

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERIA



Evaluación del nivel de desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR

Carlos Daniel Cárdenas Romero

ASESOR

Juan Carlos Ramos Basteres

Tarma, Perú

2024

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	Carlos Daniel
Apellidos	Cardenas Romero
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	73126391
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	Juan Carlos
Apellidos	Ramos Basteres
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	73099291
Número de Orcid (obligatorio)	https://orcid.org/0009-0009-1632-9592

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	Felix German
Apellidos	Delgado Ramirez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	22264222

Datos del segundo miembro

Nombres	Manuel Ismael
Apellidos	Laurencio Luna
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	42362708

Datos del tercer miembro

Nombres	Alcibiades
Apellidos	Bances Meza
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	44127737

Datos de la obra

Materia*	desempeño sísmico, análisis lineal, sismo ocasional, desempeño operacional, colegio
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Tesis
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 082-2024-UCSS-FI/TPICIV

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL
FILIAL TARMA**

Los Olivos, 08 de noviembre del 2024

Siendo las 10:05 horas del 08 de noviembre del 2024, utilizando los recursos para la videoconferencia disponibles en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

**Evaluación del nivel de desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal estático
de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023**

Por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

CARDENAS ROMERO, CARLOS DANIEL

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Dr. DELGADO RAMIREZ, Félix German
MSc. LAURENCIO LUNA, Manuel Ismael
Ing. BANCES MEZA, Alcibiades

Presidente
Secretario
Miembro

Siendo las 11:20 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

APROBADO

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller CARDENAS ROMERO, CARLOS DANIEL el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,

.....
Ing. BANCES MEZA, Alcibiades
Miembro

.....
MSc. LAURENCIO LUNA, Manuel Ismael
Secretario

.....
Dr. DELGADO RAMIREZ, Félix German
Presidente

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Tarma, 06 de noviembre de 2024

Señor(a), Dayma Sadami Carmenates Hernandez
Jefe del Departamento de Investigación
Facultad de Ingeniería - UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: Evaluación del nivel de desempeño sísmico de un colegio con sistema estructural dual de concreto armado ubicado en Santiago de Surco, Lima, 2023, presentado por CARDENAS ROMERO, CARLOS DANIEL (2019100610 y DNI 73126391) para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Civil ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 7 %**. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted.

Atentamente,



RAMOS BASTERES, JUAN CARLOS
DNI N°: 73099291
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1632-9592>
Facultad de Ingeniería - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

Dedicatoria

Dedico este logró a mis padres;

A mi padre, Zocimo que me acompaño en el inicio de mi carrera y que desde el cielo me cuida y protege. A mi madre, Maritza, que me apoyo para terminar mi carrera y que siempre está dispuesta a cuidarme, aconsejarme y apoyarme.

Dedico también este logró a mi enamorada, mis hermanos: Luis y Heidy, a mis amigos y aquellas personas que me quieren, admiran y siempre están conmigo sin esperar nada a cambio.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme culminar mis estudios universitarios, lo cual me permitirá apoyar a mi familia y a las personas que aprecio y quiero.

Agradezco a mis padres: Maritza y Zocimo, por su amor y apoyo incondicional, también a mi enamorada, amigos y hermanos; Luis y Heidy, por siempre confiar en mí y motivarme a cumplir mis sueños.

Agradecer también a mi asesor y profesores de la UCSS por haber contribuido en mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que me motivaron para que nunca me dé por vencido y concluya este proyecto.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar el desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal estático en un colegio privado de Santiago de Surco. El diseño de ingeniería utilizó un alcance descriptivo, transversal y enfoque cuantitativo no experimental.

La población considera a todos los colegios del distrito de Santiago de Surco, y se usó una muestra no probabilística o dirigida, el cual consistió en una institución con tres bloques. Para el análisis del nivel de funcionalidad de la institución educativa, se realiza un análisis lineal a fin de comprobar que los periodos fundamentales X e Y son traslacionales. Para la investigación no se maniobraron las variables de estudio y únicamente se observa el comportamiento del colegio ante los eventos sísmicos.

Los resultados para el bloque número 2 analizado indican que posee un desempeño operacional y resguardo de vida en el Eje-X, para un sismo ocasional, raro y muy raro, respectivamente. En el Eje – Y, tuvo un desempeño operacional para un sismo ocasional y raro, y para un sismo muy raro un nivel de resguardo de vida.

Palabras clave: desempeño sísmico, análisis lineal, sismo ocasional, desempeño operacional, colegio.

Abstract

The objective of this research is to determine the seismic performance by applying nonlinear static analysis in a private school in Santiago de Surco. The engineering design used a descriptive, cross-sectional and non-experimental quantitative approach.

The population considered all the schools in the district of Santiago de Surco, and a non-probabilistic or targeted sample was used, which consisted of one institution with three blocks. For the analysis of the level of functionality of the educational institution, a linear analysis is performed in order to verify that the fundamental periods X and Y are translational. For the investigation, the study variables were not manipulated and only the behavior of the school in the seismic events was observed.

The results for block number 2 analyzed indicate that it has an operational performance and life safety in the X-axis, for an occasional, rare and very rare earthquake, respectively. On the Y-axis, it had an operational performance for an occasional and rare earthquake, and for a very rare earthquake, a life safety level.

Keywords: seismic performance, linear analysis, occasional earthquake, operational performance, school.

Índice

Capítulo I: Planteamiento del Problema	17
Formulación del problema	17
Problema principal	18
Problemas específicos	19
Objetivos de la investigación	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
Justificación e importancia de la investigación	19
Justificación práctica	19
Justificación económica	20
Justificación social	20
Importancia de la investigación	20
Delimitación del área de investigación	21
Delimitación del contenido	21
Delimitación espacial	21
Delimitación temporal	21
Limitaciones de la investigación	22
Capitulo II: Marco Teórico	23
Antecedentes de la investigación	23
Antecedentes internacionales	23
Antecedentes nacionales	24
Base teórica	25

Nivel de desempeño	25
Objetivos de desempeño del SEAOC:	27
Tipos de modelos de para análisis no lineal.....	28
Diagrama Momento - Curvatura ($M - \theta$).....	29
Comportamiento de concreto confinado	31
Comportamiento no lineal del acero	31
Modelos paramétricos para las cargas cíclicas	32
AENL - Pushover -Análisis estático no lineal	36
Procedimiento del AENL.....	36
Curva de capacidad	37
Capacidad de absorción de energía de la estructura	39
Sectorización de la curva de capacidad	40
Demanda	41
Curva de demanda.....	41
Punto de desempeño	42
Definición de términos básicos.....	48
Capítulo III: Hipótesis y Variables de la Investigación	50
Hipótesis	50
Hipótesis general.....	50
Hipótesis específicas	50
Variables y operacionalización	50
Capítulo IV: Diseño de la Investigación.....	52
Diseño de ingeniería	52

Métodos y técnicas del proyecto.....	52
Diseño estadístico	53
Técnicas y herramientas estadísticas	53
Población.....	54
Muestra	54
Capítulo V: Análisis Costo/ Beneficio.....	55
Beneficios no financieros.....	55
Evaluación del impacto social y/o ambiental.....	55
Evaluación Económica- Financiera	55
Capítulo VI: Resultados, Conclusiones y Recomendaciones	56
Resultados	56
Configuración estructural.....	56
Análisis lineal.....	56
Análisis dinámico lineal de la edificación	71
Análisis no lineal.....	81
Discusión de resultados.....	102
Conclusiones	105
Recomendaciones	107
Referencias.....	108
Anexos	113

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Nivel de funcionalidad</i>	25
Tabla 2 <i>Amenazas sísmicas SEAOC</i>	26
Tabla 3 <i>Niveles del SEAOC</i>	27
Tabla 4 <i>Limites según el manual técnico Hazus MR4</i>	28
Tabla 5 <i>Valores de rigidez efectiva</i>	33
Tabla 6 <i>Parámetros para vigas de concreto armado</i>	34
Tabla 7 <i>Parámetros para columnas</i>	35
Tabla 8 <i>Valores del factor C_o</i>	46
Tabla 9 <i>Valores de C_m</i>	47
Tabla 10 <i>Variables y operacionalización</i>	50
Tabla 11 <i>Parámetros sísmicos</i>	61
Tabla 12 <i>CM de la losa aligerada</i>	62
Tabla 13 <i>CV en los colegios</i>	62
Tabla 14 <i>Análisis sísmico – Bloque N°2</i>	72
Tabla 15 <i>Verificación Piso Blando Sis XX MY+</i>	72
Tabla 16 <i>Verificación Piso Blando Sis XX MY-</i>	73
Tabla 17 <i>Verificación Piso Blando Sis YY MX+</i>	73
Tabla 18 <i>Verificación de Piso Blando Sis YY MX-</i>	74
Tabla 19 <i>Verificación de torsión Sismo XX</i>	74
Tabla 20 <i>Verificación de torsión Sismo YY</i>	75
Tabla 21 <i>Resultados comparativos del análisis sísmico dirección XX</i>	80
Tabla 22 <i>Resultados comparativos del análisis sísmico dirección YY</i>	81

Tabla 23 <i>Cortantes y desplazamientos Eje X</i>	100
Tabla 24 <i>Cortantes y desplazamientos Eje Y</i>	101
Tabla 25 <i>Nivel de desempeño Eje X</i>	101
Tabla 26 <i>Nivel de desempeño Eje Y</i>	101

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación espacial del colegio</i>	22
Figura 2 <i>Modelos no lineales</i>	29
Figura 3 <i>Tipos de diagrama M-Ø</i>	30
Figura 4 <i>M-Ø de viga (25cm*50cm)</i>	30
Figura 5 <i>No linealidad del concreto</i>	31
Figura 6 <i>No linealidad acero</i>	31
Figura 7 <i>Curva de Fuerza vs Deformación</i>	33
Figura 8 <i>Procedimiento del AENL</i>	37
Figura 9 <i>Curva de Capacidad</i>	38
Figura 10 <i>Espectro de Capacidad</i>	39
Figura 11 <i>Relación carga- deflexión</i>	40
Figura 12 <i>Rangos según el SEAOC</i>	40
Figura 13 <i>Espectro E.030</i>	41
Figura 14 <i>Espectro de demanda</i>	42
Figura 15 <i>Método para hallar el desempeño</i>	45
Figura 16 <i>Bloques del colegio analizado</i>	54
Figura 17 <i>Acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$</i>	56
Figura 18 <i>F_y, F_u, F_{yE} y F_{uE}</i>	57
Figura 19 <i>Concreto $f'c= 280\text{kg/cm}^2$</i>	57
Figura 20 <i>Definición $f'c$</i>	58
Figura 21 <i>Vigas y columnas</i>	58
Figura 22 <i>Losa $h= 20\text{cm}$</i>	59

Figura 23 Muros de concreto.....	59
Figura 24 Bloque N°2	60
Figura 25 Espectro según la E.030.....	61
Figura 26 Diafragmas rígidos	63
Figura 27 Peso sísmico 100%CM+25%CV	64
Figura 28 Excentricidad -5% en X	64
Figura 29 Excentricidad +5% en X	65
Figura 30 Excentricidad -5% en Y.....	65
Figura 31 Excentricidad +5% en Y	66
Figura 32 Carga modal	67
Figura 33 Casos modales.....	67
Figura 34 Análisis dinámico	68
Figura 35 Derivas inelásticas	69
Figura 36 Carga no lineal	69
Figura 37 Sismos máximos XX e YY	70
Figura 38 Combos para análisis.....	71
Figura 39 GRAVEDAD+SISMO.....	71
Figura 40 Cortante X (123.84 ton)	75
Figura 41 Cortante Y (114.129 ton)	76
Figura 42 Periodo $T_x = 0.34$	76
Figura 43 Periodo $T_y = 0.26$	77
Figura 44 D_x máximo de 52mm	78
Figura 45 D_y máximo de 38.10mm.....	78

Figura 46 D_x máxima 0.0064	79
Figura 47 D_y máxima 0.0047	80
Figura 48 Concreto no confinado.....	82
Figura 49 Concreto confinado C3	82
Figura 50 Concreto confinado C5	83
Figura 51 No linealidad $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	83
Figura 52 Cargas PUSHOVER.....	84
Figura 53 Cuantía de acero 1	85
Figura 54 Cuantía de acero 2	85
Figura 55 Frame columnas.....	86
Figura 56 Cuantía ρ_h y ρ_v frame	86
Figura 57 Frame para vigas	87
Figura 58 Cuantía ρ_h en vigas	87
Figura 59 Rigidez 0.30 columna.....	88
Figura 60 Rigidez 0.30 para vigas.....	89
Figura 61 Carga máxima columna	89
Figura 62 Cuantía ρ_h y ρ_v wal.....	90
Figura 63 Rótula plástica columna.....	91
Figura 64 Ubicación de RP columnas	91
Figura 65 Rótula plástica (RP) vigas	92
Figura 66 Ubicación de RP en vigas	92
Figura 67 Frame y Wall con no linealidad.....	93
Figura 68 RP en placas.....	93

Figura 69	<i>Curva de capacidad X+</i>	94
Figura 70	<i>Curva de capacidad Y+</i>	95
Figura 71	<i>Curva bilineal EjeX</i>	95
Figura 72	<i>Curva bilineal EjeY</i>	96
Figura 73	<i>Cortante y desplazamiento para sismo ocasional Eje X</i>	97
Figura 74	<i>Cortante y desplazamiento para sismo raro Eje X</i>	97
Figura 75	<i>Cortante y desplazamiento para sismo muy raro Eje X</i>	98
Figura 76	<i>Cortante y desplazamiento para sismo ocasional Eje Y</i>	99
Figura 77	<i>Cortante y desplazamiento para sismo raro Eje Y</i>	99
Figura 78	<i>Cortante y desplazamiento para sismo muy raro Eje Y</i>	100

Introducción

En la actualidad, existen diferentes riesgos sísmicos globales constantes, el Perú es altamente sísmico; por lo cual, es importante asegurar un correcto nivel de desempeño en todas las edificaciones construidas. Usando análisis no lineales se obtienen resultados que permiten comprender parámetros como la ductilidad, capacidad de absorción, y desplazamientos y cortantes últimos, lo cual no se puede obtener con análisis lineales. Adicionalmente, considerando la respuesta inelástica estructural se puede comprender de mejor manera como será sus posibles fallas ante los eventos sísmicos.

En este contexto los colegios son considerados edificaciones de vital importancia para lograr que el Perú tenga un desarrollo económico y social, por ello es importante que la infraestructura utilizada por alumnos y tutores, aseguren un comportamiento adecuado antes de cualquier evento sísmico. Entre las organizaciones que promueven la construcción de instituciones educativas tenemos al Programa Nacional de Infraestructura Educativa (PRONIED).

En el primer capítulo, se expone la elaboración del problema de investigación con un enfoque a nivel mundial y nacional, se plantea el objetivo general y los específicos, también se realiza la justificación práctica, económica y social del trabajo y se define la importancia junto con los alcances y limitaciones de la investigación.

El segundo capítulo, describe los antecedentes nacionales e internacionales de la investigación. Asimismo, se realiza una base teórica incluyendo normativas internacionales, ya que en la normativa E.030 utilizada en Perú, no se menciona nada respecto a los análisis no lineales abordados en esta investigación, del mismo modo se establecen los términos básicos asociados al tema de estudio.

En el tercer capítulo, se realizan las hipótesis para el planteamiento general y para los planteamientos específicos, seguido de las variables de estudios y su relación entre ellas.

En el cuarto capítulo, se define el diseño de la investigación con un enfoque cuantitativo, respecto al diseño de la ingeniería este se presenta como no experimental, transversal y de un alcance descriptivo, para la parte estadística se define una población y una muestra de forma no probabilística o dirigida.

En el quinto capítulo, se aborda el estudio costo beneficio, se valoriza la estructura del Bloque N°2 y la importancia de esta investigación y en el último capítulo, se obtienen los resultados y se verifican las hipótesis planteadas; adicionalmente se realiza la discusión de resultados respecto a los antecedentes internacionales y nacionales, seguido de las recomendaciones y conclusiones.

Capítulo I: Planteamiento del Problema

Formulación del problema

En el mundo se puede detectar 500 000 terremotos al año, de estos son perceptibles 10000 y 100 de estos ocasionan destrucción. A finales del año 2000, los eventos sísmicos son responsables de más de 1.87 millones de personas fallecidas. Entre los movimientos telúricos más significativos tenemos: Haití y República Dominicana en marzo del 2010 con una magnitud de 7.0, con efectos de 220 000 muertos y una gran cantidad de viviendas afectadas; Japón en marzo de 2011 con una magnitud de 8.9, con resultados de 28 000 muertes y propiedades afectadas, finalmente México del 7 y el 19 de septiembre de 2017, teniendo como consecuencia muchas pérdidas humanas y materiales (Salazar,2018).

El Perú es un país sísmico, cuyo origen se debe a tres formas distintas: el rozamiento entre las placas litosféricas de Nazca y Sudamérica. Un sismo generado de la primera forma fue el temblor de Pisco en el año 2007 con 8.00 Mw (Magnitud del momento), los efectos fueron el fallecimiento de más de 500 personas, miles de personas perjudicadas y perjuicios en casas significativas. Un sismo generado de la segunda forma fue el Moyobamba del 5 de abril de 1991 con 6.00 Mw, los efectos fueron daños severos en los hogares. Un sismo de la tercera forma se dio el 24 de agosto del 2011 con 7.00 Mw, produciendo licuación de suelos y desplazamiento de rocas (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2019).

La Norma Técnica E.030 (2018) describe que el Perú tiene diferentes zonas sísmicas dependiendo de la aparición de sismos y de su disminución con referencia a la distancia epicentral. El lugar donde se realizó la investigación fue en Lima, específicamente, en la provincia de Lima, la cual tiene 43 distritos, los cuales fueron todos clasificados como una zona

sísmica tipo 4. Asimismo, la zona de estudio tiene diferentes instituciones educativas entre colegios, institutos y universidades.

Actualmente, la norma E.030 para sistemas de concreto reforzado considera únicamente el análisis lineal que no examina variables que tienen influencia en la conducta estructural, como el análisis estático no lineal (AENL), indicando que el sistema sismorresistente de la edificación es analizado en un rango inelástico. El análisis estático lineal (AEL), no permite indagar en el daño estructural ni el lugar de las fallas; por lo tanto, se obtendrán comportamientos estructurales fuera de la realidad. Finalmente, la norma E.030 al estar en constantes modificaciones influye en aquellas edificaciones que no fueron diseñadas y construidas con estos reajustes, ya que serán vulnerables y pueden generar pérdidas significativas (Esteba, 2017; Mendoza y Rivera, 2020).

Es primordial usar métodos inelásticos para la verificación del desempeño sismorresistente en estructuras esenciales, tales como colegios, hospitales, universidades, institutos y cuarteles, ya que pueden ser usados como guarida luego del evento sísmico. El AENL permite entender el desempeño sismorresistente a través de la capacidad estructural de resistir los diferentes sismos; la capacidad resulta de la ductilidad de la estructura (Asmat, 2016; Quesada, 2018; Mendoza y Rivera, 2020).

La infraestructura educativa analizada fue diseñada para dictar clases para alumnos de primaria y secundaria. Asimismo, la cantidad de estudiantes que asistirá a este colegio de manera regular serán de 608. Por lo tanto, es fundamental verificar el correcto nivel comportamiento sísmico de esta infraestructura antes diferentes amenazas sísmicas.

Problema principal

¿Cuál será el nivel de desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023?

Problemas específicos

¿Cuál será la ductilidad aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima ,2023?

¿Cuál será la capacidad de absorción de energía aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima ,2023?

¿Cuál será la cortante y desplazamientos últimos para las diferentes amenazas sísmicas aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Determinar el desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima,2023

Objetivos específicos

- Determinar la ductilidad aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima,2023.
- Determinar capacidad de absorción de energía aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima,2023
- Determinar la cortante y desplazamientos últimos para las diferentes amenazas sísmicas aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima,2023.

Justificación e importancia de la investigación

Justificación práctica

El uso de los métodos no lineales es importante, ya que permite al ingeniero civil estructural definir un nivel de operatividad esperado para una determinada edificación de

concreto armado y en base a esto poder modificar la estructura para alcanzar una correcta ductilidad estructural y el desempeño sismorresistente deseado.

Justificación económica

El estado peruano y las empresas privadas están constantemente invirtiendo en infraestructura educativa, por ejemplo, colegios, universidades e institutos. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI ,2022) refiere que la inversión pública y privada al sector educación en los años 2019,2020,2021y 2022 fueron de S/54 192 000, S/ 52 440 000, S/ 55 655 000 y S/ 60 698 000 respectivamente.

Al realizarse un diseño sísmico usando los métodos no lineales, se podrá asegurar un correcto funcionamiento tras suceder un sismo, ya que si no se emplean estas técnicas se desconocerá el funcionamiento de la estructura y en el peor de los casos esta podría colapsar, lo cual representaría una gran pérdida económica. Adicionalmente, los métodos no lineales se usan para poder proponer un tipo de reforzamiento a estructuras ya existentes que fueron construidos sin conocimientos sismorresistentes.

Justificación social

El INEI (2022) refiere que la matrícula escolar en educación básica regular, no universitaria, especial, técnica productiva, y básica alternativa en colegios públicos o privados en los años 2019, 2020, 2021 y 2022 fueron en total de 9039, 9078 ,9130 y 9421 miles de personas respectivamente. Al implementar métodos no lineales se puede asegurar un grado de operatividad ante eventos sísmicos y salvaguardar la vida humana; asimismo, estas estructuras se pueden usar de refugios.

Importancia de la investigación

Por un lado, la tesis impulsará el uso de métodos inelásticos para el análisis sísmico de edificaciones esenciales, por ejemplo, colegios. Adicionalmente, se comprobará que los métodos no lineales son realmente importantes, debido que nos permitirá conocer el mecanismo de falla, los perjuicios en la parte estructural y no estructural, asimismo, también nos permitirá conocer la ductilidad real de la estructura.

Por otro lado, la investigación brindará un aporte en el área académica, ya que la mayoría de investigaciones realizadas en colegios son de sistemas estructural aporticado. Sin embargo, la tesis realizada es de un colegio, pero con sistema estructural dual de concreto armado.

Delimitación del área de investigación

Delimitación del contenido

Línea de investigación de la presente tesis es de Estructuras, Geotecnia y Recursos Hídricos y el campo de investigación de Diseño Estructural Sismorresistente.

Delimitación espacial

En el campo espacial el colegio a investigar es la Av. Jorge Chávez 1124, distrito de Santiago de Surco, provincia de Lima, cuyas coordenadas en el sistema UTM84-18S son Este: 281236.10 y Norte: 8656245.20.

Delimitación temporal

En el campo temporal se estableció el tiempo necesario para la ejecución de esta tesis, la cual fue de seis meses calendarios contados a partir de la aprobación del tema de investigación, esto se puede evidenciar en el Anexo 1.

Limitaciones de la investigación

Para esta tesis y para el análisis de la edificación no se realizaron ensayos no destructivos, por ejemplo, ultrasonido y esclerómetro para especificar la resistencia existente del concreto. Adicionalmente, no se usaron el detector de metales o escáner para el colegio que sirven para determinar el tipo de acero y su posición en vigas, columnas y placas.

Figura 1

Ubicación espacial del colegio



Nota. Elaboración propia

Capítulo II: Marco Teórico

Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Cáceres y Morales (2020) evaluaron el desempeño sismorresistente de una infraestructura que posee seis niveles de concreto armado mediante un Análisis Estático No Lineal (AENL), y se utilizó parámetros de la norma NEC-2015, para la demanda sísmica. El eje x, un punto de desempeño con cortante en la base de 125962,11 kgf, un desplazamiento de 5.354 cm y una ductilidad de 9.42; el eje y, para el punto de desempeño una cortante en la base de 88683,61 kgf, un desplazamiento de 5.869 cm y una ductilidad de 7.60. Finalmente, la estructura analizada cumplió con los objetivos mínimos establecidos por la norma NEC-2015.

Livi y López (2023) realizaron un análisis comparativo de dos sistemas estructurales para instituciones educativas de corta altura utilizando un AENL. El primer sistema fue aporticado y el otro sistema alternativo fue en muros de concreto armado ambos sistemas fueron diseñados por el NEC 2015. Los resultados que se obtuvieron del factor de ductilidad para el primer sistema fue de 4, mientras que para el segundo sistema fue pequeño. Adicionalmente, el AENL indicó que la sobre resistencia del segundo sistema fue mayor que el primer sistema. Finalmente, se concluyó que la mejor estructura resistente para infraestructura educativa era el de muros de hormigón armado, ya que posee una gran sobre resistencia y resistirá correctamente los sismos incluso en un rango lineal.

Jaramillo (2022) evaluó el nivel de funcionalidad sísmico de un edificio multifamiliar de hormigón armado, ubicado en la ciudad de Samborondón usando un AENL, para diferentes amenazas sísmicas ;por ejemplo, sismo de servicio(SS), sismo de diseño(SD) y máximo (SM). Los resultados obtenidos para la curva de capacidad fueron de una cortante máxima de

133.64 ton y un desplazamiento máximo de 14.71cm.El desempeño sísmico para un SS fue completamente elástico, para un SD fue de ocupación inmediata y para un SM fue de rango de seguridad de vida.

Antecedentes nacionales

Paredes (2023) determino el desempeño sismorresistente para dos módulos, A y B, de la I.E. Nuestra Señora de la Paz; asimismo, usó AENL y ADNL. Asimismo, se realizaron verificaciones de los requisitos mínimos establecidos en la norma E.030, identificándose insuficiencias en las juntas sísmicas y derivas en el eje X. El nivel de funcionalidad para un sismo moderado usando el análisis pushover para el X fue de “colapso” y “funcional” para el otro eje de análisis, Y. Adicionalmente, para el análisis dinámico no lineal los resultados mostraron un desempeño en el eje X de “completos daños” y “ligeros daños estructurales” para el eje Y. Finalmente, para mejorar el comportamiento sísmico del eje X se realizó un encamisado de columnas.

Mires (2019) determino el desempeño sismorresistente para dos módulos de una institución educativa y uso el AENL. Los resultados obtenidos para el primer módulo (M01) en eje X, para un movimiento telúrico extremo (0.050m y 120.803 ton) ; en el eje Y, para un movimiento telúrico extremo (0.049 m y 173.113 ton). Adicionalmente, para el módulo 02 (M02) en el eje X, para un movimiento telúrico extremo (0.0099 m y 153.705 ton) ; en el eje Y , para un movimiento telúrico extremo (0.0038m y 139.702ton).Finalmente , se concluyó que la funcionalidad de la edificación analizada antes fuerzas sísmicas fue de inmediata ocupación.

Ramos (2023) determino el desempeño sismorresistente de la institución educativa N°141 - Héros de Jactay - Huánuco, usando el método del espectro de capacidad del ATC- 40 y el FEMA 400- 356, método de los coeficientes del ASCE41-17 y la aplicación del análisis

dinámico incremental (IDA) del FEMA P58. Los resultados indicaron que la respuesta global y de los componentes ante un sismo máximo fueron de ocupación inmediata y seguridad de vida, con daño estructural leve, lo que significa que no requiere un refuerzo estructural.

Base teórica

Nivel de desempeño

El desempeño que tendrá una edificación dependerá del deterioro de la parte que cumple la función de resistir cargas gravitatorias y cargas laterales, así como la parte que no cumple esta función, por ejemplo, la tabiquería existente de la edificación. Actualmente, existen diferentes normas internacionales que establecen los diferentes comportamientos esperados de una edificación, por ejemplo, ASCE 41-17, ASCE41-13, ATC- 40, FEMA 440 y el SEAOC. Finalmente, a pesar de la diferencia que existe en años de publicación de dichas normativas, con respecto a objetivos de desempeño son muy similares. En la tabla 1, se mostrará el comportamiento deseado ante un sismo según el SEAOC.

Tabla 1

Nivel de funcionalidad

Estado de deterioro	Rangos	Descripción
Insignificante	Totalmente	El deterioro en la parte estructural y en la parte no estructural es insignificante.
	Operacional	El deterioro es leve. En la parte no estructural,
Leve	Operacional	las instalaciones esenciales permanecen funcionando.
Fuerte	Seguridad de vida	Daños fuertes, sin embargo, se mantiene a salvo la seguridad de los ocupantes.

Exagerado	Pre-Colapso	El daño en el sistema estructural es exagerado, asimismo, existe un riesgo elevado contra la vida de los habitantes.
Completo	Colapso	La construcción tiene un daño total en la parte estructural y no estructural.

Nota. Datos tomados de SEAOC (1995)

Samillán (2019) indica que el nivel de funcionalidad de una edificación se da dependiendo de la evaluación numérica del acontecimiento sísmico, en las cuales están involucrados diferentes factores como el hipocentro, la cual es la fuente o foco y se ubica a una cierta profundidad de la superficie terrestre, asimismo, la proyección de este es el epicentro. Adicionalmente, también es importante conocer las propiedades de la geología de la zona. Finalmente, es importante conocer el tipo de sismo para ver cuál será su desempeño estructural.

Por lo tanto, también será importante conocer las diferentes amenazas sísmicas que se presentarán en la vida de una edificación, ya que dependiendo de este parámetro se definirá un comportamiento óptimo para la edificación. La Asociación Estructural de Ingenieros en California (SEAOC, 1995) establece que existen cuatro diferentes niveles de amenaza sísmica, los cuales se mostrarán a continuación.

Tabla 2

Amenazas sísmicas SEAOC

Amenaza sísmica	Posibilidad de excedencia en una vida útil de 50 años	Periodo de retorno- "T" (años)
Sismo frecuente	0.69	43

Sismo ocasional	0.50	72
Sismo raro	0.10	475
Sismos muy raros	0.05	970

Nota. Datos tomados de SEAOC (1995)

Objetivos de desempeño del SEAOC:

El SEAOC (1995) determina los comportamientos recomendados para edificios teniendo en consideración al tipo, ya sea básica, esencial o de seguridad crítica, asimismo, se tiene en consideración la amenaza sísmica.

Tabla 3

Niveles del SEAOC

Nivel del sismo	Nivel de desempeño sísmico esperado			
	Totalmente Operacional	Operacional	Asegura la vida	Cerca al Colapso
Frecuente (43 años)	OB	X	X	X
Ocasional (72 años)	RE	OB	X	X
Raro (475 años)	SC	RE	OB	X
Muy raro (970 años)	SC	SC	RE	OB

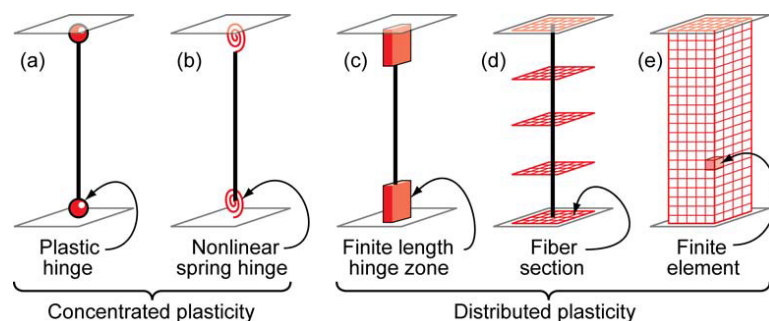
Nota. La tabla presenta los requisitos mínimos de desempeño donde OB es edificio básico, RE edificio esencial y SC edificio crítico. Datos tomados de SEAOC (1995)

Tabla 4*Limites según el manual técnico Hazus MR4*

		Rangos del nivel de desempeño			
Tipo de edificio	Altura máxima (m)	Nivel de funcionalidad según límites de derivas			
		Leve	Moderado	Extensivo	Completo
Concreto armado con muros de corte	15.24	0.0033	0.007	0.0193	0.05

Nota. Datos tomados del FEMA (2003)***Tipos de modelos de para análisis no lineal***

El comportamiento no lineal de los diferentes elementos estructurales, vigas columnas, placas u otros pueden ser modelados de dos tipos de plasticidad concentrada o distribuida. El primer modelo consiste en rotulas plásticas rígidas o de resortes con propiedades histeréticas. El segundo modelo consiste en zonas de rotula de longitud finita, elemento finitos y sección de fibras. Deierlein et al. (2010) afirman que no necesariamente los modelos más complejos, por ejemplo, los de plasticidad distribuida pueden representar mejor el comportamiento no lineal. Por lo tanto, ellos recomiendan realizar calibraciones de ensayos reales para poder determinar qué tipo de modelo usar.

Figura 2*Modelos no lineales*

Nota. La figura muestra la no linealidad distribuida y concentrada. Tomado de Deierlein et al. (2010)

Diagrama Momento - Curvatura ($M - \theta$)

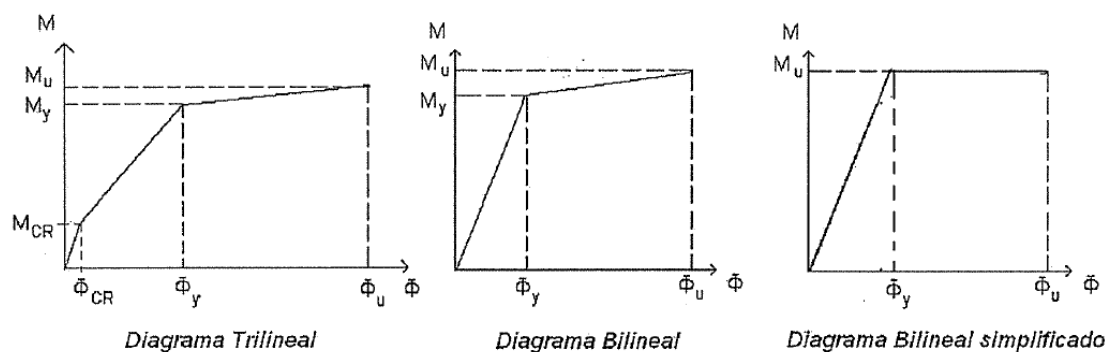
Ottazzi (2016) indica que en la elaboración de elementos estructurales de concreto reforzado es primordial conseguir un comportamiento dúctil debido a las cargas verticales y principalmente a las horizontales que se generan debido a las amenazas sísmicas. Asimismo, al asegurarse un comportamiento dúctil en el elemento cuando exista una carga excesiva este podrá tener grandes deformaciones próxima a su carga máxima. Por lo tanto, se debe de tener una consideración importante en la relación de carga- deformación, ya que esto evitará las cargas frágiles y asegurará un comportamiento dúctil.

De lo explicado anteriormente, se puede afirmar que las propiedades de liberación de energía son primordiales. Estas propiedades dependen del diagrama de Momento – Curvatura, en la cual se puede encontrar la extrema resistencia a flexión del componente el cual será M_u y una curvatura de θ_u , adicionalmente se obtendrán valores de M_y , momento de fluencia y θ_y curvatura de fluencia y M_{cr} , momento de agrietamiento y θ_{cr} y curvatura de agrietamiento. Uno de los principales factores del diagrama de momento- curvatura es la cuantía de acero esto se

observa en figura 4 las características de los materiales son los siguientes: un elemento estructural de sección de 25 cm y 50 cm con un modelo de concreto de Hognestad $f'c= 210$ kg/cm² ($Eo=0.002$) y una línea descendiente de $f'c= 170$ kg/cm² ($Eo=0.004$) el acero es de grado 60, y un peralte aproximado de $d= 45$ cm (Ottazzi, 2016 ;Yugcha, 2018).

Figura 3

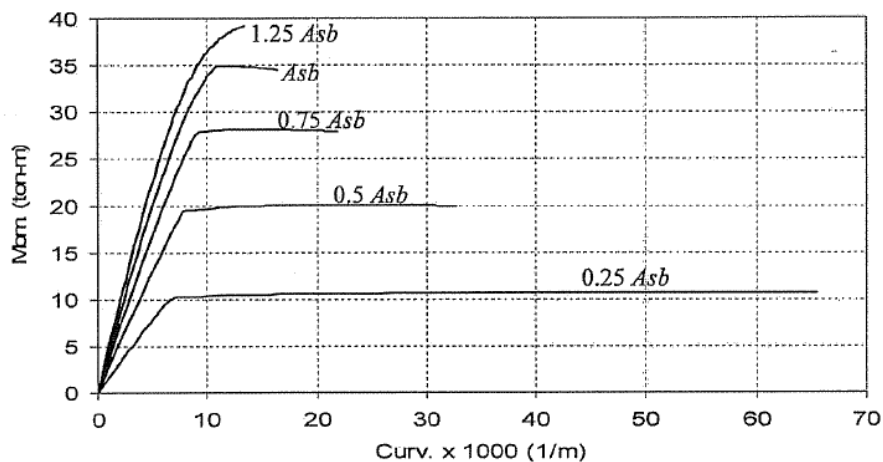
Tipos de diagrama M-Ø



Nota. La imagen ejemplifica los tipos de diagramas momento - curvatura. Tomado de Ottazzi (2016)

Figura 4

*M-Ø de viga (25cm*50cm)*



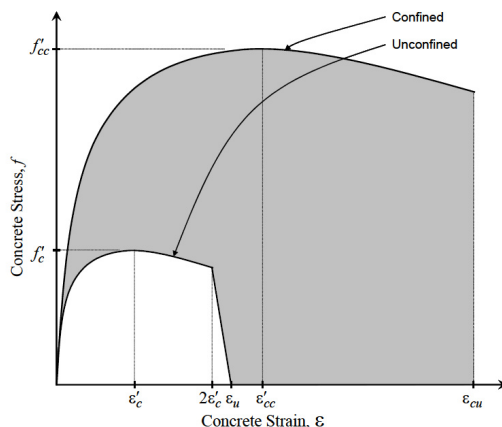
Nota. La imagen ilustra la respuesta no lineal de una viga de 25cm *50cm con variación de acero. Tomado de Ottazzi (2016)

Comportamiento de concreto confinado

Para poder definir correctamente los diagramas de Momento- Curvatura ($M - \theta$), es necesaria tener consideración que este no solo dependerá de la cuantía de acero longitudinal, sino también de que el concreto al estar confinado por varillas transversales de acero ya sea en forma rectangular o circular, mejoran la resistencia y ductilidad del elemento. Existen muchos modelos que modelan el comportamiento del concreto confinado, para esta investigación se usará el de Mander, ya que es el que también se encuentra disponible en el software comercial Etabs, adicionalmente, este modelo es ideal para columnas o vigas rectangulares y circulares. Para el modelo no confinado de Mander este presenta una parte inicial con curva y la otra lineal. Adicionalmente, para el concreto confinado se puede observar un gran aumento de ductilidad y resistencia.

Figura 5

No linealidad del concreto



Nota. Tomado de Mander et al. (1988)

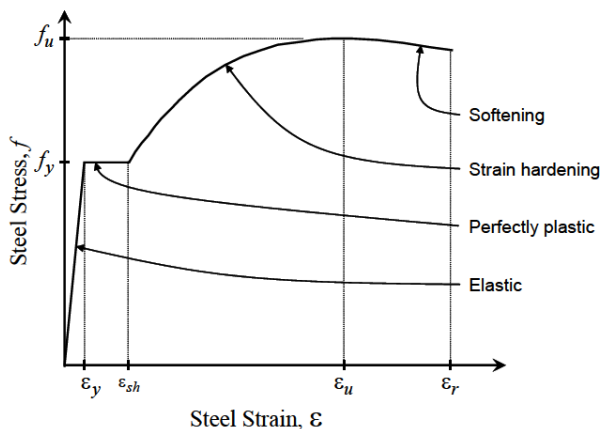
Comportamiento no lineal del acero

Para modelar la reacción no lineal del acero en el software Etabs existen dos tipos de modelación el simple y Park. Para esta investigación se usó el simple, el cual contiene las cuatro

regiones típicas del acero, región elástica, región plástica, región de endurecimiento por deformación y una región de ablandamiento. Adicionalmente, es importante considerar este comportamiento, ya que la estructura en un análisis pushover incursionará en el rango no lineal.

Figura 7

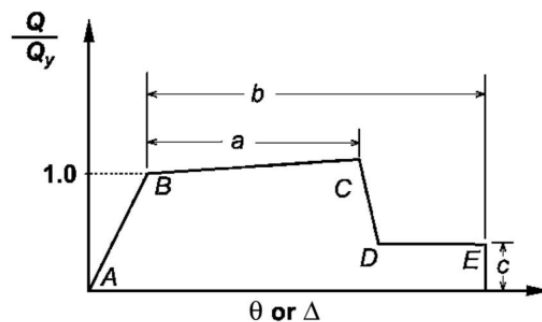
No linealidad acero



Nota. Tomado de Notas técnicas del Etabs

Modelos paramétricos para las cargas cíclicas

Para entender el desempeño de los miembros estructurales, es importante observar cómo varían las propiedades histeréticas, por ejemplo, rigidez, resistencia, deformaciones y otros, bajo cargas cíclicas. Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE, 2017) generó modelos no lineales que representan el comportamiento no lineal, donde se tiene diferentes puntos A, B, C, D y E. El punto B representa el comienzo de la fluencia; el valor de C, la máxima resistencia; el valor de D, la resistencia residual, y el valor de E, la última deformación. Para el modelamiento no lineal de columnas y vigas se usó las tablas 10.7 y 10.8 del ASCE (2017).

Figura 8*Curva de Fuerza vs Deformación**Nota.* Tomado de ASCE (2017)**Tabla 5***Valores de rigidez efectiva*

Componente		Axial	Flexión	Corte
Vigas	no pretensadas	$1.0EcAg$	$0.3EcIg$	$0.4EcAg$
Vigas	pretensadas	$1.0EcAg$	$1.0EcIg$	$0.4EcAg$
Columnas diseñadas de gravedad	$\geq 0.50Ag * f'c$	$1.0EcAg$	$0.7EcIg$	$0.4EcAg$
	$\leq 0.10Ag * f'c$	$1.0EcAg$	$0.3EcIg$	$0.4EcAg$

Nota. Adaptado de Moehle & Zeisler (2019)

Tabla 6*Parámetros para vigas de concreto armado*

Criterios de modelamiento no lineal vigas								
$\frac{\rho - \rho'}{\rho b a}$	Condición Sometido a flexión		Parámetros para rotación plástica		Resistencia residual C	Rangos de aceptación		
	Acero transversal necesario	$\frac{v^d}{b_w \times d \times \sqrt{f'_{cE}}}$	a	b		IO	LS	CP
≤ 0.0	SI	≤ 0.25	0.025	0.05	0.2	0.010	0.025	0.05
≤ 0.0	SI	≥ 0.50	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
≥ 0.5	SI	≤ 0.25	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≥ 0.5	SI	≥ 0.50	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
≤ 0.0	NO	≤ 0.25	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≤ 0.0	NO	≥ 0.50	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
≥ 0.5	NO	≤ 0.25	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
≥ 0.5	NO	≥ 0.50	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01

Nota. La tabla muestra los rangos para idealizar el comportamiento no lineal y los rangos de desempeño de vigas. Adaptado del ASCE (2017)

Tabla 7*Parámetros para columnas*

Criterios de modelamiento no lineal columnas				
Condición No controlada por inadecuado empalme		Rangos de aceptación		
Parámetros de rotación plástica		IO	LS	CP
$a = \left(0.042 - 0.043 \frac{Nud}{Ag * f'ce} + 0.63\rho t - 0.023 * \frac{Vye}{VcolOE} \right) \geq 0$				
Para $\frac{Nud}{Ag * f'ce} \leq 0.5$	$b = \frac{0.50}{5 + \frac{Nud}{0.80 * Ag * f'ce} * \frac{1}{\rho t} * \frac{f'ce}{fyte} - 0.01} \geq a^a$	0.15 a <=0.05		
$c = 0.24 - 0.40 * \frac{Nud}{Ag * f'ce} \geq 0.0$			0.5xb ^b	0.7xb ^b

Nota. La tabla muestra los rangos para idealizar el comportamiento no lineal y los rangos de desempeño para columnas.

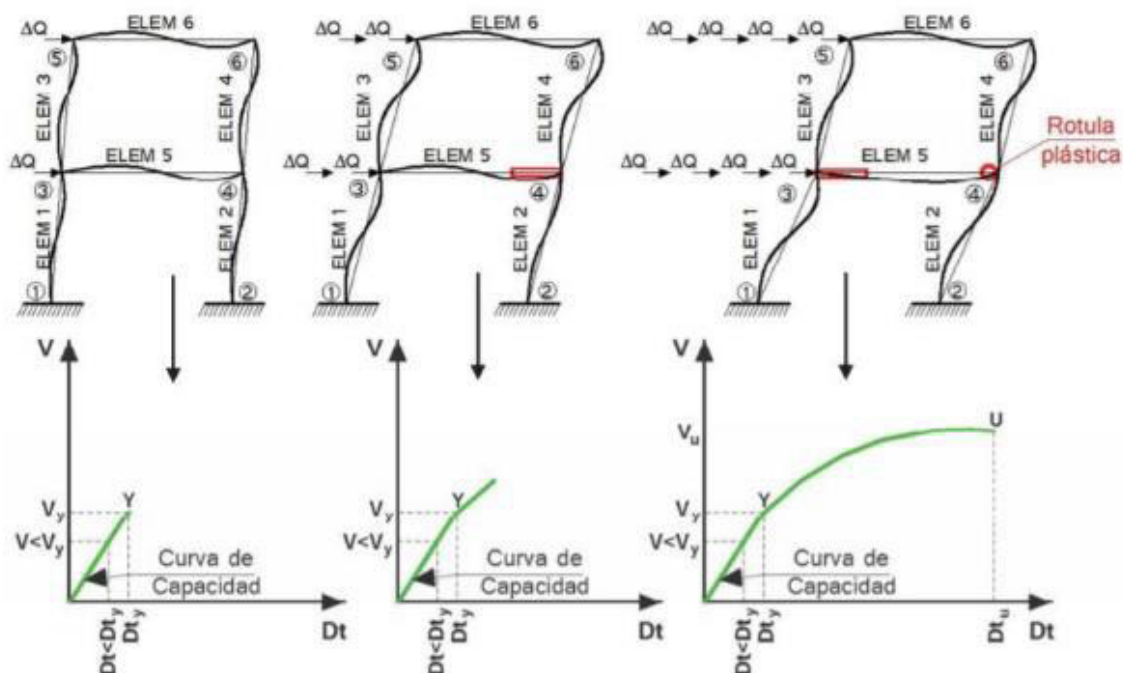
Adaptado del ASCE (2017)

AENL - Pushover -Análisis estático no lineal

Los ingenieros civiles que trabajan en la rama estructural al intentar entender la conducta real de las edificaciones antes solicitaciones sísmicas han generado análisis cada vez más minuciosos, en este caso procedimientos no lineales, lo cual significa tener en consideración la degradación de la rigidez, la transformación de la rigidez debido a las fisuras y la degradación de resistencia. Adicionalmente, para este método se usan desplazamientos muy lentos en la parte estructural, debido a que estas velocidades son pequeñas, los efectos dinámicos no son importantes. La modelación estructural es de un grado de libertad y se considerará la relación, más común, momento – curvatura (M- θ) (Rosario, 2018; Yugcha, 2018)

Procedimiento del AENL

Este es un método sencillo que es usado para precisar la capacidad estructural debido a las fuerzas producidas por una amenaza sísmica. Para realizar el AENL, primero actuarán las cargas verticales o gravitacionales, luego se generarán cargas laterales de forma monótona generándose las rotulas plásticas y finalmente se verificará el comportamiento estructural con un proceso secuencial hasta colapsar la estructura. La importancia de este método es que podrá identificar la secuencia de las grietas, la fluencia estructural, las fallas de los componentes estructurales y la forma de colapso de manera general de la edificación. Además, la capacidad estructural dependerá de la forma de fuerzas laterales que pueden ser de una forma triangular, lineal, parabólica o modal (Filian y Macías, 2017; Loa ,2017).

Figura 9*Procedimiento del AENL*

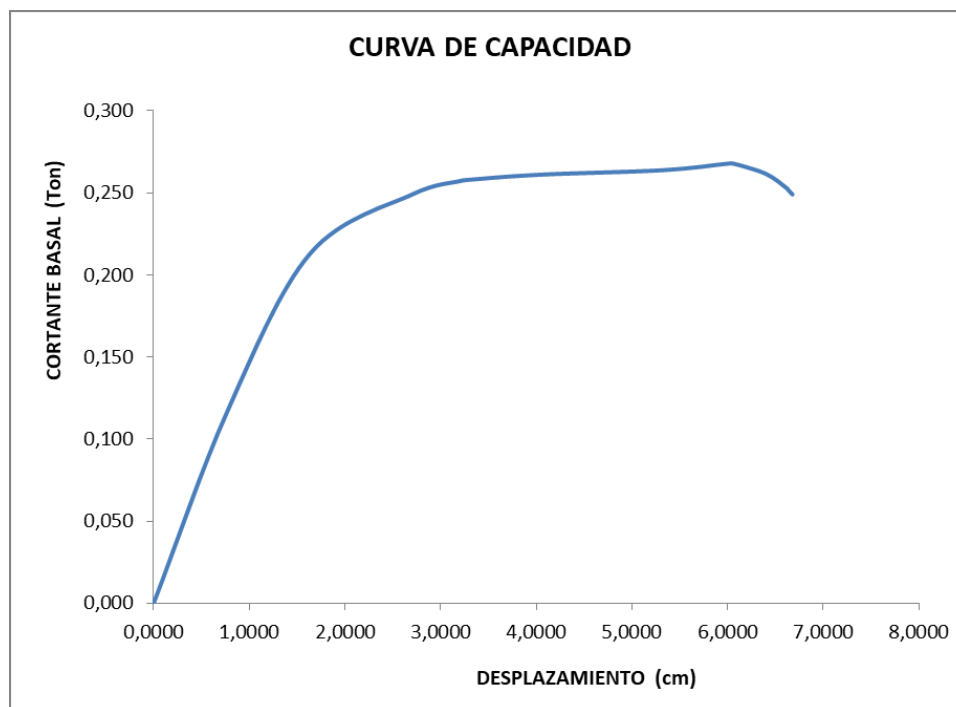
Nota. La imagen muestra que mientras se aumenta las fuerzas laterales se observa la formación de RP. Tomado de Yugcha (2018)

Curva de capacidad

Esta gráfica se basa en la sucesión de porciones de rectas donde la inclinación es declinante, esto se debe a la atenuación de la rigidez, fallas en componentes estructurales y en general al deterioro. Adicionalmente, vincula la cortante basal “V” (ton) con desplazamientos “ Δ ” (cm) de la parte elevada de la edificación, ya sea la azotea o techo. Esta curva se obtendrá usando los parámetros del primer modo de vibración debido a que es el más importante a diferencias de los otros modos de vibración (Filian y Macías, 2017; Yugcha, 2018).

Figura 10

Curva de Capacidad

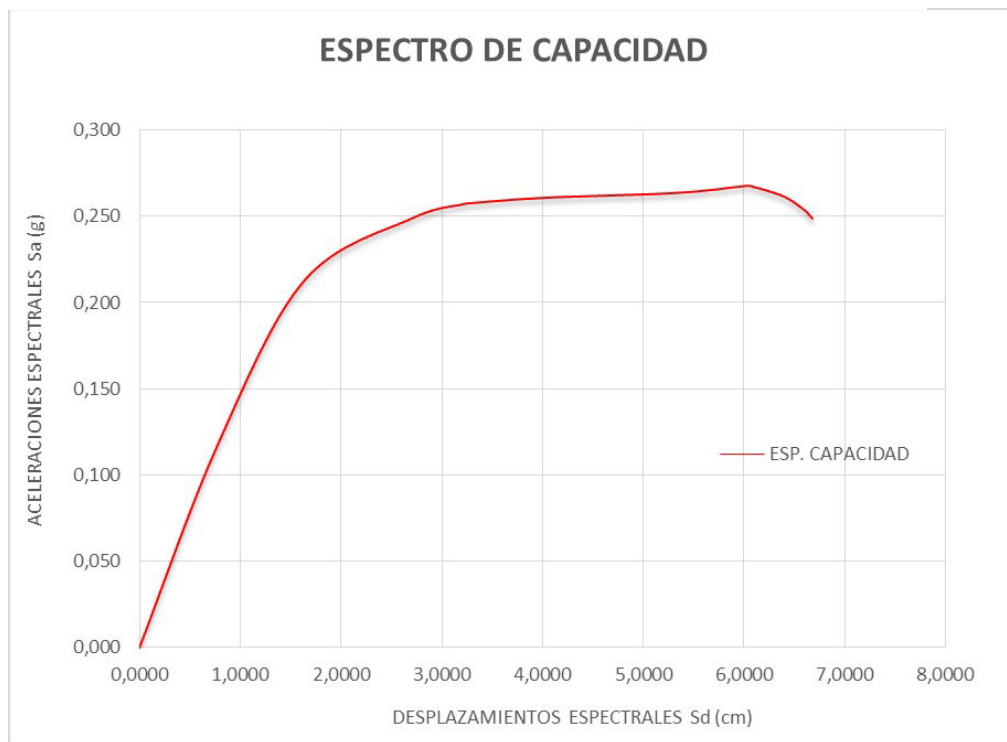


Nota. Tomado de Yugcha (2018)

El ATC-40 señala que para realizar una transformación de cada punto (V_i ; Δ), a cada punto del espectro de capacidad S_a vs S_d , la fórmula que se usa son las siguientes, donde α_i , P_{fi} y $\Phi_{i\text{roff}}$ dependerán del modo fundamental estructural.

$$S_{ai} = \left(\frac{V_i}{W} \right) * \alpha_i ,$$

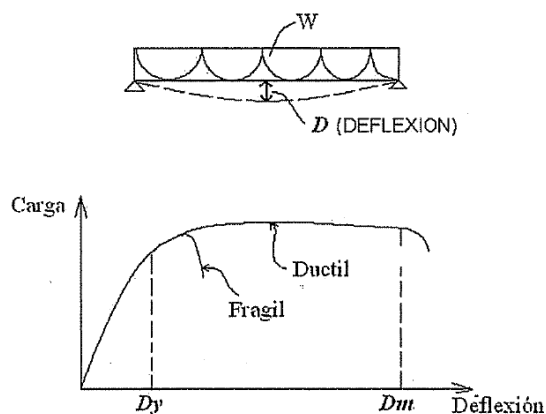
$$S_{di} = \left(\frac{\Delta_{roff}}{P_{fi} * \Phi_{i\text{roff}}} \right) * \alpha_i$$

Figura 11*Espectro de Capacidad*

Nota. Tomado de Yugcha (2018)

Capacidad de absorción de energía de la estructura

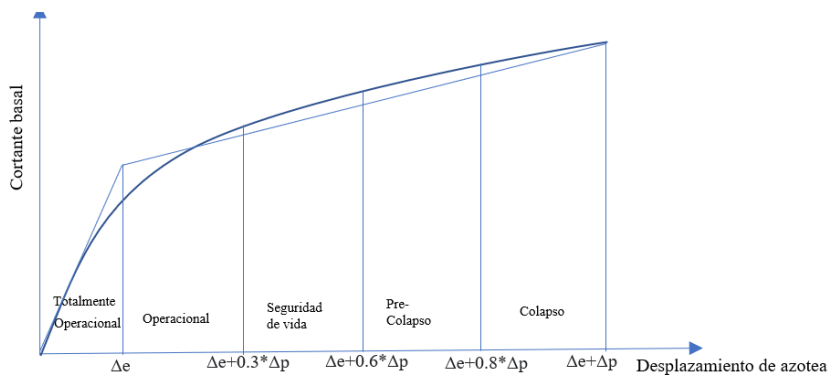
Ottazzi (2016) indica que, para un elemento estructural, por ejemplo, una viga, tendrá un comportamiento dúctil, si en el rango no lineal este logra un gran desplazamiento está es la principal diferencia comparado a un comportamiento frágil, donde la estructura no logra un gran desplazamiento en el rango no lineal. Adicionalmente, se menciona que el elemento dúctil tiene mayor capacidad de retener energía y esto se debe a que el área debajo de la curva del elemento dúctil es mayor que el área debajo del elemento frágil. Por lo tanto, usando el criterio anterior se puede inferir que para calcular la capacidad de retener energía de una estructura dependerá del área debajo de la curva de capacidad.

Figura 12*Relación carga- deflexión*

Nota. La figura muestra un comportamiento dúctil y frágil. Tomado de Ottazzi (2016)

Sectorización de la curva de capacidad

Propuesta por el SEAOC. Se convertirá la curva de la estructura a una curva bilineal para lo cual se necesitará el punto Δ_e , el cual es el desplazamiento máximo elástico o el punto donde la estructura empieza a ingresar a una etapa de fluencia; adicionalmente se necesitará el punto de Δ_u , el cual es el desplazamiento último, por consiguiente, Δ_p será la diferencia de Δ_u menos Δ_e .

Figura 13*Rangos según el SEAOC*

Nota. Tomado de SEAOC (1995)

Demanda

La demanda de una edificación necesitara de una sollicitación sísmica, en otras palabras, no tiene un valor constante, a esta demanda se aplicará el factor de disminución “R”, dependiendo de la configuración de los miembros estructurales , de las propiedades mecánicas y de la ductilidad de dicho sistema. Adicionalmente, cuando exista una gran diferencia entre espectros de capacidad y demanda, los deterioros serán significativos (Yugcha, 2018). Para el presente trabajo se usará el espectro de aceleraciones el cual se formará usando la norma E.030 - 2018.

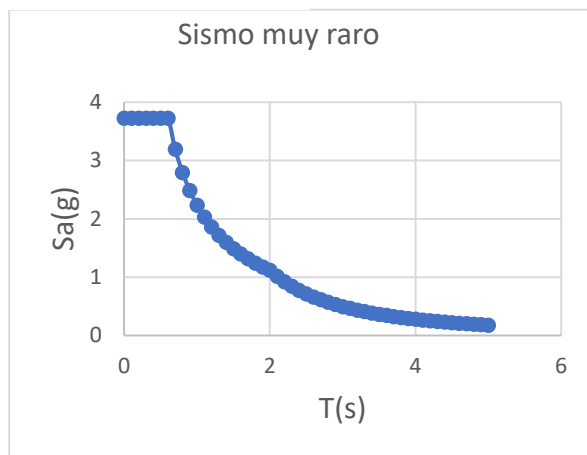
Curva de demanda

La Norma Técnica E.030 (2018) para formar un espectro de aceleraciones establece importantes parámetros a considerar como la zona donde se ubicará la edificación “Z”, la importancia de la edificación “U”, la geología de la zona donde estará ubicada el edificio “C” y “S” y un factor de reducción sísmica que obedece a la ductilidad y configuración de las unidades estructurales “R”. La fórmula propuesta por la E.030 es la siguiente:

$$Sa = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

Figura 14

Espectro E.030



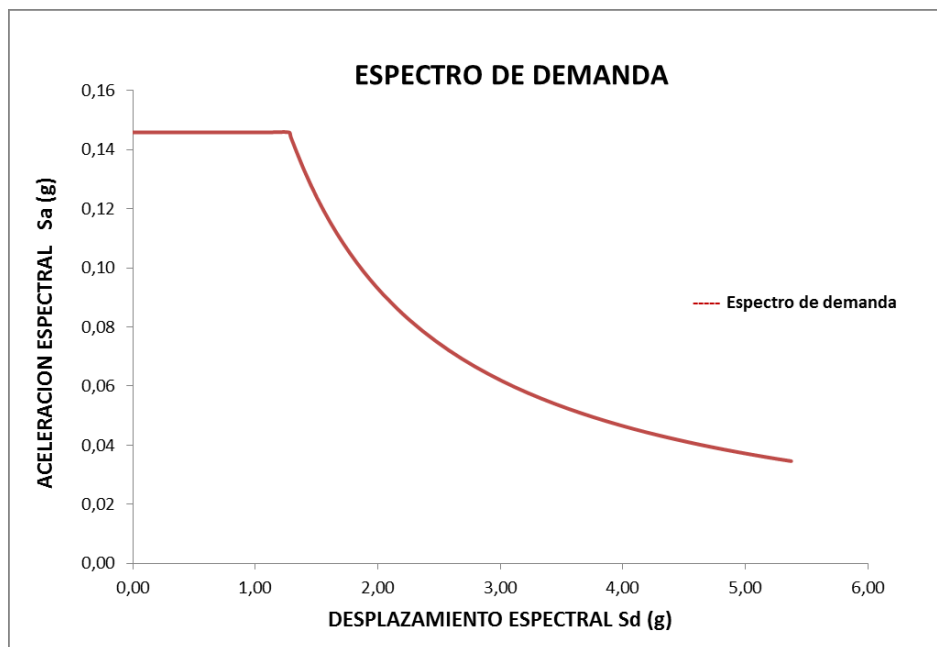
Nota. Elaboración propia

Para calcular el espectro de demanda según el ATC-40 se empleará la siguiente fórmula:

$$S_{di} = \frac{T^2 * S_{ai} * g}{4 * \pi^2}$$

Figura 15

Espectro de demanda



Nota. Tomado de Yugcha (2018)

Punto de desempeño

El ATC-40 indica que hay tres formas de hallar el punto de desempeño. El primero método posee el nombre de espectro capacidad, consiste en reducir un espectro de demanda elástico para intersecarlo con el espectro capacidad y encontrar el desempeño. El segundo método consiste en aproximar que el desplazamiento inelástico sería aquel que sucedería si la estructura se comportaría totalmente elásticamente. El tercer método consiste en modificar el desplazamiento elástico a través de coeficiente para hallar un desplazamiento objetivo. El primer coeficiente depende del número de niveles y del tipo de carga. El segundo coeficiente, es el

factor que indica el máximo desplazamiento inelástico esperado. El tercer coeficiente, representa las propiedades histeréticas, por ejemplo, la degradación de rigidez y resistencia.

Mejoras del método espectro capacidad del ATC-40. La Agencia Federal de Gestión de Emergencias (FEMA 440, 2005) mejoró el método de espectro capacidad el ATC-40, ya que incluyó efectos de amortiguamiento y ductilidad, los cuales sirven para poder reducir el espectro elástico. El método consiste en que se genere un grafica lineal de posibles puntos de desempeño para diferentes amortiguamientos y ductilidades. El paso final para determinar el desempeño será el cruce entre esa grafica lineal con el espectro de capacidad.

Amortiguación efectiva. FEMA 440 (2005) señala que este valor dependerá del tipo de modelo histerético que se adopte, ya que existen el modelo bilineal, deterioro de rigidez y desgaste de resistencia. Adicionalmente, dependerá de la ductilidad. Asimismo, el FEMA (2005) estableció valores que se pueden usar en caso no sé conozca los tipos de modelos no lineales que tendrán los componentes de la estructura.

Para $1.0 < \mu < 4.0$

$$\beta_{\text{eff}} = 4.9(\mu - 1)^2 - 1.1(\mu - 1)^3 + \beta_0$$

Para $4.0 \leq \mu \leq 6.5$:

$$\beta_{\text{eff}} = 14.00 - 0.32(\mu - 1) + \beta_0$$

Para $\mu > 6.5$

$$\beta_{\text{eff}} = \left[\frac{64(\mu - 1) - 1}{[0.64(\mu - 1)]^2} \right] * \left(\frac{T_{\text{eff}}}{T_0} \right)^2 + \beta_0$$

Periodo efectivo. FEMA 440 (2005) indica que de la misma manera que se puede hallar el valor del amortiguamiento sin conocer los modelos de comportamiento cíclico de las partes estructurales se puede usar las siguientes formulas.

Para $1.0 < \mu < 4.0$

$$T_{eff} = \{0.20(\mu - 1)^2 - 0.038(\mu - 1)^3 + 1\}T_o$$

Para $4.0 < \mu < 6.5$

$$T_{eff} = [0.20 + 0.13(\mu - 1) + 1]T_o$$

Para $\mu > 6.5$

$$T_{eff} = \left\{0.89 \left[\sqrt{\frac{(\mu - 1)}{1 + 0.05(\mu - 2)}} - 1 \right] + 1 \right\} T_o$$

Periodo secante. FEMA 440 (2005) señala que este valor es importante para poder generar el espectro respuesta de aceleración y desplazamiento modificado.

$$M = \frac{amax}{a_{eff}}$$

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{T_{eff}}{T_o}\right)^2 * \left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2$$

$$\left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \frac{1 + \alpha(\mu - 1)}{\mu}$$

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

Reducción del espectro debido a efectos de amortiguamiento. FEMA 440 (2005) indica que la respuesta espectro modificado de aceleración y desplazamiento, MADRS, se debe modificar por el amortiguamiento efectivo. A continuación, se muestran las fórmulas que deberían de usarse.

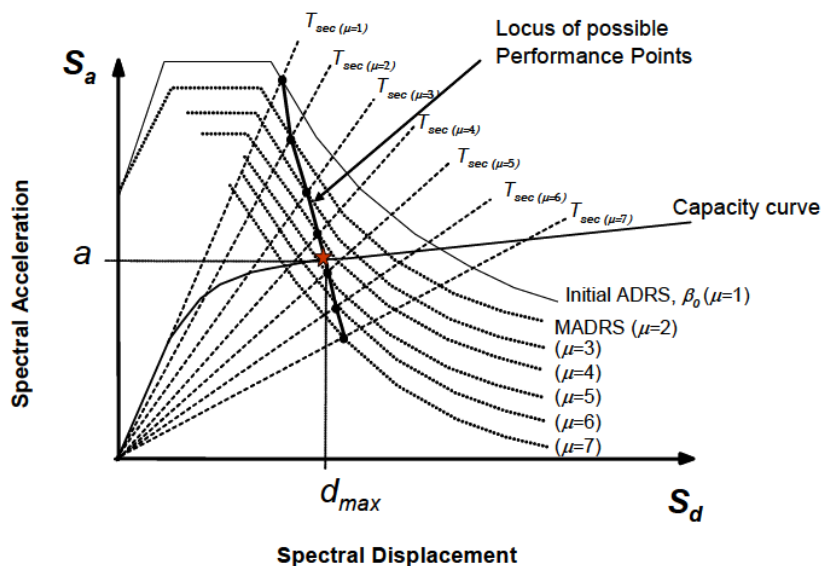
$$(S_a)\beta = \frac{(S_a)_o}{\beta(\beta_{eff})}$$

$$B = \frac{4}{5.6 - \ln\beta_{eff}(in\%)}$$

Procedimiento de solución. FEMA (2005) indica que para poder localizar el punto de desempeño estructural se iniciará tomando un espectro elástico con una ductilidad asumida ($\mu = 1$), con un periodo inicial T_0 y un amortiguamiento inicial β , usualmente es del 5% para concreto armado; adicionalmente, usando los datos anteriores y con la variación de la ductilidad se irá modificando el espectro elástico inicial y se intersecará este con el periodo secante, generándose puntos, los cuales serán unidos y formarán una línea donde se ubicarán posibles puntos de desempeño. Finalmente, la curva de capacidad intersecada con la línea de posibles puntos de desempeño, determinará la aceleración y traslado máximo que tendrá la estructura para esa amenaza sísmica.

Figura 16

Método para hallar el desempeño



Nota. Tomado de FEMA (2005)

Método de los coeficientes. El ASCE (2017) indica que el método de los coeficientes consiste en hallar un desplazamiento objetivo usando valores como C_o , C_1 , C_2 , S_a y T_e . El primer valor, hace referencia a la relación que existe en una edificación con múltiples grados de libertad comparado a un edificio que es considerado con un solo grado de libertad. El segundo valor, hace referencia al vínculo que hay entre un traslado elástico y un traslado inelástico esperado. El tercer valor hace referencia a las cualidades histeréticas de la estructura, por ejemplo, la degradación de la rigidez a través de carga cíclica. El valor de S_a , corresponde a la aceleración de espectro de demanda para un periodo elástico de la estructura. El valor de T_e hace referencia al periodo efectivo fundamental de la edificación. A continuación, se muestran todas las ecuaciones para cálculos los valores mencionados anteriormente.

$$\delta t = C_o * C_1 * C_2 * S_a * \frac{T_e^2}{4 * \pi^2} * g$$

Donde:

- Co: Valor que depende del número de pisos y tipo de carga
- C1: Valor que relaciona desplazamientos elásticos con inelásticos
- C2: Valor que hace referencia a las propiedades histeréticas
- Sa: Aceleración de un espectro elástico
- Te: Periodo efectivo

Tabla 8

Valores del factor Co

Número de Pisos	Edificios de corte		Otros Edificios
	Patrón de Carga Triangular	Patrón de Carga Uniforme	Cualquier patrón de carga
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4

10+	1.3	1.2	1.5
-----	-----	-----	-----

Nota. Datos tomados de ASCE (2017)

$$C1 = 1 + \frac{\mu_{strenght} - 1}{a * Te^2}$$

El valor de a será de 130 para un tipo de suelo So y S1, y para un suelo S2, 90.

Donde:

$\mu_{strenght}$: Vínculo entre la resistencia elástica y el límite elástico

Te: Periodo efectivo

$$\mu_{strenght} = \frac{Sa}{Vy/W} * Cm$$

Donde:

Sa: Aceleración de un espectro elástico

Vy: Valor de cortante de fluencia resultado de la curva bilineal del análisis pushover

W: Peso sísmico de la estructura

Cm: Valor que depende del sistema estructural

Te: Periodo efectivo

Tabla 9

Valores de Cm

Valores del coeficiente de masa efectivo Cm							
No. de pisos	Marco de momento concreto	Muro de corte de hormigón	Muros de concreto con aberturas	Marco de momento de acero	Marco de acero reforzado concéntricamente	Marco de acero reforzado excéntricamente	Otro
1 - 2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 o más	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

Nota. Datos tomados de ASCE (2017)

$$C2 = 1 + \frac{1}{800} * \left(\frac{\mu strength - 1}{Te} \right)^2$$

$$Te = Ti * \sqrt{\frac{Ki}{Ke}}$$

Donde:

$\mu strength$: Relación entre la demanda de resistencia elástica y el límite elástico

Te: Periodo efectivo

Ti: Periodo fundamental elástico

Ki: Rigidez lateral elástica

Ke: Rigidez lateral efectiva

Definición de términos básicos

- La rigidez: propiedad física que mide la relación entre una fuerza y un desplazamiento.
- Análisis lineal: revisión donde se considera una rigidez lineal.
- Análisis no lineal: revisión donde se considera una degradación en propiedades físicas, tales como rigidez, resistencia y otros.
- Ductilidad: propiedad física que indica que tanta capacidad de deformación tiene una estructura.
- Frágil: propiedad donde se indica que una estructura tiene poca capacidad de deformación.
- Periodo de vibración: cualidad que esta influenciada por la masa y rigidez estructural.
- Espectro de demanda: herramienta que sirve para analizar que aceleración recibirá ante un sismo una estructura que depende de su periodo.
- Análisis estático: un método que considera fuerzas sísmicas equivalentes triangulares.
- Análisis dinámico: un método que considera las aceleraciones del suelo y los modos de vibración para calcular las fuerzas sísmicas.
- Modelo histérico: un tipo de representación para la respuesta estructural en el rango no lineal.

- Modelo de plasticidad: un tipo de representación de no lineal que se usa para elementos estructurales para análisis no lineales.
- R: un factor de redundancia sísmica que depende de tres valores la sobre resistencia, la ductilidad y la redundancia.
- AENL: Análisis estático no lineal
- AEL: Análisis estático lineal
- RP: Rótula plástica

Capítulo III: Hipótesis y Variables de la Investigación

Hipótesis

Hipótesis general

- El colegio privado de Santiago de Surco, Lima ,2023 evaluada en las direcciones X e Y tendrá un desempeño mínimo de resguardo de vida.

Hipótesis específicas

- El colegio privado de Santiago de Surco, Lima ,2023 tendrá una ductilidad en la dirección X e Y con un valor de 3.10.
- El colegio privado de Santiago de Surco, Lima ,2023 tendrá una capacidad de absorción de energía de 80ton*m.
- El colegio privado de Santiago de Surco, Lima ,2023 tendrán valores de cortante y desplazamientos últimos que estarán en el rango de 300 a 400 ton y desplazamientos de 0.30 a 0.40 m, respectivamente.

Variables y operacionalización

Las variables correspondientes se detallan en la tabla 10.

Tabla 10

Variables y operacionalización

Título: “Evaluación del nivel de desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023”

operacionalización de variables

variable	dimensiones	indicadores	u.m
v1 “independiente”: pushover	capacidad estructural	momento -curvatura	ton*m vs rad

		rigidez lateral	ton/cm
		factor de zona (1,2,3,4)	m/s ²
	amenaza sísmica	tipo de suelo (s1, s2, s3 y s4)	-
v2 “dependiente”: nivel de desempeño sísmico		reducción sísmica ("r")	-
	punto de equidad de amenaza sísmica y capacidad estructural	cortante basal	ton
		desplazamiento	cm

Nota. Elaboración propia

Capítulo IV: Diseño de la Investigación

Diseño de ingeniería

La investigación utiliza un enfoque cuantitativo. Hernández et al. (2014) mencionan que toda proposición o hipótesis para ser corroborada necesita de una evaluación numérica y estadística para producir normas y acreditar teorías.

Para la investigación no se maniobraron las variables de estudio y únicamente se observó el comportamiento del colegio antes los eventos sísmicos, por lo tanto, fue el diseño fue no experimental. Hernández et al. (2014) plantearon que en la investigación no experimental no se manipulan las variables y solo se analiza los fenómenos observados. Para este trabajo de investigación se almaceno los datos por única vez en forma de planos estructurales, planos de arquitectura y parámetros sísmicos, por lo tanto, el diseño fue transversal. Hernández et al. (2014) manifestaron que los diseños transversales son aquellos trabajos de investigación donde solo se recolecta datos una vez. Para este trabajo de investigación se midió el nivel de funcionalidad de una institución académica antes diferentes eventos sísmicos, por lo tanto, el alcance fue descriptivo. Hernández et al. (2014) postularon que el alcance descriptivo examina características significativas de cualquier evento.

Métodos y técnicas del proyecto

Para el análisis del nivel de funcionalidad de la institución educativa, se realizó un análisis lineal para comprobar que los periodos fundamentales X e Y son traslacionales, asimismo, que los valores de cortante y derivas sean parecidos o iguales a los proporcionados por la empresa AGER- Ingeniería Estructural. Luego de crear este modelo, se procedió a colocar la cuantía de acero de los planos de ingeniería y se asignaron las cualidades no lineales, por ejemplo, el modelo del concreto confinado Mander, y el modelo simple para el acero.

Adicionalmente, se trabajó con una no linealidad concentrada para vigas y columnas, para el caso de placas se trabajará con una no linealidad distribuida o fibra. Luego, se asignaron cargas no gravitatorias según lo indica el ASCE 41-17. Se estableció un diafragma rígido, un punto de control y se procedió a realizar el AENL Pushover, tomando en consideración los modos de vibración traslacionales de la estructura. Luego se obtuvo la curva de capacidad, la ductilidad y la capacidad de absorción de energía estructural. Finalmente, se usó los establecidos por el ATC-40 para calcular el nivel de funcionalidad estructural a las diferentes amenazas sísmicas.

Diseño estadístico

El sujeto de análisis de esta tesis fue un colegio ubicado en Lima que tiene una configuración estructural dual de concreto armado, adicionalmente se analizó la respuesta estructural debido a los diferentes peligros sísmicos y se verificó el cumplimiento de las exigencias mínimas del SEAOC (1995).

Técnicas y herramientas estadísticas

La técnica de recopilación de información fue la observación y documentación, ya que se solicitó información a la reconocida empresa nacional AGER-Ingeniería estructural, la cual concedió los planos de construcción de una edificación esencial, institución académica de concreto armado ubicada en Lima, adicionalmente, brindaron la información de los parámetros sísmicos para poder realizar esta investigación.

La herramienta que se usó para poder realizar la investigación será el Etabs v19, la cual fue validado por expertos, lo cual se encuentra en los anexos 4,5,6 y7.

Perez y Torres (2022) recomiendan que en el programa Etabs es posible realizar modelos computacionales donde se puede analizar el comportamiento no lineal para muros y marcos de concreto armado. Esto se logró a través de la calibración de un ensayo realizado de un marco de

concreto armado con base fija en el laboratorio de la Universidad de Toronto. Adicionalmente, se calibró un muro de concreto armado que fue ensayado en ETH Zúrich en Alemania.

Población

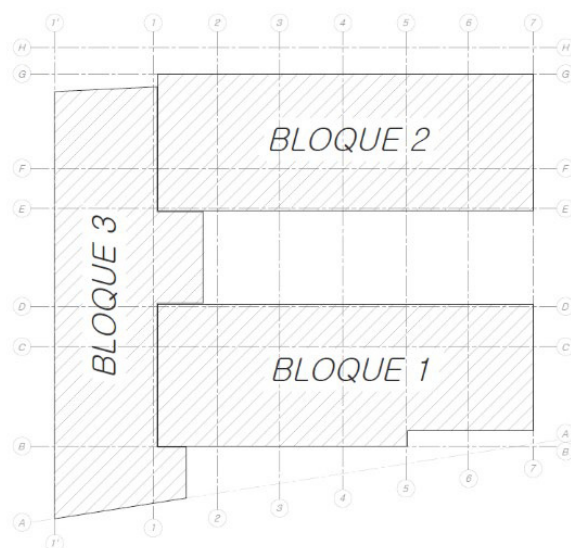
Hernández et al. (2014) indicaron que una población es un grupo de todos los elementos que poseen características similares. La población fue todas las edificaciones educativas en el distrito de Santiago de Surco cuyo esquema estructural fue dual de concreto armado.

Muestra

Hernández et al. (2014) señalaron que la muestra es un subgrupo significativo de la población. Para la tesis se usó una muestra de forma no probabilística o dirigida. El colegio elegido estaba ubicado en la Av. Jorge Chávez 1124, distrito de Santiago de Surco. Esta edificación tiene 3 bloques en el proyecto se analizó el desempeño del bloque N°2.

Figura 17

Bloques del colegio analizado



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería estructural

Capítulo V: Análisis Costo/ Beneficio

Beneficios no financieros

Al realizar un AENL al bloque N°2 dual de concreto armado se podrá conocer el comportamiento ante diferentes sollicitaciones sísmicas de la estructura, adicionalmente, en caso la estructura actual no sea lo suficiente resistente o no cumpla los requisitos del SEAOC y la norma técnica E.030 se procederá a realizar algún tipo de reforzamiento estructural.

Evaluación del impacto social y/o ambiental

El efecto en la sociedad, será poder asegurar un refugio ante sismos de elevadas magnitudes a todas aquellas personas que se encuentran cerca del colegio. Adicionalmente, esto permitirá evitar pérdidas humanas y a la vez un apoyo hacia el Estado para aquellas personas afectadas de manera rápida.

Evaluación Económica- Financiera

Toda la institución académica consta de tres bloques, el Bloque N°1 tiene un área de 208.340 m², el Bloque N° 2 tiene un área de 204.96 m² y el Bloque N°3 tiene un área de 189.080 m². Se valorizó el bloque N°2 usando el anexo 8. El bloque 2 se clasifico tipo B para columnas, el cual tiene un valor de s/405.84 por m² y para el caso de techos, tipo C con un valor de s/ 206.08 por m², acumulando un total de S/ 611.92 por m². Asimismo, como el bloque N°2 posee tres niveles de 204.96 m² hacen un total de 614.88 m²; por lo tanto, el valor de la estructura sería de S/ 376,257.37. Realizar un análisis no lineal podría prevenir pérdidas económicas antes las amenazas sísmicas.

Capítulo VI: Resultados, Conclusiones y Recomendaciones

Resultados

Configuración estructural

La estructura consiste en una edificación de tres pisos, la cual tiene losas con viguetas pretensadas. Adicionalmente, los muros y columnas cambian la sección transversal, esto se debe a que en los pisos superiores disminuye la sollicitación sísmica. Finalmente, el detalle de acero de las vigas también cambia en los tres pisos. El detalle de la configuración estructural puede observarse desde el anexo 9 hasta el anexo 30.

Análisis lineal

Se modeló las características mecánicas de los materiales usados en el Bloque N°2. El acero fue de grado 60. En el caso del acero se usó un E (módulo de elasticidad) de 2'000,000 kg/cm², como se observó en la figura 17. Adicionalmente, se estableció los valores de esfuerzo de fluencia y últimos como se vio en la figura 18, los cuales fueron de 4200 kg/cm² y 6300 kg/cm², respectivamente.

Figura 18

Acero $f_y=4200$ kg/cm²

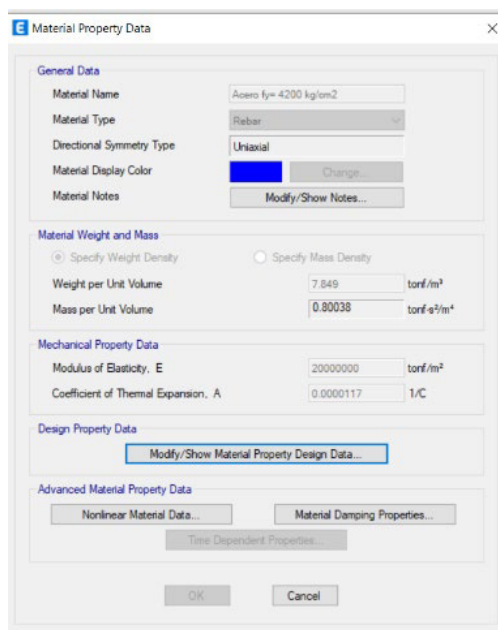


Figura 19

Fy, Fu, Fye y Fue

The screenshot shows a dialog box titled 'Material Property Design Data'. It is divided into two main sections:

- Material Name and Type:**
 - Material Name: Acero fy= 4200 kg/cm2
 - Material Type: Rebar, Uniaxial
 - Grade: Grade 60
- Design Properties for Rebar Materials:**
 - Minimum Yield Strength, Fy: 4200 kgf/cm²
 - Minimum Tensile Strength, Fu: 6300 kgf/cm²
 - Expected Yield Strength, Fye: 4600 kgf/cm²
 - Expected Tensile Strength, Fue: 6900 kgf/cm²

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

En la situación del concreto se usó una resistencia de compresión de 280 kg/cm², un E (módulo de elasticidad) de 250998.01 kg/cm² y un coeficiente de poisson μ de 0.20 como se observó en la figura 19 y 20. El ultimo valor sirvió para determinar el módulo de corte para el concreto.

Figura 20

Concreto $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$

The screenshot shows a dialog box titled 'Material Property Data' with several sections:

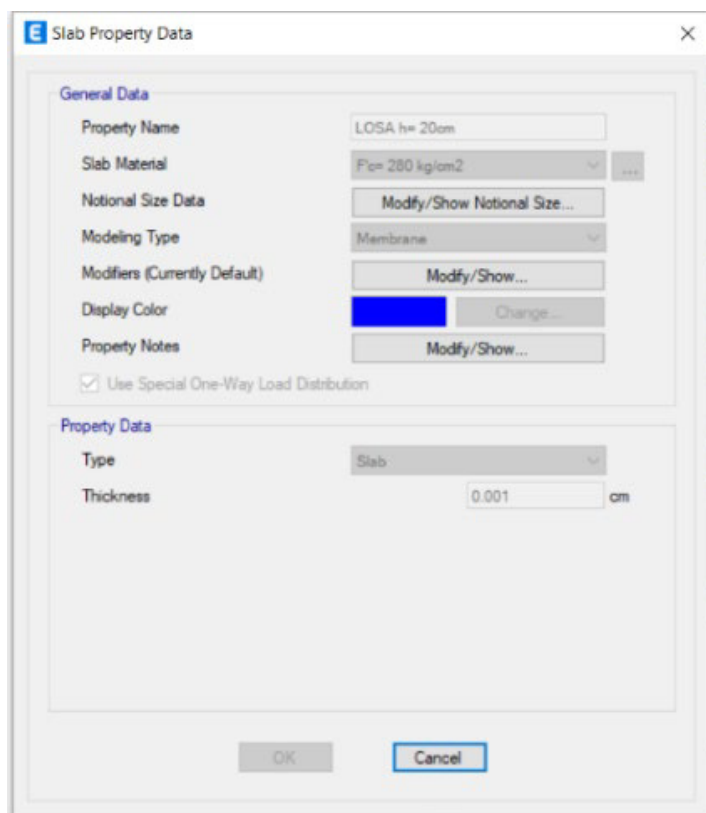
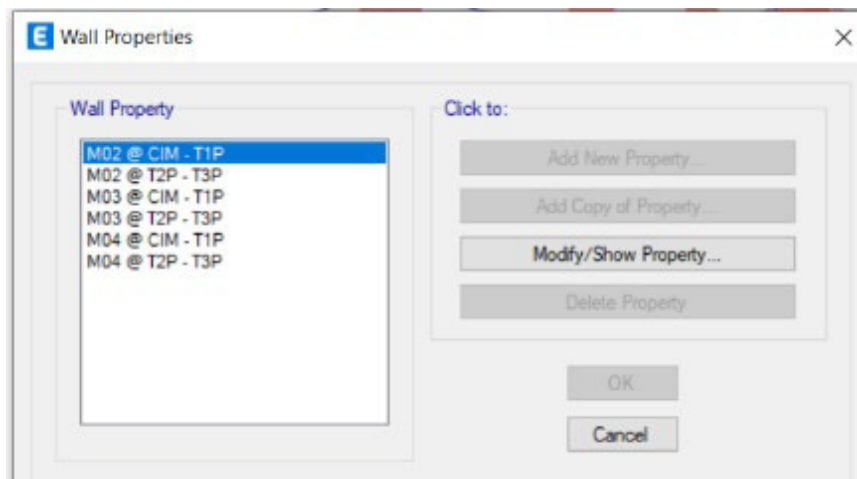
- General Data:**
 - Material Name: F^c= 280 kg/cm²
 - Material Type: Concrete
 - Directional Symmetry Type: Isotropic
 - Material Display Color: [Color swatch] Change...
 - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:**
 - Specify Weight Density Specify Mass Density
 - Weight per Unit Volume: 2.4028 tonf/m³
 - Mass per Unit Volume: 0.245014 tonf·s³/m⁴
- Mechanical Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 250998.08 tonf/m²
 - Poisson's Ratio, U: 0.2
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
 - Shear Modulus, G: 1045825.03 tonf/m²
- Design Property Data:**
 - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:**
 - Nonlinear Material Data...
 - Material Damping Properties...
 - Time Dependent Properties...
- Modulus of Rupture for Cracked Deflections:**
 - Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)
 - User Specified []

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

Figura 21*Definición f'_c*

Luego de definir las propiedades físicas, se realizó la elaboración de los componentes estructurales usando desde el anexo 9 hasta el anexo 30. Para esta etapa de análisis únicamente se consideró el perfil transversal de los componentes sin su cuantía de acero longitudinal y transversal, como se observó en la figura 21, 22 y 23.

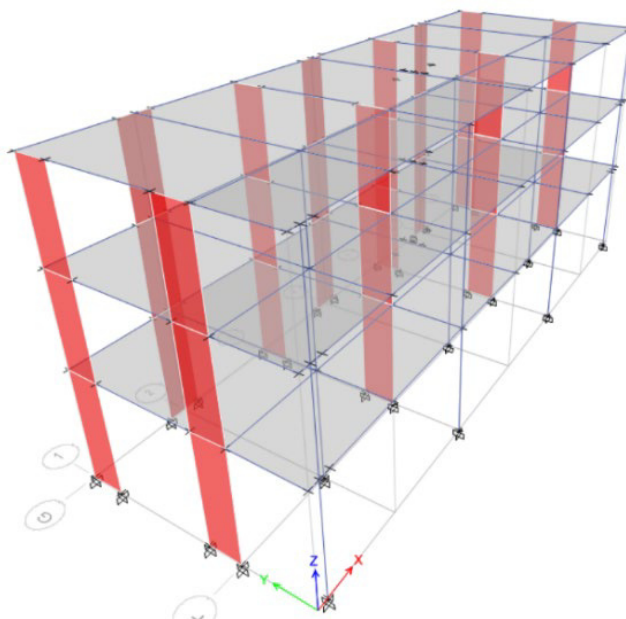
Figura 22*Vigas y columnas*

Figura 23*Losa h= 20cm***Figura 24***Muros de concreto*

Luego de definir los miembros estructurales, se construyó la estructura en 3d en el software Etabs v19. Se tuvo en consideración los niveles tanto para la cimentación, y los encofrados de los techos. Asimismo, se ubicó los muros de concreto armado y columnas de acuerdo a la concepción realizada por la empresa AGER – Ingeniería Estructural. El esquema estructural se observó en la figura 24.

Figura 25

Bloque N°2



Nota. Elaboración propia

Parámetros sísmicos

Para las características del lugar se utilizaron los parámetros sísmicos según la E.030, la zona sísmica fue Z4(Lima), el perfil del suelo, S2(Suelo intermedio) y la categoría de la edificación, colegio, infraestructura del tipo A. Estos valores se observaron en la tabla 11.

Adicionalmente, estos parámetros fueron necesarios para crear el espectro de respuesta, el cual

indicó las aceleraciones que tendrá la edificación de acuerdo a su periodo de vibración. En la gráfica 25, se observó las máximas aceleraciones de la E.030.

Tabla 11

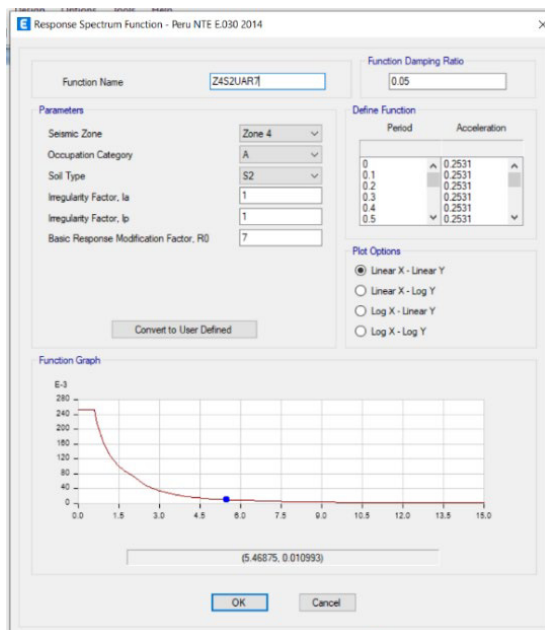
Parámetros sísmicos

Parámetros sísmicos	
Z=0.45	U=1.50
S=1.05	Tp= 0.60 y Tl= 2.00

Nota. Datos tomados de AGER- Ingeniería

Figura 26

Espectro según la E.030



Metrado de cargas

Para desarrollar el metrado de cargas, se usó la norma E.020 que nos indica las cargas mínimas vivas repartidas. En los centros educativos la CV para las aulas fue 250 kg/m², para corredores y escaleras fue de CV = 400 kg/m²; adicionalmente, para la carga viva mínima del

techo del tercer piso, se usó $CV = 100 \text{ kg/m}^2$. Estos valores se observaron en la tabla 13. Para las cargas muertas, se consideró una $CM = 100 \text{ kg/m}^2$ por piso terminado y el valor de 300 kg/m^2 para el peso del aligerado. Estos valores se contemplaron en la tabla 12.

Tabla 12*CM de la losa aligerada*

Losas aligeradas en una dirección		
Viguetas de 0.10 m de ancho y 0.40 m entre ejes		
Espesor de losa (m)	Espesor de macizo en metros	Peso propio kPa (kgf/m^2)
0.17	0.05	2,8 (280)
0.20	0.05	3,0 (300)
0.25	0.05	3,5 (350)
0.30	0.05	4,2 (420)

Nota. Datos tomados de la Norma E.020

Tabla 13*CV en los colegios*

Infraestructura educativa	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo con lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)

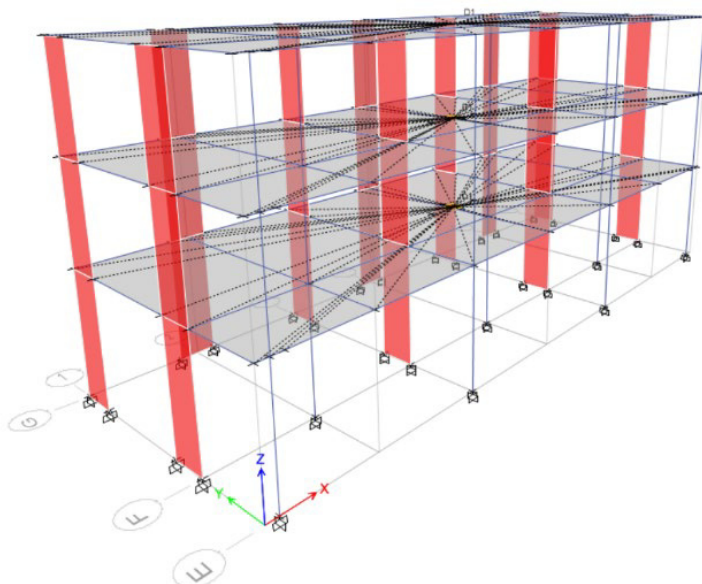
Nota. Datos tomados de Norma E.020

Definición de diafragmas rígidos

El diafragma rígido sirvió para poder compatibilizar los desplazamientos de todos los nodos de la estructura. Fue importante definir este diafragma, ya que en los análisis sísmicos este se encarga de repartir las sollicitaciones sísmicas dependiendo de la rigidez de los elementos. Finalmente, se estableció los diafragmas rígidos en los tres niveles. Esto se revisó en la figura 26.

Figura 27

Diafragmas rígidos



Nota. Elaboración propia

Definición de Peso sísmico, patrones de carga, casos de carga y combinación

El peso sísmico estructural fue definido como 100% de la CM y 50% de la CV como lo estableció la norma sismorresistente del Perú E.030. Adicionalmente, se estableció una excentricidad para la masa de 5% y -5% para las direcciones de análisis X e Y. Esto se supervisó en las imágenes 27,28,29,30 y 31.

Figura 28

Peso sísmico 100%CM+25%CV

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box with the following settings:

- Mass Source Name:** MASA
- Mass Source:**
 - Element Self Mass
 - Additional Mass
 - Specified Load Patterns
 - Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: []
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: []
- Mass Multipliers for Load Patterns:**

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Dead	1
Live	0.5
- Mass Options:**
 - Include Lateral Mass
 - Include Vertical Mass
 - Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

Figura 29

Excentricidad -5% en X

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box with the following settings:

- Mass Source Name:** MASA X-
- Mass Source:**
 - Element Self Mass
 - Additional Mass
 - Specified Load Patterns
 - Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: -0.05
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0
- Mass Multipliers for Load Patterns:**

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Dead	1
Live	0.5
- Mass Options:**
 - Include Lateral Mass
 - Include Vertical Mass
 - Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

Figura 30*Excentricidad +5% en X*

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box for a mass source named 'MASA X+'. The 'Mass Source' section has the following settings:

- Element Self Mass:
- Additional Mass:
- Specified Load Patterns:
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0.05
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0

The 'Mass Multipliers for Load Patterns' table is as follows:

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Live	0.5

The 'Mass Options' section has the following settings:

- Include Lateral Mass:
- Include Vertical Mass:
- Lump Lateral Mass at Story Levels:

Buttons: OK, Cancel

*Nota. Elaboración propia***Figura 31***Excentricidad -5% en Y*

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box for a mass source named 'MASA Y-'. The 'Mass Source' section has the following settings:

- Element Self Mass:
- Additional Mass:
- Specified Load Patterns:
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: -0.05

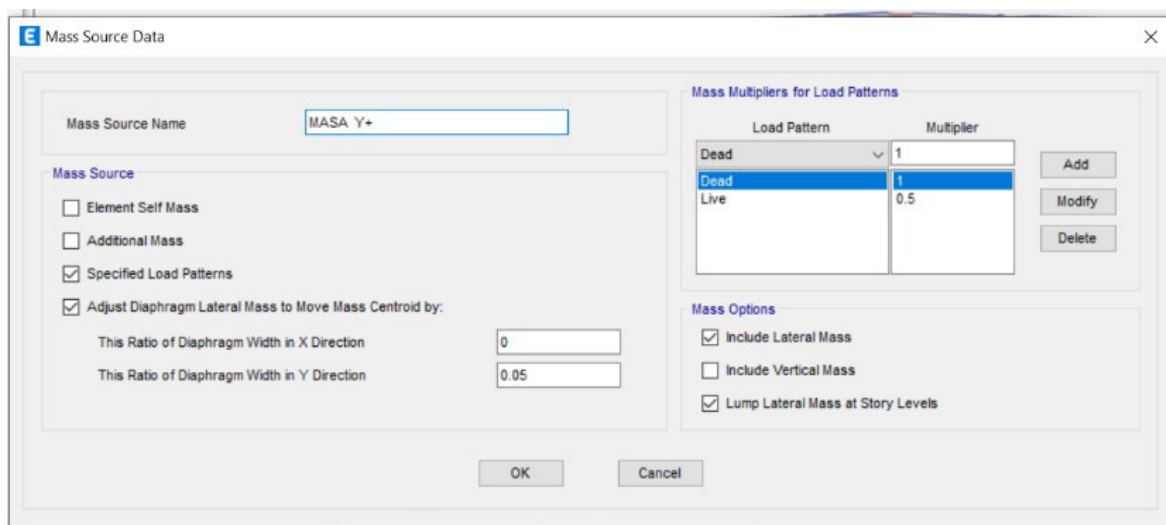
The 'Mass Multipliers for Load Patterns' table is as follows:

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Live	0.5

The 'Mass Options' section has the following settings:

- Include Lateral Mass:
- Include Vertical Mass:
- Lump Lateral Mass at Story Levels:

Buttons: OK, Cancel

Figura 32*Excentricidad +5% en Y*

Para poder realizar análisis sísmicos lineales, fue importante encontrar los modos de vibración, ya que esto nos permitió conocer periodos de vibración de los ejes X e Y. Para el caso de la estructura analizada, se usó el mínimo de un modo y el máximo de 12, esto debido a que la edificación era de tres niveles. Esto se controló en la figura 32. Asimismo, se creó los casos modales Masa x+, Masa x-, Masa y+ y Masa y-. Esto se hizo con la intención de que se consideré la excentricidad de +5% y -5% en las masas para el caso de carga modal. Esto se consideró en la imagen 33.

Figura 33

Carga modal

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following settings:

- General:**
 - Load Case Name: Modal
 - Load Case Type/Subtype: Modal (Eigen)
 - Mass Source: MASA
 - Analysis Model: Default
- P-Delta/Nonlinear Stiffness:**
 - Use Preset P-Delta Settings: None
 - Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included):
- Loads Applied:**
 - Advanced Load Data Does NOT Exist: Advanced
- Other Parameters:**
 - Maximum Number of Modes: 12
 - Minimum Number of Modes: 1
 - Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec
 - Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec
 - Convergence Tolerance: 1E-09
 - Allow Auto Frequency Shifting

Figura 34

Casos modales

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following settings:

- General:**
 - Load Case Name: Modal MASA X+
 - Load Case Type/Subtype: Modal (Eigen)
 - Mass Source: Previous (MASA X+)
 - Analysis Model: Default
- P-Delta/Nonlinear Stiffness:**
 - Use Preset P-Delta Settings: None
 - Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included): MASA X+
- Loads Applied:**
 - Advanced Load Data Does NOT Exist: Advanced
- Other Parameters:**
 - Maximum Number of Modes: 12
 - Minimum Number of Modes: 1
 - Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec
 - Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec
 - Convergence Tolerance: 1E-09
 - Allow Auto Frequency Shifting

Para realizar el análisis dinámico, se usó 4 tipos de cargas y análisis dinámicos sísmicos esto se debe a que la normativa E.030 nos sugirió considerar una excentricidad accidental del 5% al momento de realizar los análisis sísmicos. Por lo tanto, cuando el sismo sucedió en la dirección X existió dos casos uno con excentricidad de masa Y+ y otro con excentricidad de masa Y-. De la misma manera, cuando el sismo sucedió en la dirección Y se dará dos casos de excentricidad de la masa X+ y otro con la excentricidad de masa X-. En la figura 34 se contempla el Sis XX My. Asimismo, se realizó una combinación modal CQC y SRSS.

Figura 35

Análisis dinámico

General

Load Case Name: Sis XX MY+ Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (MASA Y+)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Z452UAR7	981

Add Delete Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal MASA Y+

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragm Modify/Show...

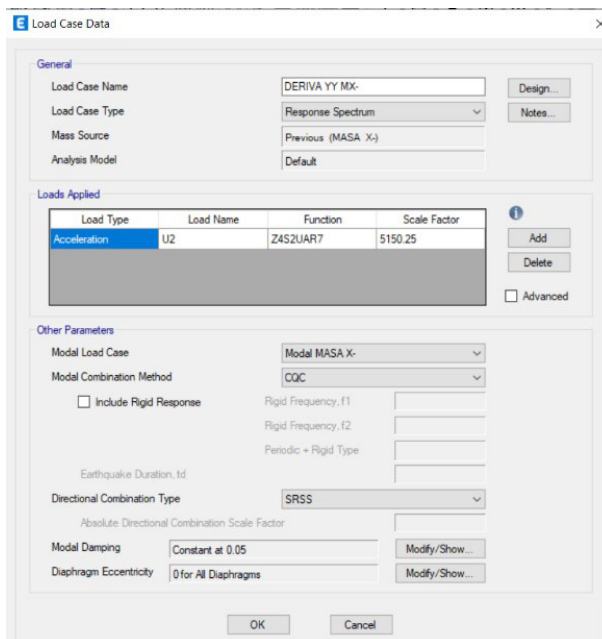
OK Cancel

La normativa E.030 nos permitió calcular derivas inelásticas a pesar de usar análisis lineales esta aproximación se logró usando un valor de amplificación que indica dicha normativa, la cual fue para estructuras regulares el valor de $0.75 \cdot R$. Para nuestro análisis se definió esta carga como el valor de $0.75 \cdot 7$ (dual de concreto) $\cdot 9.81$ (gravedad), lo que dio un valor de 51.

5025. Esto se observó en la figura 35. La verificación de las irregularidades se verificó en las tablas 15,16,17,18,19 y 20.

Figura 36

Derivas elásticas amplificadas



Load Case Data

General

Load Case Name: DERIVA YY MX- Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (MASA X-)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ZAS2UAR7	5150.25

Add Delete Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal MASA X-

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, Id:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

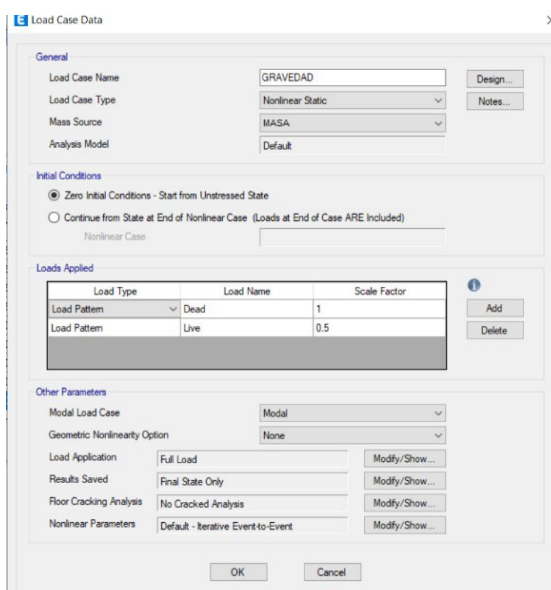
Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Figura 37

Carga no lineal



Load Case Data

General

Load Case Name: GRAVEDAD Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Mass Source: MASA

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:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.5

Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load Modify/Show...

Results Saved: Final State Only Modify/Show...

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

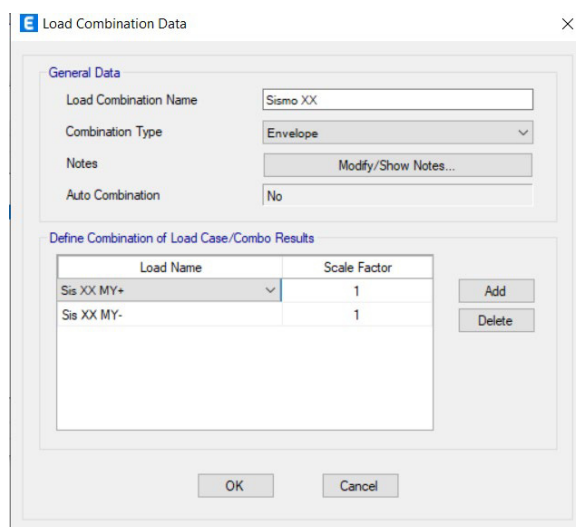
Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event Modify/Show...

OK Cancel

Se definió la carga Gravedad, la cual fue usada para el análisis no lineal, ya que para el análisis Pushover se debe de considerar una carga no lineal inicial de gravedad. Esto se puede verificar en la figura 36. Asimismo, se definió las cargas sísmicas X e Y como los máximos sismos considerando excentricidad. Esto se percibió en la representación 37.

Figura 38

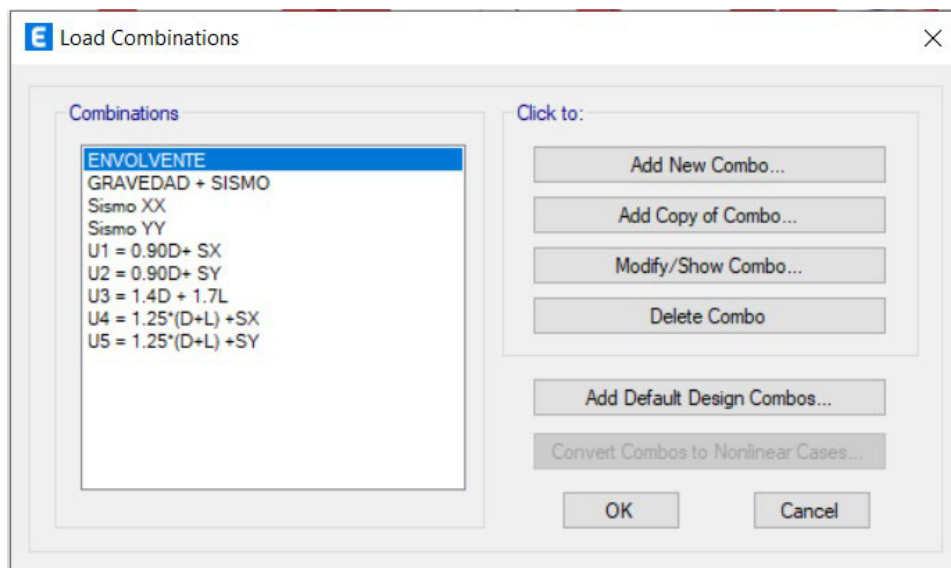
Sismos máximos XX e YY



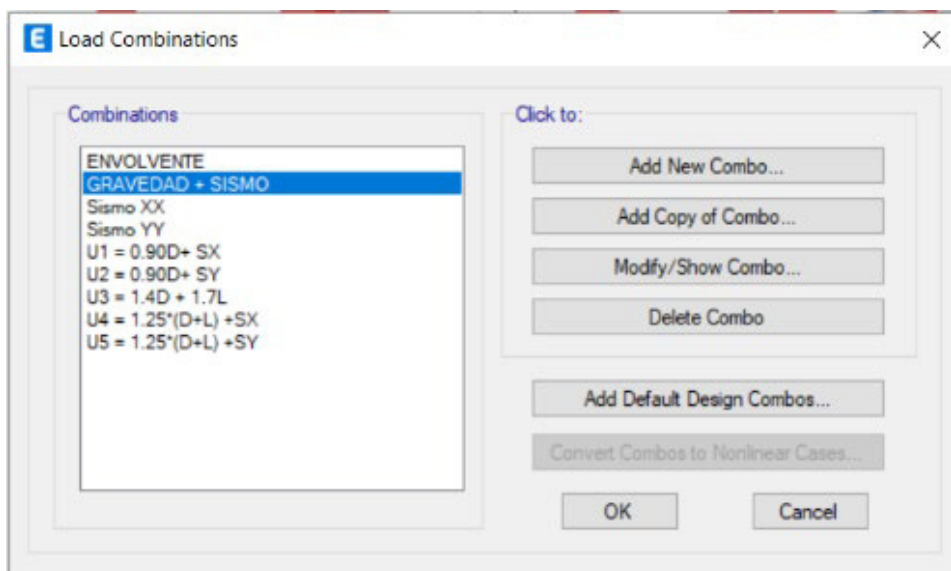
Adicionalmente, se realizó las combinaciones de diseño y un caso de gravedad + sismo, el cuál será usado para la formulación de rótulas plásticas en la parte de análisis pushover. Todos los tipos de conjugaciones de carga se observaron en los gráficos 38 y 39.

Figura 39

Combos para análisis

**Figura 40**

GRAVEDAD+SISMO



Análisis dinámico lineal de la edificación

Luego de haber definido las propiedades mecánicas de los elementos, el modelamiento estructural, las cargas y combinaciones de diseño. Se aplicó el análisis dinámico lineal en las direcciones X e Y para poder verificar que el modelo de la estructura represente los datos proporcionados por la empresa AGER - Ingeniería Estructural. Los datos sísmicos proporcionados por la entidad se verificaron en la tabla 14.

Tabla 14

Análisis sísmico – Bloque N°2

Sistema Sismo Resistente – Bloque 2					
Parámetros		Configuración del Sistema Sismo Resistente			
Z = 0.45	U = 1.50	Dirección X	Dual de concreto armado	R _{OX} = 7.0 R _X = 7.0	Regular
S = 1.05	T _P = 0.60 T _L = 2.00	Dirección Y	Dual de concreto armado	R _{OY} = 7.0 R _Y = 7.0	Regular

Nota. Datos tomados de AGER- Ingeniería

Tabla 15

Verificación Piso Blando Sis XX MY+

Story	Output Case	Case Type	Stiff X	<70%	Resultado
			tonf/m	tonf/m	
Story3	Sis XX MY+	LinRespSpec	21645.112	15151.58	
Story2	Sis XX MY+	LinRespSpec	27721.835	19405.28	No hay irregularidad
Story1	Sis XX MY+	LinRespSpec	43957.629		No hay irregularidad

Nota. Elaboración propia

En primer lugar, se procedió a verificar la irregularidad en altura, específicamente, piso blando. Este fenómeno se da cuando se compara la rigidez de pisos adyacentes y uno resulta menor que el otro en un 70%. En la presente investigación se tuvo que analizar ese tipo de irregularidad para los 4 casos tipos de análisis sísmico Sis XX MY+ , Sis XX MY-, Sis YY MX+ , Sis YY MX-, estos datos se presentaron en las tablas 15 ,16,17 y18.

Tabla 16

Verificación Piso Blando Sis XX MY-

Story	Output Case	Case Type	Stiff X tonf/m	<70% tonf/m	Resultado
Story3	Sis XX MY-	LinRespSpec	21483.832	15038.68	No hay irregularidad
Story2	Sis XX MY-	LinRespSpec	27452.638	19216.85	
Story1	Sis XX MY-	LinRespSpec	43406.178		No hay irregularidad

Nota. Elaboración propia

Tabla 17

Verificación Piso Blando Sis YY MX+

Story	Output Case	Case Type	Stiff Y tonf/m	<70% tonf/m	Resultado
Story3	Sis YY MX+	LinRespSpec	33378.729	23365.1103	No hay irregularidad
Story2	Sis YY MX+	LinRespSpec	43269.924	30288.9468	
Story1	Sis YY MX+	LinRespSpec	73190.508		No hay irregularidad

Nota. Elaboración propia

Tabla 18*Verificación de Piso Blando Sis YY MX-*

Story	Output Case	Case Type	Stiff Y tonf/m	<70% tonf/m	Resultado
Story3	Sis YY MX-	LinRespSpec	34217.341	23952.1387	
Story2	Sis YY MX-	LinRespSpec	44361.154	31052.8078	No hay irregularidad
Story1	Sis YY MX-	LinRespSpec	75028.278		No hay irregularidad

Nota. Elaboración propia

En segundo lugar, se procedió a verificar la irregularidad en planta, específicamente, la torsión. Este fenómeno se da cuando la división entre el desplazamiento máximo y el promedio de desplazamiento de pisos adyacentes es mayor a 1.30 . En la presente investigación se tuvo que analizar ese tipo irregularidad para los 2 casos tipos de análisis sísmico Sismo XX y Sismo YY. Estos datos se presentaron en las tablas 19 Y 20.

Tabla 19*Verificación de torsión Sismo XX*

Story	Output Case	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	$\Delta > 1.3$
Story3	Sismo XX	Diaph D1 X	0.000898	0.000865	1.039	No hay irregularidad
Story2	Sismo XX	Diaph D1 X	0.001212	0.001156	1.048	No hay irregularidad
Story1	Sismo XX	Diaph D1 X	0.000756	0.000714	1.058	No hay irregularidad

Nota. Elaboración propia

Tabla 20*Verificación de torsión Sismo YY*

Story	Output Case	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	$\Delta > 1.3$
Story3	Sismo YY	Diaph D1 Y	0.000688	0.00058	1.187	No hay irregularidad
Story2	Sismo YY	Diaph D1 Y	0.000901	0.000759	1.187	No hay irregularidad
Story1	Sismo YY	Diaph D1 Y	0.000518	0.000436	1.188	No hay irregularidad

Nota. Elaboración propia

Para determinar el valor de las cortantes tanto en la dirección de análisis X e Y , se usó el caso de carga sísmica XX y sísmica YY. Esto se verifico en las figuras 40 y 41. Asimismo, se corroboró que existe una simetría en los resultados esto debido a que la carga sísmica no cambia de magnitud sino solo de sentido. Estos valores determinados son importantes, ya que sirve para el cálculo del acero de los miembros estructurales.

Figura 41

Cortante X (123.84 ton)

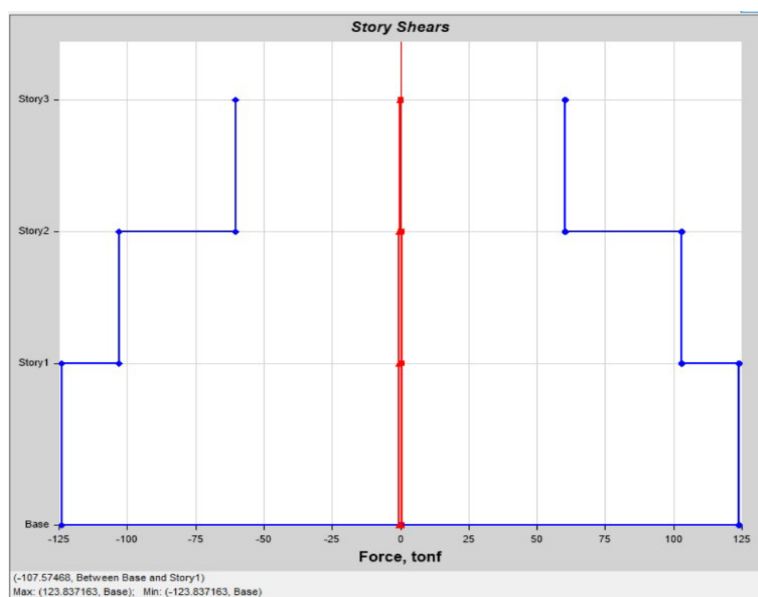
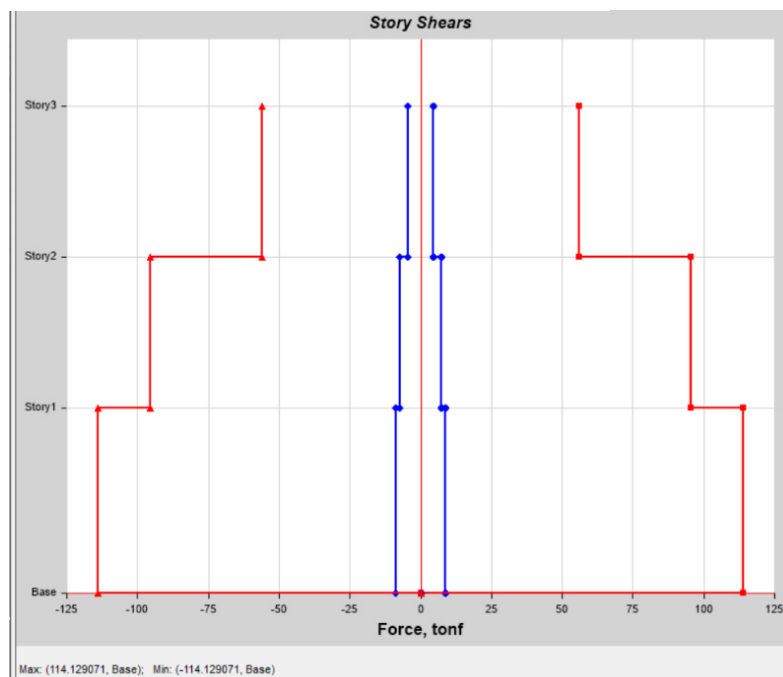
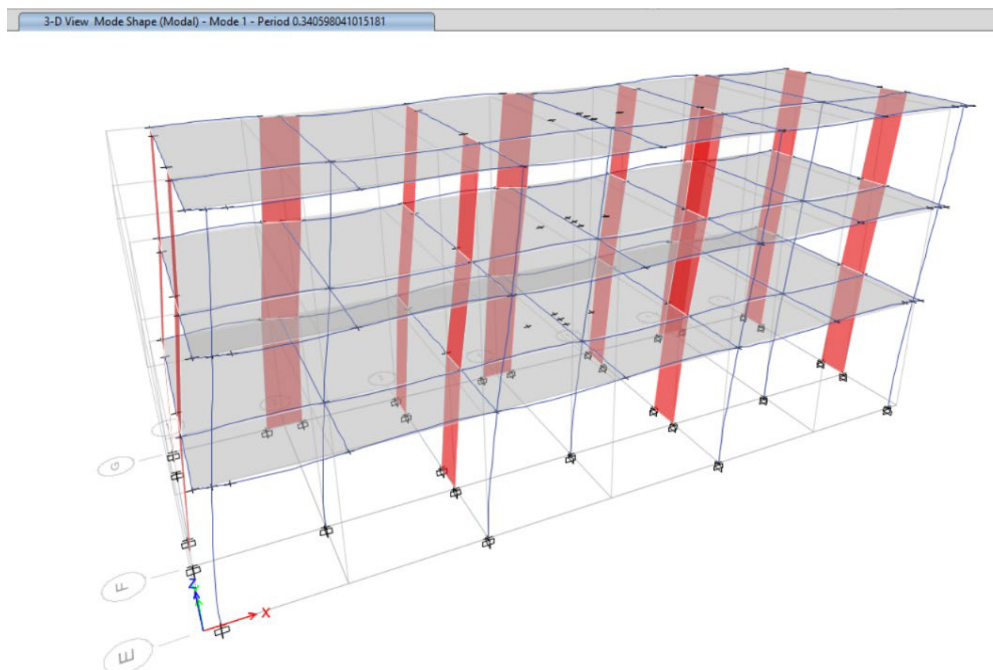


Figura 42

Cortante Y (114.129 ton)

**Figura 43**

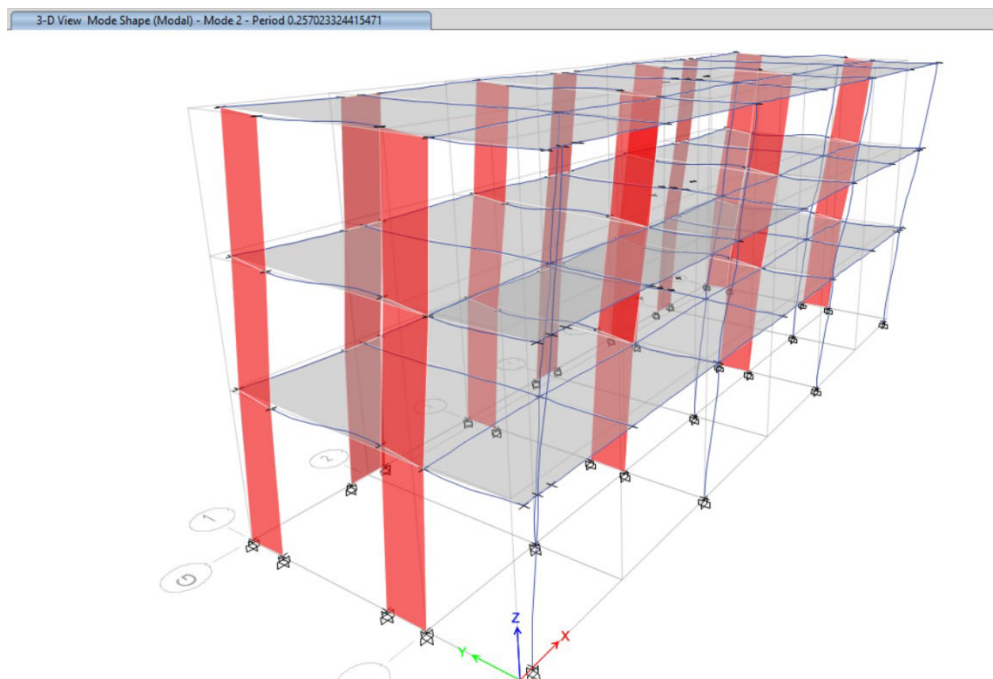
Periodo $T_x = 0.34$



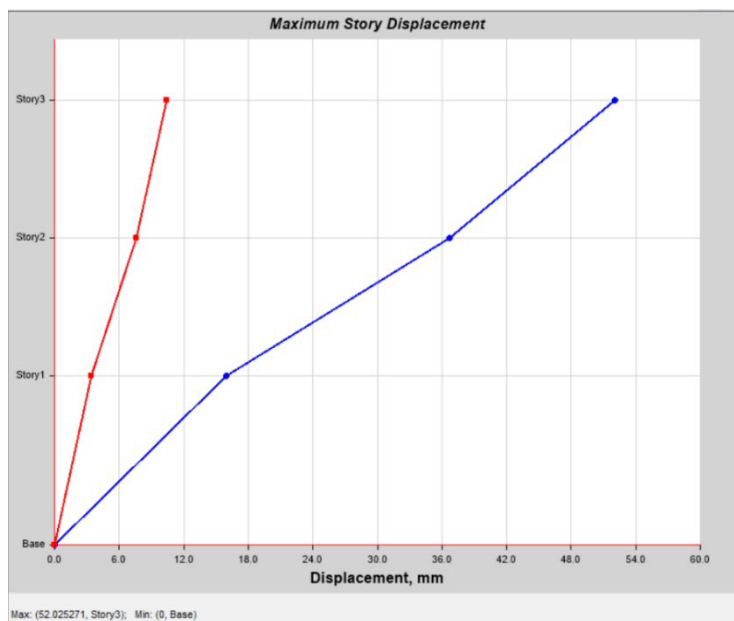
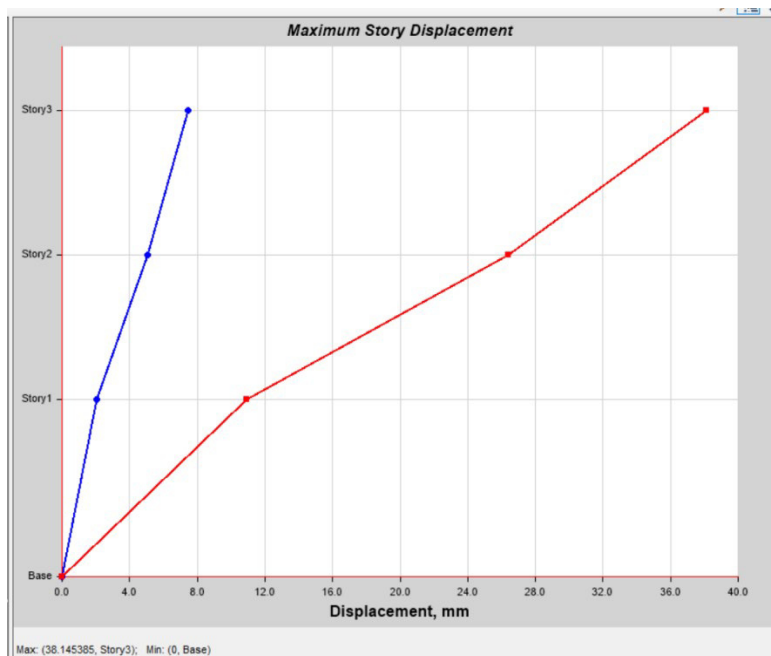
Para los periodos de oscilación estructural, se verificó que el periodo del primer modo fue de 0.341. A este valor le correspondió una masa participativa del 0.8331 en la dirección X. Por otro lado, el periodo del segundo modo fue de 0.257 y tuvo una masa participativa del 0.8303 en el eje Y. Se verificó los periodos en las figuras 42 y 43

Figura 44

Periodo $T_y = 0.26$



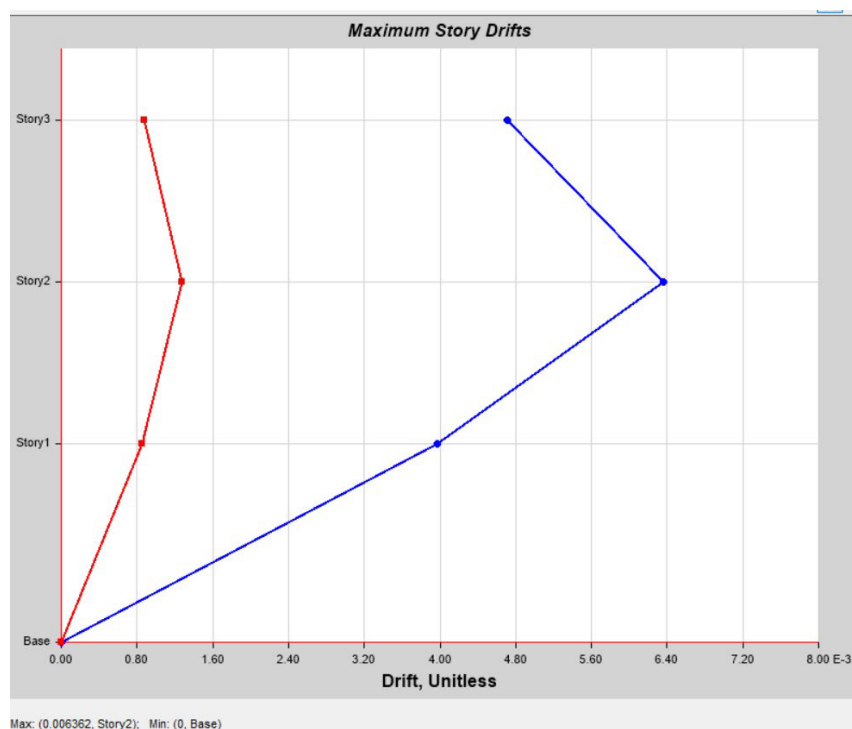
En el caso de desplazamientos máximos, se dedujo, sin necesidad de realizar ningún análisis, que el eje X fue más flexible que el eje Y, esto debido a que el eje X presentaba un periodo de vibración mayor en comparación al otro eje analizado. Para hallar las derivas se usó el combo de derivas inelásticas. El valor obtenido para el eje X fue de 52mm y para el eje Y fue de 38.10mm. Estos datos se corroboraron en las figuras 44 y 45.

Figura 45*Dx máximo de 52mm***Figura 46***Dy máximo de 38.10mm*

Además, se realizó la validación de la conformidad de derivas que exige la E.030. Este indica que la relación del control de desplazamiento de la estructura debe ser como máximo del 0.007. Se pudo evidenciar que la estructura dual de concreto armado cumplió dicho requerimiento en las dos direcciones. Para el X tuvo un valor de 0.0064 y para el Y, un valor de 0.0047. Estos valores se verificaron en las figuras 46 y 47.

Figura 47

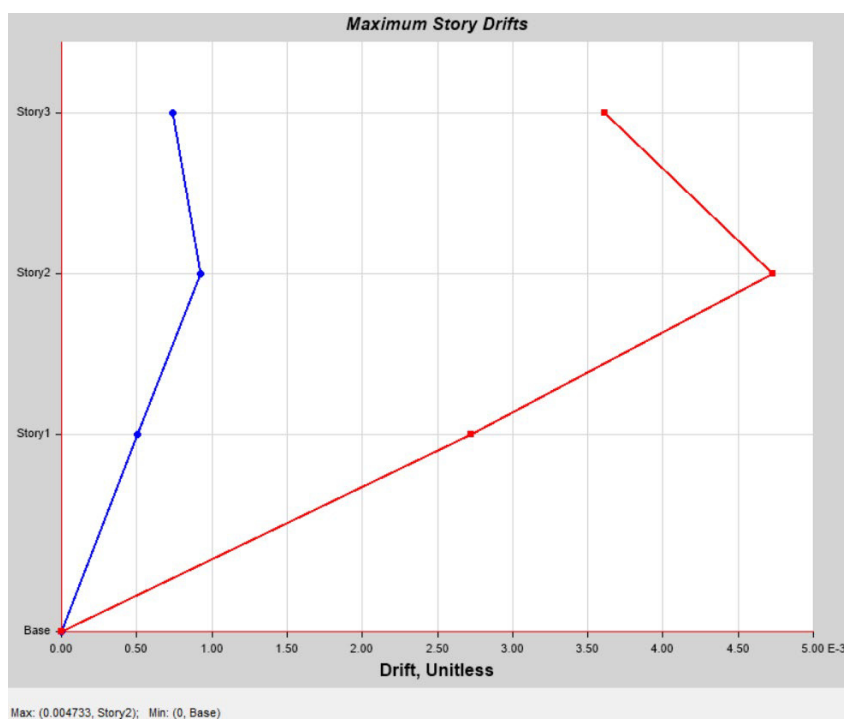
Dx máxima 0.0064



Nota. Elaboración propia

Figura 48

Dy máxima 0.0047



Nota. Elaboración propia

Después de obtener los hallazgos del análisis dinámico lineal, se comparó los datos obtenidos con los datos proporcionados por la empresa AGER- Ingeniería Estructural. Esto se realizó para verificar que el modelo realizado representaba de manera correcta la concepción estructural realizada por dicha empresa. La comparación se realizó en 4 ítems los cuales se mencionan a continuación: periodo, desplazamiento máximo, derivas máximas y cortante basal. Esto se analizó en las tablas 21 y 22.

Tabla 21

Resultados comparativos del análisis sísmico dirección XX

Resultados del análisis sísmico			
Periodo	Desplaz. Máx.	Derivas máx	Cortante basal

Dirección X - empresa	T _x = 0.40 seg	D _x = 57.40 mm	dx = 0.0066	V _x = 138 ton
Dirección X - propio	T _x = 0.34 seg	D _x = 52.00 mm	dx = 0.0064	V _x = 124 ton

Nota. Elaboración propia

Tabla 22

Resultados comparativos del análisis sísmico dirección YY

Resultados del análisis sísmico				
	Periodo	Desplaz. Máx.	Derivas máx	Cortante basal
Dirección y - empresa	T _y = 0.32 seg	D _y = 37.50 mm	D _y = 0.0043	V _y = 139 ton
Dirección y - propio	T _y = 0.26 seg	D _y = 38.10 mm	D _y = 0.0047	V _y = 114 ton

Nota. Elaboración propia

Como resultado, se determinó que el modelo lineal que se ejecutó representó de manera correcta el análisis lineal que realizó la empresa AGER- ingeniería estructural. Luego, de esta verificación, se definió la carga no lineal GRAVEDAD, como 100% CM+50% CV, Envolvente, la carga máxima de U1, U2, U3, U4 y U5, y GRAVEDAD + SISMO para luego realizar el análisis no lineal.

Análisis no lineal

No linealidad en materiales. Para el concreto, se adoptó el esquema de Mander considerando una deformación de concreto no confinado de $2 \cdot 10^{-3}$ para un $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y un valor último de deformación de concreto no confinado de $4 \cdot 10^{-3}$. Asimismo, para el último tramo se consideró una pendiente de -0.10. El comportamiento no lineal del concreto se comprobó en las figuras 48, 49 y 50.

Figura 49

Concreto no confinado

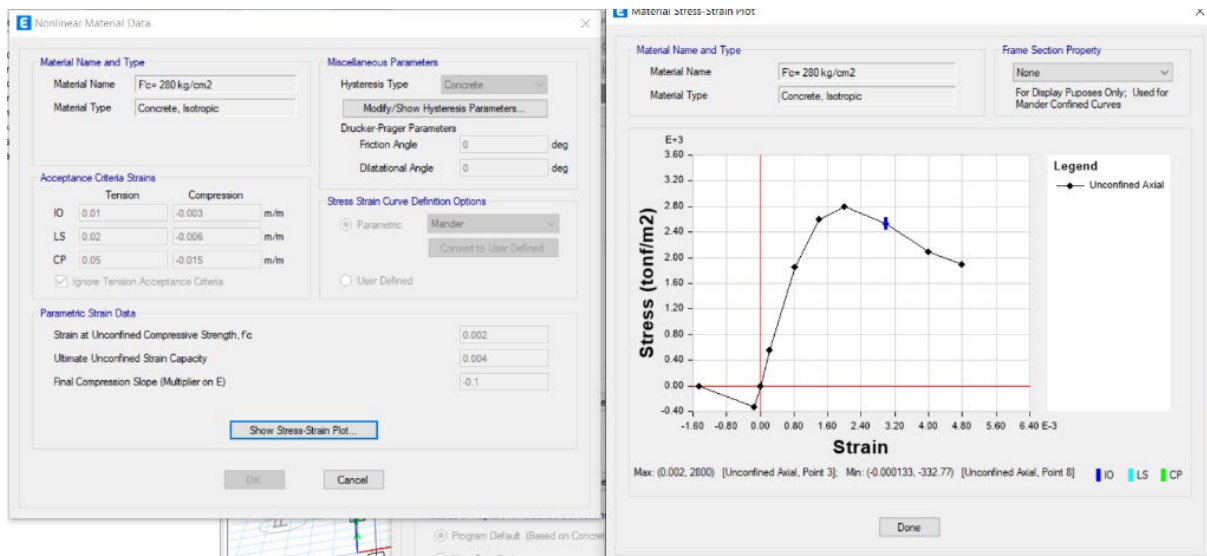


Figura 50

Concreto confinado C3

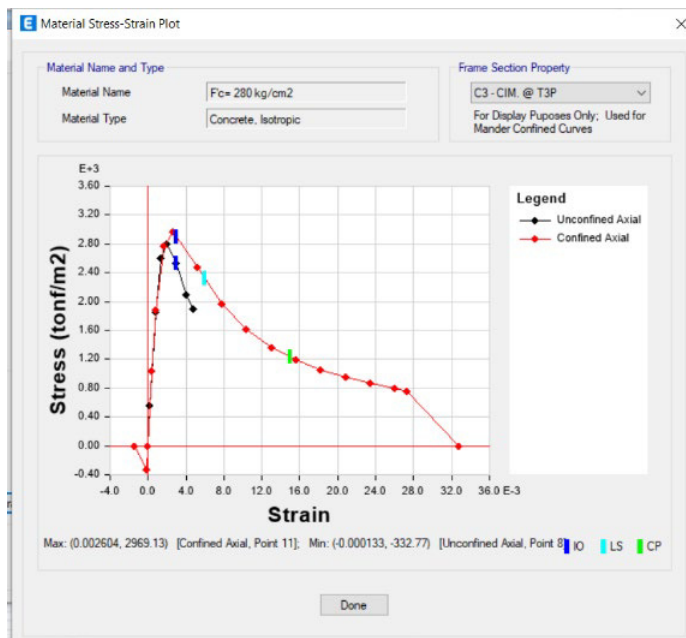
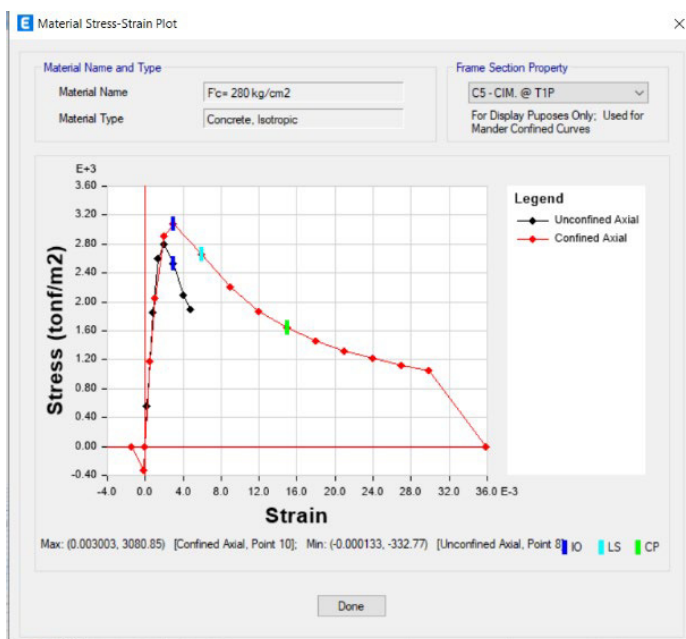


Figura 51

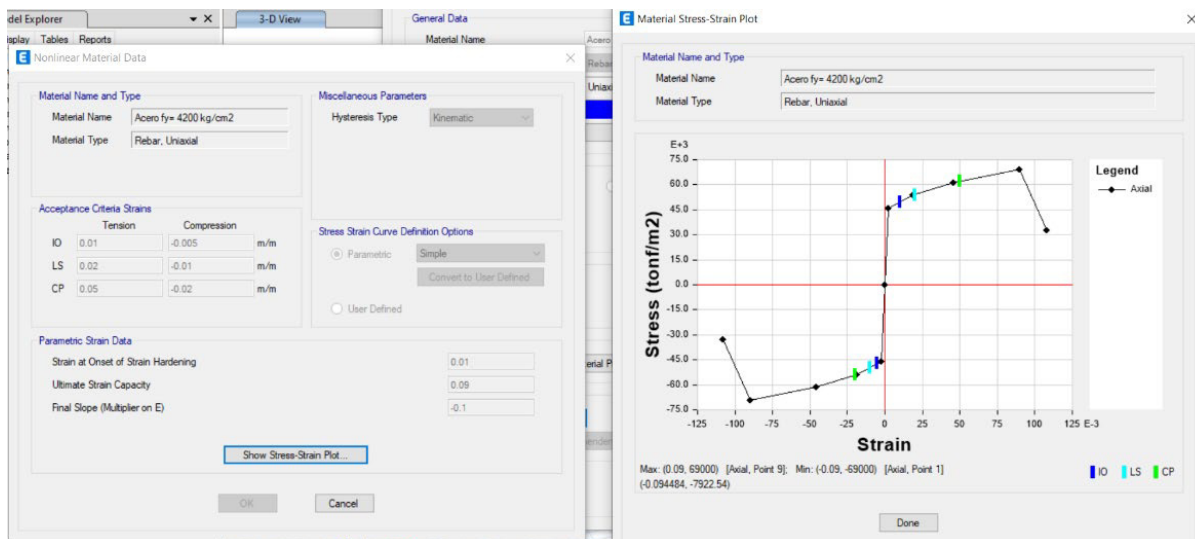
Concreto confinado C5



Para el acero, se usó la representación simple considerando una deformación de fluencia de $10 \cdot 10^{-3}$ para un $f_y = 4600 \text{ kg/cm}^2$ y un valor último de deformación de concreto no confinado de $90 \cdot 10^{-3}$. Asimismo, para el último tramo se consideró una pendiente de -0.10 . Este comportamiento se pudo evidenciar en la figura 51.

Figura 52

No linealidad $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$



Creación de cargas no lineales. Luego de realizar la creación de la carga no lineal, GRAVEDAD, se procedió a realizar la creación de las cargas Pushover en dirección XX e YY positivo y negativo respectivamente. Estas cargas no lineales comenzarían después de la carga previa GRAVEDAD. Asimismo, para el tipo de carga aplicada se tomará en cuenta los modos de vibración, para el Eje X se tomará el modo 1 y para el Eje Y el modo 2. No se aplicarán efectos $P-\Delta$, ya que la estructura tiene 3 niveles. Para el análisis, se colocará un mínimo de pasos guardados que serán 500 y un máximo de 600. Adicionalmente, se estableció un punto de control en el techo de la estructura cercano al centroide y se permitirá un traslado máximo de 50 cm, lo que significaría que la estructura se deformaría por paso 0.10 cm. Para la solución, no lineal se realizará el método de Evento a Evento un máximo de pasos 700 y solo se permitirá 10 pasos nulos; adicionalmente una tolerancia de convergencia de 0.0001. El caso de la creación PUSHOVER en el eje Y se corroboró en la gráfica 52.

Figura 53

Cargas PUSHOVER

Load Case Data

General

Load Case Name: PUSHOVER - YY(+)

Load Case Type: Nonlinear Static

Mass Source: Previous

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: GRAVEDAD

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	2	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control

Results Saved: Multiple States

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis

Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Event-to-Event

OK Cancel

Nota. Tomado de Etabs v19

Asignación de no lineal en elementos estructurales. Luego de haber creado todas las cargas para el análisis no lineal, se asignó la cantidad de acero para las columnas, vigas y placas obtenida de los planos estructurales. Esto permitió asignar la no linealidad en columnas y vigas, las cuales fueron rotulas plásticas, y para el caso de placas, tipo fibra. Adicionalmente, se siguió las recomendaciones del ACI318 -19 para reducir la rigidez efectiva en el caso de elementos frame. En las gráficas 53 y 54 se observó la cuantía de acero de las vigas.

Figura 54

Cuantía de acero 1

V1- B2 -1		V2- B2 -1		V3- B2 -1	
TOP (5- 5/8")	9.90	TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (2- 5/8")	3.96
BOT (4- 5/8")	7.92	BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (2- 5/8")	3.96
V1- B2 -2		V2- B2 -2		V3- B2 -2	
TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (3- 5/8")	5.94	TOP (2- 5/8")	3.96
BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (2- 5/8")	3.96
V1- B2 -3		V2- B2 -3		V3- B2 -3	
TOP (5- 5/8")	9.90	TOP (5- 5/8")	9.90	TOP (3- 5/8")	5.94
BOT (3- 5/8")	7.92	BOT (2- 5/8")	3.96	BOT (2- 5/8")	3.96
V1- B2 -4		V2- B2 -4		V3- B2 -4	
TOP (5- 5/8")	9.90	TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (3- 5/8")	5.94
BOT (4- 5/8")	7.92	BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (2- 5/8")	3.96
V1- B2 -5		V2- B2 -5		V3- B2 -5	
TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (3- 5/8")	5.94
BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (2- 5/8")	3.96

Nota. Elaboración propia

Figura 55

Cuantía de acero 2

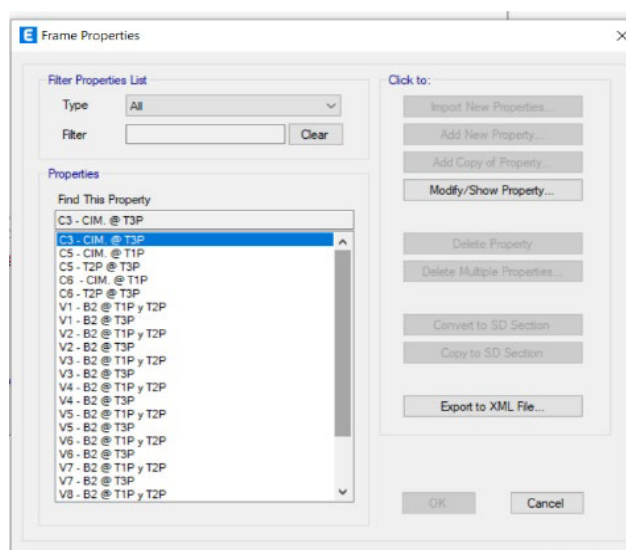
V1- B2 -6		V2- B2 -6		V3- B2 -6	
TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (3- 5/8")	5.94
BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (2- 5/8")	3.96
V1- B2 -7		V2- B2 -7		V3- B2 -7	
TOP (5- 5/8")	9.90	TOP (5- 5/8")	9.90	TOP (3- 5/8")	5.94
BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (2- 5/8")	3.96	BOT (2- 5/8")	3.96
V1- B2 -8		V2- B2 -8		V3- B2 -8	
TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (3- 5/8")	5.94
BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (2- 5/8")	3.96
V1- B2 -9		V2- B2 -9		V3- B2 -9	
TOP (5- 5/8")	9.90	TOP (4- 5/8")	7.92	TOP (3- 5/8")	5.94
BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (2- 5/8")	3.96
V1- B2 -10		V2- B2 -10		V3- B2 -10	
TOP (5- 5/8")	9.90	TOP (5- 5/8")	9.90	TOP (3- 5/8")	5.94
BOT (4- 5/8")	7.92	BOT (3- 5/8")	5.94	BOT (3- 5/8")	5.94

Nota. Elaboración propia

El software Etabs permitió definir los valores de recubrimiento típicos en vigas y columnas de 4 cm; en el caso de muros de 2cm. Asimismo, también permitió determinar el valor de número de barras de confinamiento en la dirección 2 y 3 en el caso de columnas tuvo valores de 2 y 4. En la figura 55, se corroboró la definición de todas las columnas y en la figurar 56, la definición de barra de refuerzo longitudinal y transversal de las columnas.

Figura 56

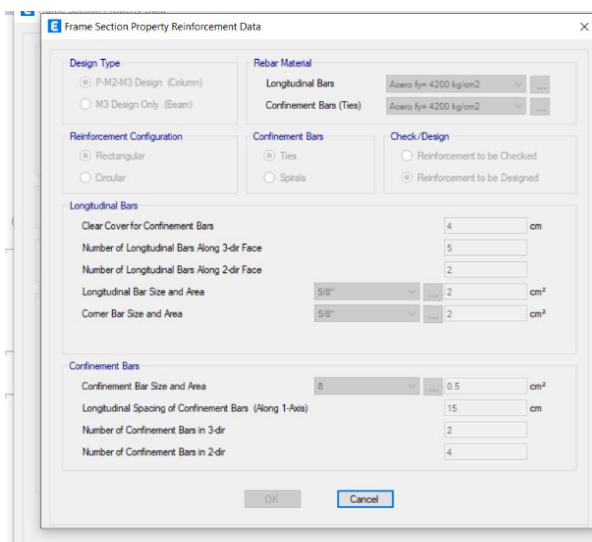
Frame columns



Nota. Tomado de Etabs v19

Figura 57

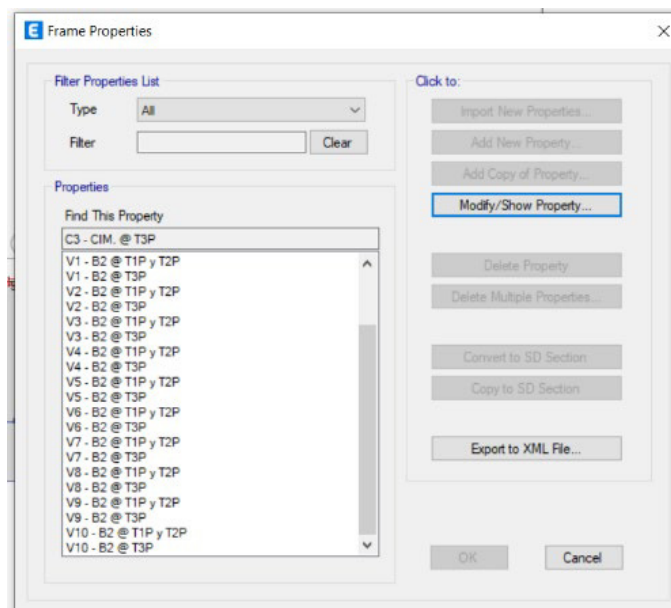
Cuantía ρ_h y ρ_v frame



Respecto a las vigas, se empleó la definición de la cuantía del acero en los extremos del mismo tanto en las partes superiores como inferiores. En la figura 57 y 58 se verificó la definición de todas las vigas con su respectiva distribución de acero.

Figura 58

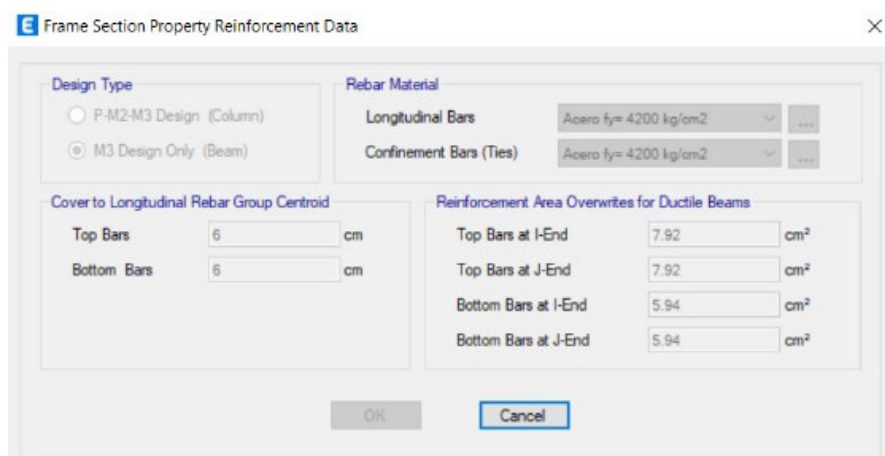
Frame para vigas



Nota. Tomado de Etabs v19

Figura 59

Cuantía ρ_h en vigas

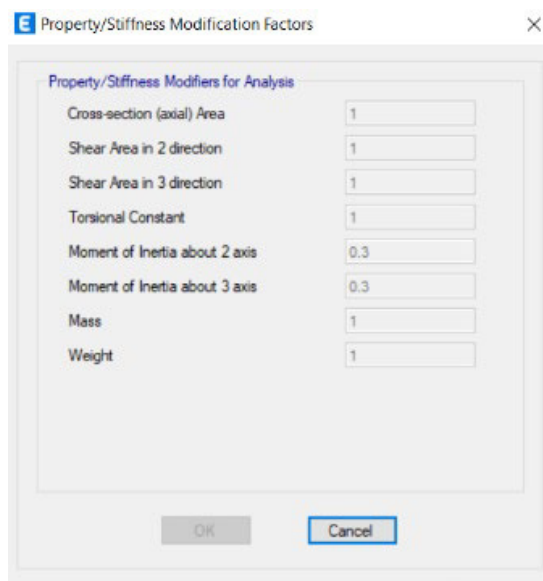


Nota. Tomado de Etabs v19

Para el caso de las vigas, como se señaló anteriormente se usará la no linealidad de rótulas plásticas, por lo tanto, se consideró los datos de la tabla 5, la cual indica que para vigas presentadas fue de $0.30 E_c I_g$. Por otro lado, para el caso de columnas se tuvo que comprobar que la carga a compresión era menor a $0.1 * A_g * f'_c$. El valor de A_g fue de $0.25 \text{ m} * 0.80 \text{ m} = 0.20 \text{ m}^2$, de $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, los cuales hacen un total de 56 tonf. Finalmente, la carga máxima de las columnas fue de 52.13 tonf; por lo tanto, se usó el valor de rigidez efectiva de 0.30. En las figuras 59 y 60 se corroboraron el tema de definición de rigidez. En la figura 61 se verificó el valor máximo de carga que soporta la columna.

Figura 60

Rigidez 0.30 columna



Nota. Tomado de Etabs v19

Para el caso de la definición de cantidad de acero en muros de concreto armado, hubo dos opciones de modelamiento el layered y el tipo fibra. Por la facilidad de uso y aplicación se usó el tipo fibra. En la figura 62 se observó la definición geométrica de los muros de concreto y su ubicación de las varillas de acero longitudinal y transversal, así como su espesor.

Figura 63

Cuantía ρ_h y ρ_v wal

Start X (m)	Start Y (m)	End X (m)	End Y (m)	Length (m)	Thickness (m)	Start Zone Size (m)	End Zone Size (m)
2.97	8.54	4.17	8.54	1.2	0.25	0.3	0.3

Station	Bar Size	Bar Spacing (m)	Number of Bars
Start	3/4"		3
Center	3/8"	0.2	3
End	3/4"		3

Material	Distance (m)	Area (m2)
Acero fy= 4...	0.065	0.000198
Acero fy= 4...	0.245	0.000198
Acero fy= 4...	0.965	0.000198
Acero fy= 4...	1.145	0.000198
Acero fy= 4...	0	0.000001

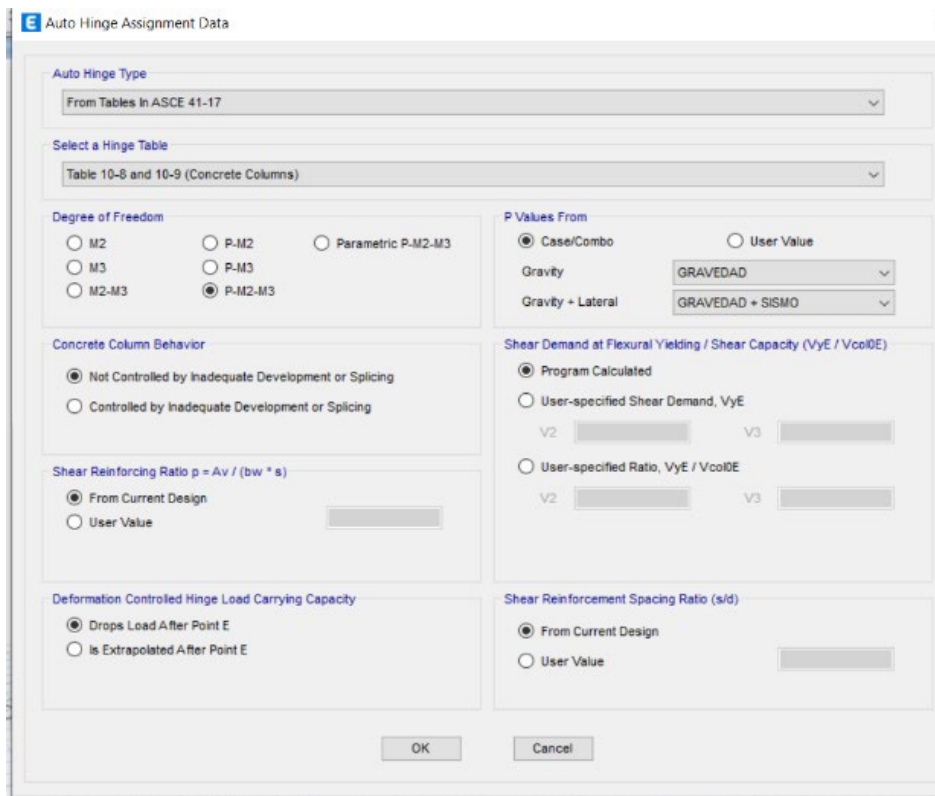
Station	Bar Size	Bar Spacing (m)	Confined
Start	3/8"	0.15	Yes
Center	3/8"	0.2	No
End	3/8"	0.15	Yes

Nota. Tomado de Etabs v19

Después de haber definido la cuantía de acero en todos los componentes estructurales, se definió la no linealidad para el caso de los elementos frame, vigas y columnas, se usó rotulas plásticas considerando una rigidez efectiva de 0.30, en el caso de las placas, se usó el tipo fibra, por lo que no fue necesario usar un valor de rigidez efectiva. En la imagen 63, se evidenció la definición de RP para columnas según el ASCE 41-17 y su posición relativa se verificó en la figura 64. Para el caso de vigas, en la gráfica 65, se supervisó la definición de RP según el ASCE 41-17. Además, se verificó la posición de dichas RP en la figura 66.

Figura 64

Rótula plástica (RP) columna



Nota. Tomado de Etabs v19

Figura 65

Ubicación de RP columnas

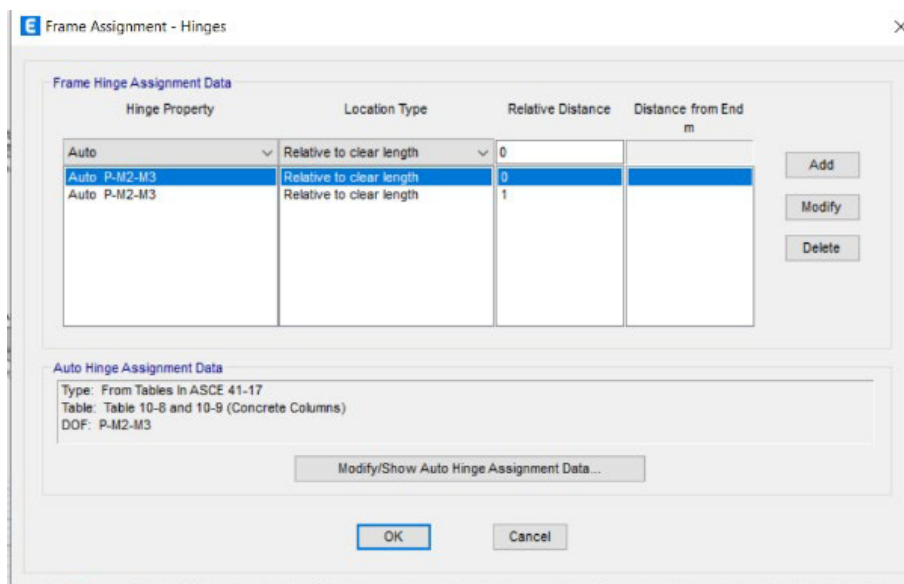


Figura 66

Rótula plástica (RP) vigas

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type
From Tables In ASCE 41-17

Select a Hinge Table
Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

Degree of Freedom
 M2
 M3

V Value From
 Case/Combo ENVOLVENTE
 User Value v2 tonf

Transverse Reinforcing
 Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio $(p - p') / p_{balanced}$
 From Current Design
 User Value (for positive bending)

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
 Drops Load After Point E
 Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

Figura 67

Ubicación de RP en vigas

Frame Assignment - Hinges

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Location Type	Relative Distance	Distance from End m
Auto	Relative to clear length	0	
Auto M3	Relative to clear length	0	
Auto M3	Relative to clear length	1	

Add
Modify
Delete

Auto Hinge Assignment Data
 Type: From Tables In ASCE 41-17
 Table: Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i
 DOF: M3

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

OK Cancel

Para el caso de la definición de no linealidad en las placas, se usó el tipo fibra P-M3. Esta definición permitió examinar la conducta no lineal de elementos confinados como no confinados. La única desventaja de este método fue que se necesitó mayor capacidad computacional. En la figura 67, se observó la definición de no linealidad en las placas y en la figura 68 se verificó que todas las placas tenían en consideración esta no linealidad.

Figura 68

Frame y Wall con no linealidad

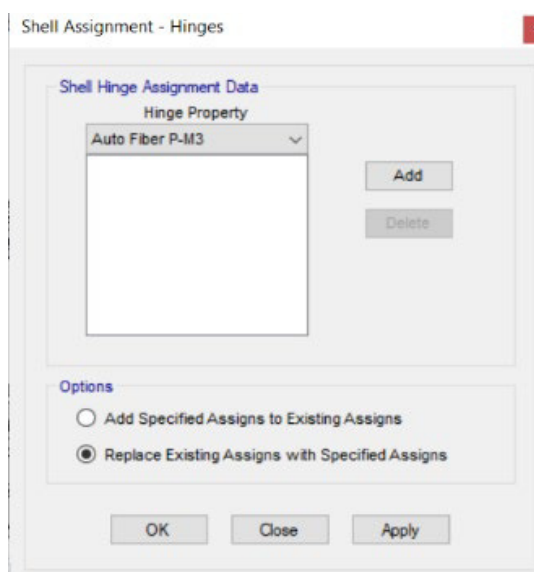
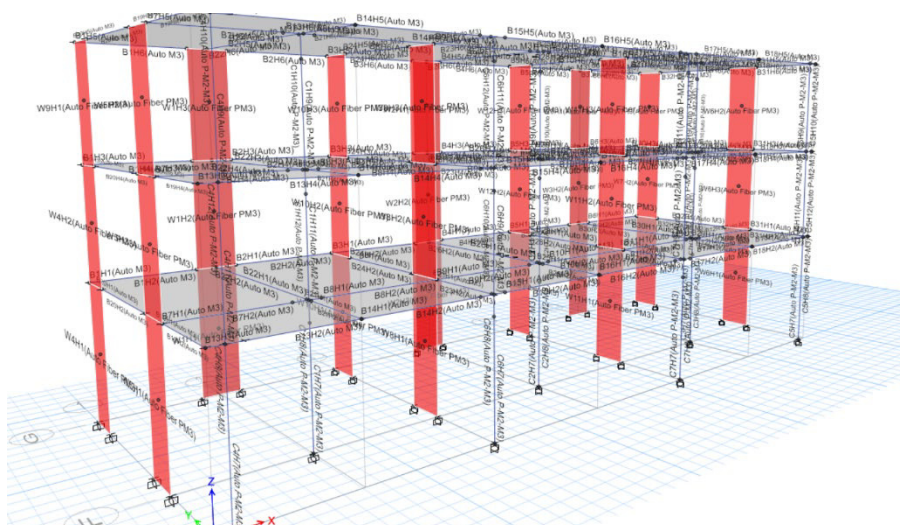


Figura 69

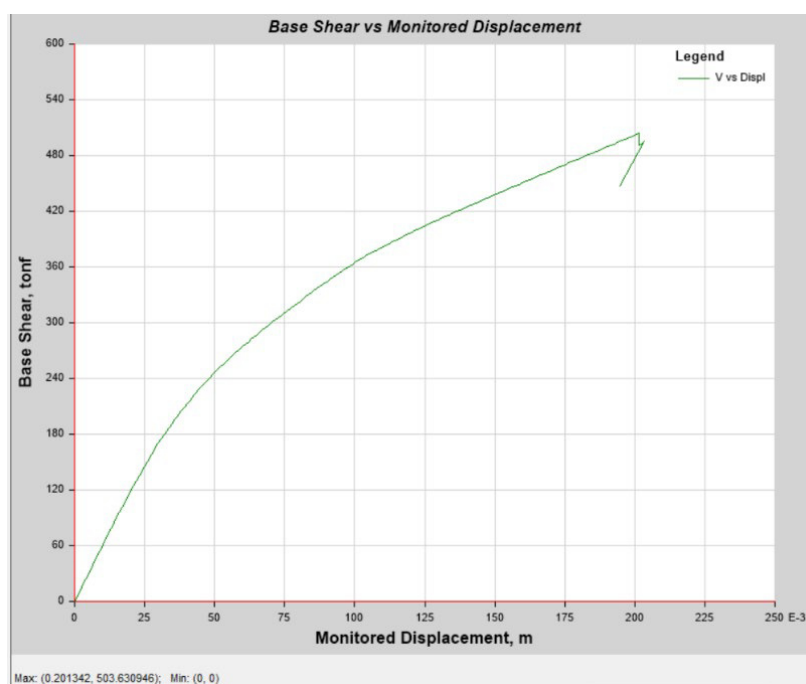
RP en placas



Resultados de análisis pushover. Seguidamente de haber realizado la creación de cargas no lineales, la asignación de no linealidad de componentes estructurales, se procedió a realizar el AENL para obtener la curva de capacidad, y luego a través de esta se determinó la ductilidad, capacidad de absorción de energía de la estructura y el comportamiento ante las diferencias amenazas sísmicas. En la figura 69 y 70, se mostraron la curva de capacidad en el eje X y en el eje Y, respectivamente.

Figura 70

Curva de capacidad X+



La curva bilineal de los ejes X e Y evidenciaron como componentes principales el desplazamiento máximo y el de fluencia, así como, las cortantes máxima y de fluencia. Esta curva bilineal se realizó con el método de compensación de áreas, el cual indica que el área que esta por debajo de la curva debe ser aproximadamente la misma que el área por encima de la

curva. Asimismo, con esta curva se determinó los tres objetivos específicos de esta investigación.

En la figura 71 y 72 se verificó la curva bilineal del eje X e Y, respectivamente.

Figura 71

Curva de capacidad Y+



Figura 72

Curva bilineal EjeX

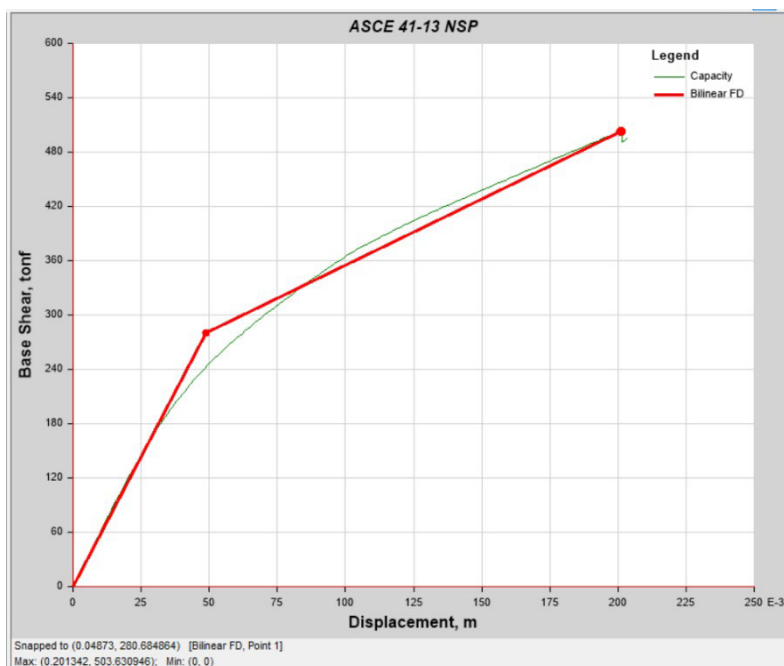
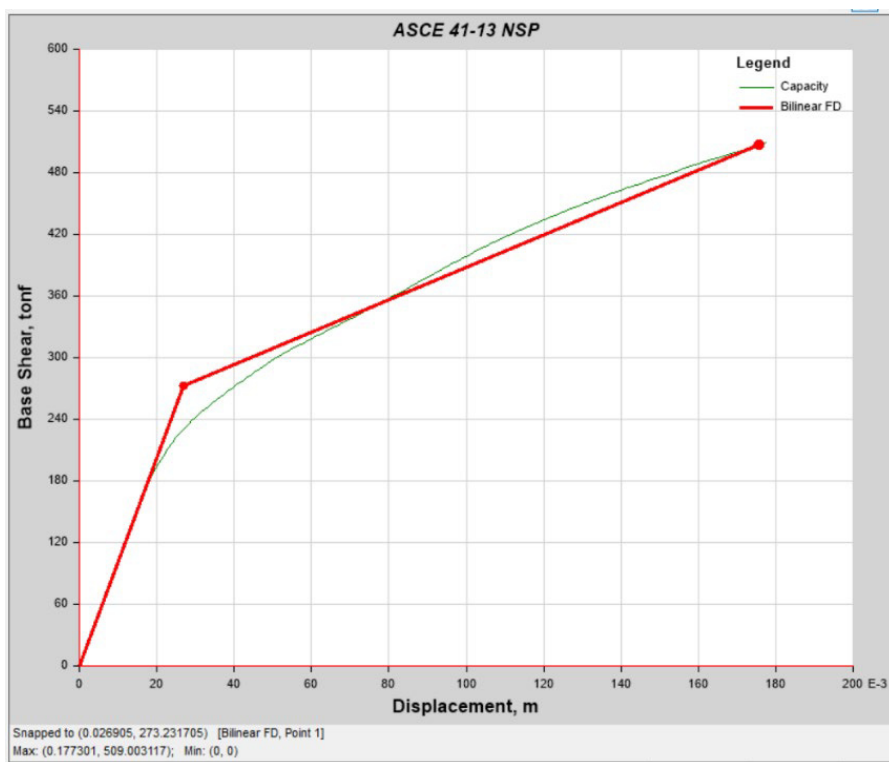


Figura 73

Curva bilineal EjeY



Por un lado, se obtuvo, de la curva bilineal, para el eje X, los valores $\Delta_{em\acute{a}x} = 4.8730$ cm con una $V_e = 280.685$ ton y $\Delta_u = 20.1342$ cm y una $V_u = 503.631$ ton. Por consiguiente se halló la ductilidad, la cual fue $\mu = \Delta_u / \Delta_{em\acute{a}x} = 20.1342 \text{ cm} / 4.8730 \text{ cm} = 4.13$. Asimismo, se calculó la capacidad de absorción de energía del Eje X como el área debajo de la curva bilineal, la cual proporcionó el valor de $66.69 \text{ ton} \cdot \text{m}$.

Por otro lado, se obtuvo de la curva bilineal, para el eje Y, los valores $\Delta_{em\acute{a}x} = 2.6905$ cm con una $V_e = 273.232$ ton y $\Delta_u = 17.7301$ cm y una $V_u = 509.003$ ton. Por consiguiente, se puede hallar la ductilidad, la cual fue $\mu = \Delta_u / \Delta_{em\acute{a}x} = 17.7301 \text{ cm} / 2.6905 \text{ cm} = 6.59$. Asimismo, se calculó la capacidad de absorción de energía del Eje Y como el área debajo de la curva bilineal, la cual proporcionó el valor de $62.50 \text{ ton} \cdot \text{m}$.

Figura 74

Cortante y desplazamiento en SO Eje X

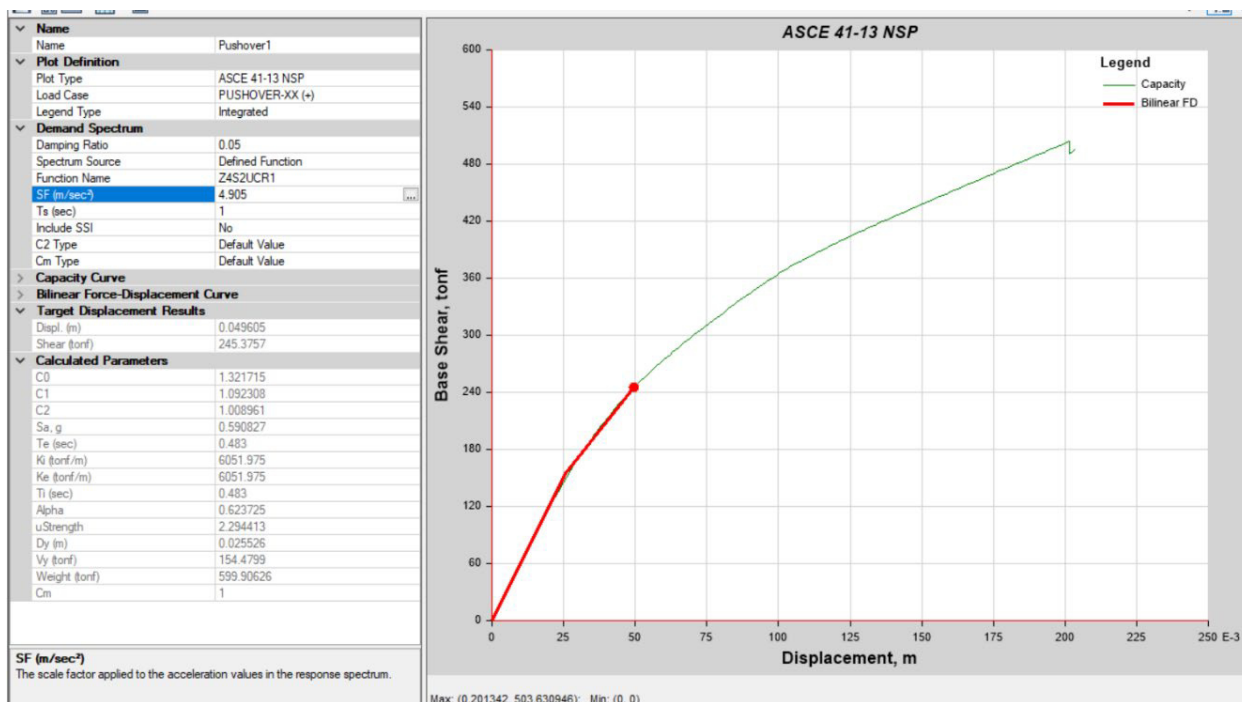
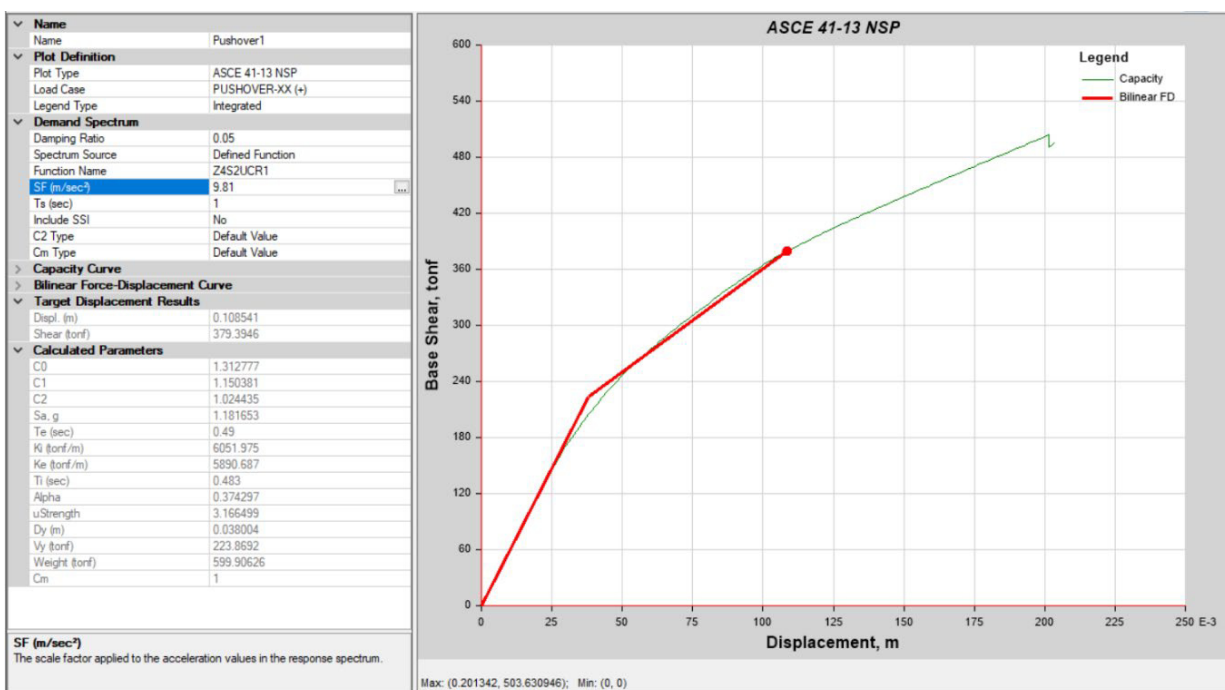


Figura 75

Cortante y desplazamiento en SR Eje X



Después de obtener todos los valores de los objetivos específicos, se procedió a determinar el valor del objetivo general, la cual fue analizar el nivel de desempeño de la estructura antes las diferentes amenazas sísmicas. Se determinó los puntos de rendimiento estructural usando el método de coeficiente. En las figuras 73,74,75,76,77 y 78 se verificaron las cortantes y desplazamientos para las diferentes amenazas sísmicas

Figura 76

Cortante y desplazamiento en SMR Eje X

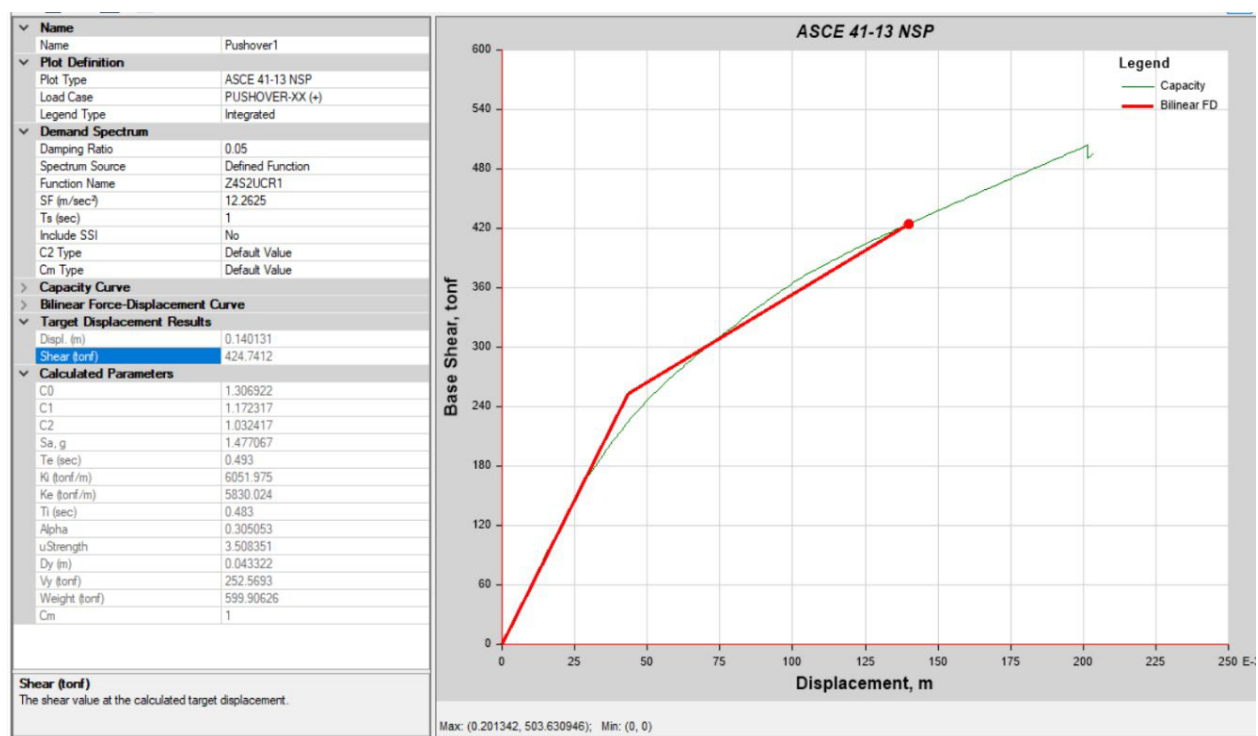


Figura 77

Cortante y desplazamiento en SO Eje Y

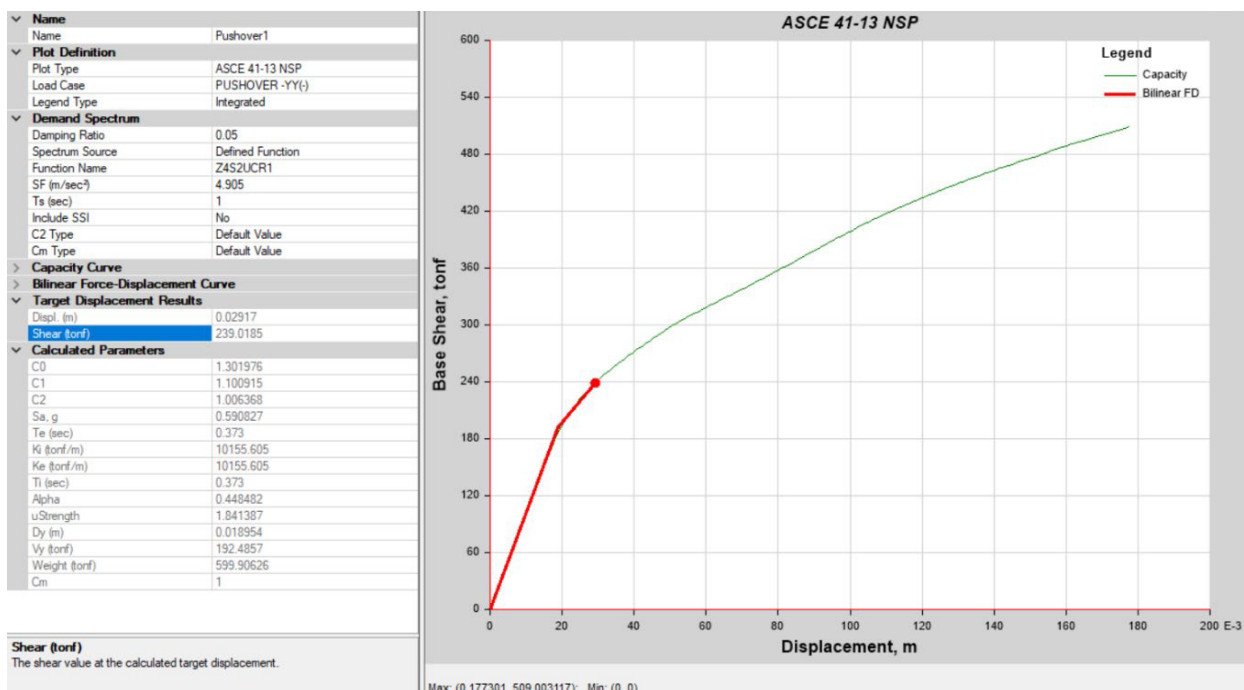


Figura 78

Cortante y desplazamiento en SR Eje Y

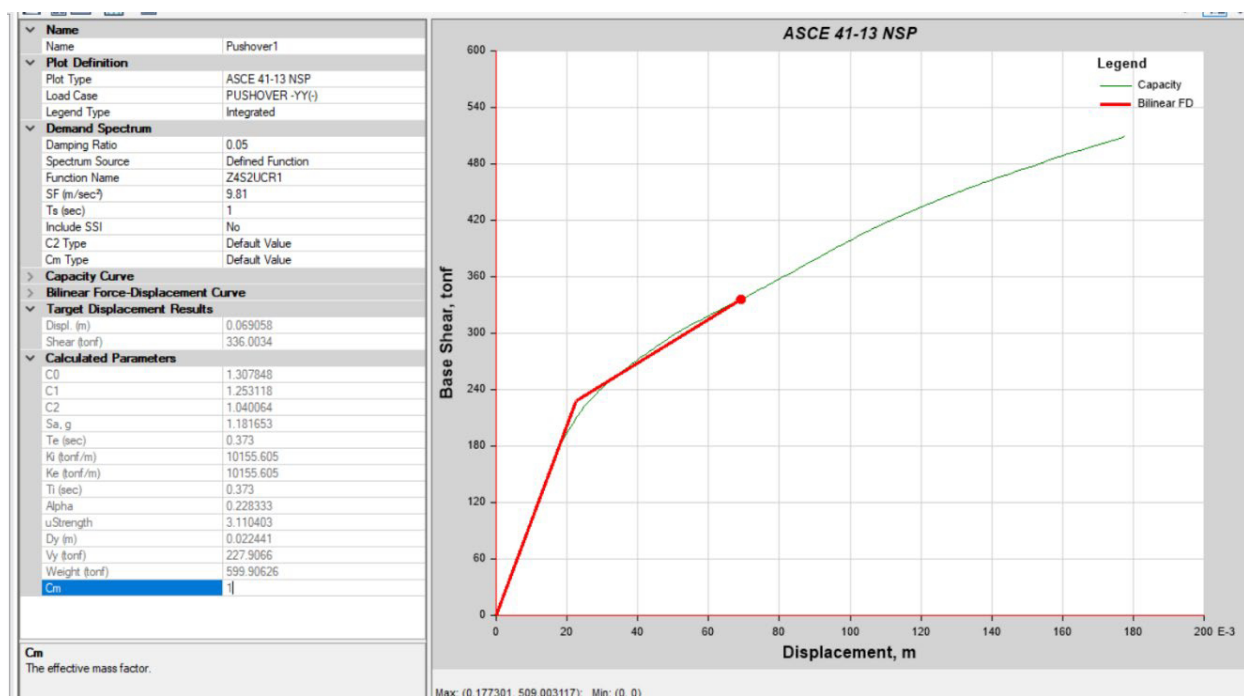
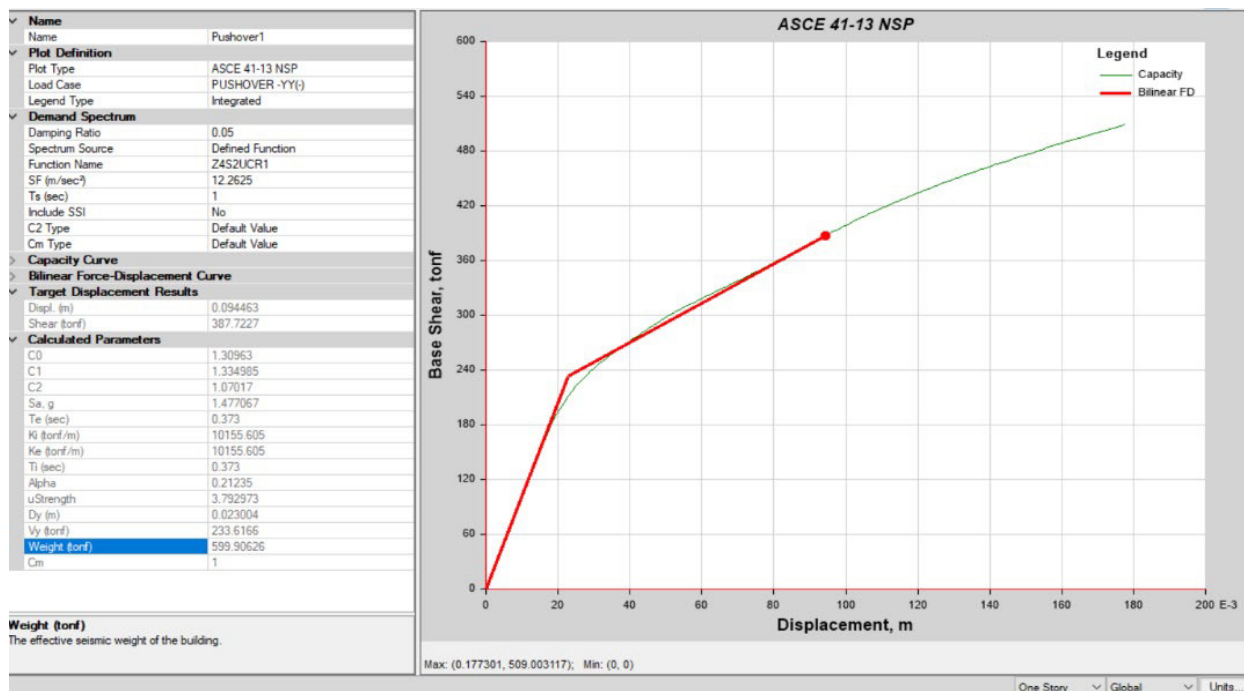


Figura 79

Cortante y desplazamiento en SMR Eje Y



Luego de obtener los puntos de rendimiento estructural, se ordenaron estos dependiendo del eje analizado y el tipo de amenaza. Esto se evidenció en las tablas 23 y 24. Asimismo, el dato de desplazamiento se usó para conocer el step o paso de análisis este valor se determinó dividiendo los desplazamientos entre el valor de 0.10m. Seguidamente, con el número de paso se determinó la deriva de la estructura.

Tabla 23

Cortantes y desplazamientos Eje X

Eje x	Desplazamiento (cm)	Cortante (tonf)
Sismo ocasional (0.50)	4.96	245.38
Sismo raro (1.00)	10.85	379.39
Sismo muy raro (1.25)	14.01	424.74

Nota. Elaboración propia

Tabla 24*Cortantes y desplazamientos Eje Y*

Eje y	Desplazamiento (cm)	Cortante (tonf)
Sismo ocasional (0.50)	2.92	239.02
Sismo raro (1.00)	6.91	336.00
Sismo muy raro (1.25)	9.44	387.72

Nota. Elaboración propia

Finalmente, luego de obtener las derivas con el procedimiento anterior mencionado se procedió a compararlo con los rangos establecidos por FEMA (2003) su manual técnico Hazus MR4. Las tablas 25 y 26 mostraron los niveles de funcionalidad ante los diferentes peligros sísmicos, el cual fue el objetivo general de esta investigación.

Tabla 25*Nivel de desempeño Eje X*

Eje x	Deriva total	Hazus mr4
Sismo ocasional (0.50)	0.00597	Operacional
Sismo raro (1.00)	0.01309	Resguardo de vida
Sismo muy raro (1.25)	0.01700	Resguardo de vida

Nota. Elaboración propia**Tabla 26***Nivel de desempeño Eje Y*

Eje y	Deriva total	Hazus mr4
Sismo ocasional (0.50)	0.00241	Operacional
Sismo raro (1.00)	0.00831	Operacional
Sismo muy raro (1.25)	0.01100	Resguardo de vida

Nota. Elaboración propia

Discusión de resultados

Luego de obtener los hallazgos, se puede afirmar que la hipótesis general es correcta, ya que la estructura dual de concreto armado del Bloque N° 2, tiene un nivel de desempeño operacional y resguardo de vida en el Eje-X, para un sismo ocasional, raro y muy raro, respectivamente. En el caso del Eje – Y, tiene un nivel de desempeño, operacional para un sismo ocasional y raro, y para un sismo muy raro resguardo de vida. Estos niveles fueron como mínimos de resguardo de vida.

Estos resultados guardan relación con Ramos (2023), quien analizó un colegio con sistema estructural en el Eje – X de concreto armado que tenía derivas menores al 0.007 y en el Eje -Y albañilería que tenía derivas menores al 0.005. Adicionalmente, usando el criterio de derivas máximas totales del ATC-40, el desempeño para un sismo máximo fue de Inmediata Ocupación para ambos ejes. Los datos concuerdan con Paredez (2023), quien analizó dos módulos A y B, los cuales tenían un sistema estructural X de pórticos de concreto y muros de albañilería en el eje Y, inicialmente el eje X tenía derivas mayores al 0.007 y en el eje Y menores al 0.005; por lo tanto, el desempeño para un sismo máximo en el eje X era de colapso mientras que en el eje Y era funcional. Luego de realizar un refuerzo estructural de encamisado de columnas se mejoró el cumplimiento de derivas en la dirección X y su desempeño fue de funcional. El desempeño hallado del edificio fue de mínimo resguardo de vida, debido a que este cumplió requisitos mínimos de derivas de la normativa peruana.

Respecto a la primera hipótesis, se puede inferir que no se cumplió la hipótesis debido a que la ductilidad en el eje X fue de 4.13 y en el eje Y fue de 6.59, y en la hipótesis se había planteado el valor de 3.10 para ambos ejes.

Los resultados concuerdan con Mires (2019), quien obtuvo una curva de capacidad para el módulo 1 en el eje X un desplazamiento de fluencia de 0.025 m , una cortante de fluencia de 140.836, desplazamiento ultimo de 0.1959 m y un cortante ultimo de 140.836 ton; por lo tanto, con estos valores se obtuvo una ductilidad de 7.84. Para el caso del eje Y, se obtuvo un desplazamiento de fluencia y ultimo de 0.0326 m y 0.2618 m, respectivamente, en el caso de cortante de fluencia y ultimo de 214.98 ton y 302.2508 ton; por lo tanto, con estos valores se obtuvo una ductilidad de 8.03. Los resultados son consistentes con Livi y López (2023), quienes hallaron la ductilidad de un sistema de muros para el eje X de 3.345 y 2.32. Los valores hallados se encuentran en ese rango de 3 a 8 por ser una estructural dual de concreto armado.

Respecto a la segunda hipótesis específica, se puede concluir que no se cumplió la hipótesis, debido a que la capacidad de absorción de energía en el eje X fue de 66.69ton*m y en el eje Y fue de 62.50ton*m. En la hipótesis se había planteado el valor de absorción de energía como 80 ton*m.

Los resultados son consistentes con Livi y López (2023), quienes obtuvieron puntos de bilinealidad para un sistema de muros de concreto para el eje X de (0.0132 m ,700ton) y (0.0442 m , 900ton) ,y para el eje Y de (0.0079 m , 1050 ton) y (0.0184m, 1300 ton) ; por lo tanto con estos valores se calculó la capacidad de absorción que en el primer eje es 29.42 ton*m y para el segundo ,16.49 ton*m .Asimismo, obtuvieron puntos de bilinealidad para sistemas aporticados para el Eje X de (0.0475 m , 310 ton) y (0.1905 m , 400 ton) ,y para el eje Y de (0.0523 m , 410 ton) y (0.212m ,524.22 ton); por lo tanto con estos valores se calculó la capacidad de absorción que en el primer eje fue de 58.13 ton*m, y para el segundo fue de 86 ton*m. Los valores hallados se encuentran en ese rango de 29.42 ton*m y 86 ton*m.

Respecto a la tercera hipótesis, se puede considerar que no se cumplió la hipótesis, debido a que para el eje X se obtuvo $\Delta u = 20.1342 \text{ cm}$ y una $V_u = 503.631 \text{ ton}$, y para el eje Y se obtuvo un $\Delta u = 17.7301 \text{ cm}$ y una $V_u = 509.003 \text{ ton}$. En la hipótesis se había planteado el valor máximo de 400 ton y un desplazamiento de 30 a 40 cm .

Se observa similitud con los resultados de Jaramillo Espinoza (2022), quien obtuvo para un sistema de concreto de pórticos un valor máximo de 14.64 cm . Los datos concuerdan con Livi y López (2023), quienes determinaron valores máximos de cortante última de 400 tonf . Los valores hallados se encuentran mayores a los 14 cm y 400 tonf , esto a causa de la existencia de muros de concreto armado.

Conclusiones

La investigación demostró que todos aquellos colegios que sean diseñados cumpliendo las exigencias básicas de la normativa E.030, por ejemplo, derivas, sin importar el tipo de sistema estructural albañilería confinada, a porticado de concreto armado, muros de concreto armado o duales de concreto armado, tendrán un desempeño de resguardo de vida para sismos máximos.

Se determinó que la ductilidad para muros de concreto armado y albañilería confinada son bajos en comparación con los valores de pórticos de concreto armado. Asimismo, al usar una estructura dual de concreto armado la ductilidad se encontró en un rango de valores de pórticos con muros de concreto o albañilería confinada.

Se preciso que el valor de energía de capacidad de absorción en estructuras de sistemas de muros de concreto armado son menores a los de sistemas aporticados. Sin embargo, al usar sistemas duales de concreto se aumenta la tensión máxima y la deflexión máxima, también aumenta la habilidad para absorber energía.

Se concluyó que en sistemas de albañilería confinada y muros de concreto armado tienes desplazamientos máximos menores en comparación a sistemas a porticados, mientras que los sistemas aporticados tienen valores de cortantes máximos menores en comparación a un sistema de muros. Sin embargo, al usar sistemas duales de concreto armado, se logra obtener valores altos en cortantes y desplazamientos.

Se concluyó que el método modal espectral determina el comportamiento elástico global de una edificación ante un espectro sísmico; por otro lado, el método pushover evalúa el comportamiento inelástico y la resistencia máxima antes los eventos sísmicos. Se puede observar que existente una congruencia entre ambos análisis, ya que el valor obtenido de desplazamientos

máximo elásticos según el primer método fue de 5.2 cm en el eje X y 3.81 cm en el Eje Y.

Mientras que para el segundo método según la curva bilineal se obtuvieron valores elásticos máximos para el Eje X de 4.90 cm y para el Eje Y de 2.7 cm.

Recomendaciones

Se sugiere que toda estructura esencial entre ellos los colegios, con cualquier tipo de sistema estructural sigan los lineamientos de la norma E.030.

Se indica evaluar colegios con sistemas de acero u otros tipos de sistema estructural usando análisis lineales y no lineales.

Se encomienda para futuras investigaciones incorporar la interacción suelo - estructura.

Se apoya evaluar infraestructura educativa con algún tipo de irregularidad ya sea torsional o piso blando.

Se promueve el uso de estructurales duales de concreto armado para los colegios, ya que los pórticos aportarán una gran ductilidad y los muros de concreto armado una gran resistencia.

Se exhorta analizar como varia la ductilidad de infraestructura educativa usando BRB que son barras de acero que se colocan diagonalmente que conectan columnas.

Se indica analizar como el factor de ductilidad influye en el valor de reducción sísmica para estructuras duales de concreto armado.

Se sugiere analizar como varía la capacidad de absorción de energía de infraestructura educativa usando aisladores de base elastoméricos, de deslizamiento, de fricción, amortiguadores viscosos, disipadores de masa sintonizada o disipadores de energía de tipo metalúrgico.

Se recomienda analizar diferentes sistemas estructurales con el adiconamiento de aisladores o disipadores sísmicos para determinar cuál presenta mayor desplazamiento y cortante.

Se propone que se use sistemas duales de concreto, ya que se obtendrá una estructura con una gran capacidad de absorción de energía.

Referencias

- American Society of Civil Engineers [ASCE] . (2017). *Seismic evaluation and retrofit of existing buildings*. <https://ascelibrary.org/action/showBook?doi=10.1061/9780784414859>
- Applied Technology Council. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete buildings*.
- Asmat Garaycochea, C. A. (2016). *Disposiciones sísmicas de diseño y análisis en base a desempeño aplicables a edificaciones de concreto armado* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de Tesis PUCP.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/7297>
- Cáceres Chango, J. R. y Morales Pincay, J. M. (2020). *Análisis por desempeño Sísmico de una edificación de seis niveles de hormigón armado, ubicado en la Ciudad de Salinas* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49531>
- Deierlein, G., Reinhorn, A., & Willford, M. (2010). Nonlinear structural analysis for seismic design. *NEHRP seismic design technical brief, 4*, 1-36.
https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=915469
- Esteba Apaza , A. E. (2017). *Análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma E-030 en Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6079>
- FEMA. (2003). *HAZUSMH MR4 Multi-hazard Loss Estimation Methodology–Earthquake Model–Technical Manual*.
- Federal Emergency Management Agency [FEMA 440]. (2005). *Improvement of nonlinear static*.

Filian Pinos , M. A. y Macías Zamora , J. R. (2017-2018). *Evaluación de una edificación de hormigón armado mediante el análisis no lineal Push-over* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional.

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32564>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.^a ed.) .McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2022).*Educación*

<https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/education/>

Instituto Geofísico del Perú [IGP]. (2019). *Mapas sísmicos*.

<https://ultimosismo.igp.gob.pe/mapas-sismicos>

Jaramillo Espinoza, J. A. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico de una estructura aporticada en hormigón armado de tres niveles utilizando el análisis estático no lineal pushover, cantón samborondón* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Red de Repositorios Latinoamericanos.

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6094315>

Livi Quichimbo, L. J. y López Díaz, C. F. (2023). *Evaluación de desempeño sísmico de dos sistemas estructurales de hormigón armado para edificios escolares de baja altura, utilizando un análisis estático no lineal* [Tesis de pregrado, Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas

ESPE <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/36908>

Loa Canales, G. (2017). *Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de Tesis PUCP.

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/8618>

Mander, J. B., Priestley, M. J. & Park, R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. *Journal of Structural Engineering*, 114(8),1804-1826

Mendoza Escalante, C. y Rivera Giraldez, C. A. (2020). *Evaluación del desempeño sismorresistente de la edificación de aulas generales de la Universidad Andina del Cusco, aplicando el método de análisis estático no lineal (Pushover)* [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Digital Universidad Andina del Cusco.

<https://hdl.handle.net/20.500.12557/3613>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). *Norma técnica E.030 diseño sismorresistente*.

Mires Acuña, N. Y. (2019). *Desempeño sismorresistente de la institución educativa técnica Rafael Loayza Guevara utilizando el método Pushover y propuesta de mejora* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional.

<https://hdl.handle.net/11537/22304>

Moehle, J. P., & Zeisler, G. M. (Eds.) (2019). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19), commentary on building code requirements for structural concrete (ACI 318R-19): An ACI standard*. American Concrete Institute.

Ottazzi Pasino, G. (2016). *Apuntes del curso de Concreto Armado I*. Lima.Perú : Pontificia Universidad Católica del Perú.

Paredes Azaña, M. Á. (2016). *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/620673>

- Paredes Cruz, A. Y. (2023). *Evaluación del desempeño sismorresistente utilizando análisis estático y dinámico no lineal en la Institución Educativa Nuestra Señora de la Paz, Chiclayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de Tesis USAT <http://hdl.handle.net/20.500.12423/6669>
- Perez Neyra, C. y Torres Balbin, R. D. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de muros estructurales de mediana altura en base a desplazamientos y costos de reparación probables* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de Tesis PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/23901>
- Quesada Carrillo, F. C. (2018). *Evaluación del desempeño sismorresistente del Colegio Matemático Honores usando el análisis estático no lineal del distrito de Los Olivos*, [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46317>
- Ramos contreras, F. F. (2023). *Evaluación del desempeño sísmico estructural de la Institución Educativa n°141 - Héroe de Jactay - Huánuco, mediante un análisis estático y dinámico no lineal - 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. Repositorio Institucional UNHEVAL <https://hdl.handle.net/20.500.13080/8973>
- Rosario Gamero, M. R. D. (2018). *Desempeño sísmico de aisladores: Estudio de un hospital de concreto armado*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú] Repositorio de Tesis PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/13045>
- Salazar-Arbelaez, G. (2018). Terremotos y salud: lecciones y recomendaciones. *Salud Pública de México*,60, 6-15. <https://doi.org/10.21149/9445>
- Samillán Farro, R. (2019). *Análisis del desempeño sísmico no lineal estático (pushover) en una edificación de ocho pisos Chiclayo-Lambayeque*. [Tesis de maestría, Universidad César

Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/38705>

SEAOC Vision 2000 Committe. (1995). *Performance based seismic engineering of buildings*.

Yugcha Quilumba , B. I. (2018). *Evaluación estructural por desempeño para una construcción*

informal mediante el método Pushover, sector la Forestal, cantón Quito, Provincia

Pichincha. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio

Institucional Universidad Central del Ecuador.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17316>

Anexos

Anexo 1

Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
1. Elección del tema de investigación	x					
2. Revisión del tema de investigación	x					
3. Elaboración del informe de validez, confianza y relevancia	x					
4. Revisión del tema de investigación	x					
5. Elaboración del proyecto de Investigación: Capítulo I		x				
6. Elaboración del proyecto de Investigación: Capítulo II		x				
7. Elaboración del proyecto de Investigación: Capítulo III			x			
8. Revisión y consolidación de información: Capítulo I, II, III			x			
9. Elaboración de técnicas e instrumentos, recolección de datos				x		
10. Codificación y tabulación de las informaciones				x		
11. Elaboración de tablas y gráficos					x	
12. Redacción de la tesis o informe final					x	
13. Presentación y evaluación de informe final						x
14. Dictamen						x
15. Sustentación y aprobación						x

Anexo 2*Presupuesto de tesis*

PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACIÓN					
Material	Condición	Gasto	Tiempo(meses)	Costo Parcial	
Capacitación en análisis no lineal	-	S/ 550.00	2	S/	1100.00
Asesor adicional especialista en estructuras	-	S/ 700.00	2	S/	1400.00
Capacitaciones en el uso del Etabs	-	S/ 300.00	1	S/	300.00
Gastos administrativos para la presentación del proyecto a la UCSS	-	S/ 2600.00	1	S/	2600.00
				S/	5400.00

Anexo 3

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Título: “EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO EL ANÁLISI NO LINEAL ESTÁTICO DE UN COLEGIO PRIVADO DE SANTIAGO DE SURCO, LIMA, 2023”						
VARIABLES	PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA
V1: “Dependiente”: Nivel de desempeño sísmico	¿Cuál será el nivel de desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023?	Determinar el desempeño sísmico aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023	El colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023 evaluada en las direcciones X e Y cumplirá con los requisitos mínimos del SEAOC.	SEAOC	Niveles de desempeño: Totalmente Operacional, Operacional, Asegurar la vida y Cerca al colapso	-
VARIABLES	PREGUNTA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA
V2: “Independiente”: Análisis estático no lineal pushover	¿Cuál será la ductilidad aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023?	Determinar la ductilidad aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de	El colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023 tendrá una ductilidad en la dirección X e Y con un valor de 3.10.	Capacidad estructural	Momento - curvatura	(ton - 1/m)

Santiago de Surco,
Lima,2023.

¿Cuál será la capacidad de absorción de energía aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima ,2023?

Determinar capacidad de absorción de energía aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima,2023

El colegio privado de Santiago de Surco, Lima ,2023 tendrá una capacidad de absorción de energía de 80ton*m.

Amenaza sísmica

Factor de zona (1,2,3,4)
Tipo de Suelo (S1, S2, S3 y S4)
Reducción Sísmica ("R")

-

¿Cuál será la cortante y desplazamientos últimos para las diferentes amenazas sísmicas aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima, 2023?

Determinar la cortante y desplazamientos últimos para las diferentes amenazas sísmicas aplicando el análisis no lineal estático de un colegio privado de Santiago de Surco, Lima,2023.

El colegio privado de Santiago de Surco, Lima ,2023 tendrán valores de cortante y desplazamientos últimos que estarán en el rango de 300 a 400 ton y desplazamientos de 0.30 a 0.40 m, respectivamente.

Punto de equidad de amenaza sísmica y capacidad estructural

Cortante basal ton
Desplazamiento cm

Nota. Elaboración propia

Anexo 4*Validación instrumento Etabs***Universidad Católica Sedes Sapientiae**

Faculta de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Investigación: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA INSTITUCIÓN ACADÉMICA DE CONCRETO ARMADO, LIMA -2021"

Autor: Cárdenas Romero Carlos Daniel

Instrumento para la investigación: Etabs v19

Validado por: Ing. RICHARD ANYAYPOMA OCÓN

CIP: N° 201170

Puntaje: 9

Tabla de puntaje:

Malo	0 -3
Regular	4-5
Bueno	6-8
Muy bueno	9-10

Firma:

ING. RICHARD ANYAYPOMA OCÓN
C.I.P N° 201170

.....

Anexo 5

Validación instrumento Etabs

Universidad Católica Sedes Sapientiae

Faculta de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Investigación: "EVALUACION DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DE UNA INSTITUCIÓN ACADÉMICA DE CONCRETO ARMADO, LIMA -2021"


Autor: Cárdenas Romero Carlos Daniel

Instrumento para la investigación: Etabs v19

Validado por: Ing. ELVIS DAVID TACURI ÑAUPARI

CIP: N° 78948

Puntaje: 10

 Tabla de puntaje:

Malo	0 -3
Regular	4-5
Bueno	6-8
Muy bueno	9-10

Firma:



ING. ELVIS DAVID TACURI ÑAUPARI
 UNI N° 56018618
 CIP N° 78948

Anexo 6

Validación instrumento SAP2000

Universidad Católica Sedes Sapientiae

Faculta de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Investigación: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA INSTITUCIÓN ACADÉMICA DE CONCRETO ARMADO, LIMA -2021"

Autor: Cárdenas Romero Carlos Daniel

Instrumento para la investigación: SAP 2000 v19

Validado por: Ing. RICHARD ANYAYPOMA OCÓN

CIP: N° 201170

Puntaje: 9

Tabla de puntaje:

Malo	0 -3
Regular	4-5
Bueno	6-8
Muy bueno	9-10

Firma:



ING. RICHARD ANYAYPOMA OCÓN
C.I.P N° 201170

Anexo 7

Validación instrumento SAP2000

Universidad Católica Sedes Sapientiae

Faculta de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Investigación: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA INSTITUCIÓN ACADÉMICA DE CONCRETO ARMADO, LIMA -2021"

Autor: Cárdenas Romero Carlos Daniel

Instrumento para la investigación: SAP 2000 v19

Validado por: Ing. ELVIS DAVID TACURI ÑAUPARI

CIP: N° 78948

Puntaje: 10

Tabla de puntaje:

Malo	0 -3
Regular	4-5
Bueno	6-8
Muy bueno	9-10

Firma:



ING. ELVIS DAVID TACURI ÑAUPARI
DNI N° 56818618
CIP N° 78948

Nota. Elaboración propia

Anexo 8

Cuadro de valores unitarios para edificación

Cuadro de valores unitarios oficiales de Edificaciones para Lima Metropolitana y Provincia Constitucional del Callao

Vigente desde el 01 al 31 de Marzo del 2024

Resolución Directoral N° 027-2023-VIVIENDA/MMVU-DGPRVU publicada el 17 de noviembre de 2023

Resolución Jefatural N° 068 -2024-INEI (01 marzo 2024)IPC mec de Febrero 2024: 0.68%

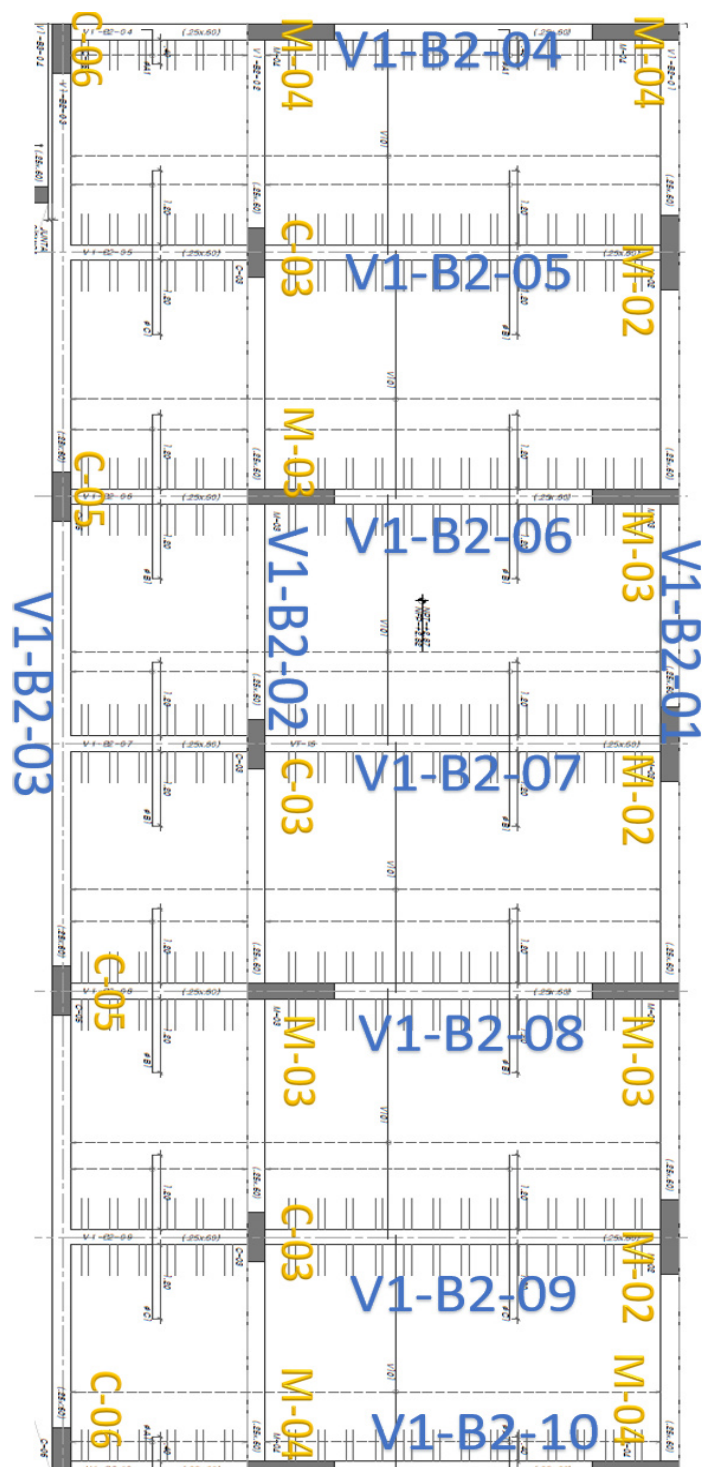
CATEGORÍA	ESTRUCTURAS		ACABADOS				INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS (7)
	MUROS Y COLUMNAS (1)	TECHOS (2)	PISOS (3)	PUERTAS Y VENTANAS (4)	REVESTIMIENTOS (5)	BAÑOS (6)	
A	Estructuras laminadas curvadas de concreto armado que incluyen en una sola armadura la cimentación y el techo, para este caso no se considera los valores de la columna N°2.	Losa o aligerado de concreto armado con luces mayores de 6m. con sobrecarga mayor a 300 kg/m ² .	Mármol importado, piedras naturales importadas, porcelanato.	Aluminio pesado con perfiles especiales. Madera fina ornamental (caoba, cedro o pino selecto). Vidrio insulated (1)	Mármol importado, madera fina (caoba o similar), baldosa acústica en techo o similar.	Baños completos (7) de lujo importado con enchape fino (mármol o similar).	Aire acondicionado, iluminación especial, ventilación forzada, sist. hidro neumático, agua caliente y fría, intercomunicador alarmas, ascensor, sist. de bombeo de agua y desagüe (5), teléfono, gas natural.
	629.47	382.31	337.63	341.61	368.20	124.25	365.17
B	Columnas, vigas y/o placas de concreto armado y/o metálicas.	Aligerados o losas de concreto armado inclinadas.	Mármol nacional o reconstituido, parquet fino (olivo, chonta o similar), cerámica importada, madera fina.	aluminio o madera fina (caoba o similar) de diseño especial, vidrio polarizado (2) y curvado, laminado o templado.	Mármol nacional, madera fina (caoba o similar) enchapes en techos.	Baños completos (7) importados con mayólica o cerámico deco-rativo importado.	Sistemas de bombeo de agua potable (5), ascensor, teléfono, agua caliente y fría, gas natural.
	405.84	249.44	202.37	180.07	278.97	94.47	266.63
C	Placas de concreto (e=10 a 15 cm), albañilería armada, ladrillo o similar con columna y vigas de amarre de concreto armado.	Aligerado o losas de concreto armado horizontales.	Madera fina machihembrada, terrazo.	Aluminio o madera fina (caoba o similar), vidrio tratado polarizado (2), laminado o templado.	Superficie caravista obtenida mediante encofrado especial, enchape en techos.	Baños completos (7) nacionales con mayólica o cerámico nacional de color.	Igual al Punto "B" sin ascensor.
	279.36	206.08	133.19	116.38	206.95	65.54	168.20
D	Ladrillo o similar sin elementos de concreto armado. Drywall o similar incluye techo (6)	Calamina metálica, fibrocemento sobre vigería metálica.	Parquet de 1ra., la- jas, cerámica nacio- nal, loseta veneciana 40x40 cm, piso laminado.	Ventanas de aluminio, puertas de madera selecta, vidrio tratado transparente (3).	Enchape de madera o laminados, piedra o material vitrificado.	Baños completos (7) nacionales blancos con mayólica blanca.	Agua fría, agua caliente, corriente trifásica teléfono, gas natural.
	270.16	130.79	117.49	101.95	158.79	34.96	106.25
E	Adobe, tapial o quincha.	Madera con material impermeabilizante.	Parquet de 2da., loseta veneciana 30x30 cm, tajos de cemento con canto rodado.	Ventanas de fierro o aluminio industrial, puertas de madera selecta (caoba o similar), vidrio transparente (4)	Superficie de ladrillo caravista.	Baños con mayólica blanca, parcial.	Agua fría, agua caliente, corriente monofásica, teléfono, gas natural.
	190.19	48.76	78.72	87.22	109.25	20.56	77.16
F	Madera (estoraque, pumaquiro, huayruro, machinga, catahua amarilla, copaiba, diablo fuerte, tornillo o similares). Drywall o similar (sin techo)	Calamina metálica, fibrocemento o teja sobre vigería de madera corriente.	Loseta corriente, canto rodado, alfombra.	Ventanas de fierro o aluminio industrial, puertas contraplacadas de madera (cedro o similar), puertas material MDF o HDF, vidrio simple transparente (4).	Tarrajeo rotachado y/o yeso moldurado, pintura lavable.	Baños blancos sin mayólica.	Agua fría, corriente monofásica, gas natural.
	143.24	26.81	53.76	65.49	77.01	15.31	44.14
G	Pircado con mezcla de barro.	Madera rústica o caña con torta de barro.	Loseta vinílica, cemento bruñido coloreado, tapizón.	Madera corriente con marcos en puertas y ventanas de pvc o madera corriente	Estucado de yeso y/o barro, pintura al temple o al agua.	Sanitarios básicos de losa de 2da., fierro fundido o granito	Agua fría, corriente monofásica, teléfono.
	84.40	18.44	47.44	35.37	63.14	10.53	40.95
H	-	Sin techo.	Cemento pulido, ladrillo corriente, entablado corriente.	Madera rústica.	Pintado en ladrillo rústico, placa de concreto o similar.	Sin aparatos sanitarios.	Agua fría, corriente monofásica sin empotrar
	-	0.00	29.69	17.68	25.26	0.00	22.12
I	-	-	Tierra compactada.	Sin puertas ni ventanas.	Sin revestimientos en ladrillo, adobe o similar.	-	Sin instalación eléctrica ni sanitaria.
	-	-	5.93	0.00	0.00	-	0.00

En Edificios aumentar el valor por m² en 5% a partir del 5to. Piso.

El presente Cuadro de Valores Unitarios ha sido actualizado con el Índice de Precios al Consumidor de Lima Metropolitana, acumulado al mes de febrero 2024: 1.0050%

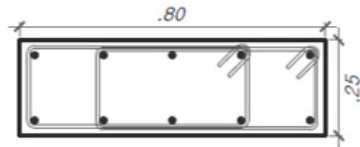
Anexo 9

Primer Nivel B°2



Anexo 10

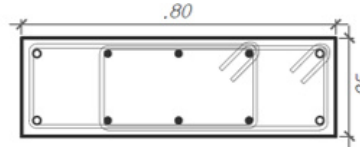
C-03, C-05 y C-06



• 10 ϕ 5/8"
 2 \square ϕ 8mm : 1@5,8@10, rto@25cm

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 CIM. @ T3P

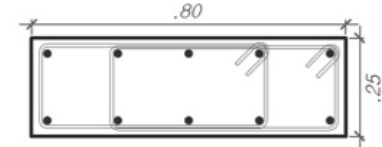
C-03
 ESC: 1/20



• 4 ϕ 3/4" + • 6 ϕ 5/8"
 2 \square ϕ 3/8" : 1@5,8@10, rto@25cm

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 CIM. @ T1P

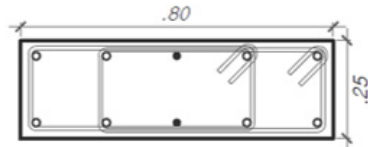
C-05
 ESC: 1/20



• 10 ϕ 5/8"
 2 \square ϕ 8mm : 1@5,8@10, rto@25cm

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 T2P @ T3P

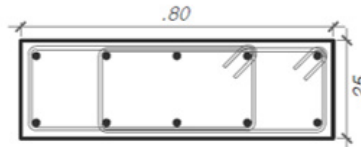
C-05
 ESC: 1/20



• 8 ϕ 3/4" + • 2 ϕ 5/8"
 2 \square ϕ 3/8" : 1@5,8@10, rto@25cm

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 CIM. @ T1P

C-06
 ESC: 1/20



• 10 ϕ 5/8"
 2 \square ϕ 8mm : 1@5,8@10, rto@25cm

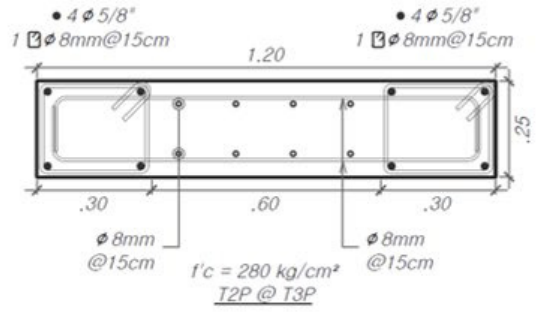
$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 T2P @ T3P

C-06
 ESC: 1/20

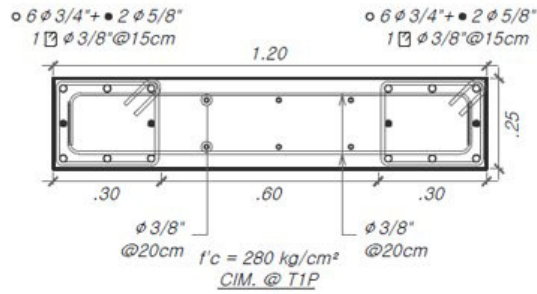
Anexo 11

M-02 y M-03

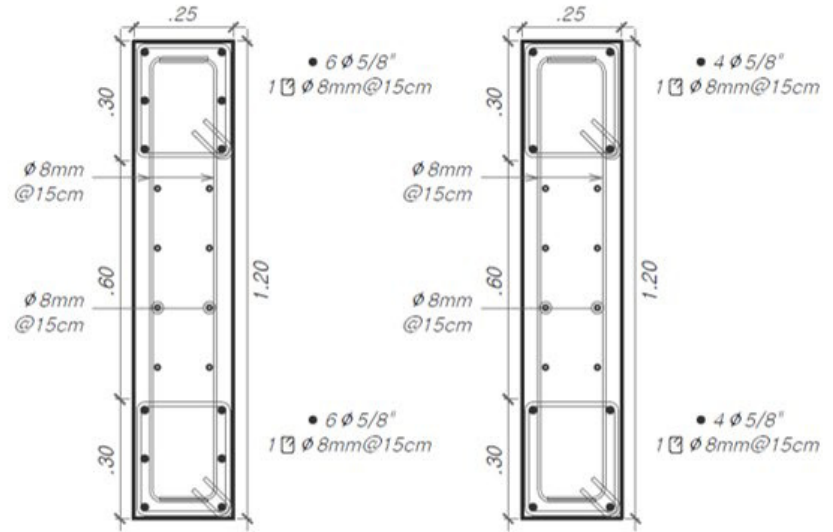
Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural



M-02
ESC: 1/20



M-02
ESC: 1/20



$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
CIM. @ T1P

M-03
ESC: 1/20

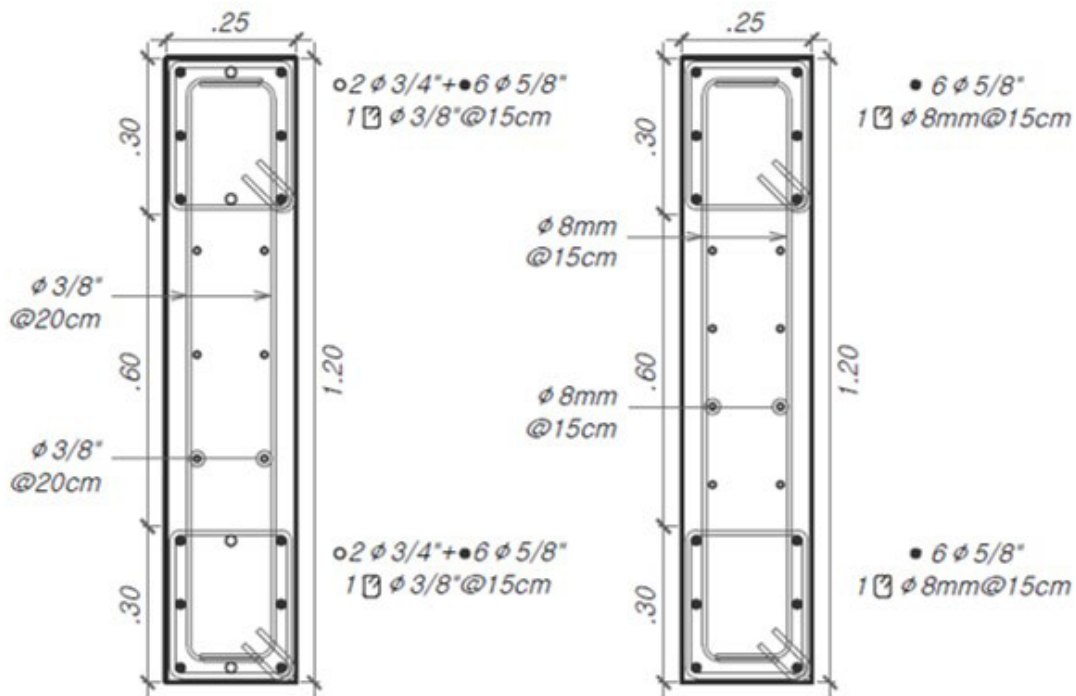
$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
T2P @ T3P

M-03
ESC: 1/20

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 12

M-04



$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
CIM. @ T1P

M-04
 ESC: 1/20

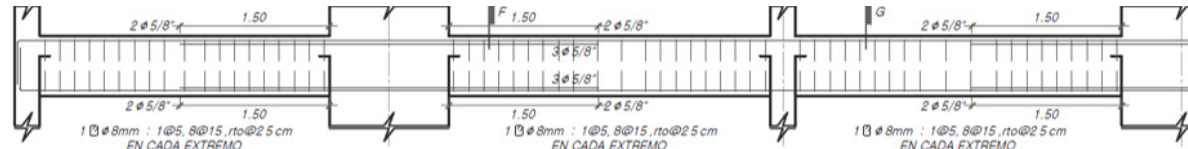
$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
T2P @ T3P

VI 5 T
 ESC: 1/20

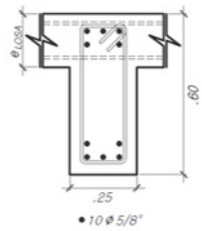
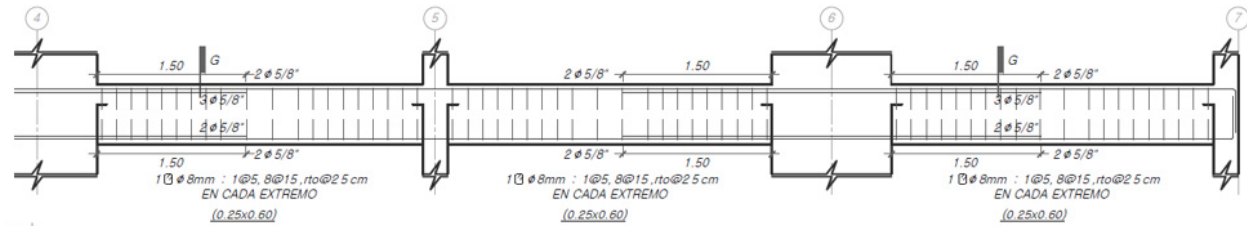
Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 13

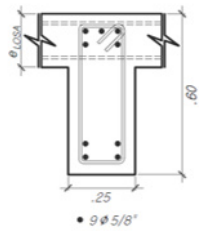
V1-B2-01



V1-B2-01
ESC: 1/50
(0.25x0.60)



F
ESC: 1/20

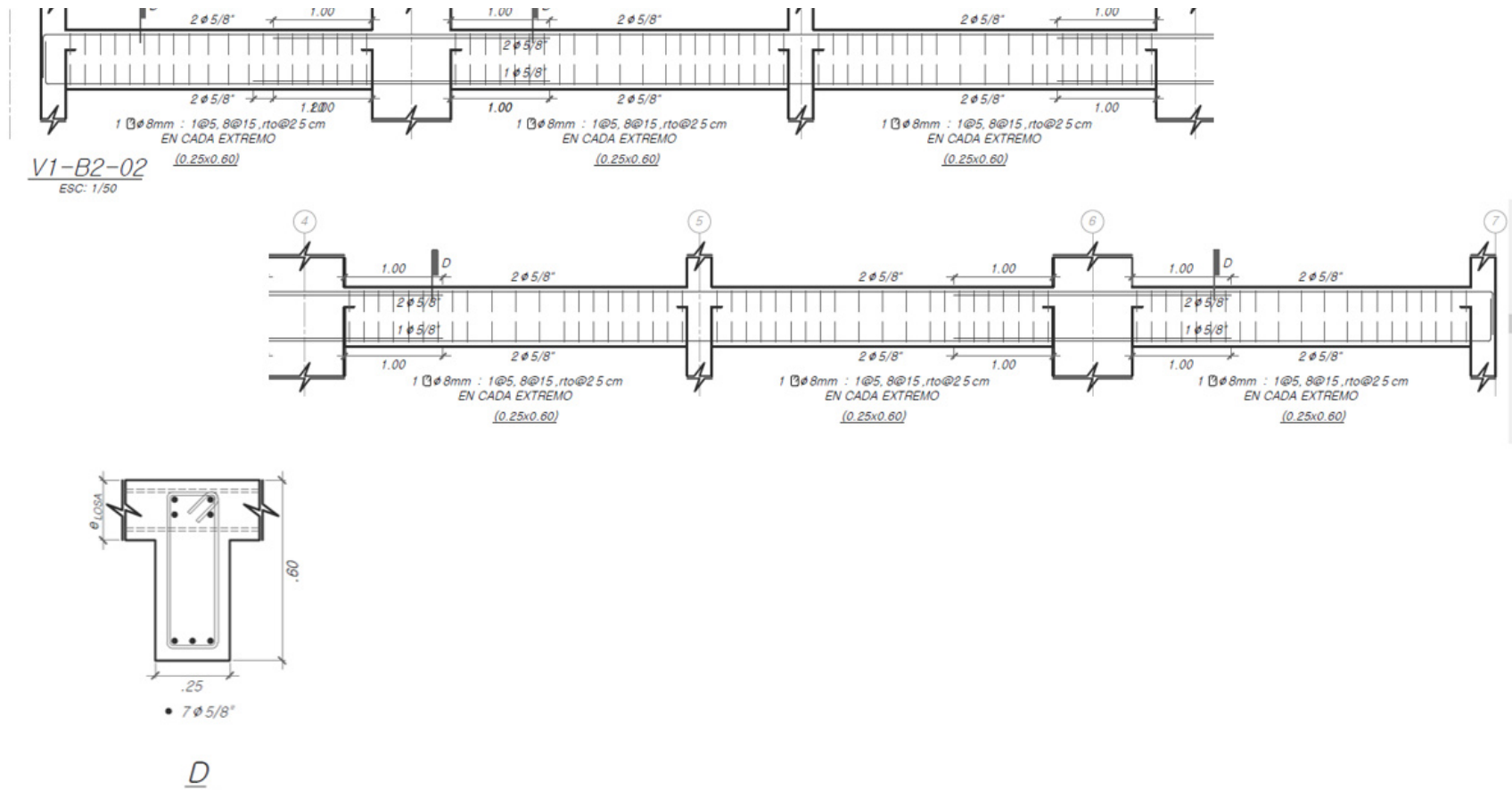


G
ESC: 1/20

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 14

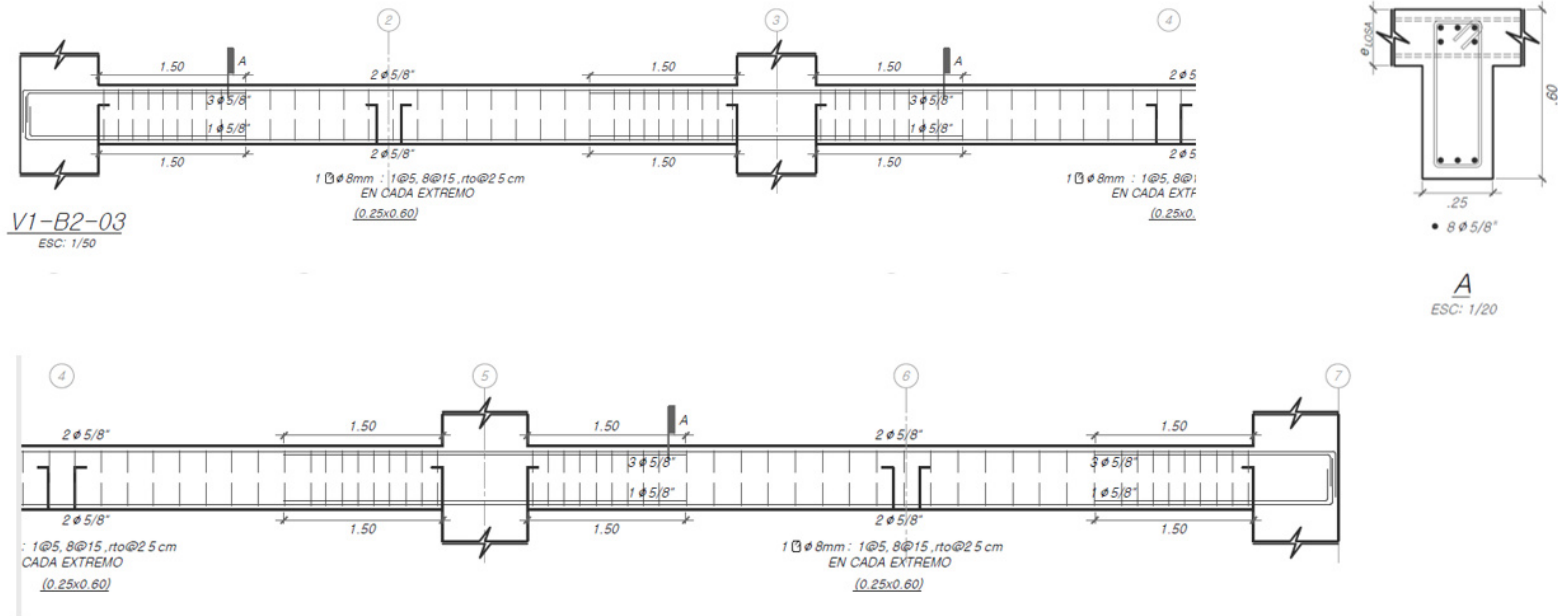
V1-B2-02



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 15

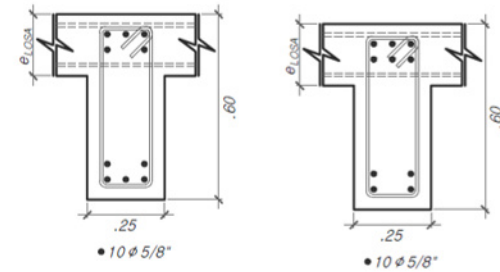
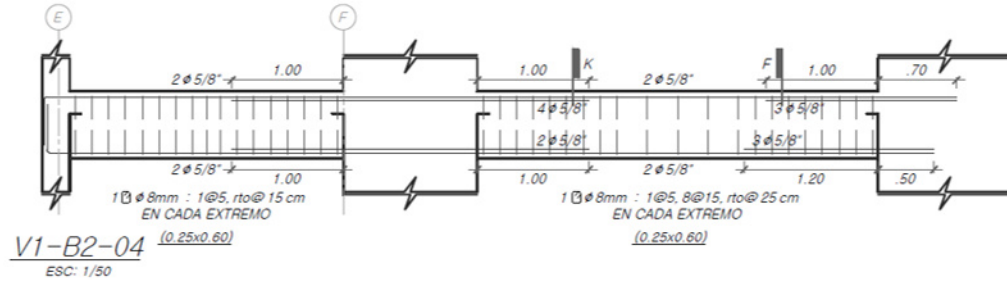
V1-B2-03



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

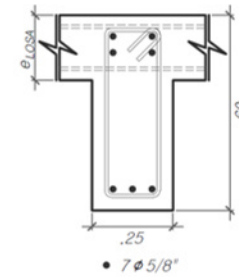
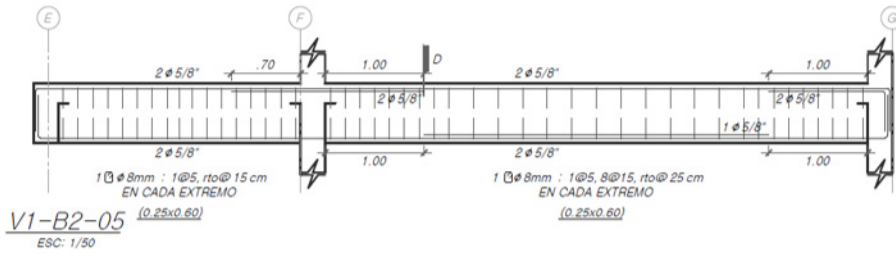
Anexo 16

V1-B2-04 y V1-B2-05



F
ESC: 1/20

K
ESC: 1/20

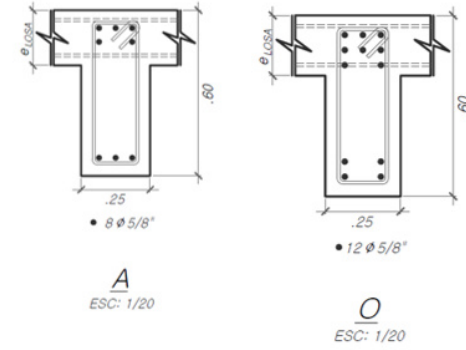
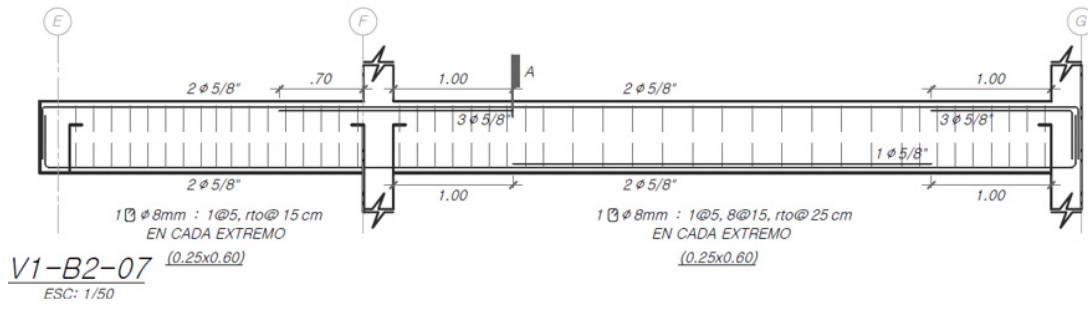
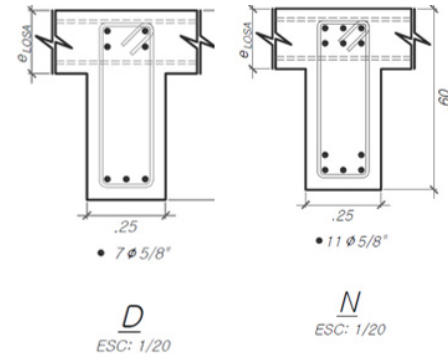
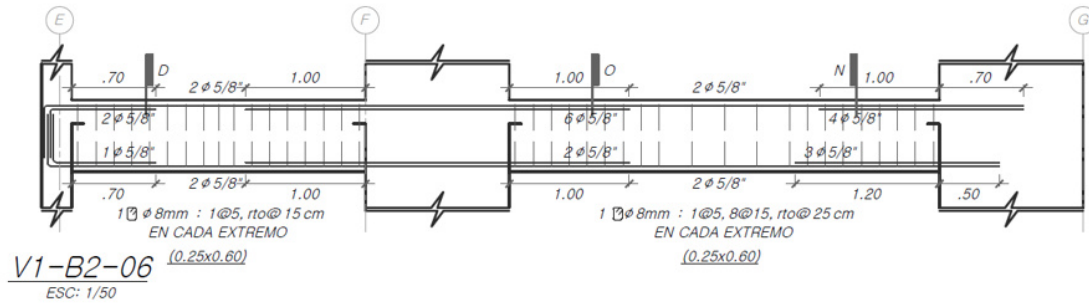


D
ESC: 1/20

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 17

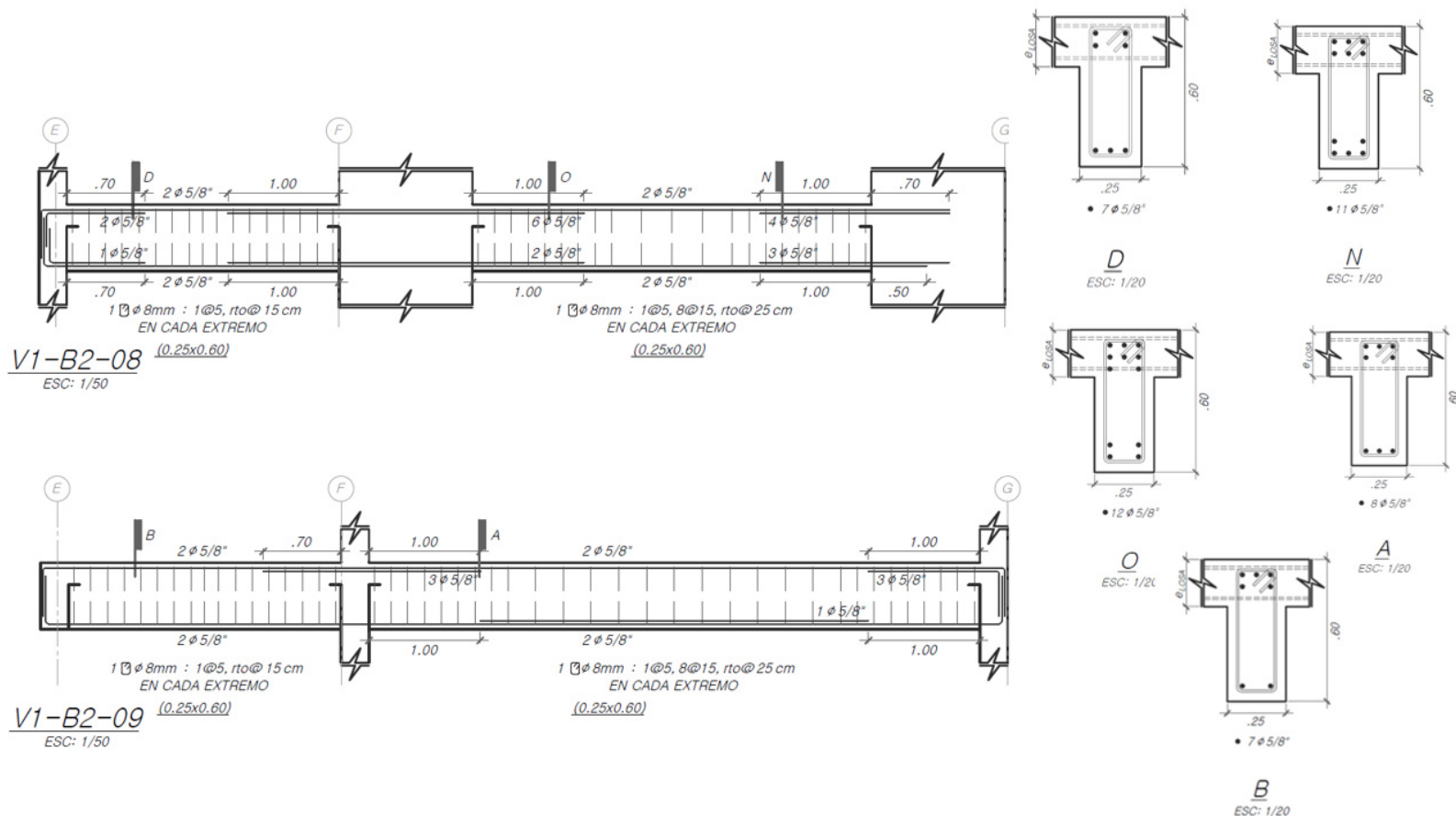
V1-B2-06 y V1-B2-07



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 18

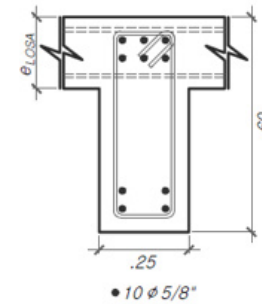
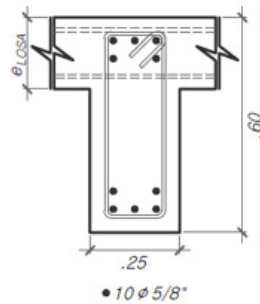
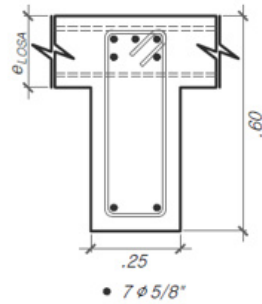
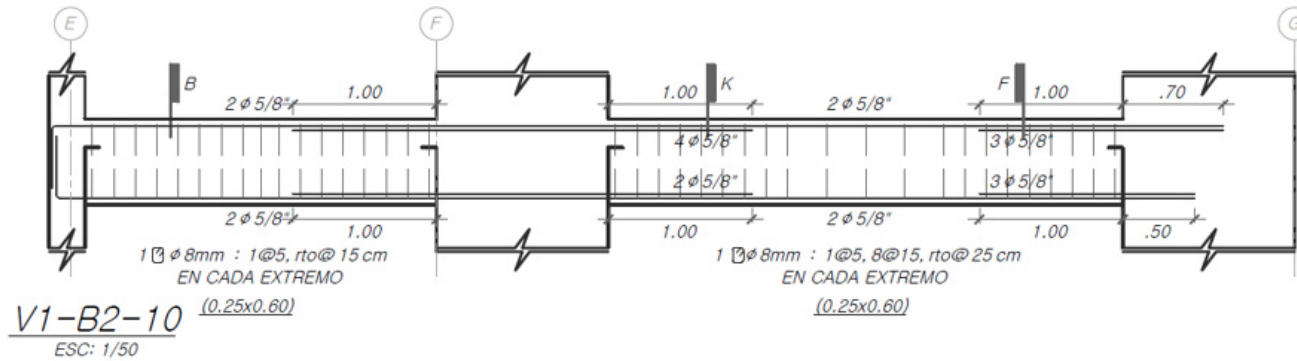
V1-B2-08 y V1-B2-09



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 19

V1-B2-10






Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 20

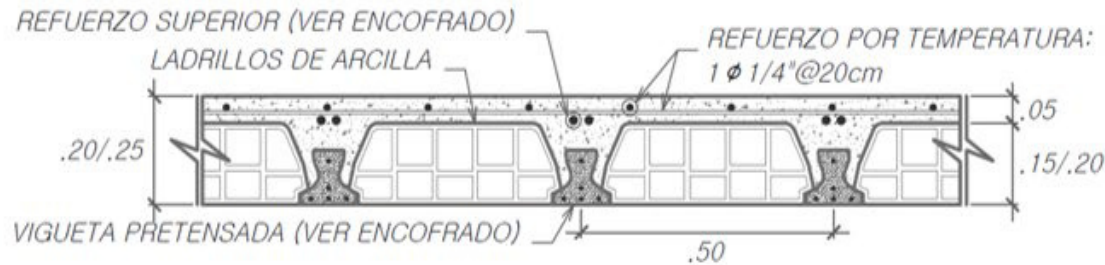
Encofrado del primer nivel

CUADRO DE BASTONES	
∅ A1	1 ∅ 3/8" @ 50cm SUP.
∅ B1	2 ∅ 1/2" @ 50cm SUP.
∅ C1	2 ∅ 5/8" @ 50cm SUP.
∅ D1	1 ∅ 8mm @ 30cm SUP.
∅ E1	1 ∅ 3/8" @ 30cm SUP.

ENCOFRADO DE TECHO DEL 1° PISO

-  LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS H=20cm S=50cm S/C=250kg/m²
-  LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS H=25cm S=50cm S/C=250kg/m²
-  LOSA MACIZA H=20cm S/C=250kg/m²

ESC: 1/50



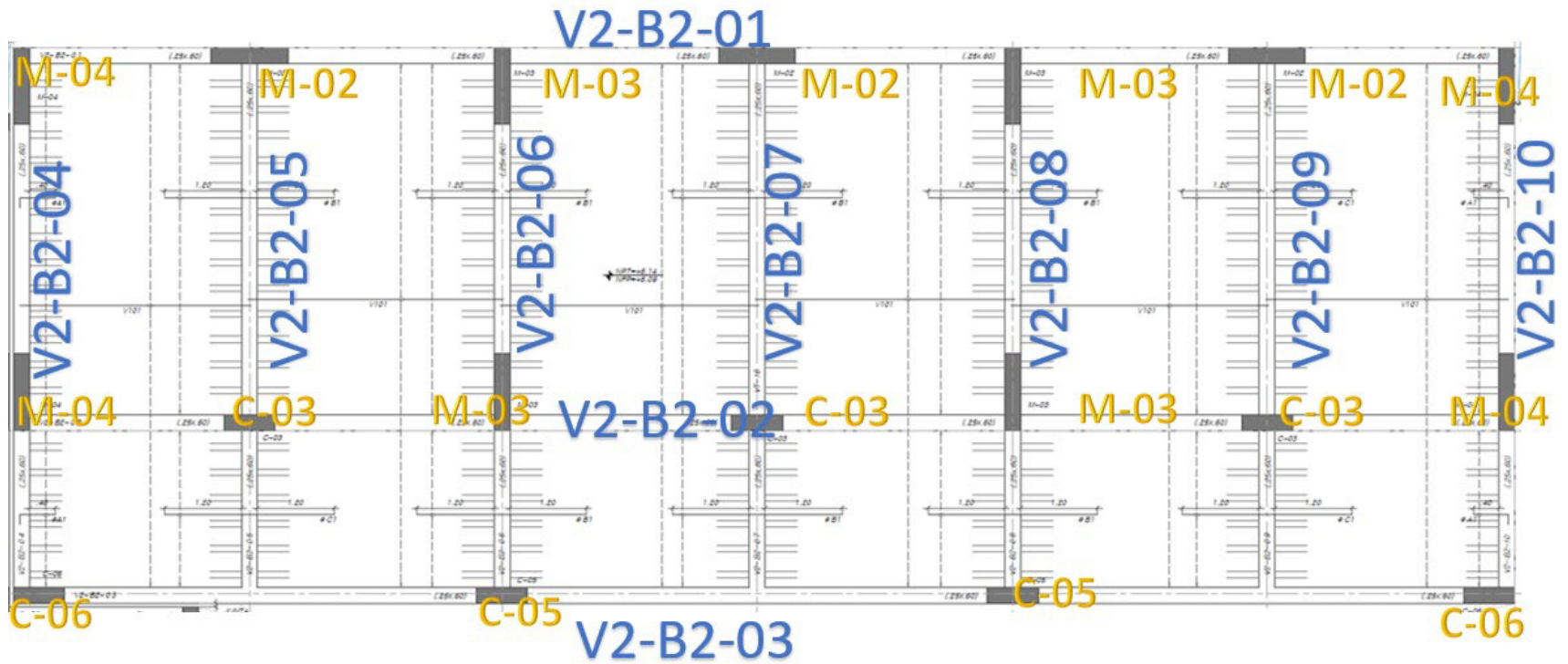
SECCIÓN TÍPICA DE LOSA ALIGERADA

VIGUETAS PRETENSADAS $h = 20/25 \text{ cm}$ $s = 50 \text{ cm}$ $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
ESC: 1/20

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 21

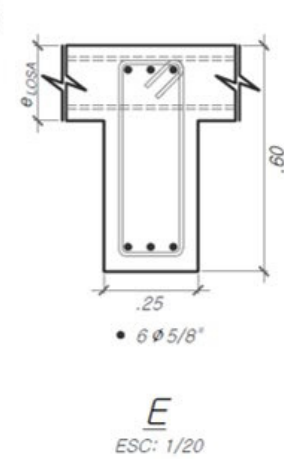
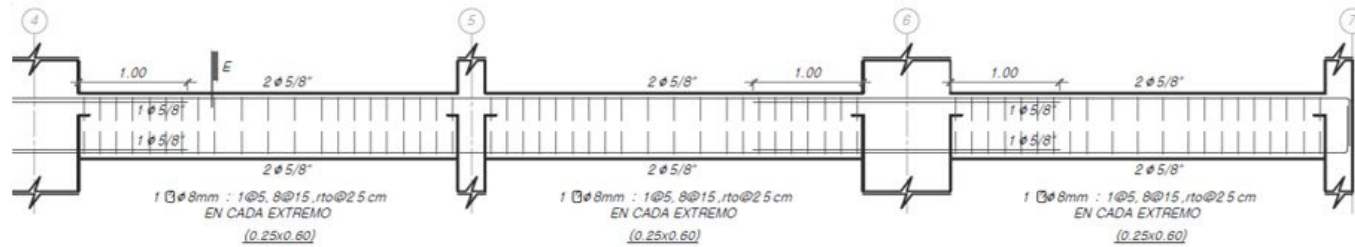
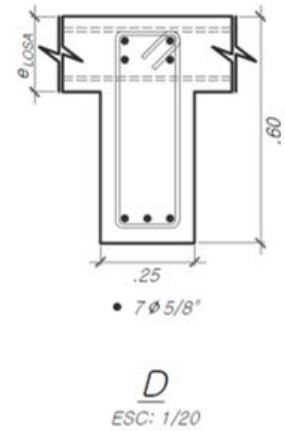
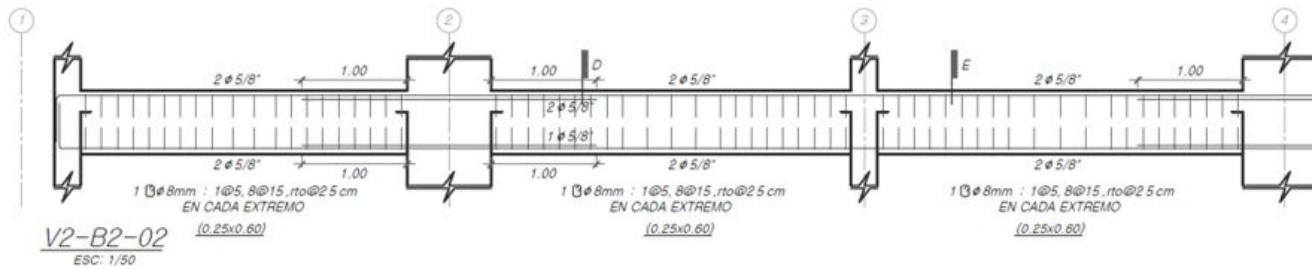
Planta del segundo nivel



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 23

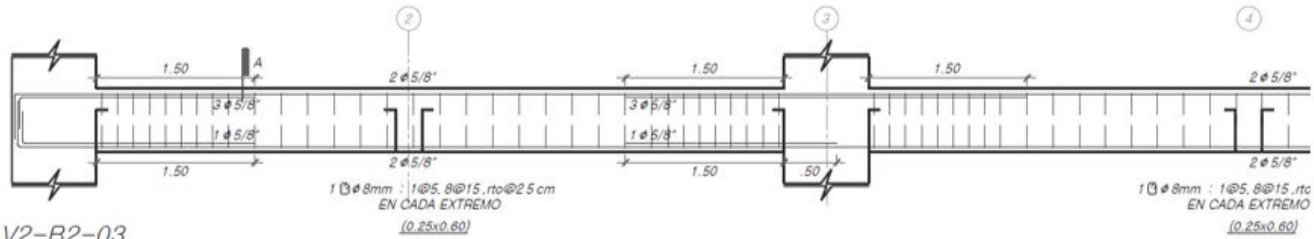
V2-B2-02



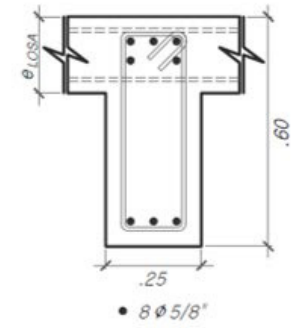
Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 24

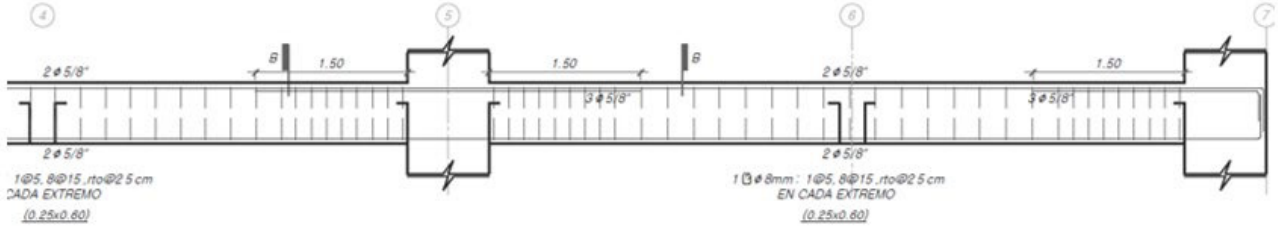
V2-B2-03



V2-B2-03
ESC: 1/50

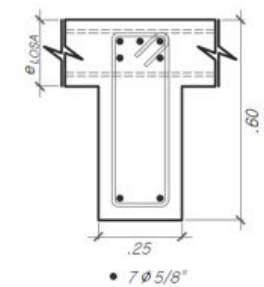


A
ESC: 1/20



1 #8mm : 1@5.8@15 ,rt@2.5 cm EN CADA EXTREMO (0.25x0.60)

1 #8mm : 1@5.8@15 ,rt@2.5 cm EN CADA EXTREMO (0.25x0.60)

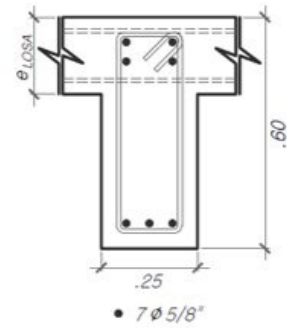
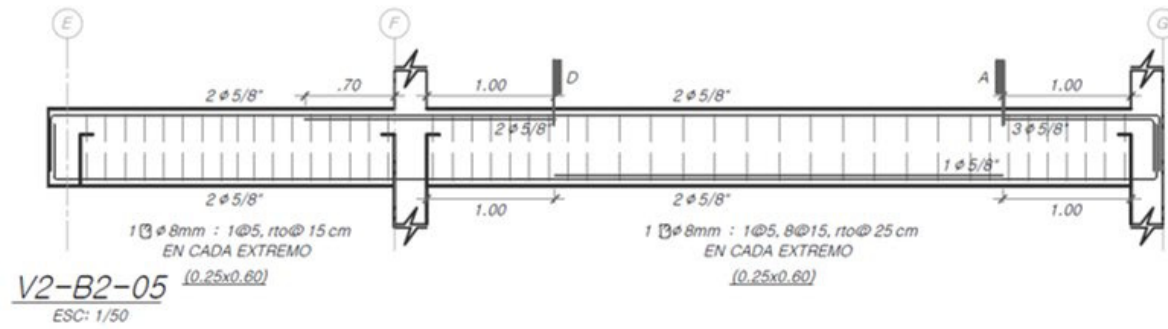
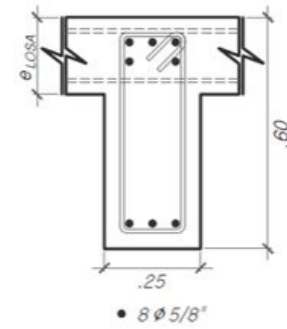
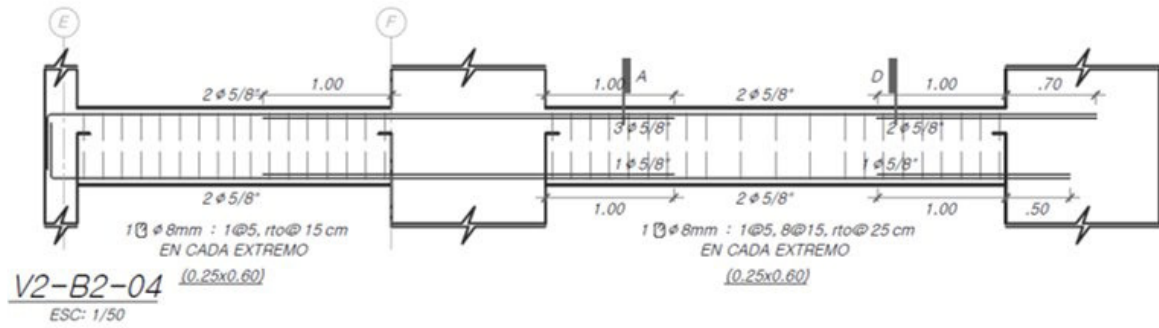


B
ESC: 1/20

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 25

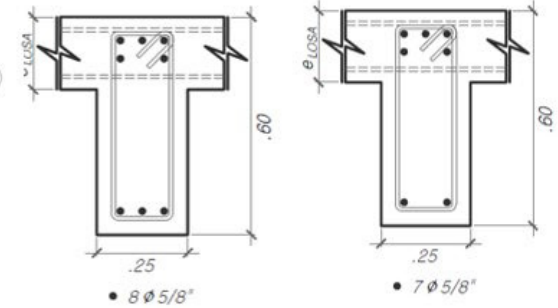
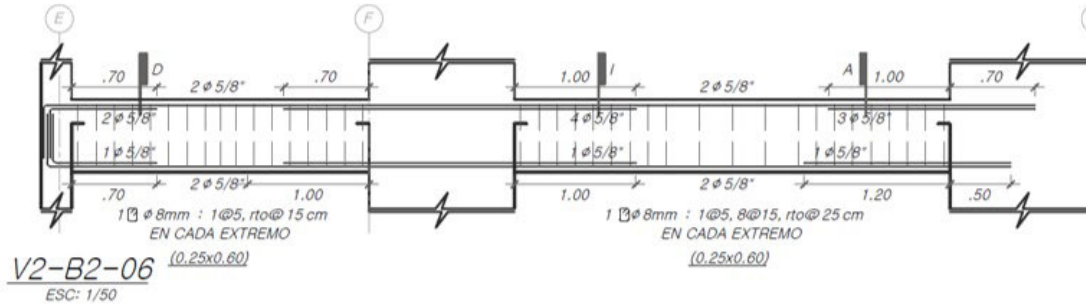
V2-B2-04 y V2-B2-05



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

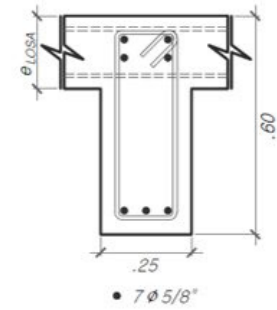
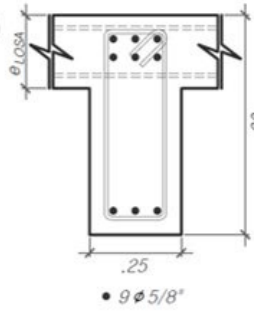
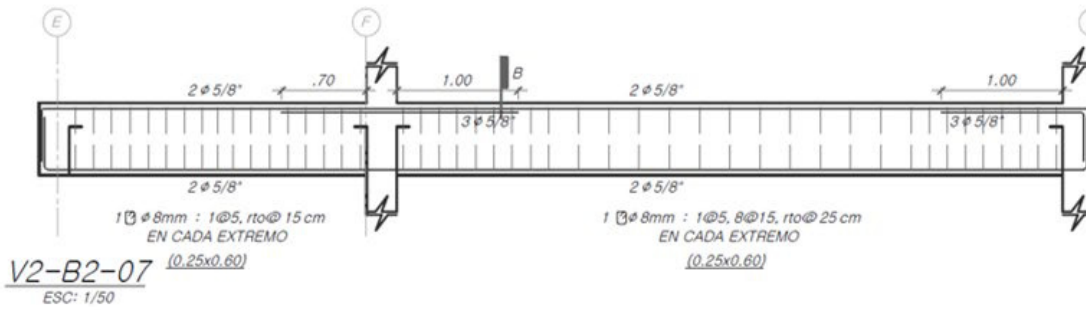
Anexo 26

V2-B2-06 y V2-B2-07



A
 ESC: 1/20

B
 ESC: 1/20



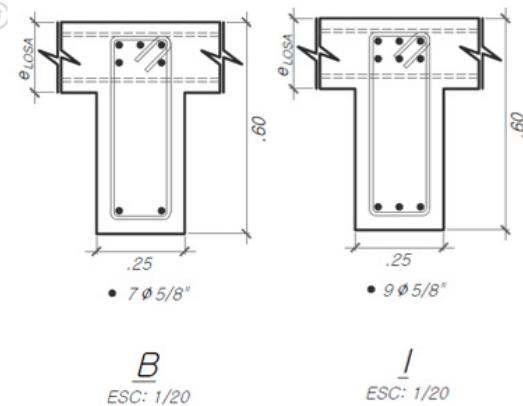
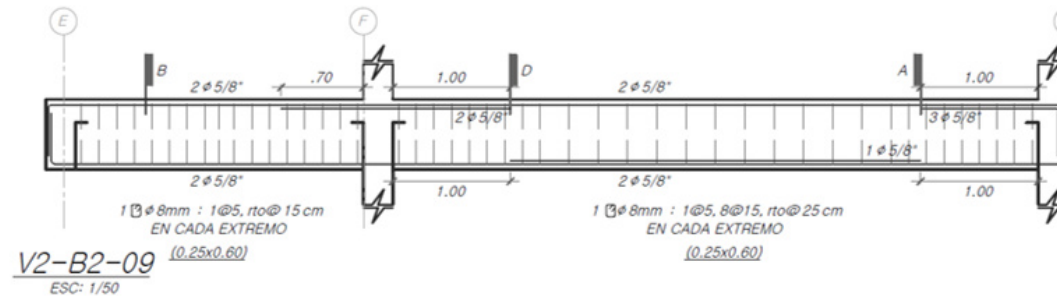
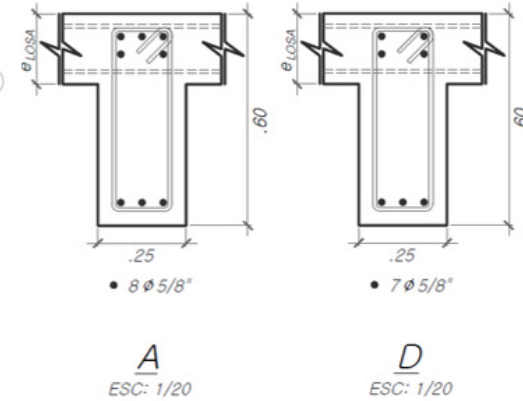
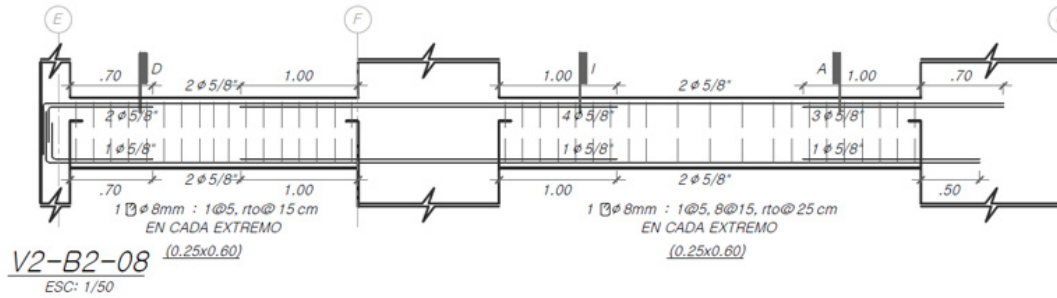
I
 ESC: 1/20

D
 ESC: 1/20

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 27

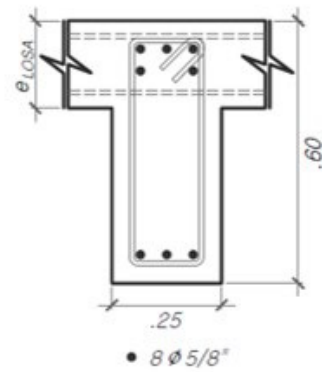
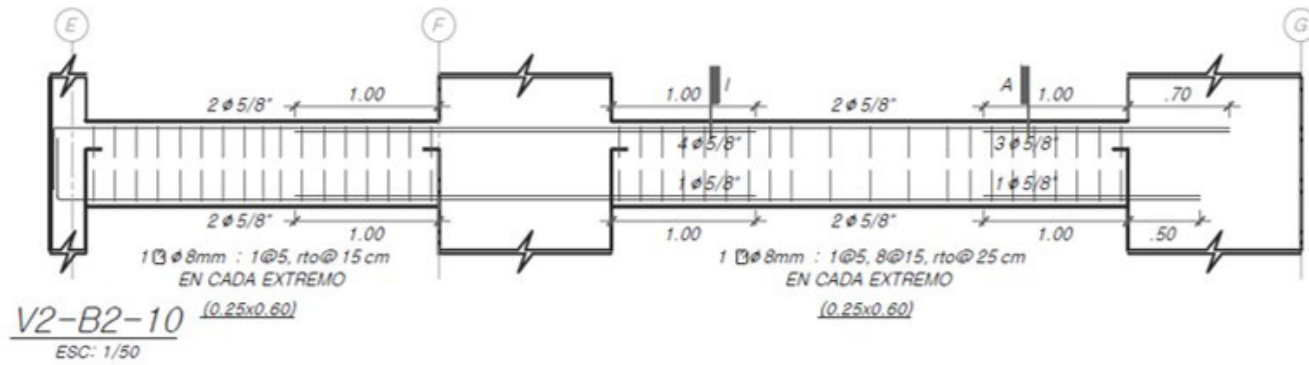
V2-B2-08 y V2-B2-09



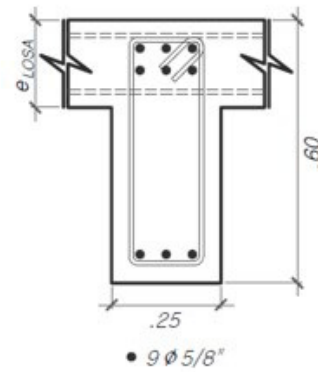
Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 28

V2-B2-10



A
ESC: 1/20

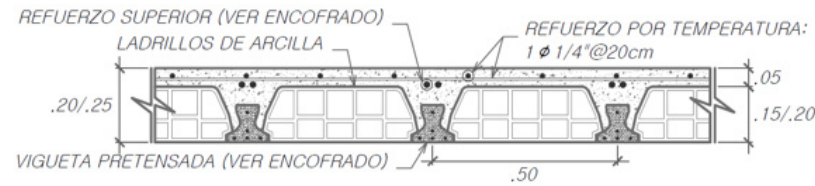


I
ESC: 1/20

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 29

Encofrado del segundo nivel

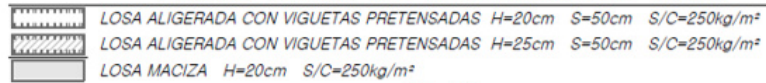


SECCIÓN TÍPICA DE LOSA ALIGERADA

VIGUETAS PRETENSADAS $h = 20/25 \text{ cm}$ $s = 50 \text{ cm}$ $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 ESC: 1/20

CUADRO DE BASTONES	
Ø A1	1 Ø 3/8" @ 50cm SUP.
Ø B1	2 Ø 1/2" @ 50cm SUP.
Ø C1	2 Ø 5/8" @ 50cm SUP.
Ø D1	1 Ø 8mm @ 30cm SUP.
Ø E1	1 Ø 3/8" @ 30cm SUP.

ENCOFRADO DE TECHO DEL 2° PISO

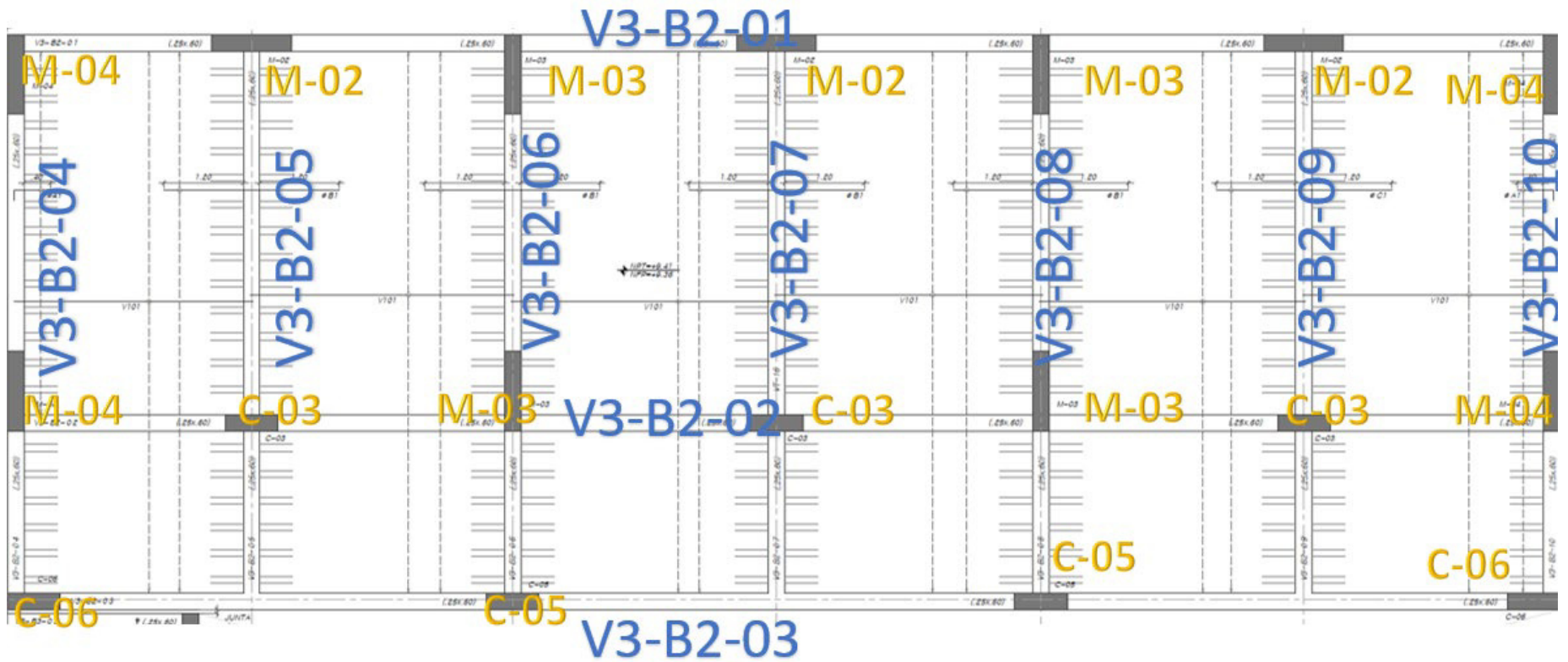


ESC: 1/50

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 30

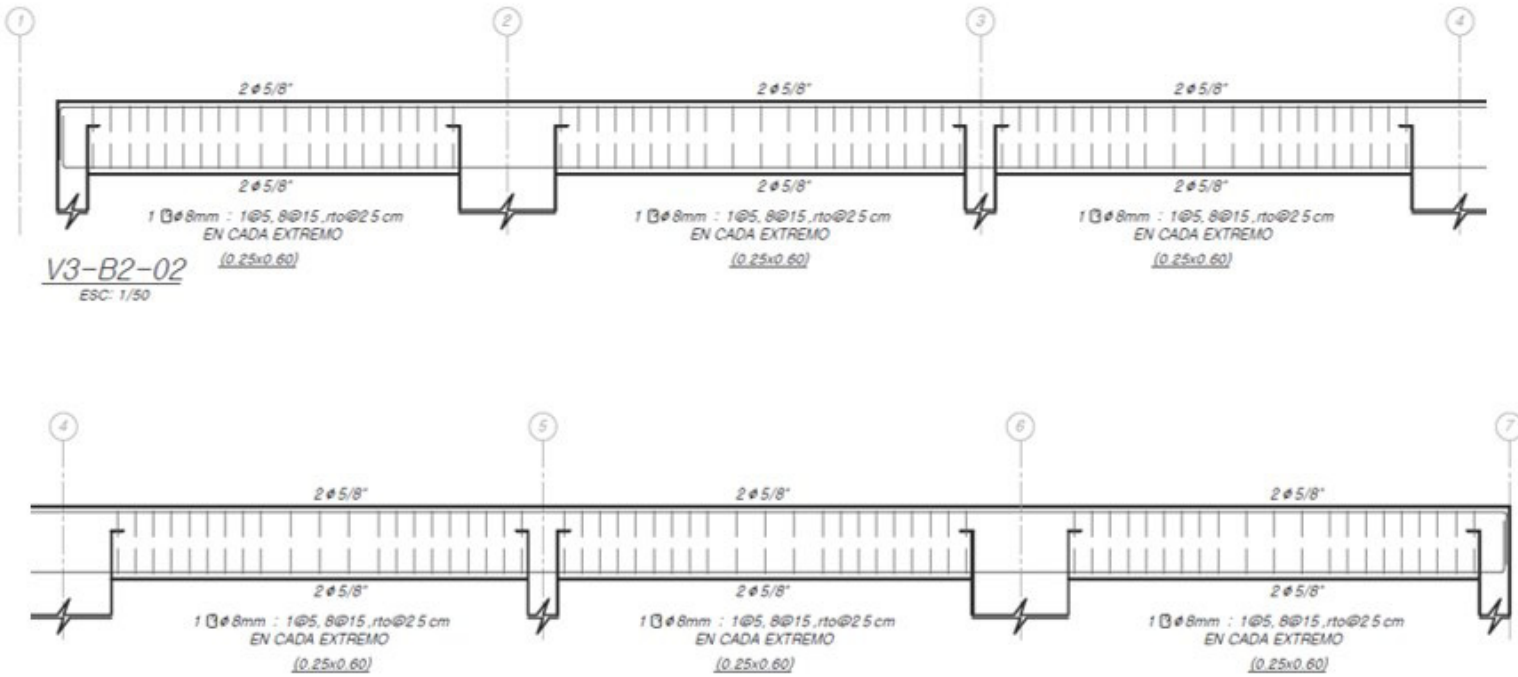
Planta del tercer nivel



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 32

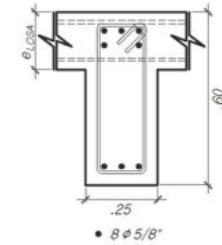
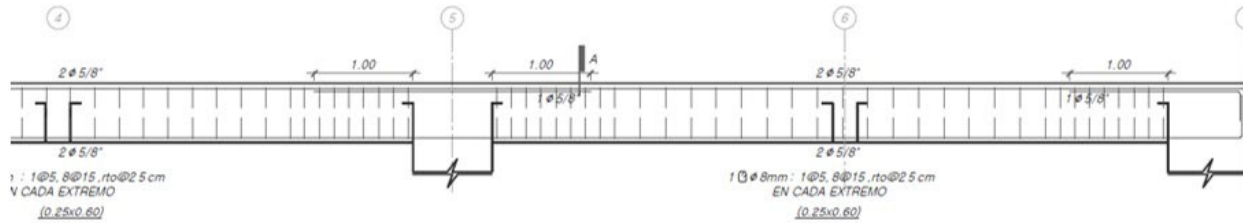
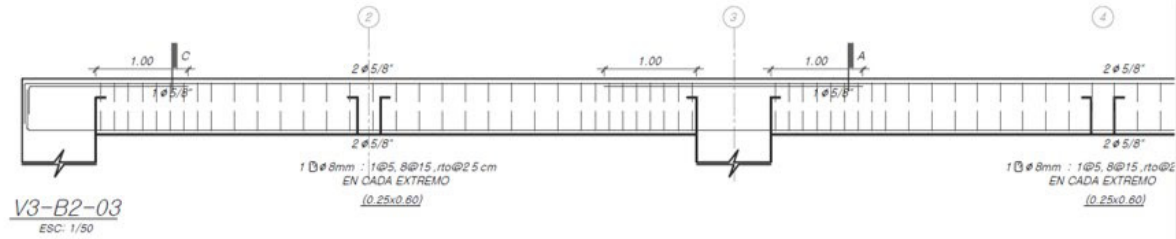
V3-B2-02



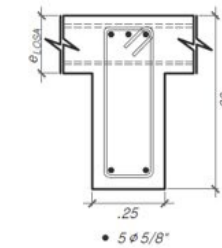
Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 33

V3-B2-03



A
ESC: 1/20

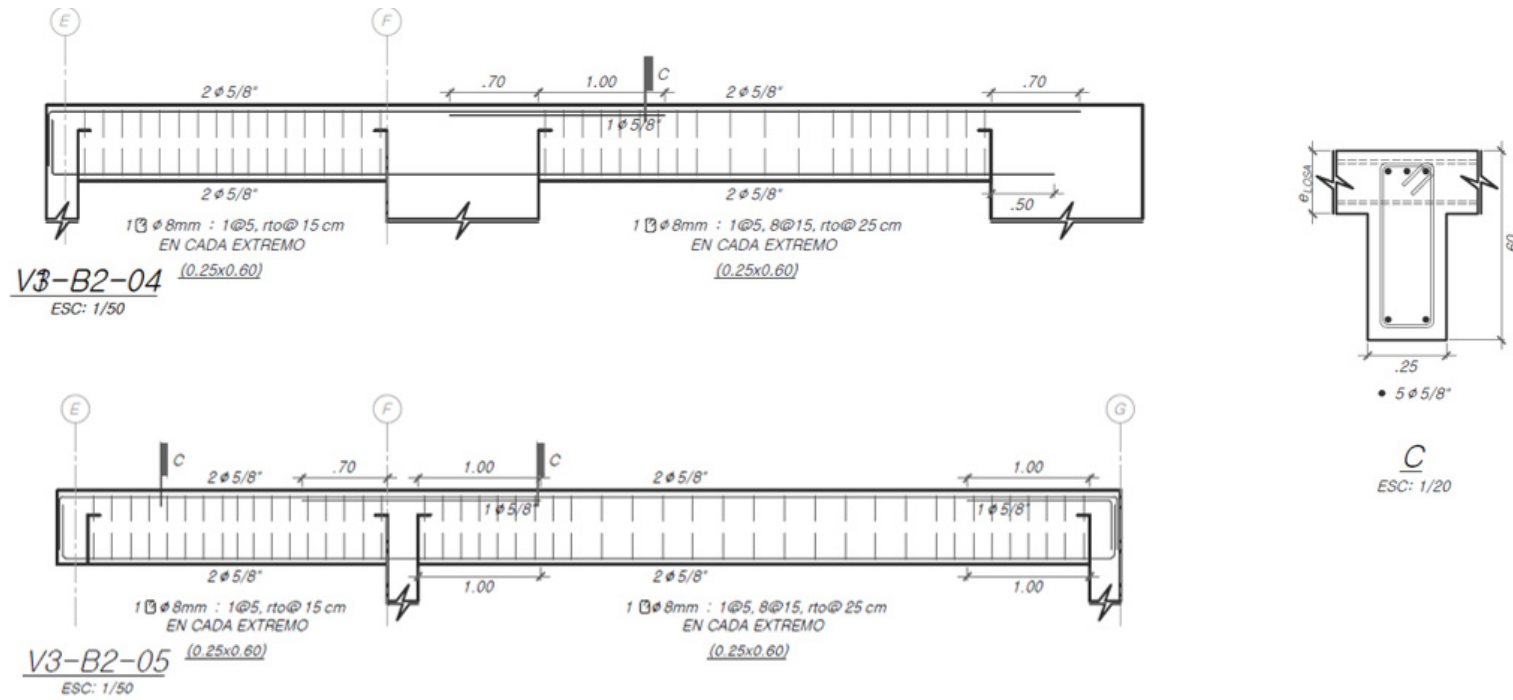


C
ESC: 1/20

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 34

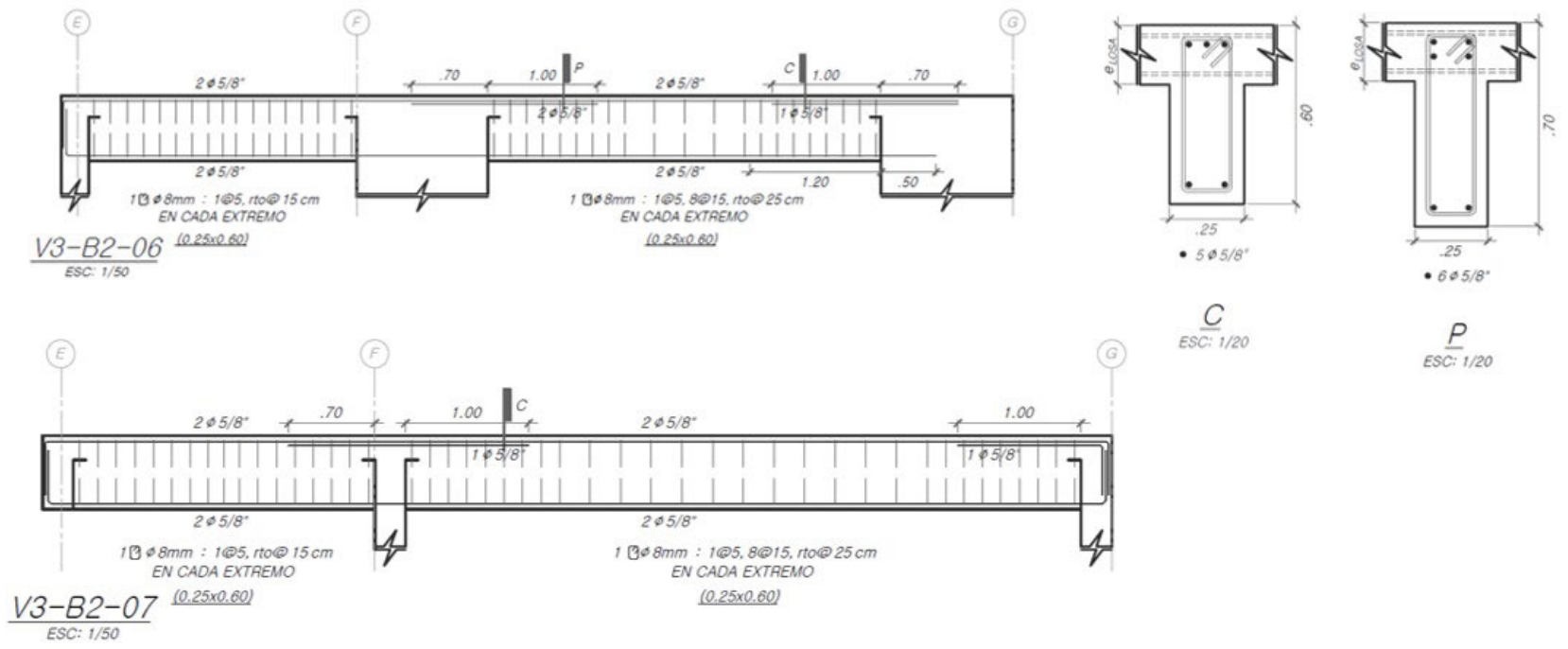
V3-B2-04 y V3-B2-05



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 35

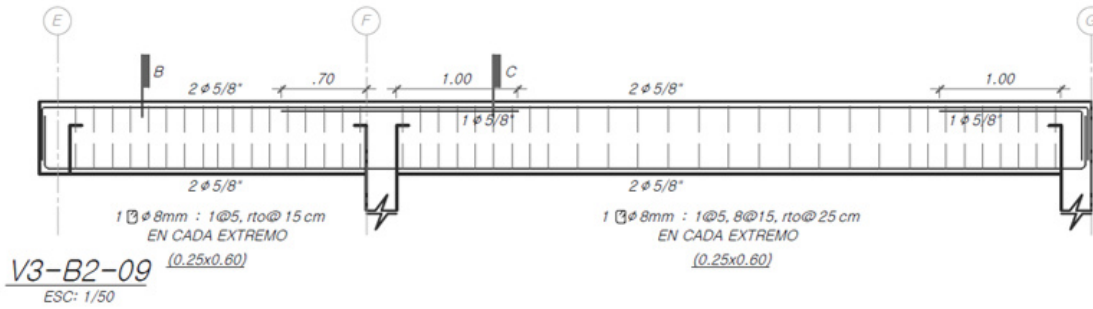
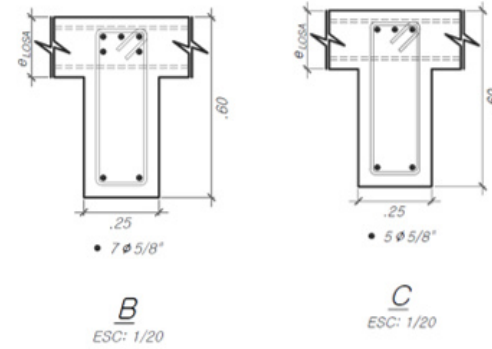
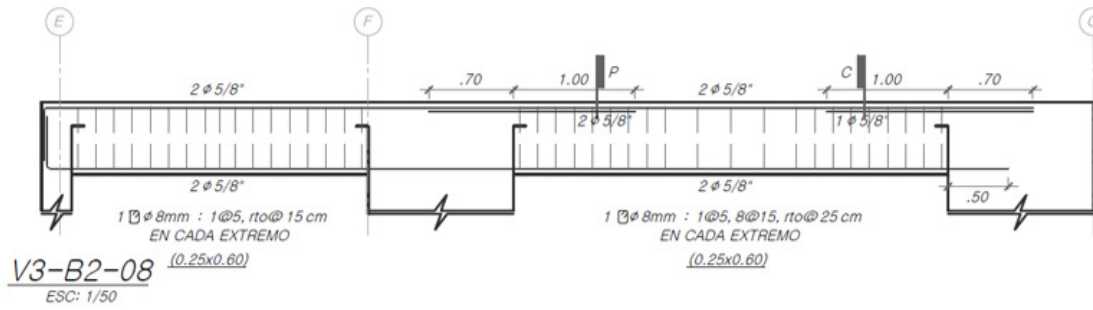
V3-B2-06 y V3-B2-07



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 36

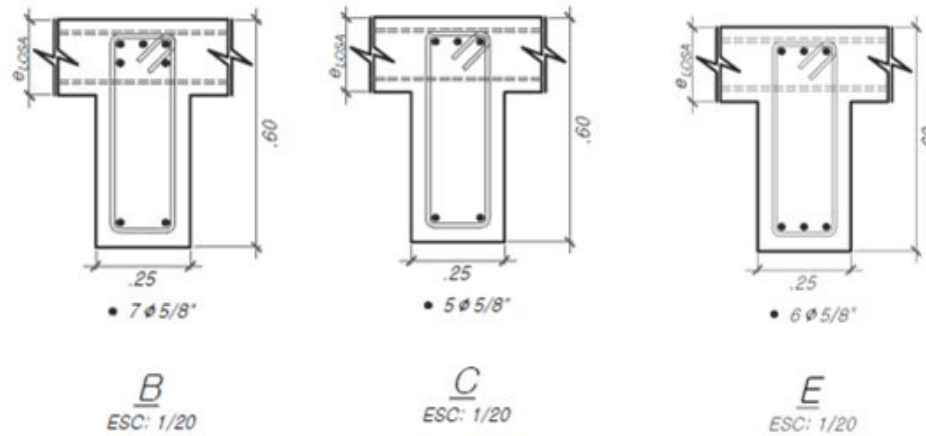
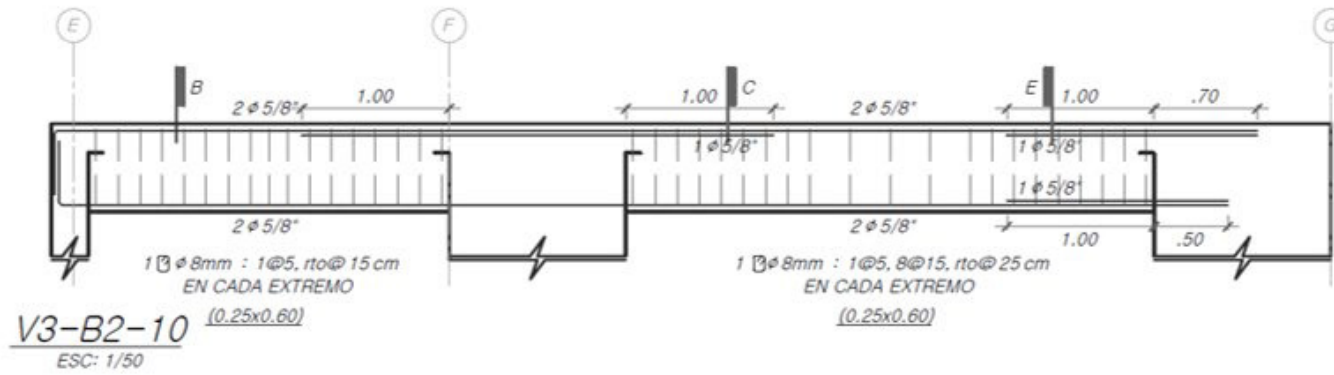
V3-B2-08 y V3-B2-09



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 37

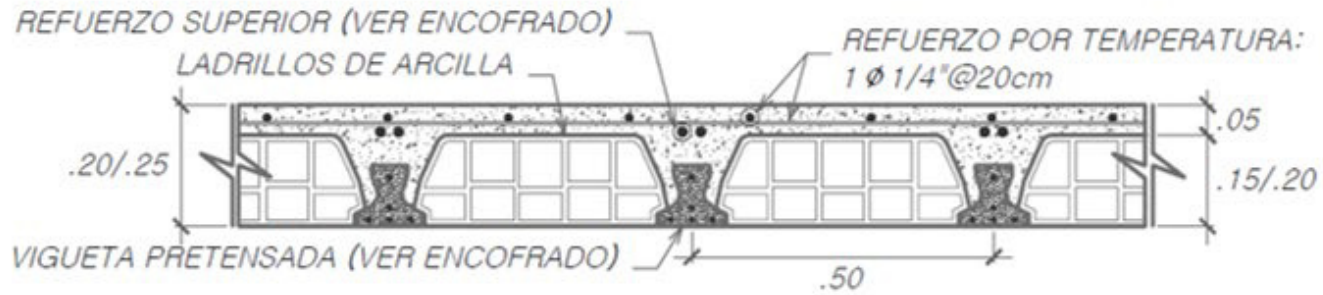
V3-B2-10



Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural

Anexo 38

Encofrado del tercer nivel

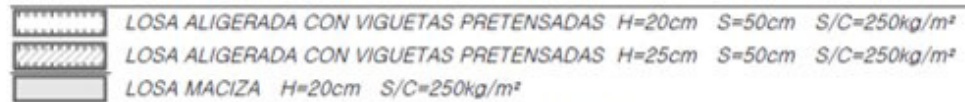


SECCIÓN TÍPICA DE LOSA ALIGERADA

VIGUETAS PRETENSADAS $h = 20/25 \text{ cm}$ $s = 50 \text{ cm}$ $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 ESC: 1/20

CUADRO DE BASTONES	
ϕ A1	1 ϕ 3/8" @ 50cm SUP.
ϕ B1	2 ϕ 1/2" @ 50cm SUP.
ϕ C1	2 ϕ 5/8" @ 50cm SUP.
ϕ D1	1 ϕ 8mm @ 30cm SUP.
ϕ E1	1 ϕ 3/8" @ 30cm SUP.

ENCOFRADO DE TECHO DEL 3° PISO



ESC: 1/50

Nota. Tomado de AGER- Ingeniería Estructural