

Las rotulas plásticas son mecanismos localizados en zonas específicas de los elementos estructurales que permiten la disipación de energía y la redistribución de acciones, mejorando así el comportamiento global de la estructura (Núñez, 2018).

Durante un análisis PUSHOVER, las rotulas plásticas se generan en puntos críticos de la estructura, permitiendo evaluar cómo se comporta la estructura bajo cargas incrementales y identificar posibles mecanismos de colapso (Andrés Tomás López López, 2017).

2.1.7 Espectro De Capacidad

Este método consiste en comparar el espectro de capacidad de la estructura con el espectro de demanda sísmica para identificar el desplazamiento máximo o punto de desempeño, donde la capacidad y la demanda se igualan, permitiendo estimar la respuesta máxima de la edificación, la cual servirá de base para compararla con el nivel de desempeño esperado (Engineers, 2017).

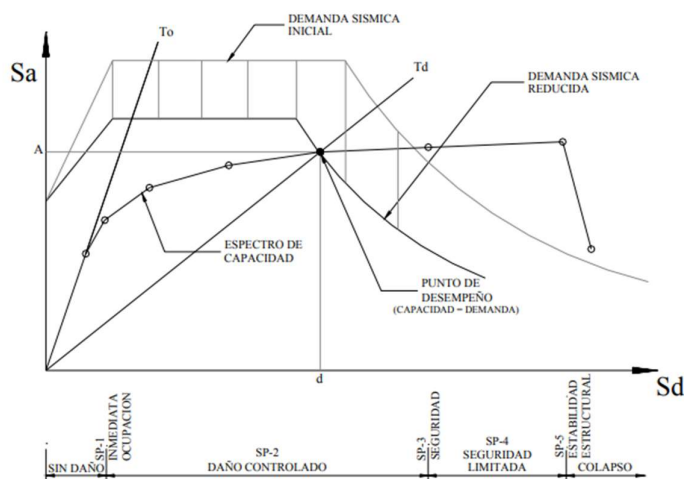


Ilustración 12 Punto de desempeño (ATC, 1996)

2.1.8 Curva de capacidad

Al aplicar cargas incrementales en los diferentes niveles de la edificación se puede hallar la curva de capacidad de la estructura, esta curva nos puede brindar valiosa información sobre el probable comportamiento de la estructura en su régimen inelástico, así como rangos de seguridad, sobre resistencias y ductilidades (Engineers, 2017).

2.1.9 Efectos P-Delta

Los efectos P-Delta son casos en los cuales en un sistema estructural en el cual están actuando cargas laterales (como las de viento o sismo) también hay cargas axiales importantes, que incrementaran la desviación lateral al inducir momentos de segundo orden al que inducen las cargas laterales, cuya resultante será el producto de la carga axial por la desviación producida por la carga lateral. Estos efectos son producidos por la no linealidad geométrica del elemento. Estos efectos son importantes en estructuras altas que experimentan cargas de gravedad y desplazamiento debido a cargas sísmicas o de viento (SkyCiv, 2016).

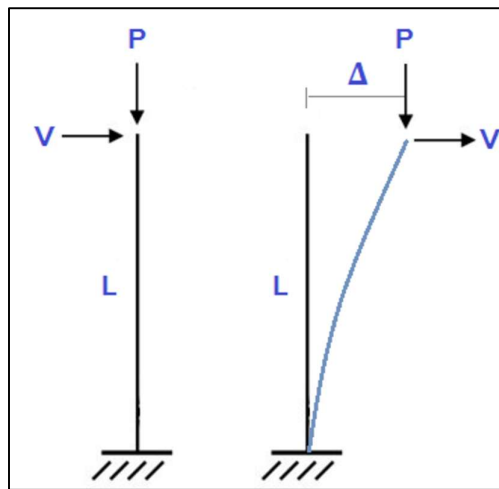


Ilustración 13 Momentos de segundo orden producidos por carga P y desplazamiento delta (SkyCiv, 2016)

2.1.10 Desempeño estructural

El desempeño estructural es la capacidad de una edificación para resistir y comportarse adecuadamente bajo cargas gravitacionales y accidentales, para la verificación del desempeño estructural se debe realizar un análisis no lineal. Según (Vivienda M. d., Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras, 2014) se debe verificar el cumplimiento de los siguientes objetivos de desempeño:

- Estructuras esenciales:
 - Seguridad de vida ante amenaza sísmica con $T_r=475$ años
 - Prevención de colapso ante amenaza sísmica con $T_r=2500$ años.
- Estructuras de ocupación especial:

- Prevención de colapso ante amenaza sísmica con $T_r=2500$ a

Tabla 2.2 Niveles de amenaza sísmica (Vivienda M. d., Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014)

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno T_r (años)	Tasa anual de excedencia ($1/T_r$)
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro (extremo)	2%	2 500	0.00040

Tabla 3.3 Niveles de amenaza sísmica (Vivienda M. d., Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras, 2014)

	Nivel de Prevención al Colapso (5-E)	Nivel de Seguridad de Vida (5-E)	Nivel de Ocupación Inmediata (1-B)	Nivel Operacional (1-A)
Daño Global	Severo	Moderado	Ligero	Muy Ligero
General	Pequeña resistencia y rigidez residual, pero columnas y muros cargados funcionando. Grandes derivas permanentes. Algunas salidas bloqueadas. Parapetos no asegurados que han fallado o tienen alguna falla incipiente. El	Algo de resistencia y rigidez residual ha quedado en todos los pisos. Elementos que soportan cargas gravitacionales aun funcionando, Fallas en muros dentro de su plano o parapetos inclinados. Algo de deriva permanente. Daño en paredes divisorias. El edificio se mantiene económicamente reparable.	No hay deriva permanente. La estructura aún mantiene resistencia y rigidez originales. Fisuras menores en fachadas, paredes divisorias, cielos rasos, así como en elementos estructurales. Los ascensores aún pueden ser encendidos.	No hay deriva permanente. La estructura aún mantiene la resistencia y rigidez originales. Fisuras menores en fachadas, paredes divisorias y cielos rasos, así como en elementos estructurales. Todos los sistemas importantes para una operación

	edificio está cerca del colapso		Sistema contra incendios aún operable.	normal están en funcionamiento.
Componentes No Estructurales	Daño severo	Peligro de caída de objetos mitigado, pero bastante daño en sistemas: arquitectónico, mecánico y eléctrico	Equipos y contenido están seguros de manera general, pero algunos no operan debido a fallas mecánicas o falta de utilidad	Ocurre daño insignificante. La energía eléctrica y otros servicios están disponibles, posiblemente por servicios de reserva

2.1.11 Reforzamiento estructural

El reforzamiento estructural consiste en mejorar la capacidad de los elementos estructurales para resistir los esfuerzos producidos por las cargas gravitacionales, accidentales y de impacto (Engineers, 2017). Esta decisión se puede tomar para:

- Mejorar desempeño sísmico/ extender vida útil
- Actualización/cumplimiento de requerimientos sismorresistentes
- Cambio de uso de la estructura
- Vulnerabilidad sísmica

En el campo del reforzamiento estructural se tienen algunos tipos de intervenciones como son las intervenciones convencionales cuyo objetivo es incrementar la rigidez de la estructura, las intervenciones de amortiguamiento que buscan disminuir la demanda sísmica mediante componentes de disipación de energía viscosos o friccionales y por último el aislamiento en la base reduce las demandas sísmicas añadiendo amortiguamiento a la base de edificación (Engineers, 2017).

Las técnicas disponibles para incrementar principalmente la resistencia última y rigidez son las siguientes (Engineers, 2017):

- Adición/relleno con muros de cortante sobre/dentro de marcos existentes.
- Adición/relleno con elementos metálicos (marcos, paneles) sobre/dentro de marcos existentes.

- Encamisado con concreto reforzado.



Ilustración 14 Encamisado de columna de concreto (Sika)

- Adición de muros laterales a las columnas existentes.
- Adición de contrafuertes a la estructura.
- Engrosamiento o ensanchamiento de elementos.
- Adición de elementos metálicos o de FRP adheridos y/o anclados externamente (perfil, ángulo, placa, lámina, barras).
- Colocación de cables tensados externos de acero o FRP.

Las técnicas disponibles para incrementar principalmente la capacidad de deformación o ductilidad son las siguientes (Engineers, 2017):

- Encamisado con malla de acero y concreto o mortero de protección.
- Encamisado o envoltura con láminas de acero (relleno, adheridas, ancladas).
- Encamisado o envoltura con ángulos y placa de acero (relleno, adheridas).
- Encamisado o envoltura con materiales compuestos FRP.



Ilustración 15 Refuerzo a cortante con láminas CFRP (Sika)

La técnica disponible para mejorar tanto la resistencia lateral y la capacidad de deformación o ductilidad es la siguiente (Engineers, 2017):

- Adición/relleno con un sistema de arriostramiento dúctil de acero.



Ilustración 16 Marco metálico (Sika)

La técnica disponible para reducir la demanda sísmica es la siguiente (Engineers, 2017):

- Aislamiento sísmico.



Ilustración 17 Aislador sísmico (Sika)

2.2 Marco metodológico



Ilustración 18 Flujograma de metodología (Autores, 2024)

Diseño de investigación: La investigación es cuantitativa debido a que se corroborara la mejora en el desempeño sísmico de la edificación mediante la comparación de gráficas y datos numéricos, obtenidos a través de un modelo computacional del edificio, antes y después de mejorar las propiedades mecánicas de los elementos que la conforman, utilizando un análisis estático no lineal para obtener dichos datos.

Instrumentos de recopilación de datos: Los datos principales de la edificación como propiedades de los materiales, geometría, secciones de los elementos estructurales, etc. se obtendrán mediante investigación de ensayos y evaluaciones de la edificación previamente hechas. Para obtener los datos del análisis estático no lineal se utilizará un software de análisis y diseño de estructuras, que nos permitirá poner a prueba a la edificación al someterlas a cargas lateras y arrojar resultados como reacciones y desplazamientos.

Procedimientos de recolección de datos: Se solicitará de manera formal al Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas los estudios que disponga de esta edificación, se revisará y analizará la información contenida para luego usarla en el modelamiento computacional

estructural. Mediante entrevistas con los autores del estudio se corroborarán datos e incertidumbres sobre la edificación.

Análisis de datos: Para analizar los datos obtenidos se utilizará software especializado en análisis y diseño de estructuras de edificaciones, que permitirá modelar la geometría, elementos, asignar propiedad de los materiales y aplicar cargas a la estructura. Este mismo software resolverá las ecuaciones para obtener las reacciones, esfuerzos, tensiones y desplazamientos en la estructura.

Limitaciones y delimitaciones: Dentro de esta investigación no se toma en cuenta la cimentación de la edificación. Debido a que no se cuenta con un presupuesto para estudios y ensayos, nos basamos en la información contenida en estudios previos de la edificación para realizar un análisis estático no lineal. Esta investigación tampoco abarca la resolución de problemas estéticos, arquitectura, fontanería y electricidad de la edificación, y para los problemas en elementos estructurales actuales como desprendimiento del recubrimiento de acero, corrosión del acero, carbonatación, fisuras, y desniveles en losa solo se realizan recomendaciones para su solución.

La metodología para evaluar la estructura de la edificación es la basada en desempeño, es decir, se buscará que la estructura cumpla con niveles de desempeño estipulados en la norma NEC-15 bajo la acción de fuerzas sísmica para periodos de retorno de 475 y 2500 años. Los pasos esenciales para esta metodología son:

- Definir los niveles de desempeño que debe cumplir la estructura en base a la norma NEC-15.
- Simular el escenario del evento sísmico utilizando la metodología de análisis estático no lineal.
- Evaluar los resultados y determinar una estrategia de reforzamiento que permita mejorar el desempeño.
- Validar la mejora del desempeño sísmico a través de la comparación de datos de la estructura sin reforzar y reforzada.

2.2.1 Trabajo de laboratorio o gabinete

Una vez que se cuenta con la información de la geometría de la edificación y elementos estructurales y características mecánicas de los materiales utilizados en la estructura, se procede a modelar la edificación en un software especializado en análisis y diseño estructural que permitirá acelerar el proceso de cálculo y análisis de los resultados, al resolver las ecuaciones de movimiento a medida que actualiza la matriz de rigidez, mientras la estructura entra en el rango no lineal producido por una carga lateral incremental; en esto consiste el análisis estático no lineal (PUSHOVER) (Inc., 2024).

Los pasos para el modelo estructural computacional fueron:

1. **Definición de materiales:** En base a los estudios previos en los cuales se extrajeron núcleos de hormigón de las columnas, vigas y losa para ser ensayados a compresión en un laboratorio, se obtuvieron los valores de resistencia a la compresión promedios del hormigón, este valor es de 105.10 Kgf/cm², en cual se aplicó a todos los elementos estructurales de hormigón de la edificación. Para obtener este valor promedio no se incluyeron los valores de la columna N3 y losa N7 debido a que son valores extremos muy alejados de los demás (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023).

Este valor tan bajo de resistencia a la compresión para el hormigón, el cual no llega ni por cerca de los requisitos de resistencia actuales para una estructura de esta envergadura, se puede entender debido a las siguientes asunciones: un mal control de calidad en la producción del hormigón y que las muestras obtenidas y ensayadas no abarcan a todos los elementos de la estructura.

$$f'_{c_{promedio}} = \frac{f'_{c(N1+N2+N4+N5+N6+N8)}}{6 \text{ muestras}} \quad (2.1.)$$

$$f'_{c_{promedio}} = \frac{(114.3 + 81.28 + 113.39 + 88.1 + 90.9 + 114.81) \text{Kgf/cm}^2}{6 \text{ muestras}}$$

$$f'c_{promedio} = 100.50 \frac{Kgf}{cm^2} = 9.90 MPa$$

The screenshot shows a software window titled 'Material Name and Type' and 'Design Properties for Concrete Materials'. In the first section, 'Material Name' is set to 'f'c 100Kgf/cm^2', 'Material Type' is 'Concrete, Isotropic', and 'Grade' is empty. In the second section, 'Specified Concrete Compressive Strength, f'c' is set to '9.9' MPa. There is an unchecked checkbox for 'Lightweight Concrete' and an empty field for 'Shear Strength Reduction Factor'.

Ilustración 19 Asignación de resistencia a la compresión del hormigón (Autores, 2024)

Los estudios previos también determinaron que el acero de refuerzo usado para el hormigón armado son varillas lisas, lo cual puede ser entendible debido a la antigüedad de la edificación (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023). Actualmente el acero liso que se produce se lo hace bajo la norma ASTM A706 Grado 60 (Adelca) el cual es un acero con menor contenido de carbono y resistencia al esfuerzo de fluencia que el acero ASTM A615 Grado 60, del cual forman parte las varillas de acero corrugado que se usan en la actualidad para la construcción de hormigón armado. Se asumió un acero A706 Gr60 para el acero de refuerzo del hormigón en el software.

The screenshot shows a software window titled 'Material Name and Type' and 'Design Properties for Rebar Materials'. In the first section, 'Material Name' is 'A706 Gr60', 'Material Type' is 'Rebar, Uniaxial', and 'Grade' is 'Grade 60'. In the second section, four mechanical properties are listed with their values in MPa: 'Minimum Yield Strength, Fy' (413.69), 'Minimum Tensile Strength, Fu' (551.58), 'Expected Yield Strength, Fye' (455.05), and 'Expected Tensile Strength, Fue' (606.74).

Ilustración 20 Propiedades mecánicas del acero de refuerzo (Autores, 2024)

- 2. Definición de secciones de elementos estructurales:** En base al informe previo se definieron las geometrías de las secciones de los elementos estructurales como columnas y vigas, también se asignó el acero de refuerzo longitudinal y transversal. Las propiedades del hormigón y acero también fueron asignadas a estos elementos y sus refuerzos en este paso. Se considero una disminución del momento de inercia alrededor de los ejes 3 y 2 de los elementos para considerar fisuras actuales, desgaste del material por el tiempo o cargas accidentales que lo hayan afectado en el pasado. Para columnas se tiene el 80% y para vigas el 50% de la inercia no agrietada del elemento.

Ilustración 21 Definición de sección transversal de columna 50x50 cm (Autores, 2024)

Ilustración 22 Definición de acero de refuerzo para columna de 50x50 cm (Autores, 2024)

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.8
Moment of Inertia about 3 axis	0.8
Mass	1
Weight	1

Ilustración 23 Momento de inercia modificado para columnas (Autores, 2024)

La edificación actual cuenta con ménsulas de las cuales se conoce que no fueron construidas en un principio con la edificación (Alexis Javier Jama Zambrano, 2023). Para considerar este nuevo elemento estructural se lo modelo junto con las vigas como un elemento no prismático en el software.

General Data

Property Name: V-Mn Y

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Nonprismatic

☐ Show Current Segment Only

Nonprismatic Section Segments

Show: Elevation (1-2 Axes) Show Aligned at This Cardinal Point: 10 (Centroid)

	Start Section	End Section	Length Type	Length, m	EI33 Variation	EI22 Variation
►	Mn Y	V 20x70	Proportional	0.35	Parabolic	Linear
	V 20x70	V 20x70	Proportional	0.3	Parabolic	Linear
	V 20x70	Mn Y	Proportional	0.35	Parabolic	Linear
*						

Ilustración 24 Modelado de viga con ménsula (Autores, 2024)

- 3. Modelado de la estructura:** Con los materiales y secciones transversales definidos se procedió a modelar la estructura en base a los planos, comentarios y fotos del informe previo.

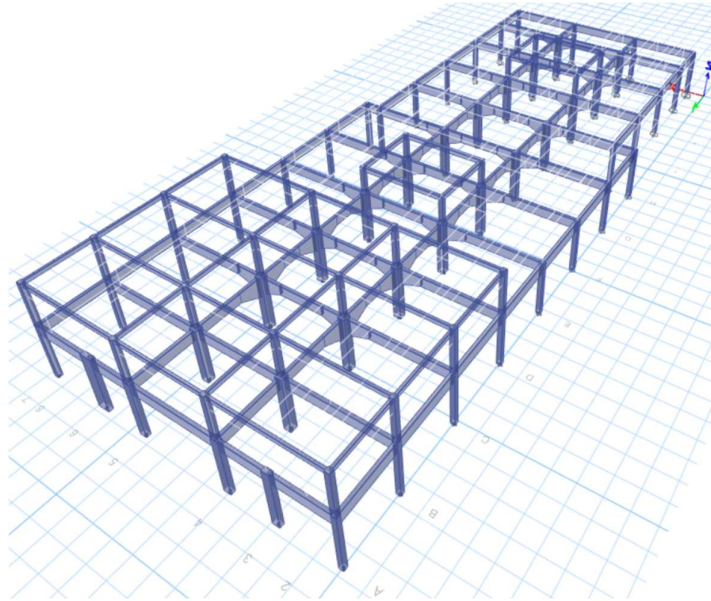


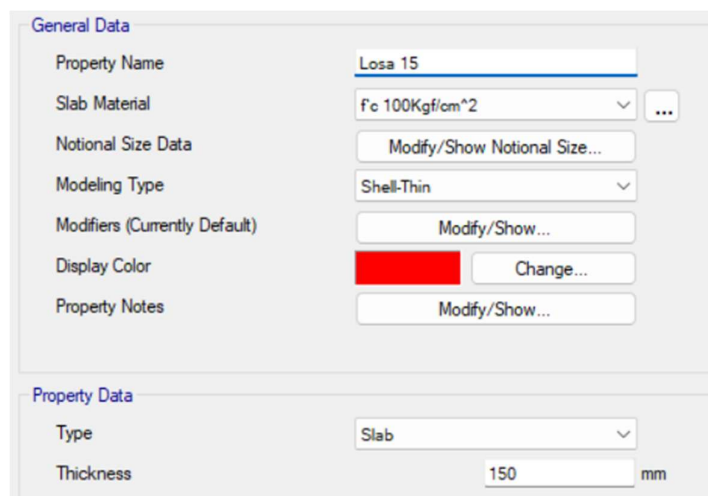
Ilustración 25 Modelo tridimensional de la estructura de la edificación (Autores, 2024)

- 4. Modelado de losa:** Se modeló la losa maciza de hormigón armado de 15 cm de espesor como un elemento tipo placa delgada en el software. Los elementos tipo placa delgada se utilizan cuando:

- Existe rigidez a flexión fuera de su plano, esto quiere decir que tiene la capacidad de flexionarse y distribuir las cargas considerando esta rigidez fuera del plano (Inc., 2024).
- Se usan para losas en dos direcciones, es decir, que se flexionan en sentido X-Y, el cual es el tipo de losa que se tiene en la edificación considerando que los paños de losa están apoyados en sus cuatro lados, su relación largo-ancho es menor a 2 y que su distribución de acero de refuerzo forma una malla (Inc., 2024).
- Su espesor es mucho más pequeño que sus otras dos dimensiones; largo y ancho (Inc., 2024).
- No se tiene en cuenta la deformación por cortante transversal en el comportamiento de flexión de la placa (Inc., 2024).

A esta losa se aplicó un diafragma rígido para considerar que todos los nudos del piso comparten el mismo desplazamiento en el plano X-Y, además de un mallado de elementos finitos para facilitar el análisis y distribución de cargas a las vigas (Inc., 2024).

Es importante mencionar que los dos tragaluces en el centro de la losa tienen asignada una losa de 10 cm de espesor con las mismas propiedades para el modelado que la losa de 15 cm de espesor.



The image shows a software interface for defining slab properties, divided into two sections: "General Data" and "Property Data".

General Data

- Property Name: Losa 15
- Slab Material: f_c 100Kgf/cm²
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Modeling Type: Shell-Thin
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: A red color swatch with a Change... button.
- Property Notes: Modify/Show...

Property Data

- Type: Slab
- Thickness: 150 mm

Ilustración 26 Definición del tipo de modelo y propiedades de losa (Autores, 2024)

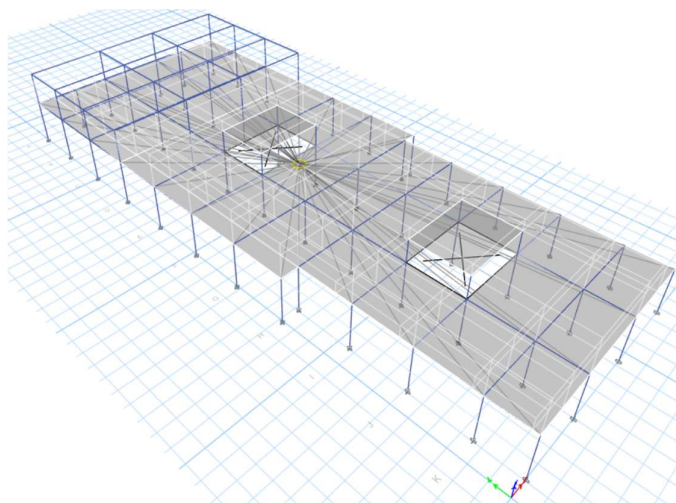


Ilustración 27 Modelo estructural con losa y diafragma rígido (Autores, 2024)

- 5. Definición del caso de carga no lineal estático:** Para el análisis PUSHOVER solo se consideró el peso propio de los elementos estructurales del modelo. Previo al análisis PUSHOVER se definió el caso de carga Dead (carga muerta), el cual corresponde al peso propio de la estructura, como un caso de carga estático no lineal, para considerar el hecho de que los elementos de la estructura hayan entrado en el rango no lineal debido a su peso propio.

Ilustración 28 Definición de carga muerta como caso estático no lineal (Autores, 2024)

- 6. Definición del caso de carga PUSHOVER X-Y:** Se definió un caso de carga llamado PUSHOVER para los sentidos X-Y de la edificación con el fin de analizarla en ambos sentidos, teniendo en cuenta que las ondas sísmicas pueden provenir de cualquier dirección (Awad, 2012). Este caso de carga comienza luego del caso de carga Dead (carga muerta) y considera los efectos P-Delta.

El control para la aplicación de la carga se lo realizó en base al control de desplazamiento en el sentido correspondiente X-Y en el nudo 21 de la losa, el cual es el nudo del diafragma rígido. Se estableció un límite de desplazamiento de 85 mm.

La carga aplicada es de 636 Tonf para los sentidos X-Y, esta carga corresponde al cortante basal de diseño.

Number of Load Sets 1

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf	Mz kN-m
Story1	D1	636	0	0

1

☒ Apply Load at Diaphragm Center of Mass

Additional Eccentricity Ratio (all Diaphragms) 0.05

Sort Rows Add Row Delete Row(s)

Ilustración 29 Definición del patrón de carga PUSHOVER (Autores, 2024)

General

Load Case Name Push Over X - Load Design...

Load Case Type Nonlinear Static Notes...

Mass Source MsSrc1

Analysis Model Default

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case Dead No Lineal

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Push X	1

Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case Modal

Geometric Nonlinearity Option P-Delta

Load Application Displacement Control Modify/Show...

Results Saved Multiple States Modify/Show...

Floor Cracking Analysis No Cracked Analysis Modify/Show...

Nonlinear Parameters Default - Iterative Event-to-Event Modify/Show...

Ilustración 30 Definición del caso de carga PUSHOVER (Autores, 2024)

Load Application Control

☐ Full Load

☒ Displacement Control

☐ Quasi-Static (run as time history)

Control Displacement

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of mm

Monitored Displacement

☒ DOF/Joint

☐ Generalized Displacement

Additional Controlled Displacements

Quasi-static Parameters

Time History Type

Output Time Step Size sec

Mass Proportional Damping 1/sec

Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha

Ilustración 31 Control para la aplicación de la carga (Autores, 2024)

- 7. Asignación de rotulas plásticas:** Las rotulas plásticas fueron asignadas en vigas y columnas en los sitios donde se producían los mayores momentos, esto es cerca de los extremos de los miembros. El modelo de rotulas plástica es de deformación controlada debido a que de esta manera la estructura presentara un comportamiento más dúctil. Las rotulas fueron definidas para modelos de momento-rotación.

Defined Hinge Props

Name
Rotula C
Rotula V

Click to:

☐ Show Hinge Details

☐ Show Generated Props

Hinge Property Name

Hinge Type

☐ Force Controlled (Brittle)

☒ Deformation Controlled (Ductile)

Ilustración 32 Definición de rotulas plásticas (Autores, 2024)

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.025
D-	-0.2	-0.015
C-	-1.1	-0.015
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.1	0.015
D	0.2	0.015
E	0.2	0.025

☒ Symmetric

Additional Backbone Curve Points

☐ BC - Between Points B and C

☐ CD - Between Points C and D

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☒ Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Scaling for Moment and Rotation

☒ Use Yield Moment

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Moment SF Positive Negative kN-m

Rotation SF Positive Negative

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy

☐ Life Safety

☐ Collapse Prevention

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Positive Negative

0.003 0.012 0.015

OK Cancel

Ilustración 33 Parámetros de rotulas plásticas (Autores, 2024)

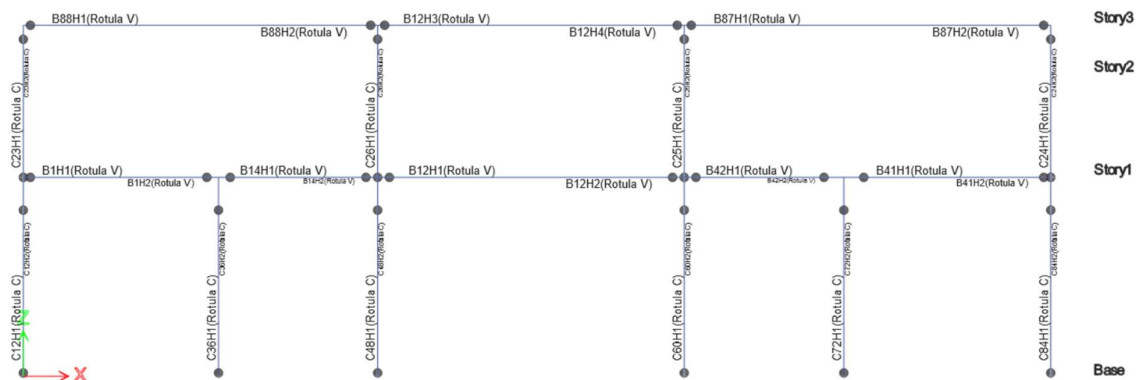


Ilustración 34 Asignación de rotulas plásticas a la estructura (Autores, 2024)

- Análisis para obtención de resultados:** Se dio la orden al software de empezar aplicar la carga lateral para cada dirección X-Y y empezar a obtener los esfuerzos, tensiones, reacciones, deformaciones y desplazamientos de la estructura. Con estos datos se analizará el mecanismo de falla y el punto de desempeño.

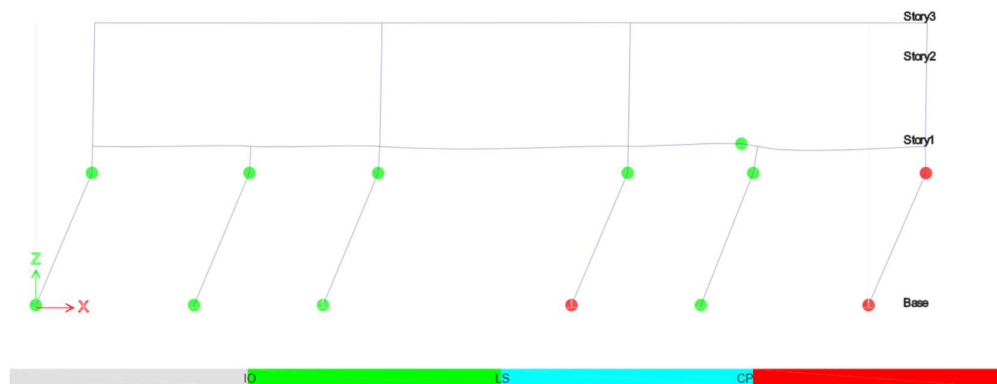


Ilustración 35 Desplazamiento de pórticos (Autores, 2024)

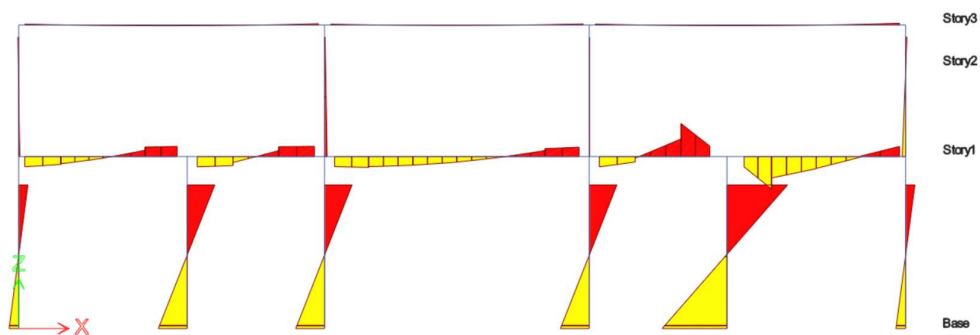


Ilustración 36 Diagramas de momentos en vigas y columnas (Autores, 2024)

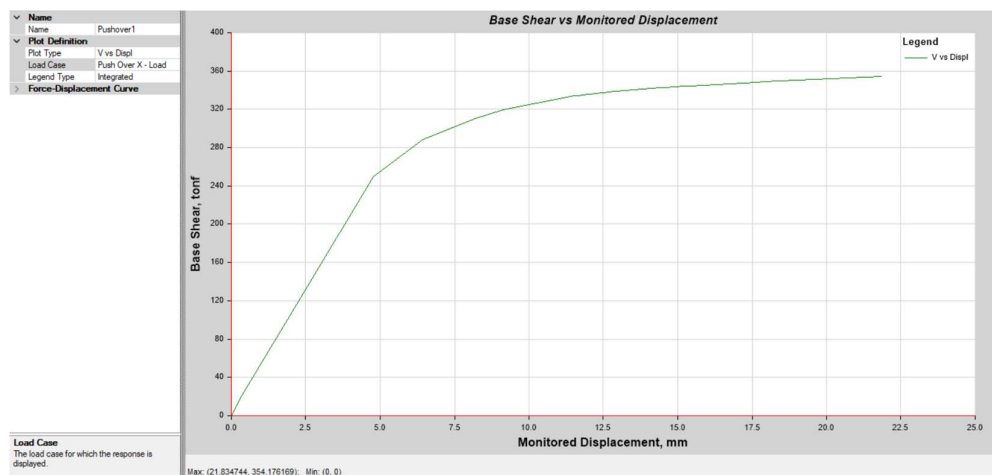


Ilustración 37 Curva cortante en la base vs. Desplazamiento (Autores, 2024)

9. Obtención del desempeño sísmico: Para obtener el desempeño sísmico de la estructura primero se obtiene la curva de demanda para un sismo raro y muy raro (la curva de demanda representa la demanda sísmica a la cual la estructura se verá impuesta en un terremoto), esto se logra siguiendo el estándar ASCE 41-17 que utiliza un factor de amplificación que depende del coeficiente de amortiguamiento de la estructura y la probabilidad de exceso (Engineers, 2017). Para obtener los espectros de respuesta se siguió la metodología de la norma NEC-15; para el sismo raro se utilizó un coeficiente de importancia de 1.30 y para el sismo muy raro 1.50 (Vivienda M. d., Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014).

Los niveles de desempeño sísmico se trazan en la gráfica con los siguientes valores y criterios:

Tabla 4.3 Criterios para graficar los niveles de desempeño (Engineers, 2017)

Nivel Desempeño Operacional	Nivel Desempeño Funcional	Nivel de Seguridad de Vida	Nivel de Prevención al Colapso	Nivel de Colapso
Desplazamiento menor o igual a la fluencia efectiva	Desplazamiento mayor que, fluencia efectiva pero menor o igual que la fluencia efectiva más el 30% del rango plástico	Desplazamiento mayor que, fluencia efectiva más 30% del rango plástico, pero menor o igual que la fluencia efectiva más el 60% del rango plástico	Desplazamiento mayor que, fluencia efectiva más 60% del rango plástico, pero menor o igual que la fluencia efectiva más el 80% del rango plástico	Desplazamiento mayor que fluencia efectiva más 80% del rango plástico
Desplazamiento de 0 hasta 4.78 mm	Desplazamiento de 4.78 hasta 9.89 mm	Desplazamiento de 9.89 hasta 15.01 mm	Desplazamiento de 15.01 hasta 18.42 mm	Desplazamiento de 18.42 mm en adelante

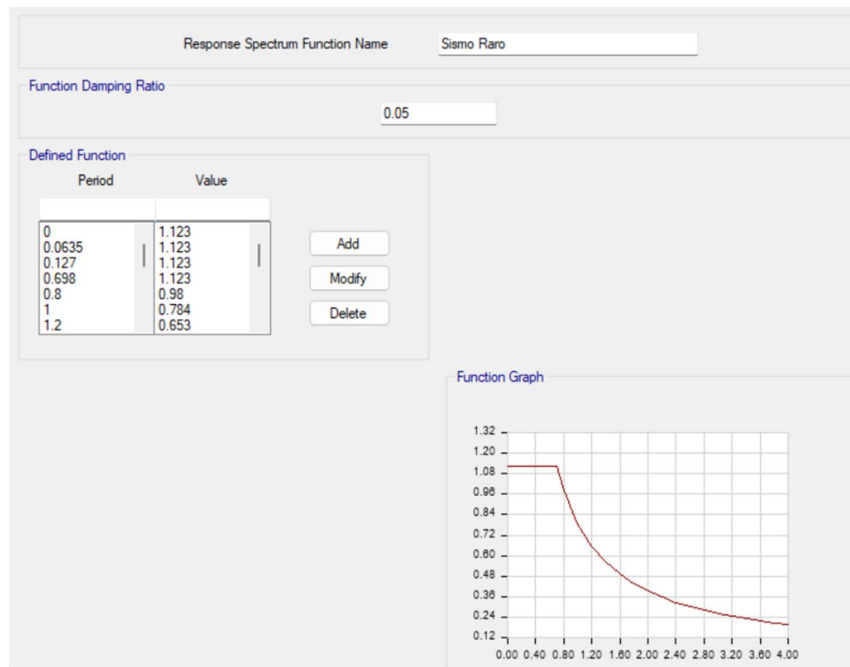


Ilustración 38 Espectro de respuesta para un sismo raro (Autores, 2024)

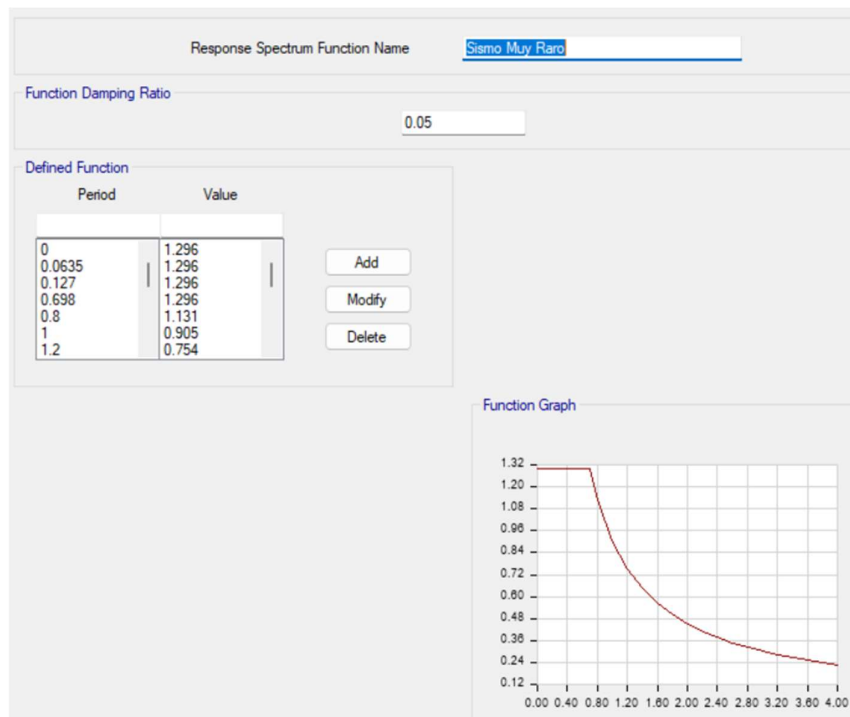


Ilustración 39 Espectro de respuesta para un sismo muy raro (Autores, 2024)

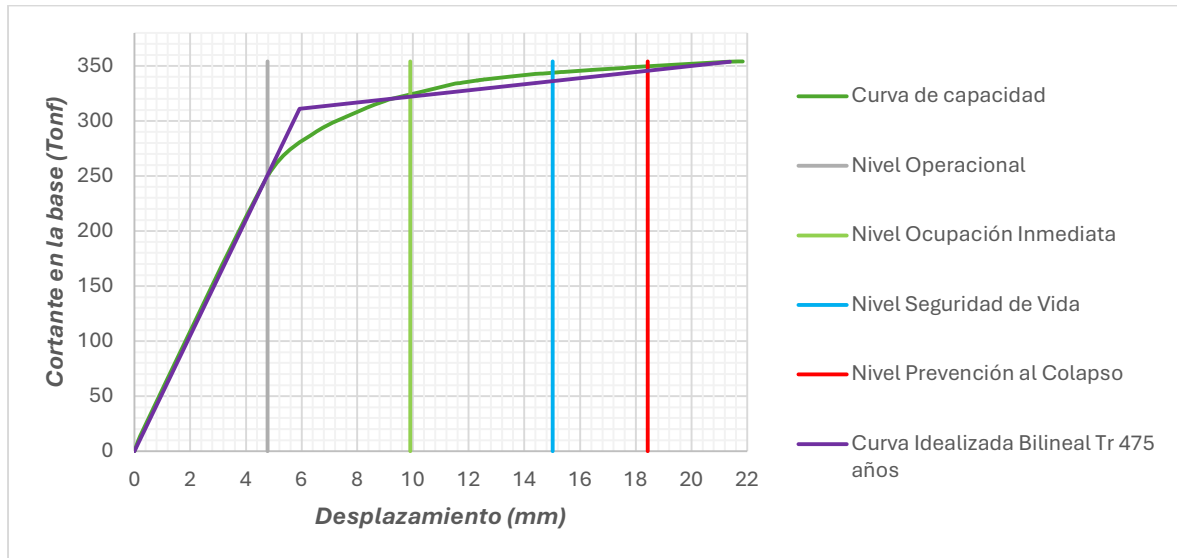


Ilustración 40 Desempeño sísmico, dirección X, sismo raro (Autores, 2024)

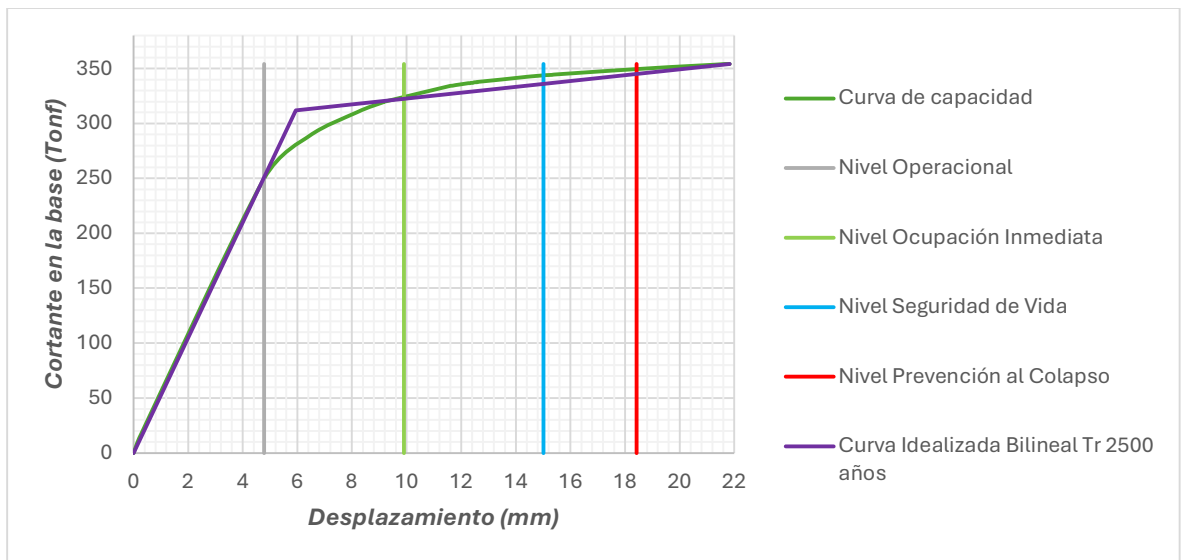


Ilustración 41 Desempeño sísmico, dirección X, sismo muy raro (Autores, 2024)

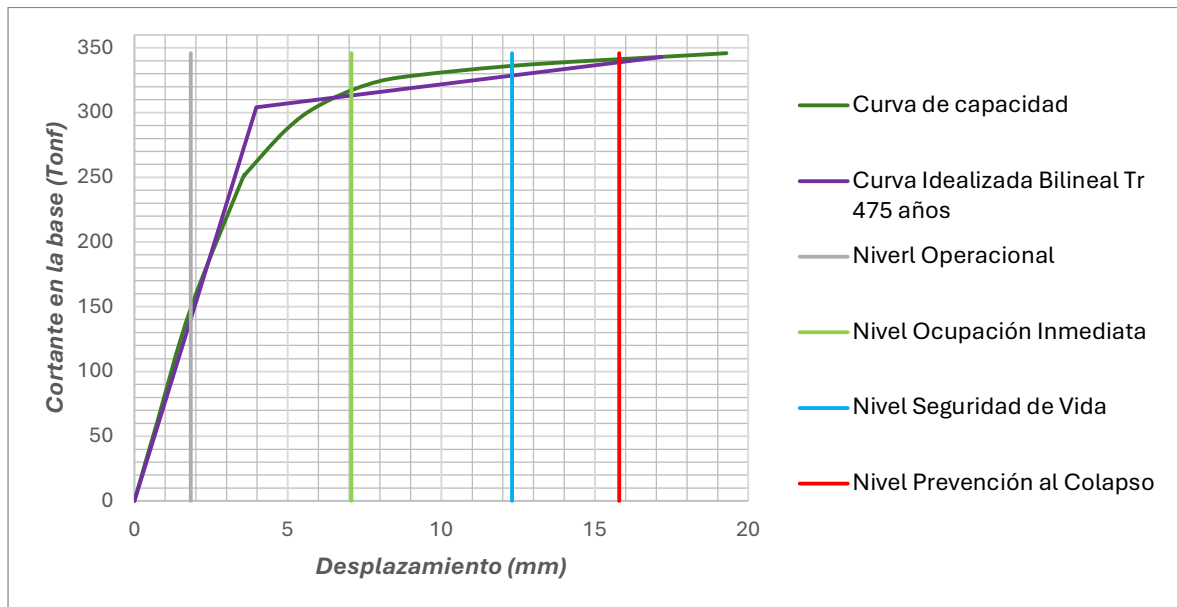


Ilustración 42 Desempeño sísmico, dirección Y, sismo raro (Autores, 2024)

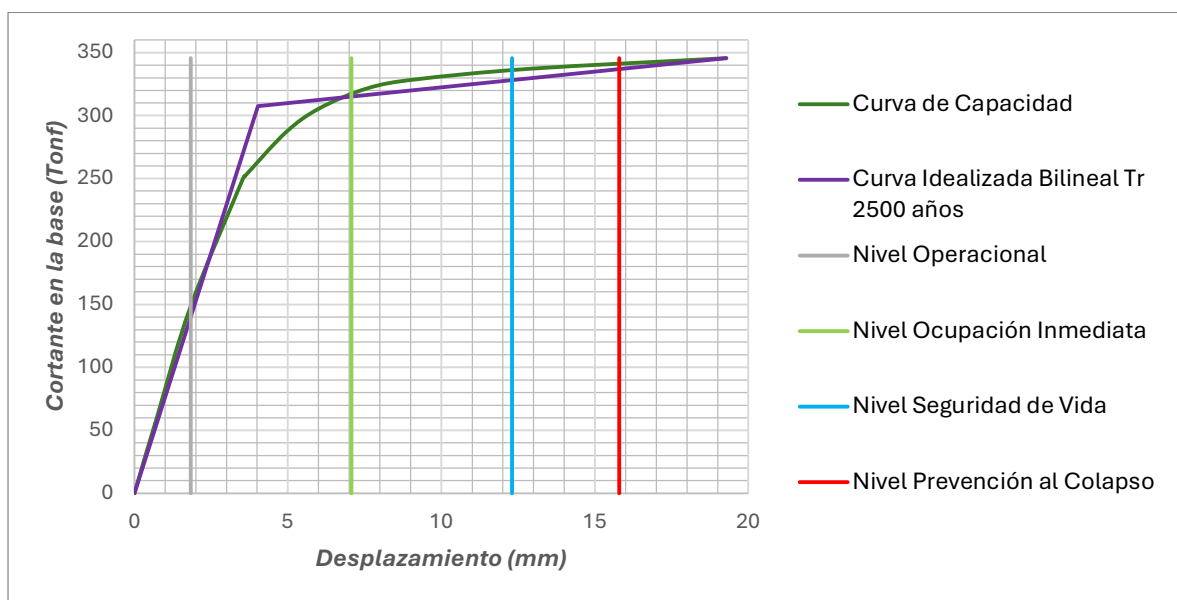


Ilustración 43 Desempeño sísmico, dirección Y, sismo muy raro (Autores, 2024)

2.2.2 Tabulación de datos

Los datos obtenidos del análisis del modelo estructural del Edificio Panamá a través del software son los siguientes:

Tabla 5.4 Desplazamientos del centro de masas (Autores, 2024)

Caso de carga	Paso	Dirección X (mm)	Dirección Y (mm)
PUSHOVER X	25	21.97	0.06
PUSHOVER Y	14	0.59	19.28

Tabla 6.5 Reacciones en la base de la estructura (Autores, 2024)

Caso de carga	Paso	FX (Tonf)	FY (Tonf)	MX (Tonf-m)	MY (Tonf-m)
PUSHOVER X	25	-354.17	-1.95	20 243.44	-9130.08
PUSHOVER Y	14	-3.77E-05	-345.72	19 840.09	-7624.83

Los valores de desplazamientos y fuerzas para las direcciones X-Y son cercanos, sin embargo, los valores de momentos difieren mucho, esto puede deberse a que la estructura tiene mayor inercia en la dirección Y que en X.

Tabla 7.6 Desempeño sísmico (Autores, 2024)

Sismo	Caso de carga	Desplazamiento (mm)	Cortante en la base (Tonf)	Nivel de desempeño
Raro (T_r : 475 años)	PUSHOVER X	21.37	353.76	Colapso
	PUSHOVER Y	17.17	342.88	Colapso
Muy raro (T_r : 2 500 años)	PUSHOVER X	21.83	354.17	Colapso
	PUSHOVER Y	19.28	345.72	Colapso

Para los sismos raro y muy raro con un periodo de retorno de 475 y 2500 años respectivamente la estructura muestra un nivel de desempeño que lo ubica en el colapso, cuando para el sismo raro debería presentar un nivel de desempeño en el nivel de seguridad de vida y para el sismo raro en el nivel de prevención al colapso.

Se asignaron 395 rotulas plásticas a la estructura, en vigas y columnas, las rótulas para los casos PUSHOVER X-Y aparecen primero en las columnas, esto no permite cumplir

el criterio de columna fuerte – viga débil, generando una estructura inestable y un mecanismo de falla de colapso de la losa de cubierta.

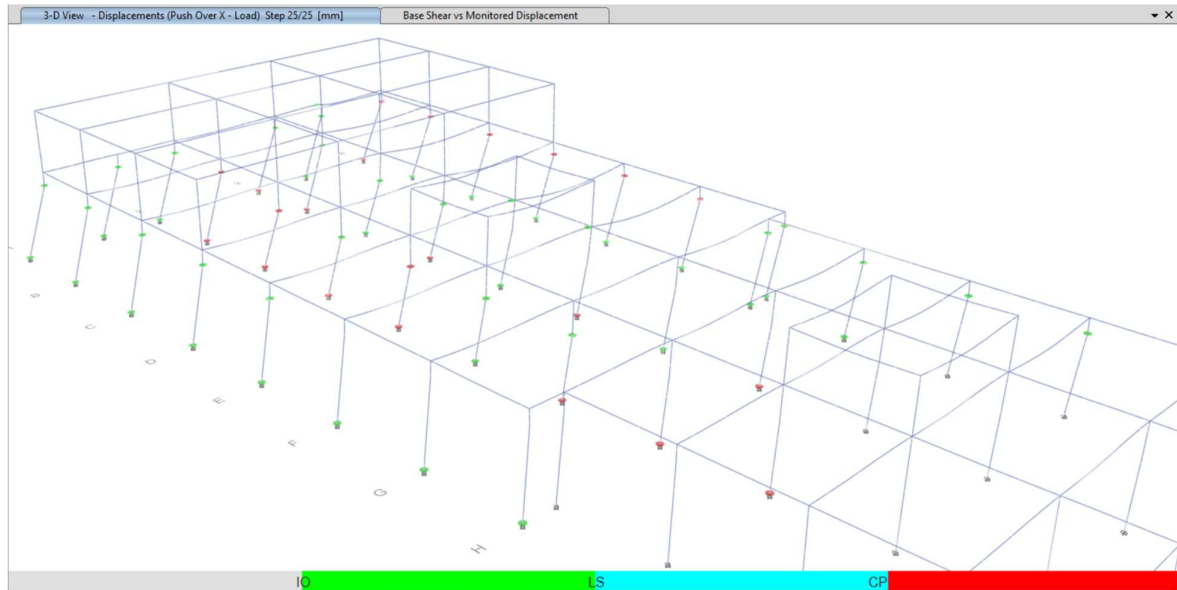


Ilustración 44 Formación de rótulas caso PUSHOVER X (Autores, 2024)

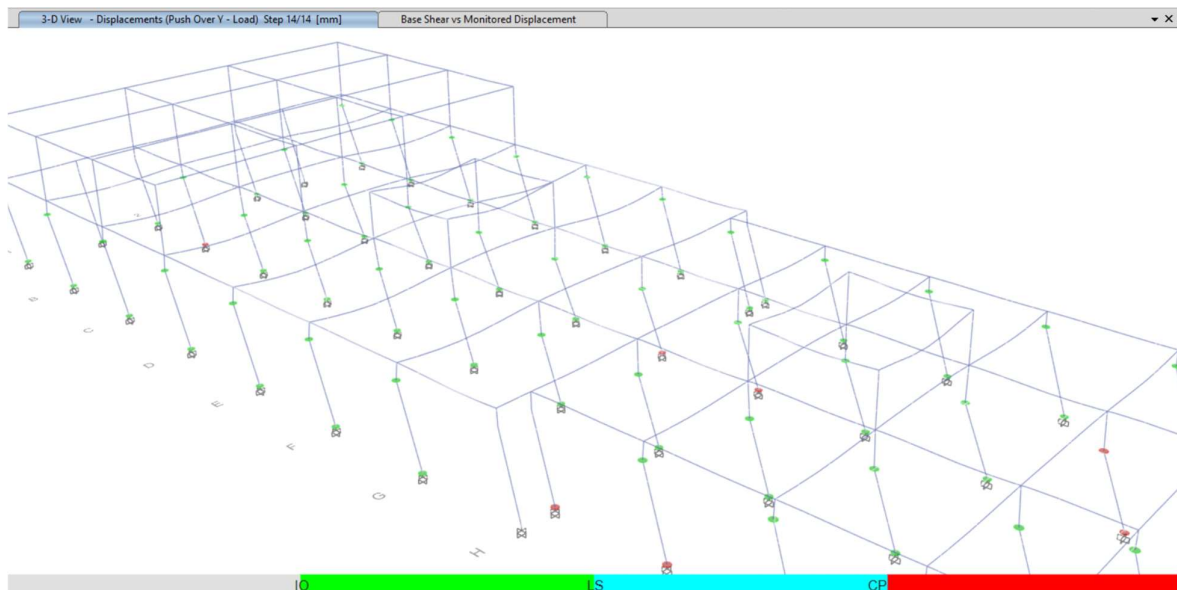


Ilustración 45 Formación de rótulas caso PUSHOVER Y (Autores, 2024)

Ahora la tarea será reforzar la estructura en sus puntos débiles para mejorar el desempeño sísmico y cumplir con los requisitos de la norma NEC-15.

2.2.3 Solución a diseñar

En base a los resultados obtenidos se escogerá un encamisado de hormigón para las columnas de la edificación, esto ayudará a resistir los momentos actuantes y a evitar rotaciones excesivas que pongan en riesgo la seguridad integral del edificio.

El encamisado constara de una armadura de acero y un hormigón de alta resistencia, para compensar el hormigón de mala calidad de la edificación. El modelo estructural se actualizará con estos nuevos valores de secciones y materiales. Se espera obtener la mejora del desempeño sísmico de la edificación para que cumpla con los requisitos de la norma NEC-15.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

En esta sección de reforzamiento estructural consideramos utilizar los criterios de la normativa (FEMA, 2006) en el capítulo 12 que establece el estudio de edificios tipo C1, pórticos de hormigón armado a momentos.

El tipo de reforzamiento seleccionado para esta estructura es sistema tradicional de encamisado de concreto para los elementos como columnas, con la finalidad de aumentar la capacidad sísmica de los elementos estructurales (Engineers, 2017).

Para el modelado del reforzamiento utilizaremos una resistencia a la compresión mejorada de $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo A615Gr60.

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: kgf./m³

Mass per Unit Volume: kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: kgf./m²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Shear Modulus, G: kgf./m²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

☒ Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

☐ User Specified

Ilustración 46 Propiedades del concreto (Autores, 2024)

General Data

Material Name: A615Gr60

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7849.05 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 800.38 kgf·s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20389019158 kgf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Ilustración 47 Propiedades del acero (Autores, 2024)

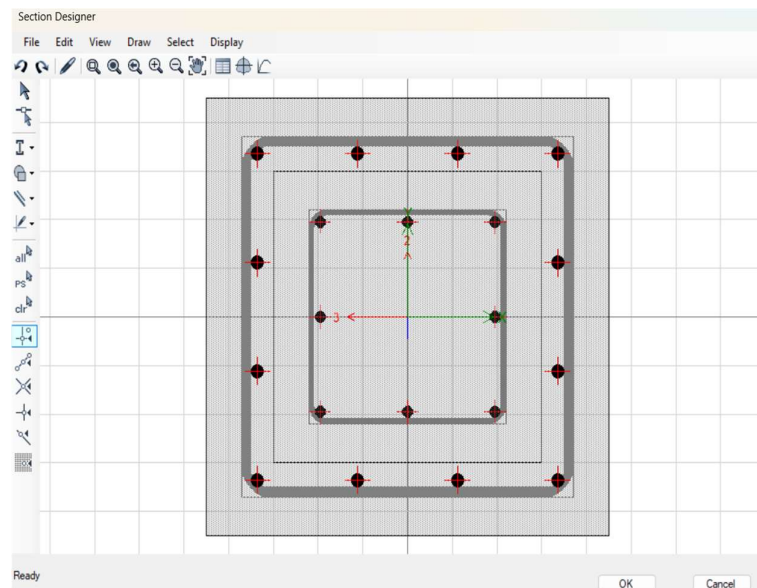


Ilustración 48 Sección de columna reforzada 45x45 (Autores, 2024)

12 ϕ 16 mm

1 Est. ϕ 10 mm c/. 100-150-100 mm

Cuantía = 1,19 %

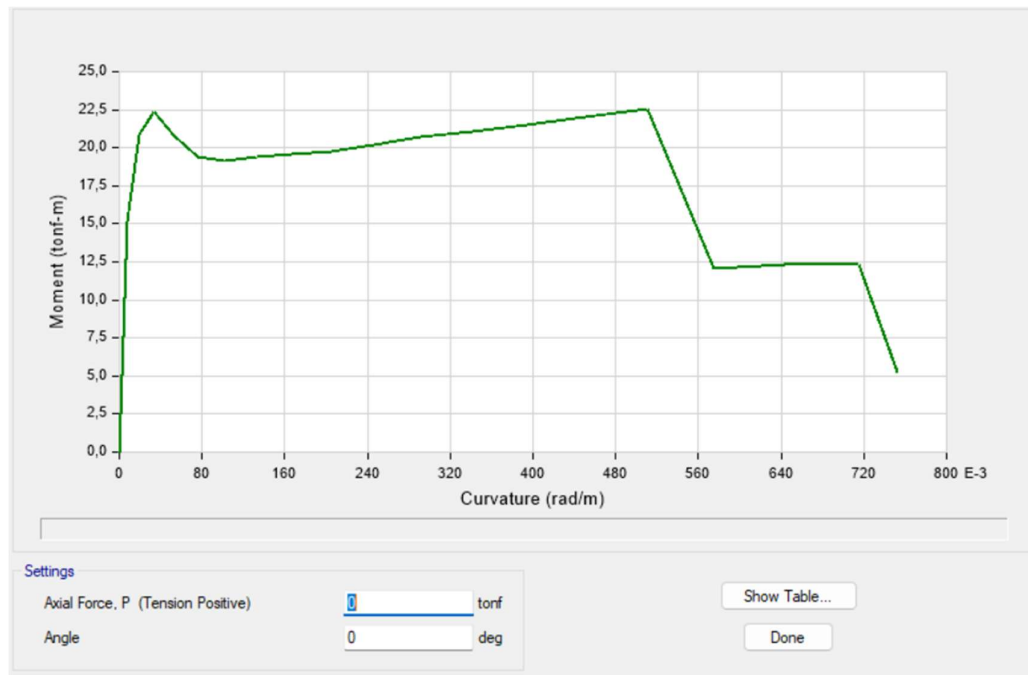


Ilustración 49 Diagrama de momento – curvatura de columna reforzada 45x45 (Autores, 2024)

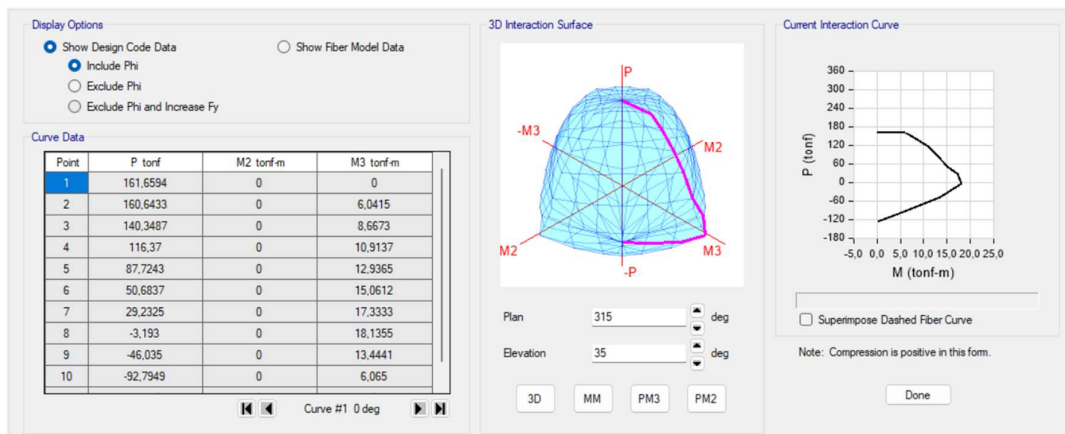


Ilustración 50 Diagrama iteración de columna reforzada 45x45 (Autores, 2024)

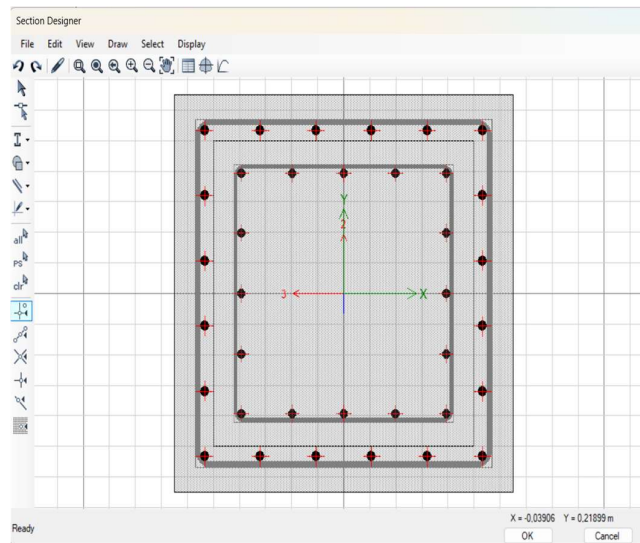


Ilustración 51 Sección de columna reforzada 65x65 (Autores, 2024)

20 ϕ 18 mm

1 Est. ϕ 10 mm c/. 100-150-100

Cuantía = 1,20 %

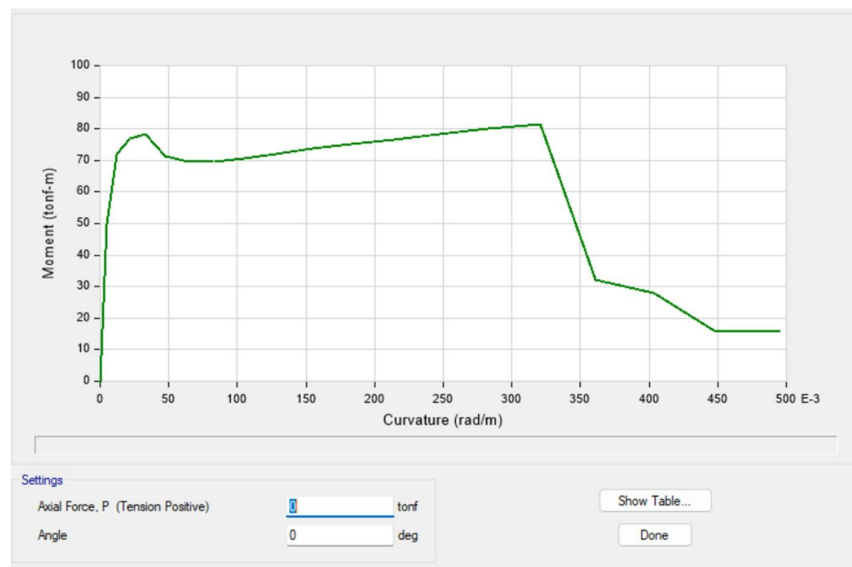


Ilustración 52 Diagrama de momento – curvatura de la columna reforzada 65x65 (Autores, 2024)

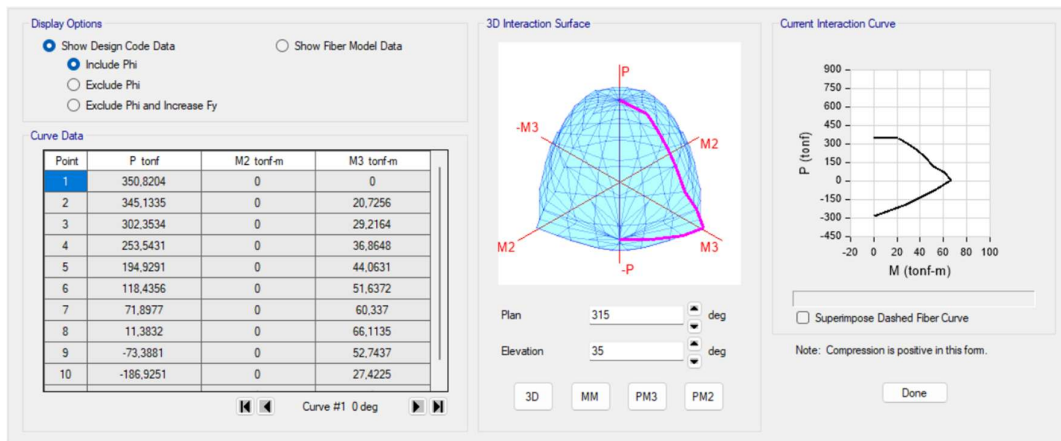


Ilustración 53 Diagrama de columna reforzada 65x65 (Autores, 2024)

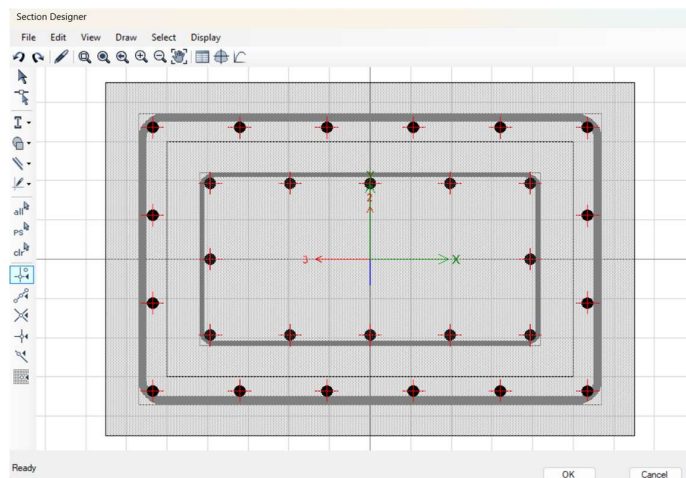


Ilustración 54 Sección de columna reforzada 45x65 (Autores, 2024)

16 ϕ 16 mm

1 Est. ϕ 10 mm c/. 100-150-100

Cuantía = 1.10%

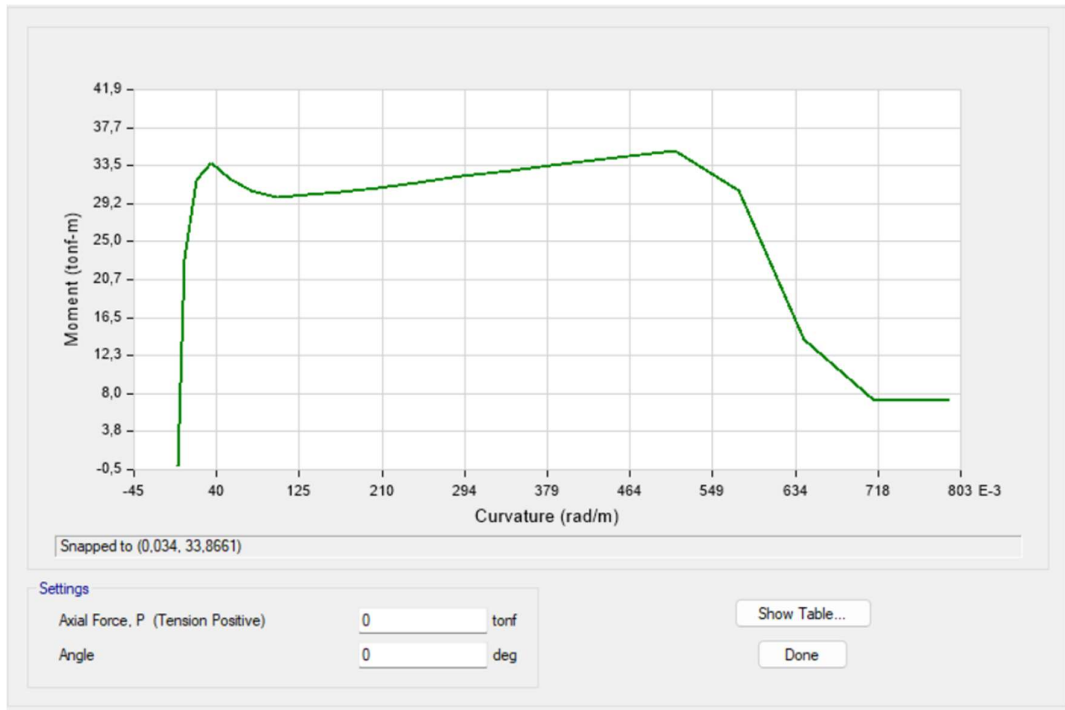


Ilustración 55 Diagrama de momento – curvatura de la columna reforzada 45x65 (Autores, 2024)

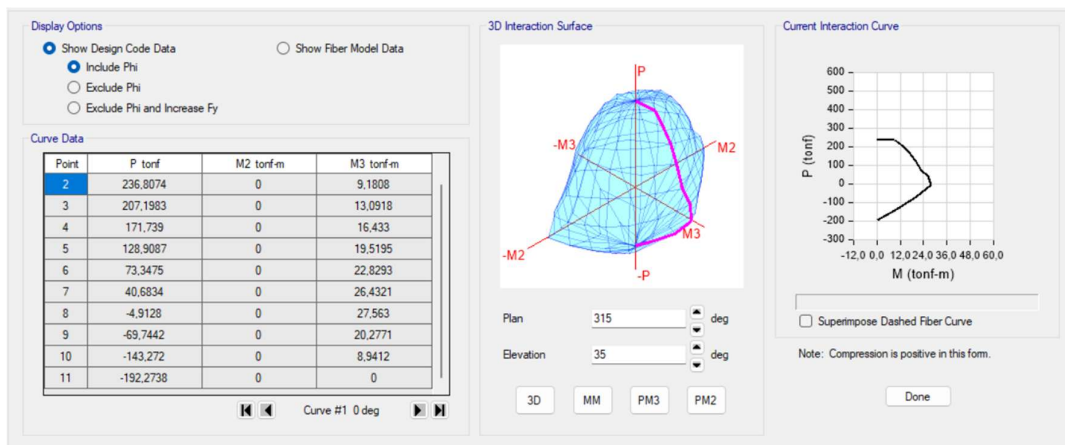


Ilustración 56 Diagrama de columna reforzada 45x65 (Autores, 2024)

3.2 Análisis de resultados

Para comprobar los resultados obtenidos, primero se asigna en el programa de análisis las deformadas, para el caso de estudio analizaremos el sentido PUSHOVER X-load en los 5 pasos que indica nuestro modelado.

En la dirección X se desarrollan las primeras rótulas en las vigas en los ejes esquineros en el paso 3 con un desplazamiento en la cubierta de 24 mm.

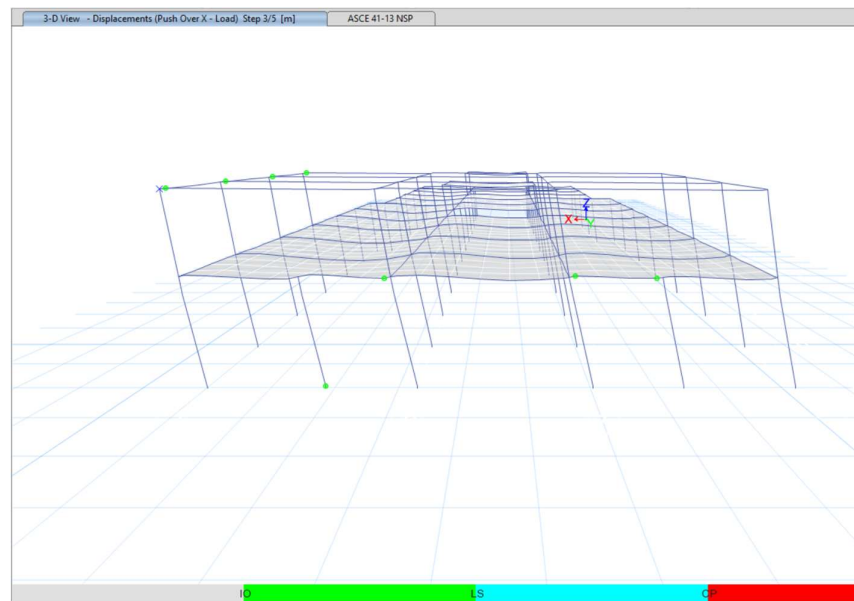


Ilustración 57 Primeras Rótulas Plásticas en Vigas - Seguridad De Vida - paso 3 (Autores, 2024)

En el paso 4 podemos observar cómo se presentan rótulas plásticas en columnas y vigas con un desplazamiento 45 mm.

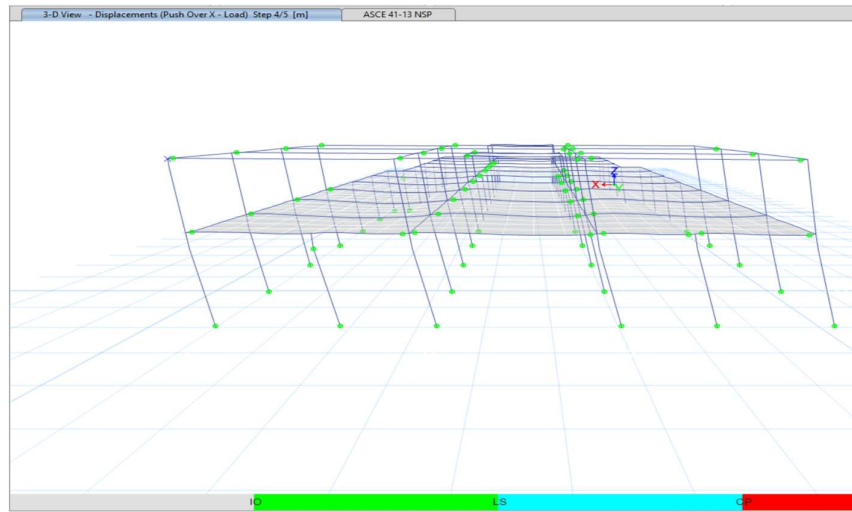


Ilustración 58 Primeras Rótulas Plásticas en Base de Columnas, Seguridad De Vida-paso 4 (Autores, 2024)

A medida que continuamos con el análisis nos percatamos que se siguen formando rótulas en columnas y vigas, podemos ver que el desplazamiento en este paso es de 62mm siendo este desplazamiento muy similar a los de los anteriores pasos.



Ilustración 59 Primeras Rótulas Plásticas en Base de Columnas y vigas -Seguridad De Vida-paso 6 (Autores, 2024)

Nuestra estructura fue planificada para que sus primeras rótulas plásticas se presenten en vigas, esto nos garantiza que el comportamiento de la estructura es el deseado ante cargas sísmicas.

La capacidad de la estructura depende de la resistencia y la habilidad de deformación de los componentes individuales de la estructura. (Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, 2016)

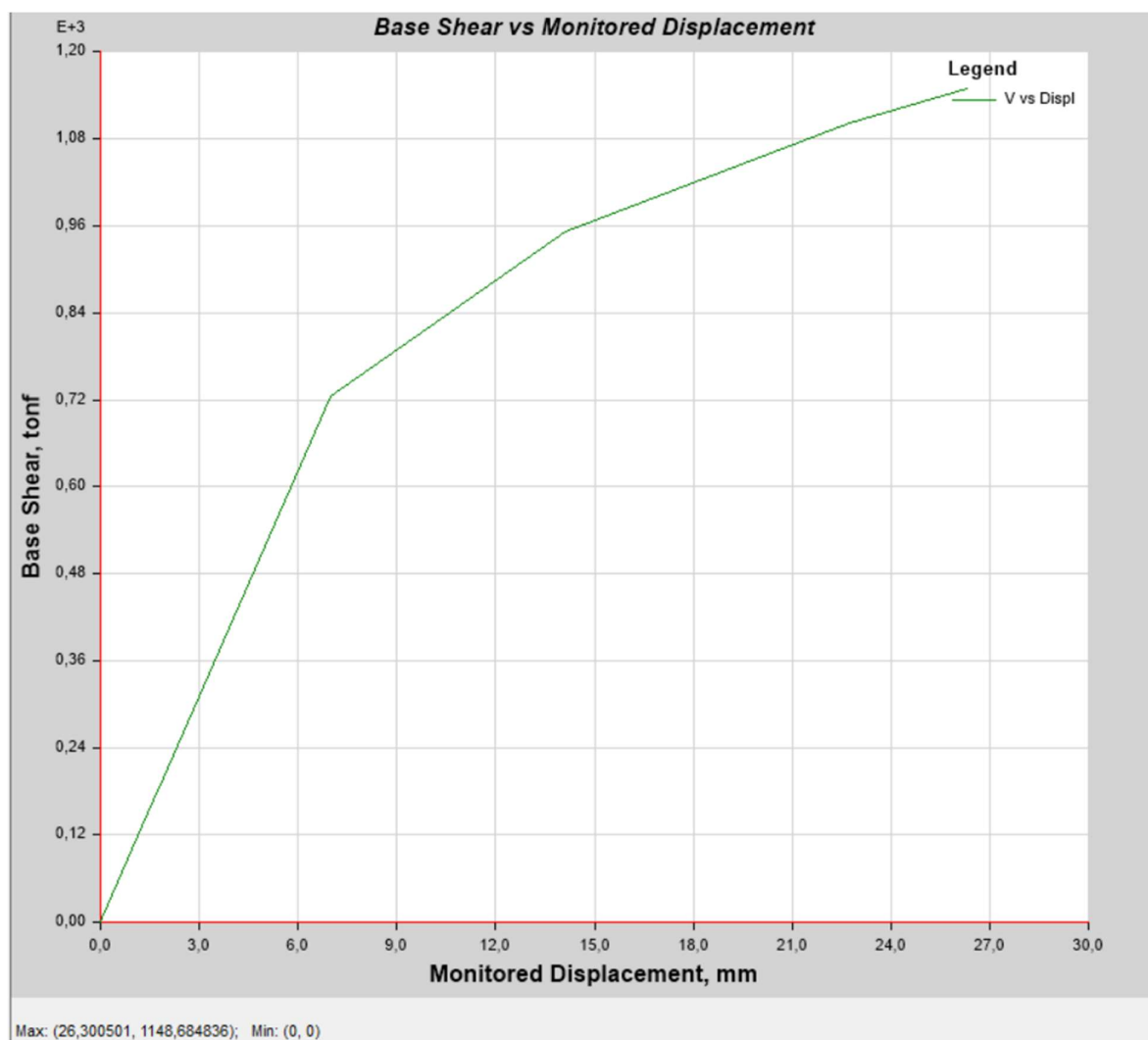


Ilustración 60 Curva de Capacidad en el eje X (Autores, 2024)

La curva de capacidad cuenta con unos desplazamientos y unas fuerzas de cortante, a medida que vamos incorporando una fuerza a la estructura, esta se va a ir deformando y se va a ir perdiendo rigidez.

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Monitored Dis	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	tonf										
0	0	0	376	19	0	0	0	395	0	0	0	395
1	0,039	5,3003	375	20	0	0	0	395	0	0	0	395
2	6,973	724,2469	274	121	0	0	0	395	0	0	0	395
3	14,115	951,6369	206	189	0	0	0	348	47	0	0	395
4	22,748	1100,9682	160	235	0	0	0	287	108	0	0	395
5	26,301	1148,6848	152	243	0	0	0	266	129	0	0	395

Ilustración 61 Análisis de formación de rótulas y límites de aceptación de la estructura eje X (Autores, 2024)

Name	Pushover1
Plot Definition	
Plot Type	ASCE 41-13 NSP
Load Case	Push Over X - Load
Legend Type	Integrated
Demand Spectrum	
Damping Ratio	0,05
Spectrum Source	Defined Function
Function Name	NEC 2500 SISMO MUY RARO
SF (mm/sec ²)	9810
Ts (sec)	0,7
Include SSI	No
C2 Type	Default Value
Cm Type	Default Value
Capacity Curve	
Bilinear Force-Displacement Curve	
Target Displacement Results	
Displ. (mm)	9,78
Shear (tonf)	813,606
Calculated Parameters	
C0	0,845325
C1	1,190666
C2	1,008664
Sa, g	1,296443
Te (sec)	0,174
Ki (tonf/mm)	136,40057
Ke (tonf/mm)	104,26943
Ti (sec)	0,152
Alpha	0,318281
uStrength	1,457597
Dy (mm)	6,88
Vy (tonf)	717,3643
Weight (tonf)	806,53647
Cm	1

Ilustración 62 Resultados del análisis PUSHOVER en el eje X para un sismo muy raro (Autores, 2024)

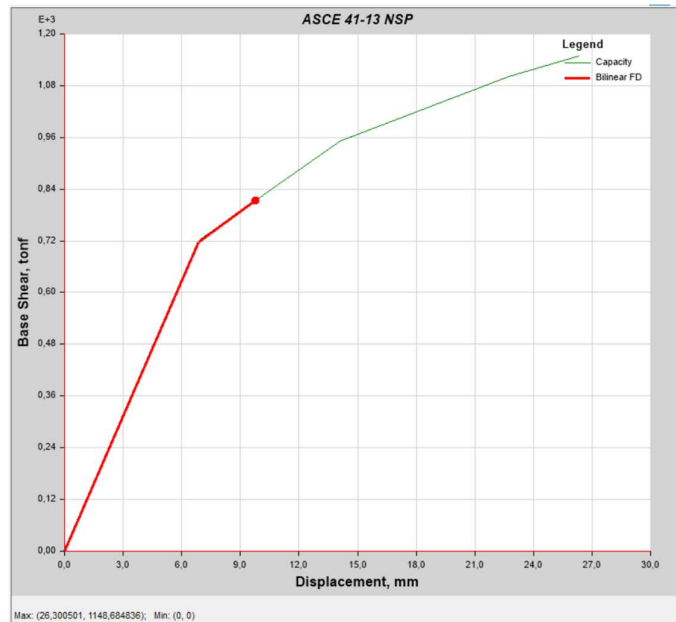


Ilustración 63 Curva de Capacidad y Punto de Desempeño en el eje X para un sismo muy raro (Autores, 2024)

En la dirección Y se desarrollan las primeras rótulas en las vigas en los ejes centrales en el paso 9 con un desplazamiento en la cubierta de 26 mm.



Ilustración 64 Primeras Rótulas Plásticas en Vigas -Seguridad De Vida-paso 9 (Autores, 2024)

En el paso 10 podemos observar cómo se presentan rótulas plásticas en columnas y vigas con un desplazamiento 39 mm.

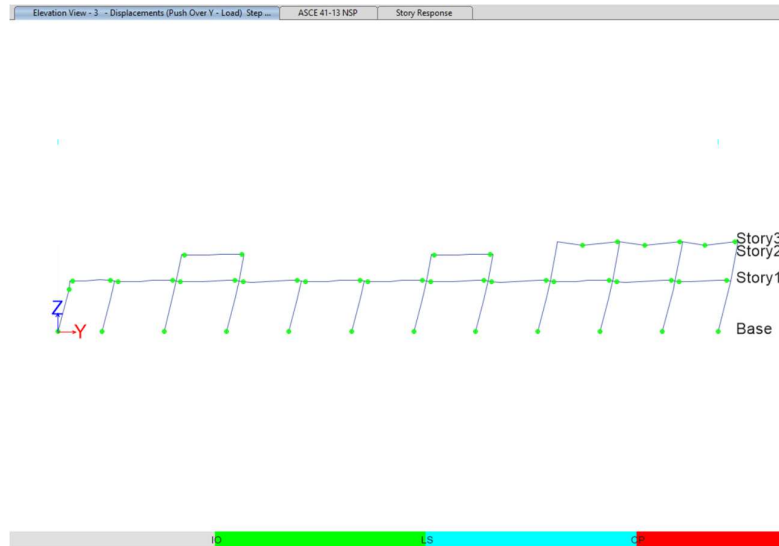


Ilustración 65 Primeras Rótulas Plásticas en columnas-Seguridad De Vida-paso 10
(Autores, 2024)

A medida que continuamos con el análisis nos percatamos que se siguen formando rótulas en columnas y vigas, podemos ver que el desplazamiento en este paso es de 40 mm siendo este desplazamiento muy similar a los de los anteriores pasos.

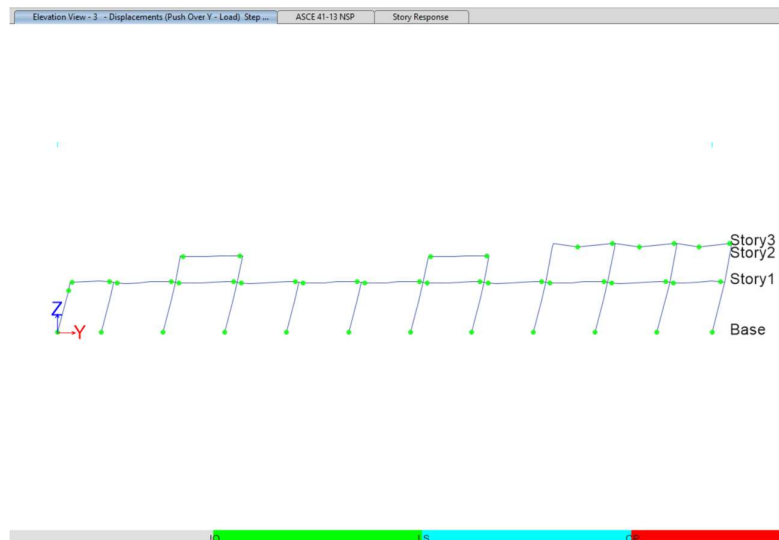


Ilustración 66 Rótulas Plásticas en Vigas y columnas -Seguridad De Vida-paso 11
(Autores, 2024)

La curva de capacidad nos permite tener una idea de cómo es el comportamiento de la estructura en el rango inelástico.

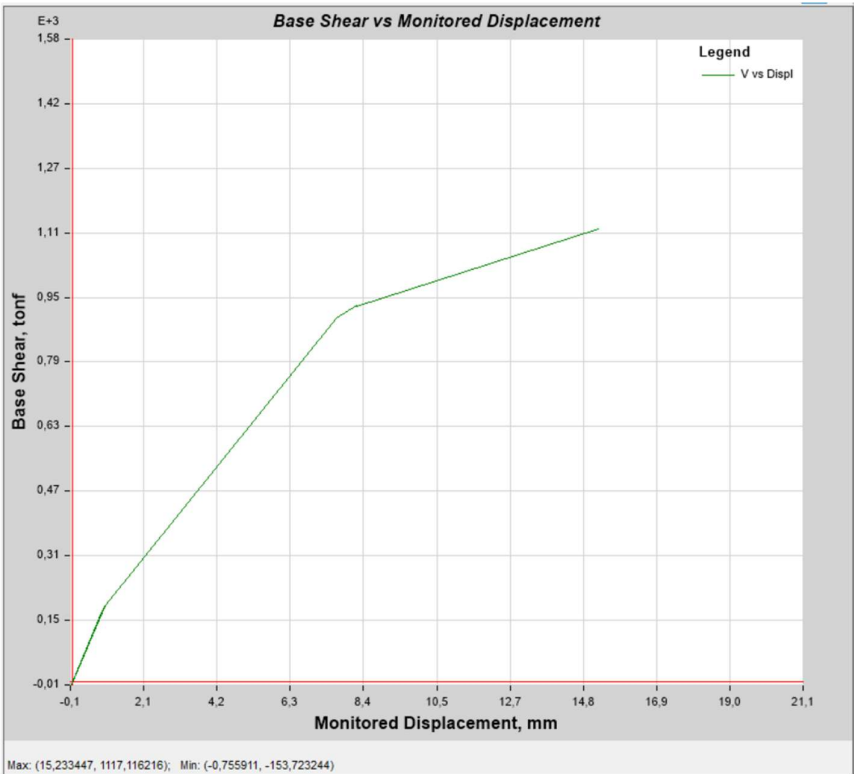


Ilustración 67 Curva de capacidad en el eje Y (Autores, 2024)

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Monitored Displacement, mm	Base Force, tonf	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	376	19	0	0	0	395	0	0	0	395
1	0,874	176,679	373	22	0	0	0	395	0	0	0	395
2	0,939	188,7282	365	30	0	0	0	395	0	0	0	395
3	-0,756	-153,723	363	32	0	0	0	395	0	0	0	395
4	-0,572	-116,576	363	32	0	0	0	395	0	0	0	395
5	0,531	106,3053	363	32	0	0	0	395	0	0	0	395
6	0,94	188,8244	363	32	0	0	0	395	0	0	0	395
7	7,636	896,6522	245	150	0	0	0	395	0	0	0	395
8	8,227	927,5947	225	170	0	0	0	395	0	0	0	395
9	8,228	925,2176	225	170	0	0	0	395	0	0	0	395
10	15,233	1117,116	178	217	0	0	0	354	41	0	0	395

Ilustración 68 Análisis de formación de rótulas y límites de aceptación de la estructura eje Y (Autores, 2024)

✓	Name	
	Name	Pushover4
✓	Plot Definition	
	Plot Type	ASCE 41-13 NSP
	Load Case	Push Over Y - Load
	Legend Type	Integrated
✓	Demand Spectrum	
	Damping Ratio	0,05
	Spectrum Source	Defined Function
	Function Name	NEC 475 SISMO RARO
	SF (mm/sec²)	8500
	Ts (sec)	0,7
	Include SSI	No
	C2 Type	Default Value
	Cm Type	Default Value
>	Capacity Curve	
>	Bilinear Force-Displacement Curve	
✓	Target Displacement Results	
	Displ. (mm)	6,995
	Shear (tonf)	828,8793
✓	Calculated Parameters	
	C0	0,927285
	C1	1,924535
	C2	1,408605
	Sa, g	0,74888
	Te (sec)	0,123
	Ki (tonf/mm)	202,05891
	Ke (tonf/mm)	202,05891
	Ti (sec)	0,123
	Alpha	0,523146
	uStrength	3,218884
	Dy (mm)	0,929
	Vy (tonf)	187,6423
	Weight (tonf)	806,53647
	Cm	1

Ilustración 69 Resultados del análisis PUSHOVER en el eje Y para un sismo raro
(Autores, 2024)

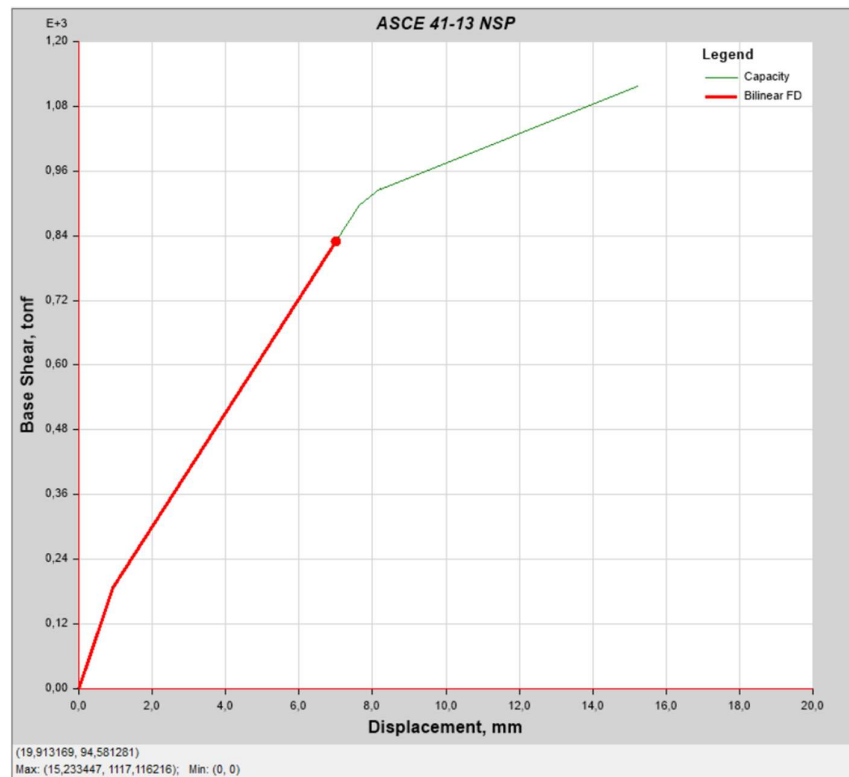


Ilustración 70 Curva de Capacidad y punto de Desempeño en el eje Y para un sismo raro
(Autores, 2024)

✓ Name	
Name	Pushover3
✓ Plot Definition	
Plot Type	ASCE 41-13 NSP
Load Case	Push Over Y - Load
Legend Type	Integrated
✓ Demand Spectrum	
Damping Ratio	0,05
Spectrum Source	Defined Function
Function Name	NEC 2500 SISMO MUY RARO
SF (mm/sec ²)	11000
Ts (sec)	0,7
Include SSI	No
C2 Type	Default Value
Cm Type	Default Value
> Capacity Curve	
> Bilinear Force-Displacement Curve	
✓ Target Displacement Results	
Displ. (mm)	8,983
Shear (tonf)	945,9074
✓ Calculated Parameters	
C0	0,924569
C1	1,114116
C2	1,00393
Sa, g	1,453707
Te (sec)	0,154
Ki (tonf/mm)	202,05891
Ke (tonf/mm)	127,55598
Ti (sec)	0,123
Alpha	0,113183
uStrength	1,273878
Dy (mm)	7,216
Vy (tonf)	920,3926
Weight (tonf)	806,53647
Cm	1

Ilustración 71 Resultados del análisis PUSHOVER en el eje Y para un sismo muy raro (Autores, 2024)

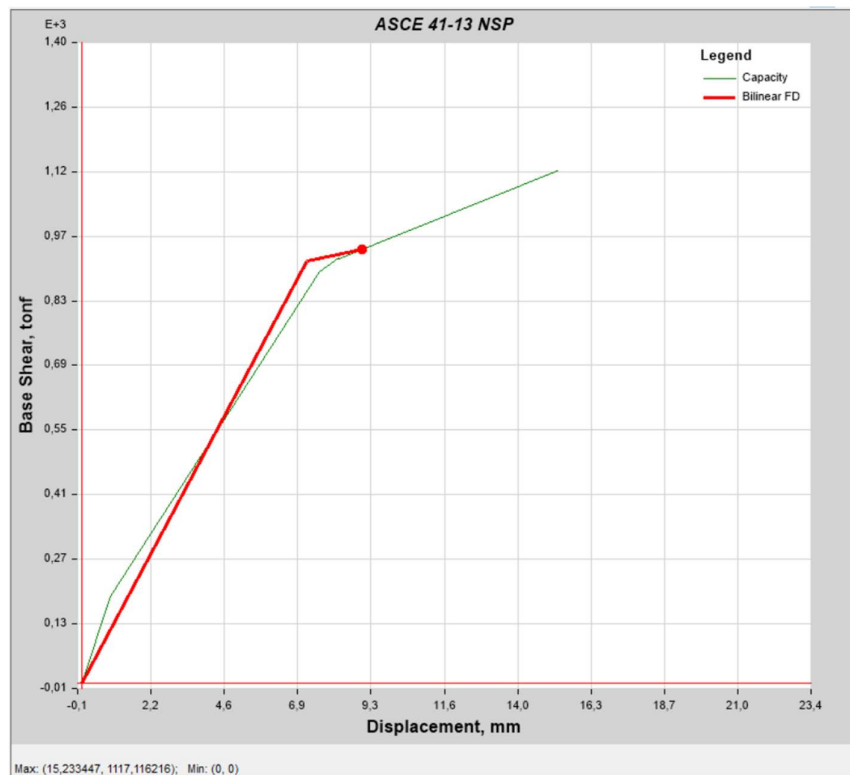


Ilustración 72 Curva de Capacidad y Punto de Desempeño en el eje Y para un sismo muy raro (Autores, 2024)

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El edificio Panamá en su condición actual no posee un buen desempeño sísmico debido a que para los sismos raros y muy raros alcanza el punto de colapso, debiendo ser en base a la norma NEC-15 seguridad de vida y prevención al colapso para cada tipo de sismo respectivamente. Esto se logró obteniendo su curva de capacidad a través de un análisis PUSHOVER y comparándola con la demanda de los sismos.
2. El mecanismo de falla de la edificación en su condición actual no es dúctil, es decir se forman rotulas plásticas en columnas lo cual genera que el piso no tenga donde transmitir sus cargas y generando un posible colapso inmediato.
3. Al reforzar las columnas y vigas con la técnica de encamisado de hormigón armado se pudo notar una mejora del desempeño sísmico de la edificación para las demandas de los sismos raros y muy raros, ahora se tiene el nivel de desempeño seguridad de vida para el sismo raro y prevención al colapso para el sismo muy raro, garantizando el mecanismo de falla dúctil.
4. El mecanismo de falla de la edificación reforzada es la aparición de rotulas plásticas en vigas y columnas casi de igual manera, sin embargo, esta vez las rotaciones que se forman en los elementos estructurales no exceden los límites permitidos, teniendo un menor daño en la estructura.
5. Al incluir un reforzamiento estructural la edificación se rigidizo, el periodo del primer modo fundamental era de 0.27 segundos, ahora con la estructura reforzada en vigas y columnas tiene un periodo de 0.17 segundos. En términos del espectro sísmico esto representa la misma demanda, debido a que los valores de aceleración espectral para estos periodos de vibración se encuentran en la meseta de la gráfica.

Recomendaciones

1. Se recomienda reparar las fisuras y grietas de paredes, los cuales son elementos no estructurales, demoliéndolas y colocando nueva mampostería.
2. Repara todos los elementos estructurales, columnas, vigas, ménsulas, losa que han perdido el recubrimiento de hormigón y donde se haya formado corrosión en el refuerzo de acero, esto con un mortero estructural en forma de enlucido. En caso de que el acero está muy corroído en una longitud considerable y en puntos donde el elemento estructural trabaje a flexión, es necesario derrocar el elemento y construirlo nuevamente, siguiendo los parámetros de la norma NEC-15.
3. Se recomienda demoler la losa y construir una nueva con Steel Panel, debido a que la losa actual tiene demasiado desniveles, de hasta 15 cm en ciertos puntos. Esto no solo mejorara la apariencia de la edificación para sus ocupantes, también aligera las cargas hacia vigas y columnas.
4. Debido a que esta edificación tiene las características para ser usada como estructura de uso esencial como lo dicta la norma NEC-15, se recomienda que en el caso de que se incorporen nuevos pisos u algo que agregue más peso a la estructura, realizar un análisis de la cimentación, con el fin de corroborar si esta soporta más carga o el suelo en el cual este asentado.
5. Se recomienda dar un mantenimiento exterior a todos los elementos estructurales para evitar que se sigue carbonatando el hormigón, esto se lo puede realizar mediante algún recubrimiento no poroso que evite la entrada del vapor de agua y CO₂ que genera este fenómeno.

BIBLIOGRAFÍA

Adelca. (s.f.). *Catálogo de productos* .

Alexis Javier Jama Zambrano, C. A. (2023). *Evaluación Estructural del edificio Panamá para la Construcción del Nuevo Campus del Instituto Superior Tecnológico de Guayaquil*. Guayaquil: Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas.

Andrés Tomás López López, A. T. (6 de abril de 2017). *es-revista-hormigon-acero-394-resumen-influencia-del-tipo-rotula-plastica*. Obtenido de elsevier.es: <https://www.elsevier.es/es-revista-hormigon-acero-394-resumen-influencia-del-tipo-rotula-plastica-S0439568917300189?form=MG0AV3>

ATC. (1996).

Autores. (2024). *Evaluación sísmica y diseño de reforzamiento estructural de una edificación de uso especial de 1133 m2 con pórticos resistente a momento de hormigón armado, ubicado en la ciudad de Guayaquil, aplicando la norma NEC-2015 a través del análisis PUSHOVER*. Guayaquil.

Awad, R. R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Carofilis, W. (2024). *Técnicas de Reforzamiento.*, (pág. 4).

Censo, I. N. (2023). *Estadísticas de Edificaciones*. INEC.

Concepto. (s.f.). *corrosion*. Obtenido de concepto.de: <https://concepto.de/corrosion/>

Engineers, A. S. (2017). *ASCE 41-17 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Reston, Virginia : American Society of Civil Engineers.

FEMA. (2006). *wbdg.org*. Obtenido de <https://www.wbdg.org/FFC/DHS/fema547.pdf>

Frederick S. Merritt, M. K. (1999). *Manual del Ingeniero Civil* (4ta ed.). México: McGraw-Hill.

Google . (16 de marzo de 2024). *web/@-2.18624564,-79.87787081,2.88310746a,365.07282434d,30y,0h,0t,0r*. Obtenido de earth.google.com: <https://earth.google.com/web/@-2.18624564,-79.87787081,2.88310746a,365.07282434d,30y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggASgglmO3s3QEQAA>

Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, d. c. (Septiembre de 2016). Obtenido de file:///C:/Users/USER/Desktop/MATERIA%20DE%20TESIS/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION.pdf

Guide, S. (s.f.). *pushover-analysis*. Obtenido de structuralguide.com: <https://www.structuralguide.com/pushover-analysis/>

Inc., C. &. (2024). *wiki/spaces/etabs/overview*. Obtenido de web.wiki.csiamerica.com: <https://web.wiki.csiamerica.com/wiki/spaces/etabs/overview>

Magazine, S. (s.f.). *diseno-sismico-por-desempeno*. Obtenido de sismica-institute.com: <https://sismica-institute.com/diseno-sismico-por-desempeno/#:~:text=La%20caracter%C3%ADstica%20principal%20en%20el%20dise%C3%B1o%20s%C3%ADsmico%20por,interacci%C3%B3n%20o%20acoplamiento%20de%20la%20demanda%20s%C3%ADsmica%20c>

Martinez, D. (s.f.). *refuerzo-de-cimientos/refuerzo-estructural-en-edificaciones*. Obtenido de estructurales.es: <https://estructurales.es/refuerzo-de-cimientos/refuerzo-estructural-en-edificaciones/?form=MG0AV3>

Melone, S. (S/N de S/N de S/N). *Repositorio Xarxa*. Recuperado el 1 de 12 de 2024, de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6226/15CAPITULO6.pdf>

NICOLALDE, C. Y. (2024).

Noemi. (2 de junio de 2021). *blog/impactos-ambientales-en-el-sector-de-la-construccion*. Obtenido de construmatica.com: <https://www.construmatica.com/blog/impactos-ambientales-en-el-sector-de-la-construccion/?form=MG0AV3>

Núñez, M. A. (24 de 01 de 2018). *download/pdf/159237527.pdf?form=MG0AV3*. Obtenido de core.ac.uk: <https://core.ac.uk/download/pdf/159237527.pdf?form=MG0AV3>

Pastor, L. B.-A. (2007).

Público, S. T. (s.f.). *bienes-transitorios*. Obtenido de inmobiliario.gob.ec: <https://www.inmobiliario.gob.ec/bienes-transitorios/>

Rojas, C. (2019). Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/Rojas_NJC-SD.pdf

sciencedirect. (s.f.). *topics/computer-science/pushover-analysis*. Obtenido de sciencedirect.com: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/pushover->

analysis#:~:text=Pushover%20Analysis%20is%20a%20static%20analysis%20technique%20used,deformation%20before%20experiencing%20a%20total%20or%20partial%20collapse.

SEAOC,1995. (s.f.).

Secretaria de Educación Superior, C. T. (11 de julio de 2023). *instituto-superior-tecnologico-guayaquil-contara-con-nuevo-campus/*. Obtenido de educacionsuperior.gob.ec: <https://www.educacionsuperior.gob.ec/instituto-superior-tecnologico-guayaquil-contara-con-nuevo-campus/>

Sika. (s.f.). *dms/getdocument.get/74ab590d-1df8-4f01-bb1f-67b3bbe7b074/sika-reforzamiento-estructural.pdf*. Obtenido de mex.sika.com: <https://mex.sika.com/dms/getdocument.get/74ab590d-1df8-4f01-bb1f-67b3bbe7b074/sika-reforzamiento-estructural.pdf>

SkyCiv. (29 de abril de 2016). *es/education/p-delta-analysis-and-p-delta-effects*. Obtenido de skyciv.com: <https://skyciv.com/es/education/p-delta-analysis-and-p-delta-effects/>

Vivienda, M. d. (2014). *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente*. Quito: Dirección de comunicación social, MIDUVI.

Vivienda, M. d. (2014). *Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras*. Quito, Ecuador: Dirección de comunicación social, MIDUVI.

Vivienda, M. d. (2017). *wp-content/uploads/downloads/2017/11/PREGUNTAS-Y-RESPUESTAS.pdf*. Obtenido de habitatyvivienda.gob.ec: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PREGUNTAS-Y-RESPUESTAS.pdf?form=MG0AV3>

ANEXO



CICG
COLEGIO DE INGENIEROS
CIVILES DEL GUAYAS

Oficio No. 064-2024-PRESIDENCIA CICG
Noviembre 27 de 2024

Señores

KEVIN ANDRE NICOLALDE HERNÁNDEZ

CARLOS CHÉRREZ AVILA

Ciudad.

De mis consideraciones:

En atención a lo solicitado en su comunicación de fecha 14 de noviembre de 2024, esta Presidencia autoriza el permiso para que ustedes en su Proyecto de Grado puedan desarrollar una evaluación sísmica sobre una edificación ubicada en la calle Panamá y Padre Aguirre, de unos 20 m de ancho por 50 m de profundidad que se encuentra inhabilitada.

Atentamente



GUILLERMO ALEXANDER
PACHECO QUINTANA

Guillermo Pacheco Quintana, Ing. Civil

PRESIDENTE

COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES
DEL GUAYAS

File

Alexandra



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Oficio Nro. SETEGISP-DZ8-2024-2456-O

Guayaquil, 11 de diciembre de 2024

Asunto: En Atención a solicitud de permiso para uso y visita a la edificación Panamá

Señor
Kevin Andre Nicolalde Hernández
En su Despacho

Reciba un atento y cordial saludo por parte de la Secretaría Técnica de Gestión Inmobiliaria del Sector Público - SETEGISP.

1. ANTECEDENTE.-

Mediante el Oficio S/N, ingresado con código interno Nro. SETEGISP-DZ8-2024-2152-E, de fecha 03 de diciembre de 2024, suscrito por el Ing. Kevin Nicolalde Hernández, estudiante de la Maestría en Estructuras civiles sismorresistentes de la Escuela Superior Politécnica del Litoral – ESPOL dirigido a la Ab. Denisse Silvana Maldonado Aguilar, Directora Zonal 8 de la Secretaría Técnica de Gestión Inmobiliaria Del Sector Público el cual comunica:

(...)

"De manera muy comedida deseo solicitar el permiso escrito de la secretaria para usar el edificio Panamá, ubicado en la ciudad de Guayaquil, en la calle Panamá entre Juan Montalvo y Padre Aguirre, cerca del Malecón 2000, en mi proyecto de graduación de la maestría de Estructuras Civiles Sismorresistentes de la ESPOL, también de ser posible, que se dé autorización para realizar una visita al sitio con el fin de recabar información de la estructura actual.

(...)

Mi objetivo es realizar una evaluación estructural a la edificación y conocer su desempeño sísmico actual, para luego, realizar un reforzamiento estructural y mejorar la capacidad de la estructura frente a sismos extremos, todo esto en base a los requisitos de la norma NEC-15. (...)"

2. PRONUNCIAMIENTO.-

Por lo antes expuesto y con la finalidad de dar trámite al requerimiento presentado se procederá a realizar una inspección in situ, al bien inmueble denominado "EDIFICIO PANAMÁ", ubicado entre las calles Panamá y Padre Juan Bautista Aguirre, del cantón Guayaquil, el día viernes 13 de diciembre del año en curso, a las 10H00 AM, en conjunto a personal técnico de la SETEGISP, a fin de poder colaborar con vuestra solicitud.

Para este caso, se requiere que asista en el horario señalado, portando consigo



Oficio Nro. SETEGISP-DZ8-2024-2456-O

Guayaquil, 11 de diciembre de 2024

documentación que acredite su calidad estudiantil y los insumos que considere conveniente para el levantamiento de información que sea de vuestra utilidad.

Para fines de comunicación y coordinación, favor considerar el siguiente contacto:

Ing. Viviana Marisol Macías Lema
Correo: viviana.macias@inmobiliar.gob.ec
Copiar a: Shirley.solis@inmobiliar.gob.ec
Teléfono: 043714940 ext. 3041
Celular: 0963191669

Esta Secretaría Técnica, reitera además su compromiso de velar por el manejo correcto y eficiente de los recursos públicos y hace expresa su predisposición para colaborar y asesorar en todo lo necesario, dentro del ámbito de sus competencias, en beneficio de los intereses nacionales.

Particular que comunico para sus fines pertinentes.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Abg. Denisse Silvana Maldonado Aguilar
DIRECTORA ZONAL 8

Referencias:
- SETEGISP-DZ8-2024-2152-E

Copia:
Señora Contadora
Shirley Zobeida Solis Alvarado
Especialista Zonal de Administración de Bienes

Señora Ingeniera
Viviana Marisol Macías Lema
Analista Zonal de Administración de Bienes 1

vm/ss

