



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



INFORME N° 37-2024-UNACH/UI/MAST

A : **Mg. Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo.**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de DEILER DANY IDROGO CABRERA y YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA.

FECHA : Colpa Matara, 15 de octubre del 2024.

REFERENCIA: i) Envío de tesis en digital en su versión final
ii) CARTA N° 38-2024-UNACH/MAST / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) INFORME N° 013-2024-UNACH/CEBN-JE / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) Carta N° 22.JRC.2024 / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNACH, 2023”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **DEILER DANY IDROGO CABRERA y YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
R.O.C. N° 12732

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 15 de octubre del 2024.

C.O. N° 37-2024-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNACH, 2023”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **DEILER DANY IDROGO CABRERA y YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 10% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL


Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

DEILER DANY IDROGO CABRERA y YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO D...

 INFORME FINAL DE TESIS ESTUDIANTES

 UNIDAD DE INVESTIGACION FIC

 Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3041603882

Fecha de entrega

14 oct 2024, 10:48 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

29 oct 2024, 12:03 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFORME_FINAL_INFORME_FINAL_DE_TESIS_EVALUACIÓN_DEL_DESEMPEÑO_SÍSMICO_MEDIANTE....pdf

Tamaño de archivo

9.0 MB

225 Páginas

43,609 Palabras

221,828 Caracteres




10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe



- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
15 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
6 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	1%
2	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	1%
3	Internet	upc.aws.openrepository.com	1%
4	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	0%
5	Internet	repositorio.unach.edu.pe	0%
6	Internet	vsip.info	0%
7	Internet	repositorio.usmp.edu.pe	0%
8	Internet	repositorio.unc.edu.pe	0%
9	Internet	repositorio.uta.edu.ec	0%
10	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	0%
11	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	0%

12	Publicación	Salcedo Chahud, Carlos Augusto. "Evaluación del Comportamiento Sísmico del Pu..."	0%
13	Internet	concretopreesforzadojt.blogspot.com	0%
14	Internet	repositorio.unu.edu.pe	0%
15	Internet	tesis.ucsm.edu.pe	0%
16	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	0%
17	Internet	pdfcoffee.com	0%
18	Internet	1library.co	0%
19	Internet	repositorio.utea.edu.pe	0%
20	Internet	repositorio.upt.edu.pe	0%
21	Trabajos del estudiante	uncedu	0%
22	Internet	repositorio.unprg.edu.pe	0%
23	Trabajos del estudiante	Universidad de San Martín de Porres	0%
24	Internet	repositorio.ug.edu.ec	0%
25	Internet	nanopdf.com	0%

26	Internet	repositorio.uss.edu.pe	0%
27	Internet	bibliotecadigital.udea.edu.co	0%
28	Internet	repositorio.upao.edu.pe	0%
29	Internet	repositorio.urp.edu.pe	0%
30	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	0%
31	Internet	ri.ues.edu.sv	0%
32	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	0%
33	Internet	www.coursehero.com	0%
34	Internet	repositorio.ucsm.edu.pe	0%
35	Internet	repositorio.upn.edu.pe	0%
36	Internet	repositorio.unap.edu.pe	0%
37	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	0%
38	Internet	revistas.unimilitar.edu.co	0%
39	Publicación	Loa Canales, Gustavo Juan Franklin. "Evaluacion del desempeno sismico de tres o..."	0%

40	Trabajos del estudiante	Universidad de Huanuco	0%
41	Internet	tesis.usat.edu.pe	0%
42	Internet	dspace.ups.edu.ec	0%
43	Internet	www.slideshare.net	0%
44	Internet	fdocuments.es	0%
45	Internet	masterieg.uc.cl	0%
46	Internet	www.researchgate.net	0%
47	Trabajos del estudiante	Universidad de Guayaquil	0%
48	Internet	tesis.pucp.edu.pe	0%
49	Publicación	Miloš Stanojević, Mark Steedman. "Formal Basis of a Language Universal", Comp...	0%
50	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru	0%
51	Internet	tesis.unap.edu.pe	0%
52	Internet	repositorio.pucp.edu.pe	0%
53	Internet	dspace.uazuay.edu.ec	0%

54	Internet	idoc.pub	0%
55	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	0%
56	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego	0%
57	Internet	repositorio.ufmg.br	0%
58	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	0%
59	Internet	www.grafiati.com	0%
60	Internet	www.ptolomeo.unam.mx:8080	0%
61	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	0%
62	Internet	abha.balticecovillages.eu	0%
63	Trabajos del estudiante	uni	0%
64	Internet	www.costachinchorro.cl	0%
65	Publicación	Mendoza, Damaso Eduardo Zambrano. "Aplicacion del Metodo de los 3 Campos e...	0%
66	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	0%
67	Internet	cdn.www.gob.pe	0%

68	Internet	dspace.ucacue.edu.ec	0%
69	Internet	pdffox.com	0%
70	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	0%
71	Internet	repositorio.unp.edu.pe	0%
72	Internet	siaobserva.auditoria.gov.co	0%
73	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	0%
74	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo	0%
75	Internet	cybertesis.uach.cl	0%
76	Internet	pdfslide.tips	0%
77	Internet	pesquisa.bvsalud.org	0%
78	Internet	prezi.com	0%
79	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	0%
80	Internet	sib.ucab.edu.ve	0%
81	Internet	www.sendadarwin.cl	0%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS
ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA**

AGROINDUSTRIAL DE LA UNACH, 2023

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

DEILER DANY IDROGO CABRERA

YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA

Asesor: Dr. Ing. JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO

Chota – Perú

2024



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DE LOS AUTORES:

Apellidos y nombres: Idrogo Cabrera Deiler Dany

Apellidos y nombres: Vásquez Llamoctanta, Yoél Alex

Código del alumno: **2018051016**

Correo electrónico: idrogodeiler@gmail.com

Código del alumno: **2018051035**

Correo electrónico: vllamoctantayoel@gmail.com

Teléfono: 916189567

DNI: 71585106

Teléfono: 978614861

DNI: 72414330

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Evaluación del desempeño sísmico, mediante análisis estático no lineal Pushover del edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH, 2023

5. FACULTAD DE:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

6. ESCUELA PROFESIONAL DE:

Ingeniería Civil

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Silva Tarrillo, José Luis

Correo electrónico: jlsilvat@unach.edu.pe

Teléfono: 979006832

D.N.I.: 46412746

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA: Idrogo Cabrera Deiler Dany
DNI: 71585106

FIRMA: Vásquez Llamoctanta, Yoél Alex
DNI: 72414330

Chota 12 de noviembre del 2024

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE
ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL
EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA
UNACH, 2023**

POR:

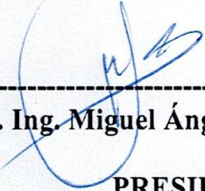
DEILER DANY IDROGO CABRERA

YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título
de**

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



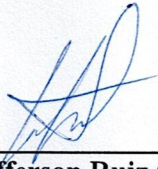
Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

PRESIDENTE



Dr. Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez

SECRETARIO



Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del jurado de tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación presentado por los Bachilleres en Ingeniería Civil **DEILER DANY IDROGO CABRERA** y **YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA**, denominado: “**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNACH, 2023**”; escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

Quince (15)

CON EL CALIFICATIVO (*)

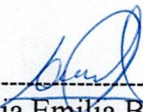
Aprobado con mención honrosa

En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo., en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.


Chota, 05 de noviembre del 2024



Mg. Miguel Ángel Silva Tarrillo
PRESIDENTE



Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
SECRETARIO



Mg. Jefferson Ruiz Cachi.
VOCAL

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: “EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNACH, 2023”; presentado por los Bachilleres: **Deiler Dany Idrogo Cabrera** y **Yoél Alex Vásquez Llamoctanta**, sustentada el día 05 de noviembre del 2024, por Resolución de Coordinación N°306- 2024-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.


Chota, 08 de noviembre del 2024



Mg. Miguel Ángel Silva Tarrillo
PRESIDENTE



Dra. Claudia Emilia Benavides Núñez.
SECRETARIO



Mg. Jefferson Ruiz Cachi
VOCAL

DEDICATORIA

A mi DIOS todopoderoso por concederme la vida, la salud, y por todas sus bendiciones y por permitirme culminar mi carrera profesional.

A mis padres Don Alfonso Idrogo Bravo y Doña Marleny Cabrera Medina, por su apoyo incondicional en todo momento tanto moral y económico, quienes son mi ejemplo a seguir con sus actitudes positivas y sus buenos modales para ser una persona de bien.

A mis hermanos, Yani Flor, Winter Yoel y Tania Yodali. Por todo el apoyo brindado a lo largo de todo este tiempo para cumplir esta meta trazada y hacer realidad este sueño en familia.

Mas gracias sean dadas a Dios, que nos da la victoria por medio de nuestro Señor Jesucristo (1 Corintios 15:57).

DEILER DANY IDROGO CABRERA

Esta tesis está dedicada a Dios. A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y por ser mi fuente de inspiración en todo momento. A mis amigos, por su compañía, motivación y por creer siempre en mí. Sin ustedes, este logro no hubiera sido posible.

YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su más profundo agradecimiento a Dios, por haber sido su fuente de fortaleza y sabiduría durante el desarrollo de esta tesis.

Agradecen al Dr. Ing. José Luis Silva Tarrillo, su asesor, por su guía y dedicación en este proyecto. Su experiencia y consejos han sido fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

También desean expresar su sincero agradecimiento al director académico de la “Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial” de la UNACH, por permitirles el acceso a las instalaciones necesarias para realizar los estudios básicos.

Finalmente, extienden su agradecimiento a los técnicos de los laboratorios de mecánica de suelos y mecánica de materiales de la EPIC - UNACH, por su asistencia y guía. Su apoyo técnico ha sido esencial.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	21
1.1. Planteamiento del problema.....	21
1.2. Formulación del problema	25
1.3. Justificación	26
1.3.1. Justificación científica	26
1.3.2. Justificación técnica práctica	28
1.4. Delimitación de la investigación.....	29
1.5. Objetivos	30
1.5.1. Objetivo general.....	30
1.5.2. Objetivos específicos	31
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	32
2.1. Antecedentes	32
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	32
2.1.2. Antecedentes nacionales	35
2.1.3. Antecedentes regionales	37
2.2. Bases teórico – científicas	39
2.2.1. Análisis estático no lineal Pushover	39
2.2.2. No linealidad de los materiales	47
2.2.3. Modelos esfuerzo – deformación de los materiales.....	48
2.2.4. Norma ATC-40 en el análisis no lineal	52
2.2.5. Norma FEMA 356 en el análisis no lineal.....	57
2.3. Marco conceptual.....	65
2.3.1. Análisis sísmico	65
2.3.2. Análisis estático no lineal “Pushover”	69
2.3.3. Demanda sísmica	72
2.3.4. Capacidad sísmica	74

2.3.5. Punto de desempeño	76
2.3.6. Desempeño sísmico	77
2.3.7. Niveles de desempeño	79
2.3.8. Objetivos de desempeño	84
2.3.9. Rótulas plásticas y fallas estructurales	85
2.4. Hipótesis	87
2.5. Operacionalización de variables	87
2.5.1. Variable independiente: Análisis estático no lineal “Pushover”	87
2.5.2. Variable dependiente: Desempeño sísmico	87
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	90
3.1. Tipo y nivel de investigación	90
3.2. Diseño de investigación	91
3.3. Métodos de investigación	92
3.4. Población, muestreo y muestra	93
3.4.1. Población	93
3.4.2. Muestreo	93
3.4.3. Muestra	94
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	96
3.5.1. Técnicas	97
3.5.2. Instrumentos	98
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	99
3.6.1. Proceso de obtención de los datos	99
3.6.2. Procesamiento de datos.....	159
3.6.3. Análisis de datos	160
3.7. Aspectos éticos	160
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	162
4.1. Descripción de resultados	162
4.1.1. Diferencias y similitudes entre las normativas ATC-40 o FEMA 356.....	162
4.1.2. Nivel de desempeño sísmico utilizando la norma ATC-40 en el edificio de Ingeniería Agroindustrial.....	173

4.1.3. Nivel de desempeño sísmico utilizando la norma FEMA 356 en el edificio de Ingeniería Agroindustrial.....	188
4.1.4. Comparación del nivel de desempeño del edificio de Ingeniería Agroindustrial al utilizar la norma ATC-40 o FEMA 356	204
4.2. Contrastación de hipótesis.....	220
4.3. Discusión de resultados.....	225
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	232
5.1. Conclusiones	232
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias	233
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	234
CAPÍTULO VII. ANEXOS	243
Anexo A. Matriz de consistencia.....	243
Anexo B. Panel fotográfico	244
Anexo C. Estudio de mecánica de suelos	257
Anexo D. Estudio de esclerometría	274
Anexo E. Metrado de cargas.....	290
Anexo F. Análisis estático y dinámico	297
Anexo G. Definición de rótulas plásticas para análisis Pushover	356
Anexo H. Análisis pushover: Punto de desempeño.....	360
Anexo I. Análisis pushover: Rótulas plásticas	402
Anexo J. Planos de la edificación.....	423

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Niveles de Amenaza Sísmica por el Método ATC-40	54
Tabla 2	Estimación del Espectro de Demanda por el Método ATC-40	54
Tabla 3	Niveles de Desempeño de la Edificación	55
Tabla 4	Objetivos según el ATC-40.....	55
Tabla 5	Límites de Deriva según ATC-40	56
Tabla 6	Niveles de Amenaza Sísmica por el Método FEMA 356.....	61
Tabla 7	Estimación del Espectro de Demanda por el Método FEMA 356	62
Tabla 8	Niveles de Desempeño por el Método FEMA 356	63
Tabla 9	Objetivos de Desempeño según el FEMA 356	63
Tabla 10	Operacionalización de Variables.....	89
Tabla 11	Tipo de Investigación.....	91
Tabla 12	Descripción de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH...	94
Tabla 13	Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.....	96
Tabla 14	Detalle de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH.....	99
Tabla 15	Sistema Constructivo de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH.....	99
Tabla 16	Propiedades de los Materiales según el E.T.....	100
Tabla 17	Propiedades del Suelo de Cimentación según el E.T.....	100
Tabla 18	Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos en el Suelo de Cimentación del Edificio de Ingeniería Agroindustrial.....	108
Tabla 19	Número de Puntos de Ensayo de Esclerometría en Elementos Estructurales de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial.....	109
Tabla 20	Resistencia a Compresión del Edificio de Ingeniería Agroindustrial de Acuerdo al Ensayo de Esclerometría	113
Tabla 21	Resumen de los Resultados del Ensayo de Esclerometría.....	114
Tabla 22	Propiedades de los Materiales	117
Tabla 23	Cargas Vivas Verticales	118
Tabla 24	Parámetros para el Análisis Sísmico	137
Tabla 25	Cortante del Módulo N° 1	138
Tabla 26	Derivas Relativas del Módulo N° 1.....	138
Tabla 27	Cortante del Módulo N° 2	140
Tabla 28	Derivas Relativas del Módulo N° 2.....	140
Tabla 29	Cortante del Módulo N° 3	142
Tabla 30	Derivas Relativas del Módulo N° 3.....	142

Tabla 31	Cortante del Módulo N° 4	144
Tabla 32	Derivas Relativas del Módulo N° 4.....	144
Tabla 33	Cortante del Módulo N° 5	146
Tabla 34	Derivas Relativas del Módulo N° 5.....	146
Tabla 35	Cortante del Módulo N° 6	148
Tabla 36	Derivas Relativas del Módulo N° 6.....	148
Tabla 37	Representación de la Demanda Sísmica por la Norma ATC-40 (1996).....	157
Tabla 38	Representación de la Demanda Sísmica por la Norma FEMA 356 (2000).....	158
Tabla 39	Similitudes en el Análisis por Desempeño con la Norma ATC-40 y FEMA-356 ...	162
Tabla 40	Diferencias en el Análisis por Desempeño.....	164
Tabla 41	Criterios de Diseño en el Análisis por Desempeño -356.....	166
Tabla 42	Limitaciones del Análisis por Desempeño	167
Tabla 43	Fortalezas del Análisis por Desempeño	168
Tabla 44	Predicción del Daño Estructural y Capacidad de Resistencia en el Análisis por Desempeño.....	168
Tabla 45	Procesos de Implementación del Análisis por Desempeño.....	169
Tabla 46	Requisitos de Modelado para el Análisis por Desempeño	170
Tabla 47	Criterios de Aceptación de Desempeño	170
Tabla 48	Consideración de Irregularidades en la Estructura.....	171
Tabla 49	Costos y Recursos Necesarios para el Análisis por Desempeño.....	172
Tabla 50	Impacto en la Rehabilitación y Retrofit de Edificaciones.....	172
Tabla 51	Curva de Capacidad del Edificio de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40	175
Tabla 52	Punto de Desempeño en X, Edificio Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	175
Tabla 53	Punto de Desempeño en Y, Edificio Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	175
Tabla 54	Curva de Capacidad de la Edificación de Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356	190
Tabla 55	Punto de Desempeño en X, Edificio Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356191	
Tabla 56	Punto de Desempeño en Y, Edificio Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356191	
Tabla 57	Comparación del Desplazamiento en el Techo y la Cortante Basal Máxima	205
Tabla 58	Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 1	207
Tabla 59	Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 2	209
Tabla 60	Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 3, por la Norma ATC-40 y FEMA 356	211
Tabla 61	Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 4	213
Tabla 62	Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 5	215
Tabla 63	Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 6.....	217
Tabla 64	Comparación de Precisión y Efectividad	219

Tabla 65 Desempeño de la Edificación de Ingeniería Agroindustrial dados por la Norma ATC-40 y FEMA 356.....	221
Tabla 66 Prueba Kruskal-Wallis para Desplazamiento en el Techo	224
Tabla 67 Prueba Kruskal-Wallis para Cortante Basal.....	224
Tabla 68 Metrado de Cargas Shell Módulo 1.....	290
Tabla 69 Metrado de Cargas Frame Módulo 1.....	291
Tabla 70 Metrado de Cargas Shell Módulo 2.....	291
Tabla 71 Metrado de Cargas Frame Módulo 2.....	292
Tabla 72 Metrado de Cargas Shell Módulo 3.....	292
Tabla 73 Metrado de Cargas Frame Módulo 3.....	293
Tabla 74 Metrado de Cargas Shell Módulo 4.....	293
Tabla 75 Metrado de Cargas Frame Módulo 4.....	294
Tabla 76 Metrado de Cargas Shell Módulo 5.....	294
Tabla 77 Metrado de Cargas Frame Módulo 5.....	295
Tabla 78 Metrado de Cargas Shell Módulo 6.....	295
Tabla 79 Metrado de Cargas Frame Módulo 6.....	296

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Grietas y Fisuras en Algunos Componentes del Edificio de Ingeniería Agroindustrial	25
Figura 2 Gráfica del Método de Análisis Pushover	40
Figura 3 Diagrama de Momentos de una Viga	41
Figura 4 Carga Incremental Lateral del Análisis Pushover.....	42
Figura 5 Relación del Componente Estructural Fuerza – Deformación	47
Figura 6 Modelo Esfuerzo-Deformación Elastoplástico Perfecto para Acero	51
Figura 7 Curva Esfuerzo-Deformación del Acero de Refuerzo a Tracción	51
Figura 8 Análisis Pushover con la Norma ATC-40 (1996).....	53
Figura 9 Diagramatización de la Curva de Capacidad de Desplazamiento ATC-40.....	56
Figura 10 Espectro de Demanda por el Método FEMA 356.....	62
Figura 11 Límites de Daño.....	64
Figura 12 Diagrama de Flujo de los Métodos de Análisis Sísmico	65
Figura 13 Diagramas de Análisis Lineal	66
Figura 14 Diagrama de Flujo del Análisis Pushover.....	69
Figura 15 Diagramatización de Cargas Laterales	71
Figura 16 Intersección de los Espectros de Demanda y Capacidad.....	76
Figura 17 Desempeño Sísmico de Edificaciones	78
Figura 18 Sectorización de la Capacidad.....	78
Figura 19 Niveles de Desempeño	83
Figura 20 Objetivos ATC-40	84
Figura 21 Objetivos de Acuerdo al FEMA 356	84
Figura 22 Ubicación Ideal de las Rótulas Plásticas.....	85
Figura 23 Lugares Ideales Donde se Puede Producir Rótulas Plásticas.....	85
Figura 24 Fallas Estructurales.....	86
Figura 25 Localización del Campus Universitario Colpa Huacariz, Chota	93
Figura 26 Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH	94
Figura 27 Elevación del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH	95
Figura 28 Vista Lateral de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH. 95	
Figura 29 Vista del Corte Posterior de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH.....	95
Figura 30 Detalle Estructural de Vigas del Edificio de Ingeniería Agroindustrial	100
Figura 31 Edificio de la EPIA – UNACH.....	101
Figura 32 Excavación y Muestreo de Suelo en la Calicata, Campus Colpa Huacariz	102

Figura 33	Proceso del Ensayo de Corte Directo en el Laboratorio GSE	103
Figura 34	Ensayo de Esclerometría en Elementos Estructurales del Edificio de Ingeniería Agroindustrial	111
Figura 35	Ábaco de Acuerdo al Sentido de Aplicación de la Carga en el Ensayo de Esclerometría	112
Figura 36	Ábaco para Resistencia a Esclerometría	112
Figura 37	Vista 3D de la Arquitectura de la Edificación de Ingeniería Agroindustrial – UNACH	115
Figura 38	Vista 3D de la Estructura de la Edificación de Ingeniería Agroindustrial – UNACH	116
Figura 39	Vista 3D de la Estructura del Módulo Principal de la Edificación de Ingeniería Agroindustrial – UNACH	116
Figura 40	Detalle de Columnas del Edificio de Ingeniería Agroindustrial	119
Figura 41	Detalle de Vigas de la Estructura de Ingeniería Agroindustrial	120
Figura 42	Detalle de Muros de Corte o Placas de la Estructura de Ingeniería Agroindustrial	121
Figura 43	Modelamiento de Columnas del Edificio de Ingeniería Agroindustrial	122
Figura 44	Modelamiento de Muros del Edificio de Ingeniería Agroindustrial	123
Figura 45	Vista del Modelamiento del Módulo 1	125
Figura 46	Planta del Modelamiento del Módulo 1	125
Figura 47	Carga Muerta en el Módulo N° 1	126
Figura 48	Carga Viva en el Módulo N° 1	126
Figura 49	Cargas Distribuidas en Vigas en el Módulo N° 1	126
Figura 50	Vista del Modelamiento del Módulo 2	127
Figura 51	Planta del Modelamiento del Módulo 2	127
Figura 52	Carga Muerta en el Módulo N° 2	128
Figura 53	Carga Viva en el Módulo N° 2	128
Figura 54	Cargas Distribuidas en Vigas en el Módulo N° 2	128
Figura 55	Vista del Modelamiento del Módulo 3	129
Figura 56	Planta del Modelamiento del Módulo 3	129
Figura 57	Carga Muerta en el Módulo N° 3	130
Figura 58	Carga Viva en el Módulo N° 3	130
Figura 59	Cargas Distribuidas en Vigas en el Módulo N° 3	130
Figura 60	Vista del Modelamiento del Módulo 4	131
Figura 61	Planta del Modelamiento del Módulo 4	131
Figura 62	Carga Muerta en el Módulo N° 4	132
Figura 63	Carga Viva en el Módulo N° 4	132
Figura 64	Cargas Distribuidas en Vigas en el Módulo N° 4	132

Figura 65	Planta de la Losa de Techo de la Escalera	133
Figura 66	Vista del Modelamiento del Módulo N° 5: Escalera	133
Figura 67	Carga Muerta en la Escalera	134
Figura 68	Carga Viva en la Escalera.....	134
Figura 69	Planta Losa de Techo de la Escalera con Ascensor	135
Figura 70	Vista del Modelamiento del Módulo N° 6: Ascensor.....	135
Figura 71	Carga Muerta en el Ascensor.....	136
Figura 72	Carga Viva en el Ascensor	136
Figura 73	Espectro de Respuesta	137
Figura 74	Modos de Vibración del Módulo N° 1	139
Figura 75	Modos de Vibración del Módulo N° 2	141
Figura 76	Modos de Vibración del Módulo N° 3	143
Figura 77	Modos de Vibración del Módulo N° 4	145
Figura 78	Modos de Vibración del Módulo N° 5	147
Figura 79	Modos de Vibración del Módulo N° 6	149
Figura 80	Curva Esfuerzo – Deformación del Concreto.....	151
Figura 81	Curva Esfuerzo – Deformación del Acero.....	151
Figura 82	Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 1	152
Figura 83	Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 2	152
Figura 84	Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 3	153
Figura 85	Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 4.....	153
Figura 86	Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 5	153
Figura 87	Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 6.....	153
Figura 88	Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 1	154
Figura 89	Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 2	155
Figura 90	Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 3	155
Figura 91	Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 4.....	156
Figura 92	Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 5	156
Figura 93	Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 6.....	157
Figura 94	Espectro de Demanda de la Norma ATC-40	158
Figura 95	Espectro de Demanda de la Norma FEMA 356	159
Figura 96	Curva Capacidad X, Módulo I de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40	176
Figura 97	Curva Capacidad Y, Módulo I de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40	177
Figura 98	Curva Capacidad X, Módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40.....	178
Figura 99	Curva Capacidad Y, Módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40.....	179
Figura 100	Curva Capacidad X, Módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	180
Figura 101	Curva Capacidad Y, Módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	181

Figura 102	Curva Capacidad X, Módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	182
Figura 103	Curva Capacidad Y, Módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	183
Figura 104	Curva Capacidad X, Módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	184
Figura 105	Curva Capacidad Y, Módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	185
Figura 106	Curva Capacidad X, Módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	186
Figura 107	Curva Capacidad Y, Módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40....	187
Figura 108	Curva Capacidad X, Módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356192	
Figura 109	Curva Capacidad Y, Módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356193	
Figura 110	Curva Capacidad X, Módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356194	
Figura 111	Curva Capacidad Y, Módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356195	
Figura 112	Curva Capacidad X, Módulo 3 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356....	196
Figura 113	Curva Capacidad Y, Módulo 3 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356....	197
Figura 114	Curva Capacidad X, Módulo 4 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356....	198
Figura 115	Curva Capacidad Y, Módulo 4 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356....	199
Figura 116	Curva Capacidad X, Módulo 5 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356....	200
Figura 117	Curva Capacidad Y, Módulo 5 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356....	201
Figura 118	Curva Capacidad X, Módulo 6 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356....	202
Figura 119	Curva Capacidad Y, Módulo 6 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356....	203
Figura 120	Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 1, por la Norma ATC-40 y FEMA 356.....	208
Figura 121	Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 2	210
Figura 122	Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 3	212
Figura 123	Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 4	214
Figura 124	Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 5	216
Figura 125	Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 6	218
Figura 126	Prueba de Normalidad para Desplazamiento en el Techo	222
Figura 127	Prueba de Normalidad para Cortante Basal.....	223
Figura 128	Rótulas en Vigas, Módulo 1	356
Figura 129	Rótulas en Vigas, Módulo 2	357
Figura 130	Rótulas en Vigas, Módulo 3	358
Figura 131	Rótulas en Vigas, Módulo 4	359
Figura 132	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 1.....	360
Figura 133	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 1.....	360
Figura 134	Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 1	361
Figura 135	Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 1	361
Figura 136	Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 1	362
Figura 137	Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 1	362

Figura 138	Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 1	363
Figura 139	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 1	363
Figura 140	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 1	364
Figura 141	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 1	364
Figura 142	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 1	365
Figura 143	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 1	365
Figura 144	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 1	366
Figura 145	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 1	366
Figura 146	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 1	367
Figura 147	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 2	367
Figura 148	Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 2	368
Figura 149	Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 2	368
Figura 150	Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 2	369
Figura 151	Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 2	369
Figura 152	Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 2	370
Figura 153	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 2	370
Figura 154	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 2	371
Figura 155	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 1	371
Figura 156	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 2	372
Figura 157	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 2	372
Figura 158	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 2	373
Figura 159	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 2	373
Figura 160	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 3	374
Figura 161	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 3	374
Figura 162	Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 3	375
Figura 163	Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 3	375
Figura 164	Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 3	376
Figura 165	Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 3	376
Figura 166	Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 3	377
Figura 167	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 3	377
Figura 168	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 3	378
Figura 169	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 3	378
Figura 170	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 3	379
Figura 171	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 3	379
Figura 172	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 3	380
Figura 173	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 3	380
Figura 174	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 4	381

Figura 175	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 4.....	381
Figura 176	Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 4	382
Figura 177	Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 4	382
Figura 178	Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 4	383
Figura 179	Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 4	383
Figura 180	Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 4	384
Figura 181	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 4.....	384
Figura 182	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 4.....	385
Figura 183	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 4	385
Figura 184	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 4	386
Figura 185	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 4	386
Figura 186	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 4	387
Figura 187	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 4	387
Figura 188	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 5.....	388
Figura 189	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 5.....	388
Figura 190	Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 5	389
Figura 191	Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 5	389
Figura 192	Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 5	390
Figura 193	Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 5	390
Figura 194	Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 5	391
Figura 195	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 5.....	391
Figura 196	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 5.....	392
Figura 197	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 5	392
Figura 198	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 5	393
Figura 199	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 5	393
Figura 200	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 5	394
Figura 201	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 5	394
Figura 202	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 6.....	395
Figura 203	Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 6.....	395
Figura 204	Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 6	396
Figura 205	Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 6	396
Figura 206	Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 6	397
Figura 207	Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 6	397
Figura 208	Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 6	398
Figura 209	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 6.....	398
Figura 210	Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 6.....	399
Figura 211	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 6	399

Figura 212	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 6	400
Figura 213	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 6	400
Figura 214	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 6	401
Figura 215	Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 6	401
Figura 216	Rótulas en Dirección X, Segundo Step, Módulo 1	402
Figura 217	Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 1	402
Figura 218	Rótulas en Dirección X, Cuarto Step, Módulo 1	403
Figura 219	Rótulas en Dirección X, 45 Step, Módulo 1	403
Figura 220	Rótulas en Dirección Y, Primer Step, Módulo 1	404
Figura 221	Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 1	404
Figura 222	Todas las rotulas plásticas de las estructuras	405
Figura 223	Rótulas en Dirección X, Segundo Step, Módulo 2	405
Figura 224	Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 2	406
Figura 225	Rótulas en Dirección X, Cuarto Step, Módulo 2	406
Figura 226	Rótulas en Dirección X, 15 Step, Módulo 2	407
Figura 227	Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 2	407
Figura 228	Rótulas en Dirección Y, Tercer Step, Módulo 2	408
Figura 229	Rótulas en Dirección Y, Cuarto Step, Módulo 2	408
Figura 230	Rótulas en Dirección Y, 10 Step, Módulo 2	409
Figura 231	Rótulas en Dirección X, Segundo Step, Módulo 3	409
Figura 232	Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 3	410
Figura 233	Rótulas en Dirección X, Cuarto Step, Módulo 3	410
Figura 234	Rótulas en Dirección X, 15 Step, Módulo 3	411
Figura 235	Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 3	411
Figura 236	Rótulas en Dirección Y, Tercer Step, Módulo 3	412
Figura 237	Rótulas en Dirección Y, Cuarto Step, Módulo 3	412
Figura 238	Rótulas en Dirección X, Primer Step, Módulo 4	413
Figura 239	Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 4	414
Figura 240	Rótulas en Dirección X, Cuarto Step, Módulo 4	414
Figura 241	Rótulas en Dirección X, 16 Step, Módulo 4	415
Figura 242	Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 4	415
Figura 243	Rótulas en Dirección Y, Quinto Step, Módulo 4	416
Figura 244	Rótulas en Dirección Y, 23 Step, Módulo 4	416
Figura 245	Rótulas en Dirección X, Primer Step, Módulo 5	417
Figura 246	Rótulas en Dirección X, 12 Step, Módulo 5	417
Figura 247	Rótulas en Dirección X, 18 Step, Módulo 5	418
Figura 248	Rótulas en Dirección Y, Tercer Step, Módulo 5	418

Figura 249	Rótulas en Dirección Y, 8 Step, Módulo 5	419
Figura 250	Rótulas en Dirección Y, 9 Step, Módulo 5	419
Figura 251	Rótulas en Dirección X, Segundo Step, Módulo 6	420
Figura 252	Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 6	420
Figura 253	Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 6	421
Figura 254	Rótulas en Dirección Y, Octavo Step, Módulo 6	421
Figura 255	Rótulas en Dirección Y, 12 Step, Módulo 6	422

RESUMEN

La investigación aborda la necesidad de evaluar la capacidad estructural del edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH ante eventos sísmicos. El objetivo principal de este estudio fue evaluar el nivel de desempeño sísmico del edificio aplicando los métodos de la norma ATC-40 y la norma FEMA 356. La metodología empleada incluyó un enfoque cuantitativo con un nivel descriptivo. Se analizó el edificio y sus seis módulos mediante el análisis estático no lineal, utilizando las normativas ATC-40 y FEMA 356. Se determinó la resistencia a compresión de vigas, columnas, losas y placas de concreto armado mediante ensayos de esclerometría, siendo superior a f'_c 21 MPa. La edificación fue modelada en ETABS v.18 y se aplicaron los espectros de demanda de ambas normas. Los resultados mostraron que, los módulos 5 y 6 correspondientes a las escaleras destacaron con un desempeño sísmico excelente en ambas direcciones en ambos enfoques normativos. Sin embargo, el módulo 1 mostró menor nivel de desempeño en la dirección Y bajo sismos extremos. El análisis comparativo reveló que, si bien las normas ofrecen resultados similares en la mayoría de los módulos, FEMA 356 tiende a ser más conservadora en la evaluación de sismos ocasionales y extremos. Se ha concluido que, el edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH cumple con los objetivos de desempeño en los módulos 2, 3, 4, 5 y 6, pero el módulo 1 presenta riesgo de colapso para sismos extremos.

Palabras clave: pushover, desempeño sísmico, norma ATC-40, norma FEMA 356.

ABSTRACT

The research addresses the need to evaluate the structural capacity of the Agroindustrial Engineering building of the UNACH in the face of seismic events. The main objective of this study was to evaluate the level of seismic performance of the building by applying the methods of the ATC-40 standard and the FEMA 356 standard. The methodology employed included a quantitative approach with a descriptive level. The building and its six modules were analyzed by nonlinear static analysis, using the ATC-40 and FEMA 356 standards. The compressive strength of reinforced concrete beams, columns, slabs and slabs was determined by sclerometry tests, being higher than f'_c 21 MPa. The building was modeled in ETABS v.18 and the demand spectra of both standards were applied. The results showed that, modules 5 and 6 corresponding to the stairs stood out with excellent seismic performance in both directions in both normative approaches. However, module 1 showed a lower level of performance in the Y-direction under extreme earthquakes. The comparative analysis revealed that while the standards provide similar results in most modules, FEMA 356 tends to be more conservative in the evaluation of occasional and extreme earthquakes. It has been concluded that the UNACH Agroindustrial Engineering building meets the performance objectives in modules 2, 3, 4, 5 and 6, but module 1 presents a risk of collapse for extreme earthquakes.

Key words: pushover, seismic performance, ATC-40 standard, FEMA 356 standard.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A lo largo de la historia, las construcciones humanas y las ciudades han enfrentado constantes amenazas por desastres naturales (Hussain et al., 2023). Entre estos, los terremotos han representado un peligro significativo, causando daños materiales y humanos que afectan profundamente la calidad de vida de la población y la integridad de las estructuras (Urcia & Moncayo, 2021). La mayor actividad sísmica se concentra en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, región de alta actividad sísmica y volcánica debido a las interacciones de placas tectónicas (Roque et al., 2024). Con una extensión de 40 000 km, concentra el 90% de los sismos y el 75% de los volcanes activos del mundo (Tavera, 2020); y abarca países como, Chile, Perú, Japón e Indonesia (Ibrahim & Al-Bander, 2024).

El Perú es propenso a sismos de alta intensidad, por lo que cada estructura debe garantizar la integridad física de sus ocupantes (Ramirez et al., 2024). Este precepto está definido en la norma sísmica peruana E.030 (MVCS, 2018), pero no existe un procedimiento establecido para la evaluación de edificios existentes a fin de verificar aquellas edificaciones diseñadas y construidas con normas precedentes, como la norma de 1977, la norma del 2006 o la norma del 2014.

El departamento de Cajamarca de acuerdo a la norma E.030 (MVCS, 2018) se encuentra enmarcado dentro de las zonas sísmicas 2 y 3, media a alta peligrosidad sísmica, respectivamente. Por lo tanto, aunque los sismos recientes no han sido devastadores, existe la posibilidad de que se produzcan temblores de alta intensidad en el futuro (Julca Calua et al., 2022).

Chota provincia se sitúa dentro de la zona 2 y 3 de peligro sísmico, siendo una zona de mediana a alta probabilidad de ocurrencia de sismos (MVCS, 2018). Donde el último sismo que se sintió con gran intensidad en la capital de provincia fue el que ocurrió el 28 de noviembre del 2021, el cual tuvo su epicentro a 105 km al Este de Santa María de Nieva, con intensidad de 7.5° Richter (Fowks, 2021).

Frente a los precedentes sísmicos, la evaluación del desempeño estructural es prioritaria, pero realizar una evaluación solamente con la norma E.030 (MVCS, 2018) no permite verificar si la edificación cumple su desempeño sísmico (Fernández, 2022), siendo así, la evaluación de edificaciones por desempeño sísmico se realiza convencionalmente por el método estático no lineal “Pushover”, que utiliza una carga estática incremental para obtener la demanda-capacidad estructural (Cabrera, 2022). La metodología se usa para determinar la capacidad de resistencia y la demanda sísmica en diferentes niveles de desplazamiento (Eser et al., 2023), no obstante, se encuentra definida por varios compendios normativos los cuales tienen diferencias y similitudes en el cálculo, estimación e interpretación de resultados (Padalu & Surana, 2023).

La norma ATC-40 (1996) y la norma FEMA 356 (2000) son dos normativas ampliamente utilizadas en el diseño sísmico en Estados Unidos. Ambas normas, son guías de diseño sísmico que proporcionan enfoques y procedimientos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los edificios. Sin embargo, cada norma tiene sus propias características y enfoques específicos, por lo que sus resultados pueden variar (RM et al., 2023).

La norma ATC-40 (1996) fue publicada por el Consejo Americano de Construcción de Edificios de Alta Tecnología (ATC, por sus siglas en inglés) en 1996 y proporciona pautas para la evaluación sísmica rápida de edificios

existentes. Ha sido ampliamente aplicada en numerosos estudios de evaluación sísmica en todo el mundo (Zihni et al., 2023).

Por otro lado, FEMA 356 (2000) es una norma desarrollada por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) y fue publicada en 2000. Esta norma describe un enfoque de diseño y evaluación sísmica basado en la capacidad de una estructura para resistir cargas sísmicas. Ha sido actualizada en varias ocasiones, siendo la última actualización en 2016 (Huamani, 2020).

Ambas normas proporcionan pautas detalladas para el análisis no lineal de estructuras (Masrilayanti et al., 2023), pero presentan variaciones en las cargas sísmicas (espectro de demanda) a aplicar, en los objetivos de desempeño a cumplir y en el procedimiento de análisis en general, cambios que pueden traer variaciones en los resultados (Kuria & Kegyes-Brassai, 2023), lo que hace pertinente analizar su eficiencia y buscar semejanzas, diferencias, limitaciones y demás información de interés a través del estudio comparativo de ambos métodos en una edificación, sobre todo si esta edificación está destinada a educación, ya que la norma E.030 (MVCS, 2018) especifica que las edificaciones destinadas a educación deben continuar operando después de un sismo para servir de refugio a aquellas personas que hayan perdido sus viviendas.

La “Universidad Nacional Autónoma de Chota” (UNACH, 2023) cuenta con campus universitarios en las comunidades de Colpa Matara y Colpa Huacariz en Chota, donde se sitúan los edificios de sus cinco escuelas profesionales, entre ellas Ingeniería Agroindustrial.

El edificio de Ingeniería Agroindustrial dedicado al ámbito educativo en el centro poblado de Colpa Huacariz, se clasifica como una edificación esencial de Tipo A por lo que debe garantizar su resistencia y capacidad de respuesta ante

eventos sísmicos. Sin embargo, en la actualidad presenta grietas y fisuras en algunos de sus componentes, como se muestra en la Figura 1. Estos daños no pueden considerarse como fallas estructurales, pero tampoco pueden descartarse sin un análisis adecuado. Pero, para lograr una evaluación precisa del desempeño sísmico de esta estructura, es fundamental emplear herramientas y metodologías de análisis avanzadas (Kuria & Kegyes-Brassai, 2023). En consecuencia, esta estructura se convirtió en el objeto de estudio aplicando el método Pushover comparando las normas ATC-40 (1996) y FEMA 356 (2000).

El desconocimiento de la eficacia relativa de estos dos métodos en el contexto de la edificación de Ingeniería Agroindustrial limita la capacidad de los responsables de la seguridad estructural para tomar decisiones informadas sobre medidas de mantenimiento, mitigación y/o reforzamiento. Por tanto, era imperativo realizar un estudio comparativo que permita evaluar la confiabilidad, precisión y aplicabilidad de ambos métodos en la evaluación del desempeño sísmico de esta infraestructura, contribuyendo así al desarrollo de estrategias efectivas de gestión de riesgos sísmicos en edificaciones de importancia vital como esta.

Por tanto, la investigación científica ha permitido comparar cómo estas normas abordan el análisis sísmico de un edificio universitario edificio de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y conocer así, su desempeño sísmico estructural no lineal.

Figura 1

Grietas y Fisuras en Algunos Componentes del Edificio de Ingeniería

Agroindustrial



Vista de fisuras alrededor de las columnas del módulo 2



Vista de grietas sobre el zocálo colocado en la parte posterior del módulo 3

1.2. Formulación del problema

¿Cómo varía el nivel de desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH al aplicar el análisis estático no lineal pushover utilizando los métodos de la norma ATC-40 (Applied Technology Council) y la norma FEMA 356 (Federal Emergency Management Agency)?

1.3. Justificación

La investigación se justificó ante la necesidad crítica de asegurar la integridad estructural de las instalaciones académicas de la “Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial” (EPIA); pero principalmente, la comparación de dos metodologías de análisis sísmico, ATC-40 y FEMA 356, ha permitido identificar la más adecuada para prever el comportamiento del edificio durante un sismo, ofreciendo así una base sólida para futuras decisiones de diseño, mantenimiento, reforzamiento o rehabilitación. Por tanto, esta investigación no solo contribuye a la seguridad, sino que también proporciona valiosa información sobre la efectividad de las normas aplicadas, haciendo posible la optimización de prácticas de diseño estructural en contextos similares.

1.3.1. Justificación científica

Con el estudio se consiguió información acerca de la evaluación y comparación de dos normativas ampliamente utilizadas en el diseño sísmico, la norma ATC-40 y la norma FEMA 356. La investigación científica permitió comparar cómo estas normas abordaban el diseño sísmico de un edificio universitario y su desempeño sísmico.

Al realizar esa investigación, se identificaron y analizaron las diferencias y similitudes entre las normativas en términos de criterios de diseño, factores de seguridad, métodos de análisis y otras consideraciones. Esto proporcionó información valiosa para mejorar las aplicaciones de diseño sísmico y la seguridad sísmica de los edificios universitarios. Además, el estudio ha contribuido al desarrollo de recomendaciones y actualizaciones en las normativas, con el objetivo de mejorar la capacidad sísmica de los edificios. También ayuda a los

profesionales del diseño y a los tomadores de decisiones a elegir la normativa más adecuada para el contexto específico de un edificio universitario.

Por tanto, el objetivo de realizar una investigación científica sobre el desempeño sísmico comparando la norma ATC-40 con la norma FEMA 356 en un edificio universitario fue llenar el vacío del conocimiento sobre: La efectividad y precisión de cada norma en la evaluación del desempeño sísmico; las diferencias y similitudes entre ambas normas en términos de resultados, recomendaciones y criterios de seguridad; las limitaciones y fortalezas de cada norma en la predicción del daño estructural y la capacidad ante sismos; la influencia de utilizar una u otra norma en la toma de decisiones de diseño y rehabilitación de edificios universitarios ante riesgos sísmicos; la necesidad de actualizar y mejorar las normativas existentes en base a los resultados obtenidos de la investigación; así como, proporcionar una base de evidencia científica para respaldar futuras decisiones normativas y recomendaciones en edificaciones universitarias.

En esta investigación científica se utilizaron teorías (teoría de la respuesta sísmica) y las normas ATC-40 y FEMA 356 como marco de referencia para evaluar el desempeño sísmico de la estructura y hacer comparaciones entre los resultados obtenidos bajo cada norma. Esto permitió determinar qué norma era más adecuada para el edificio en cuestión “edificio de la Escuela Profesional de Agroindustrial”.

El estudio tuvo un impacto significativo en el conocimiento científico al incrementar la comprensión y mejorar los criterios de diseño y evaluación sísmica. Este tipo de investigación permitió una mejor comprensión del comportamiento de los edificios durante eventos sísmicos; al comparar las dos normas, se identificaron las diferencias en los criterios de diseño y evaluación, lo que

proporcionó información valiosa sobre cómo afectan esos criterios al desempeño sísmico de un edificio universitario. Así mismo, al comparar las normas en un contexto específico, se evaluó la eficacia de estas normas y su capacidad para predecir el desempeño real de un edificio; esto ha ayudado a validar los criterios de diseño sísmico utilizados en estas normas.

1.3.2. Justificación técnica práctica

La elección de este tema combina la importancia de la seguridad sísmica, la utilización de una metodología avanzada, la posibilidad de identificar diferencias entre normas de diseño y la aplicación en un contexto concreto como los edificios universitarios. Estos factores hacen que sea un tema relevante y de interés para comprender y mejorar el comportamiento sísmico en este tipo de estructuras.

La evaluación del desempeño sísmico utilizando las normas ATC-40 y FEMA 356 ha permitido determinar la capacidad sísmica de un edificio universitario. Estas normas proporcionan lineamientos y criterios para evaluar la respuesta estructural de un edificio ante un sismo, mediante la realización de análisis estáticos no lineales. Así mismo, al comparar las normas ha sido posible determinar cuál de ellas es más adecuada para evaluar el desempeño sísmico de un edificio universitario en función de diversos factores, como la ubicación geográfica del edificio, los requisitos estructurales específicos de la normativa local, así como los objetivos de desempeño esperados.

La trascendencia radica en la preservación de la infraestructura educativa. Los edificios universitarios son centros de aprendizaje e investigación fundamentales para el desarrollo de la sociedad; por lo tanto, es esencial asegurar su capacidad de resistir eventos sísmicos para evitar interrupciones en la

educación y mantener un entorno seguro. Siendo así, la investigación en curso ha permitido evaluar el edificio de Ingeniería Agroindustrial el cual fue construido hace menos de 10 años, actualmente presenta ciertas grietas y fisuras en algunos de sus componentes, pero no se podía asegurar que sean fallas estructurales, es decir podían ser fallas estéticas, no obstante, tampoco se podía asegurar que no lo sean por tanto era pertinente usar esta edificación como objeto de estudio.

Por tanto, al tener una evaluación más precisa del desempeño sísmico del edificio universitario, los ocupantes pueden tener una mayor confianza en la seguridad del edificio durante un terremoto. Así mismo, la comparación entre las normas ha proporcionado una oportunidad para evaluar y comparar la eficacia de ambas normas en términos de predicción del desempeño sísmico del edificio. Esto permitirá a los expertos en ingeniería sísmica mejorar y desarrollar aún más métodos de evaluación sísmica para futuros proyectos; además, este estudio servirá como base para investigaciones de análisis sísmico no lineal de estructuras para futuros profesionales evocados a la investigación, ya que permite conocer la capacidad estructural de las edificaciones esenciales.

Siendo así, los beneficiarios con la realización de la investigación son la comunidad en general, científicos, ingenieros civiles, expertos en ingeniería sísmica, estudiantes, docentes y demás interesados en el análisis estructural de las edificaciones y las normativas que, se utilizan para dicho fin.

1.4. Delimitación de la investigación

Tiempo: En el año 2023, lo que permitió la recolección y análisis de datos contemporáneos relativos a las condiciones actuales del edificio y su entorno.

Espacio: La investigación se centró exclusivamente en el pabellón de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial ubicado en el campus de la UNACH, en

la comunidad de Colpa Huacariz. Este edificio está situado a una altitud aproximada de 2478 msnm, con coordenadas geográficas de latitud -6.535621° y longitud -78.644591° .

Población: El estudio no involucró directamente a personas como sujetos de investigación, sino que se concentró en la evaluación estructural del edificio mencionado, haciendo uso de ensayos de esclerometría y análisis de muestras de suelo extraídas del lugar.

Metodología: La metodología aplicada incluyó el análisis estático no lineal Pushover, utilizando dos normativas: ATC-40 (1996) y FEMA 356 (2000) para evaluar la respuesta sísmica del edificio bajo simulaciones por modos de vibración.

Profundidad temática: La investigación se enfocó en comparar los métodos ATC-40 y FEMA 356 para prever el desempeño sísmico del edificio, identificando similitudes y diferencias en los resultados obtenidos por cada normativa. Se analizó la adecuación de estos métodos para la realidad estructural del sitio, proporcionando una base para futuras recomendaciones sobre prácticas de evaluación sísmica.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el nivel de desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH al aplicar el análisis estático no lineal pushover utilizando los métodos de la norma ATC-40 (Applied Technology Council) y la norma FEMA 356 (Federal Emergency Management Agency).

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar diferencias y similitudes entre las normas (ATC-40 y FEMA 356) de análisis Pushover a través de la revisión bibliográfica en términos de criterios de diseño, limitaciones y fortalezas en la predicción del daño estructural y la capacidad ante sismos.
- Determinar el nivel de desempeño sísmico mediante el análisis Pushover del edificio de Ingeniería Agroindustrial utilizando la norma ATC-40.
- Determinar el nivel de desempeño sísmico mediante el análisis Pushover del edificio de Ingeniería Agroindustrial utilizando la norma FEMA 356.
- Comparar el nivel de desempeño (objetivos de desempeño) del edificio de Ingeniería Agroindustrial al utilizar la norma ATC-40 o FEMA 356.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Badaoui et al. (2024) en su estudio “Un enfoque de análisis Pushover que considera las incertidumbres estructurales y de carga para la evaluación del desempeño sísmico” tuvieron como objetivo analizar un edificio prototipo de viviendas sociales en Argelia, de concreto armado de cinco niveles de 3.06 m, con dimensiones de 20x16 m², por el método FEMA-356. El punto de desempeño reveló un nivel de daño que oscila entre Ocupación Inmediata (IO) y Seguridad Humana (LS). Concluyeron que, considerando las incertidumbres en las propiedades materiales, así como las relacionadas con el espectro de respuesta, el estado de daño extremo probable se encuentra entre los niveles LS y CP (daño severo).

Hassan & Yasin (2023) en su estudio “Análisis pushover de una estructura de marco de hormigón armado de varios pisos” analizaron el modelo de edificio de varias plantas junto con las cargas aplicadas mediante el procedimiento estático no lineal en el programa ETABS. El espectro de desplazamiento va de 38.69 mm a 154.03 mm, con espectro de aceleración de 0.88 a 1.64 g, para un periodo de 0.42 a 0.61 s. Además, respecto a las curvas espectrales no hay puntos de intersección de la curva de demanda y la curva pushover, por tanto, presenta cero puntos de colapso. Concluyeron que, el análisis pushover proporciona una comprensión completa del patrón de fallo del edificio y, permite construir la estructura de acuerdo con la función para la que fue diseñada.

Suliman & Lu (2024) en su investigación “Un estudio comparativo de la evaluación del rendimiento sísmico de estructuras de concreto armado utilizando códigos sísmicos chinos y africanos” compararon las normativas en edificios de marco resistente de 2, 4, 8 y 12 plantas de 3.5 m, destinadas a oficinas. Los pórticos se diseñaron utilizando la norma china GB-50011 y las normas africanas que siguen el Eurocódigo: EBCS-8, ECP201 y RPA-99. Las principales diferencias entre los tres códigos radican en la clasificación del suelo y zonificación sísmica. Determinaron que hay diferencias significativas entre los códigos en cuanto a la seguridad y resistencia de las estructuras ante sismos, no obstante, aun así, el marco de ingeniería chino puede utilizar su código de diseño sísmico en sus proyectos en África, lo que, facilita el proceso de unificación de los códigos de diseño sísmico para los países africanos; pero tiene como limitante que solo se ha analizado este tipo de estructuras de concreto.

Soria & Estrada (2021) en su tesis “Análisis de desempeño del Bloque de aulas Sur del Campus Miguel de Cervantes de la Universidad Internacional SEK” analizaron el comportamiento de una edificación ante acciones sísmicas. Determinaron las cortantes basales, derivas y desplazamientos comparándolos con las normas NEC 2015 y CEC 2000, donde encontraron que, la edificación no ha sido construida con ninguna normativa, porque las derivas inelásticas superan lo máximo permitido por la norma NEC 2015 y la CEC 2000, de 0.020. Luego plantearon el análisis Pushover en SAP 2000, mediante el método FEMA 356 y ATC-40, determinando que, en el sentido X las rótulas plásticas no llegan al colapso, se mantienen en seguridad de vida, además de que, las primeras rótulas se presentan en las vigas. No obstante, en el sentido Y no se muestra el punto de

desempeño, por lo que la edificación termina en colapso, además de que, las rótulas plásticas aparecen a los pies y cabezas de las columnas.

Lizarazo (2023) en su investigación de maestría “Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional mediante la aplicación del método de espectro de capacidad, diseñado según la norma sismorresistente colombiana (NSR-10). Comparación métodos FEMA 440 y N2” tuvo como objetivo comparar el método FEMA 440 y N2 en el análisis no lineal del edificio de 6 pisos en Tunja, Colombia. Determinó que, el desplazamiento de la edificación con FEMA 440 y N2, era respectivamente 16.08 y 16.68 cm. También determinó que, según el método FEMA 440, la estructura tiene una probabilidad del 38.06% de experimentar daños graves, del 33.5% de sufrir daños moderados y del 18.94% de colapsar. En contraste, con el método N2, la probabilidad cambia a 39.03% de daños graves, 32.31% de daños moderados y 19.97% de colapso. Concluyó que, en términos de daños anticipados, el edificio supera el límite de seguridad y se encuentra muy cerca del límite de colapso.

Quinto & Chaverra (2022) en su tesis de especialización “Análisis estático no lineal (pushover) y punto de desempeño sísmico en una edificación de tres pisos existente – revisión bibliográfica y caso ejemplo” evaluaron una edificación en la ciudad de Carepa Antioquia de 3 niveles de 3.0 m de altura. Para su análisis, primero determinaron los parámetros sísmicos de acuerdo a la norma NSR-10. Definieron las propiedades lineales y no lineales del concreto y acero. Colocaron las combinaciones de cargas de acuerdo a la normatividad. Y realizaron el análisis Pushover encontrado la curva de capacidad con desplazamiento de 14 cm y cortante en la base de 120 Kn. Concluyeron que, para un sismo frecuente (43 años) la edificación se mantiene en el nivel de desempeño de seguridad de vida.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Miranda & Torres (2023) en su investigación “Análisis sísmico lineal y desempeño sísmico de una vivienda multifamiliar de 4 niveles mediante la Norma ATC – 40 en Tacna 2022” efectuaron el análisis lineal y no lineal con el objetivo de evaluar la estructura, ubicada en la Asociación Ramon Copaja. Determinaron que la deriva máxima en los sentidos X (0.0046) e Y (0.0066) cumple con el reglamento E.030 de no superar el 0.005 y 0.007, respectivamente. Obtuvieron la curva de capacidad que reveló fuerzas cortantes y desplazamientos aceptables para el sismo muy raro según el ATC-40, indicando ocupación inmediata, así mismo, la fuerza cortante en la base fue 317.51 Tonf con un desplazamiento de 0.207 m en X, y en Y la fuerza cortante en la base fue 221.77 Tonf con un desplazamiento de 0.105 m. Concluyeron que, si bien la edificación se encuentra en el rango de ocupación inmediata, no cumple con los objetivos establecidos en la ATC-40.

Ramos (2023) en su tesis “Evaluación del desempeño sísmico estructural de la Institución Educativa N°141 - Héroes de Jactay - Huánuco, mediante un análisis estático y dinámico no lineal” empleó una metodología cuantitativa, aplicada correlacional para evaluar el desempeño estructural. Utilizó técnicas como análisis tiempo-historia (ATC-40, FEMA 400 – 356), el método de los coeficientes (ASCE 41-17), y el Análisis Dinámico Incremental (IDA) de la FEMA P58, junto con normativas técnicas peruanas. Determinó que la estructura y sus componentes mantienen un nivel de desempeño de ocupación inmediata y seguridad de vida tras un sismo severo, sin necesidad de intervención estructural adicional. Por tanto, concluyó que, la estructura seguiría siendo operativa después de un evento sísmico grave.

Malpartida & Miranda (2022) en su tesis investigaron el desempeño sísmico de la estructura de concreto armado “Residencial Amauta III” de 8 niveles en Cusco, aplicando el análisis Pushover y utilizando tres esquemas de modelado para muros de corte: “Muros tipo Shell”, “Viga con brazo rígido”, y “Muros tipo Layer”. Efectuaron el análisis pushover siguiendo las normas ATC-40 y FEMA 440, lo que, les permitió determinar el punto de desempeño para tres escenarios sísmicos. Los resultados mostraron que, para “Muros tipo Shell” y “Muros tipo Layer”, la estructura alcanza un nivel de “Prevención del Colapso”, mientras que para “Viga con brazo rígido”, alcanza tanto “Prevención del Colapso” como “Colapso” en el escenario sísmico más crítico, siendo los desplazamientos máximos en X e Y, 55 y 40 cm, respectivamente. Concluyeron que, la edificación tiene una baja ductilidad y debería ser reforzada.

Carmelo & Kaqui (2022) en su tesis “Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de concreto armado diseñado con la norma E.030 del 2003 mediante un Análisis No Lineal Estático” evaluaron el desempeño sísmico de una vivienda multifamiliar de 8 pisos en San Isidro, diseñada según una normativa anterior (E.030-2003), usando análisis estático no lineal para determinar si cumple con los estándares más recientes de la norma E.030-2018. Aplicaron normas como FEMA 356 para definir modelos de plasticidad, y utilizaron el ATC-40 y FEMA 440 para identificar el punto de desempeño estructural en un sismo de diseño. Los resultados indican que la estructura cumple con el nivel de seguridad de vida en X y de ocupación inmediata en Y.

2.1.3. Antecedentes regionales

Chilón (2024) en su investigación “Desempeño sísmico del edificio “Mercado Porcón” del centro poblado Porcón Alto, distrito de Cajamarca” evaluó el comportamiento del mercado ante sismos siguiendo los criterios del comité Visión 2000, con ayuda del software Etabs V21. Determinó que para un sismo frecuente en X e Y el desplazamiento era 2.10 cm y 1.69 cm, y la cortante 254.06 y 242.34 Tonf; para un sismo ocasional en X e Y el desplazamiento era 2.46 cm y 2.15 cm, mientras que la cortante era 276.27 y 291.67 Tonf. Para un sismo raro la cortante era 336.34 y 394.38 Tonf en X e Y, con desplazamientos de 4.39 y 4.50 cm. Concluyó que el edificio es funcional adecuado para sismos raros en todas las direcciones analizadas, aunque en la dirección “Y” se encuentra al límite de lo funcional según los estándares de SEAOC.

Fernández (2022) en su estudio “Evaluación del desempeño sismorresistente mediante el método no lineal estático pushover del edificio de ingeniería civil de la Universidad Nacional Autónoma Chota, 2018” evaluó la resistencia sísmica de la edificación de ingeniería civil usando el análisis estático pushover. Analizó 6 módulos como estructuras independientes, utilizando ETABS 2018. Determinando que todos los módulos cumplen con la norma E.030, pero en el análisis Pushover si bien la mayoría de los módulos cumplieron con los estándares de desempeño necesarios para edificaciones educativas en términos de operatividad, funcionalidad y seguridad; el módulo V mostró vulnerabilidad al pre colapso y colapso en sismo de diseño, principalmente porque las primeras rótulas se dan en columnas, a diferencia de otros módulos donde el daño se concentró en las vigas.

Fustamante (2022) en su investigación “Nivel de desempeño sísmico de una edificación de 11 pisos en la provincia de Chota usando el método del espectro capacidad-demanda” evaluó el desempeño sísmico de una edificación de 11 pisos en Chota usando la metodología de demanda del ATC-40, analizado con el software Etabs V.18.0.2. La edificación cumple con no exceder la deriva máxima de 0.007 de acuerdo a la norma E.030, pero tiene irregularidad torsional y de piso blando. El análisis pushover reveló que la estructura cumple con los requisitos de seguridad de vida en sismos de servicio en X, pero colapsa para sismos de diseño y máximo. En Y, resiste sismos de servicio y diseño, pero falla en sismos máximos. Concluyó que, la estructura original tiene dificultades importantes, como irregularidades en planta y altura, y secciones mal diseñadas o sub-reforzadas, lo que la hace peligrosa en un terremoto fuerte debido a su gran altura.

Tenorio (2021) en su tesis “Comportamiento sísmico aplicando el método no lineal estático en la I.E. N° 10410, Chaupelanche, Chota, Cajamarca” se centró en evaluar cómo la estructura de la I.E. N° 10410 en Chaupelanche, respondería a un terremoto. Utilizó pushover determinando, en X, las derivas de la I.E. N° 10410 superan el límite de distorsión de 0.007 de la norma E.030, por otro lado, en Y, se mantienen dentro del límite normado, con valores entre 0.00048 y 0.0032. En cuanto a la curva de desempeño, la estructura presenta para sismo máximo y de diseño 61 y 42.47 mm de desplazamiento en X. En Y, la estructura se conserva funcional tras el evento sísmico. Concluyó que la escalera cumplía con los estándares, pero el módulo I necesitaba reforzamientos estructurales debido a derivas excesivas en el eje “X”.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. *Análisis estático no lineal Pushover*

Método estructural para valorar la capacidad de resistencia de una edificación bajo cargas sísmicas. Se utiliza mediante la aplicación de cargas estáticas incrementales. A través de este análisis, es posible obtener información detallada sobre el comportamiento estructural, como, por ejemplo, los niveles de deformación y los mecanismos de falla que pueden ocurrir durante sismos.

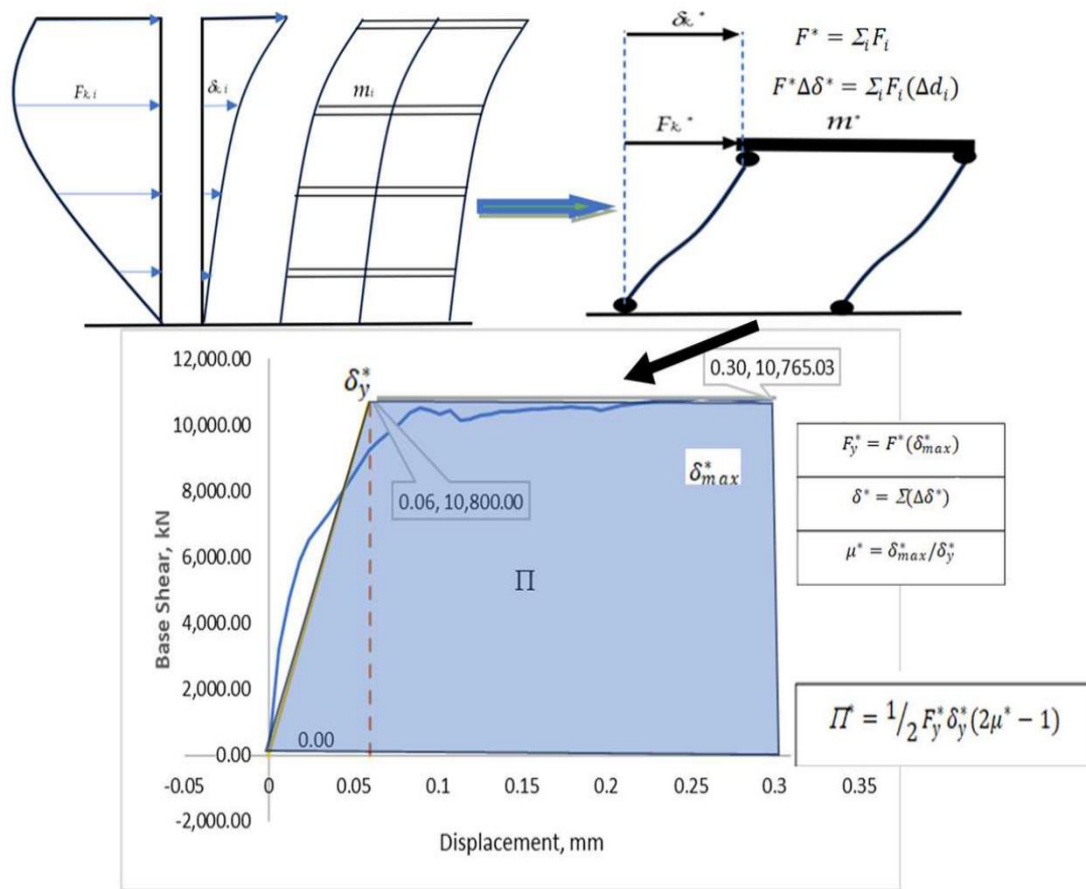
Según Xie & Liang (2020) es una técnica que se basa en el descenso progresivo de la rigidez a medida que se incrementa la demanda sísmica. En este método, se realizan una serie de análisis no lineales estáticos en los que se aplica una carga incremental en el modelo estructural y se evalúa la respuesta de la edificación en cada etapa.

El objetivo principal del análisis Pushover es determinar la capacidad de una edificación para resistir la acción sísmica en términos de la demanda y la capacidad máxima de resistencia, así como para identificar los elementos estructurales críticos que podrían fallar en un evento sísmico. Según Chopra (2021), esta información es fundamental para realizar la evaluación y el diseño sísmico de estructuras, ya que permite identificar las debilidades y tomar las medidas adecuadas para mejorar la resistencia sísmica de la edificación.

Se basa en la aplicación de una serie de curvas de capacidad-respuesta (Capacity-Displacement). Estas curvas se obtienen mediante el análisis estático que considera la respuesta no lineal de los elementos estructurales. Según Shahrooz & Krawinkler (2019), estas curvas de capacidad-respuesta condescienden haciendo posible visualizar y analizar el comportamiento de la estructura a medida que se incrementa la demanda sísmica.

Figura 2

Grafía del Método de Análisis Pushover



Nota: El procedimiento pushover basado en energía se resume en: (1) Selección del modelo: elija un modelo estructural basado en las características del edificio e identifique la forma del modo dominante (ϕ) a través del análisis modal. (2) Aplicación de fuerza: aplique fuerzas laterales (F_k) según la forma del modo y la distribución de masa (m_i). (3) Carga incremental: aplique cargas de forma incremental y mida los desplazamientos (d_{jk}) en cada paso. (4) Sistema SDOF equivalente: calcule tanto la masa equivalente ($m^* = \Sigma m_i$) como el corte de base ($F^* = \Sigma F_i$). (5) Cálculo de desplazamiento: sume los desplazamientos incrementales para encontrar el desplazamiento equivalente total ($\delta^* = \Sigma(\Delta \delta)$). (6) Construcción: grafique la curva de capacidad como corte de base (F^*) versus desplazamiento total equivalente (δ^*). (7) Análisis energético: calcule la relación de ductilidad ($\mu^* = \delta_{max}^* / \delta_y^*$) y calcule el término de energía ($\Pi_x = 1/2 F_y^* \delta_y^* (2\mu^* - 1)$) (Kuria & Kegyes-Brassai, 2023).

2.2.1.1. Rótulas plásticas

Para estimar la medida de una rótula plástica (L_p) en el método Pushover de un elemento estructural, se requiere realizar el cálculo de los momentos M_i , M_j , y también el momento de fluencia M_y en ese elemento específico (Pujada & Ricaldi, 2023).

$$L_{pa} = \left| \frac{M_i - M_y}{M_i + M_j} \right| \times L \quad (1)$$

$$L_{pb} = \left| \frac{M_j - M_y}{M_i + M_j} \right| \times L \quad (2)$$

No obstante, Priestley (1992) sugiere un método más detallado para calcular la extensión de la rótula plástica: (Pujada & Ricaldi, 2023).

$$L_p = 0.08L + 0.022\phi f_y \quad (3)$$

Donde: L extensión del elemento (m), ϕ diámetro mínimo de la armadura a flexión (m), f_y esfuerzo de fluencia del acero (MPa).

Para columnas:

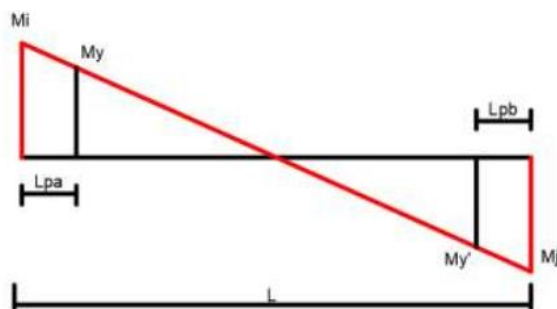
$$Ubicación_{inf} = \frac{0.50 \times L_p}{L_{columna}} \quad (4)$$

$$Ubicación_{sup} = \frac{0.50 \times L_p - L_{peralte\ de\ viga}}{L_{columna}} \quad (5)$$

Para vigas:

$$Ubicación = \frac{0.50 \times L_p}{L_{viga}} \quad (6)$$

Figura 3 Diagrama de Momentos de una Viga



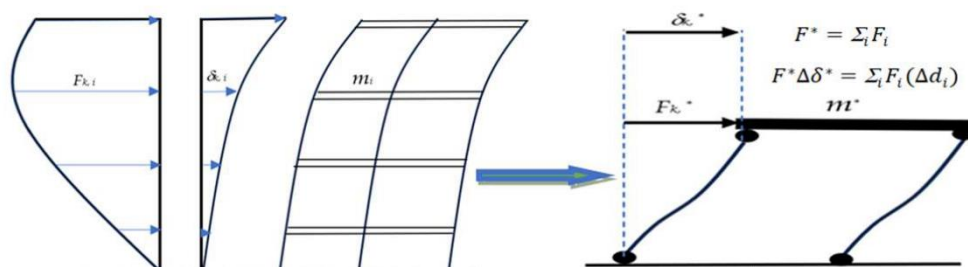
Nota: (Pujada & Ricaldi, 2023).

2.2.1.2. Curva de capacidad

Ilustra el principal modo de vibración, asumiendo que el modo fundamental es el más significativo en la misma. La carga lateral aplicada adopta una distribución triangular, tal como, se muestra en el diagrama: (Pujada & Ricaldi, 2023)

Figura 4

Carga Incremental Lateral del Análisis Pushover



Nota: (Kuria & Kegyes-Brassai, 2023).

Según el método del FEMA-440 (2005), es posible determinar el aumento de la carga lateral en cada nivel utilizando la siguiente fórmula:

$$F_i = \frac{w_i \times h_i^k}{\sum_{i=1}^N w_i \times h_i^k} \times V_b \quad (7)$$

Donde, K factor relacionado al periodo, h_i altura del piso “i”, V_b corte en la base/cortante basal, W_i peso del piso “i”.

2.2.1.3. Niveles de amenaza sísmica

Los métodos para evaluar amenazas sísmicas se dividen en determinísticos y probabilísticos. Los primeros calculan la máxima acción sísmica basada en valores máximos históricos de variables como desplazamiento o aceleración. En cambio, los métodos probabilísticos consideran la probabilidad de que se exceda un nivel específico de efectos sísmicos, usando conceptos como la probabilidad de excedencia y el periodo de retorno, que indican la frecuencia y probabilidad de eventos sísmicos significativos.

$$T = \frac{t}{\ln(1-P)} \quad (8)$$

Donde, T periodo de retorno (años), P probabilidad de excedencia, t tiempo de exposición (años).

2.2.1.4. Espectro de capacidad

El método del espectro de capacidad permite comparar en un solo gráfico la capacidad estructural frente a la demanda sísmica usando 26 términos espectrales (ADSR). Este proceso implica usar las propiedades dinámicas del principal modo de vibración, tratando la estructura como un sistema de un solo grado de libertad. Para desarrollar el “espectro de capacidad” se crea una “curva de capacidad”. Posteriormente, se evalúan las características dinámicas de la estructura, que se cuantifican a través del PF_1 factor de participación del primer modo y coeficiente de masa modal (α_1) (Pujada & Ricaldi, 2023).

$$PF_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{w_i \times \phi_{i1}}{g} \right)}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{w_i \times \phi_{i1}^2}{g} \right)} \right] \quad (9)$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{w_i \times \phi_{i1}}{g} \right) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{w_i}{g} \right) \right] \times \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{w_i \times \phi_{i1}^2}{g} \right) \right]} \quad (10)$$

Donde, g “aceleración de la gravedad” (9.81 m/s²), N “nivel N”, PF_1 “factor de participación modal para el modo fundamental”, α_1 “coeficiente de masa modal para el modo fundamental”, w_i peso correspondiente al nivel “i”, ϕ_{i1} coeficiente de forma modal del nivel “i” en el modo “1”.

Para concluir, la curva de capacidad se convierte en un espectro de capacidad aplicando los factores dinámicos previamente mencionados. El gráfico resultante muestra la correlación entre la pseudoaceleración (S_a) y el pseudo desplazamiento (S_d). Estos factores son importantes para transformar la fuerza cortante en la base (V) y el desplazamiento en el techo (Δ_{techo}) en los valores

espectrales S_a y S_d que caracterizan el espectro de capacidad (Pujada & Ricaldi, 2023).

$$S_a = \frac{V}{\alpha_1} \quad (11)$$

$$S_d = \frac{\Delta_{techo}}{PF_1 \times \phi_{techo}} \quad (12)$$

Donde, V “fuerza cortante en la base”, S_d “desplazamiento espectral”, S_a “aceleración espectral”, W “peso de la estructura” (incluida la carga viva), Δ_{techo} desplazamiento del techo.

2.2.1.5. Espectro de demanda

Para convertir un “espectro de demanda” del formato aceleración espectral (S_a) versus período (T) a un formato ADSR, se emplea una fórmula en la que una línea recta desde el origen hasta un punto con coordenadas (S_d , S_a) tiene una pendiente de $(4 \times \pi^2 / T^2)$, que corresponde al cuadrado de la velocidad angular (ω^2). Esta operación matemática establece la relación entre la aceleración máxima (S_a) y el desplazamiento máximo (S_d) dentro del espectro de demanda elástico. Este proceso de conversión permite integrar en un único gráfico la capacidad y demanda de la edificación, facilitando así la evaluación del comportamiento sísmico del edificio (Pujada & Ricaldi, 2023).

$$S_{d_i} = \frac{T_i}{4 \times \pi^2} \times S_{a_i} \quad (13)$$

Donde, S_{d_i} “desplazamiento espectral en cada punto i ”, S_{a_i} “aceleración espectral en cada punto i ”, T_i “período de la estructura”.

2.2.1.6. Función bilineal del espectro de capacidad

Para evaluar el desempeño estructural, es vital interceptar el “espectro de capacidad” con un “espectro de demanda” inelástica ajustado, lo cual requiere calcular un amortiguamiento efectivo que facilita la adecuada reducción del espectro de demanda usando una representación bilineal de la curva de capacidad (Pujada & Ricaldi, 2023).

a) Según el ATC-40 (1996)

Se inicia trazando una línea desde el origen con una pendiente igual a la rigidez en su fase elástica. Se establece un punto d_{pi} , a_{pi} y se dibuja una segunda línea que intercepta con la primera en el punto (d_y, a_y) . Este punto de prueba es parte de un proceso iterativo, donde i indica el número de iteración. El procedimiento se repite hasta que las áreas (A_1 y A_2) bajo ambas líneas sean iguales, lo cual busca lograr una equivalencia en las energías representadas por el espectro de capacidad y su representación bilineal (ATC-40, 1996).

b) Según el FEMA 356 (2000)

Se define el punto B con las coordenadas (d_{pi}, a_{pi}) , que representan el desplazamiento y la cortante basal máxima obtenidos de la curva de capacidad de la estructura. Luego, se calcula el área (A_{curva}) bajo esta curva, y se determina la rigidez inicial (K_0) de la estructura en su fase elástica. A continuación, se inicia un proceso iterativo estimando un punto A con coordenadas (d_y, a_y) , donde la estructura comienza a fluir, formando la recta L1 con una pendiente igual a K_0 . Las coordenadas iniciales se ajustarán durante las iteraciones para igualar las áreas bajo las curvas de capacidad real y bilineal.

$$x_k = \frac{y_k}{k_0} \quad (14)$$

Se supone un valor inicial para la cortante basal de fluencia (y) y se calcula el desplazamiento de fluencia (dy) utilizando la ecuación de la recta L1. Se definen las ecuaciones para las rectas L1 y L2, lo que permite calcular el área bajo la curva bilineal ($A_{bilineal}$). Se calcula el porcentaje de error entre el valor arbitrario de la cortante basal de fluencia y el valor calculado, ajustándolo según sea necesario. Este porcentaje de error se reduce a través de iteraciones sucesivas, ajustando el valor de y hasta alcanzar un nivel de tolerancia aceptable. El proceso iterativo se repite hasta ajustar la precisión requerida.

$$L1: y = k_0 \times x \quad (15)$$

$$L2: y = m_2 \times (x - x_i) + y_i \quad (16)$$

$$m_2 = \frac{y_i - y_k}{x_i - x_k} \quad (17)$$

$$error (\%) = \frac{A_{curva} - A_{bilineal}}{A_{curva}} \times 100 \quad (18)$$

$$y_k^{i+1} = \frac{A_{curva}}{A_{bilineal}} \times y_k^i \quad (19)$$

2.2.1.7. Amortiguamiento equivalente

Se refiere al aumento en la capacidad de disipación de energía de una estructura cuando ésta se deforma más allá de su límite elástico, alcanzando un nivel de amortiguamiento superior al 5% típico de la fase elástica (Pujada & Ricaldi, 2023).

$$Para 1 < \mu < 4, \beta_{eff} = 4.9 \times (\mu - 1)^2 - 1.1 \times (\mu - 1)^3 + \beta_0 \quad (20)$$

$$Para 4 \leq \mu \leq 6.5, \beta_{eff} = 14 + 0.32 \times (\mu - 1)^2 + \beta_0 \quad (21)$$

$$Para \mu > 6.5, \beta_{eff} = 19 \times \left[\frac{0.64 \times (\mu - 1) - 1}{[0.64 \times (\mu - 1)]^2} \right] + \left(\frac{T_{eff}}{T_0} \right)^2 + \beta_0 \quad (22)$$

Donde: β_{eff} amortiguamiento efectivo, β_0 el 5% de amortiguamiento, μ ductilidad

$$\mu = \frac{d_{max}}{d_y}$$

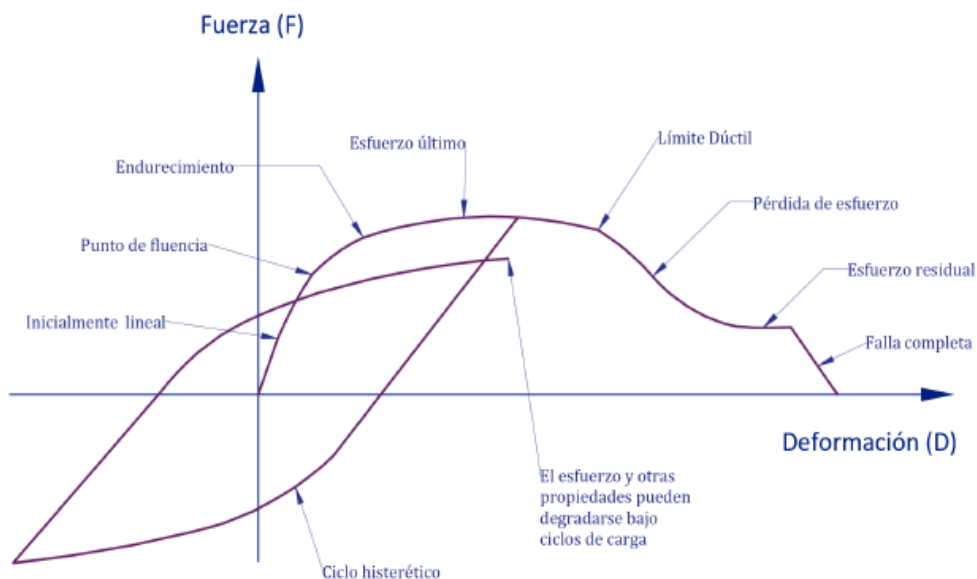
2.2.2. No linealidad de los materiales

Se refiere al comportamiento de los materiales cuando exceden su rango elástico, por lo que, entran en el rango inelástico, donde su capacidad para soportar deformaciones inelásticas múltiples sin perder rigidez o resistencia determina su nivel de servicio. En este contexto, la no linealidad se manifiesta cuando ya no sigue una ley lineal, como lo haría en el rango elástico según la ley de Hooke (Mejía & Rivera, 2020).

Esta teoría es fundamental porque los materiales de construcción, como el acero y el concreto, pueden experimentar deformaciones plásticas y comportamientos no lineales cuando se enfrentan a fuerzas sísmicas significativas; esto puede manifestarse en fisuras, cambios en la rigidez y resistencia y otros efectos que pueden afectar la integridad estructural de un edificio durante un evento sísmico (Mejía & Rivera, 2020).

Figura 5

Relación del Componente Estructural Fuerza – Deformación



Nota: (Mejía & Rivera, 2020).

2.2.3. Modelos esfuerzo – deformación de los materiales

Los modelos de esfuerzo-deformación son representaciones matemáticas que describen la relación entre la carga aplicada a un material y la deformación resultante, por lo que, permiten predecir el comportamiento de los materiales bajo diferentes condiciones de carga, temperatura y entorno (Villagrán et al., 2013).

“Uno de los modelos más comunes es el modelo elástico lineal, que asume una relación lineal entre el esfuerzo aplicado y la deformación resultante dentro del rango elástico del material” (Villagrán et al., 2013).

Para materiales que experimentan comportamiento no lineal, como el concreto y algunos metales, se utilizan modelos más complejos, que incluyen diferentes etapas de deformación, como la elasticidad, la plasticidad y la fluencia (Villagrán et al., 2013).

2.2.3.1. Para concreto

Ezeldin y Balaguru. Llevaron a cabo pruebas con el concreto sometiéndolo a fuerzas de compresión que oscilaron entre 35 a 85 MPa. Estas muestras estaban fortalecidas con fibras de acero que tenían una relación de aspecto (l_f/d_f) de 60, 75 y 100, y una proporción de volumen de fibras (V_f) que variaba desde 0% hasta 0.75% (Luque, 2020).

$$\frac{f'_{cf}}{f'_{cf}} = \frac{\beta \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cf}} \right)}{\beta - 1 + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cf}} \right)^\beta} \quad (23)$$

$$\beta = 1.093 + 0.713(RI)^{-0.926} \quad (24)$$

Donde, f'_c Resistencias del concreto simple, f'_{cf} Resistencias del concreto reforzado con fibras de acero, β Factor que considera la influencia de las fibras en la forma de la curva.

$$\varepsilon_{cf} = \varepsilon_c + 0.000446(RI) \quad (25)$$

Donde, ε_c Deformación del concreto simple relacionado a f'_c , ε_{cf} Deformación a la compresión del concreto reforzado con fibras de acero.

$$RI = W_f \times \frac{l_f}{d_f} \quad (26)$$

Donde, RI Índice de reforzamiento.

$$W_f = 3.27 \times d_f \quad (27)$$

Donde, W_f Peso de las fibras en fracción, d_f se expresa en fracción.

Mansur. En este modelo se determinó el comportamiento del concreto reforzado con fibras de acero con resistencia a la compresión, con una variación de 70 y 120 Mpa con V_f de 0 % a 1.5% y L_f/d_f de 60 (Luque, 2020).

Si $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{cf}$ se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{f'_{cf}}{f'_c} = \frac{\beta \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cf}} \right)}{\beta - 1 + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cf}} \right)^\beta} \quad (28)$$

Si $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{cf}$ se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{f'_{cf}}{f'_c} = \frac{k_1 \beta \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cf}} \right)}{k_1 \beta - 1 + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cf}} \right)^{k_2 \beta}} \quad (29)$$

Donde, ε_c Deformación del concreto simple relacionado a f'_c , ε_{cf} Deformación del concreto reforzado con fibras de acero. k_1 y k_2 Parámetros para incluir la influencia de las fibras en el comportamiento del concreto.

$$k_1 = \left(\frac{50}{f'_c} \right)^3 \left[1 + 2.5 \left(\frac{V_f l_f}{d_f} \right)^{2.5} \right] \quad (30)$$

$$k_2 = \left(\frac{50}{f'_c} \right)^{1.3} \left[1 + 0.11 \left(\frac{V_f l_f}{d_f} \right)^{-1.1} \right] \quad (31)$$

$$\varepsilon_{cf} = \left| 0.00050 + 0.00000072 \left(\frac{V_f l_f}{d_f} \right) \right| f'^{0.35}_c \quad (32)$$

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{f'_c}{\varepsilon_{cf} E_{cf}}} \quad (33)$$

Donde, E_{cf} Módulo de elasticidad tangente inicial del concreto reforzado con fibras de acero, V_f Fracción volumétrica de fibras, L_f/d_f Cociente entre la longitud y el diámetro de la fibra, L_f/d_f se determinar mediante la relación de la longitud y el diámetro de la fibra, mientras que V_f se determina mediante la relación de la dosificación de fibras y la densidad del acero el cual se expresa en porcentaje o fracción.

$$E_{cf} = (10300 + 400V_f)f'_c{}^{1/3} (MPa) \quad (34)$$

Araujo. Llevó a cabo un estudio detallado sobre la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas con dimensiones estándar de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura. Durante el experimento, se varió la fracción de volumen de fibras (V_f) en las muestras, ajustándola en un rango que iba desde el 0.75% hasta el 2%. Este análisis minucioso permitió evaluar cómo diferentes concentraciones de fibras afectaban la capacidad de resistencia a la compresión del material (Luque, 2020).

$$\frac{f'_c}{f'_{cf}} = \frac{k_1\beta\left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cf}}\right)}{k_1\beta-1+\left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cf}}\right)^{k_2\beta}} \quad (35)$$

Para determinar los parámetros de K_1 y K_2 se utilizará la siguiente fórmula:

$$K_1 = 478.608f'_c{}^{-1.593} + V_f^{0.658} \quad (36)$$

$$K_2 = 34.513f'_c{}^{-0.925} + V_f^{0.368} \quad (37)$$

Para obtener el factor β se utilizará la ecuación siguiente:

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{f'_c}{\epsilon_{cf}E_{cf}}} \quad (38)$$

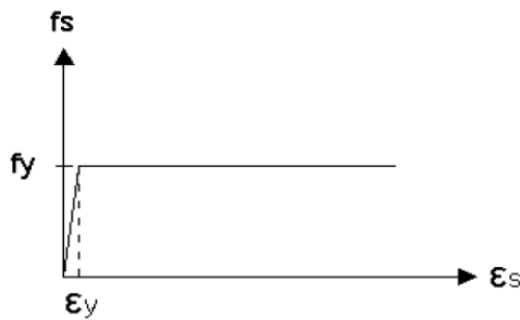
Para obtener E_{cf} se utilizará la ecuación siguiente:

$$E_{cf} = 4576\sqrt{f'_c} (MPa) \quad (39)$$

2.2.3.2. Para acero

Modelo de elastoplástico para el acero. Asume que no hay resistencia por encima del punto de fluencia, es decir, se ignora el aumento de esfuerzo por deformación del acero, lo que lo convierte en uno de los modelos más fáciles de entender. Este modelo se utiliza en el código ACI para el diseño de concreto armado (Luque, 2020).

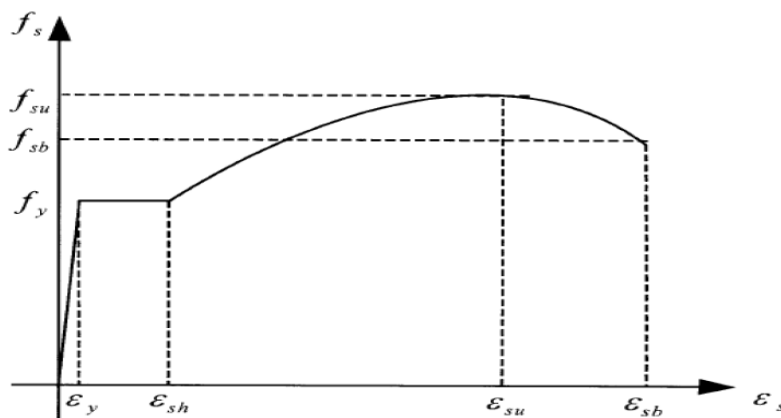
Figura 6 Modelo Esfuerzo-Deformación Elastoplástico Perfecto para Acero



Nota: (Luque, 2020).

Modelo de Mander para acero de refuerzo. Describe la curva tensión-deformación en tres partes: la parte elástica lineal, la zona plana de postfluencia y la zona de endurecimiento por deformación. Este modelo, especialmente útil para tracciones, se aplica a los esfuerzos en el acero cuando se encuentra en la zona de endurecimiento por deformación (Luque, 2020).

Figura 7 Curva Esfuerzo-Deformación del Acero de Refuerzo a Tracción



Nota: (Luque, 2020).

2.2.4. Norma ATC-40 en el análisis no lineal

2.2.4.1.Generalidades

Esta norma, desarrollada por el Applied Technology Council, proporciona pautas para determinar del desempeño sísmico. Tiene un marco metodológico para la evaluación sísmica de edificaciones mediante el análisis estático no lineal, comúnmente conocido como análisis pushover.

También conocida como “Procedimientos para Evaluación Sísmica de Edificios”, es ampliamente utilizada en el análisis pushover de edificaciones en Estados Unidos. Esta norma establece un enfoque sistemático para determinar el comportamiento estructural por una serie de análisis no lineales. El análisis pushover permite determinar la respuesta global de la estructura y evaluar su capacidad de resistir cargas sísmicas (Marulanda & Torres, 2010).

Varios estudios han investigado la efectividad de la norma ATC-40 en el análisis pushover de edificaciones; por ejemplo, según los hallazgos de Jhonson & Trifunac (2003), el enfoque propuesto por ATC-40 proporciona resultados comparables con el análisis dinámico no lineal. Estos autores señalan que el análisis pushover sigue siendo un método efectivo para evaluar el comportamiento sísmico de edificaciones bajo ciertas limitaciones.

2.2.4.2.Metodología general del análisis Pushover

Modelado de la estructura: Se realiza un modelo de la estructura que incluya la geometría, materiales, condiciones de contorno y conexiones.

Selección de cargas laterales: Se aplica un patrón de carga lateral, generalmente triangular o uniforme, que incrementa gradualmente hasta que la estructura alcanza su punto de colapso.

2.2.4.3. Procedimiento de Análisis (ATC-40, 1996)

Curva de capacidad: Se genera la curva que representa la relación entre fuerzas laterales aplicadas y los desplazamientos horizontales resultantes en el edificio.

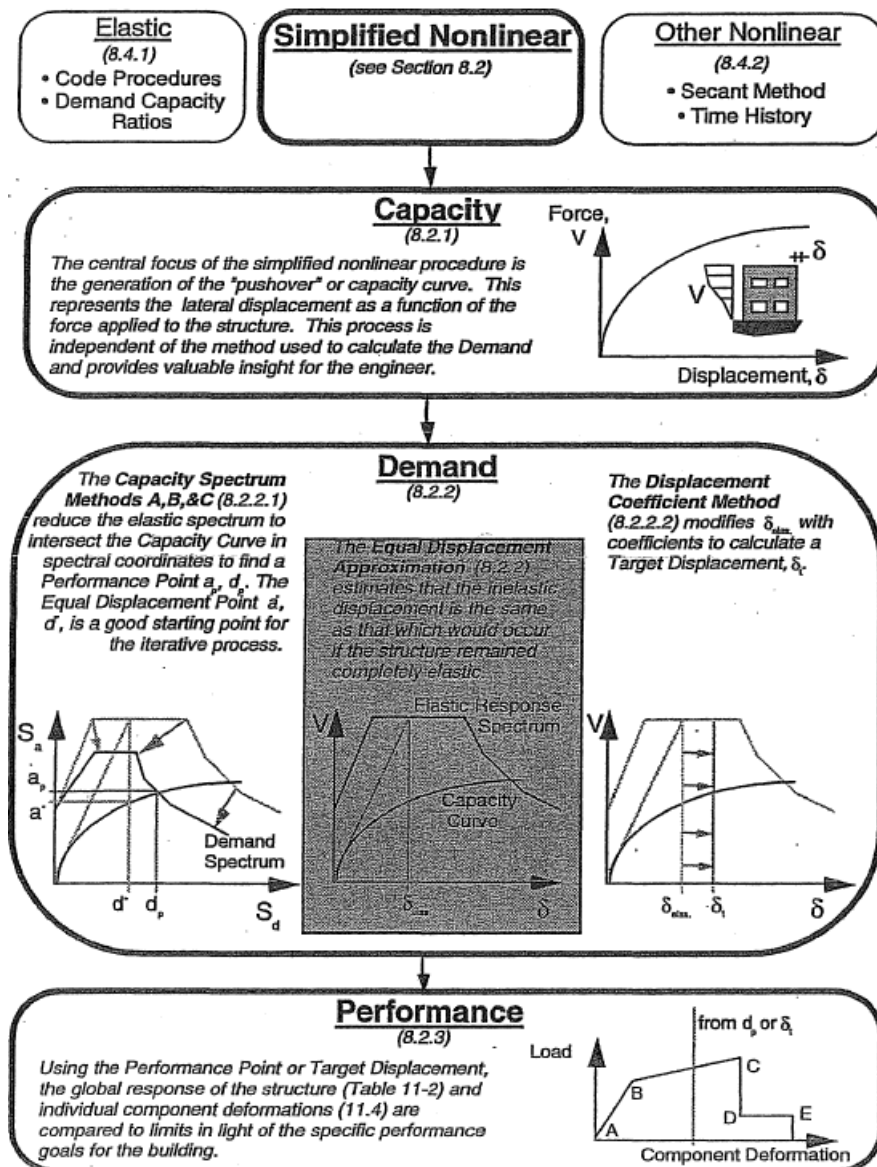
$$V = K \times \Delta \quad (40)$$

Donde, V es la fuerza cortante, K es la rigidez efectiva, y Δ es el desplazamiento horizontal en el nivel de interés.

Análisis de demandas: para evaluar la performance de la estructura.

Figura 8

Análisis Pushover con la Norma ATC-40 (1996)



Nota: (ATC-40, 1996).

2.2.4.4. Niveles de amenaza sísmica y espectro de demanda

La norma sugiere considerar niveles de amenaza sísmica basados en la ubicación geográfica y la historia sísmica de la zona. Esto ayuda a determinar las cargas sísmicas esperadas que deben ser utilizadas en el análisis (ATC-40, 1996).

Tabla 1

Niveles de Amenaza Sísmica por el Método ATC-40

Sismo	Años de vida útil	% Excedencia	Años de retorno
SS – servicio	50	50	72
SD – diseño	50	10	475
SM – máximo	50	5	975

Nota: (ATC-40, 1996).

La demanda se deriva de análisis sísmicos que consideran características locales de sismicidad, geología y condiciones del suelo. Este espectro muestra la relación entre la aceleración y desplazamiento espectral (S_a y S_d , respectivamente) para diferentes periodos de vibración (ATC-40, 1996).

Tabla 2

Estimación del Espectro de Demanda por el Método ATC-40

Sismo	g	Nivel de movimiento
SS	0.255	0.5 SD
SD	0.450	SD
SM	0.562	1.25 a 1.5 SD

Nota: (ATC-40, 1996).

2.2.4.5. Niveles de capacidad

Los niveles de capacidad se refieren a la capacidad para resistir cargas sísmicas sin experimentar daños significativos. Se identifican puntos clave en la curva de capacidad que representan el comportamiento desde elástico hasta plástico y finalmente hasta el fallo estructural (ATC-40, 1996).

Tabla 3*Niveles de Desempeño*

	SP-1 Inmediata ocupación	SP-2 Daño controlado (rango)	SP-3 Seguridad	SP-4 Seguridad limitada (rango)	SP-5 Estabilidad estructural	SP-6 No considerado
NP-A Operacional	1-A	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Inmediata ocupación	1-B	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Seguridad	1-C	2-C	3-C	4-C	5-C	6-C
NP-D Amenaza	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E No considerado	NR	NR	3-E	4-E	5-E	No aplicable

Nota: 1-A operacional, 1-B Ocupación inmediata, 3-C seguridad de vida, 5-E Prevención de colapso, (2-A, 2-B, etc): otros niveles de desempeño posibles. La designación NR corresponde a niveles de desempeño no recomendables (ATC-40, 1996).

2.2.4.6. Objetivos de desempeño

La norma ATC-40 (1996) define los objetivos de desempeño, tales como la operatividad, vida segura y la prevención de colapsos. Estos objetivos ayudan a guiar el diseño y la evaluación sísmica para asegurar que la estructura cumpla con los requisitos de seguridad y funcionalidad después de un evento sísmico.

Tabla 4*Objetivos según el ATC-40*

		Nivel de desempeño del edificio			
		Operacional	Ocupación inmediata	Seguridad de vida	Estabilidad estructural
Nivel de sismo de	SS	P	NA	NA	NA
	SD	P	P	P	NA
	SM	NA	P	P	P

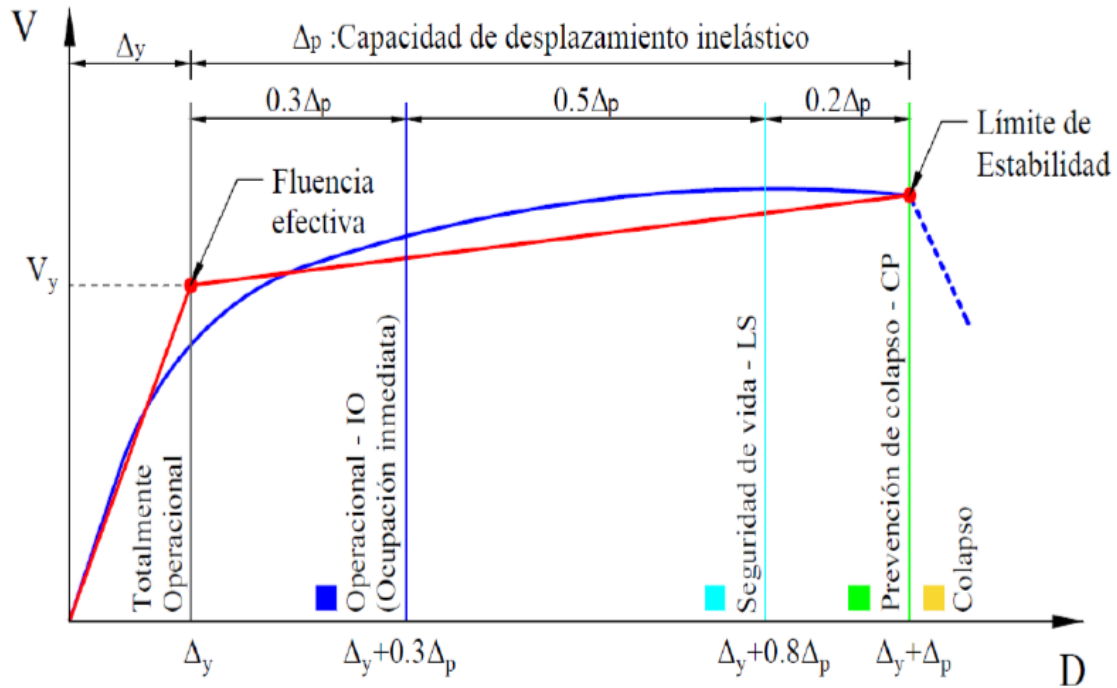
Nota: (ATC-40, 1996).

2.2.4.7. Representación bilineal del espectro de capacidad

La representación bilineal es útil para visualizar y evaluar la capacidad de deformación y la ductilidad de la estructura (ATC-40, 1996).

Figura 9

Diagramatización de la Curva de Capacidad de Desplazamiento ATC-40



Nota: (ATC-40, 1996).

2.2.4.8. Límites de deriva

La norma ATC-40 proporciona guías para calcular los límites de deriva en función de la altura y el tipo de estructura (ATC-40, 1996).

Tabla 5

Límites de Deriva según ATC-40

Deriva límite de entripiso	Nivel de desempeño			
	Ocupación inmediata	Control de daño	Seguridad de vida	Estabilidad estructural
Deriva total máxima	0.01	0.001-0.002	0.002	$0.33 \times \frac{V_i}{P_i}$
Deriva inelástica máxima	0.005	0.005-0.015	Sin limite	Sin limite

Nota: (ATC-40, 1996).

2.2.5. Norma FEMA 356 en el análisis no lineal

2.2.5.1.Generalidades

Esta norma, desarrollada por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA) de Estados Unidos, establece los procedimientos de análisis sísmico de estructuras nuevas y existentes. También se basa en la teoría y los resultados de investigación sísmica, pero puede diferir en algunos aspectos de la norma ATC-40.

El FEMA 356 es ampliamente utilizada, esta norma establece directrices para el análisis y la rehabilitación sísmica. Uno de los métodos que se utiliza con frecuencia para realizar este análisis es el tipo Pushover, que simula la respuesta a través de una carga lateral incremental aplicada en la parte superior de la estructura.

Varios estudios han demostrado la efectividad de la norma FEMA 356 en el análisis Pushover de edificaciones. Smith et al. (2010) encontraron que el uso de la norma FEMA 356 proporcionó resultados confiables y precisos. Además, el estudio de Johnson & Lee (2015) mostró que la aplicación de esta norma permitió una mejor comprensión del comportamiento estructural y una evaluación más precisa de una edificación.

En otro estudio realizado por Wang et al. (2018), se compararon los resultados obtenidos mediante el análisis Pushover utilizando la norma FEMA 356 con los experimentos de ensayo en un edificio de acero. Los autores encontraron una buena correspondencia entre los resultados del análisis Pushover y los experimentos, demostrando así las capacidades de la norma FEMA 356.

2.2.5.2. Objetivos y metodología

FEMA 356 (2000) proporciona una metodología sistemática para la evaluación y mejora del rendimiento sísmico. El proceso comienza con la recopilación de datos sobre la estructura existente, seguido de una evaluación del rendimiento sísmico mediante análisis estáticos no lineales (pushover).

Primer análisis pushover de vectores de carga única invariante/inercia modal

(FEMA 356): En un primer análisis de pushover de inercia modal, el patrón de carga lateral se basa en un único modo fundamental de vibración de la estructura. La carga lateral aplicada es proporcional a la masa que participa en el primer modo de vibración. Este enfoque considera principalmente las fuerzas de inercia del primer modo y descuida las contribuciones de los modos superiores. El análisis es a menudo más sencillo que el pushover multimodal, pero puede no capturar el comportamiento de respuesta completo de estructuras complejas que involucran significativamente modos más altos durante eventos sísmicos. Este método propuso tres patrones de carga lateral, como se muestra a continuación: (Kuria & Kegyes-Brassai, 2023)

Distribución según la forma del modo fundamental:

$$F_i = W_i \times \phi_i \quad (41)$$

Distribución del triángulo invertido:

$$F_i = \frac{W_i \times \phi_i}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i} \times V_b \quad (42)$$

El valor de V_b es dado por:

$$V_b = S_d \times T_n \times W \quad (43)$$

Distribución de carga según lo estipulado en FEMA 356:

$$F_i = \frac{W_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k} \times V_b \quad (44)$$

Distribución uniforme del patrón de carga:

$$F_i = W_i \quad (45)$$

Análisis pushover de vectores multimodo invariantes: en este procedimiento, se combinan diferentes modos. Los modos apropiados se identifican e incluyen en el análisis de manera que se alineen con el análisis realizado. Generalmente se aplica la siguiente expresión para determinar la distribución de las cargas:

$$F_i = \sum_{j=1}^n \alpha_m \Gamma_j M_i \phi_i S_a (\zeta_j, T_j) \quad (46)$$

Vectores de carga adaptativos: este es un método en el que el patrón de carga no es constante, sino que cambia y se actualiza instantáneamente durante el análisis. La siguiente expresión se aplica generalmente para determinar la distribución de las cargas.

Bajo un patrón de carga inicial asumido, se determinó la carga incremental aplicando la siguiente expresión:

$$F_i^{k+1} = V_b^k \left(\frac{F_i^k}{V_b^k} - \frac{F_i^{k-1}}{V_b^{k-1}} \right) + \Delta V_b^{k+1} \left(\frac{F_i^k}{V_b^k} \right) \quad (47)$$

Para tener en cuenta los modos superiores, esto se modificó posteriormente como:

$$F_i = \frac{W_i \sqrt{\sum_j^n (\phi_i \times \Gamma_{ij})^2}}{\sum_{L=1}^N W_L \sqrt{\sum_j^n (\phi_L \times \Gamma_{Lj})^2}} \times V_b + F_i^0 \quad (48)$$

En las ecuaciones (1) a (8), varios símbolos representan aspectos clave de la distribución de carga sísmica en estructuras. F_i es la distribución de fuerza en cada nivel, W_i denota el peso en cada nivel y ϕ_i indica el desplazamiento en el modo fundamental. h_i es la altura de cada nivel, V_b representa el corte de la base y otros símbolos, como Γ_j , M_i , ϕ_{ij} , S_a (ζ_j , T_j), ΔF_i y ΔV_b son Se utiliza para análisis multimodal y vectores de carga adaptativos en análisis sísmico.

Desplazamiento del objetivo: Según López & Del Re (2008) este método estima el desplazamiento en el techo de una estructura de N grados de libertad, que

reacciona de manera inelástica, utilizando un desplazamiento inicial del sistema elástico de un grado de libertad y aplicando factores de corrección (C_0 , C_1 , C_2 , C_3). Se inicia con la creación de la curva de capacidad de la estructura a través de un análisis estático no lineal, seguido por la construcción de una representación bilineal. A partir de esta representación, se calcula el período fundamental efectivo (T_e) y la fuerza cortante basal cedente (V_y). El período T_e se ajusta basado en la rigidez efectiva derivada de la curva bilineal de capacidad. Finalmente, se calcula la demanda de desplazamiento (δ_t).

$$\delta_t = C_0 \times C_1 \times C_2 \times C_3 \times S_a \times \frac{T_e^2}{4\pi^2} \quad (49)$$

Donde, C_0 es un factor que vincula el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad con el desplazamiento en el techo de un sistema multigrado, fluctuando entre 1 y 1.5 en función del número de pisos y del tipo de estructura. Por su parte, C_1 ajusta el desplazamiento inelástico a elástico, variando también entre 1 y 1.5, dependiendo de variables como el período fundamental efectivo (T_e), el período de esquina del espectro (T_s), la aceleración espectral (S_a) y la fuerza cortante basal cedente (V_y). C_2 es un factor que ajusta el desplazamiento para reflejar el efecto de la forma de los ciclos de histéresis, incluyendo la degradación de rigidez y el deterioro de resistencia, y varía entre 1 y 1.5 basado en la relación T_e/T_s , el tipo de estructura y el nivel de deformación. C_3 representa el incremento del desplazamiento debido al efecto dinámico P- Δ .

Mejoras a la propuesta metodológica: El documento FEMA-440 (2005) sugiere varias mejoras con respecto al “método de coeficiente” FEMA-356 (2000) para la estimación del desplazamiento. En primer lugar, introduce una ecuación revisada para C_1 como sigue:

$$C_1 = 1 + \frac{R-1}{\alpha T_e^2} \quad (50)$$

Aquí, α se establece en 130, 90 y 60 para las clases de sitio B, C y D, respectivamente.

La siguiente mejora se refiere al coeficiente C_2 , expresado de la siguiente manera:

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} + \left(\frac{R-1}{T}\right)^2 \quad (51)$$

Por último, FEMA-440 sugiere omitir el coeficiente C_3 e introduce una restricción de resistencia para evitar la inestabilidad dinámica. Esta restricción de fuerza se define estableciendo un valor máximo para R , como se ilustra a continuación:

$$R_{max} = \frac{\Delta_d}{\Delta_y} + \frac{\alpha_2^{-t}}{4}; t = 1 + 0.5 \times \ln(T) \quad (52)$$

En esta ecuación, Δ_d representa la deformación en la resistencia máxima, Δ_y denota la deformación por fluencia y α_2 es la pendiente negativa del segmento de resistencia-degradación de la curva fuerza-deformación.

2.2.5.3. Niveles de amenaza sísmica y espectro de demanda

La norma establece distintos niveles de amenaza sísmica basados en la localización y las características geotécnicas del sitio. El espectro de demanda, que se deriva de estos niveles, refleja la intensidad y frecuencia de los movimientos del suelo esperados para un sitio específico, y es importante para la determinación de la demanda sísmica en la estructura evaluada (FEMA 356, 2000).

Tabla 6

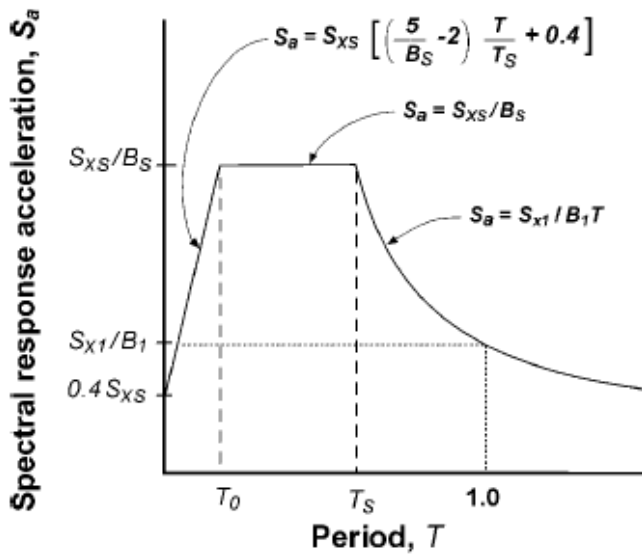
Niveles de Amenaza Sísmica por el Método FEMA 356

Sismo	Años de vida útil	% excedencia	Años de retorno
Frecuente	50	50	72
Ocasional	50	20	225
Raro	50	10	474
Muy raro	50	2	2475

Nota: (FEMA 356, 2000).

Figura 10

Espectro de Demanda por el Método FEMA 356



Nota: (FEMA 356, 2000).

Tabla 7

Estimación del Espectro de Demanda por el Método FEMA 356

Sismo de diseño	Aceleración (g)	Nivel de desempeño	Fórmula
Frecuente	0.23 g	Totalmente operacional	$S_{d1}=0.7D_y$
Ocasional	0.28 g	Operacional	$S_{d2}=D_y$
Raro	0.45 g	Seguridad de vida	$S_{d3}=D_y+0.25(D_u-D_y)$
Muy raro	0.675 g	Próximo al colapso	$S_{d4}=D_u$

Nota: (FEMA 356, 2000).

2.2.5.4. Niveles de capacidad

FEMA 356 (2000) define varios niveles de capacidad estructural, que son identificados durante el análisis pushover. Estos niveles indican diferentes estados de daño en la estructura, desde el comportamiento completamente elástico hasta el colapso total, y son esenciales para entender hasta qué punto la estructura puede resistir la carga sísmica sin fallar.

Tabla 8*Niveles de Desempeño por el Método FEMA 356*

Niveles de desempeño no estructural	SP-1 Inmediata ocupación	SP-2 Daño controlado (rango)	SP-3 Seguridad	SP-4 Seguridad limitada (rango)	SP-5 Estabilidad estructural	SP-6 No considerado
NP-A Operacional	1-A	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Inmediata ocupación	1-B	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Seguridad	1-C	2-C	3-C	4-C	5-C	6-C
NP-D Amenaza	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E No considerado	NR	NR	3-E	4-E	5-E	No rehabilitable

Nota: 1-A operacional, 1-B Ocupación inmediata, 3-C seguridad de vida, 5-E Prevención de colapso, (2-A, 2-B, etc): otros niveles de desempeño posibles. La designación NR corresponde a niveles de desempeño no recomendables (FEMA 356, 2000, pág. 53)

2.2.5.5. Objetivos de desempeño

Se definen según los niveles de daño aceptables y la funcionalidad de la estructura post-sismo. Estos objetivos varían desde evitar el colapso hasta limitar daños a elementos no estructurales, y son fundamentales para determinar las intervenciones de refuerzo necesarias.

Tabla 9*Objetivos de Desempeño según el FEMA 356*

		Nivel de desempeño del edificio			
		Operacional	Ocupación inmediata	Prestaciones de seguridad	Prevención de colapso
		Nivel (1-A)	Nivel (1-B)	Nivel (3-c)	Nivel (5-E)
Nivel de sismo de diseño	Frecuente	a	b	c	d
	Ocasional	e	f	g	h
	Raro	i	j	k	l
	Muy raro	m	n	o	p

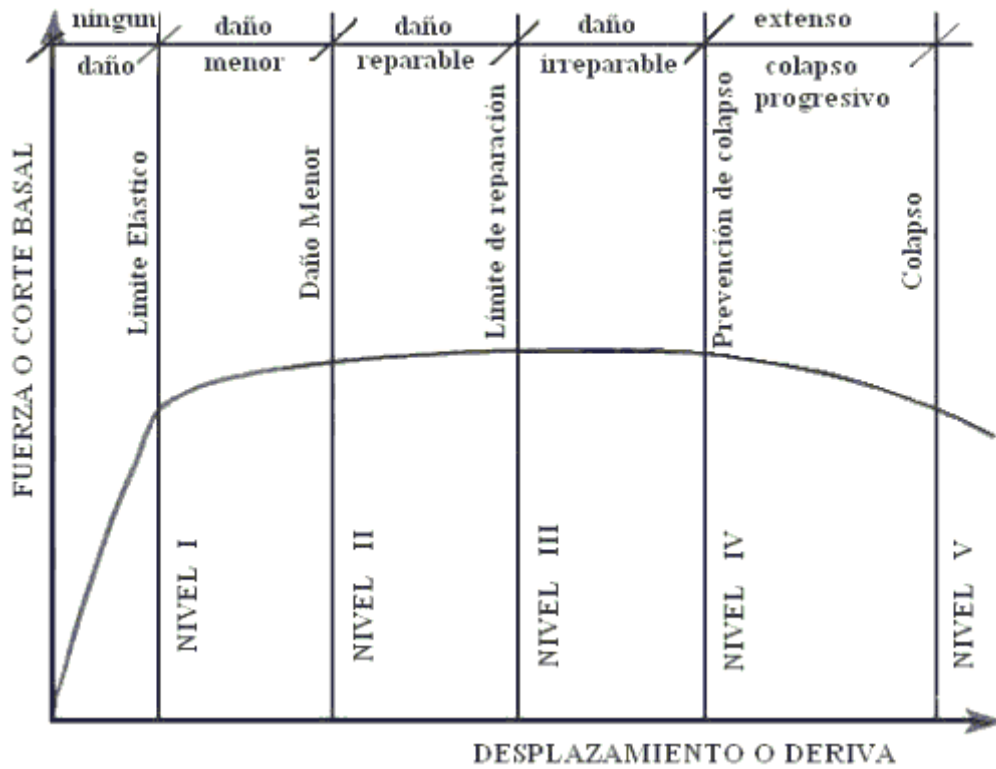
Nota: (FEMA 356, 2000, pág. 39).

2.2.5.6. Representación bilineal del espectro de capacidad

El análisis genera la curva de capacidad que debe ser simplificada a una forma bilineal para compararla con el espectro de demanda (Lobo, 2005).

Figura 11

Límites de Daño



Nota: (Lobo, 2005).

2.2.5.7. Límites de deriva

Tolerancias máximas para la deriva de una estructura durante un terremoto.

$$\delta = \frac{\Delta_{total}}{h} \quad (53)$$

Donde, δ deriva, Δ_{total} desplazamiento total en la altura h de la estructura.

2.3. Marco conceptual

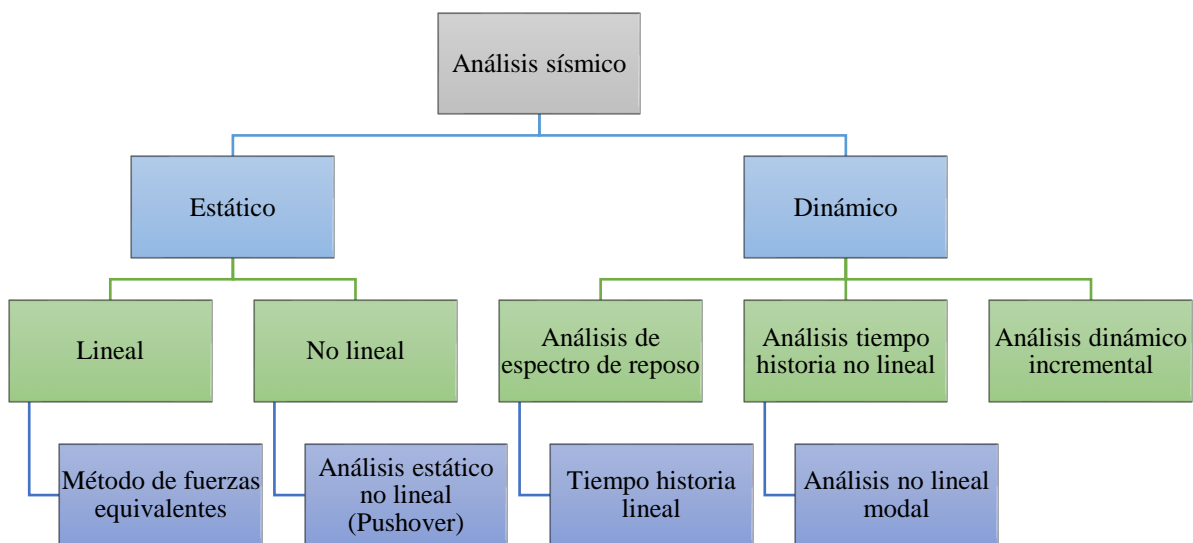
2.3.1. Análisis sísmico

El análisis sísmico está destinado a evaluar la respuesta estructural frente a los terremotos. Este tipo de análisis permite a los ingenieros diseñar edificaciones que puedan resistir los efectos destructivos de los movimientos sísmicos, asegurando la seguridad de las personas y minimizando daños en la propiedad (Bravo & Montenegro, 2018).

La evaluación estructural se lleva a cabo mediante dos enfoques de análisis: lineal y no lineal, los cuales se clasifican adicionalmente en estáticos y dinámicos. Estos métodos evalúan la capacidad estructural de una edificación o sus componentes, definida como la aptitud para soportar cargas o demandas sísmicas. Dicha capacidad es variable y depende de factores como la resistencia, la máxima deformación soportable y la función que desempeña la estructura (Pujada & Ricaldi, 2023).

Figura 12

Diagrama de Flujo de los Métodos de Análisis Sísmico



Nota: (Kuria & Kegyes-Brassai, 2023)

2.3.1.1. Análisis lineal

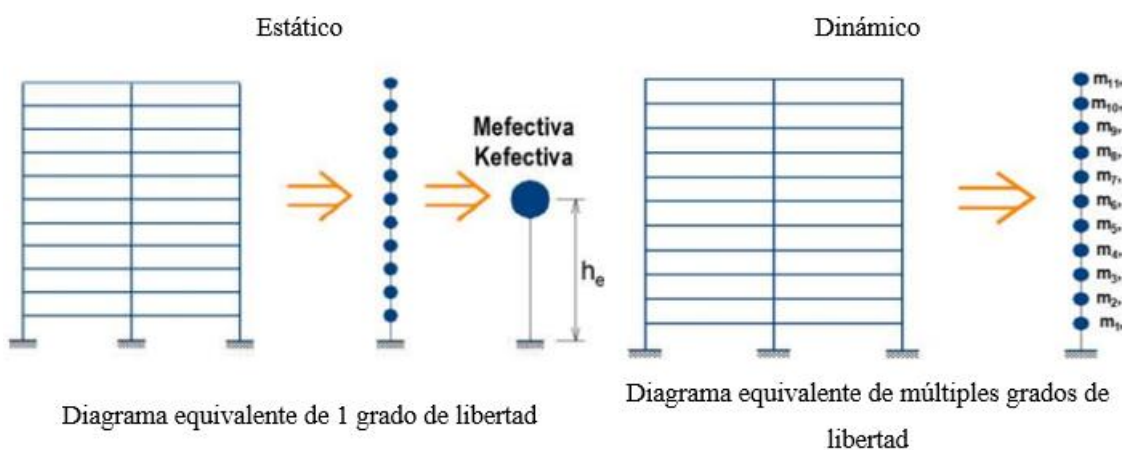
Comprendido por la ley de Hooke, por tanto, se concentra en el estudio solamente del rango elástico (Pujada & Ricaldi, 2023). Se da cuando la rigidez y el amortiguamiento son constantes. Este tipo de análisis usualmente se utilizan solo para edificios que presenten regularidad, para estructuras irregulares no es recomendable porque los resultados arrojados pueden salir inexactos (Bravo & Montenegro, 2018).

$$[F] = [K] \times [d] \quad (54)$$

Donde, F vector de cargas nodales, K matriz de rigidez, d desplazamiento nodal.

Figura 13

Diagramas de Análisis Lineal



Nota: Adaptado de (Pujada & Ricaldi, 2023).

a) Análisis lineal estático

Se busca determinar los desplazamientos, las fuerzas internas, las fuerzas necesarias para diseñar el análisis sísmico, así como las fuerzas distribuidas verticalmente a lo largo del edificio. A través del uso de cargas laterales estáticas y del procedimiento estático, se facilita la determinación de la relación demanda-capacidad. En el análisis estático lineal, el edificio se modela como un sistema de un grado de libertad con una rigidez lineal (Díaz & Díaz, 2020).

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \quad (55)$$

Donde, C “factor de amplificación sísmica”, R “coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas”, S “factor de suelo”, Z “factor de zona”, U “factor de uso”, P “peso total de la estructura”, V “fuerza cortante en la base”.

b) Análisis lineal dinámico

Se emplea este enfoque para la representación de estructuras con irregularidades mediante un sistema de múltiples grados de libertad, caracterizado por una matriz de rigidez lineal y elástica, así como una de amortiguamiento viscoso equivalente (Díaz & Díaz, 2020).

La norma E-030 (MVCS, 2018) denomina a este procedimiento como “Análisis Modal Espectral”. Este método se fundamenta en examinar los diversos modos de vibración, los cuales se caracterizan por sus relaciones de desplazamiento. Se define un espectro de pseudoaceleraciones, representado con el objetivo de calcular una aceleración que facilite la determinación de las fuerzas, posteriormente empleadas para calcular derivas.

$$Sa = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times g \quad (56)$$

Donde, C factor de amplificación sísmica, R coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas, S factor de suelo, Z factor de zona, U factor de uso, g gravedad, Sa pseudoaceleración.

2.3.1.2. Análisis no lineal

Técnica de evaluación estructural que considera el comportamiento no lineal de los materiales y la estructura misma frente a cargas o eventos extremos, como terremotos. Esto implica tener en cuenta la deformación más allá del límite elástico y la interacción entre diferentes partes de la estructura, permitiendo una evaluación más precisa de su capacidad y comportamiento ante situaciones críticas (Díaz & Díaz, 2020).

Mediante el empleo de este análisis se incrementa la probabilidad de aproximarse a la realidad del comportamiento de las edificaciones. Este método proporciona representaciones más confiables sobre cómo se desenvuelve la estructura, permitiendo prever y definir los mecanismos de fallo y el grado de colapso (Díaz & Díaz, 2020).

Análisis estático no lineal. De acuerdo a Choque & Luque (2019) este método es útil para calcular la curva de capacidad estructural. Su enfoque principal radica en aplicar cargas laterales progresivas que aumentan gradualmente hasta alcanzar un estado límite (donde la estructura falla). Cada componente de la estructura se equipa con rótulas plásticas según su tipo de falla. Para implementar estos patrones de carga lateral, es necesario comenzar desde una condición de “*carga gravitacional no lineal*”.

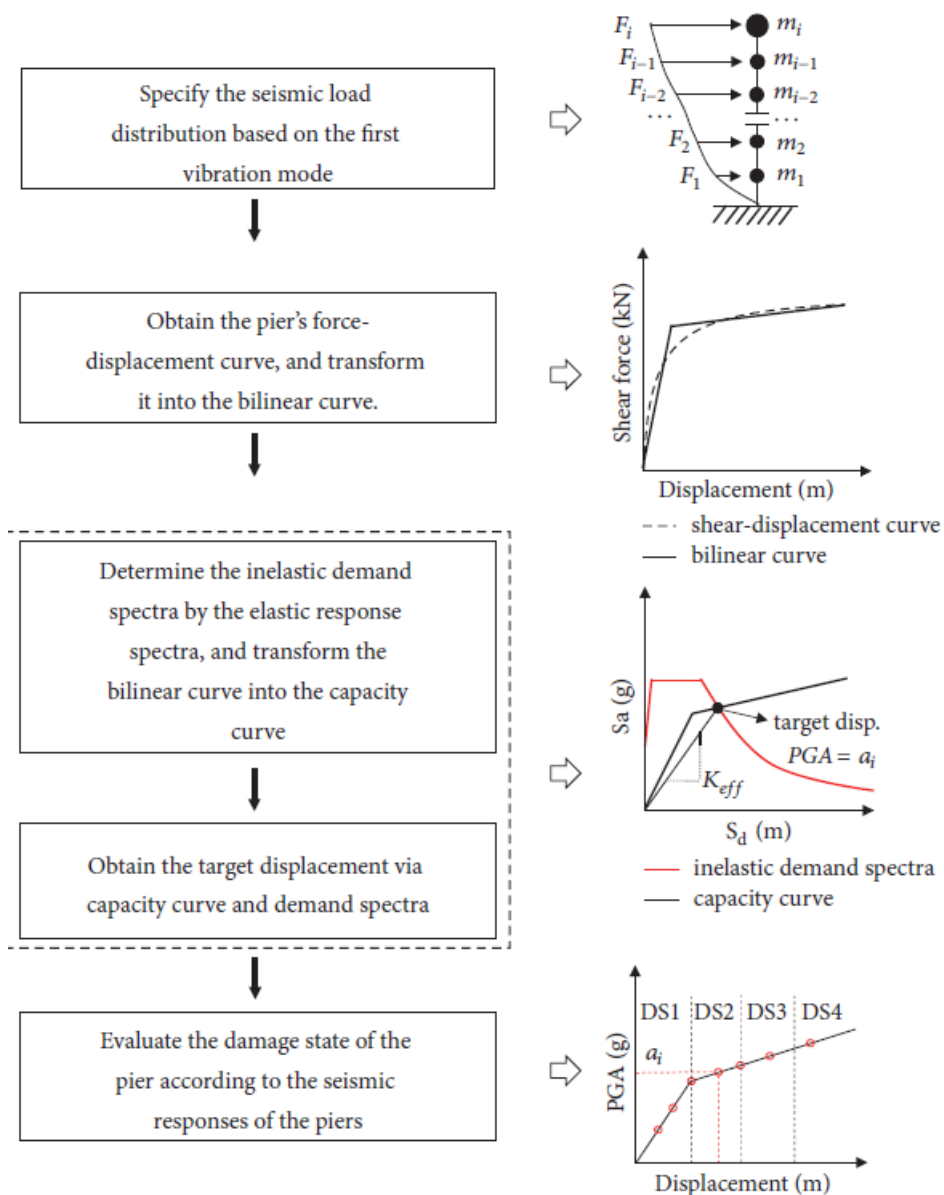
Análisis dinámico no lineal. Este enfoque analítico abarca efectos dinámicos y respuesta inelástica, lo que lo hace más detallado y cercano al comportamiento real. Pero, su aplicación efectiva requiere una comprensión clara de diversos parámetros, como las características de las frecuencias y los límites de ruptura (Díaz & Díaz, 2020).

2.3.2. Análisis estático no lineal “Pushover”

Técnica para evaluar la capacidad de una estructura frente a cargas sísmicas. Esto permite entender cómo se redistribuyen las fuerzas y deformaciones a medida que aumenta la carga, proporcionando información valiosa sobre su comportamiento sísmico y su capacidad para resistir eventos extremos (Choque & Luque, 2019).

Figura 14

Diagrama de Flujo del Análisis Pushover



Nota: (Guo et al., 2019).

2.3.2.1. Características del análisis Pushover

Según Choque & Luque (2019) las principales características son:

Modelo Simplificado: A menudo se usa un modelo simplificado de la estructura, como un sistema de un solo grado de libertad, para representar su respuesta global.

Reducción a un grado de libertad: Transforma un sistema de varios grados de libertad en su equivalente de un grado de libertad. Esta simplificación facilita la representación y comprensión de la respuesta global de la estructura.

Cálculo de la curva de capacidad: Esta curva muestra cómo la capacidad de la estructura varía en función de las cargas aplicadas, lo que es fundamental para comprender su comportamiento ante eventos sísmicos de diferentes magnitudes.

Evaluación de la ductilidad: Capacidad de la estructura para deformarse sin perder su capacidad portante, lo que es importante para resistir cargas sísmicas intensas de manera segura.

Cargas incrementales: Se aplican cargas horizontales incrementales a la estructura para simular un evento sísmico gradualmente creciente.

Estado límite de desplazamiento: El análisis busca identificar el estado en el que la estructura alcanza un desplazamiento crítico o un límite de capacidad, lo que indica su comportamiento frente a cargas sísmicas severas.

Redistribución de fuerzas: Permite visualizar cómo se redistribuyen las fuerzas internas y las deformaciones a medida que aumenta la carga, lo que ayuda a comprender mejor la capacidad y los mecanismos de falla de la estructura.

Identificación de zonas críticas: Permite identificar las zonas críticas de la estructura donde se agrupan las mayores deformaciones y esfuerzos, lo que ayuda en la toma de decisiones para reforzar o diseñar estructuras más resistentes.

2.3.2.2. Aplicación del análisis estático no lineal Pushover

Se puede resumir en los siguientes pasos: (Choque & Luque, 2019).

Modelado de la estructura: Se debe crear un modelo estructural que represente la geometría, materiales y condiciones reales.

Definición de cargas y restricciones: Se aplican las cargas gravitacionales y laterales a la estructura.

Selección de patrones de carga: Se eligen los patrones de carga lateral que se aplicarán incrementalmente durante el análisis.

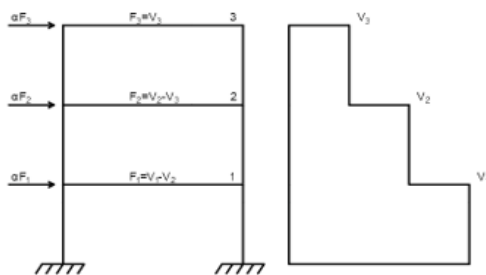
Análisis incremental: Se realiza el análisis estático no lineal, donde se aplican los patrones de carga lateral seleccionados de manera incremental.

Obtención de la curva de capacidad: Se registran los desplazamientos y las fuerzas para trazar la curva de capacidad.

Figura 15

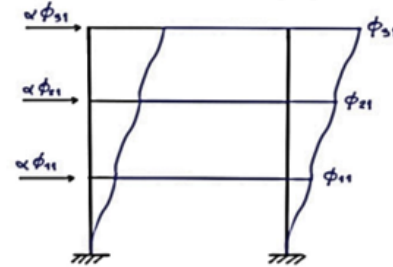
Diagramatización de Cargas Laterales

1er caso: Distribución de manera vertical y proporcional



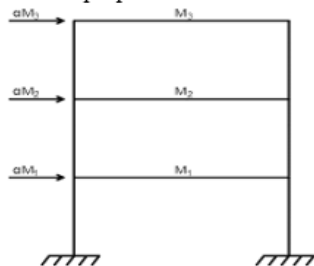
Donde, F fuerza sísmica, V fuerza cortante.

2do caso: Distribución vertical proporcional



Donde, ϕ amplitud, α factor de distribución vertical de carga.

3er caso: Distribución proporcional a la masa total de cada nivel



Donde, m masa de cada nivel, α factor de distribución vertical de carga.

4to caso: Distribución vertical de acuerdo a C_{vx}

$$C_{vx} = \frac{w_x \times (h_x)^k}{\sum_{i=1}^2 w_i \times (h_i)^k}$$

Donde, C_{vx} factor de distribución vertical de carga, w_x porción del peso total de la estructura en el nivel x , h_x altura total de la estructura desde la base hasta el nivel x , w_i porción del peso total de la estructura en el nivel i , h_i altura total de la estructura desde la base hasta el nivel i , $k=2$ cuando $T \geq 2.5s$ / 1 cuando $T \leq 0.5s$.

Nota: Adaptado de (Lloclle, 2021), (Aguilar & Alvares, 2022), (Diaz & Díaz, 2020).

2.3.3. Demanda sísmica

Se refiere a la fuerza o la acción sísmica que actúa sobre una estructura durante un terremoto. Es una medida de las fuerzas y deformaciones que experimentará la estructura debido al movimiento sísmico. Esta demanda varía según la intensidad del movimiento sísmico, la ubicación geográfica y las características específicas. Se puede medir en términos de aceleración, velocidad o desplazamiento (Akiyama, 2021).

2.3.3.1. Niveles de amenaza sísmica

Se refieren a la evaluación de la probabilidad y la intensidad de los terremotos en una región específica. Estos niveles se utilizan para determinar la capacidad que deben tener las estructuras para resistir los efectos de los sismos y minimizar los daños (Pujada & Ricaldi, 2023).

De acuerdo al ATC-40 (1996) se considera los niveles sísmicos:

- El Sismo de Servicio (SS) se refiere a la agitación del suelo con 50% de probabilidad de ser superado en unos 50 años. Su nivel de agitación es aproximadamente la mitad del sismo de diseño y tiene un período de retorno de alrededor de 75 años.
- El Sismo de Diseño (SD) corresponde al nivel del suelo que tiene 10% de probabilidad de ser superado en 50 años, para 500 años.
- El Sismo Máximo (SM) representa el nivel máximo de agitación del suelo en las zonas sísmicas 3 y 4, con un 5% de probabilidad de ser superado en 50 años. Este nivel de movimiento del suelo suele ser de 1.25 a 1.5 veces el nivel del sismo de diseño.

De acuerdo al FEMA 356 (2000) hay cuatro niveles de sismos:

- El Sismo Frecuente se refiere al nivel de actividad sísmica con un 50% de posibilidad de ser superado en 50 años. Normalmente, este nivel de sismo es aproximadamente la mitad del Sismo de Diseño y tiene un período de retorno medio de alrededor de 72 años.
- El Sismo Moderado tiene excedencia del 20% en 50 años. En términos de probabilidad, este sismo es equivalente al 0.75 del Sismo de Diseño y tiene un período de retorno medio de aproximadamente 225 años.
- El Sismo de Diseño tiene un 10% de posibilidad de ser superado en un período de 50 años, para retorno medio de 474 años.
- El Sismo Máximo Creíble Esperado, también conocido como Sismo Severo, representa el máximo nivel de actividad sísmica que puede ocurrir en la ubicación de un edificio dentro del contexto geológico específico. Este sismo tiene excedencia del 5% en 50 años y es de 1.25 a 1.5 veces el Sismo de Diseño, con retorno de 2475 años.

2.3.3.2. Espectro de demanda

El espectro de demanda es una representación gráfica que muestra cómo varía la respuesta de una estructura frente a las diferentes frecuencias de un terremoto. Se basa en la relación entre la aceleración sísmica y el período de vibración de la estructura. Este espectro es fundamental en el diseño sísmico de edificaciones, ya que ayuda a determinar las fuerzas y deformaciones máximas que la estructura experimentará durante un evento sísmico (Akiyama, 2021).

2.3.4. Capacidad sísmica

Capacidad para resistir las demandas sísmicas. Medida de la fortaleza ante la deformación que tiene la estructura antes de que su desempeño se vea afectado negativamente (Akiyama, 2021).

La capacidad sísmica se refiere a la habilidad de una estructura para resistir y absorber las fuerzas generadas por un terremoto sin sufrir daños significativos ni colapsar. Esta capacidad está relacionada con la resistencia, la rigidez y la ductilidad de la estructura, así como con la calidad de los materiales utilizados en su construcción. En el análisis sísmico, se evalúa la capacidad sísmica de una edificación para garantizar que pueda soportar las demandas sísmicas esperadas sin comprometer la seguridad de las personas que la utilizan (Rochel, 2012).

2.3.4.1. Curva de capacidad

En términos generales, ofrece una representación visual de la relación entre la fuerza lateral en la base de una estructura (conocida como cortante basal) y el desplazamiento en su techo. Para estructuras con baja flexibilidad y un período de vibración inferior a 1 segundo, esta curva también ilustra el primer modo de vibración. Sin embargo, en el caso de estructuras más flexibles, se deben tener en cuenta otros modos de vibración adicionales. Su propósito fundamental es identificar dos puntos específicos (Aguilar & Alvares, 2022)

El punto de capacidad de cedencia o fluencia se caracteriza por sus coordenadas, donde el eje horizontal representa el desplazamiento y el eje vertical representa la cortante basal. Este punto marca el inicio del rango no lineal de la estructura, indicando la fuerza lateral en la que la edificación comienza a comportarse de manera inelástica (Aguilar & Alvares, 2022).

Por otro lado, el punto de capacidad última se representa también por coordenadas que muestran el desplazamiento y cortante en el eje horizontal y vertical. Este punto simboliza la máxima capacidad de resistencia una vez que se ha alcanzado la plastificación completa, evidenciando su máxima capacidad de carga antes del colapso (Aguilar & Alvares, 2022).

2.3.4.2. Representación bilineal del espectro de capacidad

Método utilizado para modelar la capacidad de la edificación ante sismos. En esta representación, la curva se aproxima a una forma bilineal, lo que significa que tiene dos segmentos lineales conectados por un punto de cedencia (Akiyama, 2021).

En la primera parte de la curva, se representa la respuesta elástica de la estructura, donde la rigidez es constante y la deformación es proporcional a la fuerza aplicada. Esta sección de la curva se asemeja a la ley de Hooke en la mecánica de materiales. En la segunda parte de la curva, después del punto de cedencia, se muestra la respuesta inelástica de la estructura, donde la rigidez disminuye y se producen deformaciones plásticas (Akiyama, 2021).

2.3.4.3. Espectro de capacidad

Representación gráfica que muestra la capacidad estructural frente a distintos niveles de demanda sísmica. En esencia, es una curva que relaciona la fuerza o cortante basal en la base de la estructura con el desplazamiento en el techo, lo que proporciona una medida de la capacidad de la estructura para resistir fuerzas sísmicas en función de su deformación (Akiyama, 2021).

2.3.5. Punto de desempeño

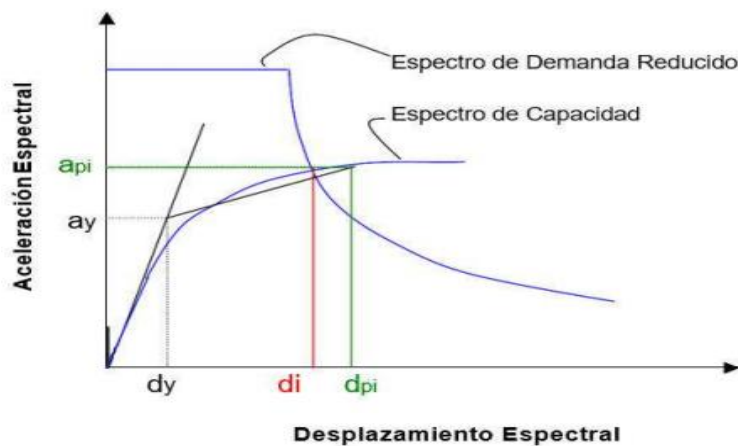
Estado específico en el cual se evalúa la respuesta de una estructura ante una demanda determinada (Akiyama, 2021).

Se identifica el punto de capacidad de cedencia, que marca el inicio de la respuesta inelástica, y el punto de capacidad última, que indica la máxima resistencia antes del colapso. Luego, se busca el punto de desempeño en la intersección del espectro de demanda y la curva de capacidad, asegurándose de que el desplazamiento esté dentro de un rango aceptable del desplazamiento. Si no cumple con este criterio, se repite el proceso (Barboza, 2018).

Cuando el desplazamiento en la intersección entre el espectro de demanda y el espectro de capacidad, denotado como d_i , se encuentra dentro de un rango del 5% del desplazamiento ($0.95 \times d_{pi} \leq d_i \leq 1.05 \times d_{pi}$) en el punto de rendimiento de prueba, a_{pi} , d_{pi} , se establece como el punto de rendimiento. En caso de que la intersección entre el espectro de demanda y el espectro de capacidad no se encuentre dentro de este rango aceptable, se elige un nuevo punto, a_{pi} , d_{pi} , y se repite el proceso (ATC-40, 1996).

Figura 16

Intersección de los Espectros de Demanda y Capacidad



Nota: (Fustamante, 2022).

2.3.6. Desempeño sísmico

Se refiere a la evaluación y cuantificación del daño que una estructura experimenta como resultado de un evento sísmico. Este daño puede manifestarse de diversas formas, como deformaciones, fisuras, agrietamientos, entre otros, dependiendo de la intensidad y duración del movimiento telúrico (Arévalo & Rodríguez, 2022).

Facultad para resistir y mantener su integridad frente a las fuerzas generadas por un sismo. Este concepto abarca diversos aspectos, como la capacidad estructural para soportar deformaciones inelásticas, la reducción de riesgos para la vida humana, la limitación de daños estructurales y la preservación de la funcionalidad esencial de la edificación después del evento sísmico. El análisis del desempeño sísmico implica evaluar la respuesta estructural ante diferentes niveles de sacudidas sísmicas, considerando tanto la resistencia como la ductilidad de la estructura (Akiyama, 2021).

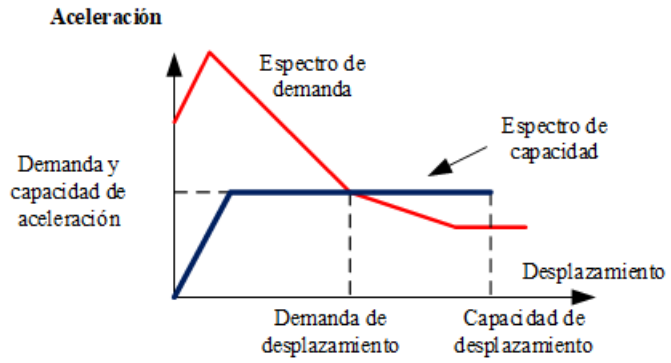
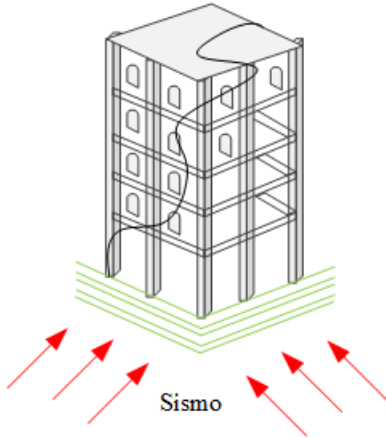
El diseño orientado al desempeño implica elegir métodos de evaluación adecuados para detallar correctamente los componentes. El objetivo es asegurar que, ante diferentes niveles de movimiento sísmico y con distintos niveles de fiabilidad, la estructura no experimente daños más allá de ciertos límites predefinidos. Este desempeño se mide según el grado de daño sufrido por la estructura durante un evento sísmico y cómo estos daños afectan su capacidad operativa posterior al sismo (Pujada & Ricaldi, 2023).

Según el ATC-40 (1996) el desempeño sísmico determina un límite o tolerancia de soporte ante sismos, teniendo en cuenta el nivel de desperfecto que puede recibir una estructura.

Figura 17

Desempeño Sísmico de Edificaciones

Capacidad. Fuerza en el punto de rendimiento del elemento o la curva de capacidad de la estructura.



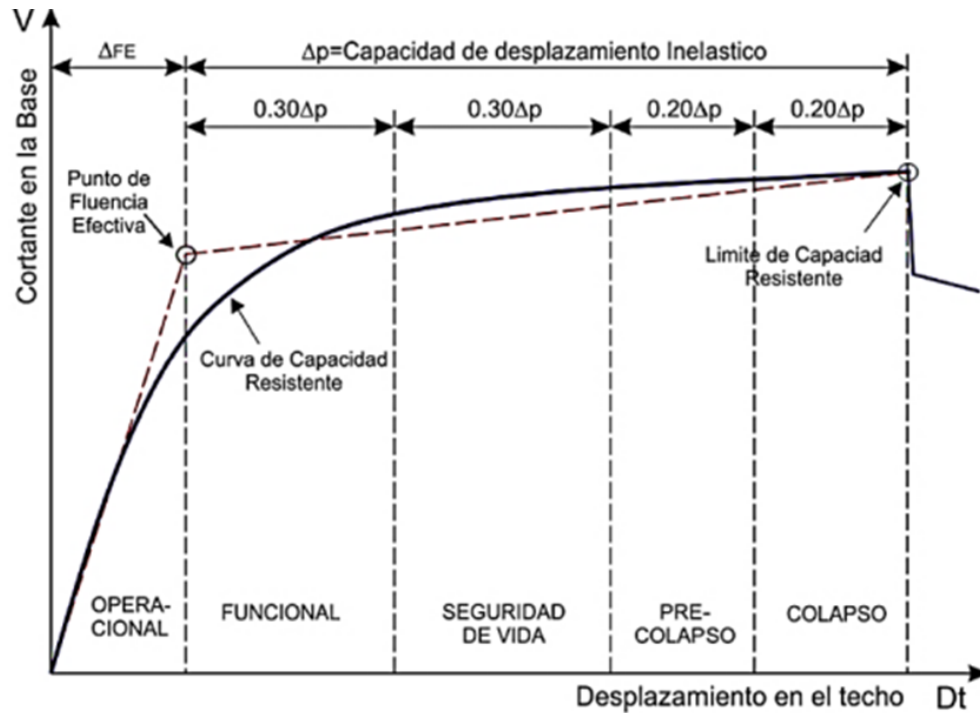
Demanda. Cantidad de fuerza o deformación impuesta en un elemento o componente.

Desempeño. Comportamiento estructural de la intersección de la capacidad versus la demanda.

Nota: (Fernández, 2022).

Figura 18

Sectorización de la Capacidad



Nota: (Fernández, 2022).

2.3.7. Niveles de desempeño

Se refieren a los diferentes estándares o criterios establecidos para evaluar cómo una estructura o edificio resiste y se comporta frente a un evento sísmico. Estos niveles pueden variar en función de la tolerancia al daño que se considere aceptable para la estructura y su uso posterior al sismo. Por lo general, se definen niveles como “vida segura”, donde la estructura no sufre daños que pongan en riesgo la seguridad de las personas; “vida funcional”, donde la estructura puede sufrir daños leves, pero conserva su funcionalidad básica; y “vida limitada”, donde la estructura puede sufrir daños significativos, pero aún puede ser reparada o rehabilitada (Akiyama, 2021).

2.3.7.1. Niveles de desempeño de acuerdo a la norma ATC-40 (1996)

a) Nivel de desempeño de los componentes estructurales

SP-1, ocupación inmediata. La estructura queda prácticamente inalterable con daños leves, las fuerzas verticales y laterales que resisten la estructura conservan casi todas sus características antes de la ocurrencia sísmica; condicionando así, a que el riesgo de pérdidas de vidas humanas sea despreciable.

SP-2, control de daños. Actúa como una zona de transición entre SP-1 (ocupación inmediata) y SP-3 (seguridad humana). En este nivel, aunque la vida humana no corre un riesgo, la funcionalidad del edificio se ve afectada, limitando el uso normal de las instalaciones sin comprometer la seguridad de las personas.

SP-3, seguridad humana. El daño producido es considerable estructuralmente, pero la edificación no colapsa ya que los componentes principales de la estructura conservan su capacidad de resistencia total o parcial lo que indica que el riesgo de vidas es leve. Es probable que haya reparaciones estructurales extensas antes de la reocupación.

SP-4, seguridad limitada. Daño que limita con SP-3 (seguridad humana) y SP-5 (estabilidad estructural), con un grado considerable de posibles daños con respecto a las vidas humanas.

SP-5, estabilidad estructural. El daño estructural es potencialmente dañino considerándose que la edificación está al borde del colapso, existe un riesgo significativo tanto fuera como dentro de la estructura debido a posibles replicas.

SP-6, no considerado. Se limita a realizar evaluaciones de desempeño.

b) Componentes no estructurales (ATC-40, 1996)

NP-A, operacional. Se espera que maquinaria y sistemas, sigan desempeñándose con normalidad.

NP-B, Ocupación inmediata. El daño luego de haber ocurrido el sismo de los elementos y sistemas no estructurales se hallan generalmente en su posición inicial en algunos casos pueden existir algunas limitaciones, pero que no comprometen la funcionalidad de la edificación. En los sistemas y equipos se debe realizar limpieza debido a cambios o daños del contenido.

NP-C, Seguridad humana. Los daños ocurridos después del movimiento sísmico pueden afectar severamente los equipos, pero no conlleva al colapso. Los equipos y sistemas no son funcionales sin antes haberse realizado una reparación o un reemplazo. El riesgo de vidas humanas es muy bajo.

NP-D, Riesgos reducidos. Ante la ocurrencia de un sismo, los daños producidos son considerables llegando al colapso de los equipos y sistemas de la edificación provocando destrucción de parapetos; tabiques; revestimientos; entre otros.

NP-E, no considerado. Se limita a realizar evaluaciones de desempeño, pero realiza evaluaciones sísmicas en elementos estructurales.

c) Nivel de desempeño (ATC-40, 1996)

Referido al posible daño que pueda sufrir la edificación ante la ocurrencia de un sismo la cual resulta de la combinación del desempeño estructural y del desempeño no estructural. Existen cuatro niveles más referenciados en las edificaciones y se encuentran representados por letras 1-A; 1-B; 1-C y 5-E además de otros niveles representados por 2-A; 2-B; etc.

Operacional, I-A: El daño a la edificación es mínimo, permitiendo que la funcionalidad y ocupación de la estructura permanezcan seguras. Cualquier reparación necesaria puede realizarse sin interrumpir las actividades habituales. Esto aplica tanto para la estructura en sí como para los sistemas no estructurales.

Ocupación Inmediata, I-B: A pesar de que la estructura puede ser ocupada, los servicios y equipos no funcionan de manera continua debido a daños significativos en el edificio.

Seguridad Humana, 3-C: El riesgo para la vida humana es bajo, a pesar de los posibles daños estructurales o del riesgo de volcamiento de equipos y fallos en los sistemas.

Nivel de Desempeño del Edificio, 2-A y 2-B: Este nivel representa una fusión entre el control del daño estructural y una protección no estructural que no alcanza la completitud de NP-C. Por esta razón, es esencial desarrollar criterios específicos adaptados a los sistemas que requieren una protección especial.

Estabilidad Estructural, 5-E: En este nivel, los componentes estructurales principales de la edificación están en riesgo inminente de colapsar, especialmente en caso de réplicas sísmicas. La estructura se considera insegura y se recomienda la evacuación inmediata.

2.3.7.2. Niveles de desempeño de acuerdo a la norma FEMA 356 (2000)

a) Nivel de desempeño de los componentes estructurales

Se seleccionan de acuerdo a cuatro niveles discretos de rendimiento estructural y dos niveles intermedios estructurales. Los niveles de rendimiento S-1 “ocupación inmediata”, S-2 “control de daño”, S-3 “seguridad de vida”, S-4 “seguridad limitada”, S-5 “prevención del colapso” y S-6 “no considerado”, dados por el FEMA 356 (2000) son semejantes a los definidos por el ATC-40 (1996).

b) Nivel de desempeño de los componentes no estructurales

Los niveles de desempeño o rendimiento no estructural se seleccionarán de acuerdo a cinco niveles discretos de rendimiento no estructural. Los niveles de rendimiento “N-A Operativo, N-B ocupación inmediata, N-C seguridad de vida, N-D riesgo reducido”, dados por el FEMA 356 (2000) son semejantes a los definidos por el ATC-40 (1996), como NP-A, NP-B, NP-C, NP-D y NP-E.

c) Nivel de desempeño de la edificación

Los niveles de desempeño dados por el FEMA 356 (2000) son semejantes a los definidos por el ATC-40 (1996).

Completamente Operacional, 1-A: La edificación mantiene total funcionalidad tras un sismo, con daños mínimos o nulos y sin necesidad de reparaciones significativas.

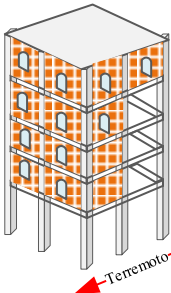
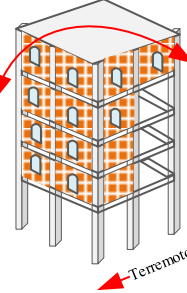
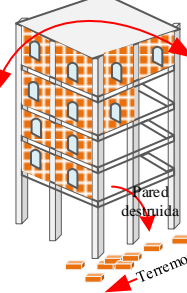
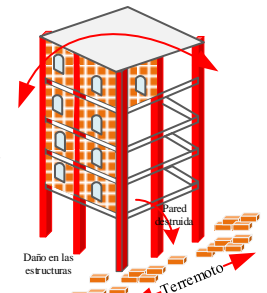
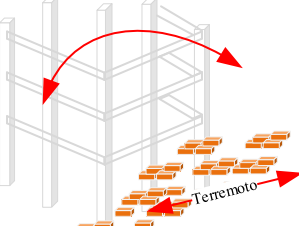
Ocupación Inmediata, 1-B: La estructura permite su uso inmediato post-sismo con daños leves que no comprometen su seguridad.

Seguridad de Vida, 3-C: Minimiza riesgos para la vida, con daños significativos que no comprometen la estabilidad global de la estructura.

Prevención del Colapso, 5-E: Evita el colapso total durante sismos extremos, aunque la estructura sufre daños severos que impiden su ocupación segura.

Figura 19

Niveles de Desempeño según el ATC-40 y FEMA 356

<p>FEMA 356</p> <p>Completamente operacional 1-A</p>	<p>ATC-40</p> <p>Operacional 1-A</p>	 <p>Daño estructural y no estructural despreciable o nulo.</p> <p>Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.</p>
<p>Ocupación inmediata 1-B</p>	<p>Ocupación inmediata 1-B</p>	 <p>Daños ligeros</p> <p>Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.</p>
<p>Seguridad de vida 3-C</p>	<p>Seguridad de vida 3-C</p>	 <p>Daños moderados</p> <p>La estructura sufre daños pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.</p>
<p>Prevención del colapso 5-E</p>	<p>Estabilidad estructural 5-E</p>	 <p>Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural</p> <p>Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.</p>
<p>Colapso</p>	<p>Colapso</p>	 <p>Colapso estructural</p>

Nota: Adaptado de (Fernández, 2022).

2.3.8. Objetivos de desempeño

Se refieren a las expectativas predeterminadas sobre cómo debe comportarse una edificación durante y después de un evento sísmico específico. Estos objetivos están diseñados para asegurar que, ante un movimiento sísmico determinado, la estructura cumpla con niveles establecidos de seguridad, funcionalidad y daño tolerable, enfocándose en la protección de la vida y la minimización de las pérdidas económicas. De este modo, los objetivos de desempeño permiten definir claramente hasta qué punto una estructura debe resistir o absorber la energía sísmica, asegurando así que continúe siendo segura y operativa después de un sismo (ATC-40, 1996).

Figura 20 *Objetivos ATC-40*

		<i>Nivel de desempeño del edificio</i>			
		Operacional	Ocupación inmediata	Seguridad de vida	Estabilidad estructural
<i>Nivel de demanda</i>	Sismo de servicio	P	NA	NA	NA
	Sismo de diseño	P	P	P	NA
	Sismo máximo	NA	P	P	P

Nota: (ATC-40, 1996).

Figura 21 *Objetivos de Acuerdo al FEMA 356*

		<i>Nivel de desempeño sísmico</i>			
		Totalmente operacional	Ocupación inmediata	Prestaciones de seguridad	Prevención de colapso
<i>Sismo de diseño</i>	Frecuente (72 años)	a	b	c	d
	Ocasional (225 años)	e	f	g	h
	Raro (474 años)	i	j	k	l
	Muy raro (2475 años)	m	n	o	p

Desempeño inaceptable (Para edificaciones nuevas)

Objetivos básicos

Objetivos esenciales

Objetivos de seguridad crítica

Nota: (FEMA 356, 2000).

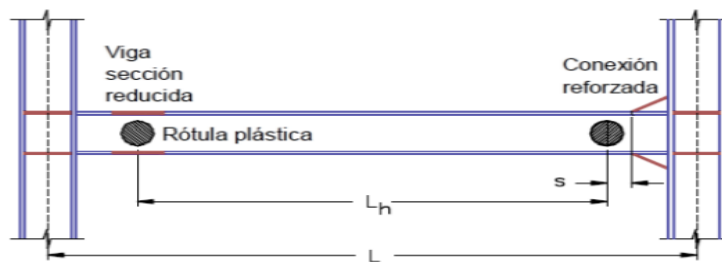
2.3.9. Rótulas plásticas y fallas estructurales

2.3.9.1. Rótulas plásticas

Son elementos de disipación de energía que permiten la rotación de áreas deformadas en elementos estructurales como vigas, columnas y muros. Estos componentes liberan energía al permitir la rotación durante eventos sísmicos, evitando así daños graves en la estructura. Sin embargo, su ubicación adecuada es imprescindible para evitar posibles inestabilidades en la estructura en su conjunto. Estas rótulas se forman debido a la deformación plástica generada por movimientos sísmicos, representando un tipo de daño que contribuye a la capacidad de la estructura para absorber energía (García & Pinzón, 2022).

Figura 22

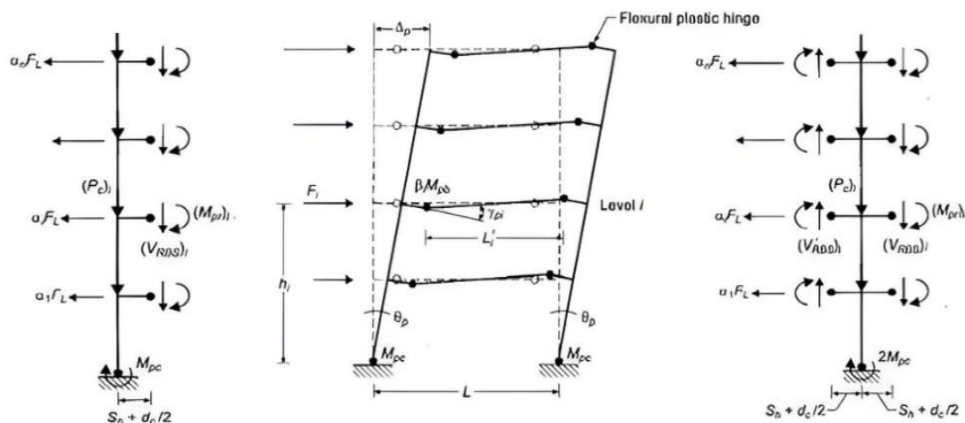
Ubicación Ideal de las Rótulas Plásticas



Nota: (García & Pinzón, 2022).

Figura 23

Lugares Ideales Donde se Puede Producir Rótulas Plásticas



Nota: (García & Pinzón, 2022).

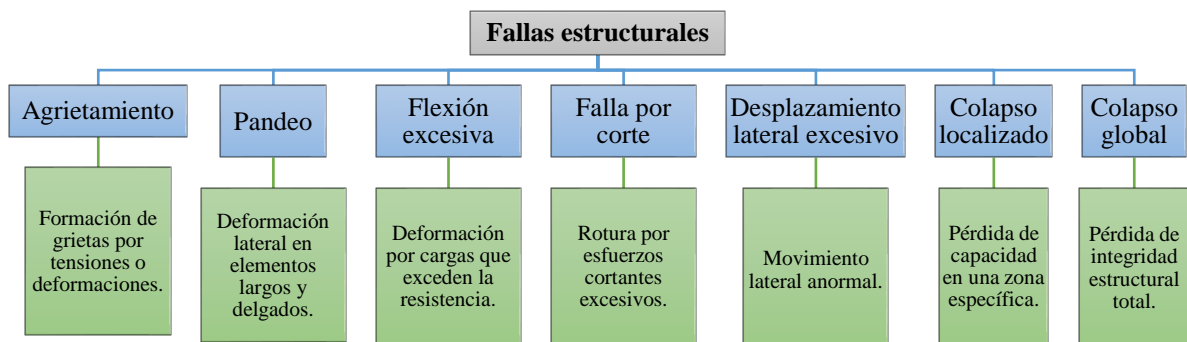
2.3.9.2. Fallas estructurales

Las fallas estructurales se refieren a la pérdida de integridad o capacidad de carga de los elementos que componen una estructura, como vigas, columnas, losas, etc. La falla de algún elemento estructural ocurre cuando el desempeño deja de cumplir su función de forma eficiente (Sotil & Zegarra, 2015). Una falla estructural puede provocar que la edificación no se desempeñe de acuerdo a lo esperado por el diseño inicial.

Las fallas frente a eventos sísmicos se refieren a los daños o deformaciones que sufren los elementos estructurales de un edificio debido a la acción de un terremoto. Estas fallas pueden ser provocadas por la incapacidad de la estructura para resistir las fuerzas sísmicas, lo que puede resultar en grietas, fracturas, desplazamientos o colapso parcial o total de la edificación. Las estructuras pueden experimentar diferentes tipos de fallas, como pandeo, flexión excesiva, falla por corte, desplazamiento lateral excesivo, entre otros, dependiendo de su diseño, materiales y condiciones de carga. La prevención de estas fallas es fundamental para garantizar la seguridad y la integridad de las estructuras y de las personas que las ocupan durante un evento sísmico (Sotil & Zegarra, 2015).

Figura 24

Fallas Estructurales



Nota: (Sotil & Zegarra, 2015).

2.4. Hipótesis

Al aplicar el análisis estático no lineal pushover utilizando los métodos de la norma ATC-40 y la norma FEMA 356 en el edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH, se observan variaciones significativas en el nivel de desempeño sísmico.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable independiente: “Análisis estático no lineal Pushover”

El análisis estático no lineal “Pushover” es un método de evaluación estructural que simula el comportamiento de una estructura sometiéndola a cargas laterales incrementales hasta alcanzar un estado límite. Este análisis permite estudiar la capacidad para resistir eventos sísmicos y evaluar su comportamiento no lineal.

La variable independiente en este contexto se define como la aplicación “Pushover” utilizando ETABS que permite modelar y simular el comportamiento de la edificación ante cargas laterales crecientes, siguiendo las metodologías establecidas en las normas ATC-40 y FEMA 356.

2.5.2. Variable dependiente: “Desempeño sísmico”

Capacidad de la edificación para mantener su integridad estructural, minimizar los daños y garantizar la seguridad de las personas y los bienes durante y después de un evento sísmico. Esta variable se evalúa considerando aspectos como la resistencia estructural, la capacidad de disipación de energía y la respuesta global de la estructura frente a las fuerzas sísmicas.

La variable dependiente se define operacionalmente como la evaluación del desempeño sísmico mediante la aplicación de criterios y métricas establecidas en normativas de diseño sísmico, como ATC-40 y FEMA 356. Esta evaluación se

realiza considerando aspectos como la capacidad para resistir distintos niveles de movimiento sísmico, la cantidad y tipo de daños observados, y la capacidad de recuperación luego del sismo definido a través de la verificación del cumplimiento de los objetivos de desempeño.

Tabla 10

Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índice
VI “Análisis estático no lineal”	Metodología de ingeniería sísmica que consiste en aplicar gradualmente fuerzas laterales crecientes a una estructura para evaluar cómo responde ante un evento sísmico.	Implica la construcción de un modelo estructural, la definición de las cargas sísmicas y la realización de análisis de desplazamiento y capacidad de resistencia en cada nivel de carga aplicada de acuerdo a cada normatividad.	Norma ATC-40	Demanda	g
				Capacidad	ton
				Desempeño	ton/cm
			Norma FEMA 356	Demanda	g
				Capacidad	ton
				Desempeño	ton/cm
VD “Desempeño sísmico”	Conceptualmente, es el comportamiento de una estructura durante un sismo en términos de su capacidad para soportar las fuerzas sísmicas, limitar las deformaciones excesivas y minimizar los daños.	Operacionalmente, implica la evaluación de la respuesta estructural ante diferentes niveles de carga sísmica, teniendo en cuenta criterios de seguridad y desempeño establecidos en los códigos de diseño sísmico	Parámetros sísmicos	Zona sísmica	1,2,3,4
				Perfil del suelo	1,2,3,4
				Uso de la edificación	A,B,C,D
				Regularidad	...
				Coficiente estructural	...
				Propiedades de los materiales	Concreto Acero Albañilería
			Nivel de desempeño	Espectro de demanda	s/g
				Curva de capacidad	ton/m
				Punto de desempeño	ton/m
				Básicos	1-A
				Esenciales	1-B
				De seguridad crítica	3-C 5-E

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

El enfoque es cuantitativo, se centra en cuantificar las variables y analizar relaciones numéricas entre ellas mediante el uso de estadísticas y herramientas matemáticas. La investigación utilizó datos cuantitativos al aplicar análisis estático no lineal “Pushover”, lo que implicó mediciones de derivas, deformaciones, y otros parámetros estructurales cuantificados y analizados estadísticamente. Además, evaluó el desempeño sísmico bajo parámetros específicos y mensurables, conformando un enfoque rigurosamente cuantitativo.

La investigación es de tipo aplicada ya que su propósito es práctico: evaluar el desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Agroindustrial. La aplicación “Pushover” sirve para resolver problemas concretos afines con la seguridad y eficacia estructural en contextos reales, en este caso, para un edificio universitario específico. Esto está orientado a generar conocimientos que tienen aplicación directa en la mejora de normativas y diseño estructural, al comparar la norma ATC-40 y FEMA 356.

El nivel de investigación se enfoca en describir características y fenómenos específicos tal como ocurren en la naturaleza sin manipular las variables de estudio. En este caso, la investigación describe cuál es el desempeño sísmico del edificio bajo diferentes escenarios de carga sísmica, utilizando “Pushover” para describir el comportamiento estructural y los niveles de respuesta del edificio frente a cargas sísmicas, sin intentar modificar las variables implicadas.

Tabla 11*Tipo de Investigación*

Criterio	Tipo de investigación
Fuente de datos	Mixta
Finalidad	Aplicada
Objetivos	Descriptiva
Diseño	No experimental
Contexto en el que ocurre	Campo, laboratorio, biblioteca
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa

Nota: (Grajales, 2000).

3.2. Diseño de investigación

No experimental de corte transversal descriptivo causal simple porque observa las variables en su estado natural sin manipulación directa. Se centra en un análisis específico en un único momento, sin seguimiento temporal, evaluando la relación causal entre el método de análisis estructural (norma ATC-40 y FEMA 356) y el desempeño sísmico resultante del edificio. Esta aproximación permite examinar cómo la aplicación del análisis “Pushover” con la norma ATC-40 o FEMA 356 influye en los resultados acerca de la capacidad del edificio para resistir sismos, sin considerar factores adicionales.

$$\begin{aligned}
 O_1 &\rightarrow M \rightarrow x_1y \\
 O_2 &\rightarrow M \rightarrow x_2y
 \end{aligned}
 \tag{57}$$

Donde, O_1 y O_2 la observación del fenómeno de estudio, M la muestra (edificación), x_1 y x_2 la “aplicación de la norma ATC 40 y FEMA 356”, y “desempeño sísmico”.

3.3. Métodos de investigación

El análisis se realizó en cuatro fases: Primero, se evaluaron las propiedades de los materiales, incluyendo suelos (capacidad portante) y concreto (esclerometría), obteniendo un primer conjunto de resultados. Segundo, estos resultados se compararon con los datos del edificio de Ingeniería Agroindustrial proporcionados por la UNACH. Tercero, se calculó el desempeño sísmico del edificio mediante el método Pushover con la norma ATC-40 y FEMA 356. Cuarto, se compararon los resultados del desempeño sísmico calculado con la norma ATC-40 y FEMA 356, para obtener una valoración más precisa, válida y confiable del desempeño sísmico del edificio.

Así mismo, como parte del proceso de investigación se aplicaron los métodos inductivo-deductivo y sintético-analítico.

a) Inductivo-deductivo

La inducción es un método de razonamiento que permite pasar de aspectos particulares a generales, comparando las características comunes entre fenómenos específicos; en contraste, el método deductivo se enfoca en derivar conclusiones particulares a partir de generalizaciones; estos métodos se complementan (Falcón & Serpa, 2021).

b) Analítico-sintético

Esta metodología se refiere a dos procesos intelectuales inversos, inicia entendiendo el análisis que facilita el procedimiento mental que descompone a un problema complejo en partes, mientras que la síntesis es una operación inversa que hace posible la unión de las partes, partiendo de los resultados del análisis. Es por ello que, la síntesis y el análisis ocurren en estrecha unidad (Falcón & Serpa, 2021).

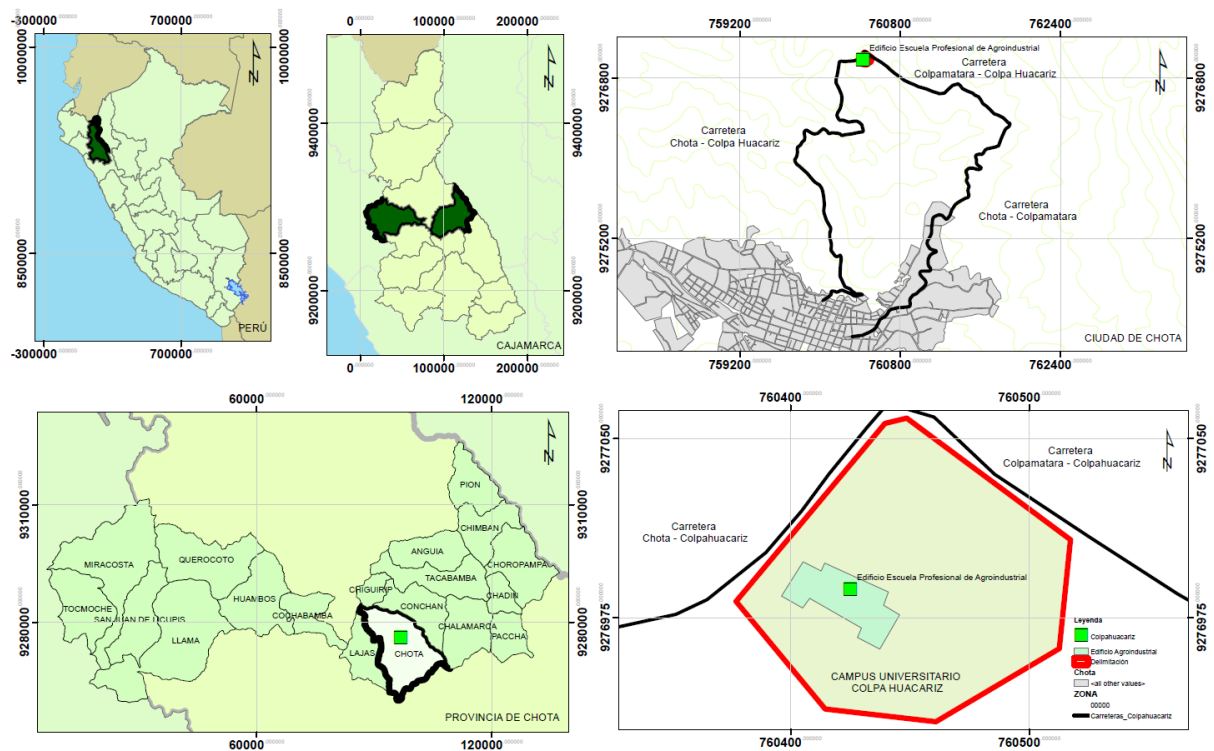
3.4. Población, muestreo y muestra

3.4.1. Población

La infraestructura de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH ubicada en el campus universitario Colpa Huacariz, centro poblado de Colpa Huacariz, distrito Chota, departamento de Cajamarca en las coordenadas UTM WGS84 17S 760421.16 m E, 9276981.27 m S.

Figura 25

Localización del Campus Universitario Colpa Huacariz, Chota



3.4.2. Muestreo

El muestreo, en este caso, no se aplicó en el sentido tradicional de selección aleatoria o sistemática dentro de una población, ya que la investigación se centra en un único caso. En vez de ello, se empleó el método de caso único detallado. Por lo que, la muestra fue poblacional. Siendo todos los módulos del edificio de Ingeniería Agroindustrial del campus Colpa Huacariz.

3.4.3. Muestra

La muestra fue el propio edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH. Este edificio con sus seis módulos se sometió a un análisis detallado para evaluar su desempeño sísmico utilizando el método de análisis Pushover, siguiendo las normativas de ATC-40 (1996) y FEMA 356 (2000).

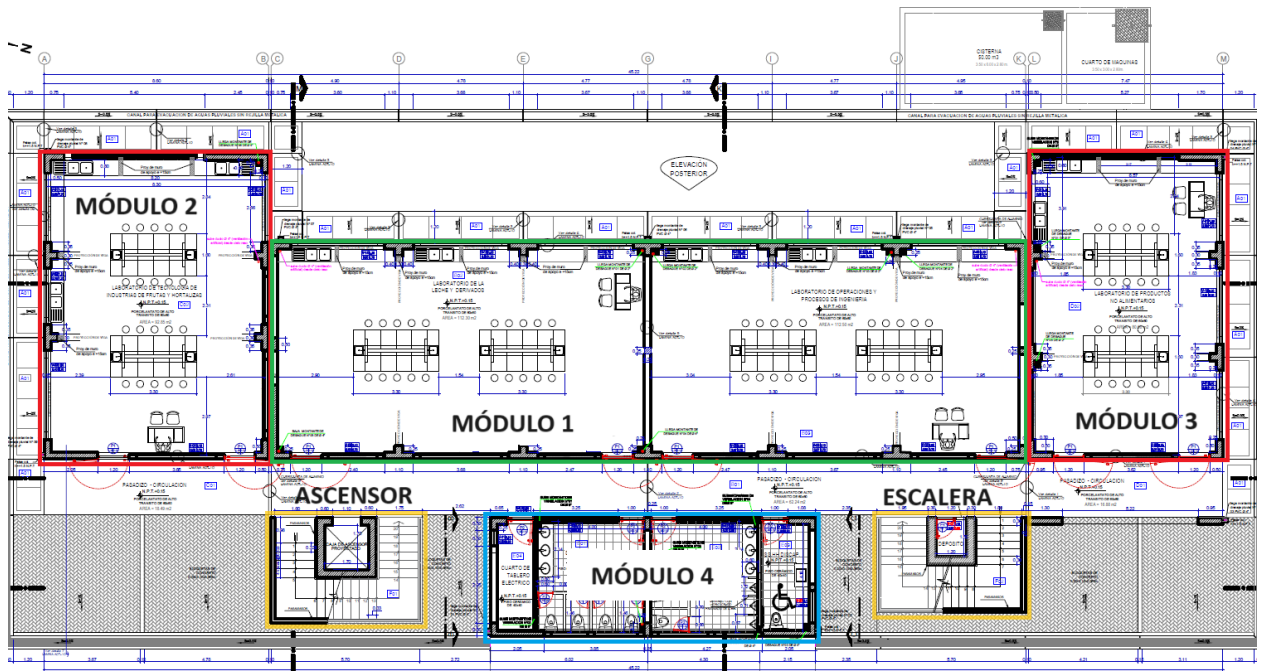
Tabla 12

Descripción de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH

Módulo	Descripción	Nº de niveles
1	Aulas, laboratorio y biblioteca	4
2	Laboratorio, decanato y aulas	4
3	Laboratorios, aulas y computo	4
4	Servicios higiénicos	4
5	Ascensor	4
6	Escaleras N1 con tanque elevado	4

Figura 26

Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH



Nota: ver planos en anexo.

Figura 27 Elevación del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH

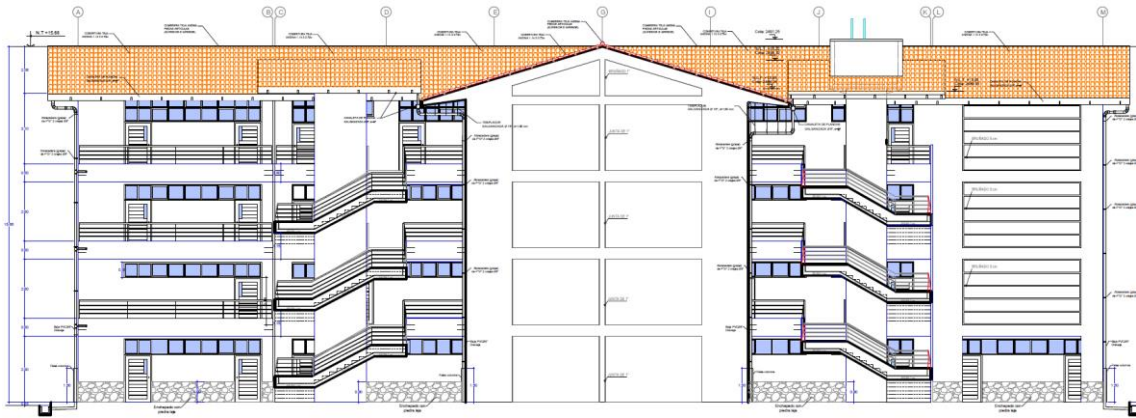


Figura 28 Vista Lateral de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH

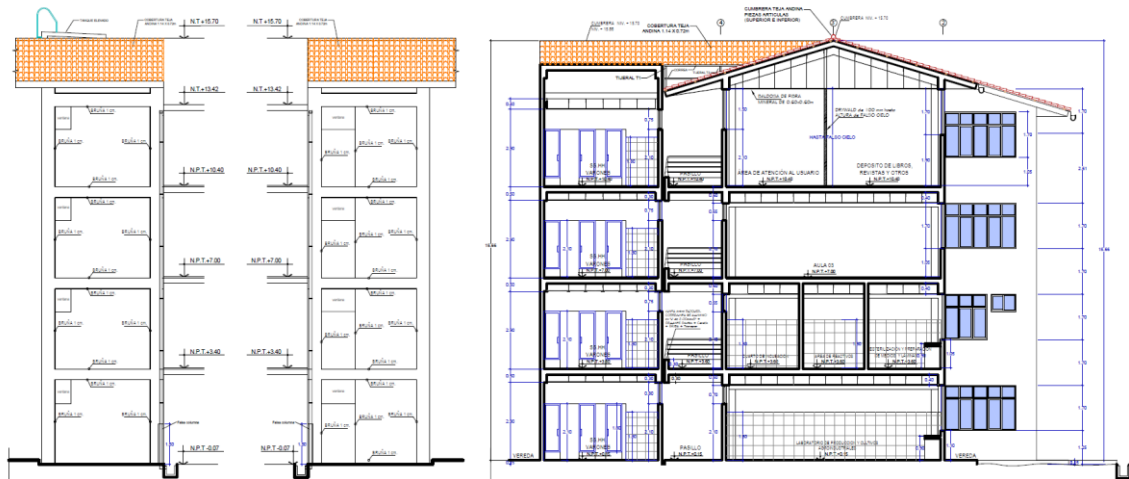
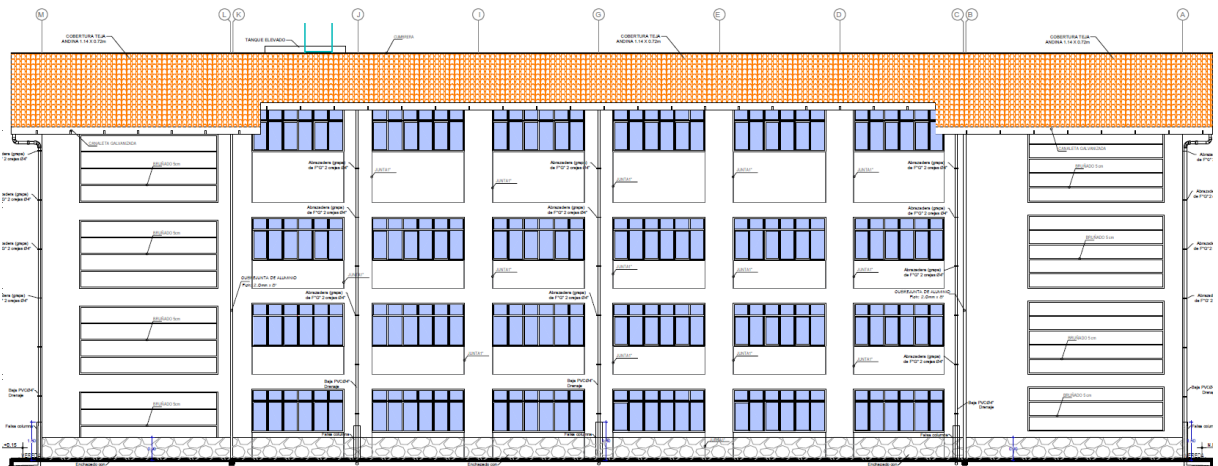


Figura 29 Vista del Corte Posterior de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH



3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

De acuerdo a Bendezú (2021) las técnicas son los diferentes procedimientos que ayudan a obtener información, mientras que, los instrumentos son los recursos que se utilizan para registrar datos que ayuden a lograr el objetivo de la investigación.

Tabla 13

Técnicas e Instrumentos para Recolectar Datos de cada Variable

Variables	Recolección de datos			
	Fuente	Técnica de investigación	Instrumento de investigación	Materiales e instrumentos
VI “Análisis estático no lineal Pushover”	Primaria	Observación	Cuaderno de campo	Cámara fotográfica Flexómetro
	Secundaria	Revisión documental	Formato de registro	Expediente técnico Normas técnicas ATC-40, FEMA 356
	Primaria	Modelamiento de la edificación	Modelo de la edificación	Softwares AutoCAD ETABS
VD “Desempeño sísmico”	Primaria	Observación	Cuaderno de campo	Cámara fotográfica Flexómetro
	Secundaria	Revisión documental	Formato de registro	Expediente técnico Normas técnicas ATC-40, FEMA 356
	Primaria	Ensayos in situ y ex situ	Formatos de ensayos	Esclerómetro Muestreador Equipo de laboratorio
	Primaria	Modelamiento de la edificación	Modelo de la edificación	Softwares AutoCAD ETABS

3.5.1. Técnicas

Observación: Método por el que se obtiene información utilizando el sentido de la visión (ojos) del objeto o fenómeno estudiado (Falcón & Serpa, 2021). Esta técnica implicó realizar observaciones directas del edificio de Ingeniería Agroindustrial. Se llevaron a cabo inspecciones visuales detalladas para recopilar información sobre posibles daños y dimensiones de la estructura.

Revisión documental: Se realizó una revisión exhaustiva de documentación relacionada con el edificio de Ingeniería Agroindustrial, que incluyó planos de construcción, informes técnicos previos, registros de mantenimiento y normativas sísmicas aplicables. Esta revisión documental permitió obtener información histórica y técnica relevante para el análisis sísmico de la edificación.

Ensayos in situ y ex situ: Se llevaron a cabo ensayos tanto in situ (en el lugar real de la estructura) como ex situ (en laboratorio) para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción del edificio y en el suelo de cimentación. Estos ensayos incluyeron pruebas de resistencia de materiales (esclerometría), y evaluaciones de la capacidad portante del suelo.

Modelamiento de la edificación: Se utilizó el método Pushover para modelar y simular el comportamiento del edificio ante cargas sísmicas. Este modelamiento incluyó la representación detallada de los elementos estructurales, la asignación de propiedades de los materiales y la aplicación de cargas sísmicas progresivas para evaluar la edificación. Los datos de este modelamiento proporcionaron información sobre el desempeño sísmico y las posibles vulnerabilidades de la estructura tanto con la norma ATC-40 (1996), como con la norma FEMA 356 (2000).

3.5.2. *Instrumentos*

Cuaderno de campo: Se utilizó para registrar de manera sistemática y detallada las observaciones realizadas durante las inspecciones en el edificio de Ingeniería Agroindustrial. En el cuaderno de campo se anotaron las condiciones estructurales, posibles daños, dimensiones verificadas y toda información relevante obtenida durante las observaciones directas en el terreno.

Formato de registro: Se utilizó para documentar de manera sistemática y organizada los datos obtenidos durante la revisión documental. Este instrumento permitió registrar de forma detallada la información relevante encontrada en documentos, informes, estudios previos y cualquier fuente relacionada.

Formatos de ensayos: Se diseñaron y utilizaron formatos de ensayos para documentar los ensayos in situ y ex situ realizados a los materiales de construcción y el suelo de cimentación. Estos formatos contenían información detallada sobre los procedimientos de los ensayos, parámetros medidos, resultados de las pruebas de resistencia (esclerometría) de los elementos de concreto armado y de las pruebas de mecánica de suelos.

Modelo de la edificación: Se empleó un modelo detallado Pushover para simular y evaluar su comportamiento ante cargas sísmicas. Este modelo incluyó la representación geométrica de la estructura, propiedades de los materiales, características de los elementos estructurales como las rótulas plásticas y condiciones de contorno para simular condiciones reales de operación. Los resultados obtenidos a partir de este modelo proporcionaron datos valiosos sobre la respuesta sísmica y el desempeño estructural del edificio analizado con la norma ATC-40 (1996), como con la norma FEMA 356 (2000).

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Proceso de obtención de los datos

3.6.1.1. Revisión del expediente técnico

El proceso comenzó con la obtención del expediente técnico del edificio universitario, solicitado al área de infraestructura de la UNACH. Posteriormente, se analizaron meticulosamente los planos arquitectónicos y estructurales para extraer detalles como la distribución de espacios, dimensiones de los ambientes y la estructura de los pisos.

Tabla 14

Detalle de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH

Módulo	Descripción	N° de niveles	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
1	Aulas, laboratorio y biblioteca	4	28.95	8.30	240.29
2	Laboratorio, decanato y aulas	4	11.725	8.60	100.84
3	Laboratorios, aulas y computo	4	11.725	7.475	87.64
4	Servicios higiénicos	4	12.475	4.55	56.76
5	Ascensor	4	2.30	2.30	5.29
6	Escaleras N1 con tanque elevado	4	5.70	3.65	20.81

Nota: (Expediente técnico, 2017).

Tabla 15

Sistema Constructivo de los Módulos del Edificio de Ingeniería Agroindustrial – UNACH

Bloque/ módulo	Dirección longitudinal	Dirección transversal
Bloque 01	Muros de concreto armado	Pórticos de concreto con muros de albañilería confinada
Módulo 02	Muros de concreto armado	Muros de concreto armado
Módulo 03	Muros de concreto armado	Muros de concreto armado
Bloque 04	Muros de concreto armado	Pórticos de concreto con muros de albañilería confinada
Ascensor	Muros de concreto armado	Muros de concreto armado
Escalera	Pórticos de concreto armado	Pórticos de concreto armado

Nota: (Expediente técnico, 2017).

También en las especificaciones técnicas se recabaron datos sobre los materiales empleados en la construcción.

Tabla 16

Propiedades de los Materiales según el E.T.

Material	Resistencia kg/cm ²	Módulo de elasticidad (E) kg/cm ²
Concreto	f'c 210	217,000
Albañilería tipo IV	f'm 65	32,500
Acero	f'y 4200	2,100,000

Nota: (Expediente técnico, 2017).

Tabla 17

Propiedades del Suelo de Cimentación según el E.T.

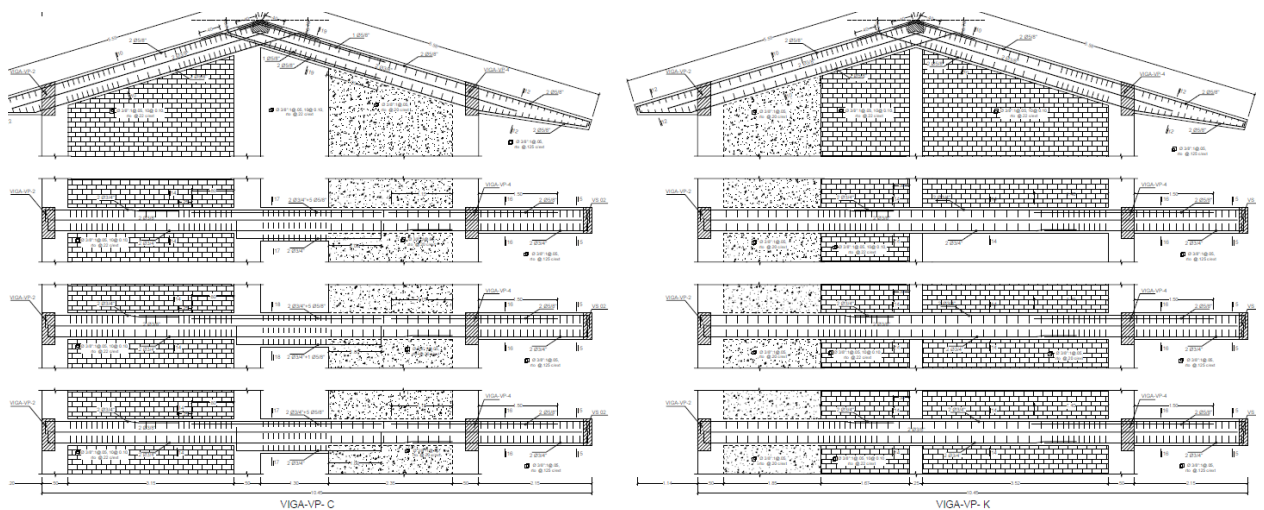
	Capacidad admisible kg/cm ²	Profundidad (m)
Suelo	0.87	2.20

Nota: (Expediente técnico, 2017).

Finalmente, antes de proceder al modelado, se organizó la información recopilada, clasificándola en categorías como arquitectura, instalaciones y estructura. Se eliminó cualquier dato redundante y se compararon los datos recopilados con la información de los estudios básicos realizados a la edificación.

Figura 30

Detalle Estructural de Vigas del Edificio de Ingeniería Agroindustrial



Nota: ver planos en anexo.

3.6.1.2. Inspección visual de la edificación

Durante la evaluación del edificio de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, se realizó una inspección visual meticulosa para verificar el estado y las dimensiones de columnas, vigas, losas y placas. Este proceso comenzó con un recorrido completo por las instalaciones, donde se tomaron medidas precisas de cada componente estructural utilizando instrumentos de medición como, flexómetro de 30 m. Las dimensiones y condiciones observadas de las estructuras fueron registradas a través del cuaderno de campo y los planos impresos de la edificación.

Cada elemento fue examinado en busca de signos visibles de deterioro, como fisuras, desplazamientos o corrosión, que pudieran afectar la seguridad estructural del edificio. Estos hallazgos se documentaron detalladamente, proporcionando una base sólida para las fases subsiguientes del análisis estructural y modelamiento.

Figura 31

Edificio de la EPIA – UNACH



3.6.1.3. Ensayo de mecánica de suelos

a) Excavación de calicata y muestreo de suelos

Se procedió a excavar una calicata en las coordenadas UTM WGS84 17S 760419 m E, 9276966 m S, a 2485 msnm. El proceso comenzó delineando la ubicación y dimensiones de la calicata, asegurando que esta permitiera el acceso para la obtención de muestras tanto alteradas como inalteradas. Para la excavación se utilizaron herramientas manuales como palas, picos y escalera. Luego, utilizando un muestreador tubular de 6"x12" (hecho a partir de tubo PVC) y realizando una cubica en el fondo de la calicata, se extrajeron muestras del suelo en tres estratos diferentes: de 0 m a 0.55 m, de 0.55 m a 1.05 m, y de 1.05 m a 3.00 m de profundidad.

Figura 32

Excavación y Muestreo de Suelo en la Calicata, Campus Colpa Huacariz



b) Ensayos de mecánica de suelos

Una vez extraídas, las muestras de suelo fueron cuidadosamente embaladas y etiquetadas para su análisis en los laboratorios correspondientes. En el laboratorio de mecánica de suelos de la EPIC de la UNACH campus Colpamatara, se realizaron pruebas para determinar el contenido de humedad de acuerdo a la NTP 339.127 (INACAL, 2019), los límites de Atterberg según la NTP 339.129 (INACAL, 2019) y la granulometría aplicando la NTP 339.128 (INACAL, 2019), además de acuerdo a los resultados de plasticidad y gradación del suelo, se clasificó el suelo según el Unified Soil Classification System (SUCS) de acuerdo a la NTP 339.134 (INACAL, 2019). Posteriormente, las muestras inalteradas fueron enviadas al laboratorio GSE de Chota para realizar ensayos de corte directo de acuerdo a la NTP 339.171 (INACAL, 2017).

Figura 33

Proceso del Ensayo de Corte Directo en el Laboratorio GSE



NTP 339.127 Contenido de humedad (INACAL, 2019)

- Se pesó y registró el peso del recipiente vacío (P1).
- Se colocó el suelo húmedo en el recipiente.
- Se pesó y registró el peso del recipiente más la muestra húmeda (P2).
- Se colocó el recipiente con el suelo en el horno.
- Se secó el suelo a 105-110°C hasta peso constante, lo cual tomó aproximadamente 24 horas.
- Una vez seca, se retiró la muestra del horno y se permitió que se enfriará en un desecador.
- Se pesó y registró el peso del recipiente más el suelo seco (P3).

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{(P2-P3)}{(P3-P1)} \times 100 \quad (58)$$

Donde: P1 era el peso del recipiente vacío, P2 era el peso del recipiente más la muestra húmeda, P3 era el peso del recipiente más la muestra seca.

NTP 339.129 Límites de Atterberg (INACAL, 2019)

- Se tomó una muestra representativa de suelo que pasa el tamiz N° 40 y se homogeneizó.
- Se humedeció la muestra y se amasó hasta obtener una consistencia uniforme.
- Se llenó la copa Casagrande con la muestra de suelo hasta una altura adecuada.
- Se colocó la copa en el aparato y se inició el movimiento de golpeo.
- Se registraron los números de golpes necesarios para que la ranura de la muestra se cierre a lo largo de 13 mm. Estos datos se registraron en una tabla.
- Se tomaron porciones de suelo de la muestra y se formaron rollitos de 3 mm de diámetro.
- Se enrollaron los rollitos sobre una superficie lisa hasta que se fracturaran.
- Se pesaron los rollitos antes y después de salir del horno.

$$LL = Wn \times \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta} \quad (59)$$

$$LP = \frac{\text{Humedad 1} + \text{Humedad 2}}{2} \times 100 \quad (60)$$

$$IP = LL - LP \quad (61)$$

$$IL = \frac{w - LP}{LL - LP} \times 100 \quad (62)$$

Donde, LL límite líquido, Wn contenido de humedad natural, N número de golpes, $\tan\beta$ pendiente de la línea de flujo (0.121 aproximadamente), LP límite plástico, IP índice de plasticidad, IL índice de liquidez.

NTP 339.128 Granulometría (INACAL, 2019)

- Se pesó una cantidad específica de suelo y se colocó en el tamiz superior.
- Se cubrió el conjunto de tamices y la muestra con la tapa correspondiente.
- Se procedió a agitar el conjunto en el tamizador mecánico durante un tiempo determinado para lograr la separación por tamaño de partículas.
- Se retiraron los tamices uno a uno, registrando el peso retenido en cada uno de ellos y el peso total del suelo.
- Se calculó el porcentaje de suelo retenido en cada tamiz utilizando la fórmula:

$$\text{Porcentaje retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100 \quad (63)$$

$$\text{Porcentaje que pasa} = \frac{\text{Peso que pasa}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100 \quad (64)$$

- Se registraron estos valores en una tabla para cada tamiz utilizado.
- Se graficaron los porcentajes retenidos en función del tamaño de las aberturas de malla de los tamices.
- Se trazaron las líneas de los puntos obtenidos en el gráfico para visualizar la distribución granulométrica del suelo.

NTP 339.171 Corte directo (INACAL, 2017)

- Se preparó el equipo, incluyendo la muestra de suelo y las celdas de carga necesarias para aplicar fuerzas controladas sobre la muestra.
- Se midió la altura y diámetro de la muestra de la muestra de suelo.
- Se determinó el peso de la muestra y se registró como peso inicial.
- Se aplicaron cargas verticales controladas sobre la muestra de suelo utilizando las celdas de carga del equipo.
- Se estableció la velocidad de aplicación de las cargas de acuerdo con los parámetros definidos en la norma técnica.
- Se registraron los desplazamientos horizontales de la muestra y las fuerzas aplicadas durante el ensayo.
- Se mantuvo un registro continuo de los valores para cada incremento de carga.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (65)$$

Donde, τ esfuerzo cortante, F fuerza cortante, A área corregida.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (66)$$

Donde, σ esfuerzo normal, F carga normal del espécimen, A área corregida.

$$v = \frac{\delta}{t_e} \quad (67)$$

Donde, v velocidad de desplazamiento, δ desplazamiento lateral relativo, t_e tiempo transcurrido durante el ensayo.

$$\tau = C + \sigma(\tan\phi) \quad (68)$$

Donde, τ esfuerzo cortante, σ esfuerzo normal, C cohesión, ϕ ángulo de fricción.

c) Cálculo de la capacidad portante

La teoría de Terzaghi, como explica Braja Das (2015) se centra en estimar la capacidad portante que soporta una cimentación cuadrada o corrida. En el caso de cimentaciones cuadradas o corridas, se considera que la distribución de presiones es uniforme y que la carga se transmite de manera uniforme a través de toda la superficie de la cimentación. Esto permite calcular la capacidad portante utilizando las ecuaciones y metodologías propuestas por Terzaghi:

Para fractura general:

$$q_u = c \times N_c + q \times N_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \quad C. \text{ corrida} \quad (69)$$

$$q_u = 1.3 \times c \times N_c + q \times N_q + 0.4 \times \gamma \times B \times N_\gamma \quad C. \text{ cuadrada} \quad (70)$$

Para fractura local:

$$q_u = \frac{2}{3} c \times N'_c + q \times N'_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N'_\gamma \quad C. \text{ corrida} \quad (71)$$

$$q_u = 0.867 \times c \times N'_c + q \times N'_q + 0.4 \times \gamma \times B \times N'_\gamma \quad C. \text{ cuadrada} \quad (72)$$

En las ecuaciones, C es la cohesión, el peso específico, $q=\gamma D_f$. Los factores de capacidad de carga N_c, N_q, N_γ se precisan por:

$$N_c = \cot\phi(N_q - 1) \quad (73)$$

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4}-\phi/2\right)\tan\phi}}{2\cos^2\left(45+\frac{\phi}{2}\right)} \quad (74)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2\phi} - 1 \right) \tan\phi \quad (75)$$

d) Resultados del estudio de mecánica de suelos

Los resultados de los análisis de mecánica de suelos en el campus de Colpa Huacariz revelaron que el suelo sobre el que está cimentado el Edificio de Ingeniería Agroindustrial es de tipo limo arcilloso de alta plasticidad, con una capacidad admisible de carga de 0.85 kg/cm² a una profundidad de 1.80 m.

Tabla 18*Resultados del Suelo de Cimentación del Edificio de Ingeniería Agroindustrial*

	Estrato		
	1	2	3
Profundidad	0 a 0.55 m	0.55 a 1.05 m	1.05 a 3.00 m
Humedad (%)	26.75	25.61	37.83
LL (%)	55.46	46.97	64.26
LP (%)	37.31	27.24	42.21
IP (%)	18.15	19.74	22.05
Granulometría			
% Grava	1.09	1.79	0.00
% Arena	30.61	33.97	15.56
% Finos	68.30	64.24	84.44
Clasificación			
SUCS	MH	CL	MH
AASHTO	A-7-5	A-7-6	A-7-5
Densidad húmeda (g/cm ³)			1.75
Cohesión (kg/cm ²)			0.24
Ángulo de fricción (°)			11.83
Profundidad de cimentación (m)			1.80
Ancho de cimentación (m)			1.50
Factor de seguridad			3.00
Capacidad de carga falla local (kg/cm ²)			
Cimentación corrida			0.72
Cimentación cuadrada			0.85

Nota: ver en anexos el estudio de mecánica de suelos.

e) Perfil de suelo de acuerdo a la norma E.030 (MVCS, 2018)

De acuerdo a la capacidad portante (0.85 kg/cm²) se encuentra dentro del rango de 0.5 a 1 kg/cm² dado por el perfil de suelo S2 “Suelos intermedios” de la norma E.030 (MVCS, 2018), siendo así se ha tomado en cuenta esta categoría para la elección de los parámetros de sitio S, TP y TL.

3.6.1.4. Ensayo de esclerometría

a) Puntos de muestreo

Para determinar la resistencia a compresión de los elementos de concreto, se realizó el ensayo de esclerometría, siguiendo las pautas establecidas en la NTP 339.181 (INACAL, 2020). Este proceso se realizó en los cuatro módulos del edificio de Ingeniería Agroindustrial, así como en las escaleras y el ascensor, con tres repeticiones por elemento estructural (vigas, columnas, losa y placas).

Tabla 19

Número de Puntos de Ensayo de Esclerometría en Elementos Estructurales del Edificio de Ingeniería Agroindustrial

Módulos	N° de módulos	Elemento	N° de elementos	N° de repeticiones	Total
Módulo 1, 2, 3 y 4	4	Viga, columna, placa y losa	4	3	48
Escalera y ascensor	2	Viga, placa y losa	3	2	12
Total					60

b) Procedimiento de ensayo

En primer lugar, se prepararon los equipos de esclerometría (Concrete Test Hammer Model HT225-N, serie N20090006, marca PyS) del laboratorio de mecánica de materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y se verificó su calibración para asegurar la precisión de los resultados. Luego, se seleccionaron las ubicaciones estratégicas de los puntos de ensayo en las vigas, columnas, losas y placas de concreto de los cuatro pisos de los cuatro módulos, así como, escaleras y ascensor, para realizar las mediciones con el esclerómetro. En estos puntos estratégicos se retiró el tarrajeo para la realización del ensayo, y se situó el punto en la parte central de la luz libre de columnas y vigas.

El esclerómetro se aplicó sobre la superficie del concreto, siguiendo una secuencia predefinida de puntos de medición. Cada punto se sometió a un determinado número de golpes con el martillo del esclerómetro, generando una onda de impacto que se reflejaba en el dispositivo.

Siendo así, los pasos seguidos durante el procedimiento de este ensayo son:

- Se retiró el tarrajeo de los puntos de muestreo en las columnas, vigas, losas y placas de concreto, preparando así las superficies para el ensayo de esclerometría.
- Se trazó el tablero de ensayo sobre cada elemento estructural, dividiéndolo en áreas específicas para realizar las mediciones con el esclerómetro.
- Se procedió a realizar el ensayo de esclerometría, utilizando un martillo de impacto que generaba rebotes sobre la superficie del concreto en cada punto de muestreo.
- Se registró el número de rebotes producidos en cada punto de medición, reflejando la dureza superficial del concreto y proporcionando una indicación de su resistencia a compresión.
- Se repitió el proceso de ensayo en múltiples puntos a lo largo de cada elemento estructural, asegurando una cobertura adecuada y representativa de toda su superficie.
- Los datos obtenidos de los rebotes fueron procesados y analizados bajo la NTP 339.181 (INACAL, 2020), permitiendo calcular la resistencia en las columnas, vigas, losas y placas evaluadas.

Figura 34

Ensayo de Esclerometría en Elementos Estructurales del Edificio de Ingeniería Agroindustrial

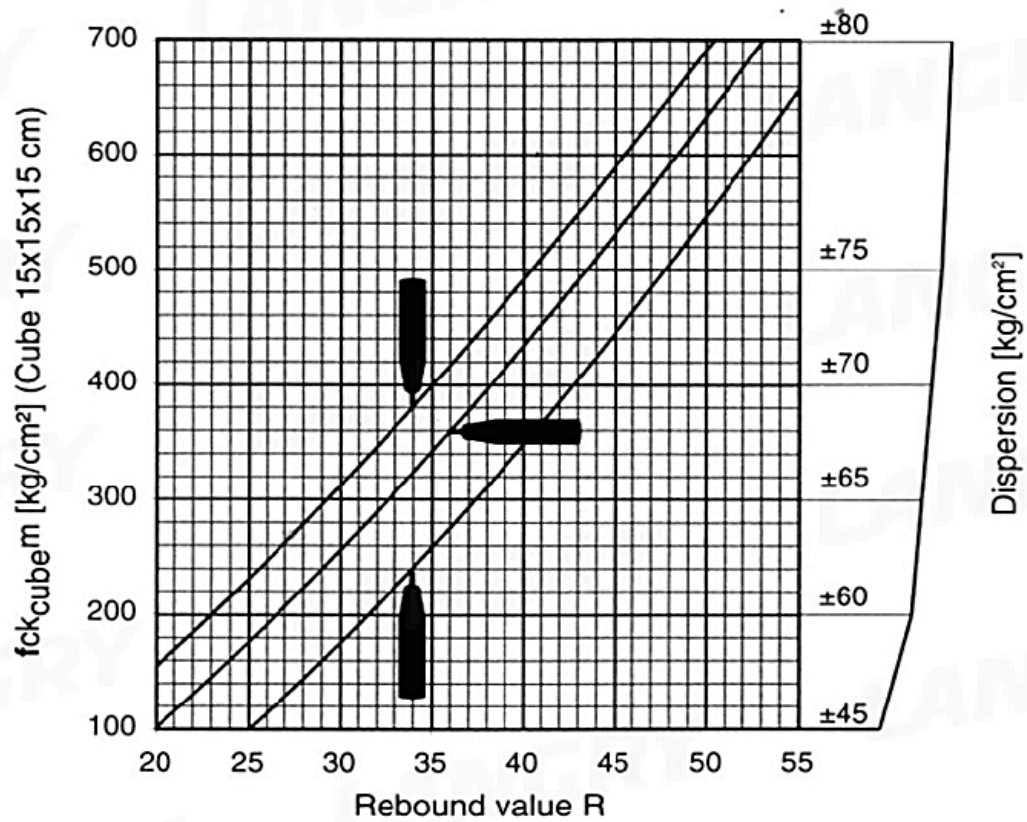


c) Cálculo de la resistencia

Los valores obtenidos de cada punto de medición fueron registrados y posteriormente procesados para calcular la resistencia en esas áreas específicas.

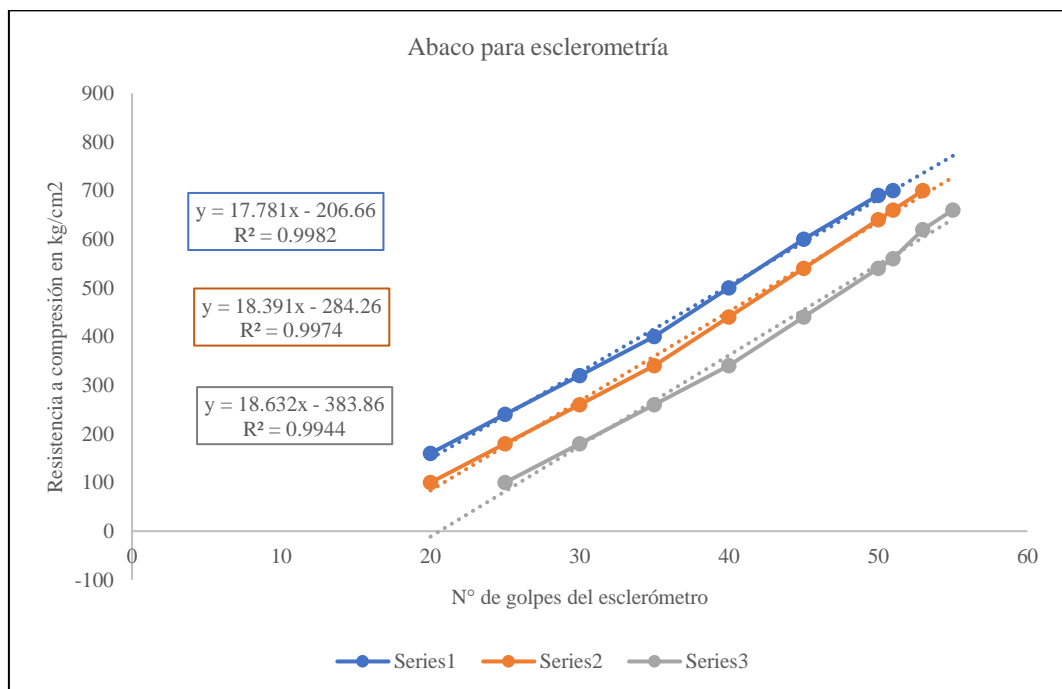
De acuerdo al ábaco de estimación dado para el esclerómetro analógico HT225-N, serie N20090006, marca PyS, se tienen tres ecuaciones de cálculo de la resistencia a compresión del concreto de acuerdo al número de golpes registrado en la prueba, cada ecuación se usa de acuerdo al sentido de la prueba (1 sentido superior, 2 sentido perpendicular, 3 sentido inferior) tal como se detalla en la Figura 35. De dicho ábaco se han generado las ecuaciones de cálculo vistas en la Figura 36.

Figura 35 *Ábaco de Acuerdo al Sentido de Aplicación de la Carga en el Ensayo de Esclerometría*



Nota: obtenido de la ficha técnica del equipo de esclerometría.

Figura 36 *Ábaco del Ensayo de Esclerometría*



Siendo así, como el sentido del ensayo de esclerometría fue perpendicular se ha utilizado la siguiente ecuación lineal:

$$y = 18.391x - 284.26 \quad (76)$$

Donde, y resistencia a compresión, x número de golpes registrado durante el ensayo de esclerometría.

d) Resultados de resistencia a compresión

Una vez completadas todas las mediciones y análisis, se obtuvieron los resultados de resistencia a compresión para cada elemento de concreto evaluado. En la Tabla 20 se muestra la resistencia en columnas, losa, placas y vigas de cada uno de los cuatro módulos, el ascensor y la escalera. Para el modelamiento se ha utilizado la menor resistencia a compresión alcanzada en cada uno de los elementos analizados.

Tabla 20

Resistencia a Compresión del Edificio de Ingeniería Agroindustrial - Esclerometría

		Resistencia a compresión (kg/cm ²)						
		Módulo	1	2	3	4	Ascensor	Escalera
Columna	Promedio		286.67	283.00	281.33	289.33		
	Máximo		299.00	293.00	298.00	302.00		
	Mínimo		268.00	271.00	269.00	283.00		
Losa	Promedio		283.33	311.00	312.67	309.00	312.00	309.00
	Máximo		288.00	318.00	314.00	309.00	312.00	309.00
	Mínimo		281.00	303.00	312.00	309.00	312.00	309.00
Placa	Promedio		296.33	305.00	284.33	291.67	294.50	329.50
	Máximo		315.00	325.00	287.00	293.00	295.00	338.00
	Mínimo		287.00	295.00	283.00	291.00	294.00	321.00
Viga	Promedio		262.00	286.67	298.00	282.33	268.00	310.00
	Máximo		263.00	293.00	305.00	289.00	268.00	310.00
	Mínimo		260.00	281.00	289.00	279.00	268.00	310.00

Tabla 21*Resultados del Ensayo de Esclerometría*

Nº de ensayo	Módulo	Piso	Elemento	Denominación	Resistencia a compresión (kg/cm2)
1	1	1		C-1	299
2	2	1		C-4	271
3	2	1		C-6	285
4	3	1		C-6	269
5	3	1		C-6	277
6	4	2		C-10	302
7	1	3	Columna	C-6	293
8	3	3		C-7	298
9	1	4		C-1	268
10	2	4		C-1	293
11	4	4		C-1	283
12	1	1		VP-4	263
13	4	1		VP-1	279
14	1	2		VP-D	260
15	2	2		VP-B	293
16	4	2	Viga	VP-1	289
17	3	2		VP-3	289
18	1	3		VP-J	263
19	2	3		VP-A	281
20	2	3		VP-3	286
21	3	3		VP-L	305
22	3	3		VP-4	300
23	1	1	Losa		288
24	1	2	Losa		281
25	2	2	Losa		318
26	3	2	Losa		314
27	4	2	Losa		309
28	2	3	Losa		303
29	2	3	Losa		312
30	3	3	Losa		312
31	1	1	Placa		287
32	2	1	Placa		295
33	3	1	Placa		287
34	3	1	Placa		283
35	4	1	Placa		293
36	4	1	Placa		291
37	2	2	Placa		325
38	1	3	Placa		315
39	Escalera	1	Placa		338
40	Escalera	3	Placa		321
41	Ascensor	2	Placa		294
42	Ascensor	4	Placa		295
43	Escalera	1	Viga		310
44	Escalera	1	Losa		309
45	Ascensor	1	Viga		268
46	Ascensor	1	Losa		312
47	Escalera	2	Viga		310
48	Escalera	2	Losa		309
49	Ascensor	2	Viga		268
50	Ascensor	2	Losa		312
51	4	3	Columna	C-1	283
52	4	3	Viga	VP-1	279
53	1	3	Losa		281
54	3	1	Losa		312
55	4	1	Losa		309
56	4	3	Losa		309
57	1	2	Placa		287
58	2	3	Placa		295
59	3	4	Placa		283
60	4	4	Placa		291

3.6.1.5. Esquematación de la edificación en Revit 2023

Se llevó a cabo el modelamiento de la edificación de Ingeniería Agroindustrial utilizando el software Revit 2023. Este proceso tuvo como objetivo obtener una representación precisa de las dimensiones de los elementos estructurales y sus componentes. Al modelar la estructura en Revit, se logró una visualización detallada de cada componente, lo que permitió identificar posibles interferencias entre los elementos estructurales y no estructurales. Esta etapa fue indispensable para asegurar que el diseño estuviera libre de conflictos antes de proceder al modelamiento de la estructura en ETABS 2018. De esta manera, se garantizó que el análisis estructural posterior se realizará sobre una base sólida y libre de errores dimensionales o de configuración.

Figura 37

Vista 3D de la Arquitectura de la Edificación de Ingeniería Agroindustrial – UNACH

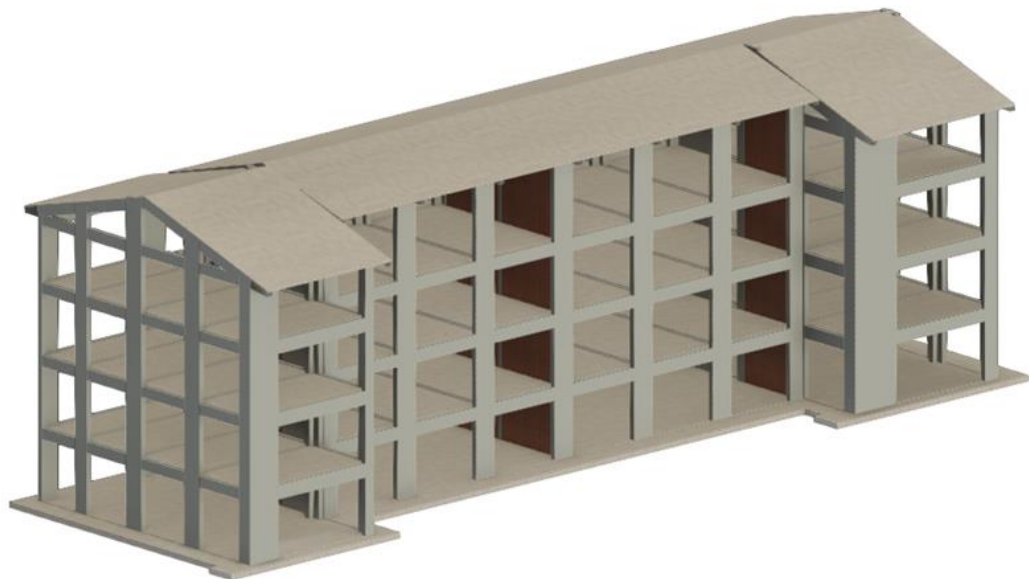


Figura 38

*Vista 3D de la Estructura de la Edificación de Ingeniería Agroindustrial –
UNACH*

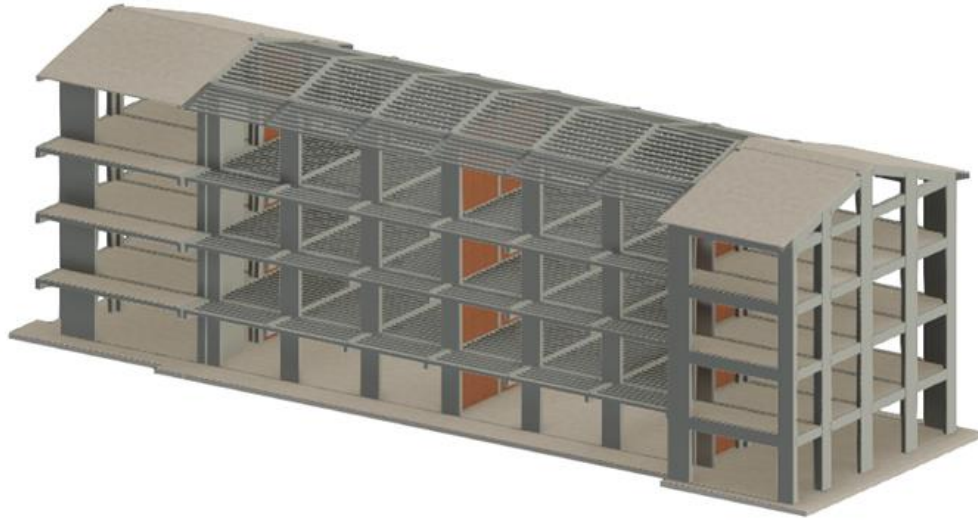
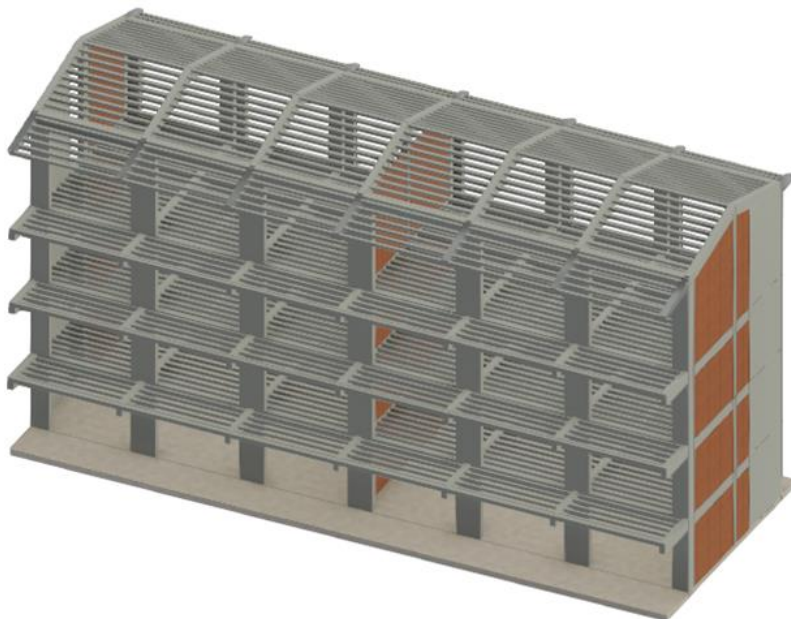


Figura 39

*Vista 3D de la Estructura del Módulo Principal de la Edificación de Ingeniería
Agroindustrial – UNACH*



3.6.1.6. Modelamiento de la edificación

En primer lugar, se creó el modelo tridimensional en ETABS v.18.1. Esto implicó definir la geometría y dimensiones de columnas, vigas, losas y muros de los cuatro módulos, escalera y ascensor. Así mismo, una vez creado el modelo, se asignaron las propiedades de los materiales a cada elemento estructural. Esto incluyó definir la resistencia a compresión del concreto, la resistencia a tracción del acero y las propiedades de otros materiales usados en la edificación (albañilería) de acuerdo al expediente técnico y las propiedades determinadas en campo por medio del ensayo de esclerometría.

Tabla 22

Propiedades de los Materiales

Material	Peso específico (kg/m ³)	Resistencia (kg/cm ²)	MOE (E) en kg/cm ²	Observaciones
Concreto	2400	210	217,000	Se han tomado las resistencias a compresión obtenidas del ensayo de esclerometría
Acero		4200		
Albañilería	1800	65	32,500	

Después de asignar las propiedades de los materiales, se definieron las cargas. Esto incluyó las cargas muertas (peso propio de la estructura), las cargas vivas (carga de uso) y las cargas de sismo. A continuación, se definieron los apoyos y restricciones que existen en la estructura. Esto incluye los apoyos fijos, los apoyos móviles y las restricciones en los desplazamientos y rotaciones de ciertos elementos.

Tabla 23

Cargas Vivas Verticales

Ambiente	Cargas vivas (kg/m ²)
Corredores	400
Sala de usos múltiples	350
Laboratorios	300
Biblioteca – Sala de lectura	300
Biblioteca – Almacén	750
Depósito de escalera	200

Una vez definidas las cargas, los apoyos y las restricciones, se realizó el análisis de cargas en ETABS v.18.1. Esto implica calcular los esfuerzos internos, los desplazamientos y las deformaciones en cada elemento estructural de la edificación bajo las cargas definidas. Finalmente, se verificó el modelo en ETABS v.18.1. Esto implicó comprobar que los desplazamientos y las deformaciones del modelo estén dentro de los límites aceptables y que no se presenten problemas de inestabilidad.

Figura 40

Detalle de Columnas del Edificio de Ingeniería Agroindustrial

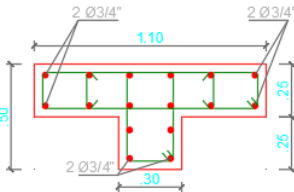
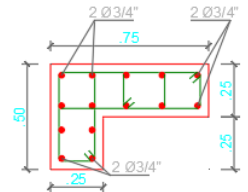
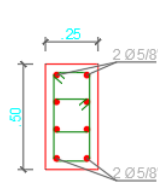
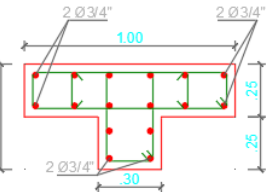
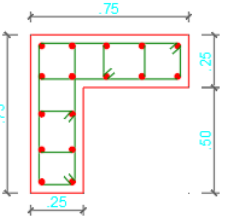
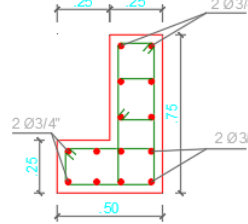
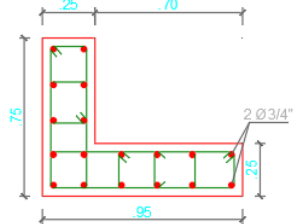
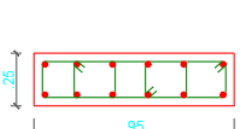
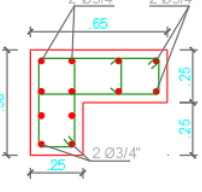
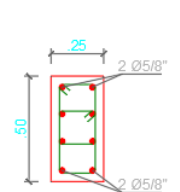
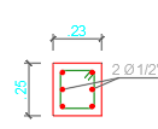
C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
 <p>6 Ø3/4"+10 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>	 <p>6 Ø3/4"+8 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>	 <p>8 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>	 <p>6 Ø3/4"+10 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>	 <p>16 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>	 <p>6 Ø3/4"+8 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>
C-7	C-8	C-9	C-10	Cf-1	
 <p>2 Ø3/4"+16 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>	 <p>12 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>	 <p>6 Ø3/4"+6 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>	 <p>8 Ø5/8"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 10@.10, 3@.15 rto @.25 c/ext</p>	 <p>6 Ø1/2"</p> <p>□ 3/8": 1@.05, 4@.10, 3@.15, rto @.20 c/ext</p>	

Figura 41

Detalle de Vigas de la Estructura de Ingeniería Agroindustrial

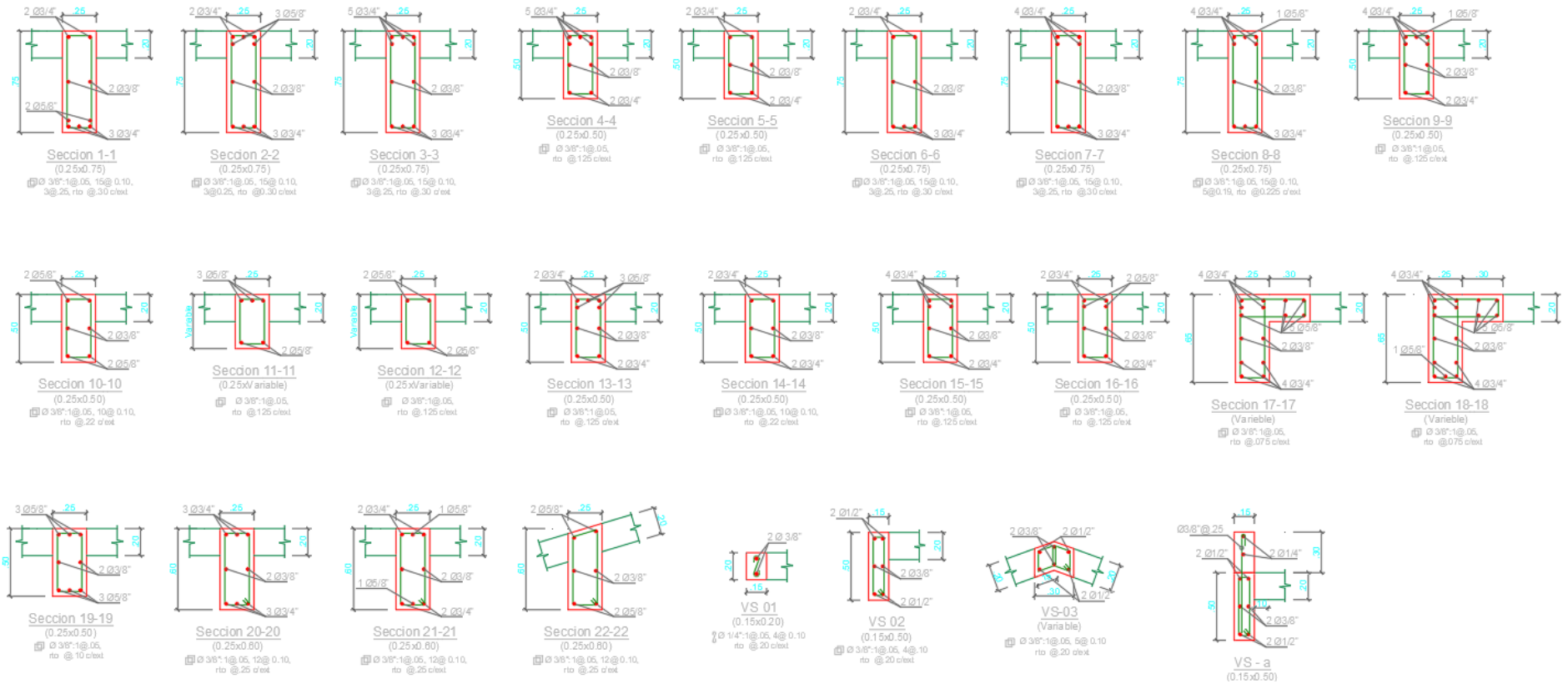


Figura 42

Detalle de Muros de Corte o Placas de la Estructura de Ingeniería Agroindustrial

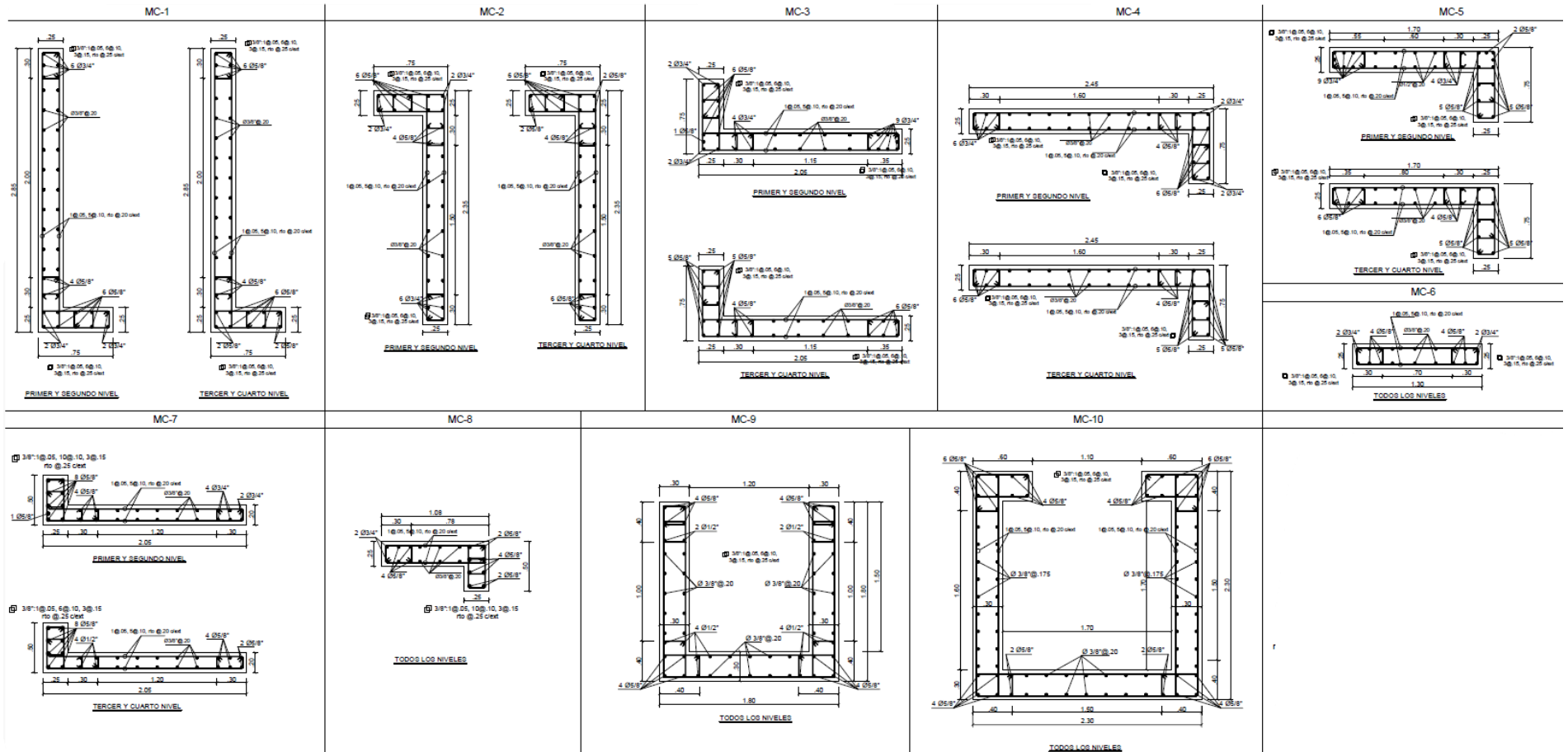


Figura 43

Modelamiento de Columnas del Edificio de Ingeniería Agroindustrial

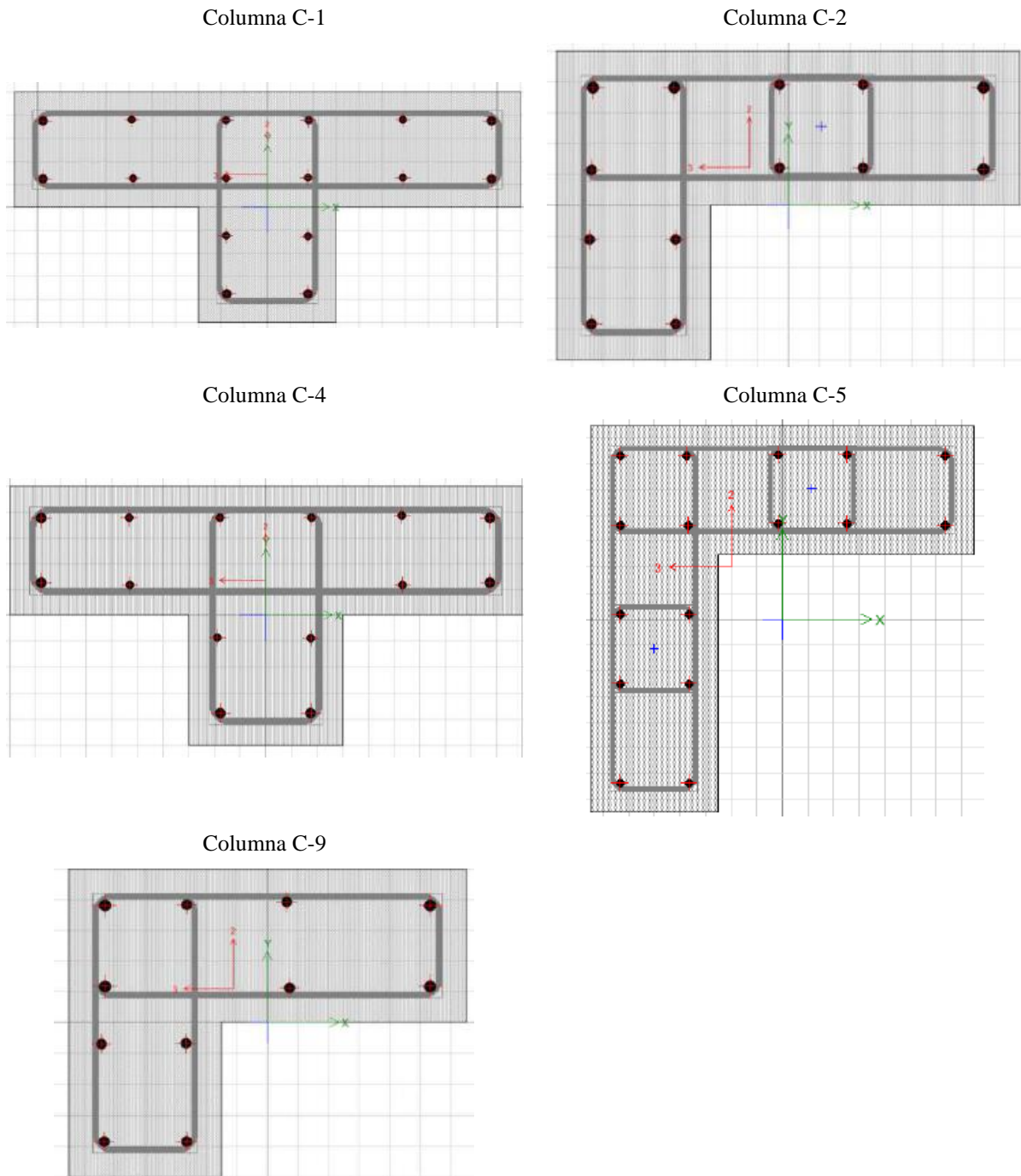
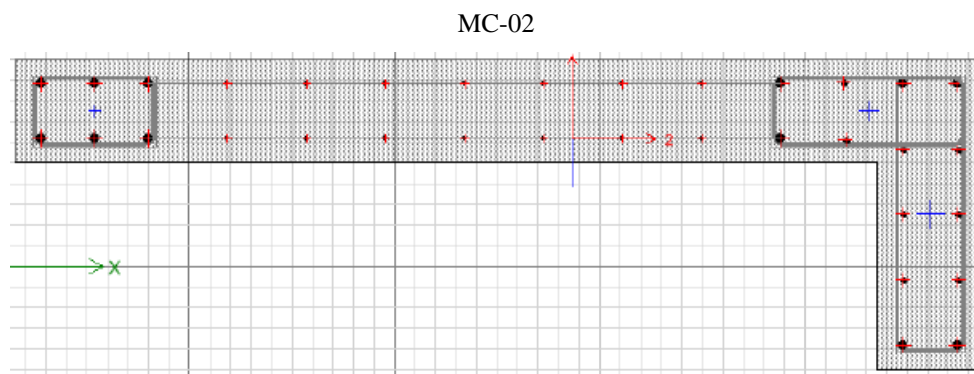
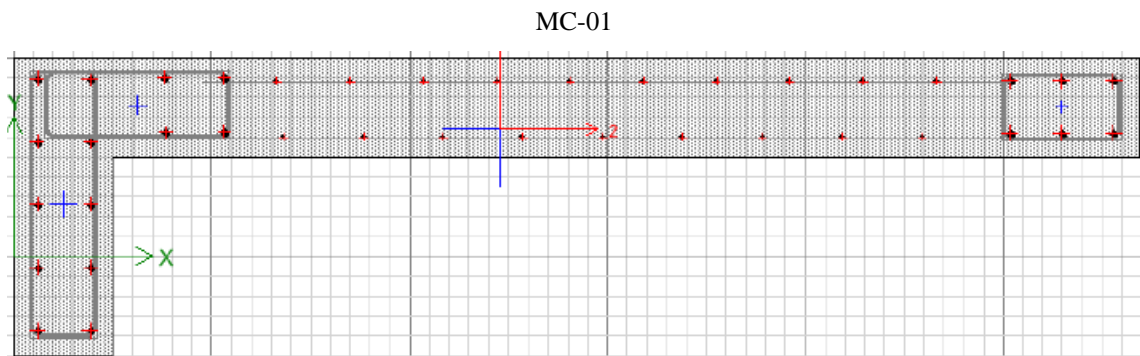
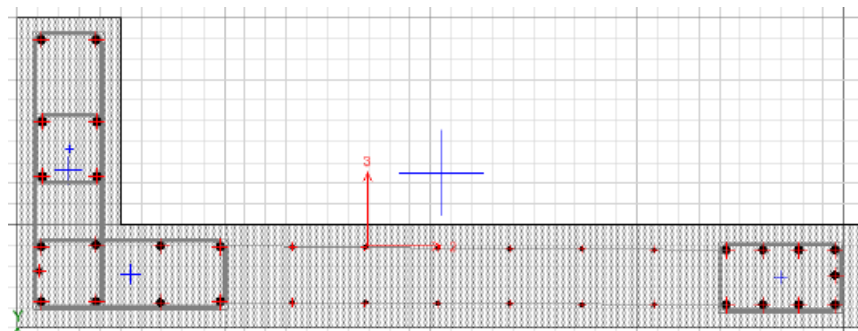


Figura 44

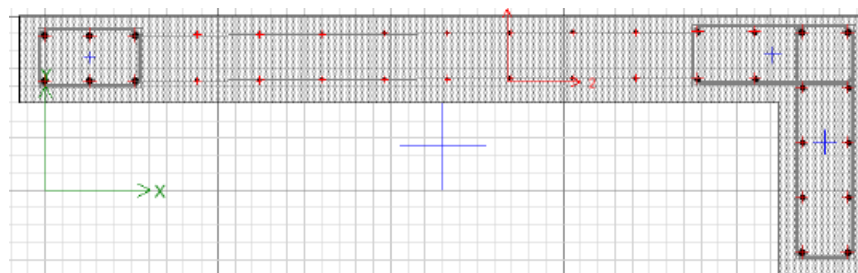
Modelamiento de Muros del Edificio de Ingeniería Agroindustrial



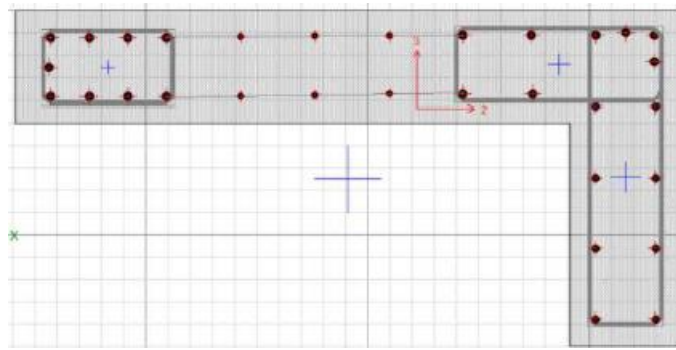
Muro de corte MC-03 – 1er y 2do nivel



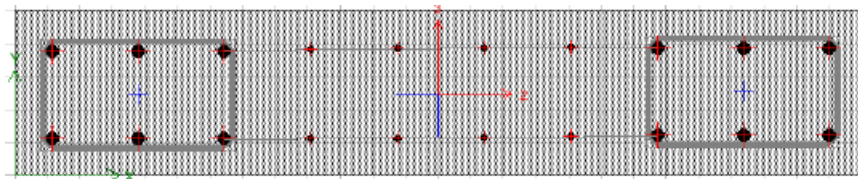
Muro de corte MC-03 – 3er y 4to nivel



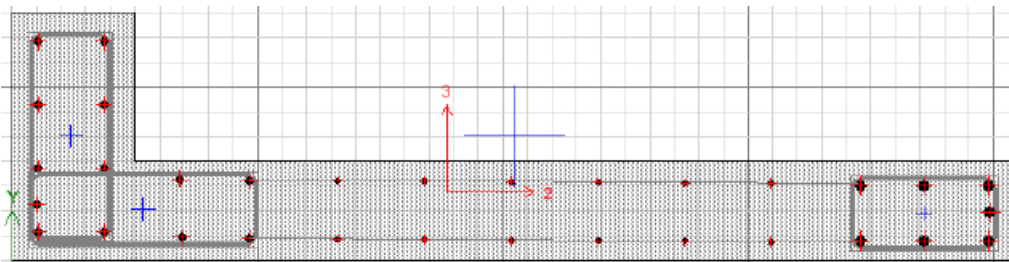
MC-05



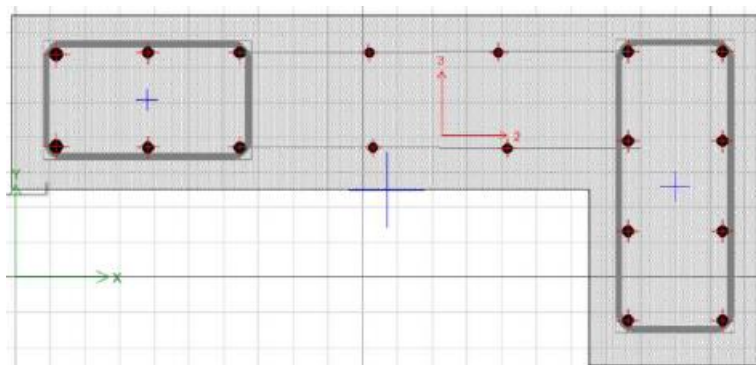
MC-06



MC-07



MC-08



a) Módulo 1

Las vigas en dirección transversal son de 0.25 m x 0.75 m de sección transversal. Las vigas en dirección longitudinal son de 0.25x0.60 m. En las cuatro esquinas se tienen columnas en L de 0.75x0.50x0.25 m de espesor. Las columnas de los ejes intermedios de sección T, con alas de 0.25 x 1.10 m y alma de 0.25 x 0.25 m.

Figura 45

Vista del Modelamiento del Módulo 1

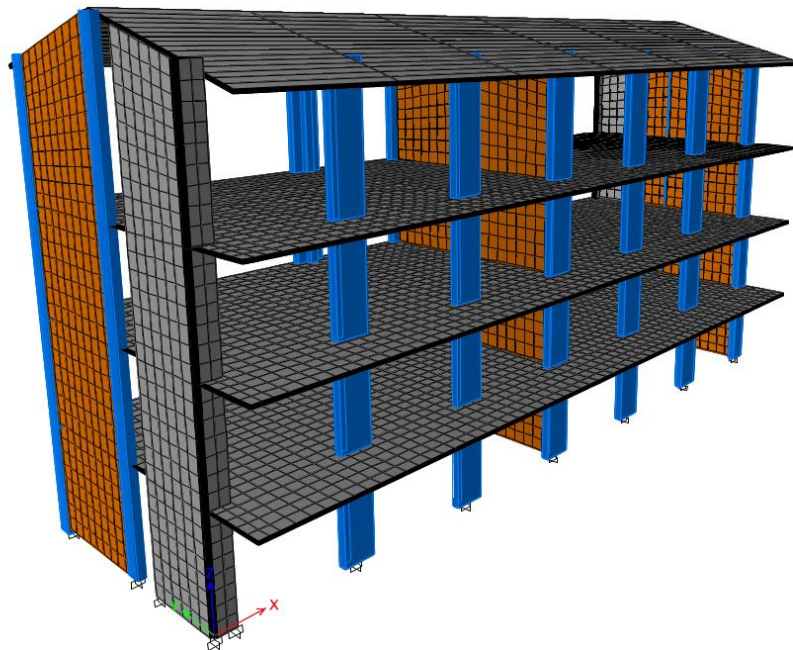


Figura 46

Planta del Modelamiento del Módulo 1

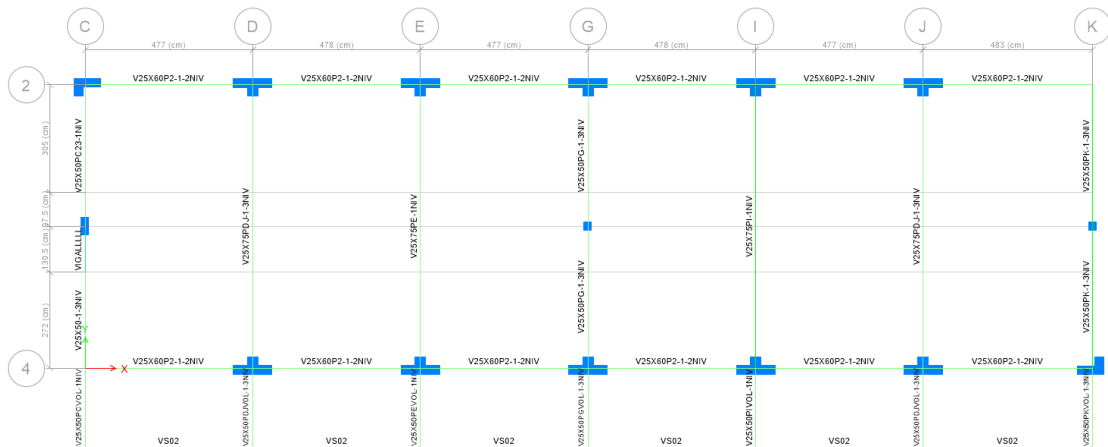
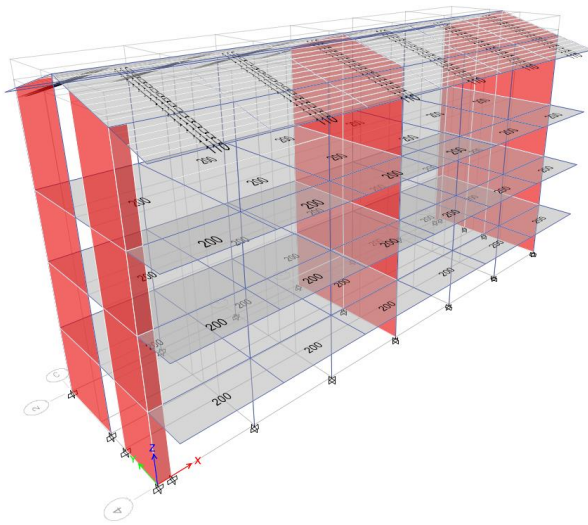


Figura 47 Carga Muerta (CM) en el Módulo N° 1



DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
CARGA MUERTA				
- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
- Acabados			100	
- Cielo raso			25	
CARGA VIVA				
- Pasadizo				400
- Oficinas				250
- Laboratorio				300
- Almacenaje				500
CARGA MUERTA				
- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
- Acabados			100	
- Cielo raso			25	
CARGA VIVA				
- Pasadizo				400
- Aulas				250
CARGA MUERTA				
- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
- Acabados			100	
- Cielo raso			25	
CARGA VIVA				
- Pasadizo				400
- Aulas				250
- Biblioteca				300
- Biblioteca (Almacen)				750
CARGA MUERTA				
- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	110.0
- Cobertura de teja andina			10	
- Cielo raso			25	
CARGA VIVA DE TECHO				
- Techos inclinados				50

Figura 48 Carga Viva (CV) en el Módulo N° 1

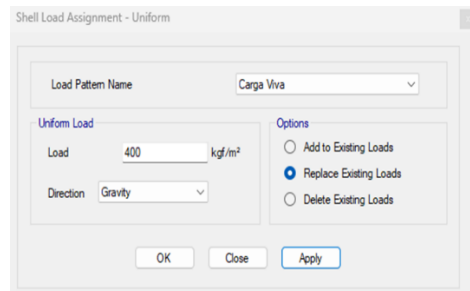
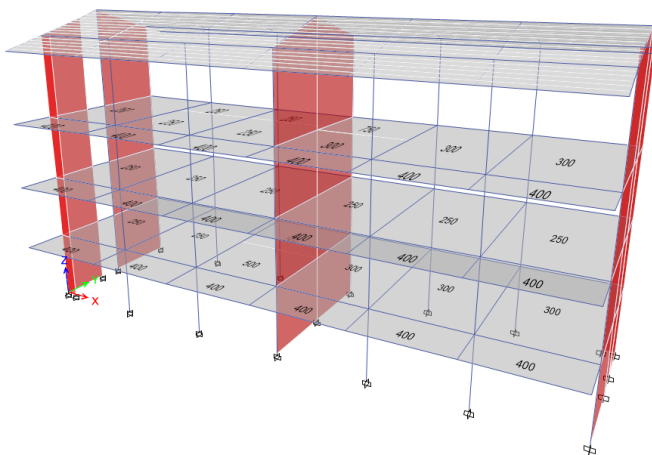
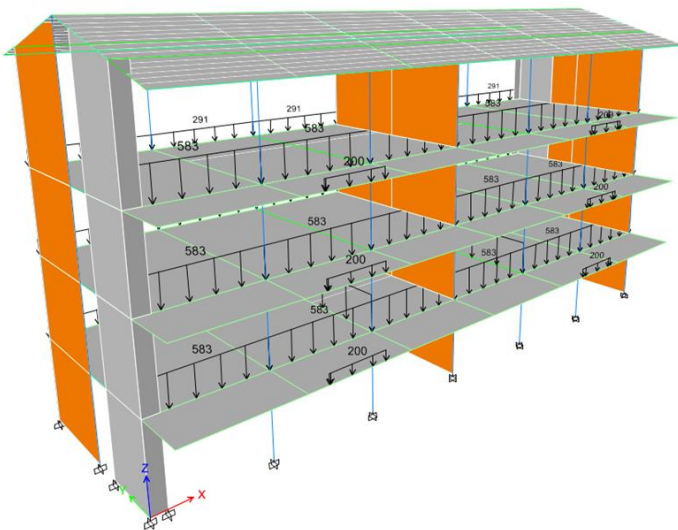


Figura 49 Cargas Distribuidas en Vigas en el Módulo N° 1



Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARGA DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (4-4)	0.15	2.1	1850	1	583
Muro lateral del Eje (2-2)	0.15	1.05	1850	1	291
Carga Interior Piso N°1					
Muro interior del Eje (E-E)	0.15	2.6	1850	1	722
Muro interior del Eje (I-I)	0.15	2.6	1850	1	722

b) Módulo 2

Las vigas en dirección transversal son de 0.25 m x 0.65 m y de 0.25m x 0.75 m.

Las vigas en dirección longitudinal son de 0.25x0.60 m. En las esquinas se tienen columnas en L de 0.75x0.50x0.25 m de espesor. Las columnas de los ejes intermedios de sección T, con alas de 0.25 x 1.00 m y alma de 0.25 x 0.25 m.

Figura 50 Vista del Modelamiento del Módulo 2

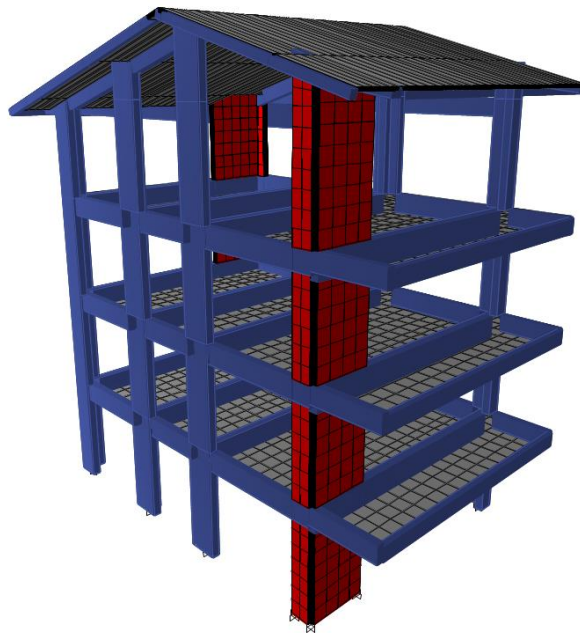


Figura 51 Planta del Modelamiento del Módulo 2

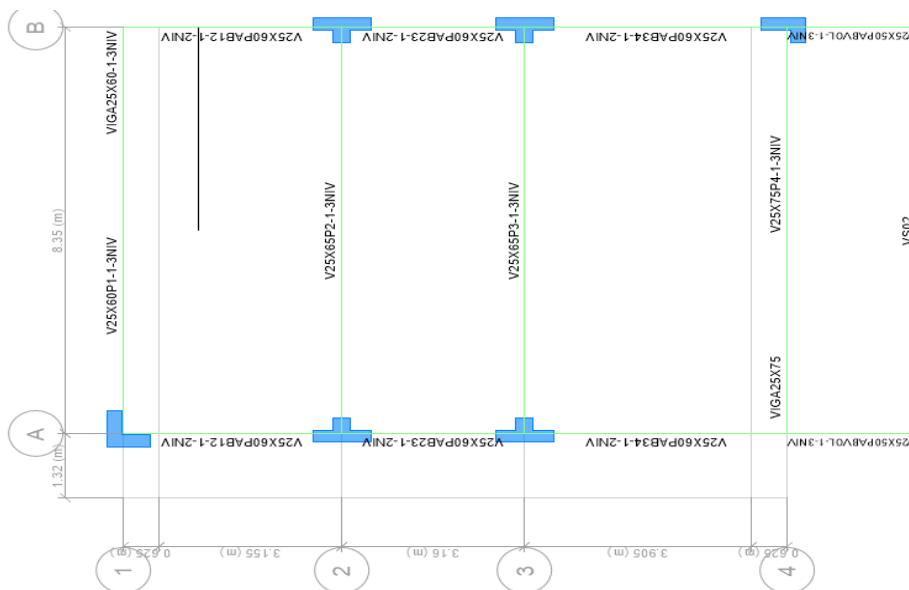
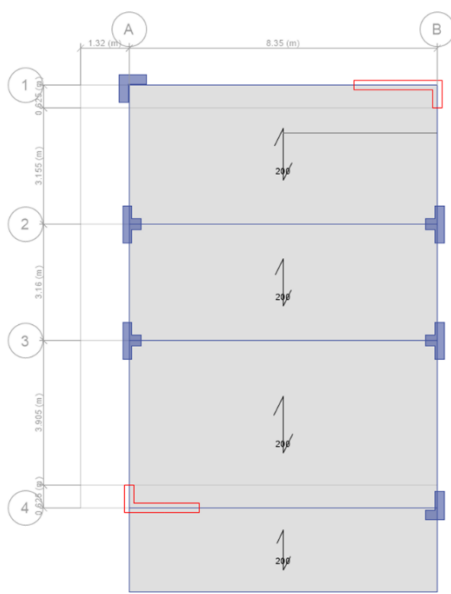


Figura 52 Carga Muerta en el Módulo N° 2



PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
- Pasadizo				400	
- Oficinas				250	
PISO 2	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
- Pasadizo				400	
- Aulas				250	
PISO 3	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
- Pasadizo				400	
- Aulas				250	
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	110.0
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
- Techos inclinados				50	

Figura 53 Carga Viva en el Módulo N° 2

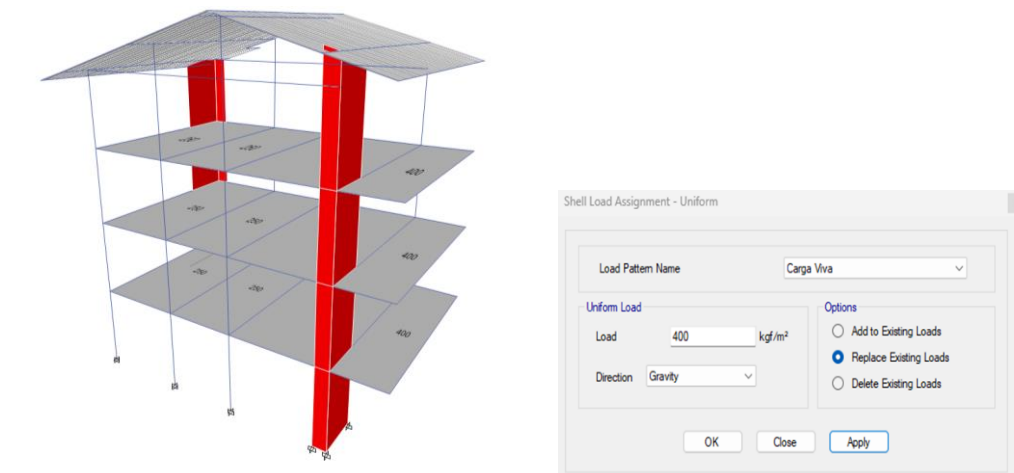
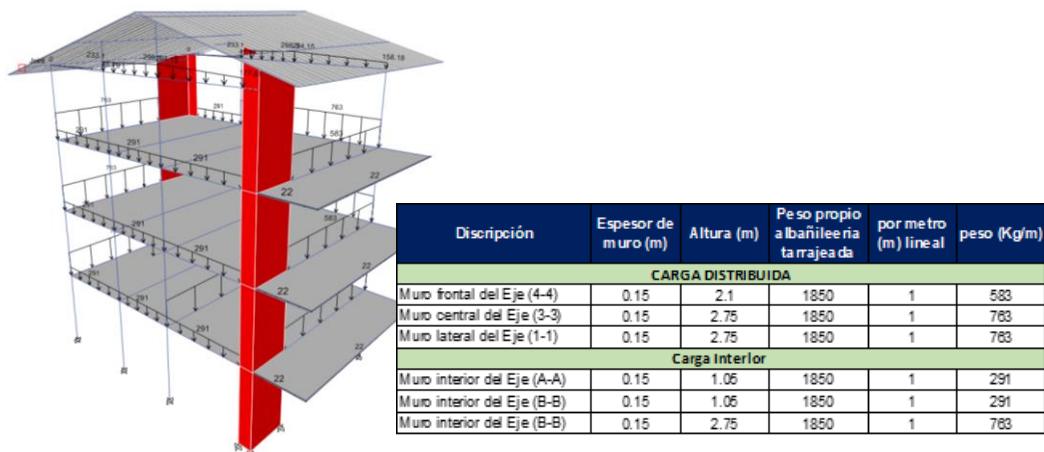


Figura 54 Cargas Distribuidas en Vigas en el Módulo N° 2



c) Módulo 3

Las vigas en dirección transversal son de 0.25 m x 0.65 m de sección transversal. Las vigas en dirección longitudinal son de 0.25x0.50 m. En las cuatro esquinas se tienen columnas en L de 0.75x0.50x0.25 m de espesor. Las columnas de los ejes intermedios de sección T, con alas de 0.25 x 1.10 m y alma de 0.25 x 0.25 m.

Figura 55 Vista del Modelamiento del Módulo 3

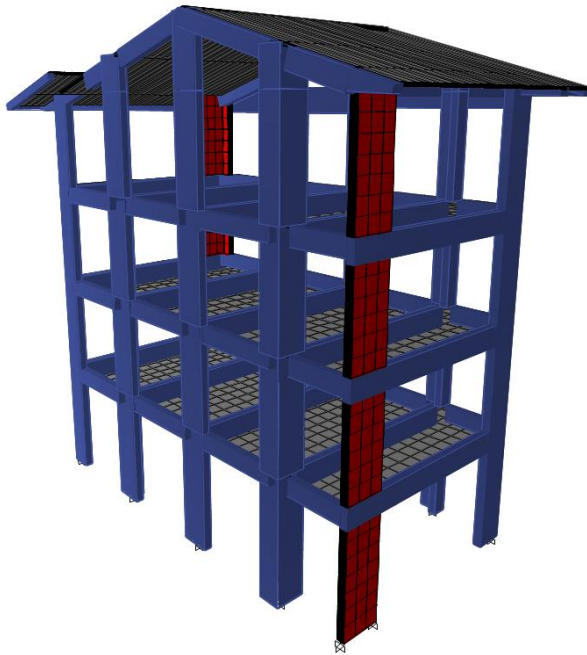


Figura 56 Planta del Modelamiento del Módulo 3

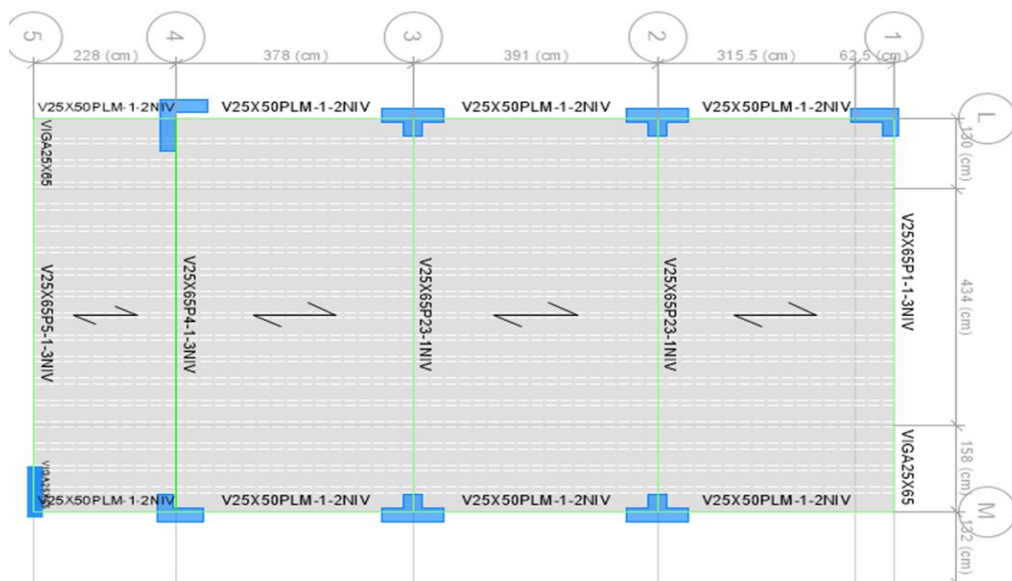


Figura 57 Carga Muerta en el Módulo N° 3

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
- Pasadizo				400	
- Oficinas				250	
PISO 2	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
- Pasadizo				400	
- Aulas				250	
PISO 3	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
- Pasadizo				400	
- Aulas				250	
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	110.0
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
- Techos inclinados				50	

Figura 58 Carga Viva en el Módulo N° 3

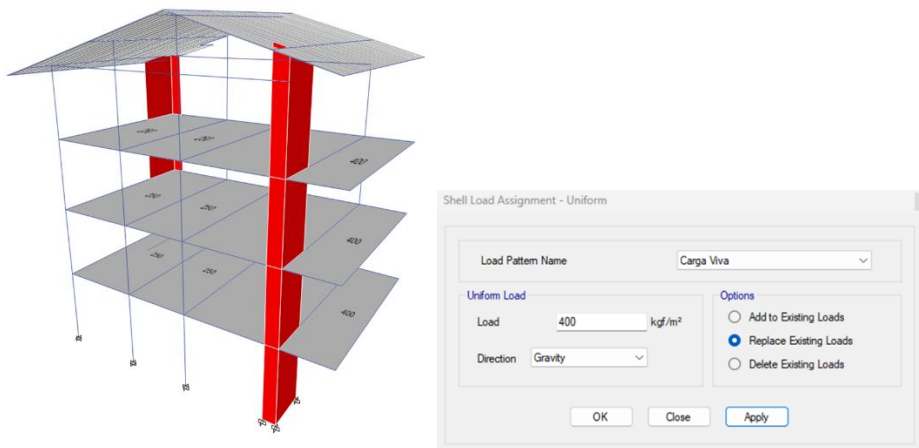
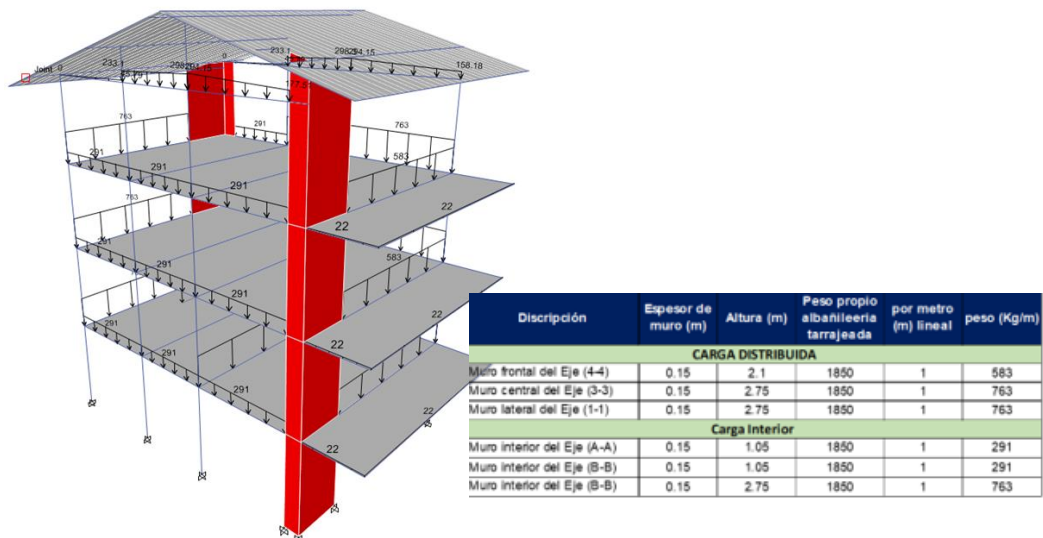


Figura 59 Cargas Distribuidas en Vigas en el Módulo N° 3



d) Módulo 4

Las vigas en dirección transversal son de 0.25 m x 0.40 m de sección transversal. Las vigas en dirección longitudinal son de 0.25x0.50 m. En las esquinas se tienen muros de corte según planos. Las columnas de los ejes intermedios son de 0.25 x 0.50 m.

Figura 60

Vista del Modelamiento del Módulo 4

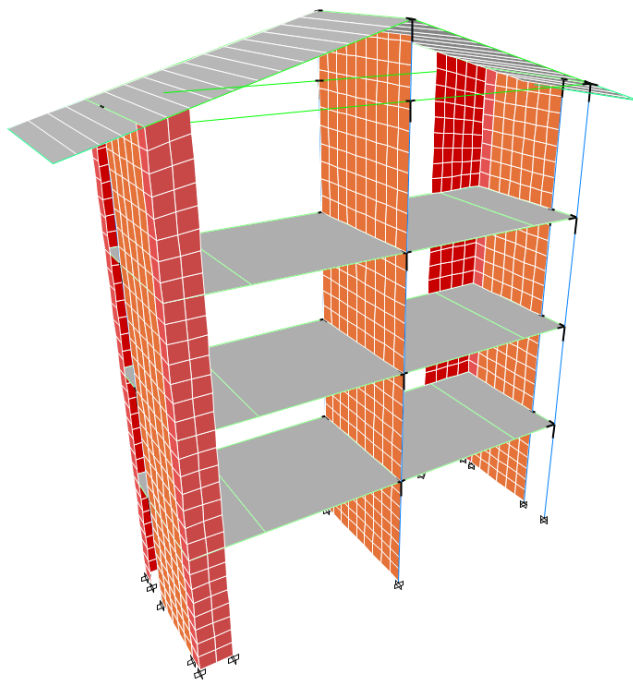


Figura 61

Planta del Modelamiento del Módulo 4

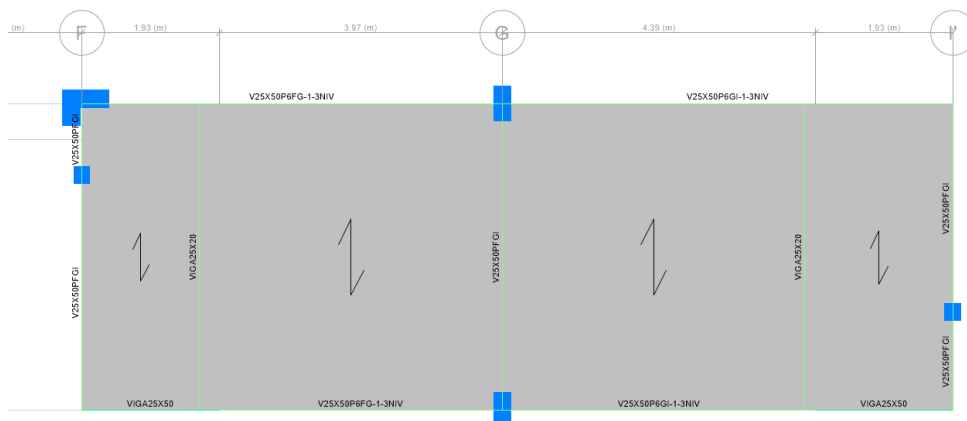


Figura 62 Carga Muerta en el Módulo N° 4

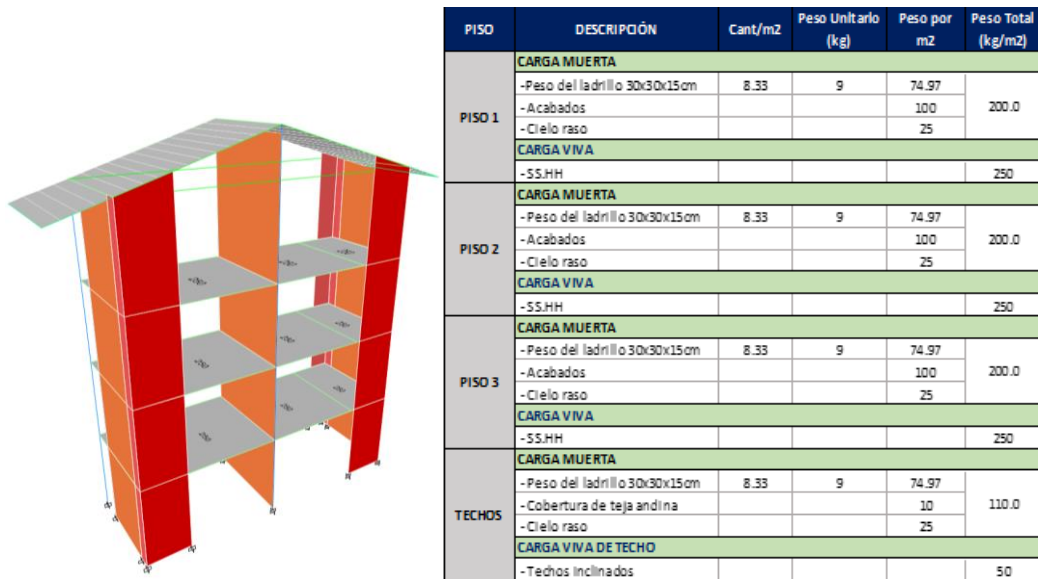


Figura 63 Carga Viva en el Módulo N° 4

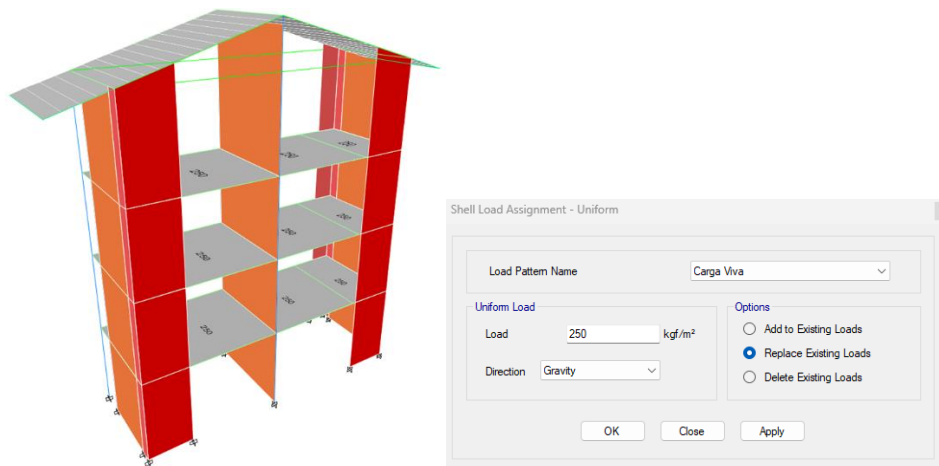
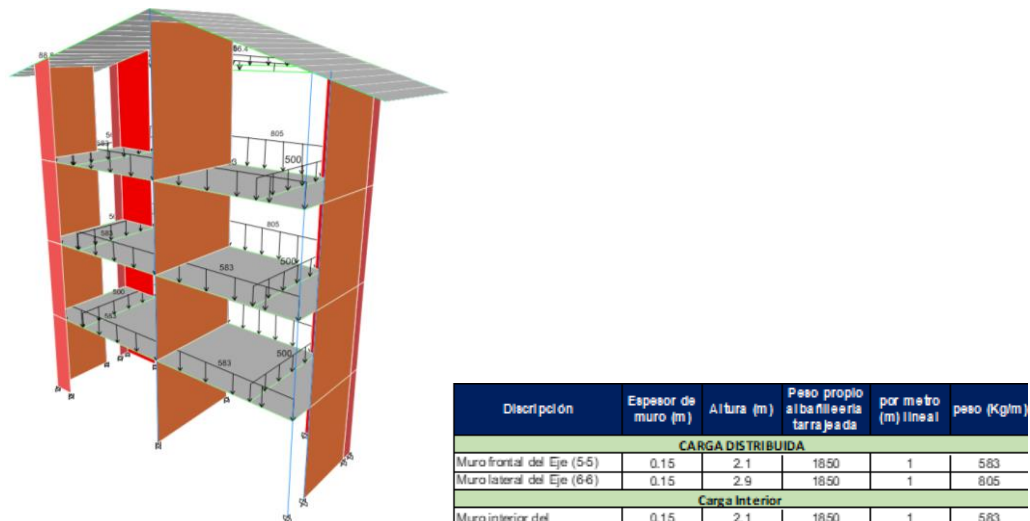


Figura 64 Cargas Distribuidas en Vigas en el Módulo N° 4



e) **Escalera y ascensor**

La escalera y el ascensor comparten similitud en sus componente estructurales no obstante se diferencian en el uso de la parte central de cada uno de los módulos, mientras que uno solamente se usa como escaleras, en el otro se ubica el ascensor.

Figura 65 *Planta de la Losa de Techo de la Escalera*

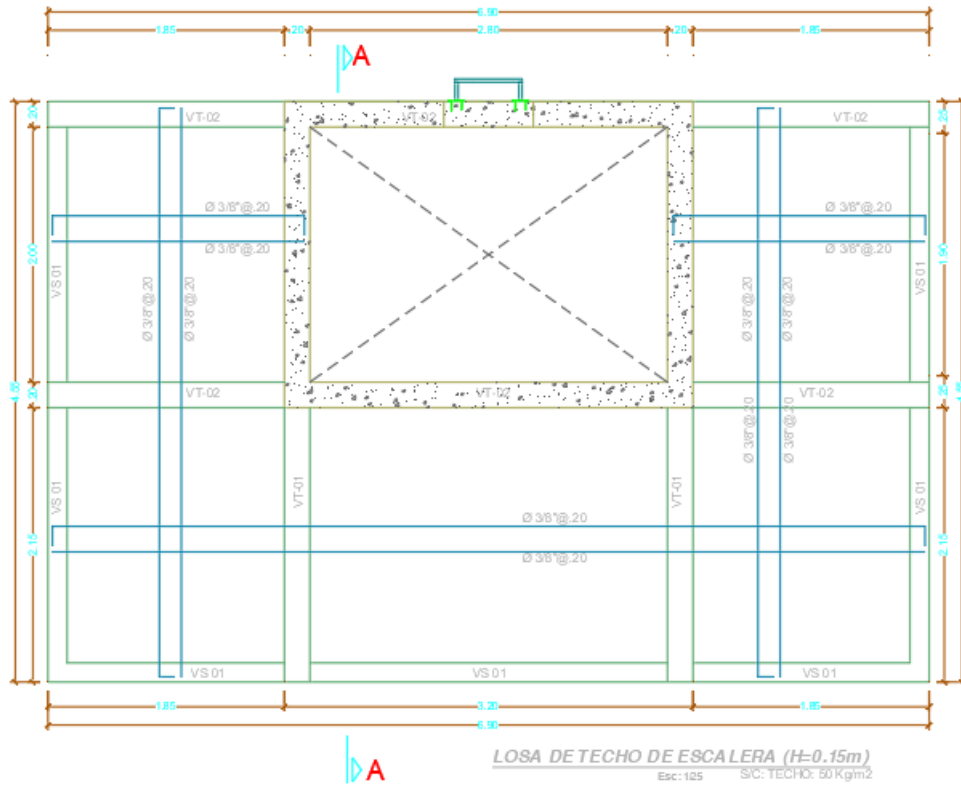


Figura 66 *Vista del Modelamiento del Módulo N° 5: Escalera*

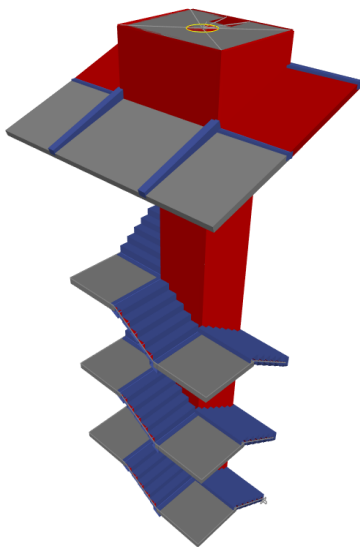


Figura 67 Carga Muerta en la Escalera

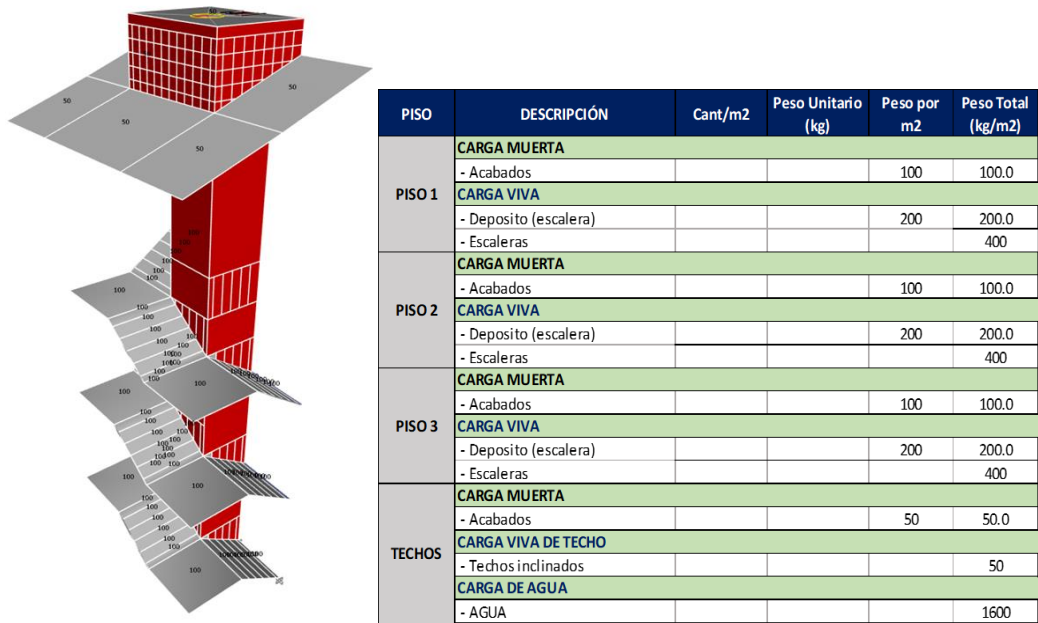


Figura 68 Carga Viva en la Escalera

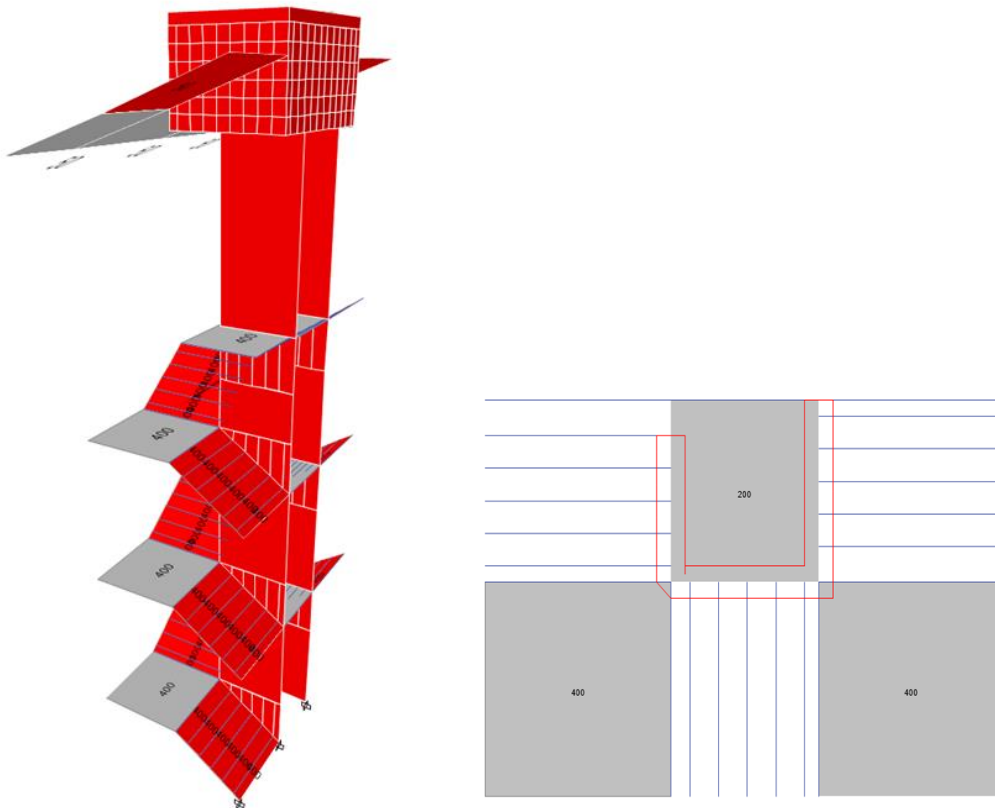


Figura 69 Planta Losa de Techo de la Escalera con Ascensor

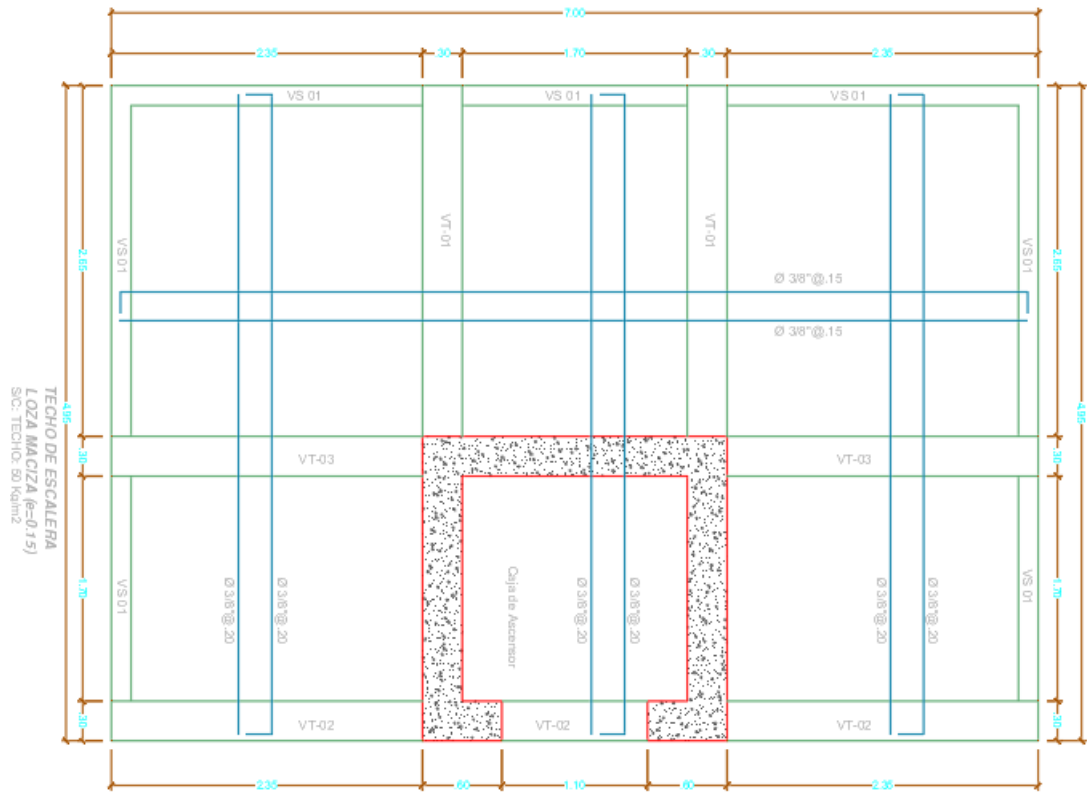


Figura 70 Vista del Modelamiento del Módulo N° 6: Ascensor

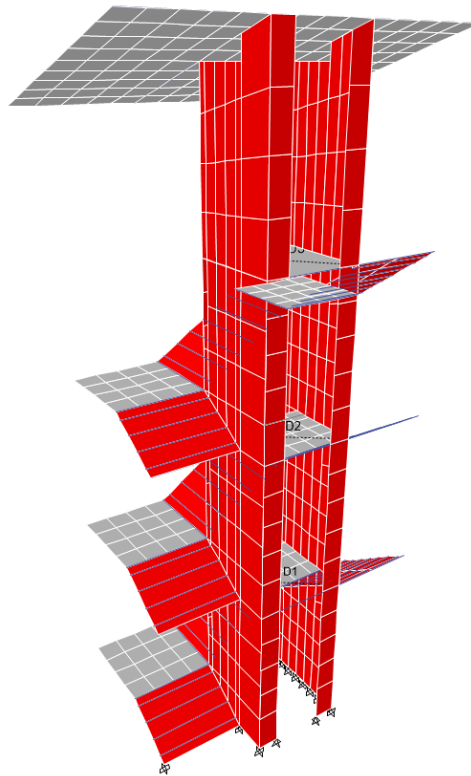
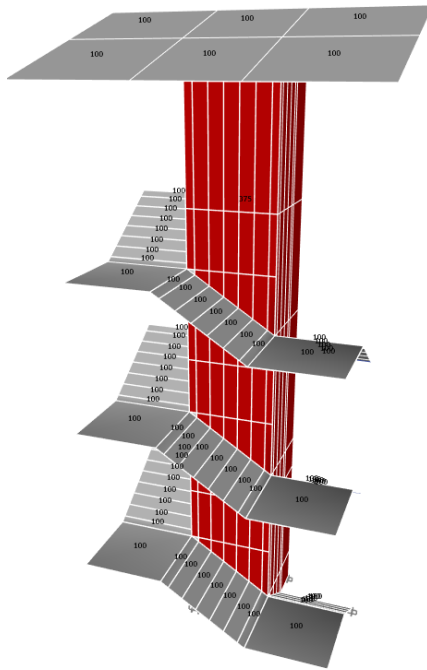
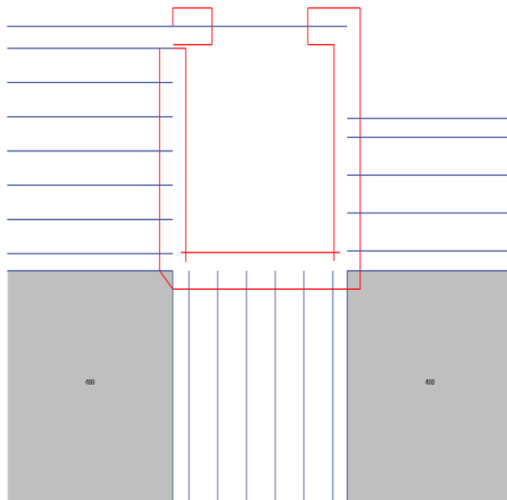
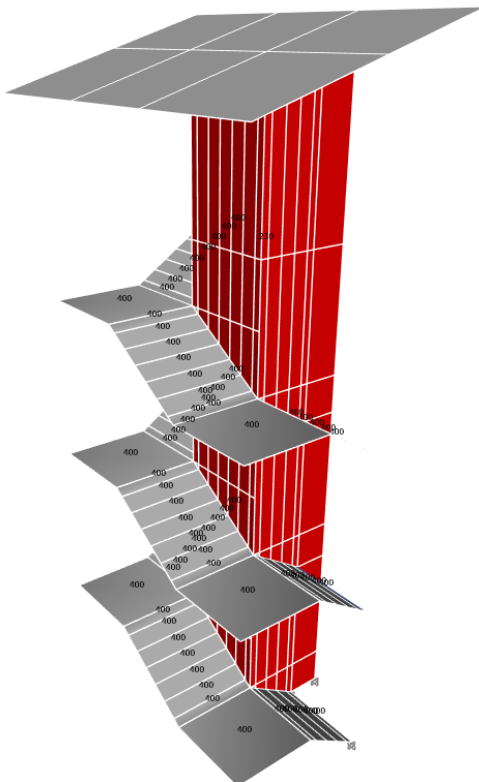


Figura 71 *Carga Muerta en el Ascensor*



PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	CARGA VIVA				
	- Escaleras				400
PISO 2	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	CARGA VIVA				
	- Escaleras				400
PISO 3	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	- Ascensor			375.00	375.0
	CARGA VIVA				
	- Escaleras				400
	- Ascensor				250
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Acabados			10	100.0
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

Figura 72 *Carga Viva en el Ascensor*



3.6.1.7. Análisis estático – dinámico lineal con la norma E.030 (MVCS, 2018)

Se llevó a cabo el análisis sísmico siguiendo las directrices establecidas en la norma actual, NTE E-030 (MVCS, 2018), utilizando el método de superposición modal espectral. Se aplicó la combinación cuadrática completa (CQC) para evaluar los efectos sísmicos. Teniendo en cuenta las características del suelo, la estructura y las condiciones de uso, se utilizaron los parámetros sísmicos enumerados en la tabla a continuación:

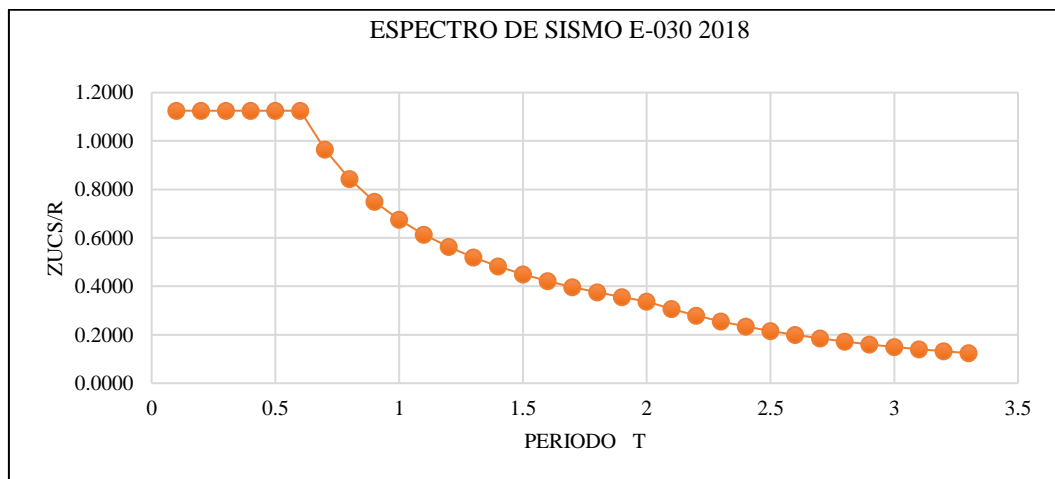
Tabla 24

Parámetros para el Análisis Sísmico

Parámetros para el análisis sísmico	
Factor de zona (zona 2)	Z= 0.25
Factor de uso e importancia (categoría A)	U= 1.50
Factor de suelo (S2)	S= 1.20
Período para definir espectro de pseudo aceleración	Tp=0.60 s. TL= 2.00
Reducción de respuesta de acuerdo al sistema estructural	
Longitudinal (muros de concreto)	R= 6
Transversal (albañilería)	R= 3
Regularidad estructural	1.00

Figura 73

Espectro de Respuesta



a) Módulo N° 1

El análisis revela que el cortante dinámico en la base del edificio es de 180.03 Tn en X-X, lo cual representa aproximadamente el 82% del cortante estático, tal como lo requiere la norma E 030 (MVCS, 2018). En Y-Y, el cortante dinámico en la base se estima en 343.52, equivalente al 78% del cortante estático, por lo que se aplica un coeficiente de amplificación sísmica de 1.03.

Tabla 25

Cortante Estática y Dinámica en la Base del Módulo N° 1

Módulo N° 1	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	X	Y
Cortante Estática	220.26	440.53
Cortante Dinámica	180.03	343.52
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	82	78

Además, se ha determinado que la distorsión máxima que presenta el edificio en X-X es de 0.00495, un valor menor que el límite establecido de 0.007. De manera similar, en Y-Y, la distorsión máxima es de 0.001604, también por debajo del límite de 0.005, de acuerdo con lo estipulado en la norma E.030 (MVCS, 2018). La estructura experimenta deformaciones dentro de los rangos aceptables.

Tabla 26

Derivas Relativas del Módulo N° 1

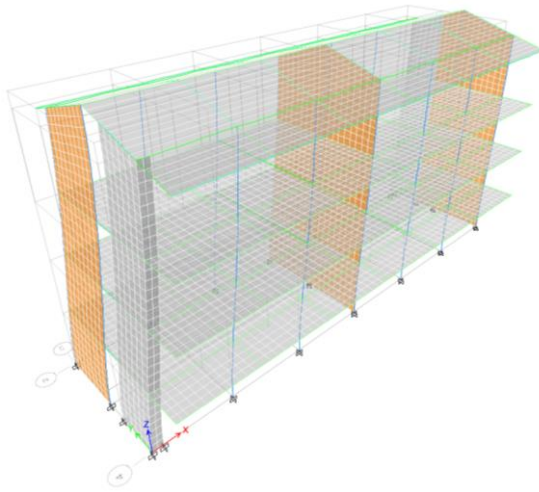
Derivas relativas	Dirección					
	X		Rx=6 < 0.007	Y		Ry=3 < 0.005
	Deriva	Deriva.0.75R		Deriva	Deriva.0.75R	
Piso						
4	0.000471	0.0021195	Cumple	0.000486	0.0010935	Cumple
3	0.000936	0.004212		0.000685	0.00154125	
2	0.001101	0.0049545		0.000713	0.00160425	
1	0.00072	0.003240		0.000494	0.0011115	

En relación al comportamiento de vibración de la estructura, se ha observado que el módulo cumple con los modos de vibración requeridos. Los dos primeros modos corresponden a movimientos de traslación, mientras que el último modo se refiere a rotación.

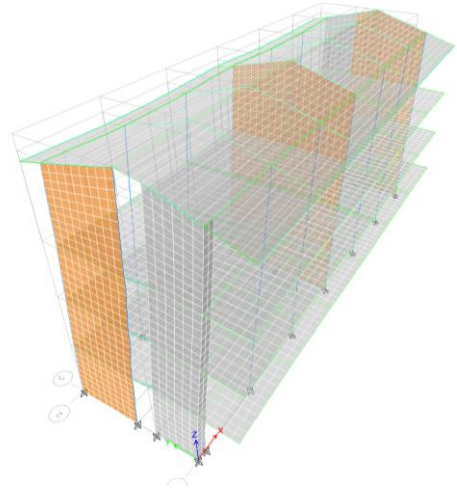
Figura 74

Modos de Vibración del Módulo N° 1

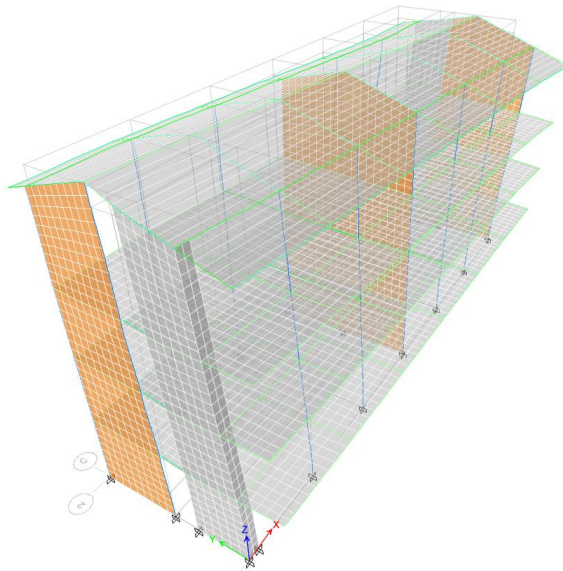
Modo 1 (longitudinal) T= 0.428 seg.



Modo 2 (transversal), T= 0.222 seg.



Modo 3 (torsional), T= 0.176 seg.



b) Módulo N° 2

El análisis revela que el cortante dinámico en la base del edificio es de 63.57 Tn en X-X, lo cual representa aproximadamente el 67% del cortante estático. En Y-Y, el cortante dinámico en la base se estima en 71.33, equivalente al 75% del cortante estático, por lo que, no cumple con la norma E 030 (MVCS, 2018) requiere y se debe multiplicar por los coeficientes en X e Y de 1.20 y 1.07.

Tabla 27

Cortante Estática y Dinámica en la Base del Módulo N° 2

Módulo N° 2	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	X	Y
Cortante		
Estática	95.29	95.29
Dinámica	63.57	71.33
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	67	75

Además, se ha determinado que la distorsión máxima que presenta el edificio en X-X es de 0.0053, un valor menor que el límite establecido de 0.007. De manera similar, en Y-Y, la distorsión máxima es de 0.00396, también por debajo del límite de 0.005, de acuerdo con lo estipulado en la norma E.030 (MVCS, 2018). La estructura experimenta deformaciones dentro de los rangos aceptables.

Tabla 28

Derivas Relativas del Módulo N° 2

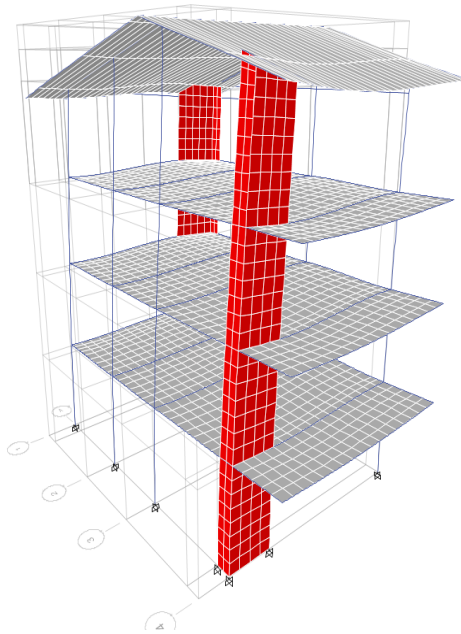
Derivas relativas	Dirección					
	X		Rx=6	Y		Ry=6
	Deriva	Deriva.0.75R	< 0.007	Deriva	Deriva.0.75R	< 0.007
Piso						
4	0	0		0	0	
3	0.001181	0.0053145	Cumple	0.000723	0.0032535	
2	0.00112	0.00504		0.000881	0.0039645	
1	0.000552	0.002484		0.000602	0.002709	

Se ha observado que el módulo cumple con los modos de vibración requeridos. Los dos primeros modos corresponden a movimientos de traslación, mientras que el último modo se refiere a rotación.

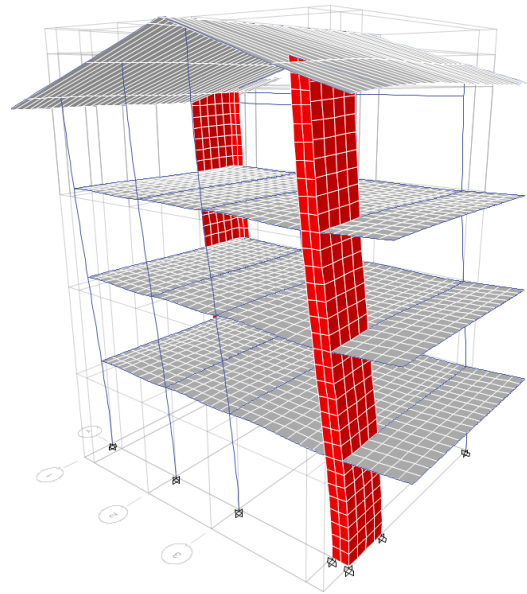
Figura 75

Modos de Vibración del Módulo N° 2

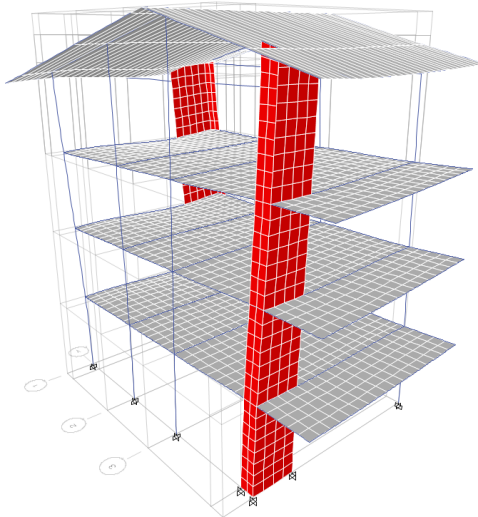
Modo 1 (longitudinal) $T= 0.428$ seg.



Modo 2 (transversal), $T= 0.377$ seg.



Modo 3 (torsional), $T= 0.287$ seg.



c) Módulo N° 3

El análisis revela que el cortante dinámico en la base del edificio es de 66.54 Tn en X-X, lo cual representa aproximadamente el 77% del cortante estático, por lo que se multiplica por el factor de amplificación 1.05. En Y-Y, el cortante dinámico en la base se estima en 70.27 Tn, equivalente al 81% del cortante estático, tal como lo requiere la norma E 030 (MVCS, 2018).

Tabla 29

Cortante Estática y Dinámica en la Base del Módulo N° 3

Módulo N° 3	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	X	Y
Cortante	X	Y
Estática	86.95	86.95
Dinámica	66.54	70.27
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	77	81

Además, se ha determinado que la distorsión máxima que presenta el edificio en X-X es de 0.00575, un valor menor que el límite establecido de 0.007. De manera similar, en Y-Y, la distorsión máxima es de 0.003659, también por debajo del límite de 0.005, de acuerdo con lo estipulado en la norma E.030 (MVCS, 2018). La estructura experimenta deformaciones dentro de los rangos aceptables.

Tabla 30

Derivas Relativas del Módulo N° 3

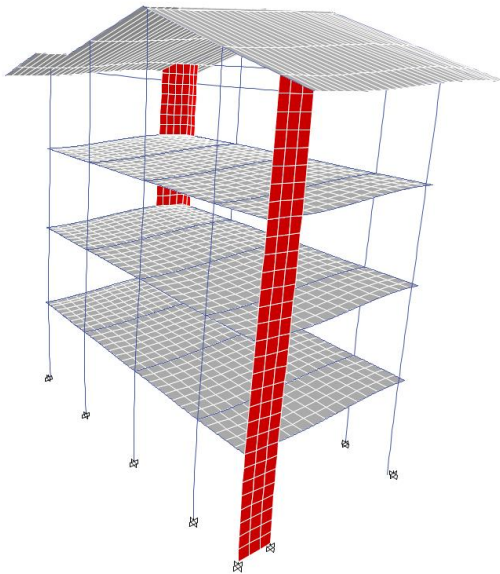
Derivas relativas	Dirección					
	X		Rx=6	Y		Ry=3
	Deriva	Deriva.0.75R	< 0.007	Deriva	Deriva.0.75R	< 0.005
Piso						
4	0	0		0	0	
3	0.001197	0.0053865	Cumple	0.000813	0.0036585	Cumple
2	0.001278	0.005751		0.000406	0.001827	
1	0.000744	0.003348		0.00024	0.00108	

Se ha observado que el módulo cumple con los modos de vibración requeridos. Los dos primeros modos corresponden a movimientos de traslación, mientras que el último modo se refiere a rotación.

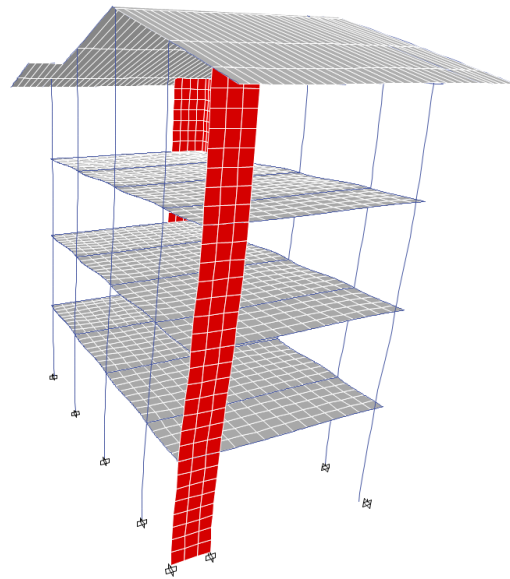
Figura 76

Modos de Vibración del Módulo N° 3

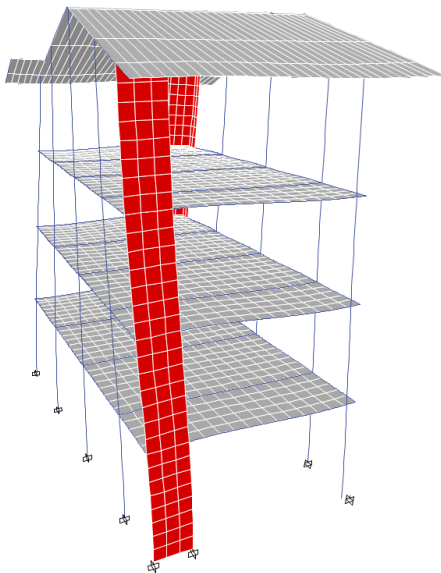
Modo 1 (longitudinal) $T= 0.453$ seg.



Modo 2 (transversal), $T= 0.398$ seg.



Modo 3 (torsional), $T= 0.33$ seg.



d) Módulo N° 4

El análisis revela que el cortante dinámico en la base del edificio es de 46.75 Tn en X-X, lo cual representa aproximadamente el 74% del cortante estático. En Y-Y, el cortante dinámico en la base se estima en 99.89 Tn, equivalente al 79% del cortante estático, por lo que, al no cumplir con lo requiere la norma E 030 (MVCS, 2018), se multiplicaron por los factores de amplificación 1.09 y 1.02, respectivamente.

Tabla 31

Cortante Estática y Dinámica en la Base del Módulo N° 4

Módulo N° 4	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	X	Y
Cortante Estática	63.59	127.18
Cortante Dinámica	46.75	99.89
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	74	79

Además, se ha determinado que la distorsión máxima del edificio en X-X es de 0.0055, un valor menor que el límite establecido de 0.007. De manera similar, en Y-Y, la distorsión máxima es de 0.00138, también por debajo del límite de 0.005, de acuerdo con lo estipulado en la norma E.030 (MVCS, 2018). La estructura experimenta deformaciones dentro de los rangos aceptables.

Tabla 32

Derivas Relativas del Módulo N° 4

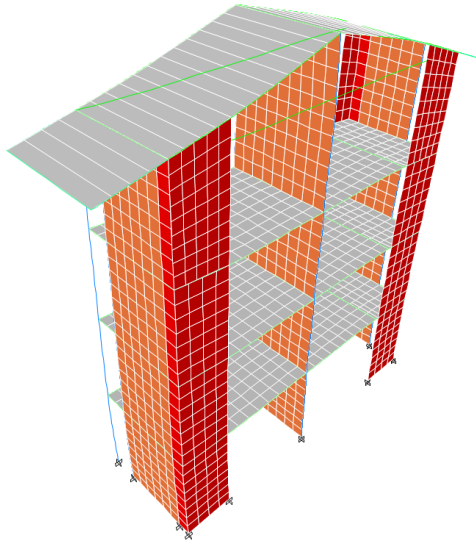
Derivas relativas	Dirección					
	X		Rx=6 < 0.007	Y		Ry=3 < 0.005
	Deriva	Deriva.0.75R		Deriva	Deriva.0.75R	
4	0.000782	0.003519	Cumple	0.000477	0.00107325	Cumple
3	0.001223	0.0055035		0.000615	0.00138375	
2	0.001082	0.004869		0.000611	0.00137475	
1	0.000542	0.002439		0.000433	0.00097425	

En relación al comportamiento de vibración de la estructura, se ha observado que el módulo cumple con los modos de vibración requeridos. Los dos primeros modos corresponden a movimientos de traslación, mientras que el último modo se refiere a rotación.

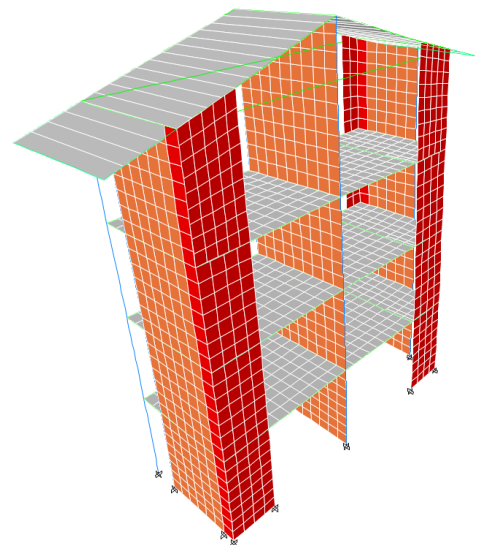
Figura 77

Modos de Vibración del Módulo N° 4

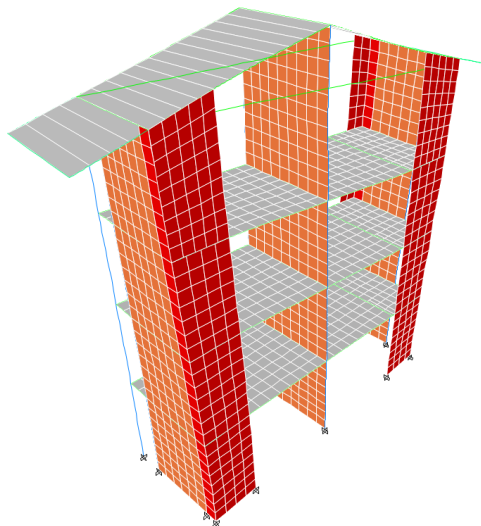
Modo 1 (longitudinal) T= 0.442 seg.



Modo 2 (transversal), T= 0.228 seg.



Modo 3 (torsional), T= 0.182 seg.



e) Módulo N° 5 Escalera

El análisis revela que el cortante dinámico en la base del edificio es de 14.80 Tn en X-X, lo cual representa aproximadamente el 55% del cortante estático. En Y-Y, el cortante dinámico en la base se estima en 17.05 Tn, equivalente al 63% del cortante estático, por lo que, al no cumplir con lo requiere la norma E 030 (MVCS, 2018), se multiplicaron por los factores de amplificación 1.46 y 1.27, respectivamente.

Tabla 33 Cortante Estática y Dinámica en la Base del Módulo N° 5

Módulo N° 5	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	X	Y
Cortante Estática	26.99	26.99
Cortante Dinámica	14.80	17.05
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	55	63

Además, se ha determinado que la distorsión máxima que presenta el edificio en X-X es de 0.00475, un valor menor que el límite establecido de 0.007. De manera similar, en Y-Y, la distorsión máxima es de 0.00514, también por debajo del límite de 0.007, de acuerdo con lo estipulado en la norma E.030 (MVCS, 2018). La estructura experimenta deformaciones dentro de los rangos aceptables.

Tabla 34

Derivas Relativas del Módulo N° 5

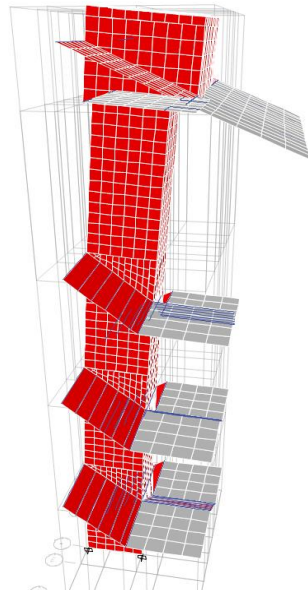
Derivas relativas	Dirección					
	X		Rx=6	Y		Ry=6
	Deriva	Deriva.0.75R	< 0.007	Deriva	Deriva.0.75R	< 0.007
Piso						
4	0	0		0	0	
3	0.001056	0.004752	Cumple	0.001143	0.0051435	Cumple
2	0.000969	0.0043605		0.000858	0.003861	
1	0.000526	0.002367		0.000327	0.0014715	

En relación al comportamiento de vibración de la estructura, se ha observado que el módulo cumple con los modos de vibración requeridos. Los dos primeros modos corresponden a movimientos de traslación, mientras que el último modo se refiere a rotación.

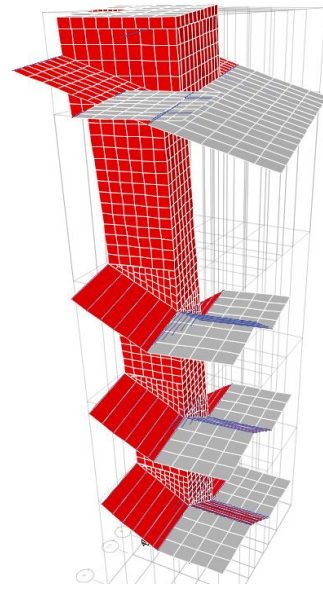
Figura 78

Modos de Vibración del Módulo N° 5

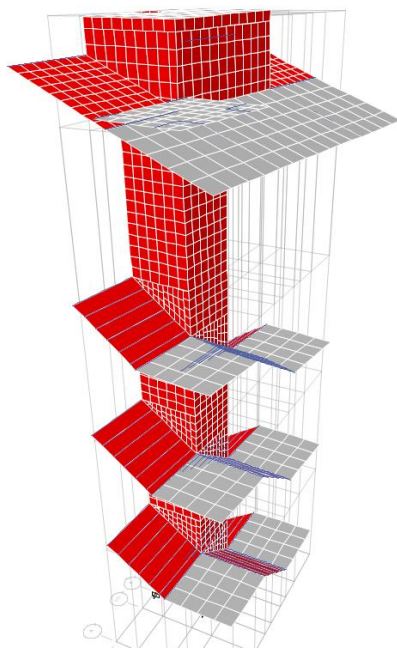
Modo 1 (longitudinal) $T= 0.455$ seg.



Modo 2 (transversal), $T= 0.435$ seg.



Modo 3 (torsional), $T= 0.289$ seg.



f) Módulo N° 6 Ascensor

El análisis revela que el cortante dinámico en la base del edificio es de 14.23 Tn en X-X, lo cual representa aproximadamente el 57% del cortante estático. En Y-Y, el cortante dinámico en la base se estima en 16.64 Tn, equivalente al 66% del cortante estático, por lo que, al no cumplir con lo requiere la norma E 030 (MVCS, 2018), se multiplicaron por los factores de amplificación 1.41 y 1.21, respectivamente.

Tabla 35 Cortante Estática y Dinámica en la Base del Módulo N° 6

Módulo N° 6	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	X	Y
Cortante Estática	25.15	25.15
Cortante Dinámica	14.23	16.64
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	57	66

Además, se ha determinado que la distorsión máxima que presenta el edificio en X-X es de 0.00198, un valor menor que el límite establecido de 0.007. De manera similar, en Y-Y, la distorsión máxima es de 0.00159, también por debajo del límite de 0.007, de acuerdo con lo estipulado en la norma E.030 (MVCS, 2018). La estructura experimenta deformaciones dentro de los rangos aceptables.

Tabla 36

Derivas Relativas del Módulo N° 6

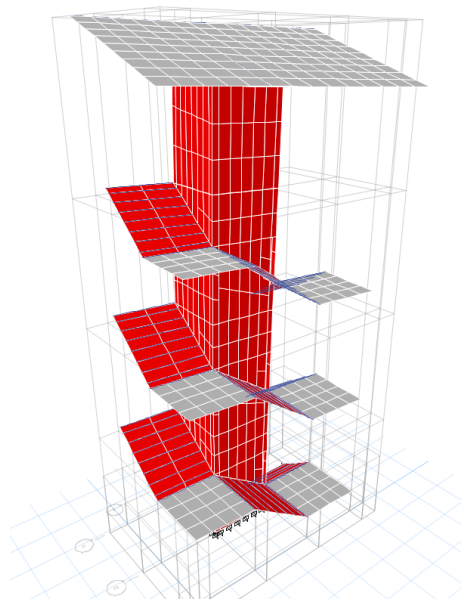
Derivas relativas	Dirección					
	X		Rx=6 < 0.007	Y		Ry=6 < 0.007
	Deriva	Deriva.0.75R		Deriva	Deriva.0.75R	
Piso						
4	0.000394	0.001773	Cumple	0.000354	0.001593	Cumple
3	0.000439	0.0019755		0.000341	0.0015345	
2	0.000406	0.001827		0.000265	0.0011925	
1	0.000233	0.0010485		0.000119	0.0005355	

Se ha observado que el módulo cumple con los modos de vibración requeridos. Los dos primeros modos corresponden a movimientos de traslación, mientras que el último modo se refiere a rotación.

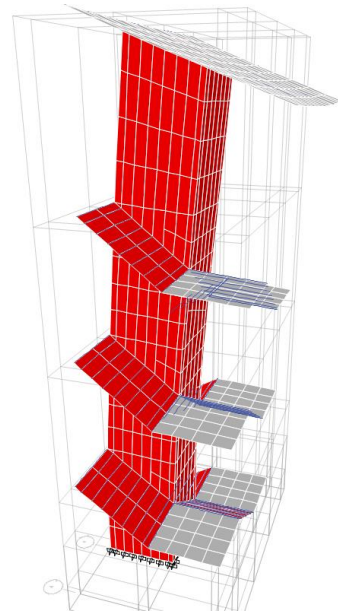
Figura 79

Modos de Vibración del Módulo N° 6

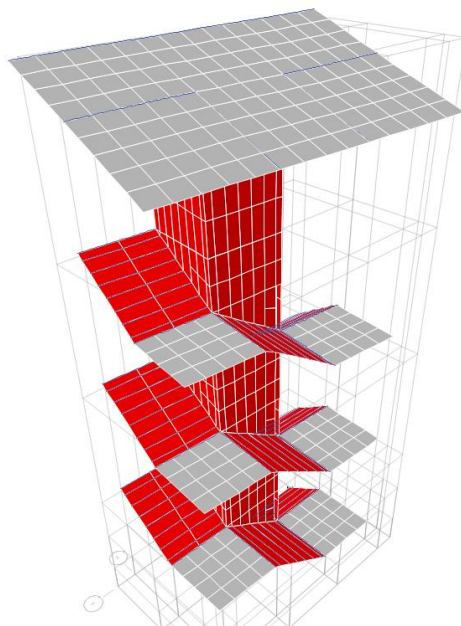
Modo 1 (longitudinal) T= 0.266 seg.



Modo 2 (transversal), T= 0.23 seg.



Modo 3 (torsional), T= 0.153 seg.



3.6.1.8. Análisis estático no lineal (Pushover)

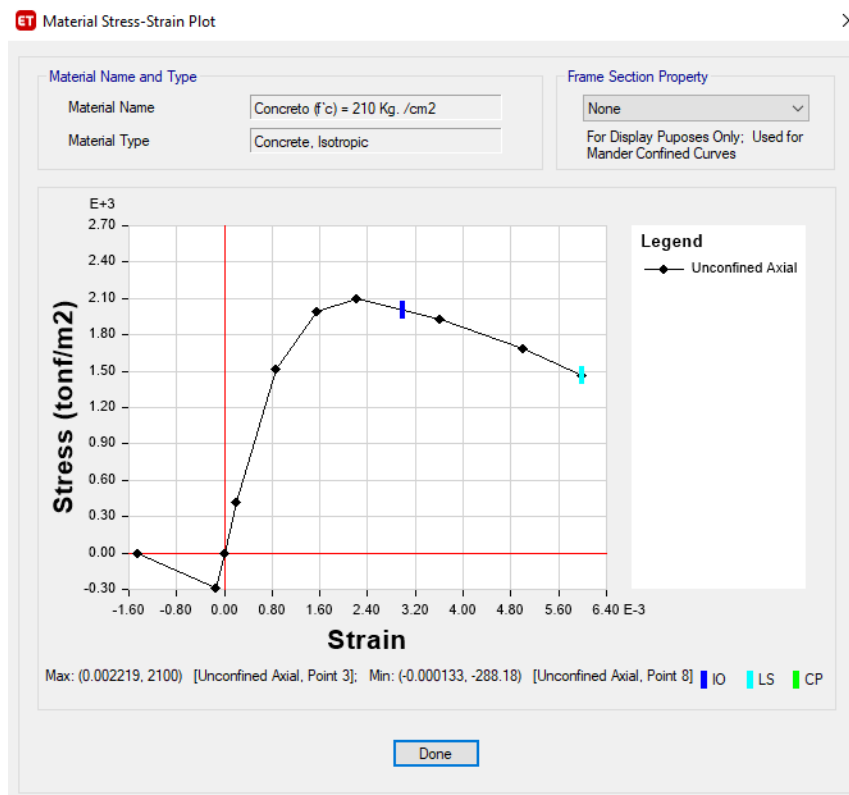
Una vez definidas las cargas, los apoyos, las restricciones y las propiedades lineales de los materiales en el programa ETABS v.18.1., para la aplicación del método estático no lineal (pushover), se requiere una fase inicial en la que se incorporen las propiedades no lineales de los materiales en el modelamiento de la edificación. En este sentido, además de considerar las propiedades lineales de los materiales, es necesario definir y asignar las características no lineales correspondientes.

En el caso del concreto, las propiedades no lineales se encuentran especificadas en la sección denominada “Nonlinear Material Data”. En este apartado, se selecciona un tipo de curva de histéresis adecuada del modelo de “Concreto” y se utiliza la curva de esfuerzo-deformación basada en el modelo de “Mander”. Estas elecciones permiten capturar y representar de manera precisa el comportamiento no lineal del concreto durante el análisis.

Por otro lado, para el acero con una resistencia de 4200 kg/cm², las propiedades no lineales se definen en la sección “Nonlinear Material Data”. En este caso, se utiliza un tipo de curva de histéresis del modelo de “Kinematic” y se emplea la curva de esfuerzo-deformación simplificada del modelo “Simple”. Estas opciones se seleccionan para capturar las características no lineales del acero y su respuesta ante cargas no lineales.

Figura 80

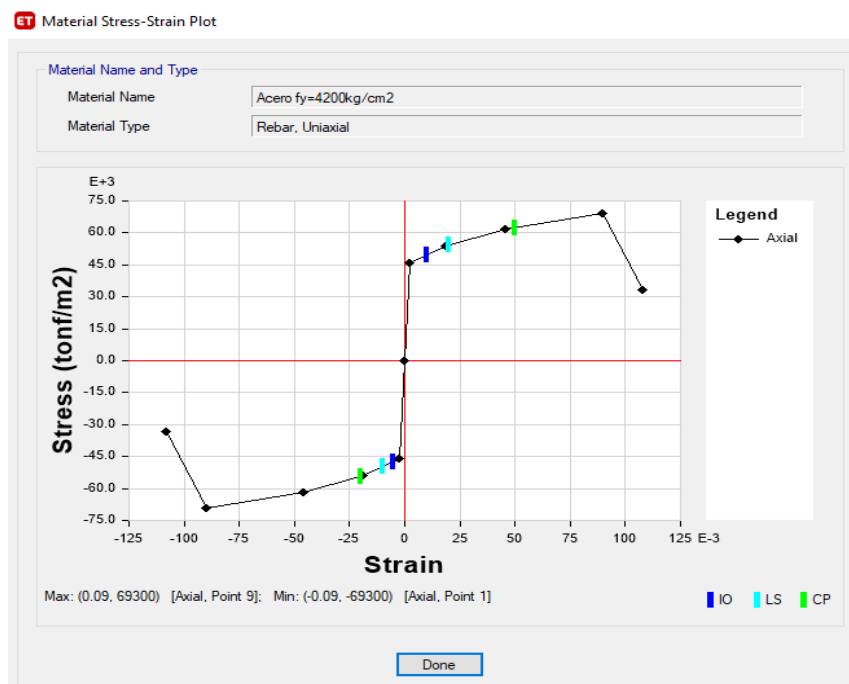
Curva Esfuerzo – Deformación del Concreto



Nota: curva esfuerzo – deformación del concreto dado en el programa ETABS 2018.

Figura 81

Curva Esfuerzo – Deformación del Acero



Nota: curva esfuerzo – deformación del acero material dado en el programa ETABS 2018.

En este caso se ha trabajado el análisis Pushover por los modos de vibración por lo que se ha definido las funciones del espectro de respuesta en X e Y para cada módulo. Para el módulo 1, 2, 3, 4, 5 y 6, se verificó que el primer modo se encuentra en X y el segundo modo en Y.

Figura 82

Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 1

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.428	0.8073	0.0004	0	0.8073	0.0004	0	4.829E-05
Modal	2	0.222	0.0002	0.7599	0	0.8074	0.7602	0	0.2198
Modal	3	0.176	0.0001	0.0355	0	0.8075	0.7957	0	0.0076
Modal	4	0.132	0.1107	4.582E-05	0	0.9182	0.7958	0	0.001
Modal	5	0.074	0.0007	0.1273	0	0.9188	0.9231	0	0.5207
Modal	6	0.073	0.0494	0.0023	0	0.9682	0.9255	0	0.01
Modal	7	0.071	0.0022	7.17E-06	0	0.9704	0.9255	0	2.098E-05
Modal	8	0.066	5.148E-06	2.417E-05	0	0.9704	0.9255	0	0.0001
Modal	9	0.059	0.0001	1.48E-05	0	0.9704	0.9255	0	0.0001
Modal	10	0.056	0.0003	0.0027	0	0.9708	0.9282	0	0.0131
Modal	11	0.048	7.734E-07	2.806E-06	0	0.9708	0.9282	0	1.62E-05
Modal	12	0.046	3.389E-05	0.0457	0	0.9708	0.9739	0	0.1352

Figura 83

Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 2

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.428	0.5916	0.1604	0	0.5916	0.1604	0	0.0352
Modal	2	0.377	0.1233	0.664	0	0.7149	0.8244	0	0.1515
Modal	3	0.287	0.0326	0.0101	0	0.7475	0.8346	0	1.088E-06
Modal	4	0.116	0.0495	0.0708	0	0.797	0.9054	0	0.4713
Modal	5	0.104	0.0919	0.0351	0	0.8889	0.9405	0	0.1855
Modal	6	0.071	0.0161	0.0104	0	0.905	0.9509	0	0.0225
Modal	7	0.067	0.0171	0.0229	0	0.9221	0.9738	0	0.0295
Modal	8	0.053	0.0427	0.0035	0	0.9648	0.9773	0	0.007
Modal	9	0.044	0.0009	0.014	0	0.9657	0.9914	0	0.0572
Modal	10	0.039	0.0012	0.0003	0	0.9669	0.9916	0	0.0029
Modal	11	0.036	0.01	4.716E-05	0	0.977	0.9917	0	1.338E-06
Modal	12	0.033	0.0128	0.0007	0	0.9898	0.9923	0	0.0026

Figura 84

Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 3

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.453	0.7331	0.0541	0	0.7331	0.0541	0	0.0131
Modal	2	0.398	0.0486	0.7775	0	0.7817	0.8315	0	0.1703
Modal	3	0.33	0.003	0.004	0	0.7847	0.8356	0	0.0042
Modal	4	0.124	0.117	0.0099	0	0.9018	0.8455	0	0.0712
Modal	5	0.108	0.0117	0.1008	0	0.9135	0.9461	0	0.6031
Modal	6	0.084	0.0081	0.0005	0	0.9198	0.9466	0	0.0027
Modal	7	0.065	0.0357	0.0116	0	0.9553	0.9582	0	0.0133
Modal	8	0.06	0.0165	0.0217	0	0.9718	0.9799	0	0.0262
Modal	9	0.043	0.0047	4.564E-06	0	0.9765	0.9799	0	0.0001
Modal	10	0.041	0.001	0.0137	0	0.9775	0.9936	0	0.0639
Modal	11	0.037	0.0163	0.001	0	0.9938	0.9946	0	0.0047
Modal	12	0.027	0.0003	0.0001	0	0.9941	0.9947	0	0.0001

Figura 85

Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 4

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.442	0.7045	0.0025	0	0.7045	0.0025	0	0.0009
Modal	2	0.228	0.0014	0.7673	0	0.7058	0.7699	0	0.2451
Modal	3	0.182	0.0149	0.002	0	0.7207	0.7719	0	0.0009
Modal	4	0.104	0.1652	0.0007	0	0.8859	0.7726	0	0.0054
Modal	5	0.07	0.0009	0.1563	0	0.8868	0.9289	0	0.5227
Modal	6	0.056	0.006	0.0001	0	0.8929	0.929	0	0.0001
Modal	7	0.053	0.0004	0.0008	0	0.8933	0.9298	0	0.0021
Modal	8	0.049	0.0532	0.0002	0	0.9464	0.93	0	0.0004
Modal	9	0.042	0.0022	0.0001	0	0.9486	0.9301	0	0.0003
Modal	10	0.041	0.0004	0.0057	0	0.949	0.9358	0	0.0152
Modal	11	0.04	0.0017	0.0291	0	0.9507	0.9649	0	0.0785
Modal	12	0.038	0.0002	4.931E-05	0	0.9509	0.965	0	0.0002

Figura 86

Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 5

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0.455	0.0112	0.5929	0	0.0112	0.5929	0	0.4026	0.0063	0.0114	0.4026	0.0083	0.0114
Modal	2	0.435	0.4778	0.0142	0	0.489	0.8071	0	0.0116	0.2821	0.1761	0.4142	0.2885	0.1875
Modal	3	0.289	0.1297	9E-06	0	0.8187	0.8071	0	0.0004	0.1175	0.5594	0.4148	0.406	0.7469
Modal	4	0.121	0.0247	1.5E-06	0	0.8434	0.8071	0	1.5E-05	0.021	0.0886	0.4148	0.427	0.8355
Modal	5	0.096	0.0069	0.0832	0	0.8503	0.8903	0	0.0866	0.0077	1.017E-05	0.5012	0.4347	0.8355
Modal	6	0.091	0.0022	0.0111	0	0.8528	0.7013	0	0.0114	0.0037	0.0227	0.5128	0.4384	0.8581
Modal	7	0.089	0.137	0.0162	0	0.7898	0.7175	0	0.0201	0.169	0.027	0.5328	0.8074	0.8851

Figura 87

Verificación de Modos de Vibración en el Módulo N° 6

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0.266	0.5129	0.0094	0	0.5129	0.0094	0	0.0049	0.3145	0.1869	0.0049	0.3145	0.1869
Modal	2	0.23	0.0089	0.6413	0	0.5219	0.6508	0	0.4443	0.0059	0	0.4492	0.3204	0.1869
Modal	3	0.153	0.1524	0.0003	0	0.6742	0.851	0	0.0014	0.1068	0.5591	0.4506	0.4272	0.746
Modal	4	0.077	0.0111	0.0013	0	0.6853	0.6524	0	0.0022	0.0054	0.0907	0.4528	0.4326	0.8367
Modal	5	0.073	0.0017	0.02	0	0.6871	0.6724	0	0.0251	0.0019	0.0049	0.4789	0.4345	0.8417
Modal	6	0.072	0.0026	0.0007	0	0.6897	0.6731	0	0.0013	0.0017	0.0000093	0.4801	0.4362	0.8417
Modal	7	0.071	0.0067	0.0113	0	0.6984	0.6844	0	0.0217	0.0109	0.0099	0.5018	0.4471	0.8516

Luego se crearon los casos de carga no lineales: CGNL (carga gravitacional no lineal y AENL análisis estático no lineal o Pushover). El objetivo de crear estas cargas es establecer un orden lógico para llevar a cabo el NSP. Así, primero se aplican las cargas gravitacionales, y una vez que han deformado la estructura y reducido su rigidez, se inicia el proceso AENL.

Luego, se asignaron las rótulas plásticas considerando que el comportamiento no lineal ocurre en puntos discretos predefinidos (hinges), con la posibilidad de que se formen rótulas plásticas por flexión en los extremos de las vigas (M3) y por flexocompresión en los extremos de las columnas (P-M2-M3). Las rótulas en vigas se asignan a una distancia de formación pertinente para que no se realice dentro de la unión con la columna, sino cerca. En las vigas de amarre a 0.05 del inicio y 0.95 del final. La asignación de rótulas en columnas es automática.

Figura 88

Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 1

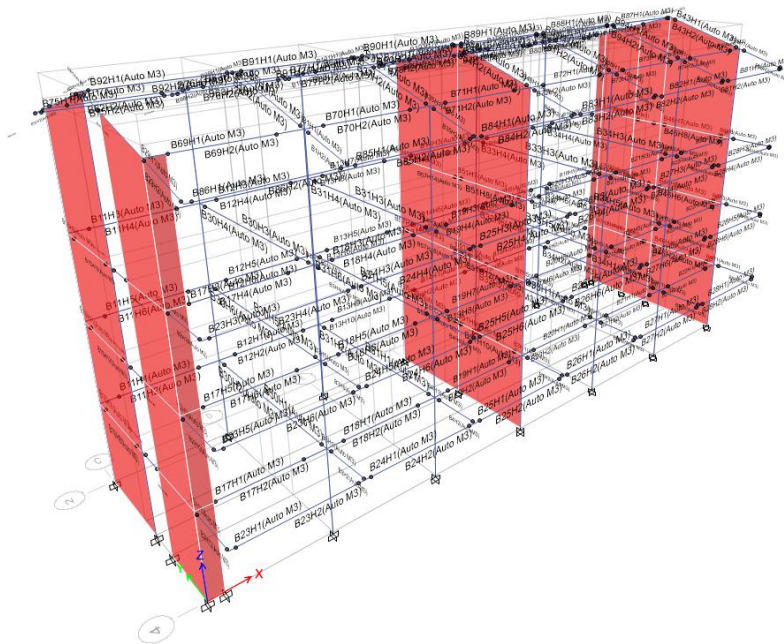


Figura 89

Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 2

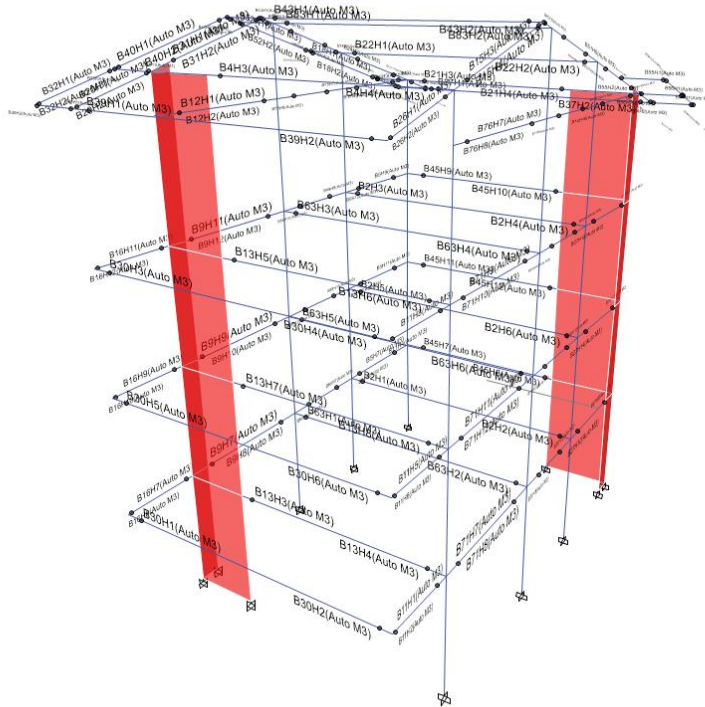


Figura 90

Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 3

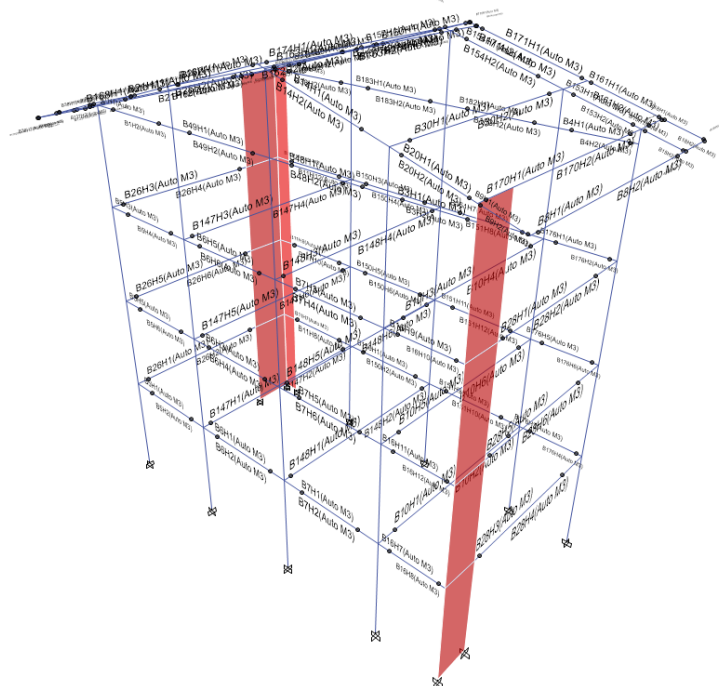


Figura 91

Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 4

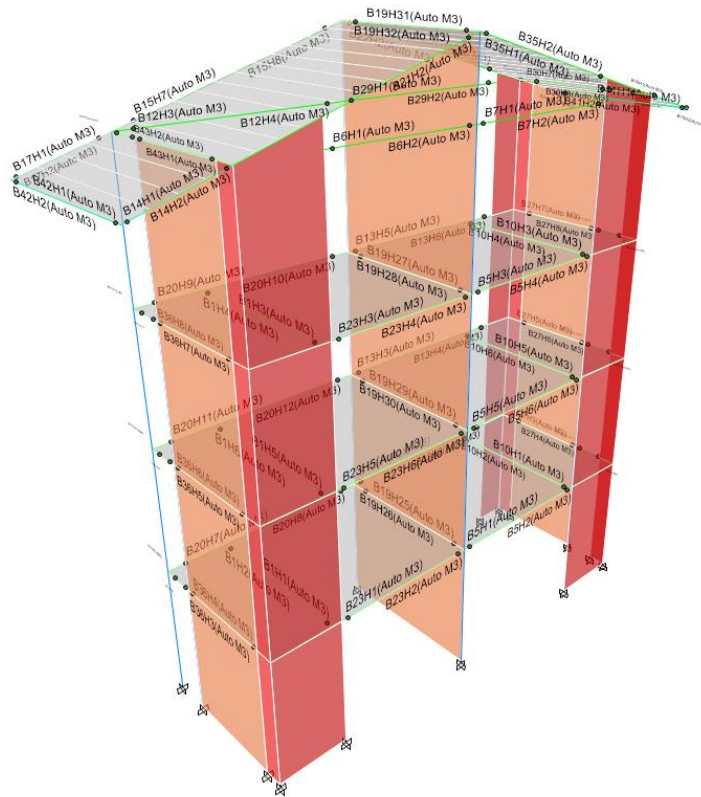


Figura 92

Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 5

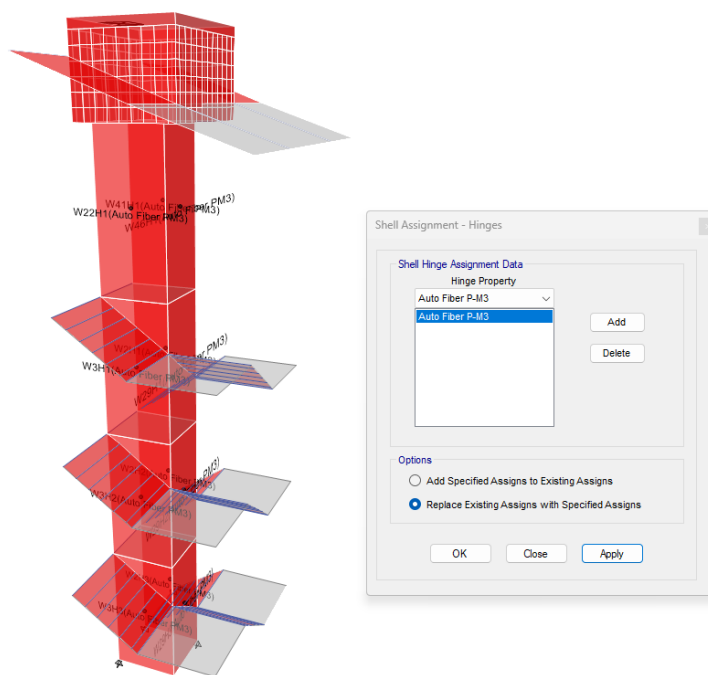
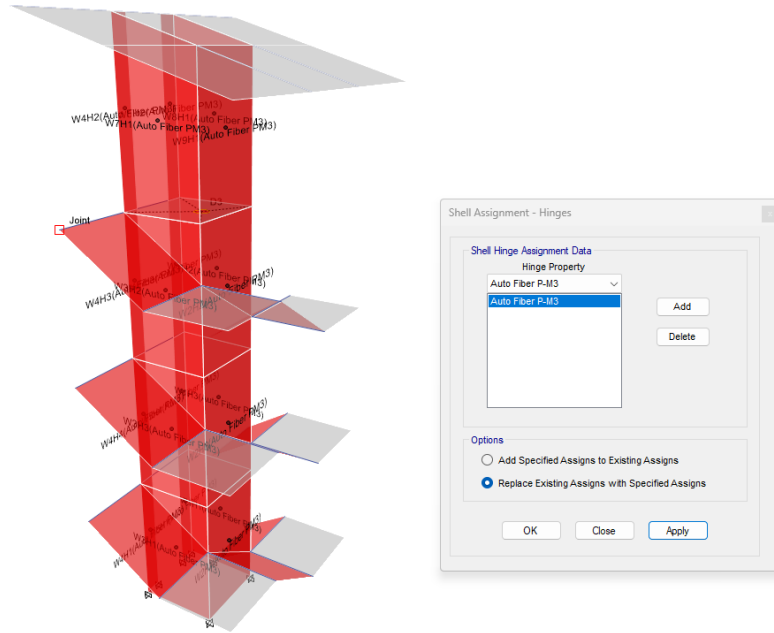


Figura 93

Designación de “Rótulas” en el Módulo N° 6



a) Aplicación de la norma ATC-40 (1996)

Después para plantear el análisis según la norma ATC-40 (1996) se carga el sismo de servicio (SS), diseño (SD) y máximo (SM) e iguales a 0.5, 1.0 y 1.25 del espectro de diseño generado a partir de la norma E.030 (MVCS, 2018), respectivamente.

Tabla 37

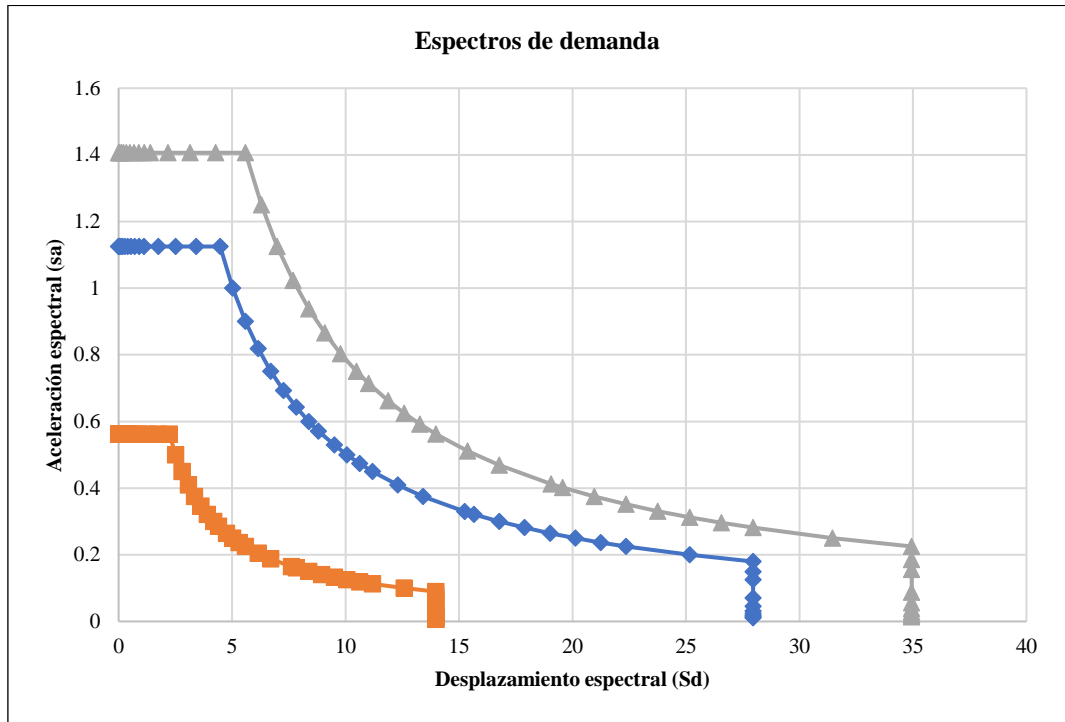
Representación de la Demanda Sísmica por la Norma ATC-40 (1996)

Sismo	Gravedad (g)	Método de cálculo
SS	0.255	0.50 SD
SD	0.450	SD
SM	0.562	1.25 SD

Nota: (ATC-40, 1996).

Figura 94

Espectro de Demanda de la Norma ATC-40



Finalmente, se corrió el modelo y se obtuvo la curva de desempeño, los puntos de colapso, el punto de desempeño, entre otros datos de interés.

b) Aplicación de la norma FEMA 356 (2000)

Después para plantear el análisis con la norma FEMA 356 (2000) se carga el sismo frecuente, ocasional, raro, y extremo e iguales a 0.511, 0.622, 1.0 y 1.50 del espectro de demanda de diseño generado a partir de la norma E.030 (MVCS, 2018), respectivamente.

Tabla 38

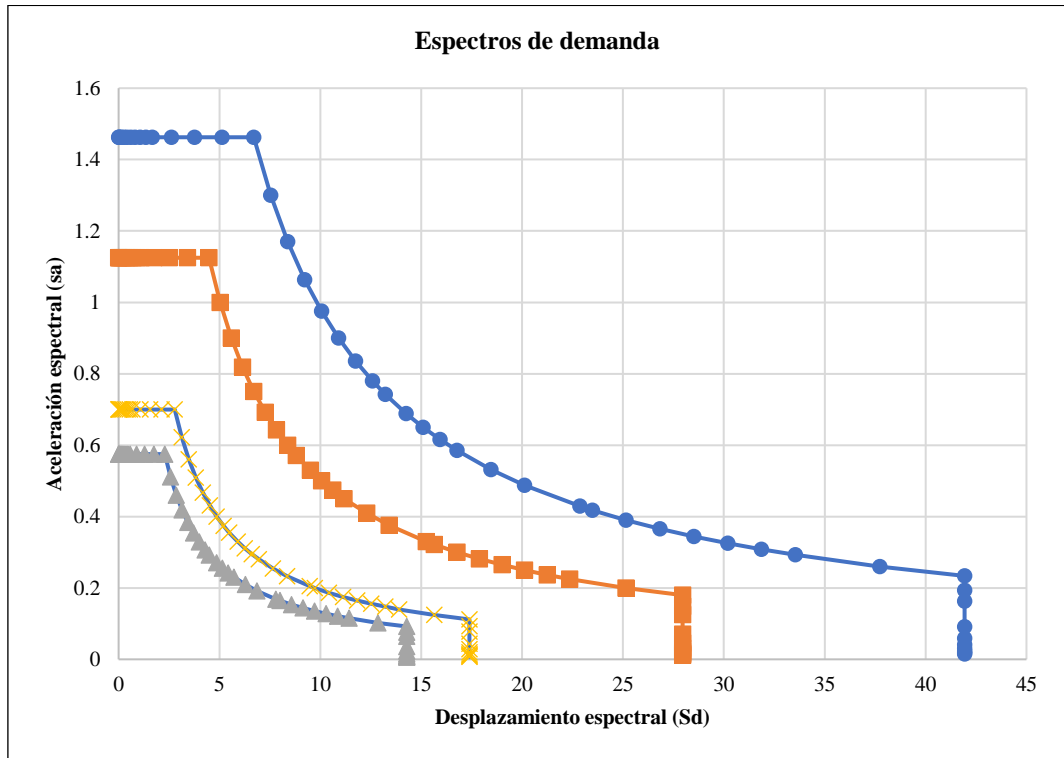
Representación de la Demanda Sísmica por la Norma FEMA 356 (2000)

Sismo	Gravedad	Método de cálculo
Sismo frecuente	0.230 g	0.511 SD
Sismo ocasional	0.280 g	0.622 SD
Sismo raro	0.450 g	SD
Sismo extremo o muy raro	0.585 g	1.50 SD

Nota: FEMA 356 (2000).

Figura 95

Espectro de Demanda de la Norma FEMA 356



Finalmente, se corrió el modelo y se obtuvo la curva de desempeño, los puntos de colapso, el punto de desempeño, entre otros datos de interés.

3.6.2. *Procesamiento de datos*

En la investigación el procesamiento de datos se realizó de manera sistemática. Inicialmente, se utilizó el programa Revit 2021 para dibujar la arquitectura y las estructuras de la edificación. Esto con la finalidad de obtener una representación detallada de las dimensiones de los elementos estructurales y sus componentes, asegurando que no existieran interferencias que pudieran comprometer la precisión del modelamiento posterior.

Una vez completado el modelado en Revit, el diseño estructural se trasladó al programa ETABS v18, donde se realizó el modelamiento estructural completo de la edificación. Este software permitió la simulación del comportamiento estructural bajo cargas sísmicas, empleando el análisis estático no lineal Pushover.

Se aplicaron dos normativas principales para evaluar el desempeño sísmico: la norma ATC-40 y la norma FEMA-356.

Finalmente, los resultados obtenidos del análisis en ETABS fueron organizados y resumidos utilizando una hoja de cálculo en Microsoft Excel 2022. Este proceso facilitó la elaboración de tablas y figuras que ilustraron los objetivos de desempeño, las fuerzas cortantes y los desplazamientos.

3.6.3. *Análisis de datos*

En la investigación para empezar el análisis de datos, se empleó el programa Minitab 22. El proceso comenzó con la verificación de la normalidad de los datos, se ejecutaron pruebas de normalidad que determinaron si los datos seguían una distribución normal. Una vez confirmado que, los datos no siguen la tendencia normal, se procedió a aplicar la prueba no paramétrica remplaceante de un análisis ANOVA, que permitió comparar las medias de diferentes grupos y determinar si existían diferencias significativas entre ellas. Los resultados del análisis Kruskal-Wallis ayudaron a identificar patrones y tendencias clave, lo que contribuyó de manera significativa a la comprensión del comportamiento estructural del edificio en estudio.

3.7. Aspectos éticos

Se aplicaron diversos aspectos éticos que fueron fundamentales para garantizar la integridad y validez del estudio. En primer lugar, se respetó la confidencialidad de los datos obtenidos durante el proceso de análisis y modelamiento estructural. Toda la información relacionada con las características y desempeño del edificio fue manejada con cuidado para evitar cualquier mal uso o divulgación no autorizada (Huapaya & Ginocchio, 2018)

Asimismo, se aseguró que el acceso a las instalaciones y recursos de la UNACH, así como la colaboración de los técnicos de los laboratorios de mecánica de suelos y materiales, se realizará con el debido consentimiento y respeto por las normativas institucionales. Se mantuvo una comunicación transparente y respetuosa con todas las partes involucradas, asegurando que las actividades de investigación no interfirieran con las funciones regulares de las instalaciones.

Otro aspecto importante es que, la información presentada en esta investigación ha sido correctamente referenciada según su fuente, cumpliendo con lo estipulado en el artículo 44° de la Ley sobre el Derecho de Autor, Decreto Legislativo 822. Este artículo establece que, al citar una obra ya divulgada al público, es obligatorio mencionar el nombre del autor y la fuente de la obra citada (Huapaya & Ginocchio, 2018).

Finalmente, en el desarrollo de la investigación, se evitó cualquier tipo de manipulación o alteración indebida de los datos y resultados obtenidos. Todos los análisis y conclusiones se basaron en procedimientos científicos rigurosos, garantizando la objetividad y fiabilidad de los hallazgos, con un compromiso firme hacia la veracidad y ética profesional.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Diferencias y similitudes entre las normativas ATC-40 o FEMA 356

La comparación entre ATC-40 (1996) y FEMA-356 (2000) revela que, aunque ambos métodos son útiles para el análisis del desempeño estructural, FEMA-356 (2000) proporciona un análisis más detallado y preciso, a costa de un mayor tiempo y esfuerzo en el modelado. ATC-40 (1996) es adecuado para evaluaciones iniciales rápidas y menos costosas. La elección entre uno y otro dependerá del nivel de detalle requerido, la complejidad de la estructura y los recursos disponibles para el análisis, además de que tienen gran número de similitudes en el proceso de modelamiento.

Tabla 39

Similitudes en el Análisis por Desempeño

Aspecto	Similitudes
Tipo de análisis	Análisis Estático No Lineal (Pushover)
Objetivo principal	Evaluar el desempeño estructural bajo carga sísmica
Niveles de desempeño	Consideración de múltiples niveles de desempeño
Enfoque de capacidad	Basado en la capacidad de la estructura para resistir desplazamientos inelásticos
Usos de curvas de capacidad	Utilización de curvas de capacidad para evaluar el desempeño estructural

El análisis Pushover, según las normas ATC-40 (1996) y FEMA-356 (2000), presenta varias similitudes que subrayan un enfoque común en la valoración del desempeño. Ambas normativas utilizan el análisis estático no lineal (Pushover), una metodología clave para entender cómo las estructuras responden a cargas sísmicas crecientes. Este tipo de análisis permite identificar las

capacidades de desplazamiento y los puntos de falla potenciales, asegurando que las edificaciones sean seguras y funcionales ante eventos sísmicos.

El objetivo principal tanto de la norma ATC-40 como de la norma FEMA-356 es evaluar el comportamiento de una estructura bajo cargas sísmicas, garantizando que cumpla con los requisitos de seguridad y funcionalidad necesarios. Ambas normativas buscan prever cómo las edificaciones pueden resistir y absorber los impactos de un terremoto, permitiendo así una adecuada planificación y diseño para minimizar riesgos.

En términos de niveles de desempeño, ambas normativas consideran múltiples niveles, permitiendo una evaluación detallada y escalonada de la capacidad estructural bajo diferentes escenarios sísmicos. Esta característica es fundamental para comprender cómo una estructura puede comportarse desde estados de daño menores hasta situaciones de colapso.

El enfoque de capacidad en ambas normativas se basa en la habilidad de la estructura para resistir desplazamientos inelásticos. Este enfoque enfatiza la importancia de la ductilidad y la capacidad de absorción de energía de la estructura, aspectos esenciales para asegurar que las edificaciones puedan deformarse sin colapsar durante un sismo.

Finalmente, tanto la norma ATC-40 como la norma FEMA-356 utilizan curvas de capacidad para representar el comportamiento no lineal de las estructuras bajo cargas sísmicas. Estas curvas son herramientas esenciales para visualizar y analizar la respuesta estructural, proporcionando una base sólida en la toma de decisiones para el diseño y/o refuerzo de edificaciones.

Tabla 40*Diferencias en el Análisis por Desempeño*

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Método adicional	No incluye análisis dinámico no lineal	Incluye análisis dinámico no lineal
Objetivos de desempeño	Tres niveles: Inmediato, Vida Segura, Colapso Prevenible	Cuatro niveles: Ocupación Inmediata, Vida Segura, Prevención de Colapso, Colapso Limitado
Niveles de amenaza sísmica	Tres niveles: Servicio, diseño y máximo	Cuatro niveles: frecuente, ocasional, raro y muy raro
Estimación del espectro sísmico	Tres niveles: Servicio (0.255 g), diseño (0.450 g) y máximo (0.562 g)	Cuatro niveles: frecuente (0.23 g), ocasional (0.28 g), raro (0.450 g) y muy raro (0.675 g)
Precisión del modelo	Modelos simplificados basados en curvas de capacidad	Modelos detallados que incluyen degradación de rigidez y resistencia
Complejidad del análisis	Relativamente simple y rápido de aplicar	Más complejo y requiere más tiempo de modelado
Aplicabilidad	Edificios regulares de baja y media altura	Amplia gama de estructuras, incluyendo edificios irregulares
Predicción del daño	Predicción más conservadora debido a simplificaciones	Predicción más precisa debido a la consideración de efectos no lineales y degradación de materiales
Capacidad de resistencia	Estimación basada en modelos simplificados	Estimación más precisa con consideraciones detalladas de no linealidad

No obstante, el análisis Pushover, según las normas ATC-40 (1996) y FEMA-356 (2000), también presenta diferencias que afectan la profundidad y precisión del estudio. Una de las principales diferencias es que FEMA-356 incluye el análisis dinámico no lineal, lo que permite una evaluación más exhaustiva y precisa en comparación con ATC-40, que se limita a la parte estática de la evaluación sísmica.

En cuanto a los objetivos de desempeño, FEMA-356 define un nivel adicional llamado “Colapso Limitado”, proporcionando una evaluación más detallada de la estructura. Esto permite a los ingenieros tener una visión más completa de cómo se comportará la edificación en distintos escenarios sísmicos.

Los modelos utilizados en FEMA-356 son más detallados y consideran la degradación de rigidez y resistencia de los materiales. En contraste, ATC-40 utiliza modelos más simplificados, lo que puede llevar a una evaluación menos precisa del comportamiento estructural bajo cargas sísmicas.

La complejidad del análisis también varía entre las dos normativas. ATC-40 es más simple y rápido de aplicar, lo que lo hace ideal para evaluaciones iniciales. Por otro lado, FEMA-356 es más complejo y detallado, lo que implica un análisis más riguroso y una mayor precisión en los resultados.

En términos de aplicabilidad, ATC-40 está más enfocado en edificios regulares de baja y media altura. FEMA-356, en cambio, es aplicable a una variedad más amplia de estructuras, incluyendo aquellas con irregularidades significativas, lo que amplía su uso en diferentes tipos de edificaciones.

La predicción del daño es otro aspecto en el que difieren. ATC-40 ofrece una predicción más conservadora debido a sus simplificaciones, mientras que FEMA-356 proporciona una predicción más precisa al considerar la degradación de materiales y efectos no lineales.

Finalmente, en cuanto a la capacidad de resistencia, ATC-40 se basa en modelos simplificados, mientras que FEMA-356 considera detalles no lineales más precisos, lo que resulta en una estimación más exacta de la capacidad sísmica. Estas diferencias reflejan el balance entre la simplicidad y rapidez de ATC-40 y la profundidad y precisión de FEMA-356.

4.1.1.1. Criterios de diseño

Ambas normativas utilizan el análisis estático no lineal, conocido como análisis Pushover, para evaluar cómo se comportan las estructuras bajo cargas sísmicas crecientes. Este enfoque ayuda a determinar la capacidad de desplazamiento de la estructura, proporcionando una base sólida para el diseño y refuerzo de edificaciones. Sin embargo, FEMA-356 va más allá del análisis estático al incluir la parte dinámica.

Otra diferencia importante entre las dos normativas es la consideración de los objetivos de desempeño. Mientras que ATC-40 se centra en tres niveles de desempeño, FEMA-356 añade un nivel adicional denominado “Colapso Limitado”. Este nivel adicional proporciona una evaluación más detallada de la estructura, permitiendo a los ingenieros considerar un rango más amplio de posibles comportamientos estructurales bajo diferentes escenarios sísmicos.

Tabla 41

Criterios de Diseño en el Análisis por Desempeño con las Normas

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Método de análisis	Pushover	Pushover y dinámico no lineal
Niveles de amenaza	Tres niveles	Cuatro niveles
Niveles de desempeño	Tres niveles: Inmediato, Vida Segura, Colapso Prevenible	Cuatro niveles: Ocupación Inmediata, Vida Segura, Prevención de Colapso, Colapso Limitado
Modelo de comportamiento	Modelos simplificados basados en curvas de capacidad	Modelos detallados que incluyen degradación de rigidez y resistencia
Criterios de evaluación	Desplazamiento y deriva	Desplazamiento, deriva y deformaciones plásticas

4.1.1.2.Limitaciones del análisis por desempeño

Mientras que ATC-40 es una herramienta efectiva y eficiente para estructuras regulares de baja y media altura, su aplicabilidad se ve limitada por su simplicidad. Por otro lado, FEMA-356, con su capacidad de manejar una gama más amplia de estructuras y su mayor precisión, ofrece una evaluación más robusta, pero a un costo mayor en términos de tiempo y recursos.

Tabla 42

Limitaciones del Análisis por Desempeño con las Normas

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Aplicabilidad	Edificios regulares de baja y media altura	Amplia gama de estructuras, incluyendo edificios irregulares
Precisión	Menos precisa para estructuras complejas o muy irregulares	Más precisa debido a la consideración de efectos más detallados
Simplicidad del modelo	Relativamente simple y rápido de aplicar	Más complejo y requiere más tiempo de modelado
Asunción de linealidad	Supones que el comportamiento post-elástico es lineal	Considera no linealidades más detalladas en los materiales

4.1.1.3.Fortalezas del análisis por desempeño

Ambas normativas presentan fortalezas que las hacen adecuadas en diferentes escenarios. ATC-40, con su facilidad y rapidez de aplicación es ideal para evaluaciones iniciales rápidas y proyectos con limitaciones de tiempo y presupuesto. En contraste, FEMA-356, con su mayor complejidad y precisión es beneficiosa para el diseño de refuerzos y evaluaciones detalladas de estructuras complejas.

Tabla 43*Fortalezas del Análisis por Desempeño con las Normas*

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Facilidad de uso	Más fácil de aplicar para ingenieros con experiencia básica en análisis no lineal	Proporciona resultados más detallados y específicos
Coste y tiempo	Menos costoso y más rápido en términos de modelado y análisis	Más costoso y lento, pero con resultados más precisos
Desempeño en evaluaciones iniciales	Adecuado para evaluaciones iniciales rápidas	Mejor para evaluaciones detalladas y diseño de retrofit

4.1.1.4. Predicción del daño estructural

Mientras que la norma ATC-40 proporciona una predicción del daño más conservadora y rápida, adecuada para evaluaciones iniciales y proyectos con limitaciones de tiempo, la norma FEMA-356 ofrece una estimación más precisa y detallada. La mayor complejidad y precisión de FEMA-356 permiten una mejor evaluación de la capacidad de resistencia estructural, proporcionando una base sólida para el diseño de refuerzos y la toma de decisiones informadas en proyectos de ingeniería sísmica.

Tabla 44*Predicción del Daño Estructural y Capacidad de Resistencia en el Análisis por Desempeño*

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Predicción del daño	Basada en curvas de capacidad simplificadas	Basada en modelos detallados de elementos individuales
Capacidad de resistencia	Estimación más conservadora debido a simplificaciones	Estimación más precisa debido a la consideración de degradación de materiales y efectos no lineales

4.1.1.5. Procesos de implementación del método de desempeño

La implementación del método de desempeño con la norma ATC-40 es más rápida y sencilla, adecuada para evaluaciones iniciales que requieren menos detalles. Por otro lado, la norma FEMA-356, con su proceso de implementación más extenso y detallado, ofrece una evaluación más precisa y completa, beneficiosa para el diseño de refuerzos y proyectos que demandan una comprensión profunda del comportamiento sísmico.

Tabla 45

Procesos de Implementación del Análisis por Desempeño

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Pasos de implementación	1. Evaluación preliminar 2. Análisis estático no lineal 3. Interpretación de resultados	1. Evaluación preliminar 2. Modelado detallado de la estructura 3. Análisis estático y dinámico no lineal 4. Interpretación de resultados
Requisitos de datos	Información básica Propiedades de materiales Curvas de capacidad	Información detallada Propiedades de materiales Comportamiento no lineal de componentes Historial de cargas sísmicas
Herramientas utilizadas	Programas de análisis estructural básicos	Programas de análisis estructural avanzados y detallados

4.1.1.6. Requisitos de modelado del análisis de desempeño

Los requisitos de modelado en ATC-40 se centran en la simplicidad y la rapidez, utilizando modelos básicos que proporcionan una evaluación general del desempeño sísmico, adecuada para estructuras menos complejas y para fases iniciales de proyectos. En contraste, FEMA-356 requiere un enfoque mucho más detallado y riguroso, incorporando modelos complejos con propiedades detalladas de materiales y geometría completa, lo que permite una evaluación más exhaustiva y precisa.

Tabla 46*Requisitos de Modelado para el Análisis por Desempeño*

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Detalles de modelo	Modelos simplificados basados en curvas de capacidad	Modelos detallados que incluyen elementos no lineales individuales
Consideración de elementos	Elementos principales (vigas, columnas)	Elementos principales y secundarios, incluyendo conexiones y detalles de refuerzo
Materiales	Propiedades básicas de materiales	Propiedades detalladas de materiales, incluyendo degradación de rigidez y resistencia
Geometría	Geometría general de la estructura	Geometría detallada, incluyendo irregularidades y asimetrías

4.1.1.7. Criterios de aceptación de desempeño

En ATC-40, basados en límites de desplazamiento y deriva relativos a la altura del edificio, ofrecen una evaluación cualitativa adecuada para una verificación rápida y estructuras menos complejas. Por otro lado, FEMA-356, con sus límites detallados de desplazamiento y deformaciones plásticas, proporciona una evaluación cuantitativa más precisa y detallada para estructuras complejas y el diseño de refuerzos específicos.

Tabla 47*Criterios de Aceptación de Desempeño*

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Desplazamiento	Límites de desplazamiento en función de la altura del edificio	Límites de desplazamiento específicos y deformaciones plásticas
Deriva interpisos	Límites de deriva basados en la altura del edificio	Límites de deriva más detallados, considerando cada nivel
Daño permisible	Basado en la capacidad estructural para soportar cargas sin colapsar	Basado en niveles de desempeño específicos y detallados
Seguridad estructural	Evaluación cualitativa y cuantitativa del daño	Evaluación detallada y cuantitativa del daño y seguridad estructural

4.1.1.8. Consideración de irregularidades en la estructura

ATC-40 ofrece una consideración limitada de las irregularidades estructurales, adecuada para evaluaciones iniciales y estructuras regulares, FEMA-356 proporciona una evaluación detallada y precisa de las irregularidades y su impacto en el desempeño estructural. Esta capacidad de análisis detallado de FEMA-356 es importante para estructuras complejas o irregulares, donde los comportamientos no lineales pueden ser críticos para la seguridad y funcionalidad de la edificación.

Tabla 48

Consideración de Irregularidades en la Estructura

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Irregularidades en planta	Limitada consideración de irregularidades en planta	Consideración detallada de irregularidades en planta y su impacto en el desempeño
Irregularidades en elevación	Evaluación básica de irregularidades en elevación	Evaluación detallada de irregularidades en elevación y efectos en el desempeño
Asimetrías	Tratamiento simplificado de asimetrías	Tratamiento detallado de asimetrías y sus efectos en el comportamiento estructural

4.1.1.9. Costos y recursos necesarios para el análisis por desempeño

La norma ATC-40 se distingue por sus menores costos y tiempos de análisis comparados con FEMA-356. Este enfoque se beneficia de requisitos técnicos más básicos y una metodología simplificada. Los costos asociados con ATC-40 son generalmente más bajos debido a la naturaleza menos detallada y la simplicidad de los modelos empleados.

Por otro lado, la norma FEMA-356 involucra mayores costos y más tiempo de análisis, debido a sus requisitos técnicos avanzados y metodología detallada. Los costos aumentan significativamente debido a la necesidad de

adquirir y procesar información detallada sobre los materiales, geometría completa de la estructura y comportamientos no lineales.

Tabla 49

Costos y Recursos Necesarios para el Análisis por Desempeño

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Costos de implementación	Relativamente bajos debido a la simplicidad del modelo	Más altos debido a la complejidad y detalle del modelo
Tiempo de análisis	Menor tiempo requerido para modelado y análisis	Mayor tiempo requerido debido a la complejidad del análisis
Recursos técnicos	Requiere conocimientos básicos en análisis no lineal	Requiere conocimientos avanzados en análisis estructural y no linealidad
Herramientas y software	Herramientas básicas de análisis estructural	Herramientas avanzadas y software especializado

4.1.1.10. Impacto en la rehabilitación y retrofit de edificaciones

Mientras ATC-40 proporciona una aproximación inicial y general al retrofit estructural, FEMA-356 garantiza un enfoque detallado y preciso que maximiza la eficacia y la seguridad de las estructuras ante futuros eventos sísmicos.

Tabla 50

Impacto en la Rehabilitación y Retrofit de Edificaciones

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Estrategias de retrofit	Estrategias generales basadas en el desempeño	Estrategias específicas y detalladas basadas en el análisis exhaustivo
Evaluación de necesidades	Evaluación preliminar de necesidades de retrofit	Evaluación detallada y específica de necesidades de retrofit
Costos de retrofit	Estimaciones basadas en análisis simplificados	Estimaciones más precisas basadas en análisis detallados
Eficacia del retrofit	Evaluación general de la eficacia de las estrategias de retrofit	Evaluación detallada y cuantitativa de la eficacia de las estrategias de retrofit

Nota: retrofit hace referencia a la modernización de la edificación.

4.1.2. Nivel de desempeño sísmico utilizando la norma ATC-40 en el edificio de Ingeniería Agroindustrial

El módulo 1 con cortante basal de 981.48 Tn en X y 1543.15 Tn en Y, a 19.02 cm y 6.04 cm de desplazamiento, respectivamente, cumple parcialmente con los objetivos de desempeño. Mostró un desempeño estructural adecuado en X, cumpliendo en parte con la norma ATC-40, especialmente frente a sismos máximos. Sin embargo, en Y, aunque resistió sismos de servicio y de diseño, no alcanzó un nivel seguro para sismos máximos, lo que indica un riesgo de precolapso.

El módulo 2 con cortante basal de 320.05 Tn a 19.13 cm de desplazamiento, mostró un desempeño parcial en la dirección X, cumpliendo con los objetivos para sismos de servicio y diseño, pero no alcanzando el nivel esperado frente a sismos máximos. En Y, con cortante basal de 423.20 Tn a 13.92 cm de desplazamiento, el módulo superó las expectativas de la norma ATC-40, logrando un desempeño satisfactorio frente a todos los tipos de sismos, incluso mejor de lo requerido para edificaciones esenciales.

El módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial con cortante basal de 286.17 Tn a 16.57 cm de desplazamiento, mostró un desempeño parcial en la dirección X, alcanzando los niveles esperados para sismos de servicio y diseño, pero no logrando los objetivos para sismos máximos. En Y, con cortante basal de 348.28 Tn a 8.80 cm de desplazamiento, el módulo cumplió y superó los objetivos de la norma ATC-40 para todos los tipos de sismos, demostrando una buena capacidad estructural.

El módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial en X con cortante basal de 264.65 Tn a 21.53 cm de desplazamiento, cumple con los objetivos de desempeño

de la norma ATC-40 para sismos de servicio, diseño y máximo. En Y, con cortante basal de 261.39 Tn a 2.17 cm de desplazamiento, aunque el módulo cumple con los niveles de ocupación inmediata para sismos de servicio y diseño, no alcanza los objetivos para sismos máximos, presentando solo una estabilidad estructural.

El módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial en ambas direcciones cumple con los objetivos de desempeño establecidos por la norma ATC-40. En la dirección X, con cortante basal de 88.57 Tn a 57 cm de desplazamiento, el módulo presenta un buen desempeño para sismos de servicio, diseño y máximo, superando las expectativas para sismos máximos. De manera similar, en Y, con cortante basal de 70.79 Tn a 59 cm de desplazamiento, el módulo también cumple y supera las expectativas de desempeño para todos los niveles sísmicos evaluados.

El módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial en ambas direcciones cumple con los objetivos de desempeño de la norma ATC-40. En la dirección X, con cortante basal de 49.02 Tn a 18.87 cm de desplazamiento, el módulo presenta un buen desempeño para sismos de servicio, diseño y máximo, superando las expectativas para sismos máximos. De manera similar, en Y, con cortante basal de 64.69 Tn a 59 cm de desplazamiento, el módulo también cumple y supera las expectativas de desempeño para todos los niveles sísmicos evaluados.

Tabla 51*Curva de Capacidad del Edificio de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40*

Módulo	En X		En Y	
	Δ (cm)	Cb (ton)	Δ (cm)	Cb (ton)
1	19.02	981.476	6.46	1543.15
2	19.13	320.05	13.92	423.20
3	16.57	286.17	8.8	348.28
4	21.53	264.65	2.17	261.39
5	57.00	88.57	59.00	70.79
6	18.87	49.02	59	64.69

Nota: desplazamiento Δ , cortante basal Cb.**Tabla 52***Punto de Desempeño en X, Edificio Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40*

Módulo	Desplazamiento en el techo (mm)			Cortante basal (ton)		
	SS	SD	SM	SS	SD	SM
1	43.87	91.2	107.1	493.084	725.45	768.207
2	55.00	123.60	150.081	212.45	277.27	295
3	51.40	114.20	148.2	181.86	248.14	273.3
4	47.90	99.10	121.6	123.92	184.07	205.62
5	44.90	98.80	120.4	16.91	36.82	40.5
6	32.50	70.80	85.6	30.96	58.39	63.28

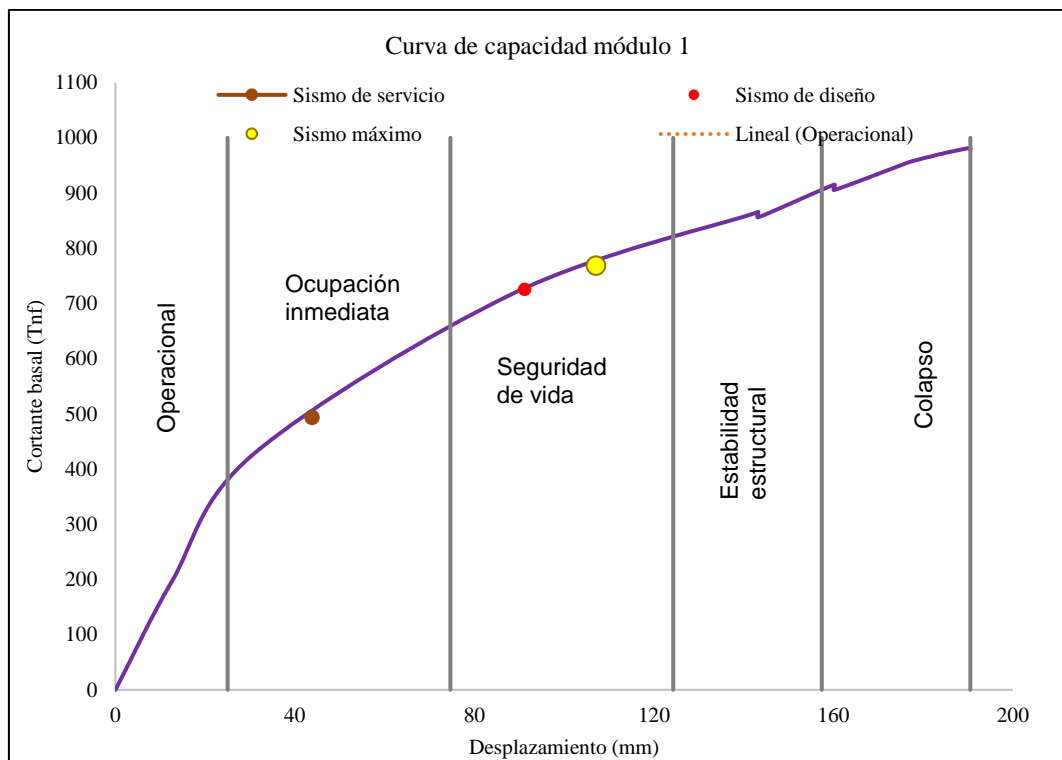
Tabla 53*Punto de Desempeño en Y, Edificio Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40*

Módulo	Desplazamiento en el techo (mm)			Cortante basal (ton)		
	SS	SD	SM	SS	SD	SM
1	17.19	56.90	64.4	591.28	1458.46	1541.21
2	12.00	19.07	28.2	115.00	145.44	204.05
3	26.1	28.2	30.9	198	209.99	216.11
4	3.81	10.8	14.5	111.99	177.83	211.34
5	41.2	75.7	97.4	27.76	36.67	37.66
6	45.6	84.7	114.9	27.84	36.9	40.06

El módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para un sismo de servicio (SS) se alcanza un nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 493.08 Tn, a 43.87 mm de desplazamiento, sin embargo, el ATC-40 recomienda un nivel de desempeño operacional; así mismo, para un sismo de diseño (SD) se alcanza el nivel de seguridad de vida con cortante basal de 725.45 Tn, a 91.20 mm de desplazamiento, pero el ATC-40 sugiere la ocupación inmediata como nivel de desempeño; no obstante, para un sismo máximo (SM) se alcanza también el nivel de seguridad de vida con cortante basal de 768.21 Tn, a 107.10 mm de desplazamiento, cumpliendo con la norma ATC-40, por lo que, si bien la estructura no alcanza a cumplir los objetivos de desempeño muestra una buena capacidad estructural frente a sismos máximos.

Figura 96

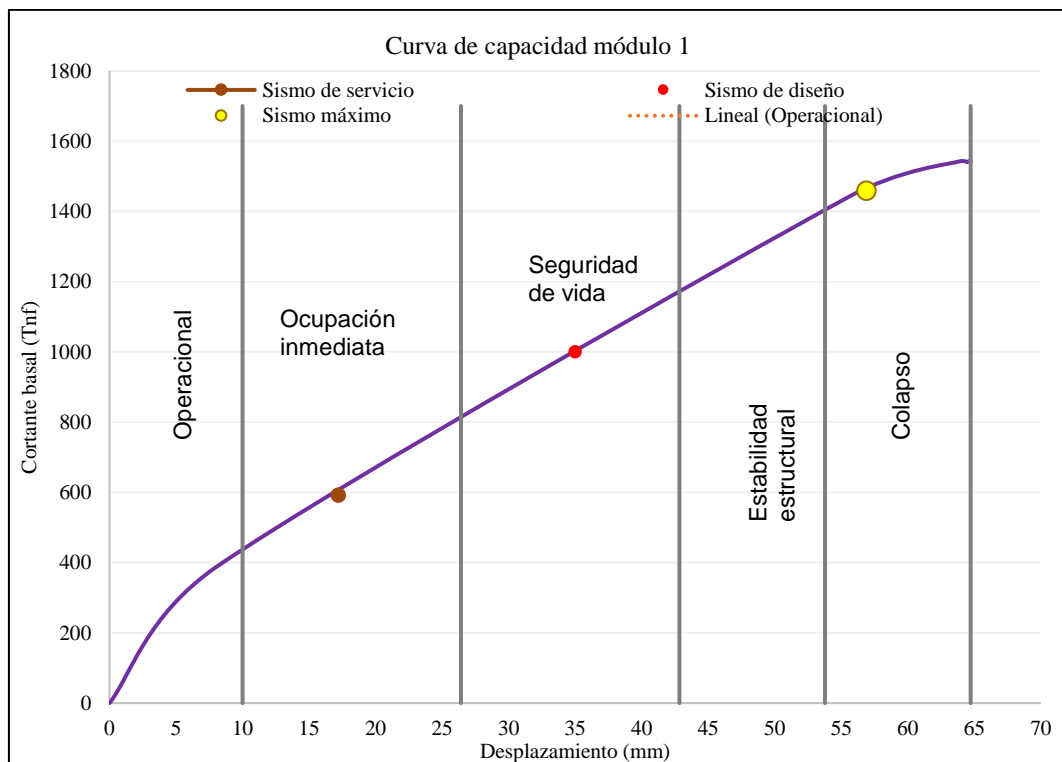
Curva Capacidad X, Módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial en Y no cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 591.28 Tn, a 17.19 mm de desplazamiento, sin embargo, el ATC-40 recomienda un nivel de desempeño operacional; así mismo, para SD se alcanza el nivel de seguridad de vida con cortante basal de 1000.20 Tn, a 35 mm de desplazamiento, pero la norma ATC-40 sugiere la ocupación inmediata como nivel de desempeño; además, para un sismo SM no se alcanza nivel de desempeño con cortante basal de 1458.46 Tn, a 56.90 mm de desplazamiento, por lo que estaría en pre-colapso, siendo así, si bien la estructura en Y resistiría los abatimientos de un sismo SS y SD, pero frente a un sismo máximo no debería ser reutilizada porque se encontraría en pre- colapso o colapso.

Figura 97

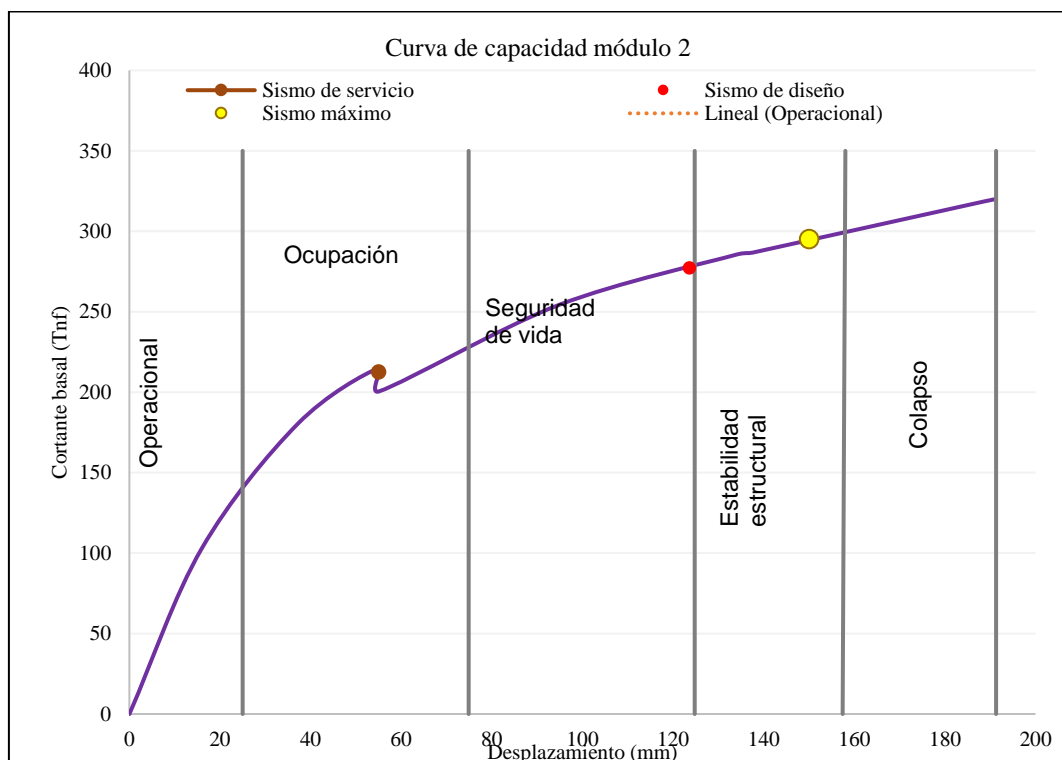
Curva Capacidad Y, Módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de “ocupación inmediata” con cortante basal de 212.45 Tn, a 55 mm de desplazamiento, sin embargo, la norma ATC-40 recomienda un nivel de desempeño “operacional”; así mismo, para un sismo SD se alcanza el nivel de “seguridad de vida” con cortante basal de 277.27 Tn, a 123.60 mm de desplazamiento, pero la norma ATC-40 sugiere la ocupación inmediata; además, para un sismo SM se alcanza el nivel de desempeño estabilidad estructural con cortante basal de 295 Tn, a 150.08 mm de desplazamiento, por lo que no se encuentra en seguridad de vida como sugiere la norma ATC-40. Siendo así, si bien la estructura en X presenta buena resistencia frente a SS y SD, pero frente a un SM no alcanza los objetivos de desempeño esperados.

Figura 98

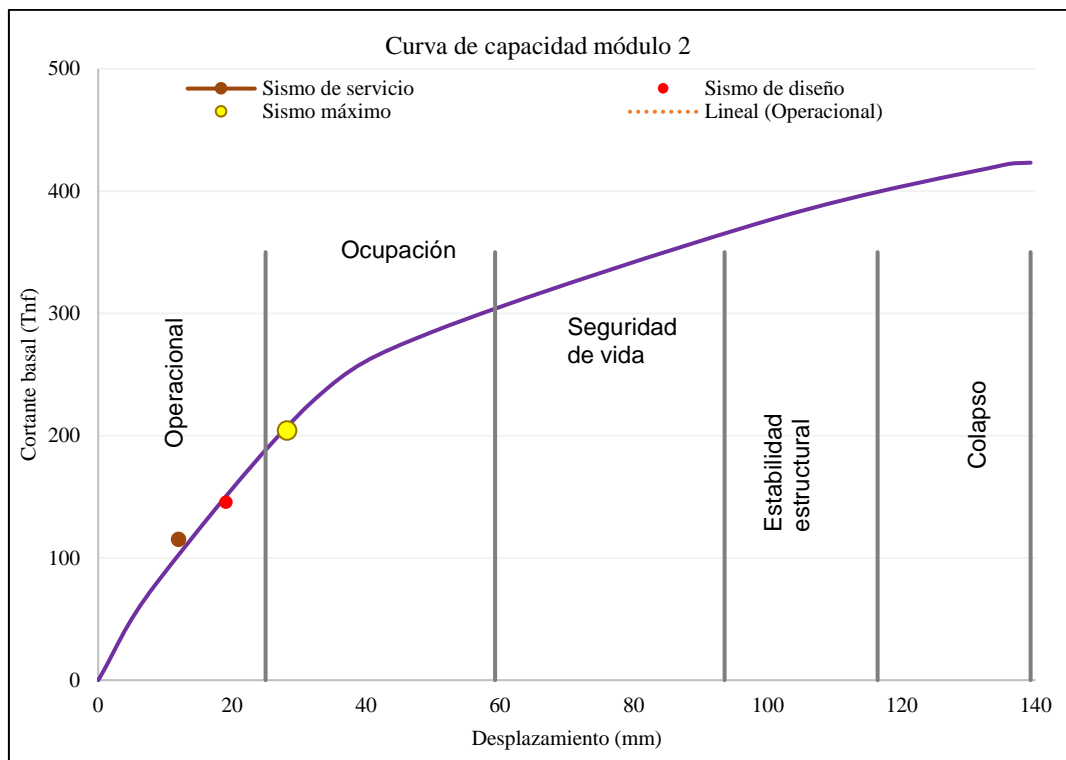
Curva Capacidad X, Módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de operacional con cortante basal de 115 Tn, a 12 mm de desplazamiento; así mismo, para un sismo SD se alcanza también el nivel operacional con cortante basal de 145.44 Tn, a 19.07 mm de desplazamiento, por lo que se supera la sugerencia de la norma ATC-40 de “ocupación inmediata”; además, para un sismo SM se alcanza el nivel de desempeño “ocupación inmediata” con cortante basal de 204.05 Tn, a 28.20 mm de desplazamiento, por lo que supera las expectativas de que se encuentre en el nivel de “seguridad de vida” como sugiere la norma ATC-40. Siendo así, el módulo 2 en la dirección Y presenta buena capacidad de desempeño frente a cualquier tipo de evento sísmico, superando incluso las expectativas de la norma ATC-40.

Figura 99

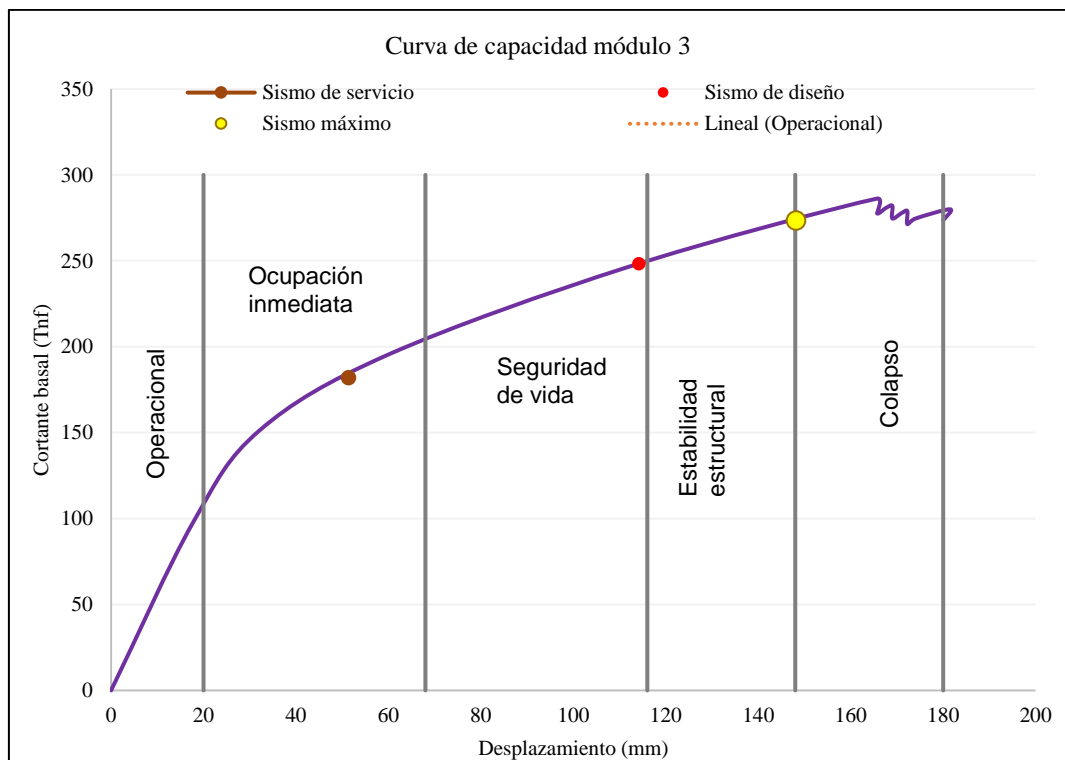
Curva Capacidad Y, Módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 181.86 Tn, a 51.40 mm de desplazamiento, sin embargo, el ATC-40 recomienda un nivel de desempeño operacional; así mismo, para un sismo SD se alcanza el nivel de seguridad de vida con cortante basal de 248.14 Tn, a 114.20 mm de desplazamiento, pero la norma ATC-40 sugiere la ocupación inmediata; además, para un sismo SM se alcanza el nivel de desempeño estabilidad estructural con cortante basal de 273.30 Tn, a 148.20 mm de desplazamiento, por lo que no se encuentra en seguridad de vida como sugiere la norma ATC-40. Siendo así, si bien la estructura en X presenta buena resistencia frente a SS y SD, pero frente a un SM no alcanza los objetivos de desempeño esperados.

Figura 100

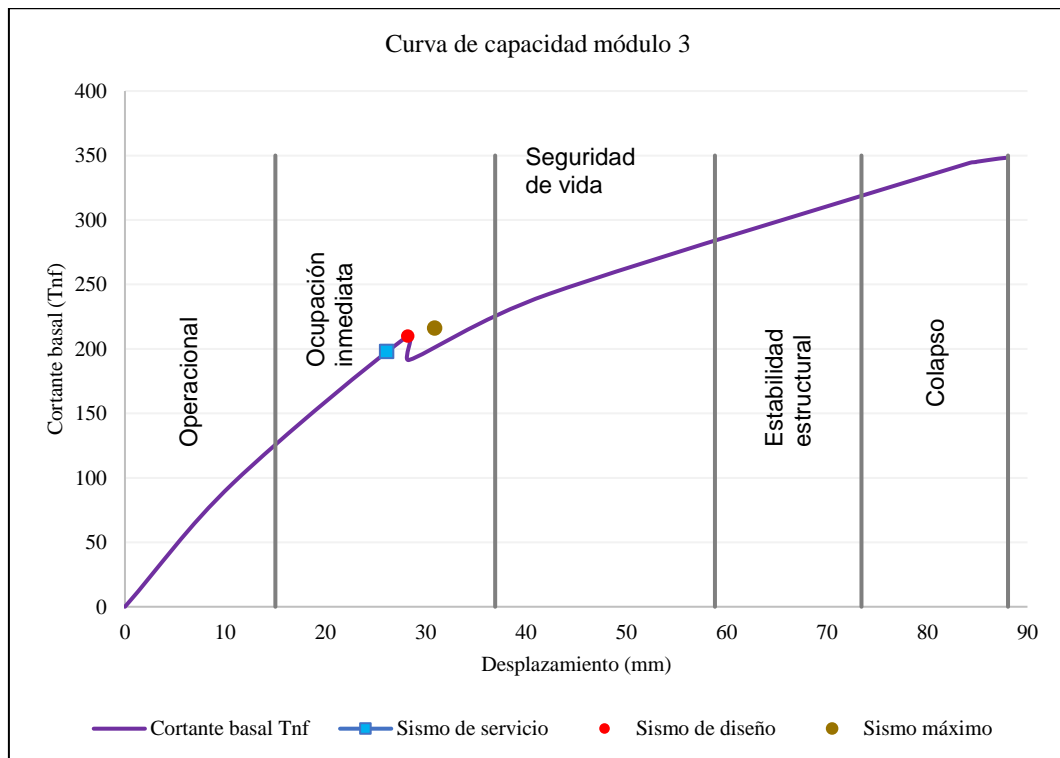
Curva Capacidad X, Módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de “ocupación inmediata” con cortante basal de 198 Tn, a 26.10 mm de desplazamiento, sin embargo, la norma ATC-40 recomienda un nivel de desempeño operacional; pero, para un sismo SD se alcanza también el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 209.99 Tn, a 28.20 mm de desplazamiento, cumpliendo con la norma ATC-40 que sugiere la ocupación inmediata; además, para un sismo SM se alcanza el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 216.11 Tn, a 30.90 mm de desplazamiento, por lo que supera las expectativas de la norma ATC-40. Siendo así, la estructura en Y presenta buen desempeño frente a sismos.

Figura 101

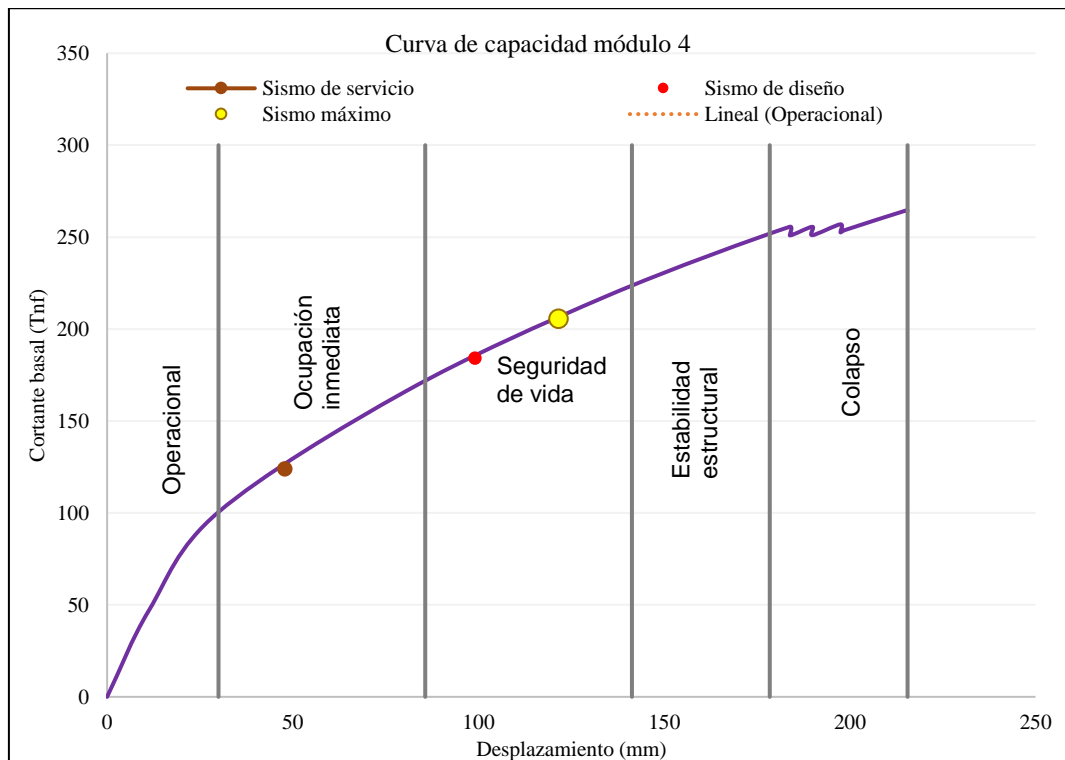
Curva Capacidad Y, Módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial en la dirección X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de “ocupación inmediata” con cortante basal de 123.92 Tn, a 47.90 mm de desplazamiento, sin embargo, el ATC-40 recomienda un nivel de desempeño “operacional”; así mismo, para un sismo SD se alcanza el nivel de “seguridad de vida” con cortante basal de 184.07 Tn, a 99.10 mm de desplazamiento, pero la norma ATC-40 sugiere la “ocupación inmediata”; pero, para un sismo SM se alcanza el nivel de desempeño “seguridad de vida” con cortante basal de 205.62 Tn, a 121.60 mm de desplazamiento, por lo que cumple con lo que sugiere la norma ATC-40. Siendo así, si bien la estructura en X presenta buena capacidad frente a sismos.

Figura 102

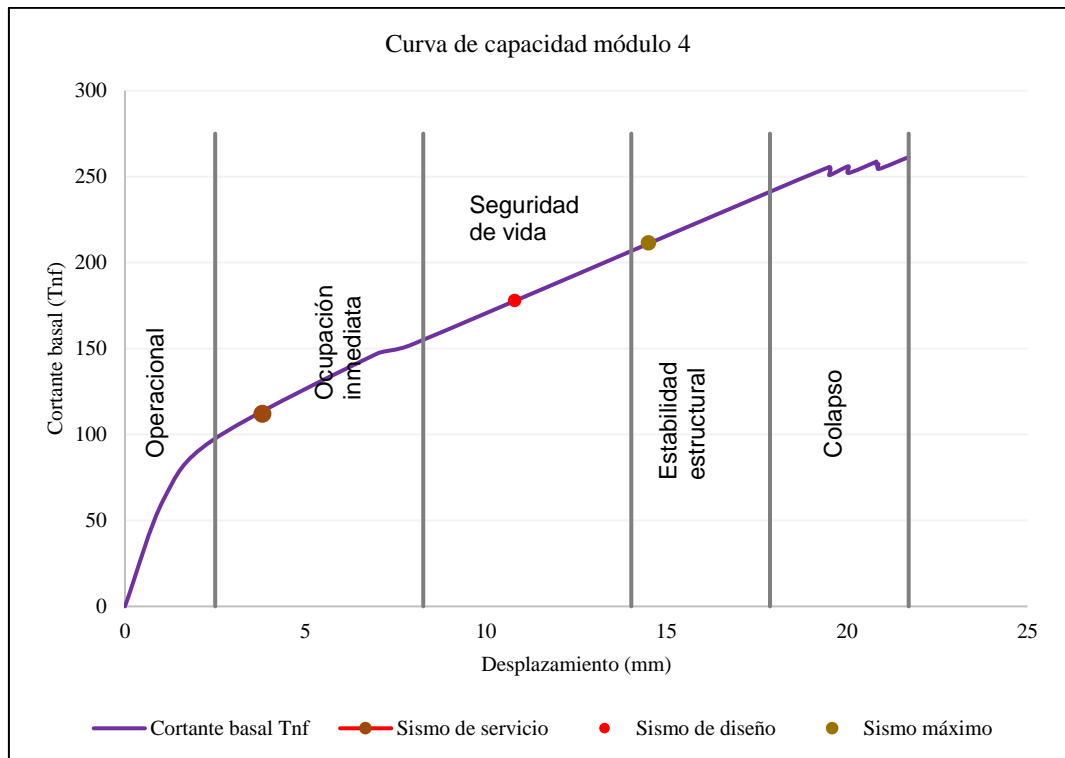
Curva Capacidad X, Módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de “ocupación inmediata” con cortante basal de 111.99 Tn, a 3.81 mm de desplazamiento, sin embargo, el ATC-40 recomienda un nivel de desempeño “operacional”; así mismo, para un sismo SD se alcanza el nivel de “seguridad de vida” con cortante basal de 177.83 Tn, a 10.8 mm de desplazamiento, pero la norma ATC-40 sugiere la ocupación inmediata; además, para un sismo SM se alcanza el nivel de desempeño estabilidad estructural con cortante basal de 211.34 Tn, a 14.5 mm de desplazamiento, por lo que no se encuentra en seguridad de vida como sugiere la norma ATC-40. Siendo así, si bien la estructura en Y presenta buena capacidad frente a SS y SD, pero frente a un SM no alcanza los objetivos de desempeño esperados.

Figura 103

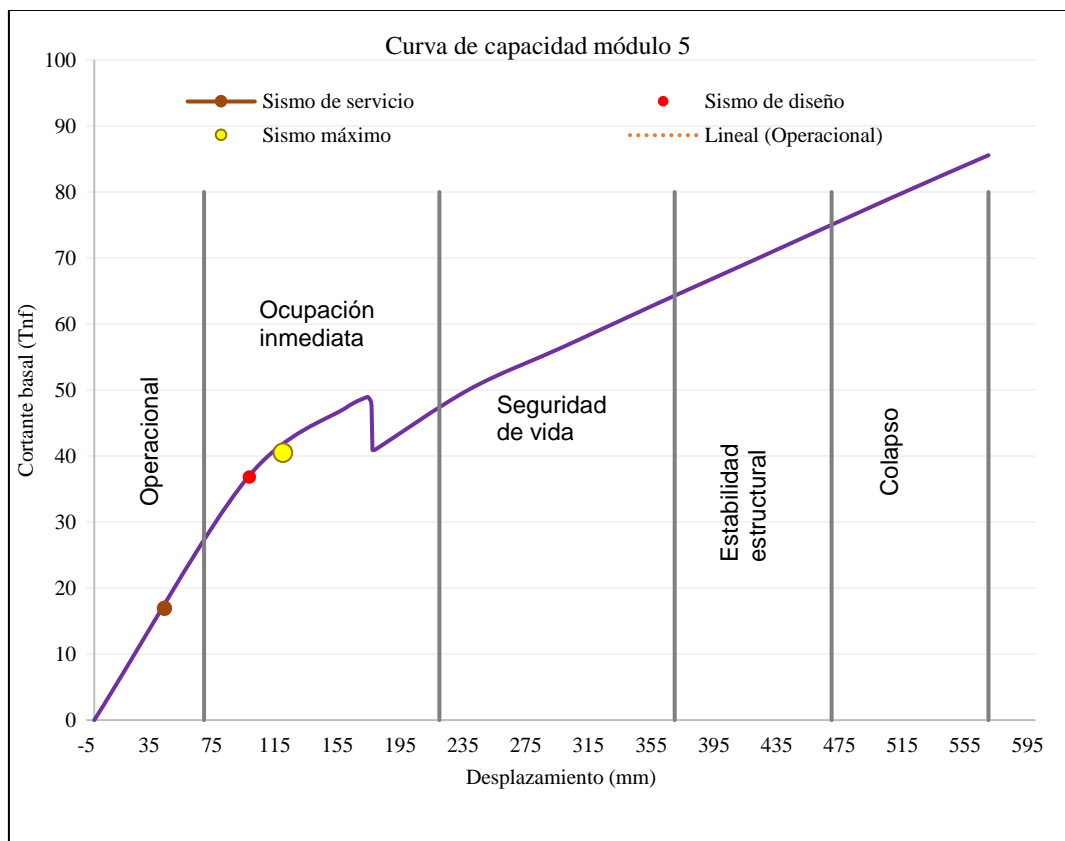
Curva Capacidad Y, Módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de operacional con cortante basal de 16.91 Tn, a 44.90 mm de desplazamiento, tal como, la norma ATC-40 recomienda; para un SD alcanza el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 36.82 Tn, a 98.80 mm de desplazamiento, cumpliendo con la norma ATC-40; además, para un SM alcanza el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 40.5 Tn, a 120.40 mm de desplazamiento, por lo que supera las expectativas de la norma ATC-40. Siendo así, la estructura en X presenta buen desempeño frente a sismos.

Figura 104

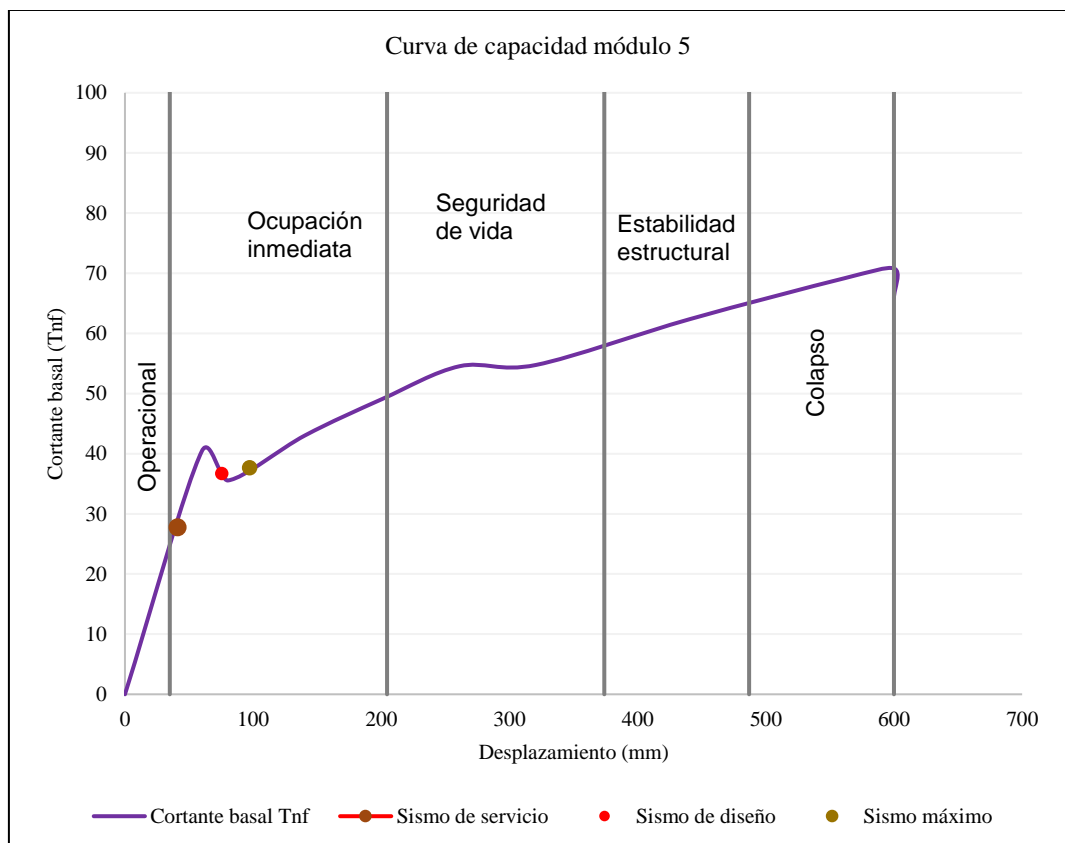
Curva Capacidad X, Módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de operacional con cortante basal de 27.84 Tn, a 45.60 mm de desplazamiento, tal como, la norma ATC-40 recomienda; para un sismo SD alcanza el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 36.67 Tn, a 75.70 mm de desplazamiento, cumpliendo con la norma ATC-40; además, para un sismo SM alcanza el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 37.66 Tn, a 97.40 mm de desplazamiento, por lo que supera las expectativas de la norma ATC-40. Siendo así, la estructura en Y presenta buen desempeño frente a sismos.

Figura 105

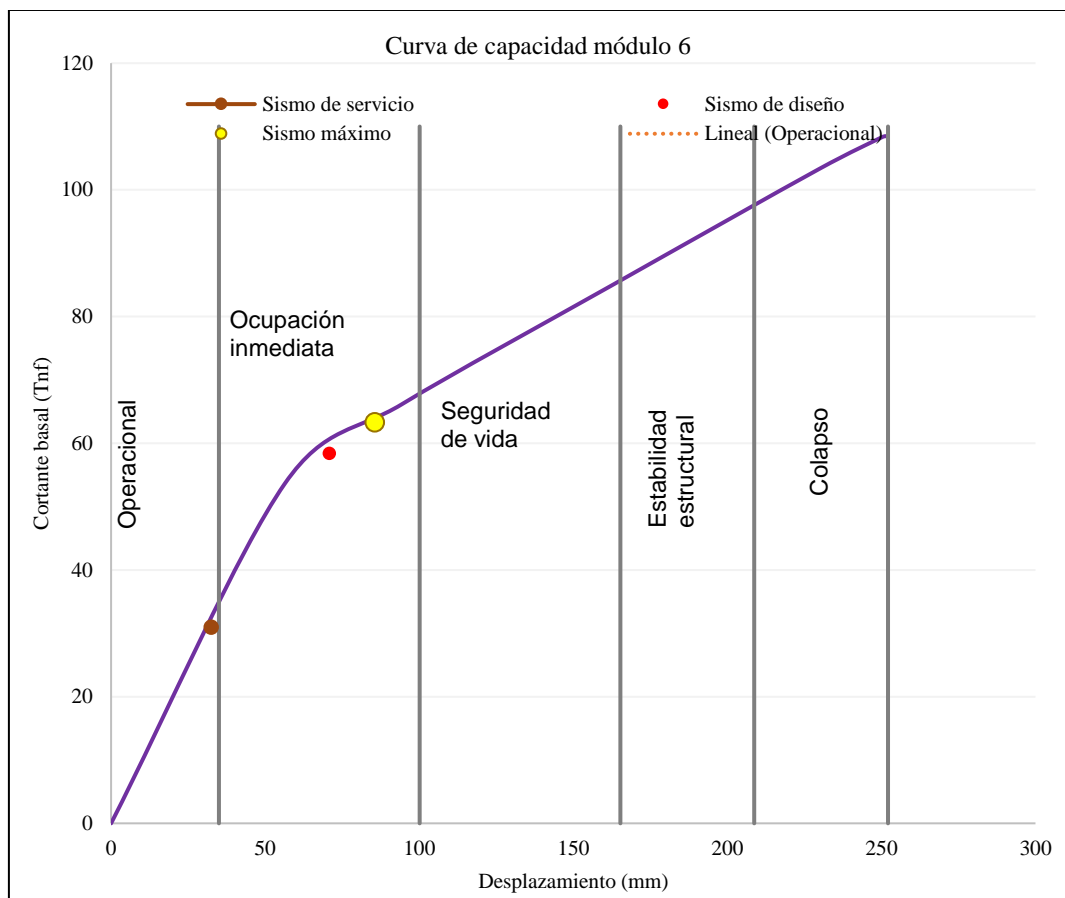
Curva Capacidad Y, Módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial en la dirección X cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de operacional con cortante basal de 30.96 Tn, a 32.50 mm de desplazamiento, tal como, la norma ATC-40 recomienda; para un sismo SD alcanza el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 58.39 Tn, a 70.80 mm de desplazamiento, cumpliendo con la norma ATC-40; además, para un sismo SM alcanza el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 63.28 Tn, a 85.60 mm de desplazamiento, por lo que supera las expectativas de la norma ATC-40. Siendo así, la estructura en X presenta buen desempeño frente a sismos.

Figura 106

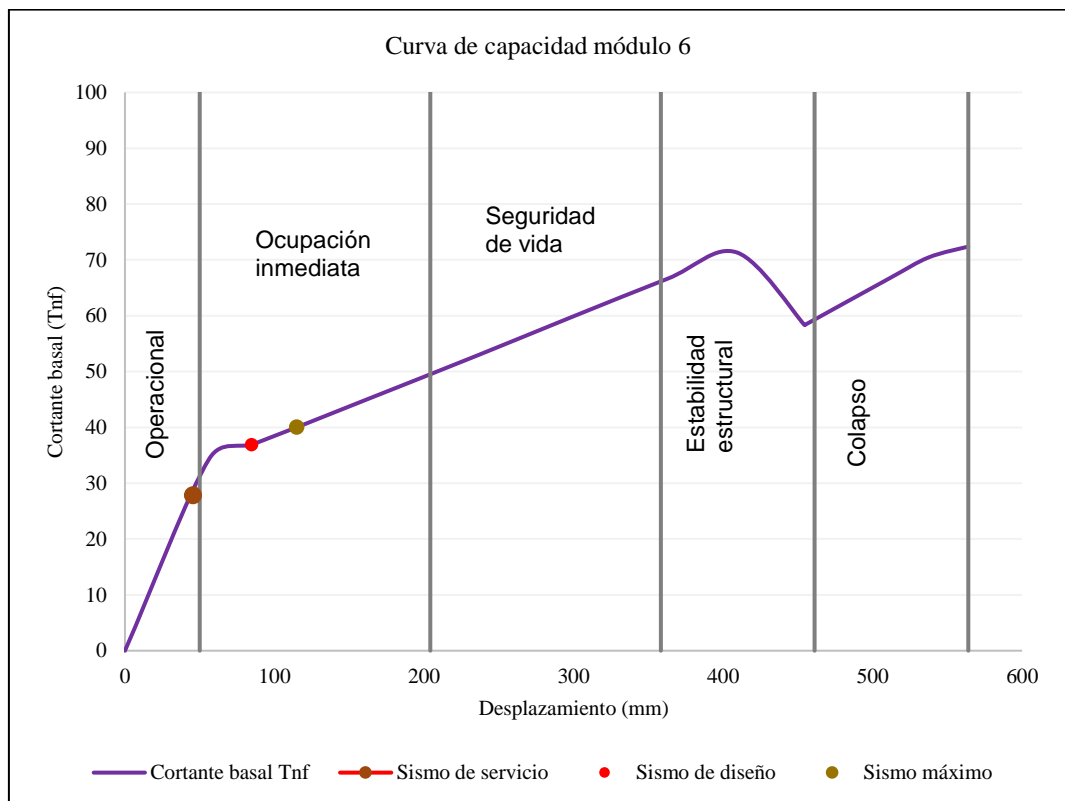
Curva Capacidad X, Módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



El módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial en la dirección Y cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el ATC-40 para edificaciones esenciales. Para sismo SS se alcanza nivel de operacional con cortante basal de 27.84 Tn, a 45.60 mm de desplazamiento, tal como, la norma ATC-40 recomienda; para un sismo SD alcanza el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 36.90 Tn, a 84.70 mm de desplazamiento, cumpliendo con la norma ATC-40; además, para un sismo SM alcanza el nivel de ocupación inmediata con cortante basal de 40.06 Tn, a 114.90 mm de desplazamiento, por lo que supera las expectativas de la norma ATC-40. Siendo así, la estructura en Y presenta buen desempeño frente a sismos.

Figura 107

Curva Capacidad Y, Módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial, Norma ATC-40



4.1.3. Nivel de desempeño sísmico utilizando la norma FEMA 356 en el edificio de Ingeniería Agroindustrial

El módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial mostró un desempeño parcial según la norma FEMA 356. En X, con cortante basal de 980.30 ton para un desplazamiento máximo de 19.12 cm, la estructura alcanzó los niveles esperados para sismos ocasionales, raros y muy raros, demostrando buena capacidad estructural frente a sismos máximos. Sin embargo, en Y, con cortante basal de 1541.92 ton para un desplazamiento máximo de 6.49 cm, aunque resistió sismos frecuentes y ocasionales, no cumplió con los niveles de seguridad necesarios para sismos raros y muy raros, lo que indica un riesgo significativo de pre-colapso y colapso.

El módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial mostró un desempeño estructural adecuado según la norma FEMA 356. En X, con cortante basal de 319.60 ton para un desplazamiento máximo de 19.15 cm, aunque cumplió parcialmente con los objetivos para sismos frecuentes y ocasionales, alcanzó los niveles esperados para sismos raros y muy raros, evidenciando un comportamiento satisfactorio frente a estos eventos sísmicos. En Y, con cortante basal de 423.03 ton para un desplazamiento máximo de 14.02 cm, cumplió con los objetivos de desempeño para sismos frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, demostrando una buena capacidad estructural.

El módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial presentó un desempeño mixto. En X, con cortante basal de 285.77 ton para un desplazamiento máximo de 16.74 cm, cumplió parcialmente con los “objetivos de desempeño” según FEMA 356, mostrando una buena capacidad estructural frente a sismos, pero fallando frente a sismos muy raros, donde existe un riesgo de colapso. En Y, con cortante basal de

347.79 ton para un desplazamiento máximo de 8.88 cm, el módulo cumplió y superó los objetivos de desempeño para todos los tipos de sismos, evidenciando una excelente capacidad estructural.

El módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial muestra un desempeño estructural adecuado según la norma FEMA 356, aunque no cumple completamente con todos los objetivos de desempeño. En X, con cortante basal de 264.28 ton para un desplazamiento máximo de 21.70 cm; y en Y con cortante basal de 261.18 ton para un desplazamiento máximo de 2.18 cm. En ambas direcciones (X y Y), la estructura demuestra buena capacidad frente a sismos, especialmente destacándose en su resistencia ante sismos máximos, aunque con algunas limitaciones en los niveles de desempeño operacional.

El módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial cumple y supera los objetivos de desempeño establecidos por la norma FEMA 356 para edificaciones esenciales en ambas direcciones (X y Y). La estructura muestra una excelente capacidad estructural frente a sismos, alcanzando niveles de desempeño superiores a los requeridos. En X, con cortante basal de 88.39 ton para un desplazamiento máximo de 57.06 cm; y en Y con cortante basal de 70.78 ton para un desplazamiento máximo de 59.53 cm.

El módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial cumple y supera los objetivos de desempeño establecidos por la norma FEMA 356 en ambas direcciones (X y Y). La estructura muestra una excelente capacidad estructural frente a sismos, alcanzando niveles de desempeño superiores a los requeridos. En X, con cortante basal de 48.97 ton para un desplazamiento máximo de 18.96 cm; y en Y con cortante basal de 64.56 ton para un desplazamiento máximo de 59.53 cm.

Tabla 54*Curva de Capacidad de la Edificación de Ingeniería Agroindustrial, Norma**FEMA 356*

Módulo	En X		En Y	
	Δ (cm)	Cb (ton)	Δ (cm)	Cb (ton)
1	19.12	980.30	6.49	1541.92
2	19.15	319.60	14.02	423.03
3	16.74	285.77	8.88	347.79
4	21.70	264.28	2.18	261.18
5	57.06	88.39	59.53	70.78
6	18.96	48.97	59.35	64.56

Nota: Δ desplazamiento, Cb cortante basal.

Tabla 55*Punto de Desempeño en X, Edificio Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356*

Módulo	Desplazamiento en el techo (mm)				Cortante basal (ton)			
	Frecuente	Ocasional	Raro	Muy raro	Frecuente	Ocasional	Raro	Muy raro
1	44.9	55.7	91.29	110.3	498.44	552.66	725.45	776.751
2	55	70.1	123.6	157.5	210	220.84	277.27	299.18
3	52.6	65.5	114.2	155	183.74	200.84	248.14	278.32
4	49.2	61.5	99.1	126.1	125.51	141.54	184.07	208.93
5	46	57.9	98.8	124.7	17.34	21.82	36.82	41.24
6	33.4	44.2	70.8	88.5	31.84	42.11	58.39	64.25

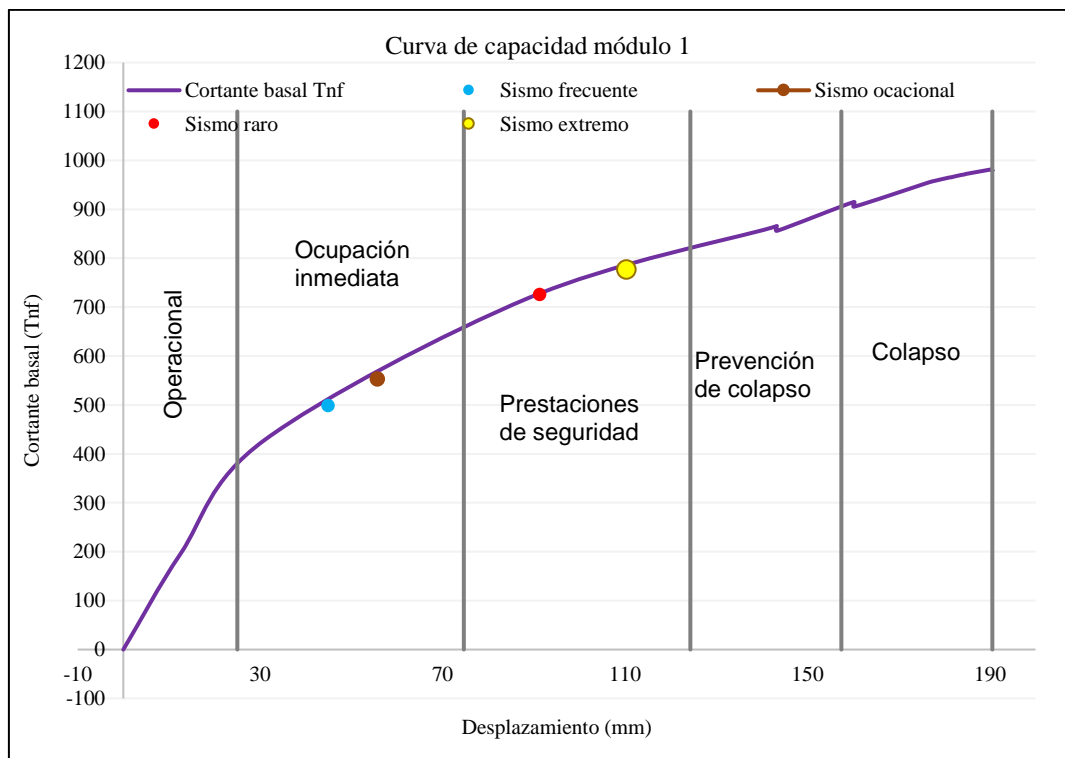
Tabla 56*Punto de Desempeño en Y, Edificio Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356*

Módulo	Desplazamiento en el techo (mm)				Cortante basal (ton)			
	Frecuente	Ocasional	Raro	Muy raro	Frecuente	Ocasional	Raro	Muy raro
1	18.1	27.3	43	56.9	611.64	816.68	1180.3	1458.46
2	10	14	19	30.11	76	102	145.44	215.79
3	10	14	28.2	31.44	90	117.335	209.99	217.34
4	3.9	5.45	10.8	15.3	113.61	130.05	177.83	218.04
5	39.6	56.2	75.7	103	32.5	37.87	36.67	38.37
6	47	58.8	84.7	121.2	28.69	34.6	36.9	40.73

El módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de ocupación inmediata, sin embargo, la norma FEMA 356 recomienda un nivel de desempeño operacional; pero, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de ocupación inmediata, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo raro se alcanza el nivel de prestaciones de seguridad, cumpliendo con la norma FEMA 356; además para un sismo muy raro se alcanza el nivel de prestaciones de seguridad superando las expectativas de la norma FEMA 356 de que se encuentre en prevención de colapso; por lo que, si bien la estructura no alcanza a cumplir los objetivos de desempeño muestra una buena capacidad estructural frente a sismos máximos.

Figura 108

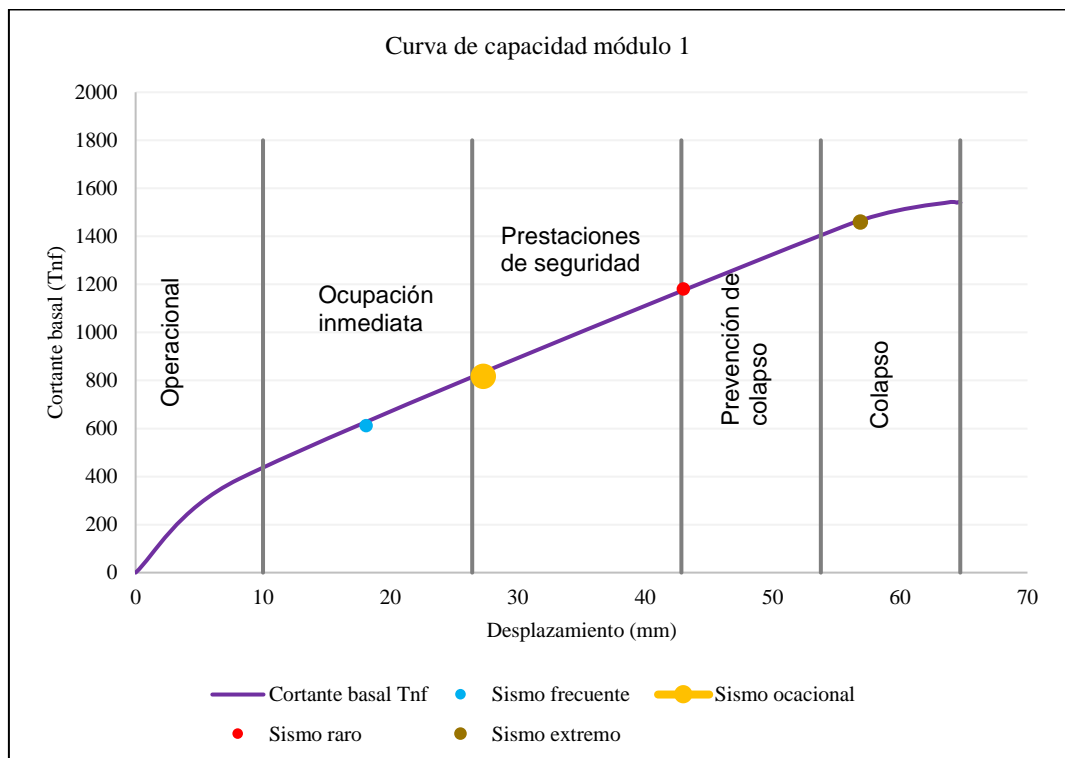
Curva Capacidad X, Módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de ocupación inmediata, sin embargo, la norma FEMA 356 recomienda un nivel de desempeño operacional; así mismo, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de prestaciones de seguridad, por lo que, no cumple con la norma FEMA 356 de estar en el nivel de ocupación inmediata; así mismo, para un sismo raro se alcanza el nivel de prevención de colapso, por lo que no cumple con la norma FEMA 356 del nivel de prestaciones de seguridad; además para un sismo muy raro no se alcanza nivel de capacidad estando en colapso, cuando la norma FEMA 356 sugiere el nivel de prevención de colapso; por lo que, si bien la estructura cumple parcialmente los objetivos de desempeño para sismos frecuentes y ocasionales, para sismos raros y muy raros la estructura se encontraría en pre colapso y colapso.

Figura 109

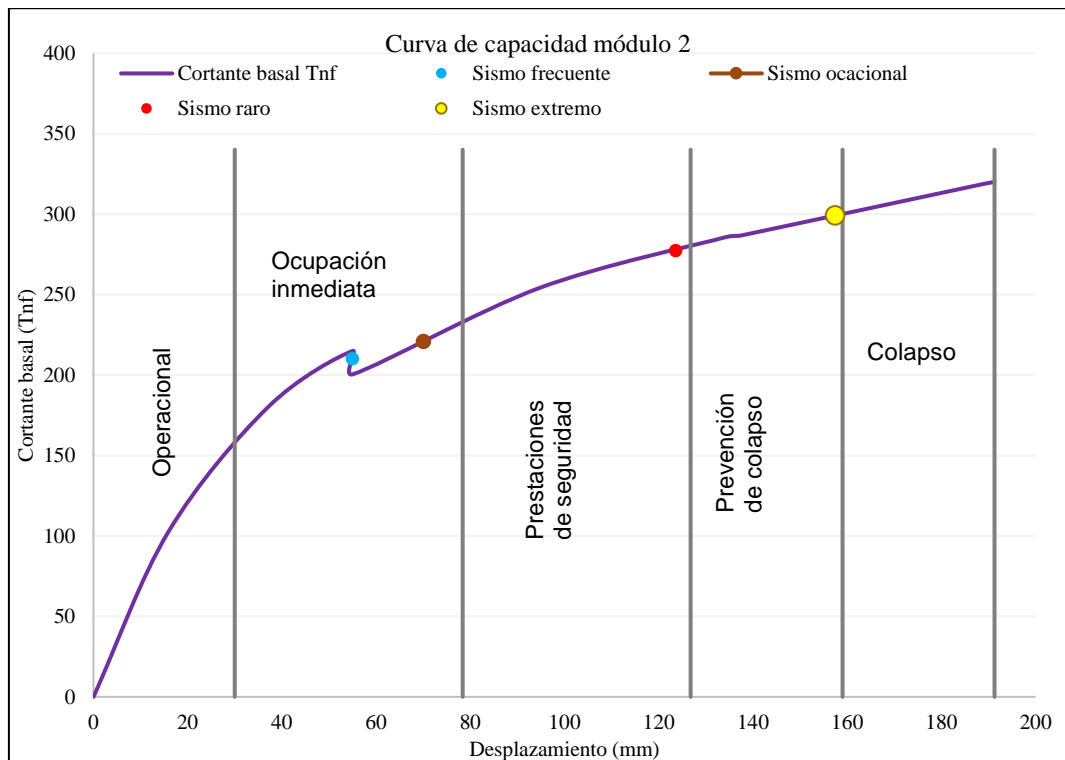
Curva Capacidad Y, Módulo 1 de Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de ocupación inmediata, sin embargo, la norma FEMA 356 recomienda un nivel de desempeño operacional; pero, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de ocupación inmediata, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo raro se alcanza el nivel de prestaciones de seguridad, cumpliendo con la norma FEMA 356; además para un sismo muy raro se alcanza el nivel de prevención de colapso cumpliendo también con la norma FEMA 356; por lo que, la estructura alcanza a cumplir con los objetivos de desempeño y muestra una buena capacidad estructural frente a sismos.

Figura 110

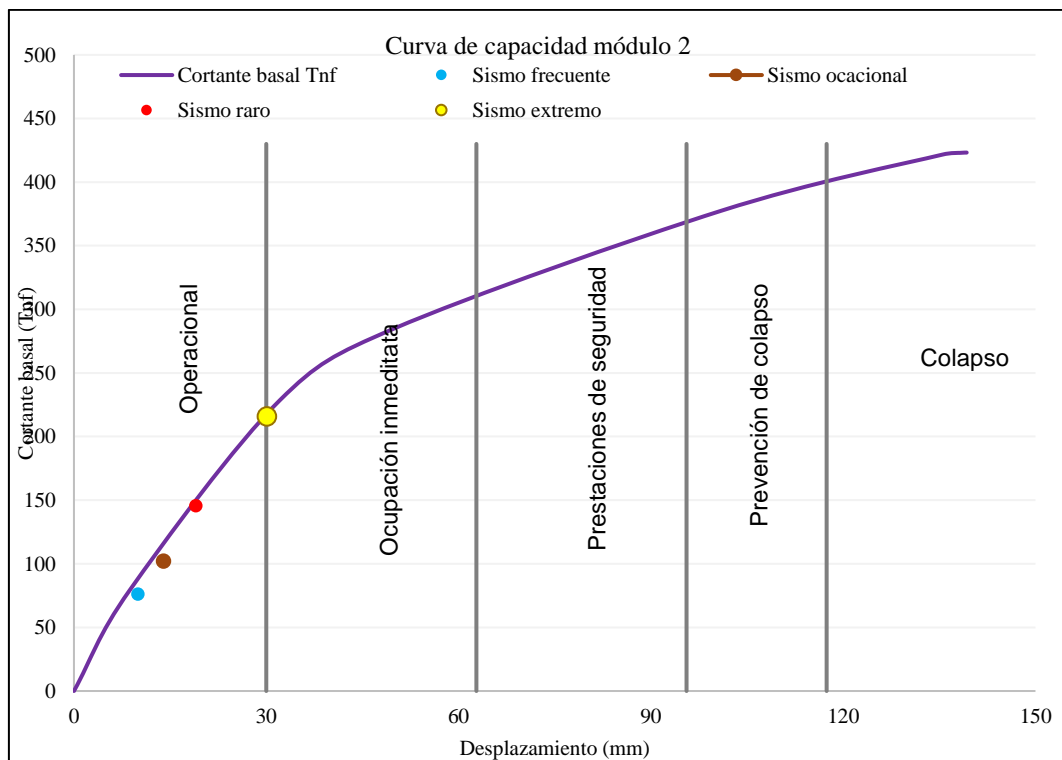
Curva Capacidad X, Módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente, ocasional y raro se alcanza un nivel de operacional, sin embargo, la norma FEMA 356 recomienda un nivel de desempeño operacional para sismo frecuente, ocupación inmediata para sismo ocasional y prestaciones de seguridad para sismo raro, por lo que, supera las expectativas de la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo extremo se alcanza el nivel de ocupación inmediata, mientras que, la norma FEMA 356 sugiere un nivel de prevención de colapso cumpliendo y superando las especificaciones de la norma FEMA 356; por lo que, la estructura alcanza a cumplir totalmente con los objetivos de desempeño y muestra una buena capacidad estructural frente a sismos raros y muy raros en la dirección Y.

Figura 111

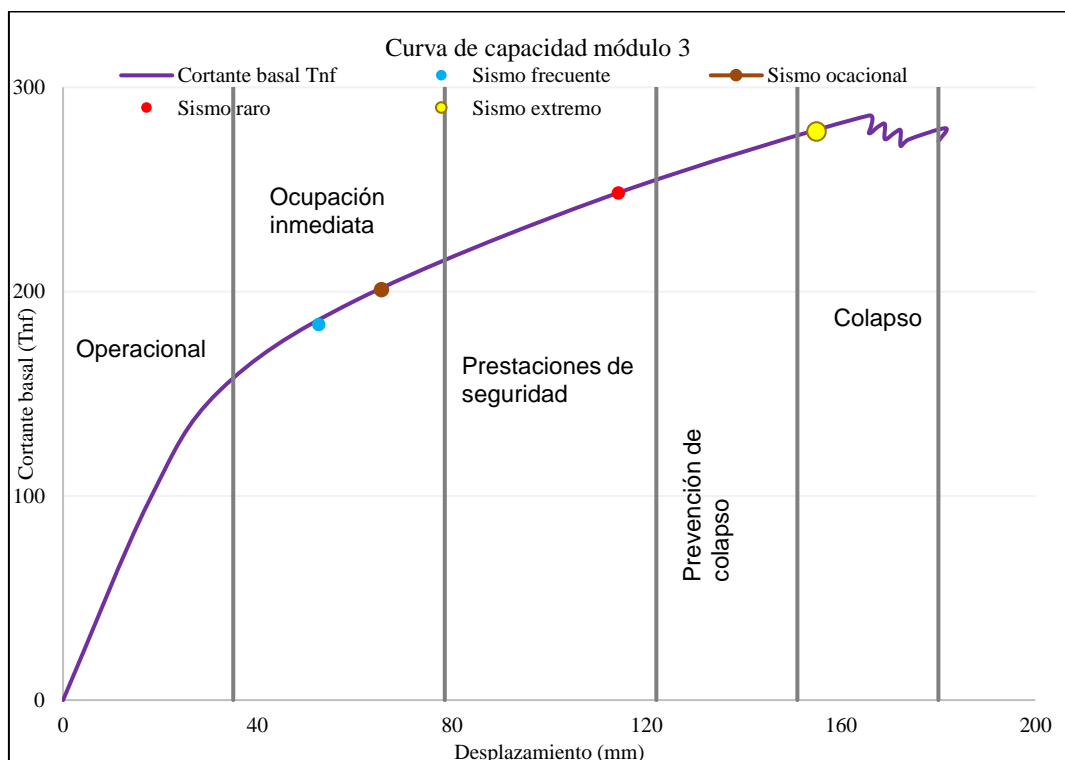
Curva Capacidad Y, Módulo 2 de Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de ocupación inmediata, sin embargo, la norma FEMA 356 recomienda un nivel de desempeño operacional; pero, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de ocupación inmediata, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo raro se alcanza el nivel de prestaciones de seguridad, cumpliendo con la norma FEMA 356; pero para un sismo muy raro no se alcanza el nivel de desempeño, colapsando por lo que, no cumple con la norma FEMA 356 de encontrarse en el nivel de prevención de colapso. Siendo así, la estructura alcanza a cumplir parcialmente con los objetivos de desempeño y muestra una buena capacidad estructural frente a sismos frecuentes, ocasionales y raros, pero frente a sismos muy raros no se recomienda su uso porque la estructura podría colapsar.

Figura 112

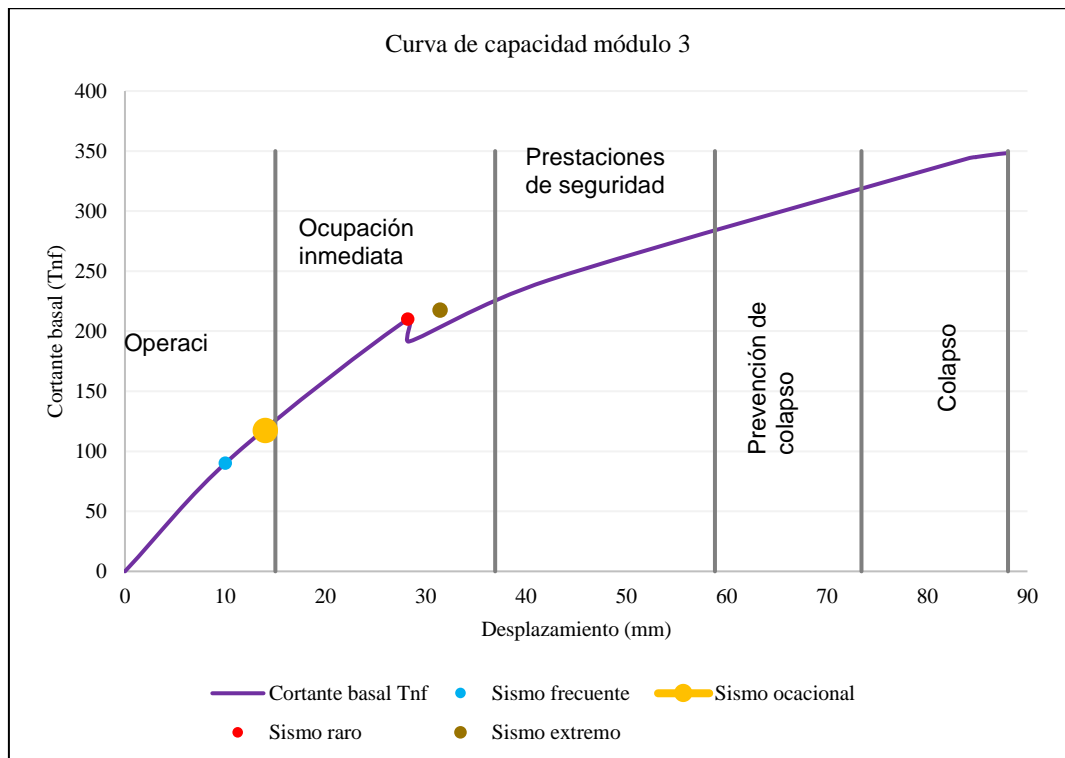
Curva Capacidad X, Módulo 3 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 3 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de operacional, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de operacional, superando las expectativas de la norma FEMA 356 que sugiere un nivel de ocupación inmediata; pero, para un sismo raro se alcanza el nivel de ocupación inmediata superando también las expectativas de la norma FEMA 356; además para un sismo muy raro se alcanza el nivel de ocupación inmediata; por lo que, la estructura alcanza a cumplir y superar los objetivos de desempeño dados por la norma FEMA 356 y muestra una buena capacidad estructural frente a sismos.

Figura 113

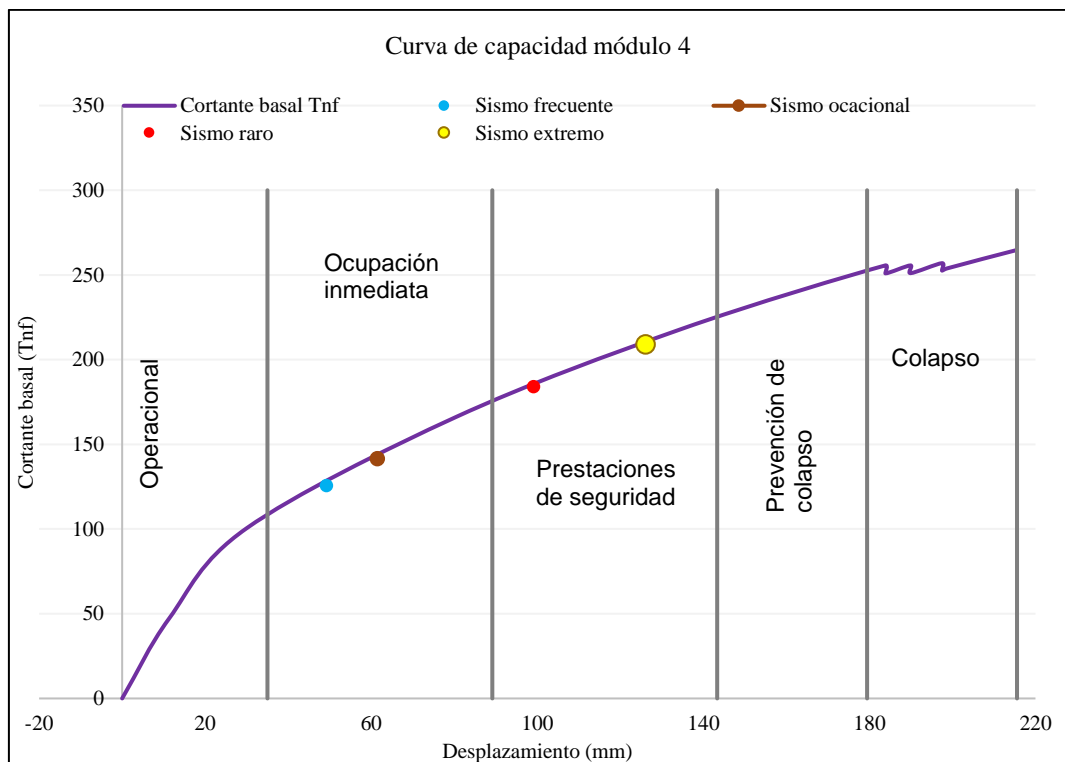
Curva Capacidad Y, Módulo 3 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de ocupación inmediata, sin embargo, la norma FEMA 356 recomienda un nivel de desempeño operacional; pero, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de ocupación inmediata, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo raro se alcanza el nivel de prestaciones de seguridad, cumpliendo con la norma FEMA 356; además para un sismo muy raro se alcanza el nivel de prestaciones de seguridad superando las expectativas de la norma FEMA 356 de que se encuentre en prevención de colapso; por lo que, si bien la estructura no alcanza a cumplir totalmente con los objetivos de desempeño muestra una buena capacidad estructural frente a sismos máximos en X.

Figura 114

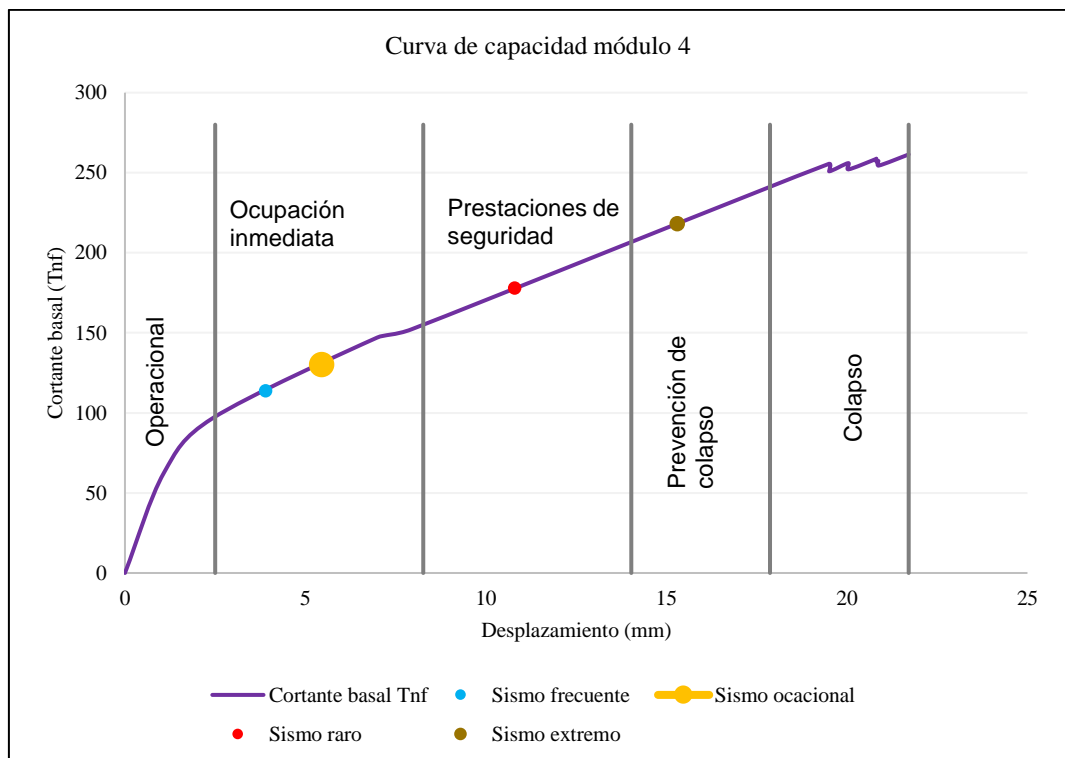
Curva Capacidad X, Módulo 4 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 4 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple parcialmente con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de ocupación inmediata, sin embargo, la norma FEMA 356 recomienda un nivel de desempeño operacional; pero, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de ocupación inmediata, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo raro se alcanza el nivel de prestaciones de seguridad, cumpliendo con la norma FEMA 356; además para un sismo muy raro se alcanza el nivel de prevención de colapso cumpliendo con la norma FEMA 356; por lo que, si bien la estructura no alcanza a cumplir totalmente con los objetivos de desempeño muestra una buena capacidad estructural frente a sismos máximos.

Figura 115

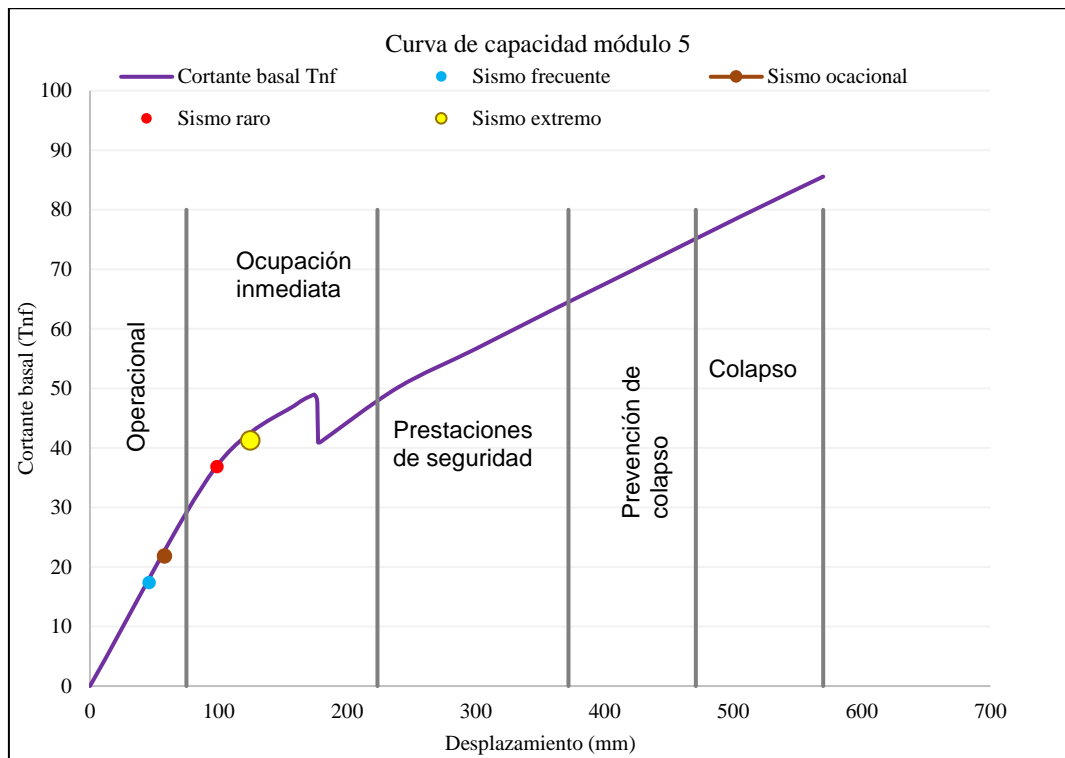
Curva Capacidad Y, Módulo 4 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de operacional, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de operacional, superando las expectativas de la norma FEMA 356 que sugiere un nivel de ocupación inmediata; pero, para un sismo raro se alcanza el nivel de ocupación inmediata superando también las expectativas de la norma FEMA 356 que sugiere el nivel de prestaciones de seguridad; además para un sismo muy raro se alcanza el nivel de ocupación inmediata; por lo que, la estructura alcanza a cumplir y superar los objetivos de desempeño dados por la norma FEMA 356 y muestra una buena capacidad estructural frente a sismos.

Figura 116

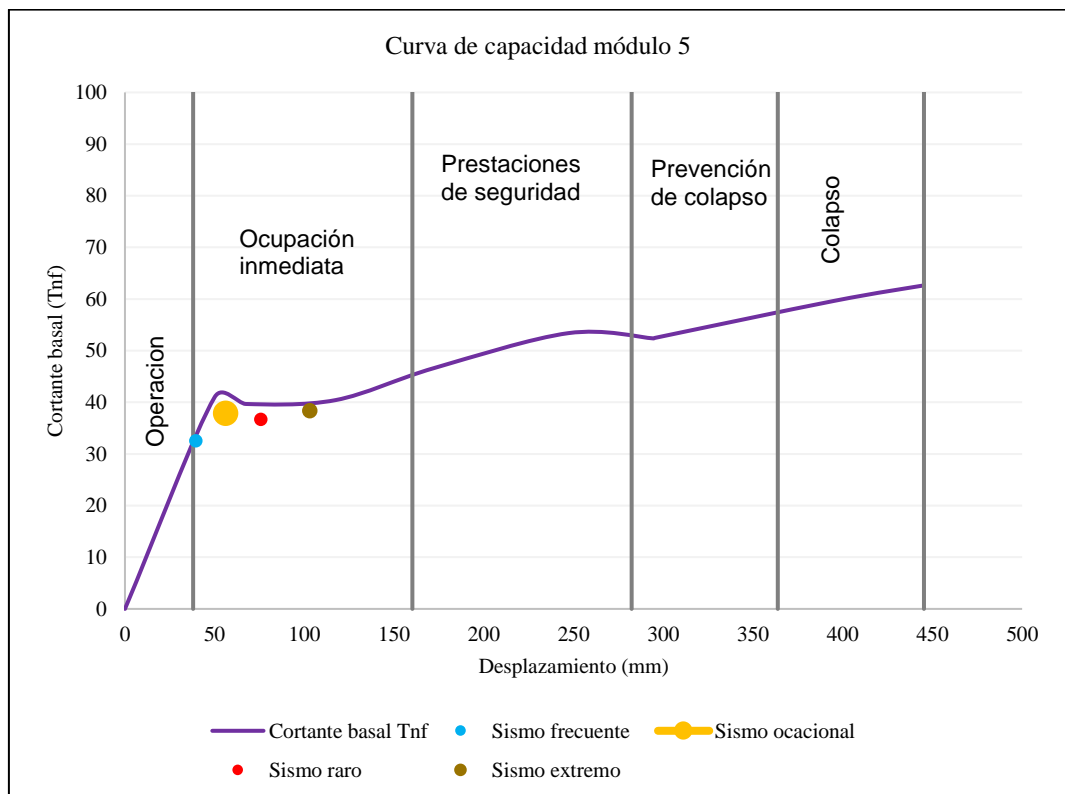
Curva Capacidad X, Módulo 5 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 5 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de operacional, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de ocupación inmediata cumpliendo con la norma FEMA 356; pero, para un sismo raro se alcanza el nivel de ocupación inmediata superando las expectativas de la norma FEMA 356 que sugiere el nivel de prestaciones de seguridad; además para un sismo muy raro se alcanza también el nivel de ocupación inmediata; por lo que, la estructura alcanza a cumplir y superar los objetivos de desempeño dados por la norma FEMA 356 y muestra una buena capacidad estructural frente a sismos.

Figura 117

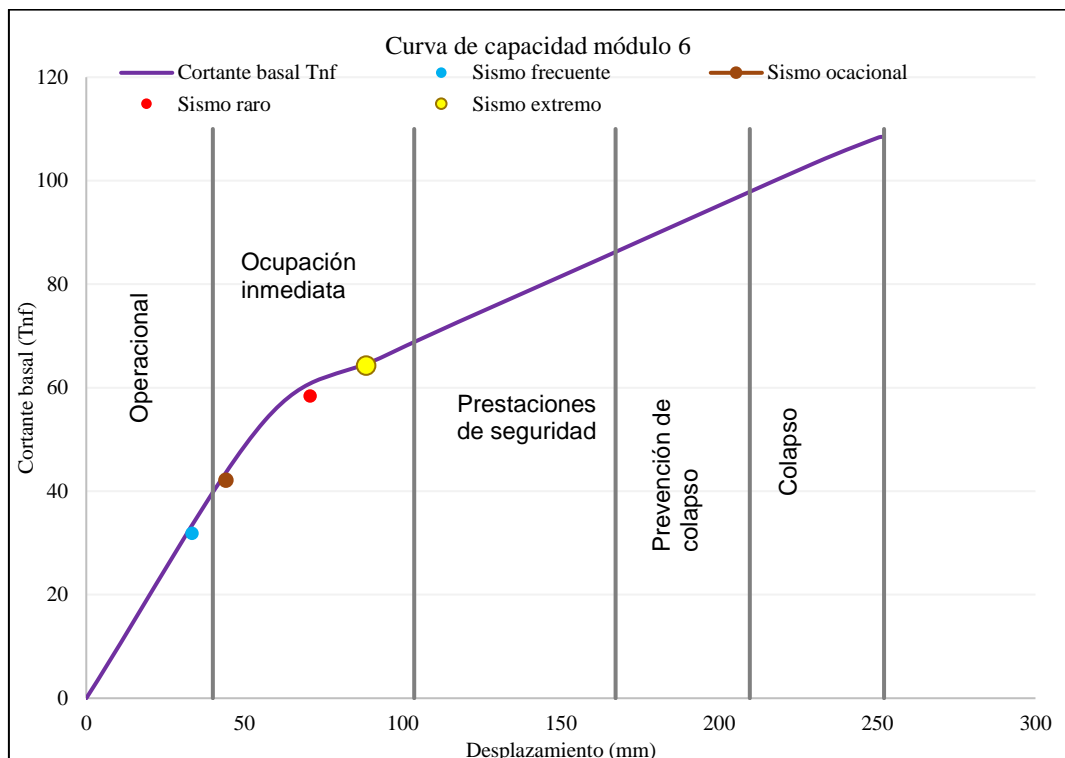
Curva Capacidad Y, Módulo 5 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial en X cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de operacional, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de ocupación inmediata cumpliendo con la norma FEMA 356; pero, para un sismo raro se alcanza el nivel de ocupación inmediata superando las expectativas de la norma FEMA 356 que sugiere el nivel de prestaciones de seguridad; además para un sismo muy raro se alcanza también el nivel de ocupación inmediata; por lo que, la estructura alcanza a cumplir y superar los objetivos de desempeño dados por la norma FEMA 356 y muestra una buena capacidad estructural frente a sismos.

Figura 118

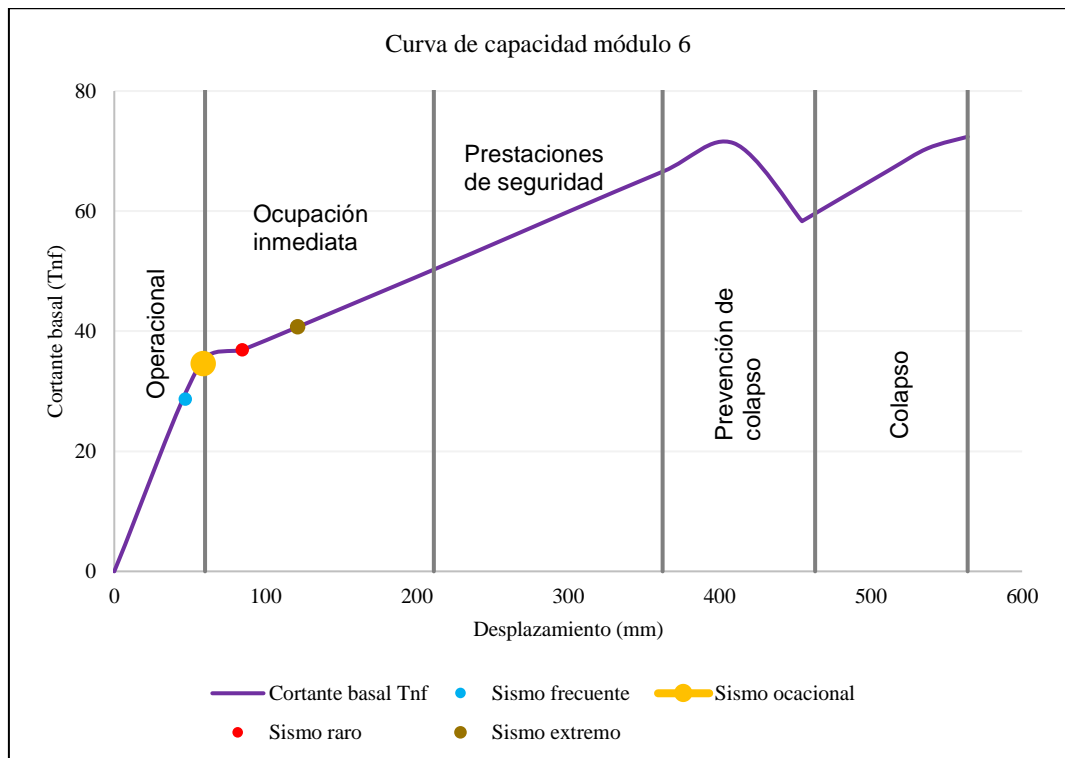
Curva Capacidad X, Módulo 6 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



El módulo 6 de Ingeniería Agroindustrial en Y cumple con los objetivos de desempeño que sugiere el FEMA 356 para edificaciones esenciales. Para un sismo frecuente se alcanza un nivel de operacional, cumpliendo con la norma FEMA 356; así mismo, para un sismo ocasional se alcanza el nivel de operacional, superando las expectativas de la norma FEMA 356 que sugiere un nivel de ocupación inmediata; pero, para un sismo raro se alcanza el nivel de ocupación inmediata superando también las expectativas de la norma FEMA 356 que sugiere el nivel de prestaciones de seguridad; además para un sismo muy raro se alcanza el nivel de ocupación inmediata; por lo que, la estructura alcanza a cumplir y superar los objetivos de desempeño dados por la norma FEMA 356 y muestra una buena capacidad estructural frente a sismos.

Figura 119

Curva Capacidad Y, Módulo 6 Ingeniería Agroindustrial, Norma FEMA 356



4.1.4. Comparación del nivel de desempeño del edificio de Ingeniería Agroindustrial al utilizar la norma ATC-40 o FEMA 356

4.1.4.1. Comparación del desempeño del edificio

La curva de desempeño del edificio de Ingeniería Agroindustrial tanto por la norma ATC-40 y FEMA 356 es la misma en las direcciones X e Y para cada uno de los seis módulos respectivos, teniendo diferencias mínimas en el segundo decimal del desplazamiento de techo y la cortante basal con variaciones de menos del 1% entre los resultados. Esto se debe a que, para el modelamiento de la edificación no se tuvieron diferencias significativas en el procesamiento para obtener el desempeño estructural, sino que, la principal diferencia estuvo enfocada a determinar los puntos de desempeño, porque se modificó los espectros de demanda de acuerdo a cada normatividad.

Siendo así, si bien en el modelamiento con la norma ATC-40 y FEMA 356 consideran diferentes factores de reducción de rigidez estos se aplican para estructuras con más de 10 años de antigüedad, y como en el caso la estructura no tiene tal antigüedad, ya no se aplicaron dichos coeficientes de reducción. Así mismo, las normas aplican diferentes coeficientes por irregularidad, pero las edificaciones no presentan irregularidad estructural, por lo que, tampoco fue necesario la aplicación de los mismos, siendo así solo se modeló y obtuvo el desempeño estructural de la edificación para cada norma ATC-40 y FEMA 356.

La fuerza de corte basal es ligeramente mayor para el edificio cuando se aplica la norma ATC-40, lo que indica una evaluación menos conservadora; mientras que la fuerza de corte basal es menor para el edificio cuando se aplica la norma FEMA 356, lo que indica una evaluación más detallada del espectro de respuesta y demanda en elementos críticos de acuerdo a Aguilar & Alvares (2022).

Tabla 57

Comparación del Desplazamiento en el Techo y la Cortante Basal Máxima en la Curva de Desempeño con las Normas

Módulo	Dirección	Norma ATC-40		Norma FEMA 356		% variación	
		Desplazamiento	Cortante	Desplazamiento	Cortante	Desplazamiento	Cortante
		en el techo (mm)	basal (ton)	en el techo (mm)	basal (ton)	en el techo (mm)	basal (ton)
1	X	19.02	981.476	19.12	980.30	0.50%	0.12%
2	X	19.13	320.05	19.15	319.60	0.10%	0.14%
3	X	16.57	286.17	16.74	285.77	0.99%	0.14%
4	X	21.53	264.65	21.70	264.28	0.79%	0.14%
5	X	57	88.57	57.06	88.39	0.10%	0.20%
6	X	18.87	49.02	18.96	48.97	0.50%	0.10%
1	Y	6.46	1543.15	6.49	1541.92	0.50%	0.08%
2	Y	13.92	423.2	14.02	423.03	0.70%	0.04%
3	Y	8.8	348.28	8.88	347.79	0.89%	0.14%
4	Y	2.17	261.39	2.18	261.18	0.30%	0.08%
5	Y	59	70.79	59.53	70.78	0.89%	0.02%
6	Y	59	64.69	59.35	64.56	0.60%	0.20%

4.1.4.2. Comparación del cumplimiento de los objetivos de desempeño

Del análisis se ha determinado que, por ambas normas (ATC-40 o FEMA 356) la edificación cumple parcialmente con los objetivos de desempeño para los módulos 2, 3 y 4, cumple totalmente con los objetivos de desempeño para los módulos 5 y 6 correspondiente a las escaleras, por lo que, en caso de eventos sísmicos extremos se tiene asegurada las salidas de emergencia. No obstante, el módulo 1 no cumple con los objetivos de desempeño debido a que, para sismos raros y/o máximos la estructura termina por colapsar en la dirección Y; esto no quiere decir que la estructura no se encuentre bien diseñada, solo significa que para eventos sísmicos extremos la estructura podría llegar a colapsar, y que en caso de seguir en funcionamiento estaría en estado de pre colapso por lo que igual

no se recomienda su uso posterior a este tipo de eventos telúricos. Siendo así, independientemente de la norma aplicada se obtienen similares niveles de desempeño y se verifican similitudes en los objetivos de desempeño alcanzados.

Pero, al comparar específicamente los resultados de los puntos de desempeño en cuanto al desplazamiento en el techo y la cortante basal, se tienen diferencias significativas con porcentajes de diferencia de hasta 86.43% entre los resultados del punto de desempeño de un sismo ocasional por la norma FEMA 356 y un sismo de servicio por la norma ATC-40, esto se debe a su diferencia espectral, tal como, también se muestra estas diferencias en la determinación del punto de desempeño para un sismo muy raro o extremo con la norma FEMA 356 y un sismo máximo con la norma ATC-40 cuyas diferencias alcanzan hasta 5.44%. En cambio para un sismo de diseño por la norma ATC-40 y sismo raro por la norma FEMA 356, se obtienen resultados significativamente similares con menos de 1% de diferencias debido a que se trata de los mismos espectros de diseño utilizados en el cálculo, con la única diferencia en Y del módulo 1, debido a que en este módulo y en esta dirección la estructura colapsa por lo que, el sismo muy raro se equipara al sismo máximo, ya que la estructura no puede continuar con su nivel de desempeño al estar en colapso.

Tabla 58*Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 1, por las Normas*

Módulo	Sismos	Dirección	Norma ATC-40		Norma FEMA 356		% variación	
			Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)
1	Frecuente	X	0.00	0.00	44.90	498.44	100.00%	100.00%
1	Ocasional/ servicio	X	43.87	493.08	55.70	552.66	21.24%	10.78%
1	Raro/ diseño	X	91.20	725.45	91.29	725.45	0.10%	0.00%
1	Muy raro/ máximo	X	107.10	768.21	110.30	776.75	2.90%	1.10%
1	Frecuente	Y	0.00	0.00	18.10	611.64	100.00%	100.00%
1	Ocasional/ servicio	Y	17.19	591.28	27.30	816.68	37.03%	27.60%
1	Raro/ diseño	Y	35.00	1000.20	43.00	1180.30	18.60%	15.26%
1	Muy raro/ máximo	Y	56.90	1458.46	56.90	1458.46	0.00%	0.00%

Nota: Δ desplazamiento en el techo, Cb cortante basal.

Figura 120

Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 1, por la Norma ATC-40 y FEMA 356

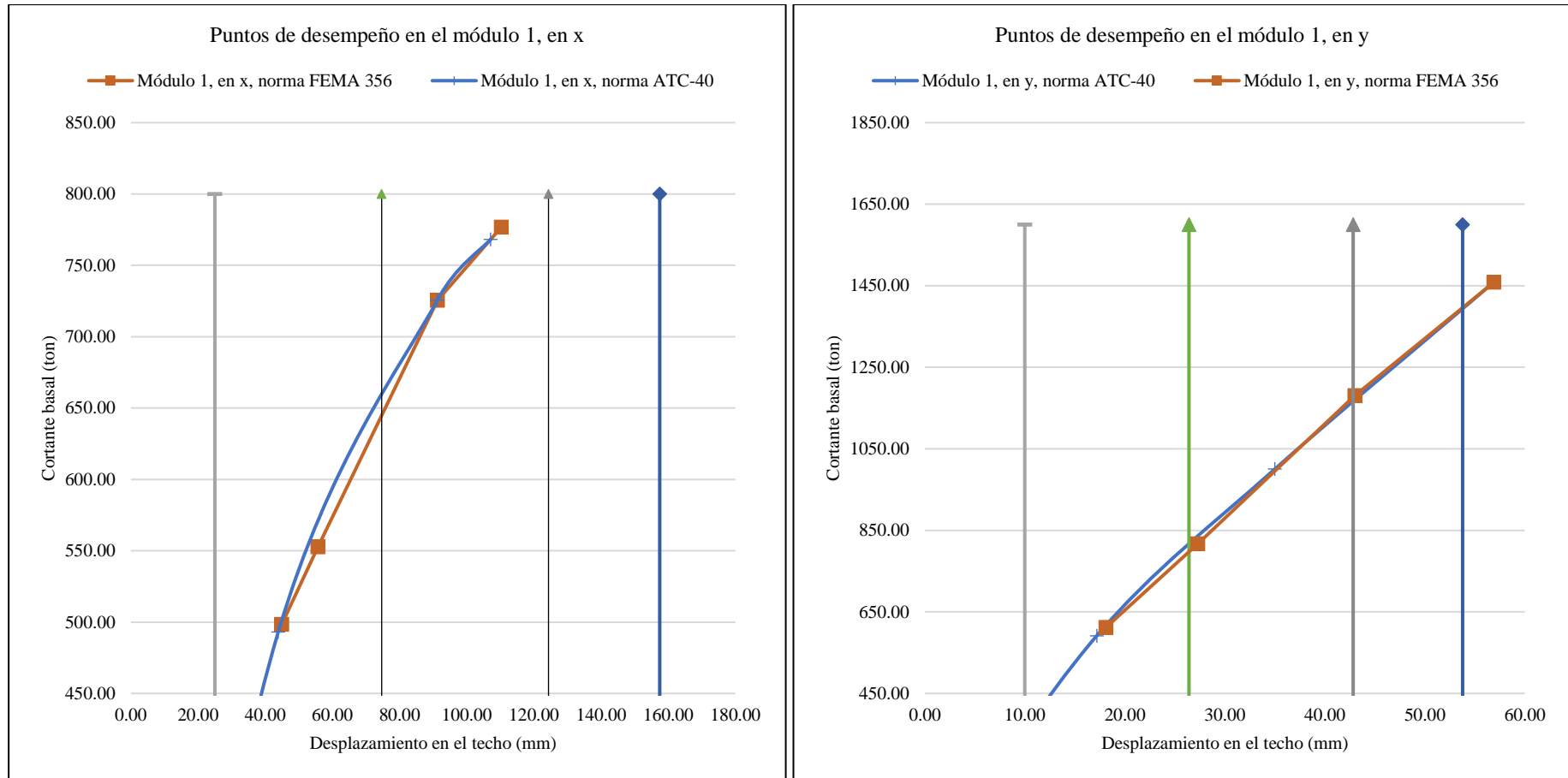


Tabla 59*Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 2, por las Normas*

Módulo	Sismos	Dirección	Norma ATC-40		Norma FEMA 356		% variación	
			Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)
2	Frecuente	X	0.00	0.00	55.00	210.00	100.00%	100.00%
2	Ocasional/ servicio	X	55.00	212.45	70.10	220.84	21.54%	3.80%
2	Raro/ diseño	X	123.60	277.27	123.60	277.27	0.00%	0.00%
2	Muy raro/ máximo	X	150.08	295.00	157.50	299.18	4.71%	1.40%
2	Frecuente	Y	0.00	0.00	10.00	76.00	100.00%	100.00%
2	Ocasional/ servicio	Y	12.00	115.00	14.00	102.00	14.29%	12.75%
2	Raro/ diseño	Y	19.07	145.44	19.00	145.44	0.37%	0.00%
2	Muy raro/ máximo	Y	28.20	204.05	30.11	215.79	6.34%	5.44%

Nota: Δ desplazamiento en el techo, Cb cortante basal.

Figura 121

Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 2, por la Norma ATC-40 y FEMA 356

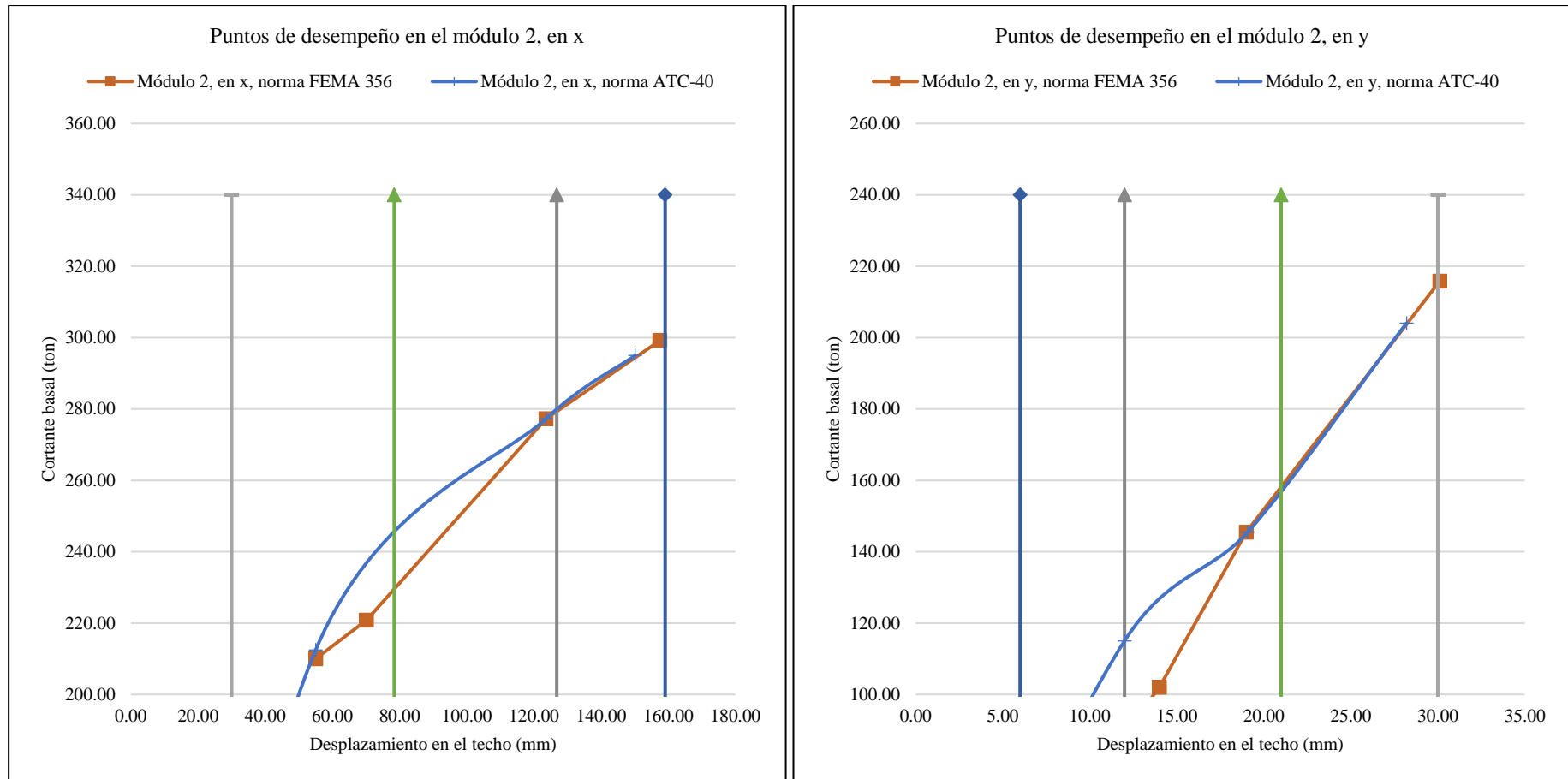


Tabla 60*Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 3, por las Normas*

Módulo	Sismos	Dirección	Norma ATC-40		Norma FEMA 356		% variación	
			Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)
3	Frecuente	X	0.00	0.00	52.60	183.74	100.00%	100.00%
3	Ocasional/ servicio	X	51.40	181.86	65.50	200.84	21.53%	9.45%
3	Raro/ diseño	X	114.20	248.14	114.20	248.14	0.00%	0.00%
3	Muy raro/ máximo	X	148.20	273.30	155.00	278.32	4.39%	1.80%
3	Frecuente	Y	0.00	0.00	10.00	90.00	100.00%	100.00%
3	Ocasional/ servicio	Y	26.10	198.00	14.00	117.34	86.43%	68.75%
3	Raro/ diseño	Y	28.20	209.99	28.20	209.99	0.00%	0.00%
3	Muy raro/ máximo	Y	30.90	216.11	31.44	217.34	1.72%	0.57%

Nota: Δ desplazamiento en el techo, Cb cortante basal.

Figura 122

Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 3, por la Norma ATC-40 y FEMA 356

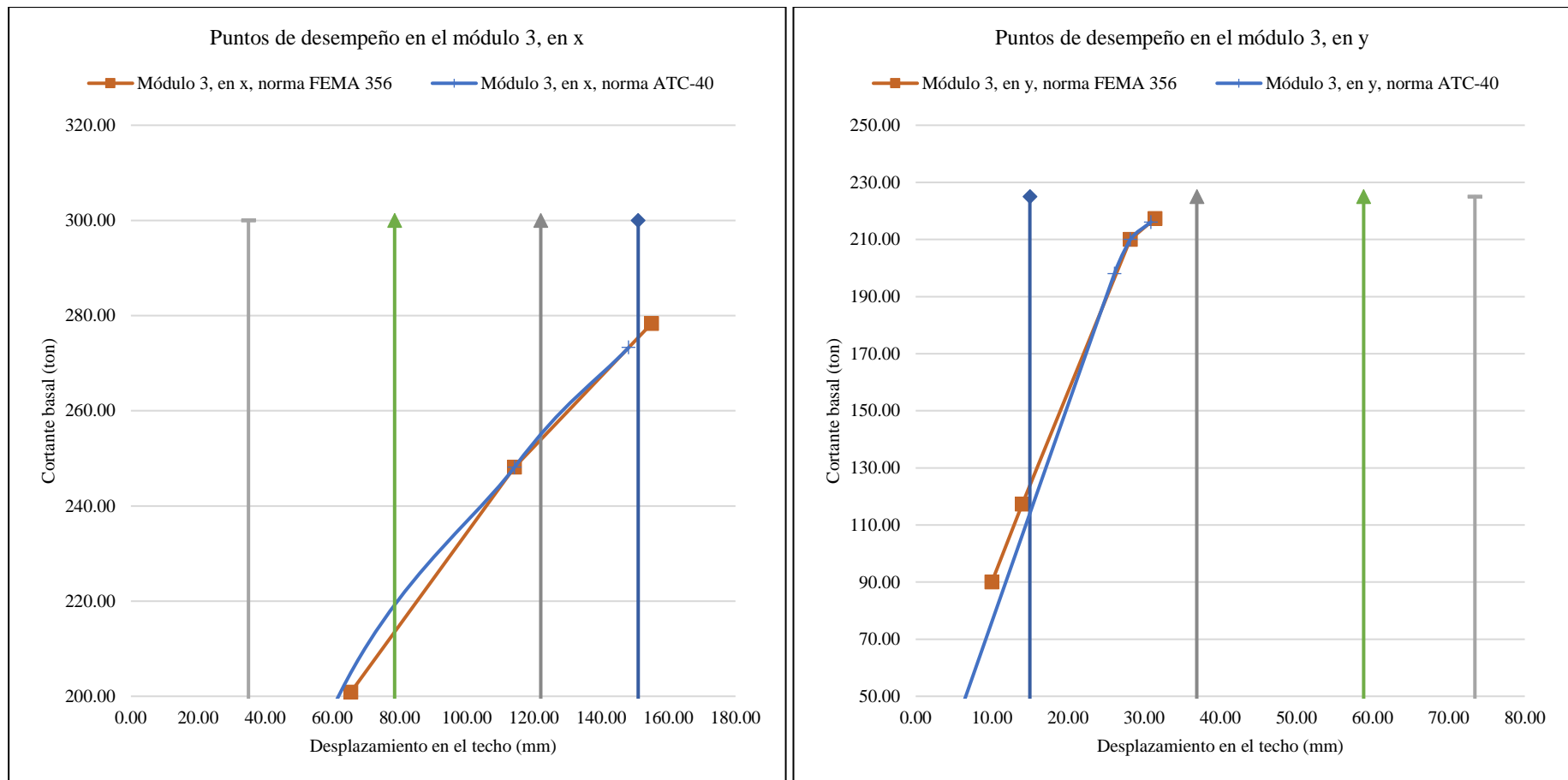


Tabla 61*Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 4, por las Normas*

Módulo	Sismos	Dirección	Norma ATC-40		Norma FEMA 356		% variación	
			Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)
4	Frecuente	X	0.00	0.00	49.20	125.51	100.00%	100.00%
4	Ocasional/ servicio	X	47.90	123.92	61.50	141.54	22.11%	12.45%
4	Raro/ diseño	X	99.10	184.07	99.10	184.07	0.00%	0.00%
4	Muy raro/ máximo	X	121.60	205.62	126.10	208.93	3.57%	1.58%
4	Frecuente	Y	0.00	0.00	3.90	113.61	100.00%	100.00%
4	Ocasional/ servicio	Y	3.81	111.99	5.45	130.05	30.09%	13.89%
4	Raro/ diseño	Y	10.80	177.83	10.80	177.83	0.00%	0.00%
4	Muy raro/ máximo	Y	14.50	211.34	15.30	218.04	5.23%	3.07%

Nota: Δ desplazamiento en el techo, Cb cortante basal.

Figura 123

Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 4, por la Norma ATC-40 y FEMA 356

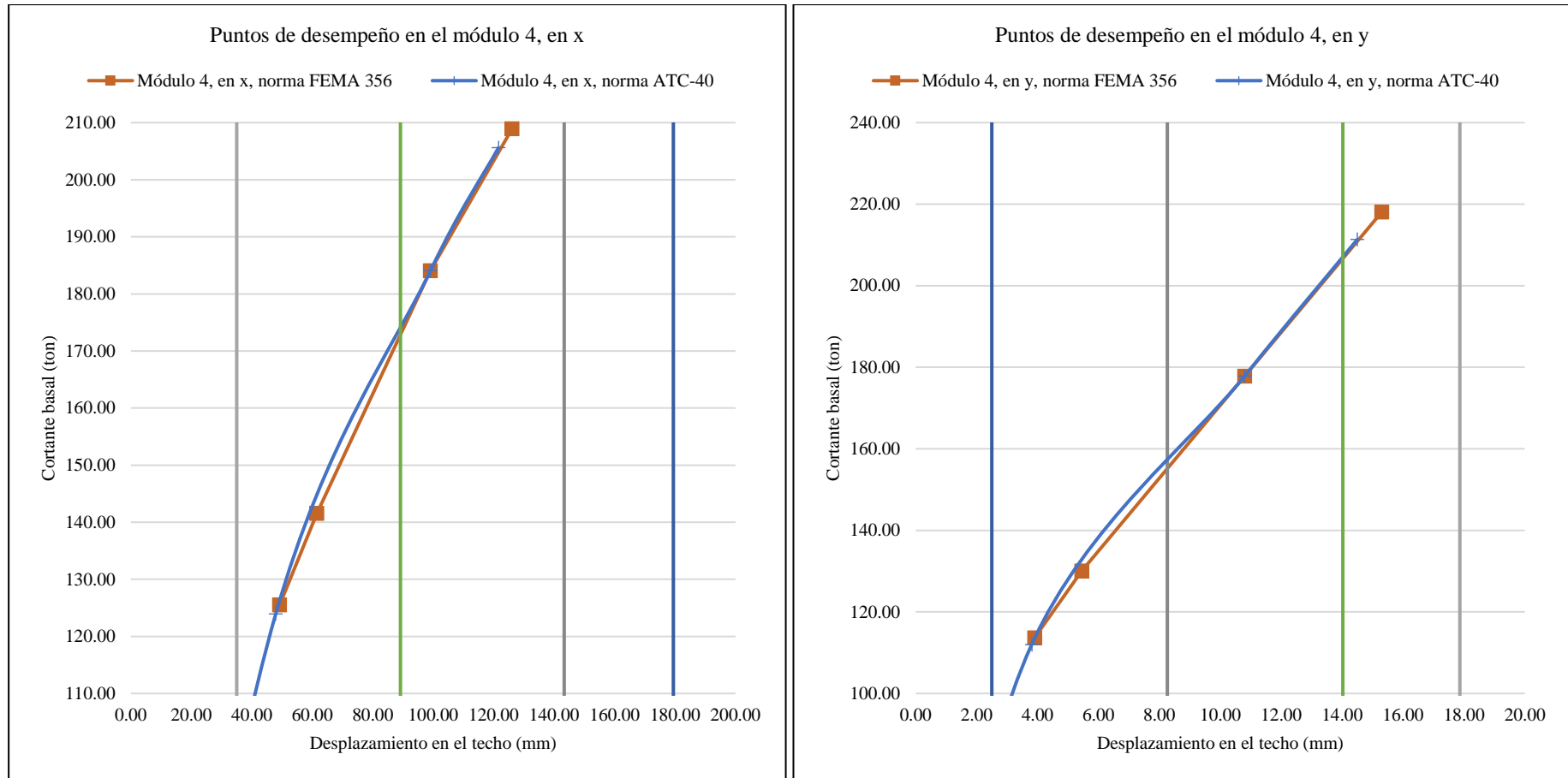


Tabla 62*Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 5, por las Normas*

Módulo	Sismos	Dirección	Norma ATC-40		Norma FEMA 356		% variación	
			Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)
5	Frecuente	X	0.00	0.00	46.00	17.34	100.00%	100.00%
5	Ocasional/ servicio	X	44.90	16.91	57.90	21.82	22.45%	22.50%
5	Raro/ diseño	X	98.80	36.82	98.80	36.82	0.00%	0.00%
5	Muy raro/ máximo	X	120.40	40.50	124.70	41.24	3.45%	1.79%
5	Frecuente	Y	0.00	0.00	39.60	32.50	100.00%	100.00%
5	Ocasional/ servicio	Y	41.20	27.76	56.20	36.67	26.69%	24.30%
5	Raro/ diseño	Y	75.70	36.67	75.70	37.87	0.00%	3.17%
5	Muy raro/ máximo	Y	97.40	37.66	103.00	38.37	5.44%	1.85%

Nota: Δ desplazamiento en el techo, Cb cortante basal.

Figura 124

Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 5, por la Norma ATC-40 y FEMA 356

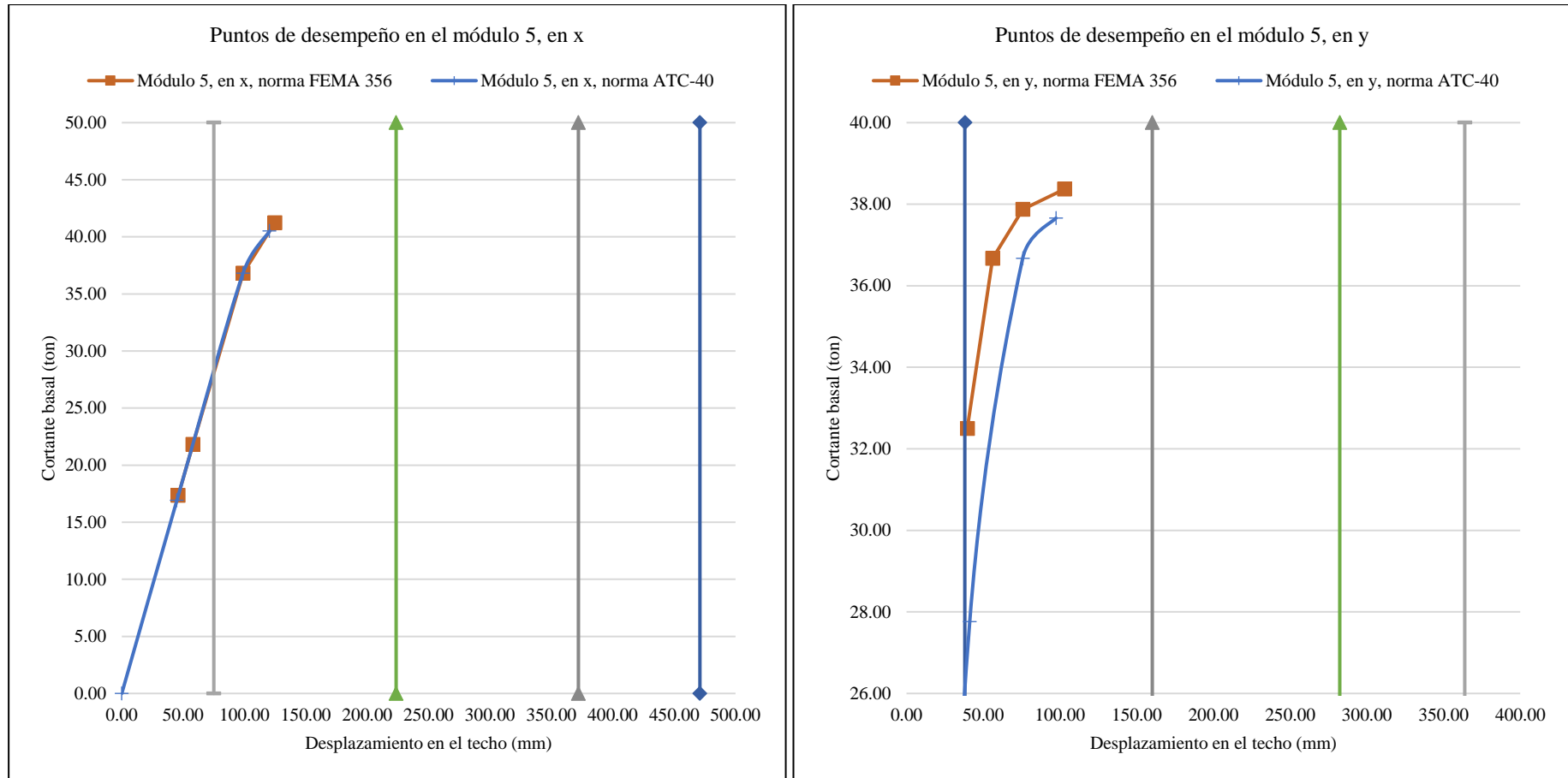


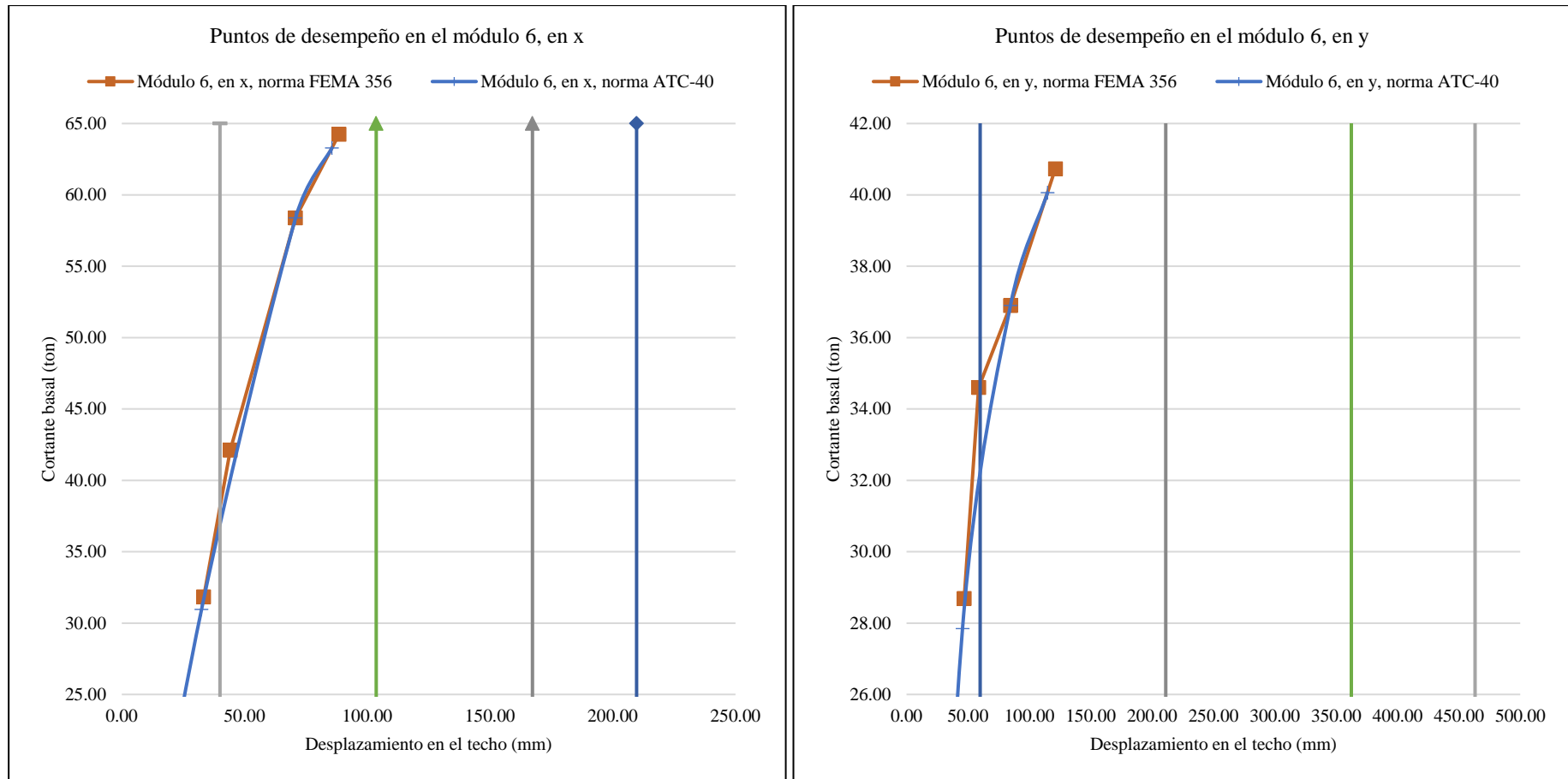
Tabla 63*Desplazamiento y Cortante Basal del Módulo 6, por las Normas*

Módulo	Sismos	Dirección	Norma ATC-40		Norma FEMA 356		% variación	
			Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)	Δ (mm)	Cb (ton)
6	Frecuente	X	0.00	0.00	33.40	31.84	100.00%	100.00%
6	Ocasional/ servicio	X	32.50	30.96	44.20	42.11	26.47%	26.48%
6	Raro/ diseño	X	70.80	58.39	70.80	58.39	0.00%	0.00%
6	Muy raro/ máximo	X	85.60	63.28	88.50	64.25	3.28%	1.51%
6	Frecuente	Y	0.00	0.00	47.00	28.69	100.00%	100.00%
6	Ocasional/ servicio	Y	45.60	27.84	58.80	34.60	22.45%	19.54%
6	Raro/ diseño	Y	84.70	36.90	84.70	36.90	0.00%	0.00%
6	Muy raro/ máximo	Y	114.90	40.06	121.20	40.73	5.20%	1.64%

Nota: Δ desplazamiento en el techo, Cb cortante basal.

Figura 125

Comparación de los Puntos de Desempeño del Módulo 6, por la Norma ATC-40 y FEMA 356



4.1.4.3. Análisis general de las normas ATC-40 y FEMA 356 luego de su aplicación en el edificio de Ingeniería Agroindustrial

La comparación entre ATC-40 y FEMA-356 revela que ambos métodos son efectivos para evaluar el desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH. La norma ATC-40 proporciona una evaluación adecuada, con un enfoque más general y menos conservador, es más rápido y económico, adecuado para evaluaciones preliminares y proyectos que no necesitan un análisis detallado, pero sí que se tomen en cuenta consideraciones como irregularidades. Mientras que, la norma FEMA 356 proporciona una evaluación más detallada y precisa, con un enfoque conservador y específico en la predicción del daño estructural, es más costoso y requiere más tiempo para que el programa procese la edificación, pero es ideal para análisis exhaustivos que requieran otras consideraciones como puntal equivalente o pérdida de rigidez de la estructura por antigüedad. La elección entre uno u otro dependerá de las necesidades del proyecto y los recursos disponibles.

Tabla 64

Comparación de Precisión y Efectividad

Aspecto	ATC-40	FEMA-356
Precisión en desplazamiento	Adecuada, con diferencias en el modelo de hasta 1%	Adecuada, con diferencias en el modelo de hasta 1%
Efectividad en predicción del daño	Buena, identifica daños menores	Excelente, identifica daños mínimos y localizados
Tiempo de implementación	Menor tiempo requerido para generar el modelo	Mayor tiempo requerido para generar el modelo

Finalmente, para futuras investigaciones se sugiere considerar la utilización de ambos métodos en diferentes etapas del proyecto para aprovechar las ventajas de cada uno y así tener una evaluación más precisa de la capacidad sísmica.

4.2. Contrastación de hipótesis

Para el análisis inferencial de la investigación se utilizaron dos tipos de datos, los resultados encontrados respecto a la curva de desempeño resumidos en la Tabla 57 y los resultados encontrados respecto a los puntos de desempeño del edificio de Ingeniería Agroindustrial presentados en la Tabla 65. Inicialmente se verifico la tendencia normal de estos datos en el programa Minitab 22 por medio de la prueba Anderson-Darling, determinando que, los datos de desplazamiento en el techo y cortante basal no siguen una tendencia normal, por lo que, no se puede aplicar pruebas paramétricas, y en este caso se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis que es el equivalente al análisis ANOVA de diferencia de medias, para comprobar si se acepta o rechaza la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1). Se acepta H_1 , y se rechaza H_0 , cuando el valor p (valor de probabilidad) es menor a 0.05 (nivel de significancia), para un nivel de confianza del 95%. Siendo así, las hipótesis en estudio fueron:

- Al aplicar el análisis pushover con los métodos de la norma ATC-40 y la norma FEMA 356 en el edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH, no se observan variaciones significativas en el nivel de desempeño sísmico ($u_1=u_2$).
- Al aplicar el análisis pushover con los métodos de la norma ATC-40 y la norma FEMA 356 en el edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH, se observan variaciones significativas en el nivel de desempeño sísmico ($u_1 \neq u_2$).

Tabla 65*Desempeño de la Edificación de Ingeniería Agroindustrial dados por las**Normas de Análisis*

Módulo	Sismos	Dirección	Norma ATC-40		Norma FEMA 356	
			Desplazamiento	Cortante	Desplazamiento	Cortante
			en el techo (mm)	basal (ton)	en el techo (mm)	basal (ton)
1	Frecuente	X			44.9	498.44
1	Ocasional/ servicio	X	43.87	493.084	55.7	552.66
1	Raro/ diseño	X	91.2	725.45	91.29	725.45
1	Muy raro/ máximo	X	107.1	768.207	110.3	776.751
2	Frecuente	X			55	210
2	Ocasional/ servicio	X	55	212.446	70.1	220.84
2	Raro/ diseño	X	123.6	277.27	123.6	277.27
2	Muy raro/ máximo	X	150.081	295	157.5	299.18
3	Frecuente	X			52.6	183.74
3	Ocasional/ servicio	X	51.4	181.86	65.5	200.84
3	Raro/ diseño	X	114.2	248.14	114.2	248.14
3	Muy raro/ máximo	X	148.2	273.3	155	278.32
4	Frecuente	X			49.2	125.51
4	Ocasional/ servicio	X	47.9	123.92	61.5	141.54
4	Raro/ diseño	X	99.1	184.07	99.1	184.07
4	Muy raro/ máximo	X	121.6	205.62	126.1	208.93
5	Frecuente	X			46	17.34
5	Ocasional/ servicio	X	44.9	16.91	57.9	21.82
5	Raro/ diseño	X	98.8	36.82	98.8	36.82
5	Muy raro/ máximo	X	120.4	40.5	124.7	41.24
6	Frecuente	X			33.4	31.84
6	Ocasional/ servicio	X	32.5	30.96	44.2	42.11
6	Raro/ diseño	X	70.8	58.39	70.8	58.39
6	Muy raro/ máximo	X	85.6	63.28	88.5	64.25
1	Frecuente	Y			18.1	611.64
1	Ocasional/ servicio	Y	17.19	591.28	27.3	816.68
1	Raro/ diseño	Y	35.00	1000.20	43	1180.3
1	Muy raro/ máximo	Y	56.90	1458.46	56.9	1458.46
2	Frecuente	Y			10	76
2	Ocasional/ servicio	Y	12.00	115.00	14	102
2	Raro/ diseño	Y	19.07	145.44	19	145.44

Módulo	Sismos	Dirección	Norma ATC-40		Norma FEMA 356	
			Desplazamiento	Cortante	Desplazamiento	Cortante
			en el techo (mm)	basal (ton)	en el techo (mm)	basal (ton)
2	Muy raro/ máximo	Y	28.20	204.05	30.11	215.79
3	Frecuente	Y			10	90
3	Ocasional/ servicio	Y	26.10	198.00	14	117.335
3	Raro/ diseño	Y	28.20	209.99	28.2	209.99
3	Muy raro/ máximo	Y	30.90	216.11	31.44	217.34
4	Frecuente	Y			3.9	113.61
4	Ocasional/ servicio	Y	3.81	111.99	5.45	130.05
4	Raro/ diseño	Y	10.80	177.83	10.8	177.83
4	Muy raro/ máximo	Y	14.50	211.34	15.3	218.04
5	Frecuente	Y			39.6	32.5
5	Ocasional/ servicio	Y	41.20	27.76	56.2	36.67
5	Raro/ diseño	Y	75.70	36.67	75.7	37.87
5	Muy raro/ máximo	Y	97.40	37.66	103	38.37
6	Frecuente	Y			47	28.69
6	Ocasional/ servicio	Y	45.60	27.84	58.8	34.6
6	Raro/ diseño	Y	84.70	36.90	84.7	36.9
6	Muy raro/ máximo	Y	114.90	40.06	121.2	40.73

Figura 126

Prueba de Normalidad para Desplazamiento en el Techo

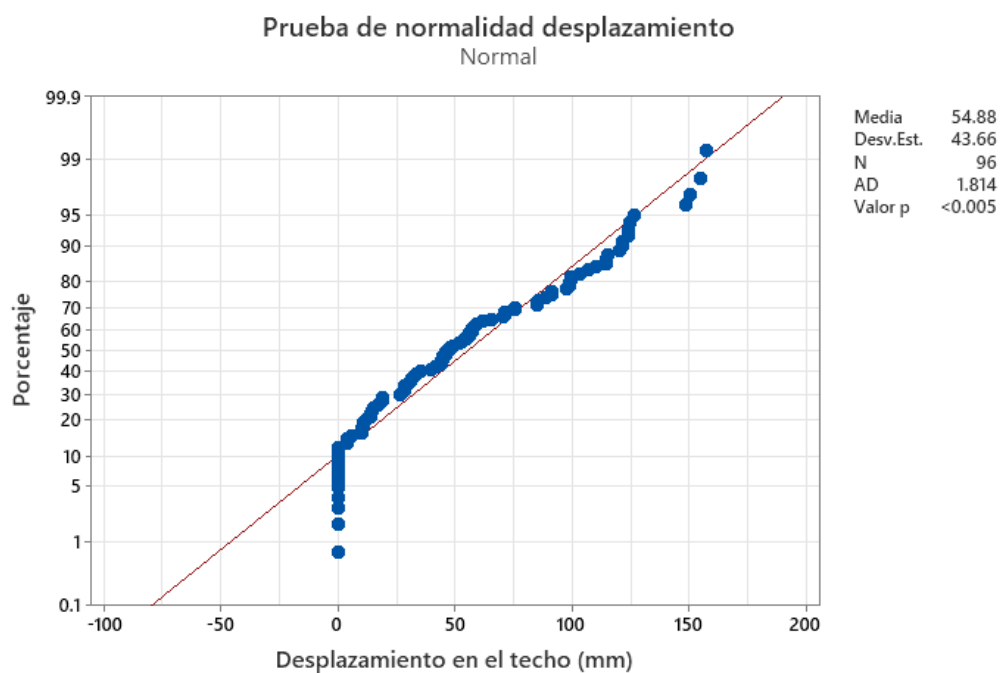
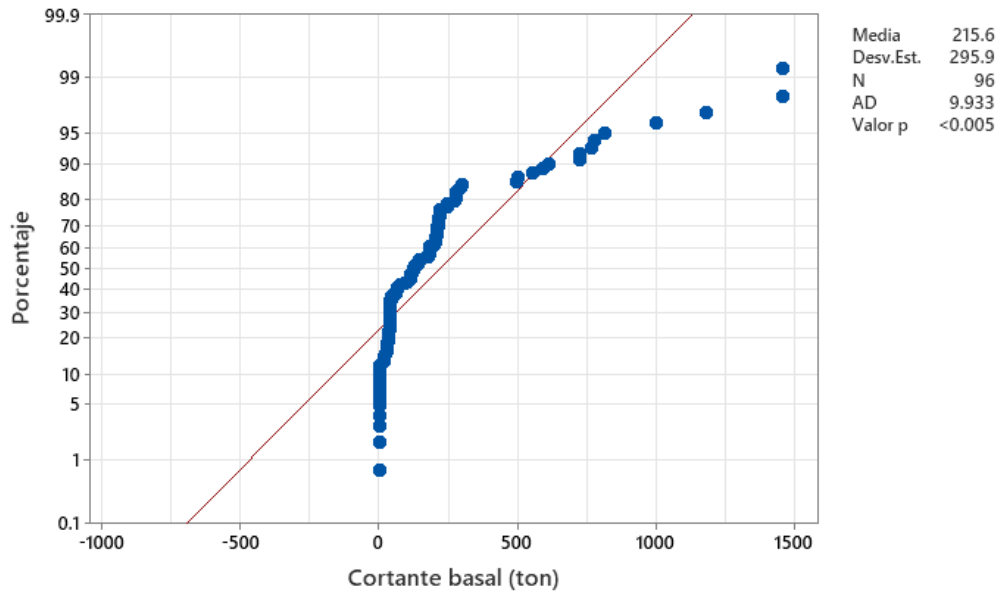


Figura 127

Prueba de Normalidad para Cortante Basal



Se ha determinado de la prueba de hipótesis Kruskal-Wallis para desplazamiento en el techo de los puntos de desempeño del edificio de Ingeniería Agroindustrial varía significativamente de acuerdo al sismo y dirección debido a que, los valores de p (probabilidad) son menores a 0.05 (nivel de significancia), pero no varía significativamente de acuerdo al módulo y a la norma aplicada (ATC-40 o FEMA 356) para la determinación del desplazamiento en el techo (mm). Por tanto, aunque se obtengan resultados diferentes de desplazamiento en el techo para el edificio de Ingeniería Agroindustrial estos siguen siendo similares sin importar la norma que se haya utilizado para su análisis (Tabla 66).

En cambio, de prueba de hipótesis Kruskal-Wallis para cortante basal del edificio de Ingeniería Agroindustrial varía significativamente de acuerdo al sismo, dirección y norma debido a que, los valores de p (probabilidad) son menores a 0.05 (nivel de significancia), por tanto, el cortante basal varía significativamente de acuerdo a la norma aplicada (ATC-40 o FEMA 356) para la determinación de los puntos de desempeño (Tabla 67). Siendo así, se acepta la hipótesis alternativa

al aplicar el análisis pushover utilizando los métodos de la norma ATC-40 y la norma FEMA 356 en el edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH, se observan variaciones significativas en el nivel de desempeño sísmico ($u1 \neq u2$).

Tabla 66

Prueba Kruskal-Wallis para Desplazamiento en el Techo

H₀: “Todas las medianas son iguales”

H₁: “Al menos una mediana es diferente”

Factor	Método	GL	Valor H	Valor p
Módulo	No ajustado para empates	5	4.39	0.495
	Ajustado para empates	5	4.40	0.494
Sismo	No ajustado para empates	3	40.76	0.000
	Ajustado para empates	3	40.84	0.000
Dirección	No ajustado para empates	1	19.78	0.000
	Ajustado para empates	1	19.82	0.000
Norma	No ajustado para empates	1	3.37	0.066
	Ajustado para empates	1	3.38	0.066

Tabla 67

Prueba Kruskal-Wallis para Cortante Basal

H₀: “Todas las medianas son iguales”

H₁: “Al menos una mediana es diferente”

Factor	Método	GL	Valor H	Valor p
Módulo	No ajustado para empates	5	47.40	0.000
	Ajustado para empates	5	47.49	0.000
Sismo	No ajustado para empates	3	24.32	0.000
	Ajustado para empates	3	24.37	0.000
Dirección	No ajustado para empates	1	0.71	0.399
	Ajustado para empates	1	0.71	0.399
Norma	No ajustado para empates	1	3.97	0.046
	Ajustado para empates	1	3.98	0.046

4.3. **Discusión de resultados**

La normativa ATC-40 y FEMA 356 presentan tanto diferencias como similitudes en la evaluación del desempeño estructural. Ambas utilizan el análisis estático no lineal (Pushover) para evaluar cómo se comporta una estructura ante cargas sísmicas, tal como argumenta Hassan & Yasin (2023). Sin embargo, FEMA 356 va un paso más allá al incluir también el análisis dinámico no lineal, proporcionando una evaluación más exhaustiva y precisa de la capacidad estructural. Además, FEMA 356 define un nivel adicional de desempeño (Colapso Limitado), permitiendo una evaluación más detallada según Lizarazo (2023).

En términos de precisión, los modelos de FEMA 356 son más detallados y consideran la degradación de rigidez y resistencia cuando la estructura supera los 10 años de antigüedad, lo cual resulta en una predicción más precisa del daño estructural y una mejor evaluación de la capacidad de resistencia estructural ante un evento sísmico; mientras que, ATC-40, por su parte, utiliza modelos simplificados, lo que puede llevar a una predicción más conservadora del daño estructural, pero también incluye la formulación de coeficientes por irregularidad cuando se analicen estructuras irregulares según argumenta Miranda & Torres (2023).

Pero la principal diferencia entre la norma ATC-40 y FEMA 356 se relaciona con su espectro de análisis, mientras que la norma ATC-40 considera tres sismos de análisis, la norma FEMA 356 abarca cuatro tipos de sismos, tal como argumentan Ramos (2023), Malpartida & Miranda (2022) y Carmelo & Kaqui (2022). Así mismo, cada uno de estos sismos considerados representa un coeficiente diferente del espectro general, lo que lleva a que se obtengan resultados diferentes respecto a los puntos de desempeño entre uno y otro modelo.

Sin embargo, si la estructura no es irregular ni con antigüedad mayor a 10 años, probablemente los resultados entre uno y otro modelo no disten significativamente de acuerdo a Badaoui et al. (2024).

Los módulos del edificio de Ingeniería Agroindustrial utilizando la norma ATC-40 han mostrado un desempeño variado según la dirección y el tipo de sismo evaluado. Por ejemplo, el Módulo 1 cumplió parcialmente con los objetivos de desempeño, mostrando un desempeño adecuado en X, pero con un riesgo de precolapso en Y ante sismos máximos. Este comportamiento es similar al observado por Lizarazo (2023), quien, en su análisis de un edificio habitacional en Colombia, también identificó niveles de desplazamiento que, aunque aceptables para ciertos escenarios, indicaron un riesgo significativo de daño severo y colapso en otros. Asimismo, en el estudio de Badaoui et al. (2024), se concluyó que la variabilidad en las propiedades estructurales podría llevar a un rango de daños desde ocupación inmediata hasta seguridad humana, lo que resuena con los resultados del Módulo 1, que muestra un comportamiento no completamente seguro en todas las direcciones.

El Módulo 3, que superó las expectativas en la dirección Y al resistir todos los tipos de sismos, incluyendo los más severos, presenta un comportamiento que coincide con los hallazgos de Hassan & Yasin (2023). Estos autores destacaron que el análisis Pushover ofrece una comprensión detallada del patrón de fallo, y en su estudio, las estructuras no mostraron puntos de colapso, lo cual es consistente con el desempeño satisfactorio observado en Y. Sin embargo, en X, el Módulo 3 no alcanzó el nivel de desempeño esperado frente a sismos máximos, lo que refleja una limitación similar a la encontrada por Carmelo & Kaqui (2022),

quienes identificaron que estructuras diseñadas bajo normativas más antiguas podrían no cumplir con los estándares actuales frente a sismos más severos.

El Módulo 4, que cumple con los objetivos de desempeño para sismos de servicio y diseño, pero muestra solo estabilidad estructural para sismos máximos, presenta un comportamiento comparable con los resultados obtenidos por Chilón (2024) en el análisis del “Mercado Porcón”. En ese estudio, se observó que la estructura era funcional en la mayoría de los escenarios sísmicos, pero en ciertos casos, como en la dirección Y, estaba al límite de lo funcional. Esto sugiere que, al igual que en el Módulo 4, algunas direcciones estructurales pueden presentar vulnerabilidades específicas.

Por otro lado, los módulos 5 y 6, que cumplieron y superaron las expectativas de la norma ATC-40 en ambas direcciones para todos los niveles sísmicos evaluados, se alinean con los resultados de Ramos (2023) y Malpartida & Miranda (2022). Ramos (2023) encontró que la I.E. N°141 mantenía un nivel de ocupación inmediata y seguridad de vida tras un sismo severo, sin necesidad de intervención estructural adicional. De manera similar, Malpartida & Miranda (2022) identificaron que ciertas estructuras, dependiendo del esquema de modelado, podían alcanzar niveles de prevención del colapso e incluso superar el colapso en escenarios sísmicos críticos.

Los módulos del edificio de Ingeniería Agroindustrial utilizando la norma FEMA 356 han mostrado un desempeño variado según la dirección y el tipo de sismo evaluado. En la dirección X, el Módulo 1 mostró un desempeño robusto frente a sismos, con un cortante basal de 980.30 ton y un desplazamiento máximo de 19.12 cm, lo que sugiere una capacidad estructural adecuada. Sin embargo, en la dirección Y, aunque resistió sismos frecuentes y ocasionales con un cortante

basal de 1541.92 ton y un desplazamiento máximo de 6.49 cm, no alcanzó los niveles de seguridad necesarios para sismos más severos, presentando un riesgo de pre-colapso y colapso. Este comportamiento mixto resuena con los hallazgos de Badaoui et al. (2024), quienes en su análisis de un edificio prototipo en Argelia encontraron que el estado de daño extremo probable se sitúa entre los niveles de Seguridad Humana (LS) y Prevención de Colapso (CP), sugiriendo que incluso con un buen desempeño en escenarios moderados, la estructura puede ser vulnerable en condiciones extremas.

El Módulo 2, por su parte, mostró un desempeño adecuado en ambas direcciones, con cortantes basales de 319.60 ton y 423.03 ton, y desplazamientos máximos de 19.15 cm y 14.02 cm, respectivamente, cumpliendo con los “objetivos de desempeño” para diferentes niveles de sismo, incluyendo los más raros. Esto coincide con las conclusiones de Hassan & Yasin (2023), quienes afirmaron que el análisis Pushover permite comprender plenamente el patrón de fallo de una estructura, permitiendo una construcción más acorde con su función, ya que el Módulo 2 demuestra ser capaz de resistir sismos severos sin riesgo significativo de colapso.

El desempeño del Módulo 3 fue mixto, cumpliendo parcialmente con los objetivos de desempeño en X para sismos frecuentes y raros, pero no frente a sismos muy raros. No obstante, en la dirección Y, el módulo superó los objetivos para todos los tipos de sismo, evidenciando una excelente capacidad estructural. Este comportamiento recuerda los hallazgos de Soria & Estrada (2021), quienes en su análisis encontraron que una edificación podía mantener un desempeño adecuado en una dirección, pero no en otra, lo que indica la necesidad de análisis más detallados para asegurar un desempeño uniforme en todas las direcciones.

El Módulo 4 mostró un comportamiento satisfactorio, cumpliendo con los objetivos de desempeño para sismos en ambas direcciones, aunque con algunas limitaciones en los niveles de desempeño operacional. Estos resultados son consistentes con los de Fernández (2022), quien evaluó un edificio similar y concluyó que, aunque la mayoría de los módulos cumplieron con los estándares de desempeño, algunos presentaron vulnerabilidades que requerían atención, especialmente en sismos de diseño.

Los Módulos 5 y 6 presentaron un desempeño superior, cumpliendo y superando los objetivos de desempeño en ambas direcciones, con cortantes basales significativamente menores, 88.39 ton y 70.78 ton en el Módulo 5, y 48.97 ton y 64.56 ton en el Módulo 6, con desplazamientos máximos en rangos más amplios. Este excelente desempeño es comparable con el hallazgo de Carmelo & Kaqui (2022), quienes, al analizar una estructura diseñada con una normativa anterior, encontraron que, a pesar de ciertas deficiencias en diseño, la estructura era capaz de cumplir con los estándares de desempeño más exigentes, sugiriendo que las edificaciones, cuando bien diseñadas, pueden superar los niveles esperados de seguridad.

Al comparar el nivel de desempeño (objetivos de desempeño) de Ingeniería Agroindustrial al utilizar la norma ATC-40 o FEMA 356 se ha determinado que, los resultados indican que la curva de desempeño del edificio es prácticamente idéntica bajo ambas normativas en las direcciones X e Y para los seis módulos analizados. Las diferencias mínimas, menores al 1%, en el desplazamiento del techo y la cortante basal son atribuibles a la homogeneidad en el modelado estructural y al hecho de que, debido a la reciente construcción del edificio, no se aplicaron los factores de reducción de rigidez que son típicos para

estructuras más antiguas. Este hallazgo es consistente con Ramos (2023), quien también empleó una estructura moderna sin irregularidades, encontrando que los resultados de desempeño eran similares bajo diferentes normativas, lo que sugiere que la antigüedad y las irregularidades estructurales son factores críticos en la evaluación comparativa de normativas.

Por otro lado, se observa una ligera diferencia en la fuerza de corte basal, siendo mayor cuando se utiliza la norma ATC-40. Esto sugiere que la ATC-40 puede ofrecer una evaluación menos conservadora en comparación con FEMA 356, lo cual es congruente con las conclusiones de Badaoui et al. (2024), quienes destacaron que FEMA 356 tiende a ser más detallada en la evaluación de la demanda en elementos críticos, lo que puede llevar a menores valores de cortante basal en comparación con normativas menos conservadoras.

Al comparar los puntos de desempeño específicos, se encontraron diferencias significativas en algunos casos, como un 86.43% de diferencia entre un sismo ocasional bajo FEMA 356 y un sismo de servicio bajo ATC-40. Esta disparidad se debe a las diferencias en los espectros de demanda empleados por cada normativa, un aspecto también señalado por Suliman & Lu (2024), quienes identificaron diferencias significativas en la seguridad y resistencia estructural al comparar normativas de distintos países. Sin embargo, para sismos de diseño y sismos raros, los resultados fueron significativamente similares, con menos del 1% de diferencia, lo que refuerza la idea de que, en condiciones de diseño similares, ambas normativas pueden ofrecer evaluaciones comparables, como también sugieren los hallazgos de Quinto & Chaverra (2022) en su análisis de una edificación de tres niveles.

Es relevante destacar que, si bien el edificio cumple con los objetivos de desempeño en la mayoría de los módulos, el módulo 1 no logra cumplir estos objetivos en sismos raros y/o máximos, lo que podría conducir al colapso estructural en la dirección Y. Este resultado es congruente con los estudios de Soria & Estrada (2021) y Fernández (2022), quienes encontraron que, en algunas edificaciones, ciertos módulos o componentes pueden fallar o colapsar bajo eventos sísmicos extremos, a pesar de que otras partes de la estructura mantengan un desempeño adecuado.

Por tanto, el uso de ATC-40 o FEMA-356 influye significativamente en la evaluación del nivel de desempeño del edificio. Con ATC-40, se obtiene una evaluación más rápida y menos costosa, adecuada para evaluaciones iniciales o estructuras más simples. Sin embargo, FEMA-356, aunque más complejo y costoso, proporciona una evaluación detallada que puede identificar más precisamente los puntos débiles de la estructura, de acuerdo a Badaoui et al. (2024), Hassan & Yasin (2023) y Suliman & Lu (2024). Siendo así, tanto ATC-40 como FEMA-356 tienen sus fortalezas y limitaciones, por lo que, la elección entre ambas normativas dependerá de la complejidad de la estructura, los objetivos del proyecto y los recursos disponibles para la evaluación.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al evaluar y comparar el nivel de desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH al aplicar el análisis pushover utilizando los métodos de la norma ATC-40 y la norma FEMA 356, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Las normativas presentan tanto diferencias como similitudes significativas en sus enfoques de diseño y evaluación. ATC-40 es más simplificada y menos conservadora, adecuada para evaluaciones rápidas, mientras que FEMA-356 es más detallada y conservadora, proporcionando una evaluación más precisa y exhaustiva del comportamiento estructural bajo cargas sísmicas. Pero ambas normativas permiten determinar adecuadamente el nivel desempeño.
- El análisis Pushover según la norma ATC-40 muestra que los módulos 5 y 6 del edificio de Ingeniería Agroindustrial cumplen y superan los objetivos sísmicos en ambas direcciones. Los módulos 2, 3 y 4 presentan un desempeño adecuado en Y, pero tienen limitaciones en X bajo sismos máximos. El módulo 1 es el más vulnerable, mostrando riesgo en Y ante sismos extremos.
- El análisis Pushover según la norma FEMA 356 revela que los módulos 5 y 6 del edificio de Ingeniería Agroindustrial tienen un desempeño sísmico excelente en ambas direcciones. Los módulos 1 y 3 muestran vulnerabilidades críticas bajo sismos extremos, mientras que los módulos 2 y 4 tienen un desempeño adecuado con algunas limitaciones bajo sismos muy raros.
- Al comparar el desempeño sísmico de la estructura de Ingeniería Agroindustrial utilizando las normas ATC-40 y FEMA 356, se observa que

ambos enfoques ofrecen resultados similares en la mayoría de los módulos, con diferencias mínimas en desplazamientos y cortantes basales. Sin embargo, las mayores discrepancias surgen en la evaluación de sismos ocasionales y extremos, donde la norma FEMA 356 tiende a ser más conservadora. En general, el edificio cumple con los “objetivos de desempeño” en los módulos 2, 3, 4, 5 y 6, mientras que el módulo 1 presenta riesgo de colapso en la dirección Y bajo sismos extremos, independientemente de la norma aplicada.

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

- Para proyectos que requieren una evaluación rápida y económica, se recomienda utilizar ATC-40. Sin embargo, para proyectos que necesitan un análisis detallado y exhaustivo, especialmente en estructuras críticas o complejas, es preferible emplear FEMA-356 debido a su mayor precisión y conservadurismo.
- Para obtener una evaluación completa y precisa del desempeño sísmico de futuros análisis estructurales en edificaciones, se recomienda utilizar FEMA 356 y ATC-40 en conjunto. ATC-40 puede ser utilizada en las primeras fases del proyecto y luego se puede complementar el análisis con FEMA-356 para confirmar la seguridad y el desempeño estructural del edificio.
- Para futuros estudios se recomienda investigar cómo las interacciones entre diferentes módulos afectan el desempeño sísmico general del edificio, considerando efectos de acoplamiento y la influencia de la variabilidad de cargas en un análisis holístico. Así mismo, se sugiere analizar todas las edificaciones del campus universitario Colpamatara y Colpahuacariz de la UNACH, con la finalidad de compilar los resultados y presentarlos como un único estudio de la capacidad estructural de la I.E. de nivel superior.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

- Aguilar, C., & Alvares, A. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico de una edificación de 4 pisos, aplicando el análisis no lineal estático (Pushover) y dinámico (Time History), ciudad de Guayaquil, [Trabajo de titulación previo a la obtención del título, Universidad de Guayaquil]*. Repositorio Universidad de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/61299>
- Akiyama, H. (2021). *Metodología de proyecto sismorresistente de edificios basada en el balance energético*. Editorial Reverté, S. A. [https://doi.org/ISBN 978-84-291-9607-8](https://doi.org/ISBN%20978-84-291-9607-8)
- Arévalo, P. J., & Rodríguez, T. R. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico de la edificación de 5 niveles ubicado en la urbanización Rosas de América del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, 2020*. Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/18821>
- ATC-40. (1996). *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings volume 1*. Applied Technology Council (ATC). <http://tanbakoochi.com/File/www.tanbakoochi.com-ATC40.pdf>
- Badaoui, M., Rahmani, A. Y., Bourahla, N., Hachi, S., & Benyagoub, M. (2024). A Pushover analysis approach considering structural and loading uncertainties for seismic performance assessment. *Studies in Engineering and Exact Sciences*, 5(1), 634-648. <https://doi.org/https://doi.org/10.54021/seesv5n1-036>
- Barboza, R. (2018). *Desempeño sísmico del Edificio Ángel Divino ubicado en la Ciudad de Chota, Provincia de Chota, región Cajamarca, [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]*. Repositorio Institucional UNPRG, Lambayeque. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3833>
- Bendezú, L. M. (2021). *Desempeño sísmico y estado de daño en edificios*. Tesis para doctorado, Lima. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4997>
- Bravo, S. A., & Montenegro, D. E. (2018). *Evaluación del desempeño sísmico de los bloques B y C del conjunto multifamiliar Colibrí ubicado en la ciudad de Chiclayo, [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]*. Repositorio Institucional UNPRG, Chiclayo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3244>

- Cabrera, M. E. (2022). *Evaluación del comportamiento estructural con disipadores de energía de fluido viscoso del edificio de Enfermería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota*, [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Repositorio UNACH, Chota. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/280>
- Carmelo, O. G., & Kaqui, D. A. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de concreto armado diseñado con la norma E.030 del 2003 mediante un Análisis No Lineal Estático*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5942>
- Chilón, R. (2024). *Desempeño sísmico del edificio “Mercado Porcón” del centro poblado Porcón Alto, distrito de Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6508>
- Chopra, A. K. (2021). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering*. Prentice Hall.
- Choque, S. J., & Luque, S. E. (2019). *Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030, [Para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa]*. Repositorio Institucional de la UNSA, Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8866>
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica (Cuarta edición ed.)*. Cengage Learning.
- Díaz, L. J., & Díaz, R. C. (2020). *Evaluación de desempeño sísmico del hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque*, [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG, Lambayeque. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8411>
- Eser, H., Hasańcebi, O., Yakut, A., & Gholizadeh, S. (2023). Performance-based design optimization of steel moment frames using capacity controlled search algorithm: a comparison with force-based design approach. *Structure and Infrastructure Engineering*, 1(1), 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15732479.2023.2263442>
- Expediente técnico. (2017). *Proyecto: Mejoramiento del servicio académico de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota - Cajamarca*. Consorcio LOS ANDES.

- Falcón, A. L., & Serpa, G. R. (Diciembre de 2021). Acerca de los métodos teóricos y empíricos de la investigación : significación para la investigación educativa. *Revista Conrado*.
- FEMA 356. (2000). *Pre-Standard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*. Federal Emergency Management Agency (FEMA). <https://www.nehrp.gov/pdf/fema356.pdf>
- FEMA 440. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Federal Emergency Management Agency (FEMA).
- Fernández, R. (2022). *Evaluación del desempeño sismorresistente mediante el método no lineal estático pushover del edificio de ingeniería civil de la Universidad Nacional Autónoma Chota, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/239>
- Fowks, J. (28 de noviembre de 2021). Un terremoto de 7,5 grados de magnitud sacude Perú. *El País*, págs. 1-2. <https://elpais.com/internacional/2021-11-28/un-terremoto-de-75-grados-de-magnitud-sacude-peru.html>
- Fustamante, D. (2022). *Nivel de desempeño sísmico de una edificación de 11 pisos en la provincia de Chota usando el método del espectro capacidad-demanda*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4612>
- García, R. H., & Pinzón, P. L. (2022). *Evaluación estructural del desempeño sísmico de una edificación de 18 niveles ubicado en la ciudad de Manta, mediante el Análisis no Lineal, [Trabajo de Titulación, univesidad de Guayaquil]*. Repositorio Universidad de Guayaquil, Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60517>
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Guo, W., Hu, Y., Liu, H., & Bu, D. (2019). Seismic performance evaluation of typical piers of China's High-Speed Railway Bridge Line Using Pushover Analysis. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019(12), 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2019/9514769>
- Hassan, A. A., & Yasin, A. A. (2023). Pushover Analysis of Multi-Story Reinforced Concrete Frame Structure. *Journal of Economics & Management Research. SRC/JESMR-208*, 4(2), 1-8. [https://doi.org/doi.org/10.47363/JESMR/2023\(4\)175](https://doi.org/doi.org/10.47363/JESMR/2023(4)175)

- Huamani, H. (2020). *Curso: Análisis sísmico no lineal estático basado en desempeño 3° parte*. DIESCON Ingenieros, Lima.
- Huapaya, H. C., & Ginocchio, C. J. (2018). *Guía de investigación en Ciencias e Ingeniería, Ingeniería Civil.* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/172142>
- Hussain, M. A., Shuai, Z., Moawwez, M. A., Umar, T., Iqbal, M. R., Kamran, M., & Muneer, M. (2023). A Review of Spatial Variations of Multiple Natural Hazards and Risk Management Strategies in Pakistan. *Water*, 15(3), 407. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w15030407>
- Ibrahim, M., & Al-Bander, B. (2024). An integrated approach for understanding global earthquake patterns and enhancing seismic risk assessment. *International Journal of Information Technology*, 1(1), 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41870-024-01778-1>
- INACAL. (2017). *NTP 339.171 SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (24 de octubre de 2019). *NTP 339.134 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (07 de diciembre de 2020). *NTP 339.181 CONCRETO. Determinación del número de rebote del concreto endurecido. Método de ensayo. 3a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Johnson, E. A., & Trifunac, M. D. (2003). Weak-to-strong motion ratio of near-fault ground motions. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 32(11), 1607-1622. <https://doi.org/doi: 10.1002/eqe.287>

- Johnson, J., & Lee, T. (2015). Comparison of FEMA 356 to ASCE 41 for the seismic analysis of a four-story reinforced concrete building. *Journal of Structural Engineering*, 141(5), 1-11. [https://doi.org/doi:10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001178](https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001178)
- Julca Calua, J., Ríos, D. M., Romero, Y. J., Quevedo, V. Z., & Valderrama Puscan, M. W. (2022). Seismic knocking in adjacent reinforced concrete structures, Cajamarca-2022. *2nd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development - LEIRD*, 1(1), 1-9.
- Kuria, K. K., & Kegyes-Brassai, O. K. (2023). Pushover Analysis in Seismic Engineering: A Detailed Chronology and Review of Techniques for Structural Assessment. *Applied Sciences*, 14(1), 151-160. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app14010151>
- Lizarazo, O. M. (2023). *Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional mediante la aplicación del método de espectro de capacidad, diseñado según la norma sismorresistente colombiana (NSR-10). Comparación métodos FEMA 440 y N2*. [Tesis de máster universitario en ingeniería del hormigón, Universitat Politècnica de València]. <http://hdl.handle.net/10251/191710>
- Llocle, H. A. (2021). *Evaluación de desempeño estructural utilizando Análisis Estático no lineal (Pushover) del bloque del nivel secundario del colegio Emblemático Ladislao Espinar ubicado en la ciudad de Espinar – Cusco*, [Tesis para obtener el Título Profesional]. Repositorio de la Universidad Peruana Unión, Juliaca. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/4515>
- Lobo, G. (2005). Niveles, condiciones, objetivos y modalidades del diseño sismorresistente basado en desempeño. *Boletín técnico*, 43(3), 1-10. https://doi.org/https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2005000300001
- López, O. A., & Del Re, G. (2008). Evaluación de los métodos de análisis estático no-lineal para determinar la demanda sísmica en estructuras aporricadas de concreto armado. *Boletín técnico IMME*, 46(3), 1-28. <https://doi.org/https://ve.scielo.org/pdf/imme/v46n3/art01.pdf>
- Luque, M. O. (2020). *niveles de desempeño sísmico del edificio de Ciencias Físico Matemáticas, según las normas E.030, FEMA 440 y ASCE 41*. [Tesis de grado,

- Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16756>
- Malpartida, J. A., & Miranda, J. R. (2022). *Determinación del nivel de desempeño sísmico aplicando la técnica del análisis estático no lineal incremental (Pushover), a partir de tres tipos de esquemas mecánicos de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC 40*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/4742>
- Marulanda, R., & Torres, C. (2010). Calibration of seismic demand parameters of building strength using single-degree-of-freedom models. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 39(6), 671-688. <https://doi.org/doi:10.1002/eqe.988>
- Masrilayanti, M., Hasibuan, Y. A., Kurniawan, R., Sunaryati, J., & Fitrah, R. A. (2023). Performance evaluation of high-rise apartment building using pushover analysis. *E3S Web of Conferences*, 429(6), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342905024>
- Mejía, P., & Rivera, J. (2020). *Análisis estático no lineal de una estructura mediante el método de control de desplazamientos*. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34528>
- Miranda, L. M., & Torres, V. K. (2023). *Análisis sísmico lineal y desempeño sísmico de una vivienda multifamiliar de 4 niveles mediante la Norma ATC – 40 en Tacna 2022*. [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/2951>
- MVCS. (2018). Norma E.030 Diseño sismorresistente. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-32 pp.). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E030_RM-355-2018-VIVIENDA_Peruano.pdf
- Padalu, P. K., & Surana, M. (2023). An Overview of Performance-Based Seismic Design Framework for Reinforced Concrete Frame Buildings. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 48(1), 635-667. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40996-023-01217-4>
- Pujada, L. M., & Ricaldi, G. E. (2023). *Propuesta de evaluación estructural mediante un análisis por desempeño de una edificación industrial de concreto armado en*

- Lima. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/668714>
- Quinto, W., & Chaverra, E. (2022). *Análisis estático no lineal (pushover) y punto de desempeño sísmico en una edificación de tres pisos existente – revisión bibliográfica y caso ejemplo*. [Tesis de especialización en análisis y diseño de estructuras, Universidad de Antioquia]. <https://hdl.handle.net/10495/33261>
- Ramirez, E. E., Carreño, A. J., Ayala, S. A., & Arellano, P. D. (2024). The Influence Of Informal Residential Constructions On The Urban Image Of A Sector In Northern Peru. *Migration Letters*, 21(S4), 613-621. <https://doi.org/https://migrationletters.com/index.php/ml/article/view/7280>
- Ramos, 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 grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/8973>
- RM, R. A., Saputra, R. S., Masrilayanti, M., & Kurniawaran, R. (2023). Pushover Analysis of 6-Floors Irregular Building Structure (Case Study: Fave Hotel Building-Padang City, West Sumatra). *Riwayat: Educational Journal of History and Humanities*, 6(3), 859-871. <https://doi.org/https://jurnal.usk.ac.id/riwayat/article/view/33793>
- Rochel, R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Fondo Editorial Universidad EAFIT. <https://doi.org/ISBN:978-958-720-117-8>
- Roque, P. J., Violanda, R. R., Bernido, C. C., & Soria, J. L. (2024). Earthquake occurrences in the Pacific Ring of Fire exhibit a collective stochastic memory for magnitudes, depths, and relative distances of events. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 637(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physa.2024.129569>
- Shahrooz, B. M., & Krawinkler, H. (2019). *Seismic evaluation of existing buildings by the N2 method: Volume 3: Practical implementation and lessons learned*. Applied Technology Council.
- Smith, J., Brown, J., & Johnson, M. (2010). Evaluation of seismic performance by static pushover analysis and FEMA 356 prestandard. *Structural Design of Tall and Special Buildings*, 19(3-4), 223-240. <https://doi.org/doi:10.1002/tal.529>
- Soria, L. A., & Estrada, K. A. (2021). *Análisis de desempeño del Bloque de aulas Sur del Campus Miguel de Cervantes de la Universidad Internacional SEK*. [Tesis de

- grado, Universidad Internacional SEK Ecuador].
<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4521>
- Sotil, A. J., & Zegarra, J. E. (2015). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero wirand® ff3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand® ff4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido*, [Tesis de grado, UPC]. Repositorio Academico UPC.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581616>
- Suliman, M., & Lu, L. (2024). A Comparative Study of Seismic Performance Evaluation of Reinforced Concrete Frame Structures Using Chinese and African Seismic Codes. *Advances in Civil Engineering*, 2024(1), 1-18.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2024/5588833>
- Tavera, H. (22 de Abril de 2020). *Cinturón de Fuego del Pacífico: ¿activación en cadena?* Plataforma digital única del Estado Peruano:
<https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/127394-cinturon-de-fuego-del-pacifico-activacion-en-cadena/>
- Tenorio, J. R. (2021). *Comportamiento sísmico aplicando el método no lineal estático en la I.E. N° 10410, Chaupelanche, Chota, Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/69241>
- UNACH. (05 de octubre de 2023). Nuevo Paradero hacia los compus universitarios. *Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH)*.
<https://portaluni.unach.edu.pe/index.php/noticias/nuevo-paradero-hacia-los-campus-universitarios>
- Urcia, M. A., & Moncayo, V. P. (2021). *Evaluación del desempeño sísmico y propuesta de reforzamiento del colegio 780-pre I.E N° 1172 Ciro Alegría mediante el análisis estático no lineal*.
<https://repositorio.usil.edu.pe/handle/20.500.14005/11794>: [Tesis de Pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola].
<https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/11794>
- Villagrán, E. I., Vera, C., & Posada, A. E. (2013). Modelo esfuerzo-deformación para elementos de concretos reforzado que cumple con las hipótesis de las NTC RCDF 2004. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 5(1), 32-39.
https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112013000200003&script=sci_abstract&tlng=pt

- Wang, Z., Jiang, Z., Xiao, Y., & Xie, L. (2018). Validation of pushover analysis by scaling factors for seismic fragility evaluation of steel buildings. *Engineering Structures*, 173(1), 70-80. <https://doi.org/doi:10.1016/j.engstruct.2018.05.010>
- Xie, Y., & Liang, J. (2020). Performance-based static pushover analysis for RC frames considering geometric nonlinearities. *Journal of Structural Engineering*, 146(5), 1-10. [https://doi.org/doi:10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002621](https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002621)
- Zihni, M., Suwondo, R., & Suangga, M. (2023). Pushover analysis of multi-storey concrete structures. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1169(1), 1-10. <https://doi.org/DOI10.1088/1755-1315/1169/1/012005>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Tesis: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNACH, 2023

Tesisistas: DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cómo varía el nivel de desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH al aplicar el análisis estático no lineal pushover utilizando los métodos de la norma ATC-40 (Applied Technology Council) y la norma FEMA 356 (Federal Emergency Management Agency)?	Objetivo general	Al aplicar el análisis estático no lineal pushover utilizando los métodos de la norma ATC-40 y la norma FEMA 356 en el edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH, se observan variaciones significativas en el nivel de desempeño sísmico.	VI Análisis estático no lineal	Norma ATC-40	Demanda	Enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel descriptivo. La muestra fue el propio edificio de Ingeniería Agroindustrial de la UNACH. Este edificio con sus seis módulos se sometió a un análisis detallado para evaluar su desempeño sísmico utilizando el método de análisis estático no lineal Pushover, siguiendo las normativas de ATC-40 (1996) y FEMA 356 (2000). }
	Objetivos específicos – Identificar y analizar diferencias y similitudes entre las normativas (ATC-40 y FEMA 356) de análisis Pushover a través de la revisión bibliográfica en términos de criterios de diseño, limitaciones y fortalezas en la predicción del daño estructural y la capacidad de resistencia estructural ante un evento sísmico. – Determinar el nivel de desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal Pushover del edificio de Ingeniería Agroindustrial utilizando la norma ATC-40. Determinar el nivel de desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal Pushover del edificio de Ingeniería Agroindustrial utilizando la norma FEMA 356. – Comparar el nivel de desempeño (objetivos de desempeño) del edificio de Ingeniería Agroindustrial al utilizar la norma ATC-40 o FEMA 356.				Capacidad	
				Norma FEMA 356	Demanda	
					Capacidad	
				Parámetros sísmicos	Desempeño	
					Zona sísmica	
					Perfil del suelo	
				Propiedades de los materiales	Uso de la edificación	
					Regularidad	
					Coefficiente estructural	
					Concreto	
				Nivel de desempeño	Acero	
Albañilería						
Espectro de demanda						
Objetivos de desempeño	Curva de capacidad					
	Punto de desempeño					
	Básicos					
	Esenciales					
					De seguridad crítica	

Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1. Proceso de Excavación de Calicata



Fotografía 2. Calicata N° 1 en el campus Colpahuacariz



Fotografía 3. Pesado de muestras de suelo



Fotografía 4. Muestras de suelo



Fotografía 5. Colocación de las muestras en el horno



Fotografía 6. Moldeado de la muestra de suelo para ensayo de corte directo



Fotografía 7. Etiquetado de muestras para ensayo de corte directo



Fotografía 8. Preparación del equipo de corte directo para el ensayo



Fotografía 9. Realización del ensayo de corte directo en la muestra 1



Fotografía 10. Realización del ensayo de corte directo en la muestra 2



Fotografía 11. Pesado de muestras sometidas a ensayo de corte directo



Fotografía 12. Lavado de la muestra de suelo para análisis granulométrico



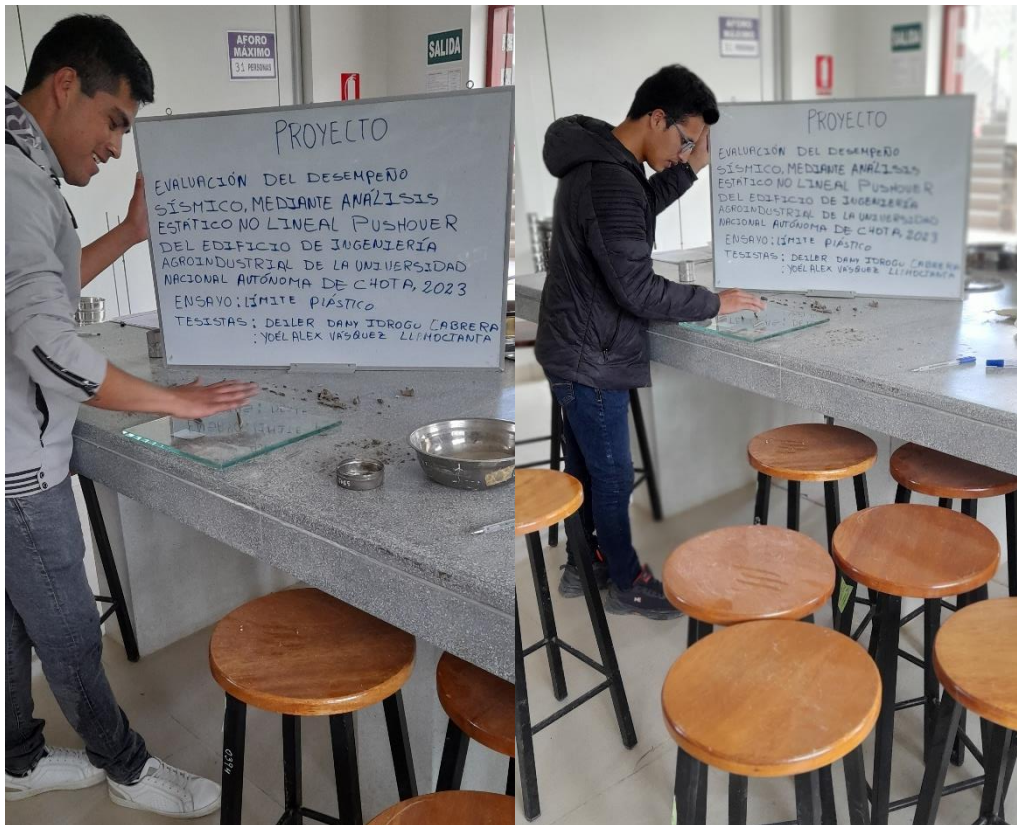
Fotografía 13. Análisis granulométrico del suelo



Fotografía 14. Ensayo de límite líquido en la copa Casagrande



Fotografía 15. Ensayo de límite plástico en rollitos de suelo



Fotografía 16. Realización de ensayos de esclerometría en columnas



Fotografía 17. Realización de ensayos de esclerometría en losas



Fotografía 18. Realización de ensayos de esclerometría en placas



Fotografía 19. Realización de ensayos de esclerometría en coordinación con el asesor



Fotografía 20. Realización de ensayos de esclerometría en columnas y placas



Fotografía 21. Realización de ensayos de esclerometría en columnas



Fotografía 22. Realización de ensayos de esclerometría en escalera



Fotografía 23. Realización de ensayos de esclerometría en escalera



Fotografía 24. Tarrajeo de puntos que fueron afectados para el ensayo de esclerometría



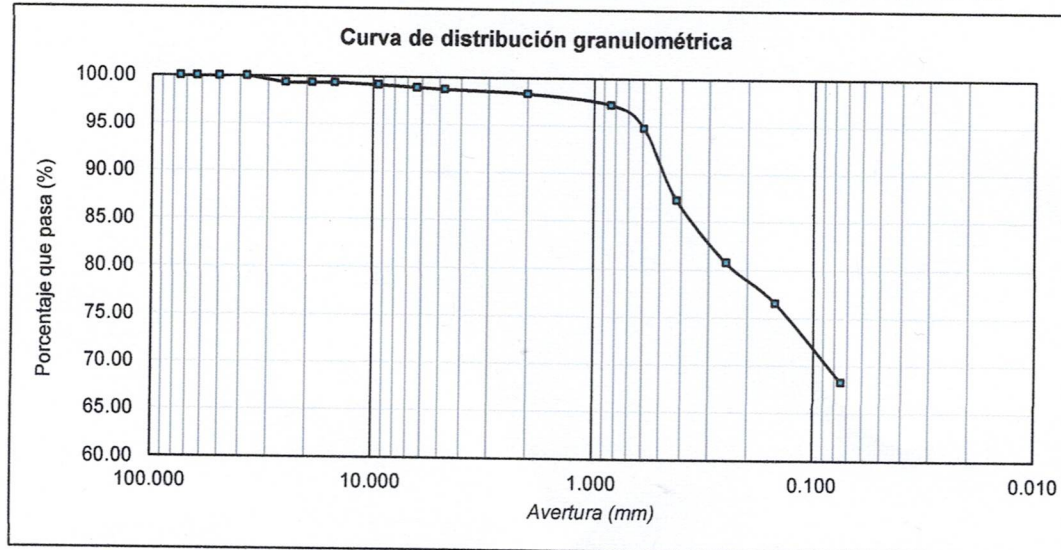
Fotografía 25. Pintado de puntos que fueron afectados para el ensayo de esclerometría



Anexo C. Estudio de mecánica de suelos

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA					
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO			
	NORMA:	MTC E 107 / ASTM D421 / NTP 339.128			
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.				
CALICATA:	01	N ° DE MUESTRA	1	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH			ESTE	760419
FECHA:	08/11/2023	PROFUNDIDAD:	0.00 @ -0.55 m	NORTE	9276966
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamocanta			COTA	2485
P. S. INICIAL:	1000	P. S. FINAL:	317.00	PESO MENOR N° 200:	683.00

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
		Retenido Parcial	Retenido Parcial	Retenido	que Pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	6.50	0.65	0.65	99.35
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.65	99.35
1/2"	15.000	0.00	0.00	0.65	99.35
3/8"	9.500	2.00	0.20	0.85	99.15
1/4"	6.350	2.40	0.24	1.09	98.91
N°4	4.760	1.70	0.17	1.26	98.74
N° 10	2.000	4.00	0.40	1.66	98.34
N° 20	0.840	11.00	1.10	2.76	97.24
N° 21	0.595	24.20	2.42	5.18	94.82
N° 40	0.420	75.30	7.53	12.71	87.29
N° 60	0.250	64.90	6.49	19.20	80.80
N° 100	0.150	42.00	4.20	23.40	76.60
N° 200	0.075	83.00	8.30	31.70	68.30
Cazoleta	0.00	0.00	0.00	31.70	68.30
TOTAL	WG=	317.0			





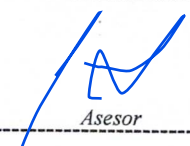
RESUMEN

MALLA	% QUE PASA	SUCS	CL	Tamaño máximo del suelo	37.50	
N° 4	98.74	AASHTO	A-6 (14)		Tipo de muestra	Alterada
N° 10	98.34	% Grava	1.09	D60		
N° 40	87.29	% Arena	30.61	D30	Cu	
N° 200	68.30	% Finos	68.30	D10	Cc	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 ESPECIALISTA EN INGENIERÍA CIVIL

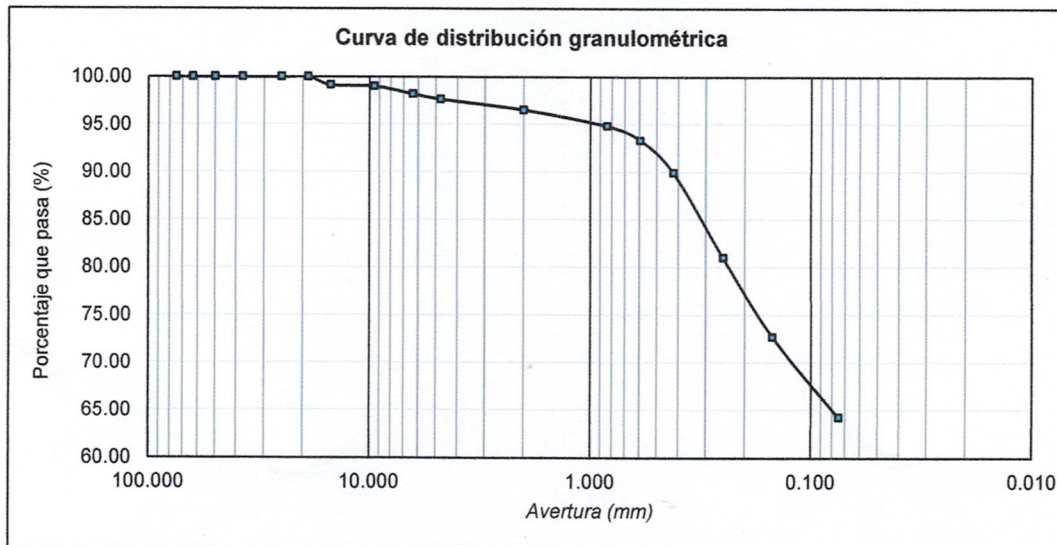


 Tesistas


 Asesor

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO		
	NORMA:	MTC E 107 / ASTM D421 / NTP 339.128		
TESIS:	EVALUACION DEL DESEMPEÑO SISMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.			
CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	I	COORDENADAS
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH			ESTE 760419
FECHA:	08/11/2023	PROFUNDIDAD:	-0.55 @ -1.05 m	NORTE 9276966
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamocanta			COTA 2485


P. S. INICIAL:	1000	P. S. FINAL:	357.60	PESO MENOR N° 200:	64.40
-----------------------	------	---------------------	--------	---------------------------	-------

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
N°	Abertura (mm)	Retenido Parcial	Retenido Parcial	Retenido	que Pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	15.000	8.50	0.85	0.85	99.15
3/8"	9.500	1.20	0.12	0.97	99.03
1/4"	6.350	8.20	0.82	1.79	98.21
N°4	4.760	5.40	0.54	2.33	97.67
N° 10	2.000	11.10	1.11	3.44	96.56
N° 20	0.840	17.20	1.72	5.16	94.84
N° 21	0.595	14.90	1.49	6.65	93.35
N° 40	0.420	34.30	3.43	10.08	89.92
N° 60	0.250	89.20	8.92	19.00	81.00
N° 100	0.150	82.60	8.26	27.26	72.74
N° 200	0.075	85.00	8.50	35.76	64.24
Cazoleta	0.00	0.00	0.00	35.76	64.24
TOTAL	WG=	357.6			



RESUMEN

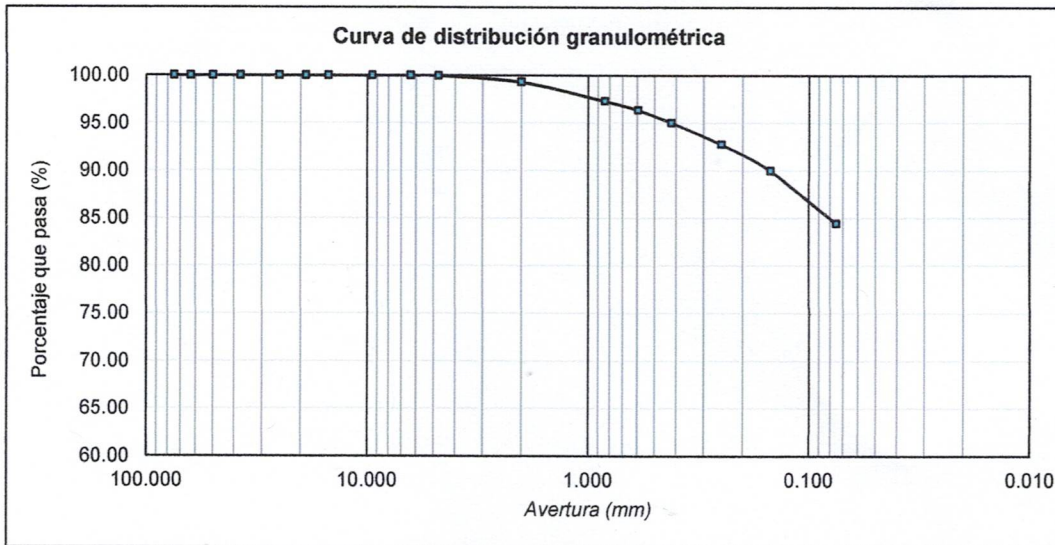
MALLA	% QUE PASA	SUCS	CL	Tamaño máximo del suelo	19.00	
N° 4	97.67	AASHTO	A-6 (14)		Tipo de muestra	Alterada
N° 10	96.56	% Grava	1.79	D60		
N° 40	89.92	% Arena	33.97	D30	Cu
N° 200	64.24	% Finos	64.24	D10	Cc

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</p> <p><i>Walter Manuel Vásquez Tapia</i></p> <p>RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	<p><i>Yoél Alex Vásquez Llamocanta</i></p> <p>Tesistas</p>	<p><i>Asesor</i></p> <p>Asesor</p>
---	--	------------------------------------

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO			
	NORMA:	MTC E 107 / ASTM D421 / NTP 339.128			
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.				
CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	1	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH			ESTE	760419
FECHA:	08/11/2023	PROFUNDIDAD:	-1.05 @ -3.00 m	NORTE	9276966
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamocanta			COTA	2485

P. S. INICIAL:	1000	P. S. FINAL:	155.60	PESO MENOR N° 200:	844.40
-----------------------	------	---------------------	--------	---------------------------	--------

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido	Porcentaje que Pasa
2 1/2 "	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	15.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.760	0.10	0.01	0.01	99.99
N° 10	2.000	6.80	0.68	0.69	99.31
N° 20	0.840	19.90	1.99	2.68	97.32
N° 21	0.595	9.40	0.94	3.62	96.38
N° 40	0.420	13.30	1.33	4.95	95.05
N° 60	0.250	22.70	2.27	7.22	92.78
N° 100	0.150	27.90	2.79	10.01	89.99
N° 200	0.075	55.50	5.55	15.56	84.44
Cazoleta	0.00	0.00	0.00	15.56	84.44
TOTAL	WG=	155.6			

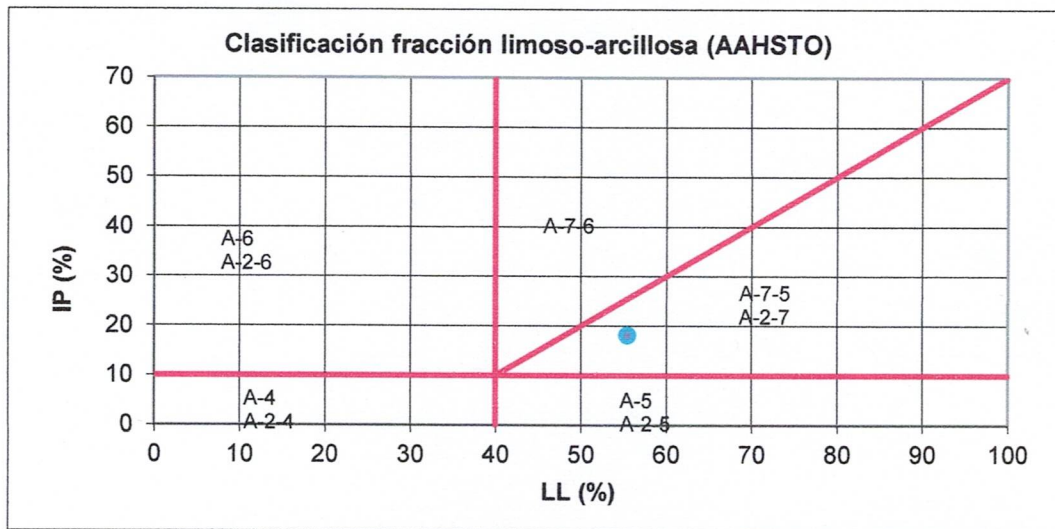


RESUMEN

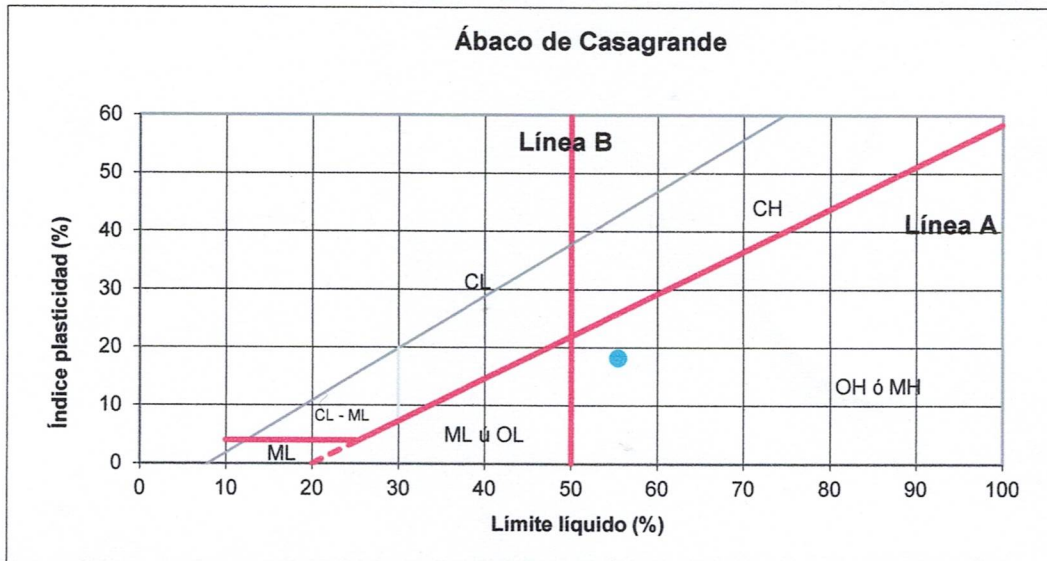
MALLA	% QUE PASA	SUCS	CL	Tamaño máximo del suelo	6.35	
N° 4	99.99	AASHTO	A-6 (14)		Tipo de muestra	Alterada
N° 10	99.31	% Grava	0.00	D60	Cu
N° 40	95.05	% Arena	15.56	D30	Cc
N° 200	84.44	% Finos	84.44	D10

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS RESPONSABLE DEL PROFESORADO DE INGENIERÍA CIVIL	 Yoél Alex Vásquez Llamocanta Tesis	 Asesor
--	--	--





	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS		
	NORMA:	A.S.T.M. D-3282		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.			
CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	1	COORDENADAS
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH		ESTE	760419
FECHA:	14/11/2023	PROFUNDIDAD:	0.00 @ -0.55 m	NORTE
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamoctanta		COTA	2485



Clasificación AASHTO	A-7-5 Suelo arcilloso
-----------------------------	------------------------------



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)	Limo alta plasticidad con arena MH
--	---

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</p> <p><i>Walter Manuel Vásquez Tupia</i> RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>Responsable de Laboratorio</p>	  Tesisistas	 Asesor
---	---	---



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

PROTOCOLO

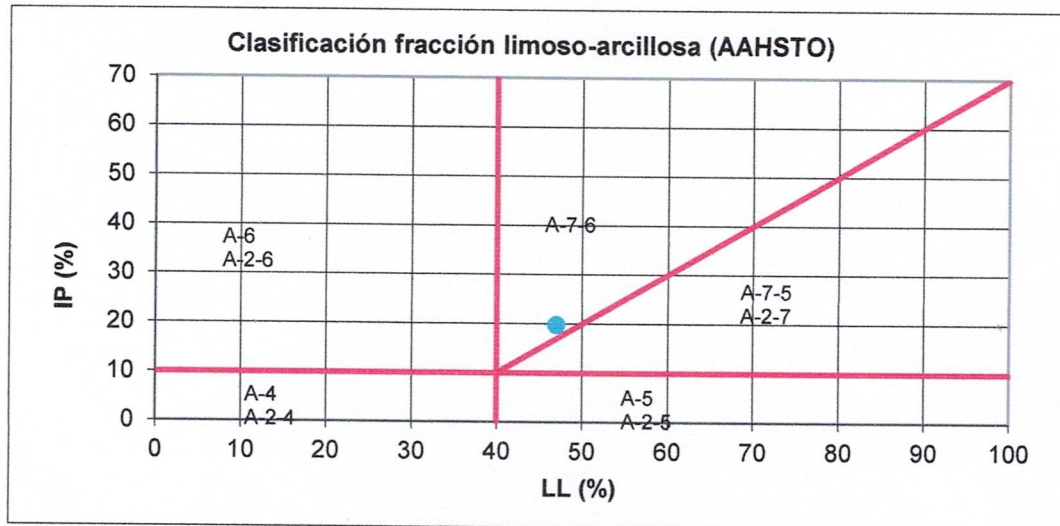
ENSAYO: CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS

NORMA: A.S.T.M. D-3282

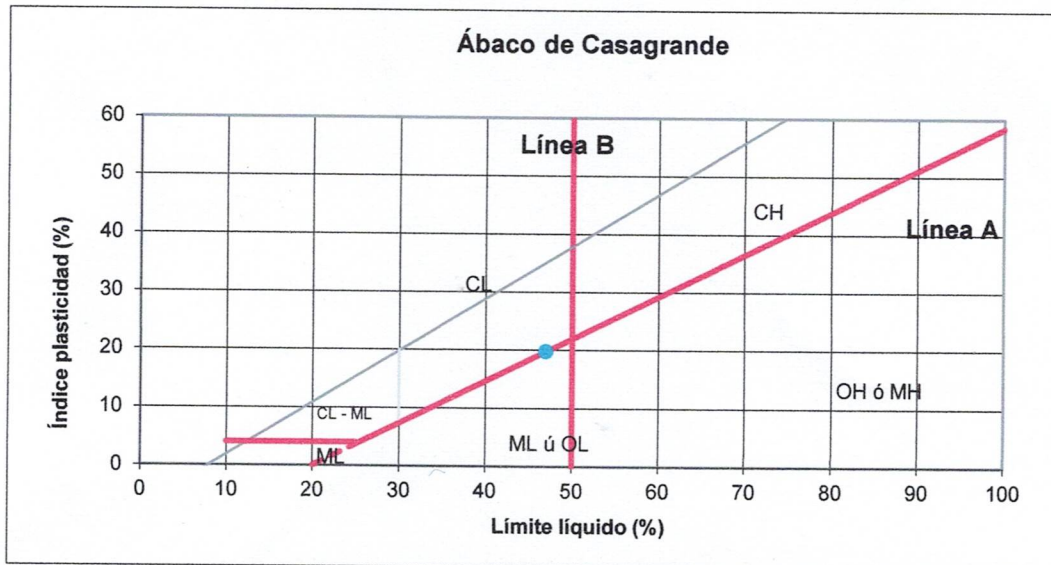
TESIS:

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.

CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	1	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH			ESTE	760419
FECHA:	14/11/2023	PROFUNDIDAD:	-0.55 @ -1.05 m	NORTE	9276966
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamoctanta			COTA	2485



Clasificación AASHTO: A-7-6 Suelo arcilloso



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.): Arcilla media plasticidad con arena CL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Responsable de Laboratorio

Tesistas

Asesor



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

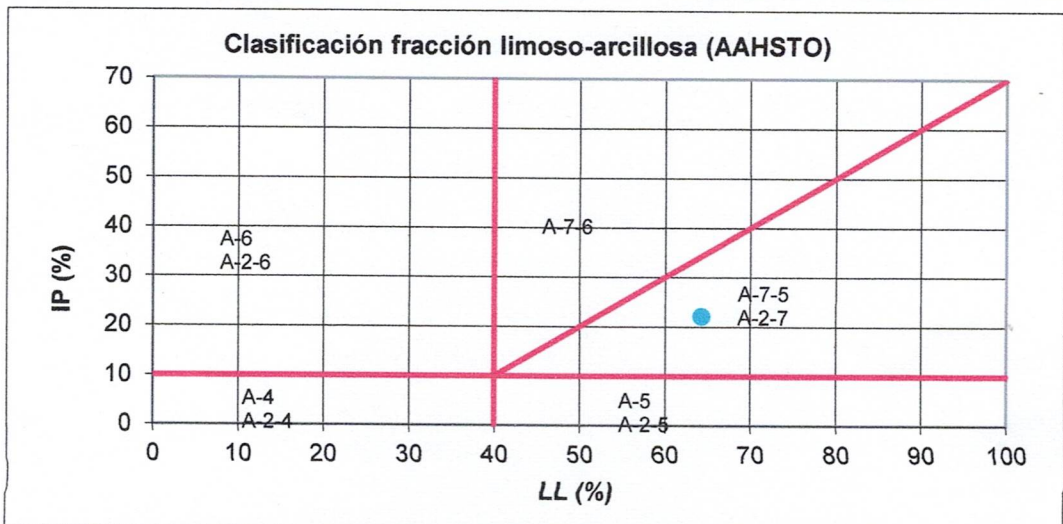
PROTOCOLO

ENSAYO: CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS

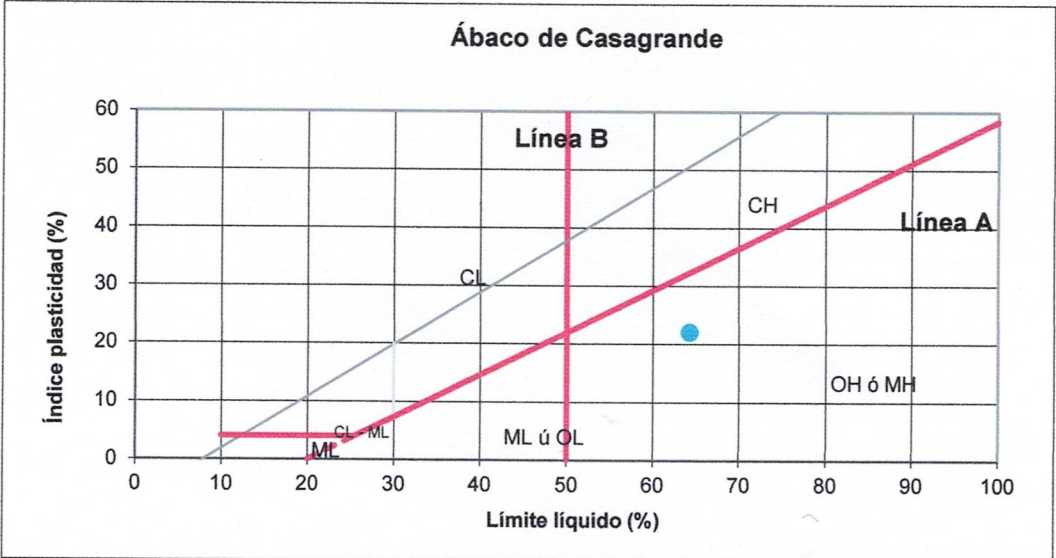
NORMA: A.S.T.M. D-3282

TESIS: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.

CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	1	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH			ESTE	760419
FECHA:	14/11/2023	PROFUNDIDAD:	-1.05 @ -3.00 m	NORTE	9276966
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamoctanta			COTA	2485



Clasificación AASHTO **A-7-5 Suelo arcilloso**



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) **Limo alta plasticidad MH**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Walter Manuel Vásquez Tapia
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Responsable de Laboratorio

Deiler Dany Idrogo Cabrera
Yoél Alex Vásquez Llamoctanta
Tesisistas






[Signature]
Asesor

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD		
	NORMA:	NTP 339.129 – NTP E111/ ASTM D4318		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.			
CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	-----	COORDENADAS
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH		ESTE	760419
FECHA:	06/11/2023	PROFUNDIDAD:	-----	NORTE
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamoctanta		COTA	2485

N° DE MUESTRA	01	PROFUNDIDAD:	0.00 @ -0.55 m	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
TARA N°	1	2	3	
Peso del suelo hum+tara (gr)	109.30	111.60	99.50	
Peso del suelo seco+tara (gr)	91.20	93.60	83.10	
Peso del agua (gr)	18.10	18.00	16.40	
Peso tara (gr)	24.00	23.60	23.70	
Peso del suelo seco (gr)	67.20	70.00	59.40	
Contenido de humedad (%)	26.93	25.71	27.61	
Promedio (%)	26.75			

N° DE MUESTRA	01	PROFUNDIDAD:	-0.55 @ -1.05 m	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
TARA N°	1	2	3	
Peso del suelo hum+tara (gr)	111.90	103.10	115.40	
Peso del suelo seco+tara (gr)	94.20	87.00	96.40	
Peso del agua (gr)	17.70	16.10	19.00	
Peso tara (gr)	23.90	23.90	23.70	
Peso del suelo seco (gr)	70.30	63.10	72.70	
Contenido de humedad (%)	25.18	25.52	26.13	
Promedio (%)	25.61			

N° DE MUESTRA	01	PROFUNDIDAD:	-1.05 @ -1.45 m	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
TARA N°	1	2	3	
Peso del suelo hum+tara (gr)	95.30	110.60	109.00	
Peso del suelo seco+tara (gr)	80.10	92.70	91.90	
Peso del agua (gr)	15.20	17.90	17.10	
Peso tara (gr)	23.90	23.90	23.80	
Peso del suelo seco (gr)	56.20	68.80	68.10	
Contenido de humedad (%)	27.05	26.02	25.11	
Promedio (%)	26.06			


 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  Walter Manuel Vásquez RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Responsable de Laboratorio	  Tesistas	 Asesor
--	---	---

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	NORMA:	NTP 339.129 – NTP E111/ ASTM D4318	
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	-----
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH		COORDENADAS
FECHA:	06/11/2023	PROFUNDIDAD:	-----
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamoctanta		COTA
			760419
			9276966
			2485

N° DE MUESTRA	01	PROFUNDIDAD:	-1.45@ -1.85 m
CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	1	2	3
Peso del suelo hum+tara (gr)	111.50	116.00	108.20
Peso del suelo seco+tara (gr)	92.70	96.70	90.10
Peso del agua (gr)	18.80	19.30	18.10
Peso tara (gr)	23.40	24.10	23.90
Peso del suelo seco (gr)	69.30	72.60	66.20
Contenido de humedad (%)	27.13	26.58	27.34
Promedio (%)	27.02		

N° DE MUESTRA	01	PROFUNDIDAD:	-1.85@ -3.00 m
CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	1	2	3
Peso del suelo hum+tara (gr)	112.20	108.20	112.40
Peso del suelo seco+tara (gr)	88.30	85.30	87.50
Peso del agua (gr)	23.90	22.90	24.90
Peso tara (gr)	23.90	23.90	23.80
Peso del suelo seco (gr)	64.40	61.40	63.70
Contenido de humedad (%)	37.11	37.30	39.09
Promedio (%)	37.83		

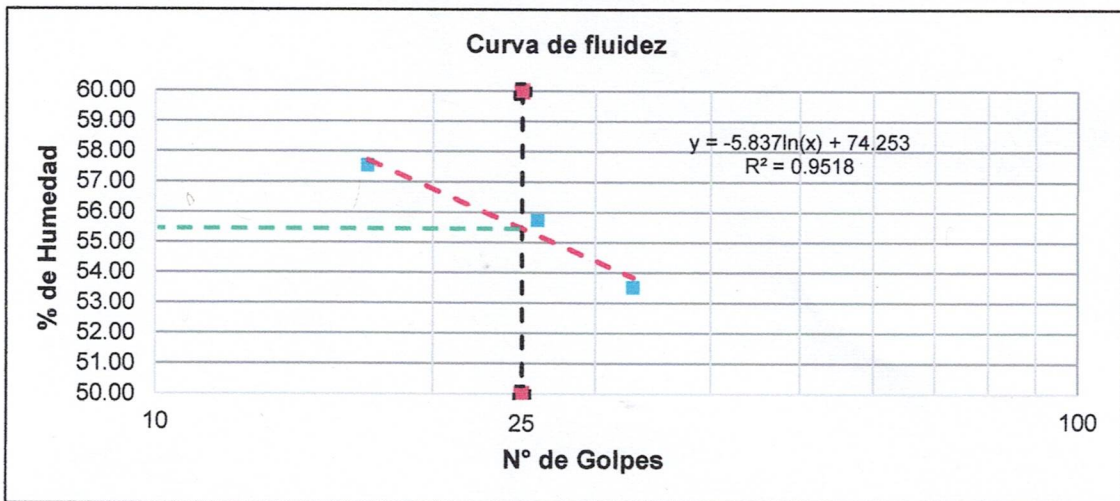
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</p> <p><i>Walter Manuel Vásquez Tapia</i></p> <p>RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>Responsable de Laboratorio</p>	  <p>Tesistas</p>	 <p>Asesor</p>
--	--	---

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	LÍMITES DE ATTERBERG		
	NORMA:	NTP 339.129 – NTP E111/ ASTM D4318		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.			
CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	01	COORDENADAS
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH		ESTE	760419
FECHA:	14/11/2023	PROFUNDIDAD:	0.00 @ -0.55 m	NORTE 9276966
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamoctanta		COTA	2485



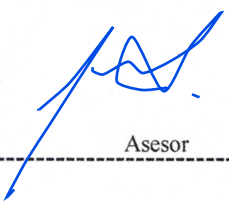
LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (gr)	24.7	22.8	24.1
Wt + M. Seca (gr)	20.5	19.4	20.3
W agua (gr)	4.2	3.4	3.8
W tara (gr)	13.2	13.3	13.2
W M. Seca (gr)	7.3	6.1	7.1
W(%)	57.53	55.74	53.52
N. GOLPES	17	26	33
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda (gr)	19.6	21	
Wt + M. Seca (gr)	17.9	18.9	
W agua (gr)	1.7	2.1	
W tara (gr)	13.4	13.2	
W M. Seca (gr)	4.5	5.7	
W(%)	37.78	36.84	37.31

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA DESTILADA POTABLE OTRA	

LI = A*Ln(x)+B	
A=	-5.837
B=	74.253



LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 55.46	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 37.31	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 18
--	---	--------------------------------------

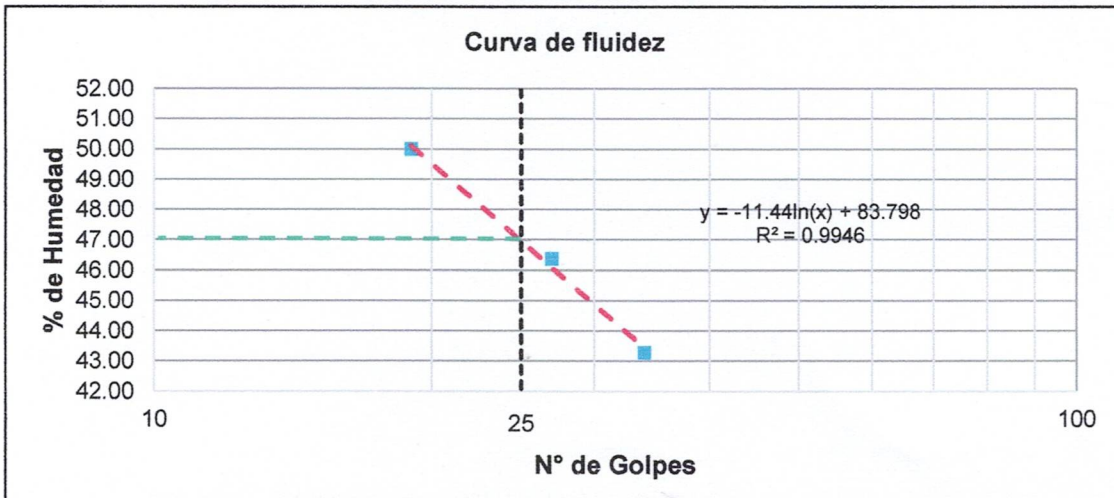
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Responsable de Laboratorio	 Tesisistas	 Asesor
---	--	---

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	LÍMITES DE ATTERBERG	
	NORMA:	NTP 339.129 – NTP E111/ ASTM D4318	
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	2
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH		COORDENADAS
FECHA:	14/11/2023	PROFUNDIDAD:	-0.55 @ -1.05 m
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamoctanta		COTA
			2485

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (gr)	23.8	23.4	22.5
Wt + M. Seca (gr)	20.2	20.2	19.6
W agua (gr)	3.6	3.2	2.9
W tara (gr)	13	13.3	12.9
W M. Seca (gr)	7.2	6.9	6.7
W(%)	50.00	46.38	43.28
N. GOLPES	19	27	34
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda (gr)	19.4	21.9	
Wt + M. Seca (gr)	18.1	20	
W agua (gr)	1.3	1.9	
W tara (gr)	13.2	13.2	
W M. Seca (gr)	4.9	6.8	
W(%)	26.53	27.94	27.24

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*Ln(x)+B	
A=	-11.44
B=	83.798



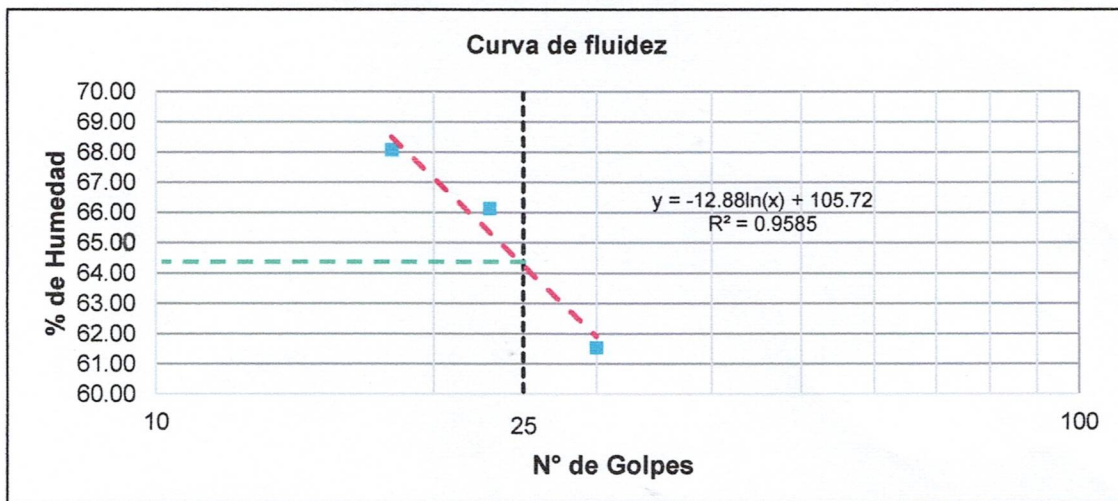
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 46.97	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 27	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 20
--	--------------------------------------	--------------------------------------

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  Walter Manuel Vásquez RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Responsable de Laboratorio	 Testistas	 Asesor
---	---	---

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	LÍMITES DE ATTERBERG		
	NORMA:	NTP 339.129 – NTP E111/ ASTM D4318		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.			
CALICATA:	01	N° DE MUESTRA	3	COORDENADAS
UBICACIÓN:	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH			ESTE 760419
FECHA:	14/11/2023	PROFUNDIDAD:	-1.05 @ -3.00 m	NORTE 9276966
TESISTAS:	Deiler Dany Idrogo Cabrera, Yoél Alex Vásquez Llamoctanta			COTA 2485

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda (gr)	21.1	23.5	21.5
Wt + M. Seca (gr)	17.9	19.4	18.3
W agua (gr)	3.2	4.1	3.2
W tara (gr)	13.2	13.2	13.1
W M. Seca (gr)	4.7	6.2	5.2
W(%)	68.09	66.13	61.54
N. GOLPES	18	23	30
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda (gr)	19.3	19.8	
Wt + M. Seca (gr)	17.5	17.8	
W agua (gr)	1.8	2	
W tara (gr)	13.2	13.1	
W M. Seca (gr)	4.3	4.7	
W(%)	41.86	42.55	42.21

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	
LI = A*Ln(x)+B	
A=	-12.88
B=	105.72



LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 64.26	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 42	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 22
--	--------------------------------------	--------------------------------------

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA.  Walter Manuel Vásquez RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Responsable de Laboratorio	  Testistas	 Asesor
--	--	---



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS


ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Iván Cieza Díaz
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Cieza
Gremio Rimarachi Rimarachi
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 26787

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

	FORMATO	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

PROYECTO	"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023".		
Solicitantes	: DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	: DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA	Ensayado por :	G.R.R
Ubicación de Proyecto	: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA	Fecha de Ensayo:	06/11/2023
Material	: -	Turno:	DIA
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	3.00 m
Sondaje / Calicata	: 01	Norte:	9276966
N° de Muestra	: M-1	Este:	760419
Estructura	: LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL	Cota:	2485 ms.n.m.

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.66	23.67	23.66
Diámetro (mm)	60.68	60.68	60.69
Area inicial (cm2)	28.92	28.92	28.93
Volumen de la muestra (cm3)	68.42	68.45	68.44

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Masa húmeda de la muestra + Masa del anillo (g)	204.10	204.30	204.40
Masa del anillo (g)	84.3	84.3	84.3
Masa de la muestra húmeda (g)	119.80	120	120.1
Masa de la muestra seca (g)	88.60	88.41	88.30
Contenido de humedad (%)	35.21	35.73	36.01
Densidad húmeda (g/cm3)	1.751	1.754	1.755
Densidad seca (g/cm3)	1.295	1.292	1.291


	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
	Def. horizontal (mm)	Carga (kgf)	Def. vertical (mm)	Carga (kgf)	Def. vertical (mm)	Carga (kgf)
Altura Inicial:	23.7	mm	23.7	mm	23.7	mm
Diámetro de muestra :	60.7	mm	60.7	mm	60.7	mm
Area Inicial:	28.9	cm ²	28.9	cm ²	28.9	cm ²
Densidad Seca:	1.295	g/cm ³	1.292	g/cm ³	1.291	g/cm ³
Humedad:	35.2	%	35.7	%	36.0	%
Masa Normal :	1.452	kg	2.910	kg	4.355	kg
Esfuerzo Normal :	0.50	kg/cm ²	1.01	kg/cm ²	1.51	kg/cm ²
0.00		0.00		0.00		0.00
0.25		0.39		1.25		2.35
0.50		0.85		1.65		3.45
0.75		0.95		2.32		3.91
1.00		1.15		2.52		4.52
1.50		1.52		3.23		5.65
2.00		1.79		3.65		6.65
2.50		2.25		4.25		7.35
3.00		2.54		4.85		7.85
3.50		2.85		5.21		8.65
4.00		3.44		5.68		8.99
4.50		3.81		6.25		9.52
5.00		4.28		6.80		10.32
5.50		4.95		7.25		10.52
6.00		5.52		7.81		11.29
6.50		6.18		8.37		11.81
7.00		6.84		8.82		12.35
7.50		7.56		9.63		12.92
8.00		8.01		10.25		13.63
8.50		8.72		10.95		14.25
9.00		9.14		11.75		14.87
9.50		9.61		12.36		15.26
10.00		9.93		12.95		16.01

OBSERVACIONES:

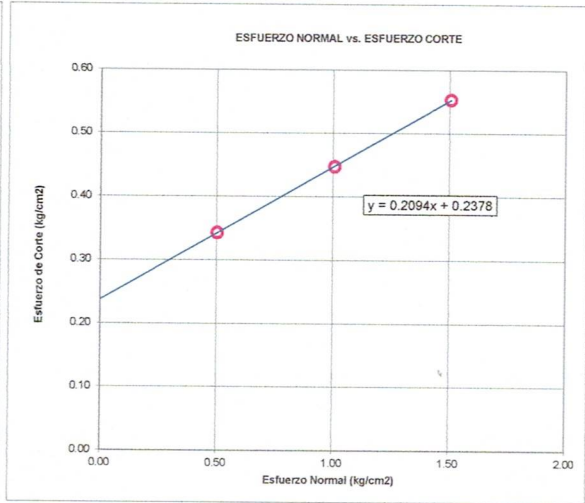
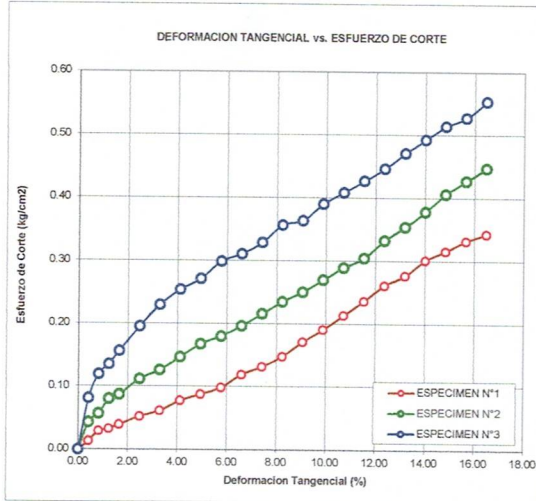
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Iván Cieza Díaz
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SA
Geremias Rimarachiri Rimarachiri
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 267870

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	2 de 3
Proyecto	"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023".		
Solicitante	: DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA	Muestreado por	: SOLICITANTE
Atención	: DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA	Ensayado por	: G.R.R
Ubicación de Proyecto	: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA	Fecha de Ensayo	: 06/11/2023
Material	: -	Turno	: DIA
Código de Muestra	: 001	Profundidad	: 3.00 m
Sondaje / Calicata	: 01	Norte	: 9276966
N° de Muestra	: M-1	Este	: 760419
Estructura	: LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL	Cota	: 2485 ms.n.m.
ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS ASTM D3080			



VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min




Resultados:

Cohesión c : 0.24 kg/cm²
 Angulo de fricción ϕ : 11.8°



OBSERVACIONES:
 Prohibida la r

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Iván Cieza Díaz</i> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:	Nombre y firma:  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Geremias Rimarachin Rimarachin</i> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 267870

		INFORME		Código	AE-FO-020			
		ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080		Versión	01			
				Fecha				
				Página	1 de 2			
PROYECTO		"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023"						
Solicitante	: DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA	Muestreado por	: SOLICITANTE					
Atención	: DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA	Ensayado por	: G.R.R					
Ubicación de Proyecto	: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA	Fecha de Ensayo	: 06/11/2023					
Material	: -	Turno	: DIA					
Código de Muestra	: 001	Profundidad:	: 3.00 m					
Sondaje / Calicata	: 01	Norte:	: 9276966					
N° de Muestra	: M-1	Este:	: 760419					
Estructura	: LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL	Cota:	: 2485 ms.n.m.					
		VELOCIDAD DE CORTE		0.5 mm/min				
ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3				
Altura Inicial:	23.7 mm	Altura Inicial:	23.7 mm	Altura Inicial:	23.7 mm			
Lado de caja :	60.7 mm	Lado de caja :	60.7 mm	Lado de caja :	60.7 mm			
Area Inicial:	28.9 cm ²	Area Inicial:	28.9 cm ²	Area Inicial:	28.9 cm ²			
Densidad Seca:	1.295 gr/cm ³	Densidad Seca:	1.295 gr/cm ³	Densidad Seca:	1.291 gr/cm ³			
Humedad Inic:	35.2 %	Humedad Inic:	35.2 %	Humedad Inic:	36.0 %			
Esf. Normal :	0.50 ka/cm ²	Esf. Normal :	1.01 ka/cm ²	Esf. Normal :	1.51 ka/cm ²			
Esf. Corte:	0.34 ka/cm ²	Esf. Corte:	0.45 ka/cm ²	Esf. Corte:	0.55 ka/cm ²			
Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)	Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.01	0.03	0.41	0.04	0.05	0.41	0.08	0.07
0.82	0.03	0.07	0.82	0.06	0.07	0.82	0.12	0.10
1.24	0.03	0.08	1.24	0.08	0.10	1.24	0.14	0.11
1.65	0.04	0.10	1.65	0.09	0.11	1.65	0.16	0.13
2.47	0.05	0.13	2.47	0.11	0.14	2.47	0.20	0.16
3.30	0.06	0.15	3.30	0.13	0.15	3.30	0.23	0.19
4.12	0.08	0.19	4.12	0.15	0.18	4.12	0.25	0.21
4.94	0.09	0.21	4.94	0.17	0.20	4.94	0.27	0.22
5.77	0.10	0.24	5.77	0.18	0.21	5.77	0.30	0.24
6.59	0.12	0.28	6.59	0.20	0.23	6.59	0.31	0.25
7.42	0.13	0.31	7.42	0.22	0.25	7.42	0.33	0.26
8.24	0.15	0.34	8.24	0.24	0.27	8.24	0.36	0.28
9.06	0.17	0.39	9.06	0.25	0.29	9.06	0.36	0.28
9.89	0.19	0.44	9.89	0.27	0.31	9.89	0.39	0.30
10.71	0.21	0.48	10.71	0.29	0.33	10.71	0.41	0.31
11.54	0.24	0.53	11.54	0.30	0.34	11.54	0.43	0.32
12.36	0.26	0.58	12.36	0.33	0.37	12.36	0.45	0.33
13.18	0.28	0.61	13.18	0.35	0.39	13.18	0.47	0.35
14.01	0.30	0.66	14.01	0.38	0.41	14.01	0.49	0.36
14.83	0.32	0.68	14.83	0.41	0.44	14.83	0.51	0.37
15.66	0.33	0.71	15.66	0.43	0.46	15.66	0.53	0.38
16.48	0.34	0.73	16.48	0.45	0.47	16.48	0.55	0.39

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:	Nombre y firma:  Garenias Rimarachin INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 267870



ENSAYO DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
 RUC: 20605442235
 DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 - 1ER. PISO.
 CORREO: gselaboratorio2019@gmail.com, CEL. 930866995

(Norma NTP 339.171)

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSH-OVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023".		
UBICACIÓN	: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
EXPLORACION	: 01		
MUESTRA	: M-1		
PROFUNDIDAD	: 3.00	RESP. DE LAB	: G.R.R
COORDENADAS	: NORTE: 9276966 ESTE: 760419 2485 ms.n.m.	FECHA	: 06/11/2023
SOLICITANTE	: DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA	ESTADO	: REMOLDEADA

Densidad Húmeda gr/cm ³	=	1.75	Profundidad de Cimentación, Df	=	1.80 m
Cohesión del Suelo ,kg/cm ²	=	0.24	Ancho de Cimentación, B, m	=	1.50 m
Angulo de Fricción, f, °	=	11.83			

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentación corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentación cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentación circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga	Factor de Seguridad	=	3
	General	Local	
N _c =	10.66	8.58	
N _q =	3.23	2.20	
N _g =	1.37	0.74	

Capacidad de Carga	Falla Local (kg/cm ²)
	q _u q _{adm}
Cimentación corrida	2.15 0.72
Cimentación cuadrada	2.54 0.85

Observaciones

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC

Iván Cieza Díaz
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SA

 Garemias Simarachi Simarachi
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 267870

Anexo D. Estudio de esclerometría

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:		MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
NORMA:		N.T.P 339.181	
TESIS: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.			
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 01				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-1 MÓDULO 01 PISO 01 EJES 4 - I			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	37	305.52	ACEPTADO
	3	36	286.89	ACEPTADO
	4	37	305.52	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	41	380.05	ACEPTADO
	7	40	361.42	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	41	380.05	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

ENSAYO N° 02				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-4 MÓDULO 02 PISO 01 EJES 2 - A			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	36	286.89	ACEPTADO
	2	34	249.63	ACEPTADO
	3	35	268.26	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	36	286.89	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	37	305.52	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	331.61
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	33.10
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	299 Kg/cm²




DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	292.48
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	21.60
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	271 Kg/cm²


ENSAYO N° 03				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-6 MÓDULO 02 PISO 01 EJES 4 - B			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	37	305.52	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	35	268.26	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	39	342.79	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	39	342.79	ACEPTADO
	10	40	361.42	ACEPTADO

ENSAYO N° 04				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-6 MÓDULO 03 PISO 01 EJES 1 - L			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	35	268.26	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	35	268.26	ACEPTADO
	6	39	342.79	ACEPTADO
	7	40	361.42	ACEPTADO
	8	35	268.26	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	314.84
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	29.46
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	285 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	301.80
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	32.63
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	269 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE ESTRUCTURA	 Tesistas	 Asesor
---	---	--

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
	NORMA:	N.T.P 339.181	
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 05				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-6 MÓDULO 03 PISO 01 EJES 4 - M			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	39	342.79	ACEPTADO
	3	40	361.42	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	36	286.89	ACEPTADO
	8	35	268.26	ACEPTADO
	9	34	249.63	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	314.84
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	36.48
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	278 Kg/cm ²

ENSAYO N° 06				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-10 MÓDULO 04 PISO 02 EJES 5 - G			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	39	342.79	ACEPTADO
	2	40	361.42	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	37	305.52	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	36	286.89	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	322.29
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	20.50
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	302 Kg/cm ²


ENSAYO N° 07				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-6 MÓDULO 01 PISO 03 EJES 4 - E			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	39	342.79	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	311.11
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	17.68
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	293 Kg/cm ²

ENSAYO N° 08				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-7 MÓDULO 03 PISO 03 EJES 4 - L			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	36	286.89	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	39	342.79	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	40	361.42	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	320.43
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	22.90
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	298 Kg/cm ²

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
	TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURA			

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
	NORMA:	N.T.P 339.181	
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 09				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-1 MÓDULO 01 PISO 04 EJES 4 - G			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	35	268.26	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	35	268.26	ACEPTADO
	6	35	268.26	ACEPTADO
	7	36	286.89	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	39	342.79	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

ENSAYO N° 10				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-1 MÓDULO 02 PISO 04 EJES 4 - B			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	39	342.79	ACEPTADO
	2	40	361.42	ACEPTADO
	3	39	342.79	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	40	361.42	ACEPTADO
	7	35	268.26	ACEPTADO
	8	36	286.89	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	296.21
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	28.12
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	268 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	327.88
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	34.91
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	293 Kg/cm²


ENSAYO N° 11				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-1 MÓDULO 04 PISO 04 EJES 5 - G			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	39	342.79	ACEPTADO
	3	40	361.42	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	40	361.42	ACEPTADO
	7	35	268.26	ACEPTADO
	8	35	268.26	ACEPTADO
	9	35	268.26	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

ENSAYO N° 12				
ESTRUCTURA	VIGA VP-4 MÓDULO 01 PISO 01 EN EL EJES 4 ENTRE E - G			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	36	286.89	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	40	361.42	ACEPTADO
	5	35	268.26	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	34	249.63	ACEPTADO
	8	39	342.79	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	34	249.63	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	322.29
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	39.72
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	283 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	301.80
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	39.08
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	263 Kg/cm²

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
	TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS			

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
	NORMA:	N.T.P 339.181	
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 13				
ESTRUCTURA	VIGA VP-I' MÓDULO 04 PISO 01 EN EL EJES I' ENTRE 5 - 6			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	40	361.42	ACEPTADO
	2	35	268.26	ACEPTADO
	3	36	286.89	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	39	342.79	ACEPTADO
	7	39	342.79	ACEPTADO
	8	36	286.89	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

ENSAYO N° 14				
ESTRUCTURA	VIGA VP-D MÓDULO 01 PISO 02 EN EL EJES D ENTRE 4 - 5			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	34	249.63	ACEPTADO
	3	36	286.89	ACEPTADO
	4	34	249.63	ACEPTADO
	5	35	268.26	ACEPTADO
	6	36	286.89	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	311.11
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	31.73
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	279 Kg/cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	288.76
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	28.39
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	260 Kg/cm ²

ENSAYO N° 15				
ESTRUCTURA	VIGA VP-B MÓDULO 02 PISO 02 EN EL EJES B ENTRE 4 - 5			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	36	286.89	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	36	286.89	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

ENSAYO N° 16				
ESTRUCTURA	VIGA VP-I' MÓDULO 04 PISO 02 EN EL EJES I' ENTRE 5 - 6			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	40	361.42	ACEPTADO
	2	40	361.42	ACEPTADO
	3	35	268.26	ACEPTADO
	4	34	249.63	ACEPTADO
	5	39	342.79	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	40	361.42	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	39	342.79	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	311.11
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	17.68
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	293 Kg/cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	327.88
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	39.08
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	289 Kg/cm ²

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
	TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS Laboratorio			

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)		
NORMA:	N.T.P 339.181		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 17				
ESTRUCTURA	VIGA VP-3 MÓDULO 03 PISO 02 EN EL EJES 3 ENTRE L - M			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	39	342.79	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	36	286.89	ACEPTADO
	6	35	268.26	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	39	342.79	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	40	361.42	ACEPTADO

ENSAYO N° 18				
ESTRUCTURA	VIGA VP-J MÓDULO 01 PISO 03 EN EL EJES J ENTRE 4 - 5			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	36	286.89	ACEPTADO
	2	40	361.42	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	35	268.26	ACEPTADO
	5	34	249.63	ACEPTADO
	6	40	361.42	ACEPTADO
	7	35	268.26	ACEPTADO
	8	35	268.26	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	322.29
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	33.39
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	289 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	303.66
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	40.68
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	263 Kg/cm²


ENSAYO N° 19				
ESTRUCTURA	VIGA VP-A MÓDULO 02 PISO 03 EN EL EJES A ENTRE 3 - 4			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	35	268.26	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	39	342.79	ACEPTADO
	7	35	268.26	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	35	268.26	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

ENSAYO N° 20				
ESTRUCTURA	VIGA VP-3 MÓDULO 02 PISO 03 EN EL EJES 3 ENTRE A - B			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	36	286.89	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	40	361.42	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	36	286.89	ACEPTADO
	8	36	286.89	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	311.11
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	30.49
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	281 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	311.11
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	24.92
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	286 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS Laboratorio	 Tesistas	 Tesistas	 Asesor
	(Empty space for additional signatures or notes)		

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
NORMA:	N.T.P 339.181		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 21				
ESTRUCTURA	VIGA VP-L MÓDULO 03 PISO 03 EN EL EJES L ENTRE 4 - 5			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	40	361.42	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	39	342.79	ACEPTADO
	6	36	286.89	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

ENSAYO N° 22				
ESTRUCTURA	VIGA VP-4 MÓDULO 03 PISO 03 EN EL EJES 4 ENTRE L - M			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	37	305.52	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	39	342.79	ACEPTADO
	8	39	342.79	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	327.88
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	22.90
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	305 Kg/cm²


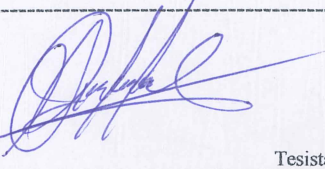

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	322.29
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	22.31
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	300 Kg/cm²

ENSAYO N° 23				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 01 PISO 01 ENTRE LOS EJES I - J Y 3 - 4			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	35	268.26	ACEPTADO
	6	35	268.26	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	39	342.79	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	40	361.42	ACEPTADO

ENSAYO N° 24				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 01 PISO 02 ENTRE LOS EJES D - E Y 2 - 3			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	40	361.42	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	36	286.89	ACEPTADO
	4	37	305.52	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	36	286.89	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	320.43
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	32.63
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	288 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	305.52
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	24.84
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	281 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Tesistas	 Asesor
		

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)		
NORMA:	N.T.P 339.181		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 25				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 02 PISO 02 ENTRE LOS EJES A - B Y 2 - 3			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	37	305.52	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	40	361.42	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	40	361.42	ACEPTADO
	7	40	361.42	ACEPTADO
	8	40	361.42	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

ENSAYO N° 26				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 03 PISO 02 ENTRE LOS EJES L - M Y 3 - 4			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	39	342.79	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	40	361.42	ACEPTADO
	9	39	342.79	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	339.06
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	21.15
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	318 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	329.75
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	15.34
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	314 Kg/cm²

ENSAYO N° 27				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 04 PISO 02 ENTRE LOS EJES F - G Y 5 - 6			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	37	305.52	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

ENSAYO N° 28				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 02 PISO 03 ENTRE LOS EJES A - B Y 3 - 4			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	37	305.52	ACEPTADO
	2	39	342.79	ACEPTADO
	3	40	361.42	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	39	342.79	ACEPTADO
	9	37	305.52	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	320.43
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	11.78
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	309 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	324.16
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	21.51
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	303 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS Laboratorio	 Tesistas	 Tesistas	 Asesor
---	---	--	---

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:		MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
NORMA:		N.T.P 339.181	
TESIS: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.			
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 29				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 02 PISO 03 ENTRE LOS EJES A – B Y 3 - 4			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	37	305.52	ACEPTADO
	2	39	342.79	ACEPTADO
	3	40	361.42	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	40	361.42	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	39	342.79	ACEPTADO
	9	37	305.52	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

ENSAYO N° 30				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 03 PISO 03 ENTRE LOS EJES L – M Y 4 - 5			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	40	361.42	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	39	342.79	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	39	342.79	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	335.34
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	23.57
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	312 Kg/cm²




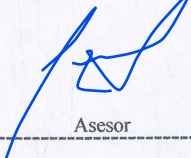
DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	331.61
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	20.03
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	312 Kg/cm²

ENSAYO N° 31				
ESTRUCTURA	PLACA MC-2 MÓDULO 01 PISO 01 EJES 2 - K			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	36	286.89	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

ENSAYO N° 32				
ESTRUCTURA	PLACA MC-4 MÓDULO 02 PISO 01 EJES 1 - B			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	37	305.52	ACEPTADO
	2	37	305.52	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	36	286.89	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	301.80
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	14.70
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	287 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	309.25
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	14.70
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	295 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Tesistas	 Tesistas	 Asesor
--	---	--	---

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)		
NORMA:	N.T.P 339.181		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOEL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 33				
ESTRUCTURA	PLACA MC-06 MÓDULO 03 PISO 01 EJES 5 - L			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	39	342.79	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	36	286.89	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

ENSAYO N° 34				
ESTRUCTURA	PLACA MC-05 MÓDULO 03 PISO 01 EJES 1 - M			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	39	342.79	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	36	286.89	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	307.39
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	20.50
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	287 Kg/cm²





DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	303.66
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	20.50
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	283 Kg/cm²

ENSAYO N° 35				
ESTRUCTURA	PLACA MC-7 MÓDULO 04 PISO 01 EJES 6 - F			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	40	361.42	ACEPTADO
	2	40	361.42	ACEPTADO
	3	39	342.79	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	40	361.42	ACEPTADO
	7	35	268.26	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	39	342.79	ACEPTADO
	10	35	268.26	ACEPTADO

ENSAYO N° 36				
ESTRUCTURA	PLACA MC-7 MÓDULO 04 PISO 01 EJES 6 - F			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	39	342.79	ACEPTADO
	2	37	305.52	ACEPTADO
	3	40	361.42	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	35	268.26	ACEPTADO
	7	39	342.79	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	37	305.52	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	327.88
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	34.91
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	293 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	318.57
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	27.84
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	291 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS Laboratorio	 Tesistas	 Tesistas	 Asesor
---	---	--	---

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:		MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
NORMA:		N.T.P 339.181	
TESIS: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.			
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 37				
ESTRUCTURA	PLACA MC- 3 MÓDULO 02 PISO 02 EJES 4 – A			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	41	380.05	ACEPTADO
	2	41	380.05	ACEPTADO
	3	41	380.05	ACEPTADO
	4	40	361.42	ACEPTADO
	5	39	342.79	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	40	361.42	ACEPTADO

ENSAYO N° 38				
ESTRUCTURA	PLACA MC- 01 MÓDULO 01 PISO 03 EJES 4 – C			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	39	342.79	ACEPTADO
	2	37	305.52	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	40	361.42	ACEPTADO
	5	39	342.79	ACEPTADO
	6	40	361.42	ACEPTADO
	7	39	342.79	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	39	342.79	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	352.10
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	26.71
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	325 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	335.34
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	20.03
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	315 Kg/cm²

ENSAYO N° 39				
ESTRUCTURA	PLACA MC-9 ESCALERA -N° 1 PISO 01 (frente al módulo 03)			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	40	361.42	ACEPTADO
	2	40	361.42	ACEPTADO
	3	39	342.79	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	39	342.79	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	40	361.42	ACEPTADO
	9	41	380.05	ACEPTADO
	10	40	361.42	ACEPTADO

ENSAYO N° 40				
ESTRUCTURA	PLACA MC-9 ESCALERA -N° 1 PISO 03 (frente al módulo 03)			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	40	361.42	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	40	361.42	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	40	361.42	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	39	342.79	ACEPTADO
	9	41	380.05	ACEPTADO
	10	43	417.32	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	353.97
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	15.71
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	338 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	352.10
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	30.74
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	321 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Tesistas	 Asesor
--	---	--

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)		
NORMA:	N.T.P 339.181		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 41				
ESTRUCTURA	PLACA MC-10 ESCALERA -N° 2- ASCENSOR PISO 02			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	40	361.42	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	40	361.42	ACEPTADO
	4	41	380.05	ACEPTADO
	5	42	398.68	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	35	268.26	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

ENSAYO N° 42				
ESTRUCTURA	PLACA MC-10 ESCALERA -N° 2- ASCENSOR PISO 04			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	41	380.05	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	41	380.05	ACEPTADO
	4	37	305.52	ACEPTADO
	5	36	286.89	ACEPTADO
	6	41	380.05	ACEPTADO
	7	36	286.89	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	335.34
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	41.38
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	294 Kg/cm²



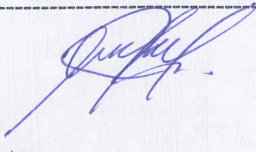
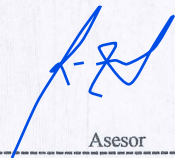
DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	333.47
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	38.54
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	295 Kg/cm²


ENSAYO N° 43				
ESTRUCTURA	ESCALERA -N° 1 PISO 01 (frente al módulo 03)			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	37	305.52	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

ENSAYO N° 44				
ESTRUCTURA	ESCALERA -N° 1 PISO 01 (frente al módulo 03)			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	41	380.05	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	43	417.32	ACEPTADO
	7	41	380.05	ACEPTADO
	8	40	361.42	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	35	268.26	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	326.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	16.31
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	310 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	350.24
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	41.38
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	309 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Tesistas	 Tesistas	 Asesor
---	---	--	---

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
	NORMA:	N.T.P 339.181	
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 45				
ESTRUCTURA	ESCALERA -N° 2- ASCENSOR PISO 01			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	35	268.26	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	35	268.26	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	44	435.95	ACEPTADO
	8	36	286.89	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

ENSAYO N° 46				
ESTRUCTURA	ESCALERA -N° 2- ASCENSOR PISO 01			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	39	342.79	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	318.57
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	50.49
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	268 Kg/cm²


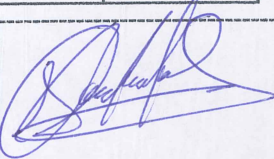

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	331.61
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	20.03
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	312 Kg/cm²

ENSAYO N° 47				
ESTRUCTURA	ESCALERA -N° 1 PISO 0 (frente al módulo 03)			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	37	305.52	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

ENSAYO N° 48				
ESTRUCTURA	ESCALERA -N° 1 PISO 01 (frente al módulo 03)			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	41	380.05	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	43	417.32	ACEPTADO
	7	41	380.05	ACEPTADO
	8	40	361.42	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	35	268.26	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	326.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	16.31
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	310 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	350.24
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	41.38
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	309 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Tesistas	 Asesor
---	---	--

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)		
NORMA:	N.T.P 339.181		
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 49				
ESTRUCTURA	ESCALERA -N° 2- ASCENSOR PISO 02			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	35	268.26	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	35	268.26	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	44	435.95	ACEPTADO
	8	36	286.89	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

ENSAYO N° 50				
ESTRUCTURA	ESCALERA -N° 2- ASCENSOR PISO 02			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	39	342.79	ACEPTADO
	9	40	361.42	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	318.57
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	50.49
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	268 Kg/cm ²


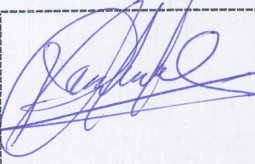
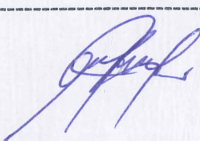
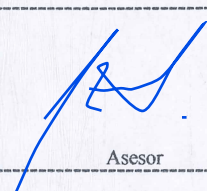
DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	331.61
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	20.03
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	312 Kg/cm ²


ENSAYO N° 51				
ESTRUCTURA	COLUMNA C-1 MÓDULO 04 PISO 03 EJES 5 - G			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	39	342.79	ACEPTADO
	3	40	361.42	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	40	361.42	ACEPTADO
	7	35	268.26	ACEPTADO
	8	35	268.26	ACEPTADO
	9	35	268.26	ACEPTADO
	10	39	342.79	ACEPTADO

ENSAYO N° 52				
ESTRUCTURA	VIGA VP-1' MÓDULO 04 PISO 03 EN EL EJES 1' ENTRE 5 - 6			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	40	361.42	ACEPTADO
	2	35	268.26	ACEPTADO
	3	36	286.89	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	39	342.79	ACEPTADO
	7	39	342.79	ACEPTADO
	8	36	286.89	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	322.29
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	39.72
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	283 Kg/cm ²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	311.11
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	31.73
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	279 Kg/cm ²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE ESTRUCTURA	 Tesistas	 Tesistas	 Asesor
	<hr/>		

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
	NORMA:	N.T.P 339.181	
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 53				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 01 PISO 03 ENTRE LOS EJES D – E Y 2 - 3			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	40	361.42	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	36	286.89	ACEPTADO
	4	37	305.52	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	36	286.89	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

ENSAYO N° 54				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 03 PISO 01 ENTRE LOS EJES L – M Y 4 - 5			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	40	361.42	ACEPTADO
	5	40	361.42	ACEPTADO
	6	39	342.79	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	39	342.79	ACEPTADO
	10	37	305.52	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	305.52
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	24.84
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	281 Kg/cm²


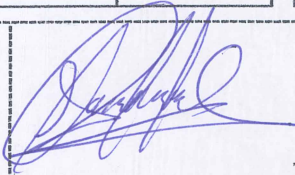

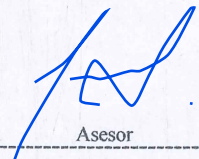
DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	331.61
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	20.03
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	312 Kg/cm²


ENSAYO N° 55				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 04 PISO 01 ENTRE LOS EJES F – G Y 5 - 6			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	37	305.52	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

ENSAYO N° 56				
ESTRUCTURA	LOSA DEL MÓDULO 04 PISO 03 ENTRE LOS EJES F – G Y 5 - 6			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 90^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	38	324.16	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	39	342.79	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	37	305.52	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	320.43
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	11.78
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	309 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	320.43
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	11.78
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	309 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Tesistas	 Tesistas	 Asesor
--	---	--	---

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO (ESCLEROMETRÍA)	
	NORMA:	N.T.P 339.181	
TESIS:	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO, MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, 2023.		
UBICACIÓN	Edificio de Ingeniería Agroindustrial UNACH	FECHA	09/11/2023
TESISTAS	DEILER DANY IDROGO CABRERA, YOÉL ALEX VÁSQUEZ LLAMOCTANTA		

ENSAYO N° 57				
ESTRUCTURA	PLACA MC-2 MÓDULO 01 PISO 02 EJES 2 - K			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	38	324.16	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	37	305.52	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	36	286.89	ACEPTADO
	7	37	305.52	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

ENSAYO N° 58				
ESTRUCTURA	PLACA MC-4 MÓDULO 02 PISO 03 EJES 1 - B			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	37	305.52	ACEPTADO
	2	37	305.52	ACEPTADO
	3	38	324.16	ACEPTADO
	4	38	324.16	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	37	305.52	ACEPTADO
	7	36	286.89	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	38	324.16	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	301.80
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	14.70
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	287 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	309.25
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	14.70
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	295 Kg/cm²

ENSAYO N° 59				
ESTRUCTURA	PLACA MC-05 MÓDULO 03 PISO 04 EJES 1 - M			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	39	342.79	ACEPTADO
	2	36	286.89	ACEPTADO
	3	36	286.89	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	37	305.52	ACEPTADO
	6	38	324.16	ACEPTADO
	7	38	324.16	ACEPTADO
	8	37	305.52	ACEPTADO
	9	36	286.89	ACEPTADO
	10	36	286.89	ACEPTADO

ENSAYO N° 60				
ESTRUCTURA	PLACA MC-7 MÓDULO 04 PISO 01 EJES 6 - I'			
RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
ÁNGULO DE IMPACTO	N° REBOTE	f_c	ACEPTACIÓN	
$\alpha = 0^\circ$	1	39	342.79	ACEPTADO
	2	37	305.52	ACEPTADO
	3	40	361.42	ACEPTADO
	4	36	286.89	ACEPTADO
	5	38	324.16	ACEPTADO
	6	35	268.26	ACEPTADO
	7	39	342.79	ACEPTADO
	8	38	324.16	ACEPTADO
	9	37	305.52	ACEPTADO
	10	38	324.16	ACEPTADO

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	303.66
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	20.50
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	283 Kg/cm²

DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	
PROMEDIO:	318.57
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	27.84
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	291 Kg/cm²

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA TÉCNICO DEL LABORATORIO DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS	 Tesistas	 Tesistas	 Asesor
	 Asesor		

Anexo E. Metrado de cargas

a) MÓDULO 1

Tabla 68

Metrado de Cargas Shell Módulo 1

Piso	Descripción	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)	
Piso 1	CARGA MUERTA					
	-Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0	
	- Acabados			100		
	- Cielo raso			25		
	Piso 2	CARGA VIVA				
		- Pasadizo				400
		- Oficinas				250
- Laboratorio					300	
- Almacenaje					500	
CARGA MUERTA						
- Peso del ladrillo 30x30x15cm		8.33	9	74.97	200.0	
- Acabados			100			
- Cielo raso			25			
Piso 3	CARGA VIVA					
	- Pasadizo				400	
	- Aulas				250	
	- Biblioteca				300	
	- Biblioteca (Almacén)				750	
	CARGA MUERTA					
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	110.0	
- Cobertura de teja andina			10			
- Cielo raso			25			
Techos	CARGA VIVA DE TECHO					
	- Techos inclinados				50	

Tabla 69

Metrado de Cargas Frame Módulo 1

Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARG DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (4-4)	0.15	2.1	1850	1	583
Muro lateral del Eje (2-2)	0.15	1.05	1850	1	291
Carga Interior Piso N°1					
Muro interior del Eje (E-E)	0.15	2.6	1850	1	722
Muro interior del Eje (I-I)	0.15	2.6	1850	1	722

b) MÓDULO 2

Tabla 70

Metrado de Cargas Shell Módulo 2

Piso	Descripción	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
Piso 1	CARGA MUERTA				
	-Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
- Pasadizo				400	
- Oficinas				250	
Piso 2	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
- Pasadizo				400	
- Aulas				250	
Piso 3	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
- Pasadizo				400	
- Aulas				250	
Techos	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	110.0
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
- Techos inclinados				50	

Tabla 71

Metrado de Cargas Frame Módulo 2

Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARGA DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (4-4)	0.15	2.1	1850	1	583
Muro central del Eje (3-3)	0.15	2.75	1850	1	763
Muro lateral del Eje (1-1)	0.15	2.75	1850	1	763
Carga Interior					
Muro interior del Eje (A-A)	0.15	1.05	1850	1	291
Muro interior del Eje (B-B)	0.15	1.05	1850	1	291
Muro interior del Eje (B-B)	0.15	2.75	1850	1	763

c) MÓDULO 3

Tabla 72

Metrado de Cargas Shell Módulo 3

Piso	Descripción	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
- Laboratorio				300	
PISO 2	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
- Aulas				250	
PISO 3	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- Pasadizo				400
- Sala de Computo				300	
TECHOS	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	110.0
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
- Techos inclinados				50	

Tabla 73

Metrado de Cargas Frame Módulo 3

Discrpción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
Carga distribuida					
Muro frontal del Eje (1-1)	0.15	2.75	1850	1	763
Muro lateral del Eje (5-5)	0.15	2.75	1850	1	763
Carga Interior					
Muro interior del Eje (M-M)	0.15	1.05	1850	1	291
Muro interior del Eje (M-M)	0.15	2.75	1850	1	763
Muro interior del Eje (L-L)	0.15	1.05	1850	1	291
Muro interior del Eje (L-L)	0.15	2.75	1850	1	763

d) MÓDULO 4

Tabla 74

Metrado de Cargas Shell Módulo 4

Piso	Descripción	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
Piso 1	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- SS.HH				250
Piso 2	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- SS.HH				250
Piso 3	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	200.0
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA				
	- SS.HH				250
Techos	CARGA MUERTA				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	74.97	110.0
	- Cobertura de teja andina			10	
	- Cielo raso			25	
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

Tabla 75*Metrado de Cargas Frame Módulo 4*

Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
Carga Distribuida					
Muro frontal del Eje (5-5)	0.15	2.1	1850	1	583
Muro lateral del Eje (6-6)	0.15	2.9	1850	1	805
Carga Interior					
Muro interior del	0.15	2.1	1850	1	583

e) MÓDULO 5**Tabla 76***Metrado de Cargas Shell Módulo 5*

Piso	Descripción	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
Piso 1	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	CARGA VIVA				
Piso 2	- Deposito (escalera)			200	200.0
	- Escaleras				400
	CARGA MUERTA				
Piso 3	- Acabados			100	100.0
	CARGA VIVA				
	- Deposito (escalera)			200	200.0
Techos	- Escaleras				400
	CARGA MUERTA				
	- Acabados			50	50.0
CARGA VIVA DE TECHO					
	- Techos inclinados				50
CARGA DE AGUA					
	- AGUA				1600

Tabla 77*Metrado de Cargas Frame Módulo 5*

Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARGA DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (5-5)	0.15		1850	1	0
Muro lateral del Eje (6-6)	0.15		1850	1	0
Carga Interior					
Muro interior del	0.15		1850	1	0

f) MÓDULO 6**Tabla 78***Metrado de Cargas Shell Módulo 6*

Piso	Descripción	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
Piso 1	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	CARGA VIVA				
Piso 2	- Escaleras				400
	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	CARGA VIVA				
	- Escaleras				400
Piso 3	CARGA MUERTA				
	- Acabados			100	100.0
	- Ascensor			375.00	375.0
	CARGA VIVA				
	- Escaleras				400
	- Ascensor				250
Techos	CARGA MUERTA				
	- Acabados			10	100.0
	CARGA VIVA DE TECHO				
	- Techos inclinados				50

Tabla 79*Metrado de Cargas Frame Módulo 6*

Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
CARGA DISTRIBUIDA					
Muro frontal del Eje (5-5)	0.15		1850	1	0
Muro lateral del Eje (6-6)	0.15		1850	1	0
Carga Interior					
Muro interior del	0.15		1850	1	0

Anexo F. Análisis estático y dinámico

MÓDULO 1

ANALISIS ESTATICO

I) ANALISIS ESTATICO

Periodo.

Hn= Desde el nivel 0+00
 Ctx= Muros estructurales
 Cty= Albañileria

Periodo Fundamental de Vibración

Hn= **15.85**
 Ctx= **60**
 Cty= **60**

Tx= **0.26 seg**
 Ty= **0.26 seg**

E-030

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



FIGURA N° 1

Los parametros sísmicos

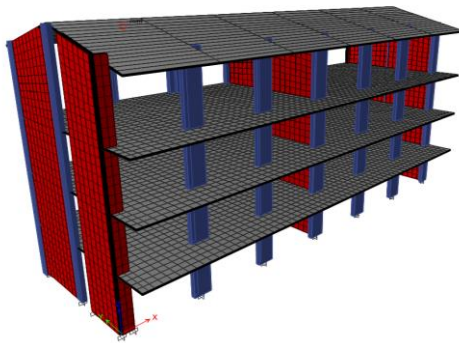


Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

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

Z= **0.25**
 U= **1.50**
 S= **1.20**
 C=
 R=



S2	TP	T	TL
	0.6		2

Coefficiente de reducción "R"

Factor de Irregularidad en altura
 Factor de Irregularidad en planta

la= **1.00**
 lp= **1.00**

Rx= **6.00**
 Ry= **3.00**

Muros Estructurales
 Albañileria

Cálculo de amplificación sísmica "C"

Factor de Amplificación Sísmica (C)

$$T < T_P$$

$$C = 2,5$$

$$T_x = 0.26$$

$$T_y = 0.26$$

$$T_P = 0.60$$

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

Calculo del factor C "Coef. Cortante"

EN ETABS

$$C_x = ZUSC_x/R = 0.1875$$

$$C_y = ZUSC_y/R = 0.3750$$

El valor de C/R no debera considerarse menor que:

en el eje X $C/R \geq 0.11$ **0.417** **OK**

en el eje Y $C/R \geq 0.11$ **0.833** **OK**

Fuerza en la base.

Fuerza cortante en la base de la estructura.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Masa y pesos de la estructura

Nº	Masa (Kgf-s2/m)		peso (Kgf)	
	X	Y	X	Y
Piso 4	17900.12	17900.12	175541.11	175541.11
Piso 3	38075.32	38075.32	373393.24	373393.24
Piso 2	30784.10	30784.10	301890.43	301890.43
Piso 1	33029.64	33029.64	323911.77	323911.77

Peso en X= **1174736.55**

Peso en y= **1174736.55**

La fuerza cortante en X : Vx= 220263.10 220.26ton

La fuerza cortante en Y : Vy= 440526.21 440.53ton

Distribución de la fuerza sísmica en altura.

Está determinado por la siguiente expresión

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Donde:

V= Cortante basal
 ai = Factor de F
 n= número de pisos

K: es un exponente relacionado con el periodo de fundamental de vibración de la estructura (T).

$$T \leq 0.5 \text{ ----> } k=1.0$$

$$T \geq 0.5 \text{ ----> } k=0.75+0.5T \leq 2.0$$

Kx= 1

Ky= 1

Fuerza sísmica en dirección X

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	175541.11	15.85	2782326.54	0.28	61934.88	61.93
Piso 3	373393.24	10.35	3864620.04	0.39	86026.84	86.03
Piso 2	301890.43	6.95	2098138.51	0.21	46704.78	46.70
Piso 1	323911.77	3.55	1149886.79	0.12	25596.60	25.60
Σ= P. Ed.	1174736.55	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	9894971.88	1.00	220263.10	220.26

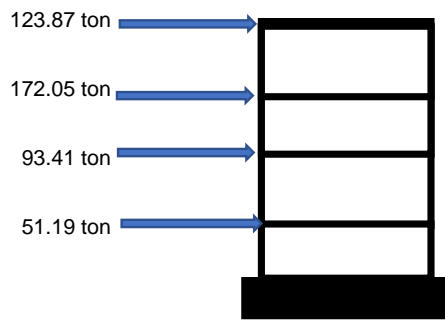
Grafico de la fuerzas en la altura



Fuerza sísmica en dirección y

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	175541.11	15.85	2782326.54	0.28	123869.76	123.87
Piso 3	373393.24	10.35	3864620.04	0.39	172053.69	172.05
Piso 2	301890.43	6.95	2098138.51	0.21	93409.56	93.41
Piso 1	323911.77	3.55	1149886.79	0.12	51193.20	51.19
Σ= P. Ed.	1174736.55	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	9894971.88	0.61	440526.21	440.53

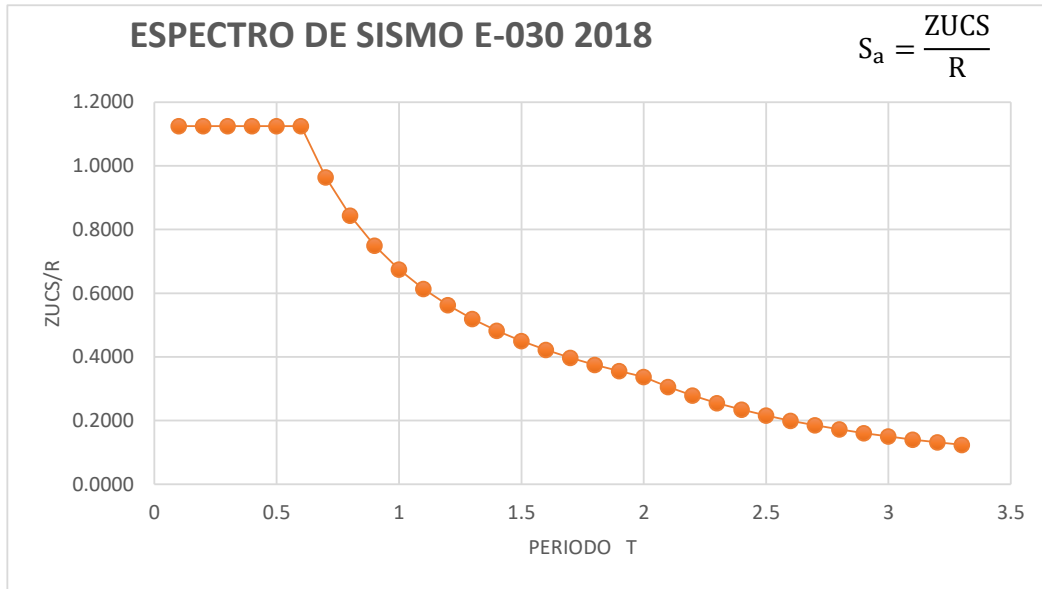
Grafico de la fuerzas en la altura



ANALISIS DINAMICO

II) Analisis modal espectral - Analisis dinamico

Aceleración espectral



Factor de amplificación (Cortante dinamica)

NTE 030

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$ -----> REGULAR
 $V_{din} \geq 90\% V_{est}$ -----> IRREGULAR

EN X-X

	Load Case/Combo	FX
Vest=	S_ETX	220.26
Vdin=	S_DX Max	180.03

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
82%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "X" es el :

82% Cumple

EN Y-Y

	Load Case/Combo	FY
Vest=	S_ETY	440.53
Vdin=	S_DY Max	343.52

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
78%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "Y" es el :

78% Entonces incrementar cortante

Es necesario lograr que la fuerza cortante obtenida mediante el metodo dinamico sea igual a por lo menos el 80% de la fuerza cortante obtenida mediante el metodo estatico descrito por la norma de diseño sismo resistente.

Amplificar :

se amplifica al sismo por un nuevo factor de escala

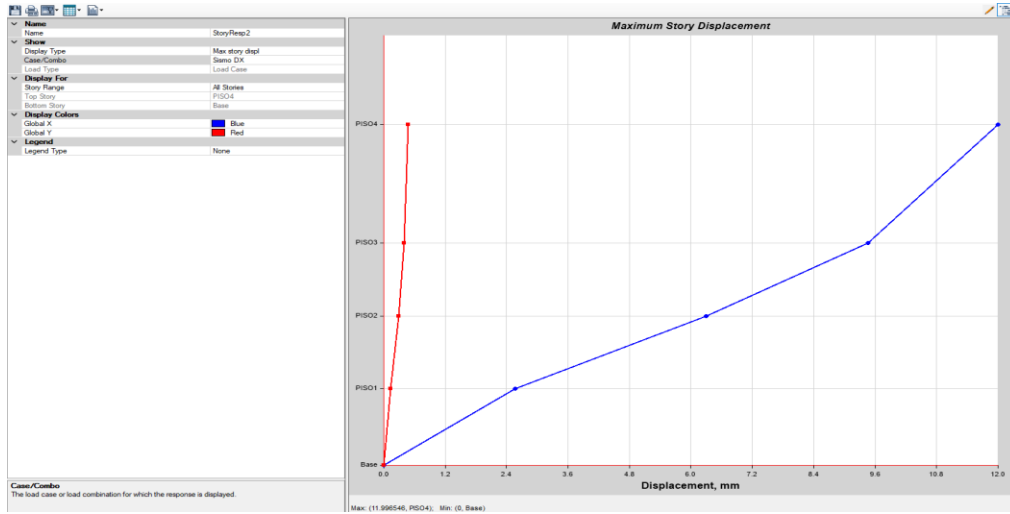
FaX	
FaY	1.03



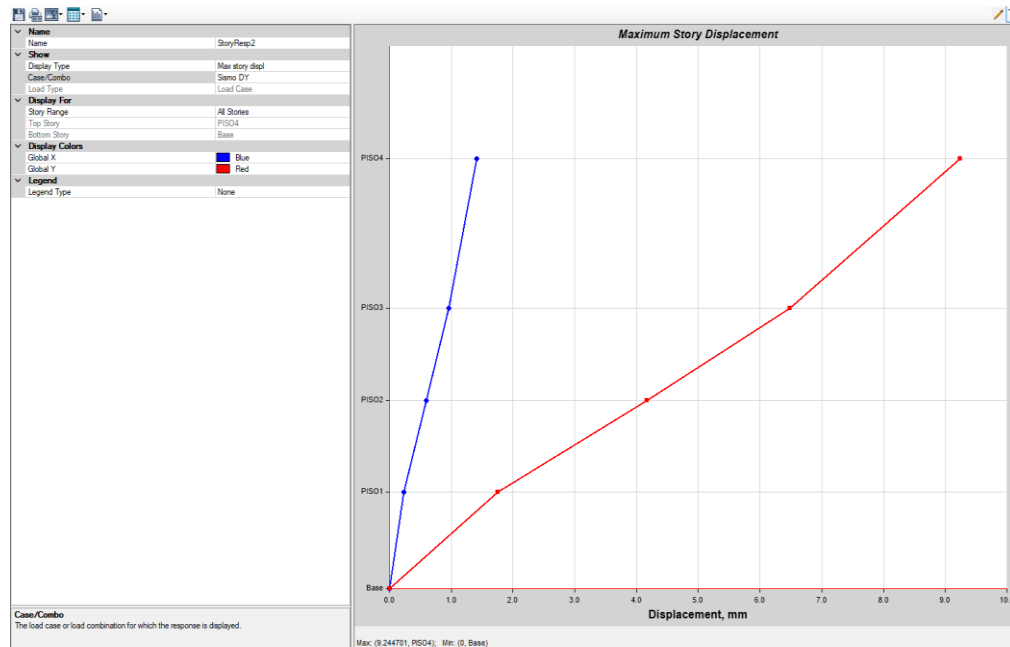
este nuevo factor F.E. no afecta a los desplazamientos, solo al diseño.

Desplazamientos absolutos y relativos (Derivas)

Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en direcci3n X = 11.99 mm.

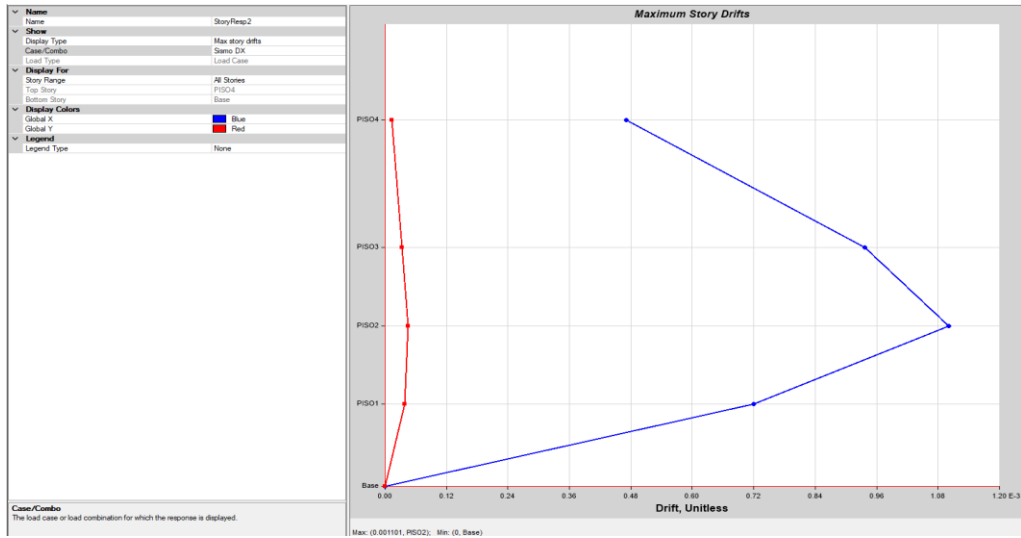


Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en direcci3n Y = 9.24 mm.



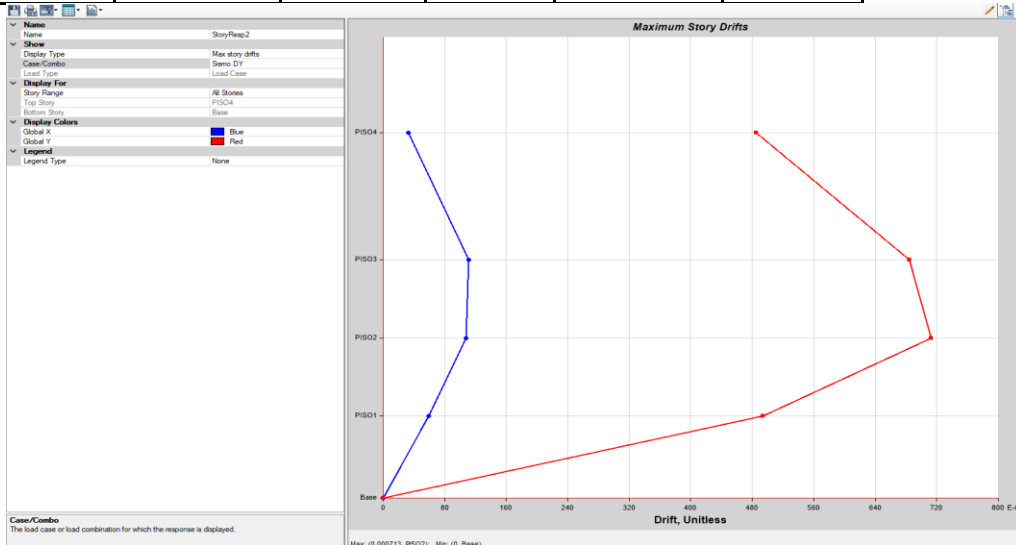
Desplazamiento relativos en direcci3n "X".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcci3n	Deriva	Rx= 6	
				Deriva *0.75*R < 0.007	
Piso 4	SIS Dinam.	X	0.000471	0.0021195	Si
Piso 3	SIS Dinam.	X	0.000936	0.004212	Si
Piso 2	SIS Dinam.	X	0.001101	0.0049545	Si
Piso 1	SIS Dinam.	X	0.00072	0.00324	Si



Desplazamiento relativos en direcci3n "Y".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcci3n	Deriva	Rx= 3	
				Deriva *0.75*R < 0.005	
Piso 4	SIS Dinam.	Y	0.000486	0.0010935	Si
Piso 3	SIS Dinam.	Y	0.000685	0.00154125	Si
Piso 2	SIS Dinam.	Y	0.000713	0.00160425	Si
Piso 1	SIS Dinam.	Y	0.000494	0.0011115	Si



Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec												
Modal	1	0.428	0.8073	0.0004	0	0.8073	0.0004	0	4.8E-05	0.2105	1.457E-05	4.829E-05	0.2105	1.46E-05
Modal	2	0.222	0.0002	0.7599	0	0.8074	0.7602	0	0.2198	0.0002	0.0322	0.2198	0.2107	0.0322
Modal	3	0.176	0.0001	0.0355	0	0.8075	0.7957	0	0.0076	0.0033	0.7455	0.2274	0.214	0.7777
Modal	4	0.132	0.1107	4.6E-05	0	0.9182	0.7958	0	0.001	0.5715	0.0011	0.2284	0.7855	0.7788
Modal	5	0.074	0.0007	0.1273	0	0.9188	0.9231	0	0.5207	0.0013	0.0033	0.7492	0.7867	0.7821
Modal	6	0.073	0.0494	0.0023	0	0.9682	0.9255	0	0.01	0.1027	0.0015	0.7592	0.8894	0.7836
Modal	7	0.071	0.0022	7.2E-06	0	0.9704	0.9255	0	2.1E-05	0.0027	2.048E-05	0.7592	0.8921	0.7836
Modal	8	0.066	5.15E-06	2.4E-05	0	0.9704	0.9255	0	0.0001	0.0006	8.82E-06	0.7593	0.8927	0.7836
Modal	9	0.059	0.0001	1.5E-05	0	0.9704	0.9255	0	0.0001	0.0007	0.0033	0.7594	0.8934	0.7869
Modal	10	0.056	0.0003	0.0027	0	0.9708	0.9282	0	0.0131	0.0011	0.1318	0.7725	0.8945	0.9187
Modal	11	0.048	7.73E-07	2.8E-06	0	0.9708	0.9282	0	1.6E-05	2.575E-06	0.0002	0.7725	0.8945	0.9189
Modal	12	0.046	3.39E-05	0.0457	0	0.9708	0.9739	0	0.1352	4.853E-05	0.0001	0.9077	0.8945	0.919

MÓDULO 2

ANALISIS ESTATICO

I) ANALISIS ESTATICO

Periodo.

Hn= Desde el nivel 0+00
 Ctx= Muros estructurales
 Cty= Muros estructurales

Periodo Fundamental de Vibración

Hn= **15.85**
 Ctx= **60**
 Cty= **60**

Tx= **0.26 seg**
 Ty= **0.26 seg**

E-030

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



FIGURA N° 1

Los parametros sísmicos

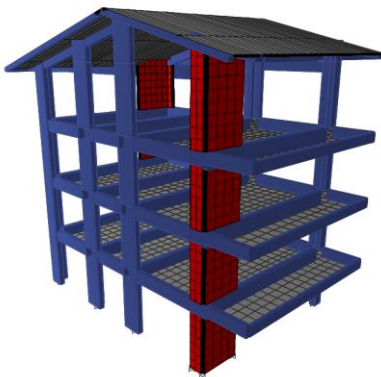


Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

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

Z= **0.25**
 U= **1.50**
 S= **1.20**
 C=
 R=



	TP	T	TL
S2	0.6	2	2

Coefficiente de reducción "R"

Factor de Irregularidad en altura
 Factor de Irregularidad en planta

la= **1.00**
 lp= **1.00**

Rx= **6.00**
 Ry= **6.00**

Muros Estructurales
 Muros Estructurales

Cálculo de amplificación sísmica "C"

Factor de Amplificación Sísmica (C)

$$T < T_P$$

$$C = 2,5$$

$$T_x = 0.26$$

$$T_y = 0.26$$

$$T_P = 0.60$$

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

Calculo del factor C "Coef. Cortante"

EN ETABS

$$C_x = ZUSC_x/R = 0.1875$$

$$C_y = ZUSC_y/R = 0.1875$$

El valor de C/R no debera considerarse menor que:

en el eje X $C/R \geq 0.11$ **0.417** **OK**

en el eje Y $C/R \geq 0.11$ **0.417** **OK**

Fuerza en la base.

Fuerza cortante en la base de la estructura.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Masa y pesos de la estructura

Nº	Masa (Kgf-s2/m)		peso (Kgf)	
	X	Y	X	Y
Piso 4	6831.62	6831.62	66995.65	66995.65
Piso 3	17635.98	17635.98	172950.77	172950.77
Piso 2	13200.44	13200.44	129452.75	129452.75
Piso 1	14153.65	14153.65	138800.60	138800.60

Peso en X= **508199.77**

Peso en y= **508199.77**

La fuerza cortante en X : Vx= 95287.46 95.29ton

La fuerza cortante en Y : Vy= 95287.46 95.29ton

Distribución de la fuerza sísmica en altura.

Está determinado por la siguiente expresión

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Donde:

V= Cortante basal
 ai = Factor de F
 n= número de pisos

K: es un exponente relacionado con el periodo de fundamental de vibración de la estructura (T).

$$T \leq 0.5 \text{ ----> } k=1.0$$

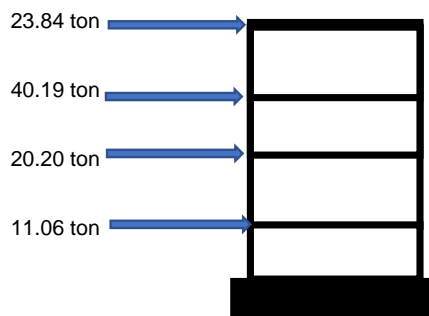
$$T \geq 0.5 \text{ ----> } k=0.75+0.5T \leq 2.0$$

Kx= 1
 Ky= 1

Fuerza sísmica en dirección X

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	66995.65	15.85	1061881.02	0.25	23839.62	23.84
Piso 3	172950.77	10.35	1790040.42	0.42	40187.07	40.19
Piso 2	129452.75	6.95	899696.65	0.21	20198.52	20.20
Piso 1	138800.60	3.55	492742.13	0.12	11062.24	11.06
Σ= P. Ed.	508199.77	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	4244360.21	1.00	95287.46	95.29

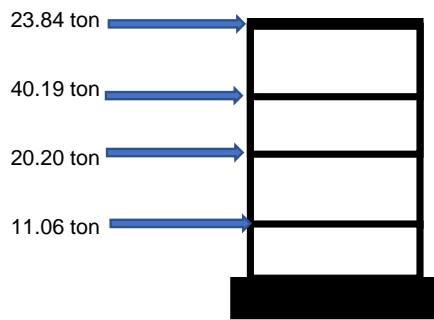
Grafico de la fuerzas en la altura



Fuerza sísmica en dirección y

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	66995.65	15.85	1061881.02	0.25	23839.62	23.84
Piso 3	172950.77	10.35	1790040.42	0.42	40187.07	40.19
Piso 2	129452.75	6.95	899696.65	0.21	20198.52	20.20
Piso 1	138800.60	3.55	492742.13	0.12	11062.24	11.06
Σ= P. Ed.	508199.77	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	4244360.21	0.58	95287.46	95.29

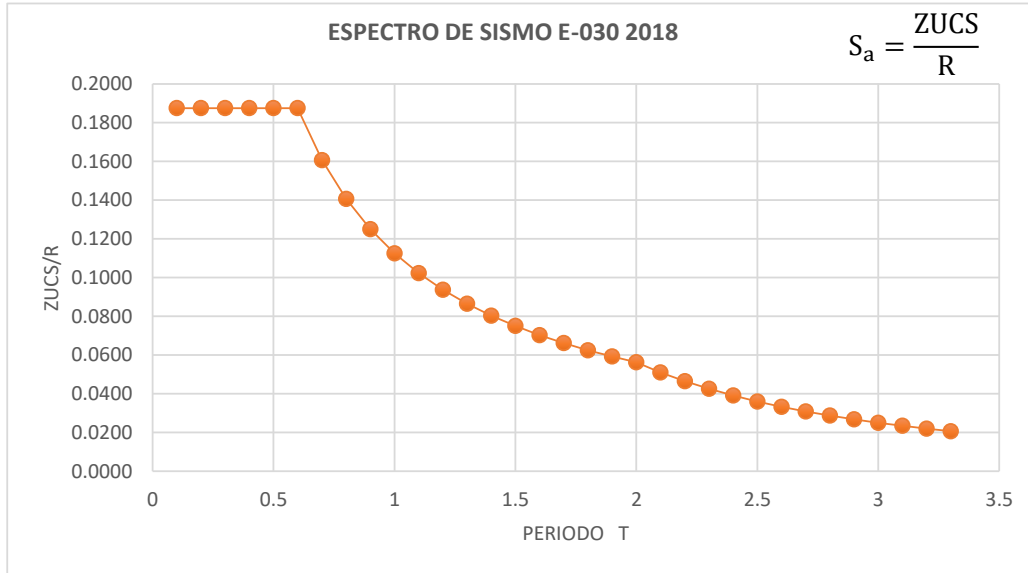
Grafico de la fuerzas en la altura



ANALISIS DINAMICO

II) Analisis modal espectral - Analisis dinamico

Aceleración espectral



Factor de amplificación (Cortante dinamica)

NTE 030

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$ -----> REGULAR
 $V_{din} \geq 90\% V_{est}$ -----> IRREGULAR

EN X-X

	Load Case/Combo	FX
Vest=	S_ETX	95.29
Vdin=	S_DX Max	63.57

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
67%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "X" es el :

67%

Entonces incrementar cortante

EN Y-Y

	Load Case/Combo	FY
Vest=	S_ETY	95.29
Vdin=	S_DY Max	71.33

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
75%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "Y" es el :

75%

Entonces incrementar cortante

Es necesario lograr que la fuerza cortante obtenida mediante el metodo dinamico sea igual a por lo menos el 80% de la fuerza cortante obtenida mediante el metodo estatico descrito por la norma de diseño sismo resistente.

Amplificar :

se amplifica al sismo por un nuevo factor de escala

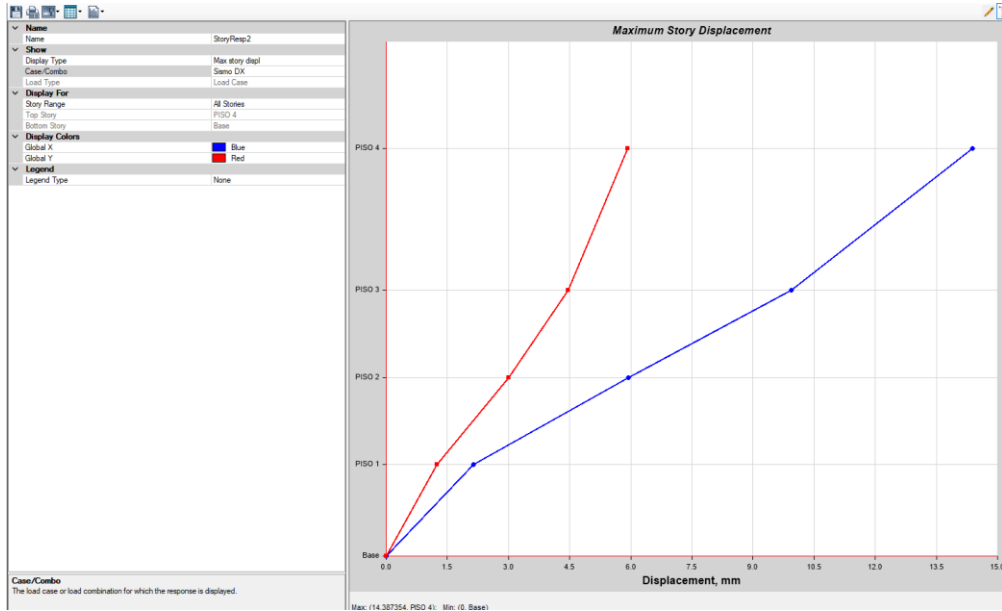
FaX	1.20
FaY	1.07



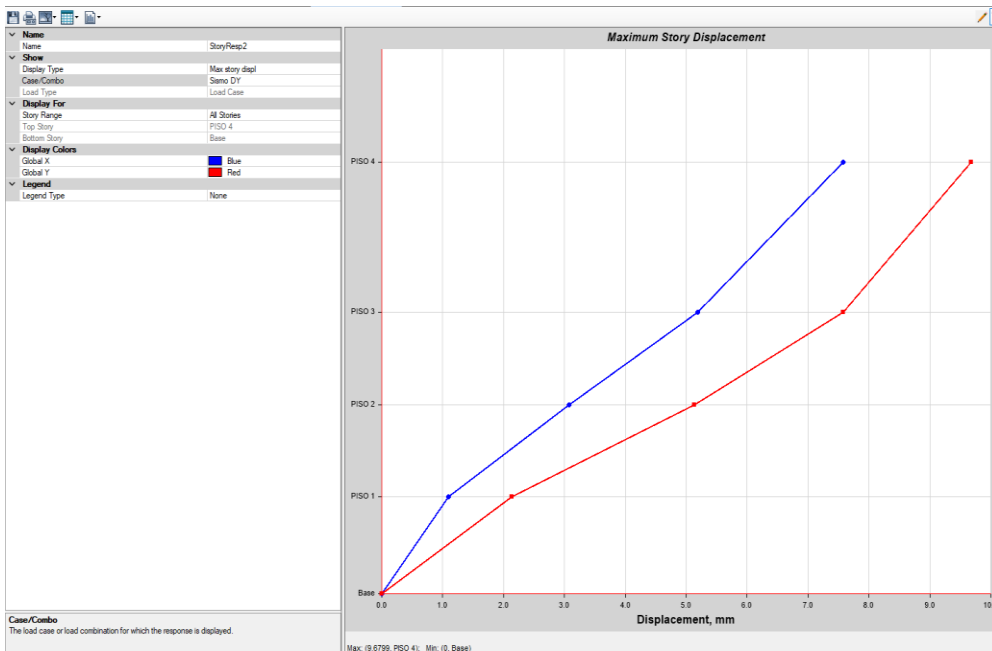
este nuevo factor F.E. no afecta a los desplazamientos, solo al diseño.

Desplazamientos absolutos y relativos (Derivas)

Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección X = 14.38 mm.

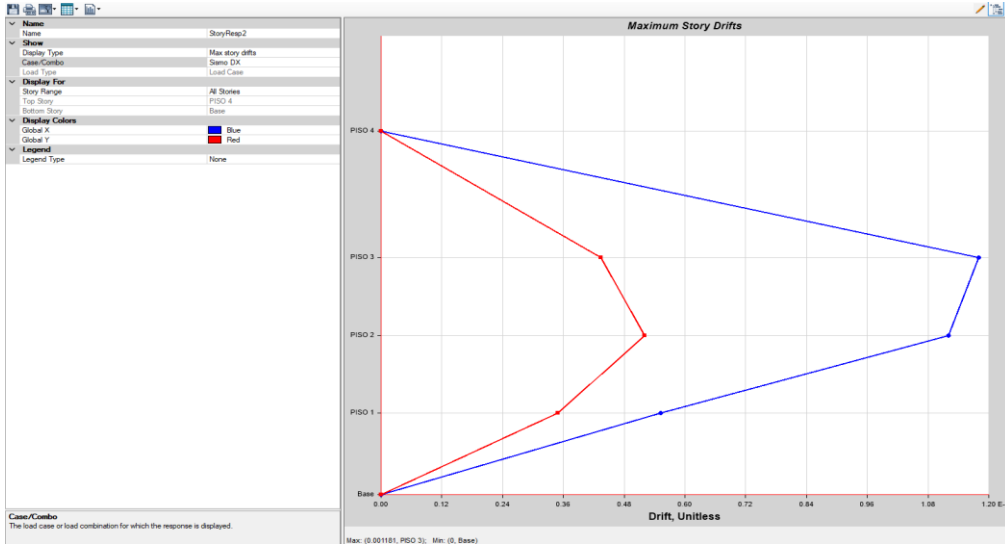


Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección Y = 9.67 mm.



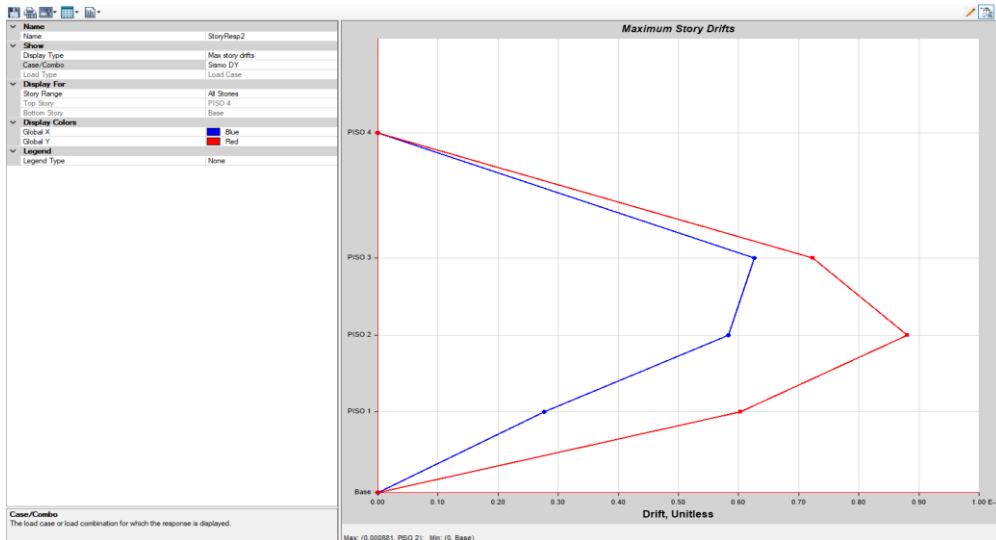
Desplazamiento relativos en direcciòn "X".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcciòn	Deriva	Rx= 6	
				Deriva *0.75*R < 0.007	
Piso 4	SIS Dinam.	X	0	0	Si
Piso 3	SIS Dinam.	X	0.001181	0.0053145	Si
Piso 2	SIS Dinam.	X	0.00112	0.00504	Si
Piso 1	SIS Dinam.	X	0.000552	0.002484	Si



Desplazamiento relativos en direcciòn "Y".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcciòn	Deriva	Rx= 6	
				Deriva *0.75*R < 0.007	
Piso 4	SIS Dinam.	Y	0	0	Si
Piso 3	SIS Dinam.	Y	0.000723	0.0032535	Si
Piso 2	SIS Dinam.	Y	0.000881	0.0039645	Si
Piso 1	SIS Dinam.	Y	0.000602	0.002709	Si



Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.428	0.5916	0.1604	0	0.5916	0.1604	0	0.0352	0.2155	0.0182	0.0352	0.2155	0.0182
Modal	2	0.377	0.1233	0.664	0	0.7149	0.8244	0	0.1515	0.0508	0.0279	0.1867	0.2663	0.0461
Modal	3	0.287	0.0326	0.0101	0	0.7475	0.8346	0	1.1E-06	0.017	0.7304	0.1867	0.2833	0.7765
Modal	4	0.116	0.0495	0.0708	0	0.797	0.9054	0	0.4713	0.1303	0.001	0.658	0.4136	0.7775
Modal	5	0.104	0.0919	0.0351	0	0.8889	0.9405	0	0.1855	0.2745	0.0175	0.8434	0.6881	0.7951
Modal	6	0.071	0.0161	0.0104	0	0.905	0.9509	0	0.0225	0.0453	0.1111	0.8659	0.7334	0.9062
Modal	7	0.067	0.0171	0.0229	0	0.9221	0.9738	0	0.0295	0.048	0.013	0.8954	0.7814	0.9192
Modal	8	0.053	0.0427	0.0035	0	0.9648	0.9773	0	0.007	0.1003	0.014	0.9023	0.8818	0.9332
Modal	9	0.044	0.0009	0.014	0	0.9657	0.9914	0	0.0572	0.0026	0.0002	0.9596	0.8844	0.9334
Modal	10	0.039	0.0012	0.0003	0	0.9669	0.9916	0	0.0029	0.0017	0.004	0.9625	0.8861	0.9374
Modal	11	0.036	0.01	4.7E-05	0	0.977	0.9917	0	1.3E-06	0.0224	0.0334	0.9625	0.9085	0.9709
Modal	12	0.033	0.0128	0.0007	0	0.9898	0.9923	0	0.0026	0.0458	0.0049	0.9651	0.9543	0.9757

MÓDULO 3

ANALISIS ESTATICO

I) ANALISIS ESTATICO

Periodo.

Hn= Desde el nivel 0+00
 Ctx= Muros estructurales
 Cty= Muros estructurales

Periodo Fundamental de Vibración

Hn= **15.85**
 Ctx= **60**
 Cty= **60**

Tx= **0.26 seg**
 Ty= **0.26 seg**

E-030

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



FIGURA N° 1

Los parametros sísmicos

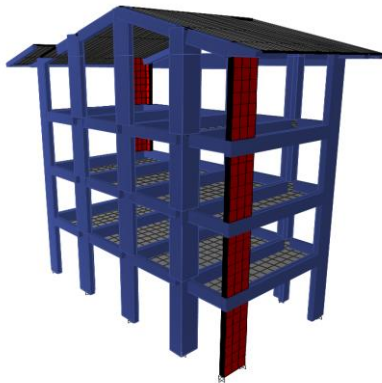


Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

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

Z= **0.25**
 U= **1.50**
 S= **1.20**
 C=
 R=



	TP	T	TL
S2	0.6	2	2

Coefficiente de reducción "R"

Factor de Irregularidad en altura
 Factor de Irregularidad en planta

la= **1.00**
 lp= **1.00**

Rx= **6.00**
 Ry= **6.00**

Muros Estructurales
 Muros Estructurales

Cálculo de amplificación sísmica "C"

Factor de Amplificación Sísmica (C)

$$T < T_P$$

$$C = 2,5$$

$$T_x = 0.26$$

$$T_y = 0.26$$

$$T_P = 0.60$$

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

Calculo del factor C "Coef. Cortante"

EN ETABS

$$C_x = ZUSC_x/R = 0.1875$$

$$C_y = ZUSC_y/R = 0.1875$$

El valor de C/R no debera considerarse menor que:

en el eje X	C/R ≥ 0.11	0.417	OK
en el eje Y	C/R ≥ 0.11	0.417	OK

Fuerza en la base.

Fuerza cortante en la base de la estructura.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Masa y pesos de la estructura

Nº	Masa (Kgf-s2/m)		peso (Kgf)	
	X	Y	X	Y
Piso 4	6360.78	6360.78	62378.26	62378.26
Piso 3	16493.53	16493.53	161747.10	161747.10
Piso 2	11908.49	11908.49	116782.99	116782.99
Piso 1	12522.18	12522.18	122801.26	122801.26

Peso en X= **463709.61**

Peso en y= **463709.61**

La fuerza cortante en X : $V_x = 86945.55$ 86.95ton

La fuerza cortante en Y : $V_y = 86945.55$ 86.95ton

Distribución de la fuerza sísmica en altura.

Está determinado por la siguiente expresión

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Donde:

V= Cortante basal
 ai = Factor de F
 n= número de pisos

K: es un exponente relacionado con el periodo de fundamental de vibración de la estructura (T).

$$T \leq 0.5 \text{ ----> } k=1.0$$

$$T \geq 0.5 \text{ ----> } k=0.75+0.5T \leq 2.0$$

Kx= 1

Ky= 1

Fuerza sísmica en dirección X

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	62378.26	15.85	988695.44	0.25	21983.29	21.98
Piso 3	161747.10	10.35	1674082.49	0.43	37222.63	37.22
Piso 2	116782.99	6.95	811641.77	0.21	18046.57	18.05
Piso 1	122801.26	3.55	435944.48	0.11	9693.07	9.69
Σ= P. Ed.	463709.61	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	3910364.19	1.00	86945.55	86.95

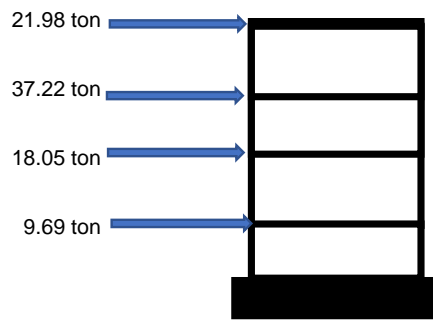
Grafico de la fuerzas en la altura



Fuerza sísmica en dirección y

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	62378.26	15.85	988695.44	0.25	21983.29	21.98
Piso 3	161747.10	10.35	1674082.49	0.43	37222.63	37.22
Piso 2	116782.99	6.95	811641.77	0.21	18046.57	18.05
Piso 1	122801.26	3.55	435944.48	0.11	9693.07	9.69
Σ= P. Ed.	463709.61	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	3910364.19	0.57	86945.55	86.95

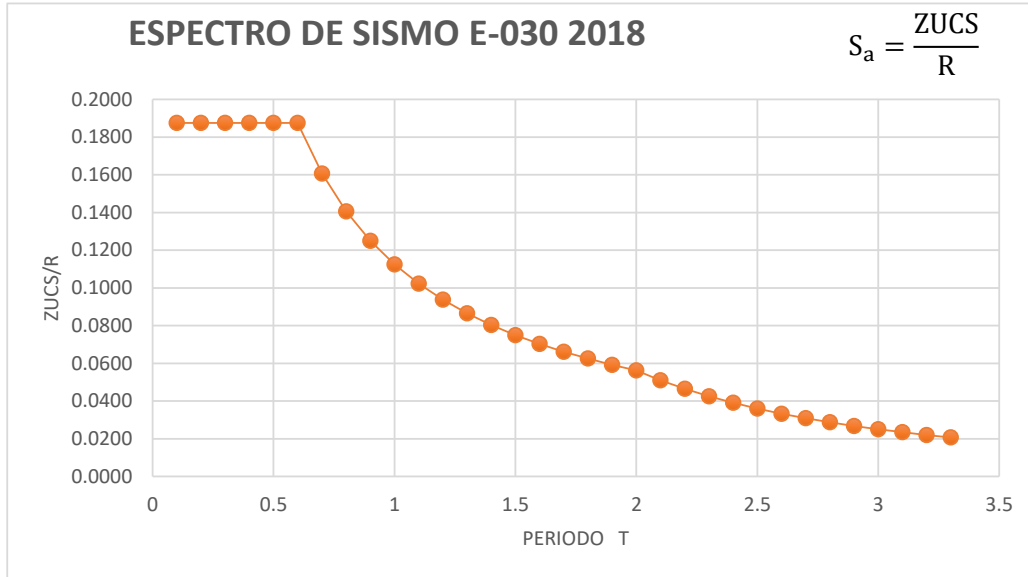
Grafico de la fuerzas en la altura



ANALISIS DINAMICO

II) Analisis modal espectral - Analisis dinamico

Aceleración espectral



Factor de amplificación (Cortante dinamica)

NTE 030

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	-----> REGULAR
$V_{din} \geq 90\% V_{est}$	-----> IRREGULAR

EN X-X

Load Case/Combo	FX
Vest= S_ETX	86.95
Vdin= S_DX Max	66.54

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
77%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "X" es el :

77%

Entonces incrementar cortante

EN Y-Y

Load Case/Combo	FY
Vest= S_ETY	86.95
Vdin= S_DY Max	70.27

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
81%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "Y" es el :

81%

Cumple

Es necesario lograr que la fuerza cortante obtenida mediante el metodo dinamico sea igual a por lo menos el 80% de la fuerza cortante obtenida mediante el metodo estatico descrito por la norma de diseño sismo resistente.

Amplificar :

se amplifica al sismo por un nuevo factor de escala

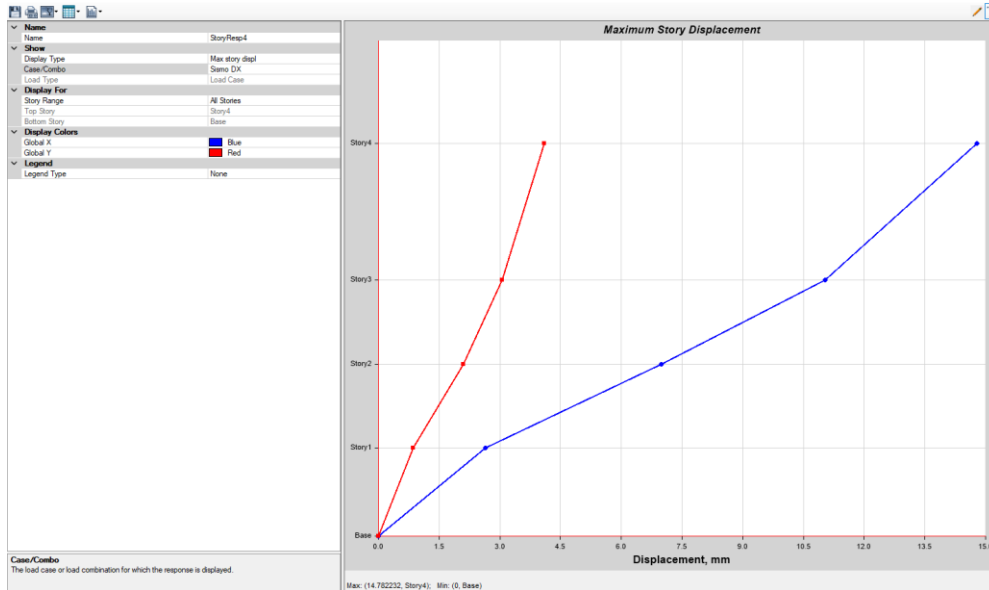
FaX	1.05
FaY	-



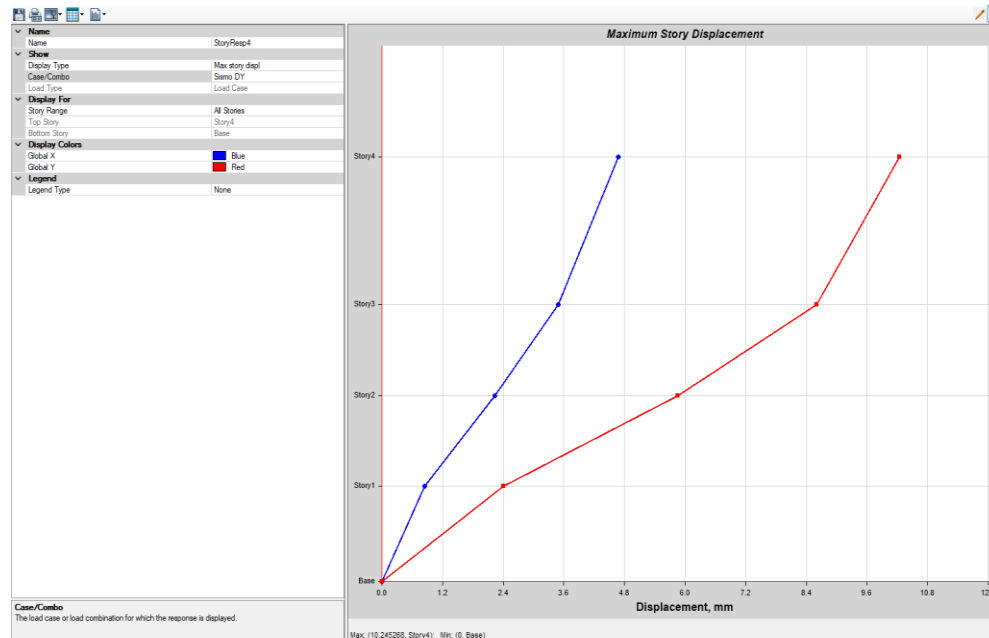
este nuevo factor F.E. no afecta a los desplazamientos, solo al diseño.

Desplazamientos absolutos y relativos (Derivas)

Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección X = 14.78 mm.

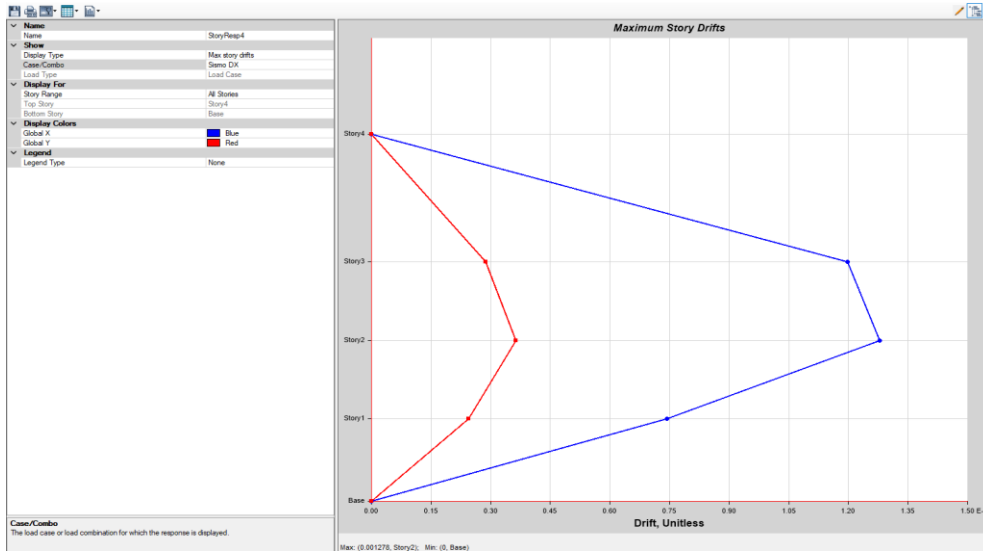


Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección Y = 10.24 mm.



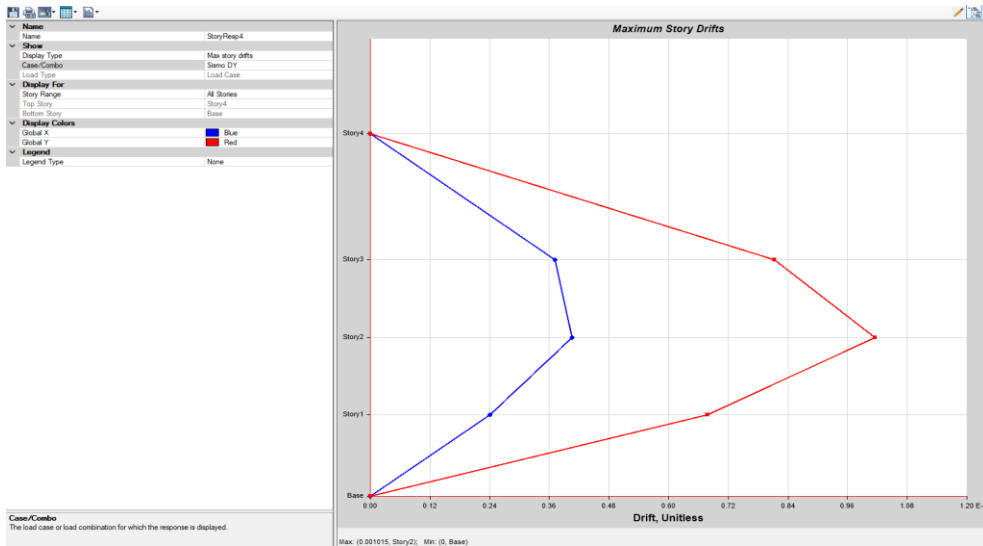
Desplazamiento relativos en direcció "X".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcció	Deriva	Rx= 6	
				Deriva *0.75*R	< 0.007
Piso 4	SIS Dinam.	X	0	0	Si
Piso 3	SIS Dinam.	X	0.001197	0.0053865	Si
Piso 2	SIS Dinam.	X	0.001278	0.005751	Si
Piso 1	SIS Dinam.	X	0.000744	0.003348	Si



Desplazamiento relativos en direcció "Y".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcció	Deriva	Rx= 6	
				Deriva *0.75*R	< 0.007
Piso 4	SIS Dinam.	Y	0	0	Si
Piso 3	SIS Dinam.	Y	0.000813	0.0036585	Si
Piso 2	SIS Dinam.	Y	0.000406	0.001827	Si
Piso 1	SIS Dinam.	Y	0.00024	0.00108	Si



Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.453	0.7331	0.0541	0	0.7331	0.0541	0	0.0131	0.228	0.0028	0.0131	0.228	0.0028
Modal	2	0.398	0.0486	0.7775	0	0.7817	0.8315	0	0.1703	0.0158	0.0067	0.1834	0.2438	0.0094
Modal	3	0.33	0.003	0.004	0	0.7847	0.8356	0	0.0042	0.004	0.7892	0.1877	0.2478	0.7987
Modal	4	0.124	0.117	0.0099	0	0.9018	0.8455	0	0.0712	0.4598	0.0007	0.2588	0.7076	0.7994
Modal	5	0.108	0.0117	0.1006	0	0.9135	0.9461	0	0.6031	0.051	0.0011	0.8619	0.7586	0.8005
Modal	6	0.084	0.0061	0.0005	0	0.9196	0.9466	0	0.0027	0.0151	0.1246	0.8646	0.7738	0.925
Modal	7	0.065	0.0357	0.0116	0	0.9553	0.9582	0	0.0133	0.0862	0.0018	0.8779	0.86	0.9269
Modal	8	0.06	0.0165	0.0217	0	0.9718	0.9799	0	0.0262	0.0339	0.0012	0.9042	0.8939	0.9281
Modal	9	0.043	0.0047	4.6E-06	0	0.9765	0.9799	0	0.0001	0.0119	0.0434	0.9043	0.9059	0.9715
Modal	10	0.041	0.001	0.0137	0	0.9775	0.9936	0	0.0639	0.0035	0.0007	0.9681	0.9093	0.9722
Modal	11	0.037	0.0163	0.001	0	0.9938	0.9946	0	0.0047	0.0609	0.0016	0.9728	0.9702	0.9738
Modal	12	0.027	0.0003	0.0001	0	0.9941	0.9947	0	0.0001	0.0018	0.0081	0.9729	0.9721	0.9819

MÓDULO 4

ANALISIS ESTATICO

I) ANALISIS ESTATICO

Periodo.

Hn= Desde el nivel 0+00
 Ctx= Muros estructurales
 Cty= Albañileria

Periodo Fundamental de Vibración

Hn= **15.85**
 Ctx= **60**
 Cty= **60**

Tx= **0.26 seg**
 Ty= **0.26 seg**

E-030

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



Los parametros sísmicos

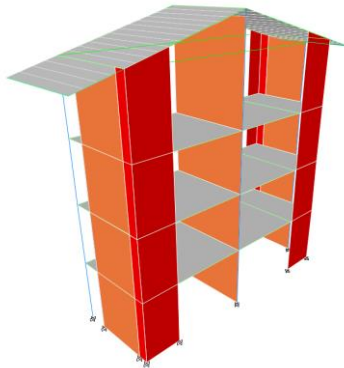


Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

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

Z= **0.25**
 U= **1.50**
 S= **1.20**
 C=
 R=



S2	TP	T	TL
	0.6		2

Coeficiente de reducción "R"

Factor de Irregularidad en altura
 Factor de Irregularidad en planta

la= **1.00**
 lp= **1.00**

Rx= **6.00**
 Ry= **3.00**

Muros Estructurales
 Albañileria

Cálculo de amplificación sísmica "C"

Factor de Amplificación Sísmica (C)

$$T < T_P$$

$$C = 2,5$$

$$T_x = 0.26$$

$$T_y = 0.26$$

$$T_P = 0.60$$

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

Calculo del factor C "Coef. Cortante"

EN ETABS

$$C_x = ZUSC_x/R = 0.1875$$

$$C_y = ZUSC_y/R = 0.3750$$

El valor de C/R no debera considerarse menor que:

en el eje X $C/R \geq 0.11$ **0.417** **OK**

en el eje Y $C/R \geq 0.11$ **0.833** **OK**

Fuerza en la base.

Fuerza cortante en la base de la estructura.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Masa y pesos de la estructura

Nº	Masa (Kgf-s2/m)		peso (Kgf)	
	X	Y	X	Y
Piso 4	6195.64	6195.64	60758.78	60758.78
Piso 3	10607.56	10607.56	104025.16	104025.16
Piso 2	8820.58	8820.58	86500.78	86500.78
Piso 1	8959.97	8959.97	87867.74	87867.74

Peso en X= **339152.46**

Peso en y= **339152.46**

La fuerza cortante en X : Vx= 63591.09 63.59ton

La fuerza cortante en Y : Vy= 127182.17 127.18ton

Distribución de la fuerza sísmica en altura.

Está determinado por la siguiente expresión

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Donde:

V= Cortante basal
 ai = Factor de F
 n= numero de pisos

K: es un exponente relacionado con el periodo de fundamental de vibración de la estructura (T).

$$T \leq 0.5 \text{ ----> } k=1.0$$

$$T \geq 0.5 \text{ ----> } k=0.75+0.5T \leq 2.0$$

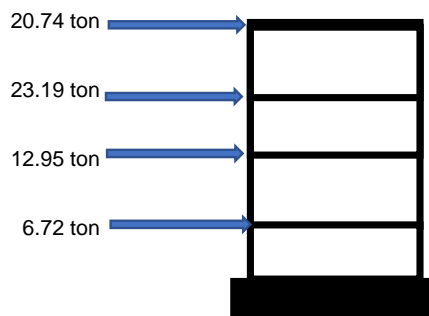
Kx= 1

Ky= 1

Fuerza sísmica en dirección X

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	Pi * (hi) ^k	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	60758.78	15.85	963026.71	0.33	20739.62	20.74
Piso 3	104025.16	10.35	1076660.39	0.36	23186.82	23.19
Piso 2	86500.78	6.95	601180.43	0.20	12946.95	12.95
Piso 1	87867.74	3.55	311930.47	0.11	6717.70	6.72
Σ= P. Ed.	339152.46	Σ = Pi * (hi)^k	2952798.00	1.00	63591.09	63.59

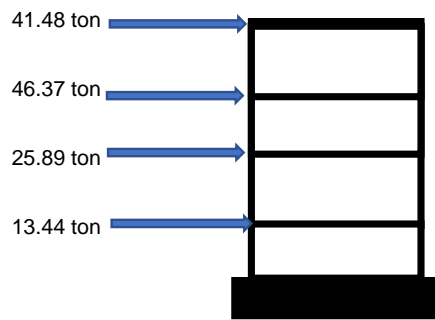
Grafico de la fuerzas en la altura



Fuerza sísmica en dirección y

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	Pi * (hi) ^k	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	60758.78	15.85	963026.71	0.33	41479.24	41.48
Piso 3	104025.16	10.35	1076660.39	0.36	46373.65	46.37
Piso 2	86500.78	6.95	601180.43	0.20	25893.89	25.89
Piso 1	87867.74	3.55	311930.47	0.11	13435.39	13.44
Σ= P. Ed.	339152.46	Σ = Pi * (hi)^k	2952798.00	0.64	127182.17	127.18

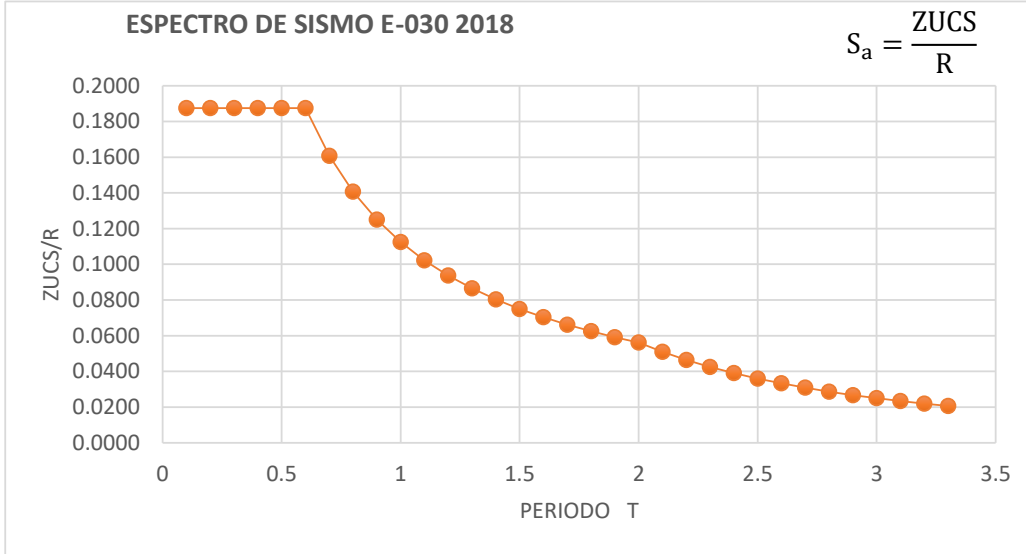
Grafico de la fuerzas en la altura



ANALISIS DINAMICO

II) Analisis modal espectral - Analisis dinamico

Aceleración espectral



Factor de amplificación (Cortante dinamica)

NTE 030

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	-----> REGULAR
$V_{din} \geq 90\% V_{est}$	-----> IRREGULAR

EN X-X

	Load Case/Combo	FX
Vest=	S_ETX	63.59
Vdin=	S_DX Max	46.75

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
74%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "X" es el :

74%

Entonces incrementar cortante

EN Y-Y

	Load Case/Combo	FY
Vest=	S_ETY	127.18
Vdin=	S_DY Max	99.89

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
79%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "Y" es el :

79%

Entonces incrementar cortante

Es necesario lograr que la fuerza cortante obtenida mediante el metodo dinamico sea igual a por lo menos el 80% de la fuerza cortante obtenida mediante el metodo estatico descrito por la norma de diseño sismo resistente.

Amplificar :

se amplifica al sismo por un nuevo factor de escala

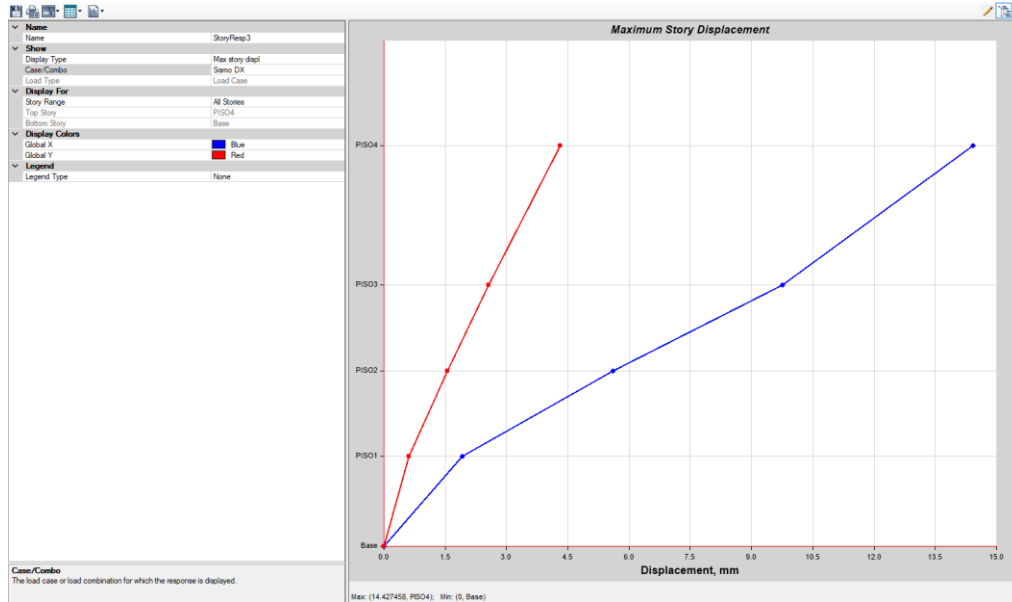
FaX	1.09
FaY	1.02



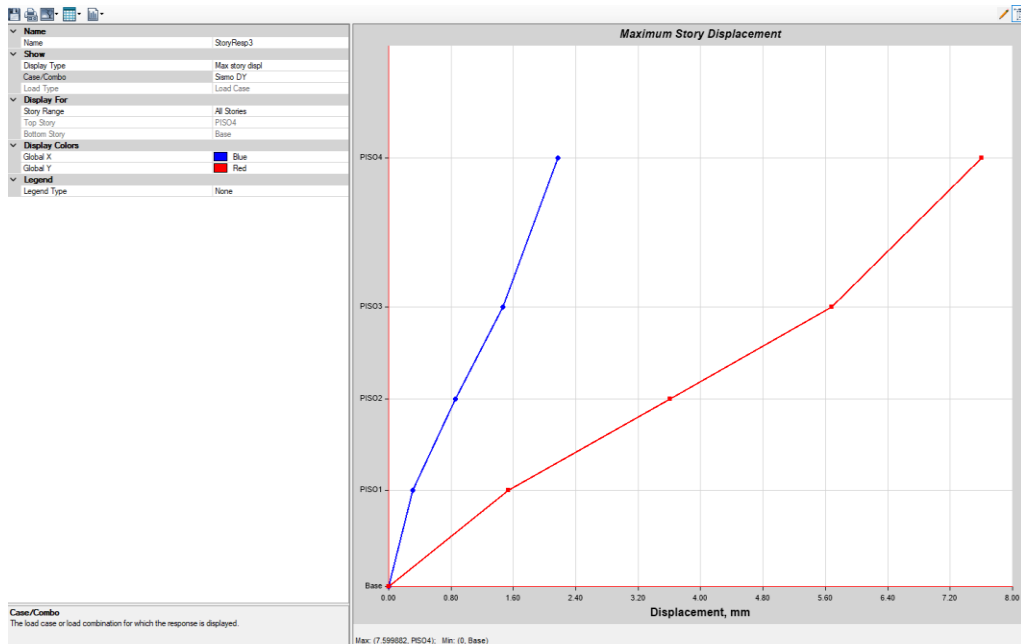
este nuevo factor F.E. no afecta a los desplazamientos, solo al diseño.

Desplazamientos absolutos y relativos (Derivas)

Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección X = 14.27 mm.

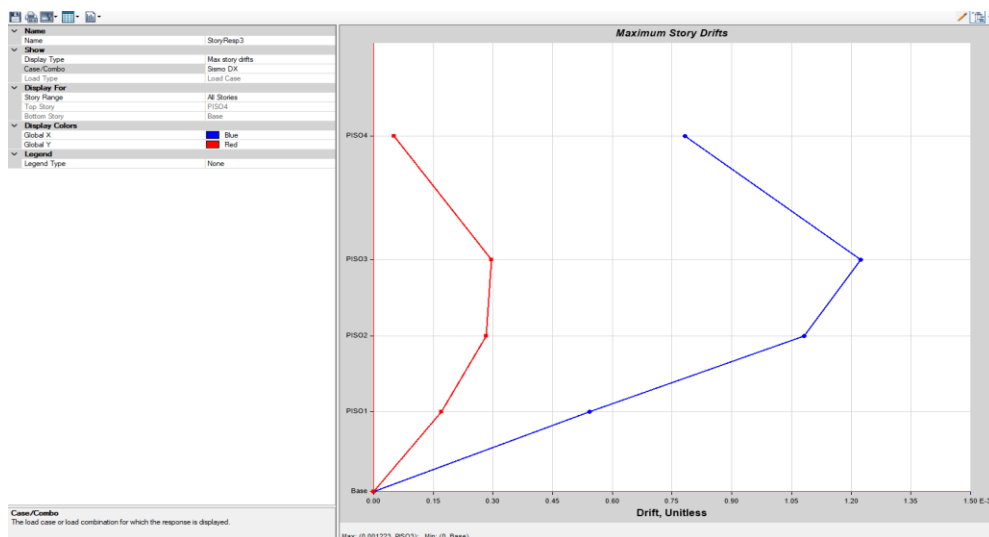


Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección Y = 7.59 mm.



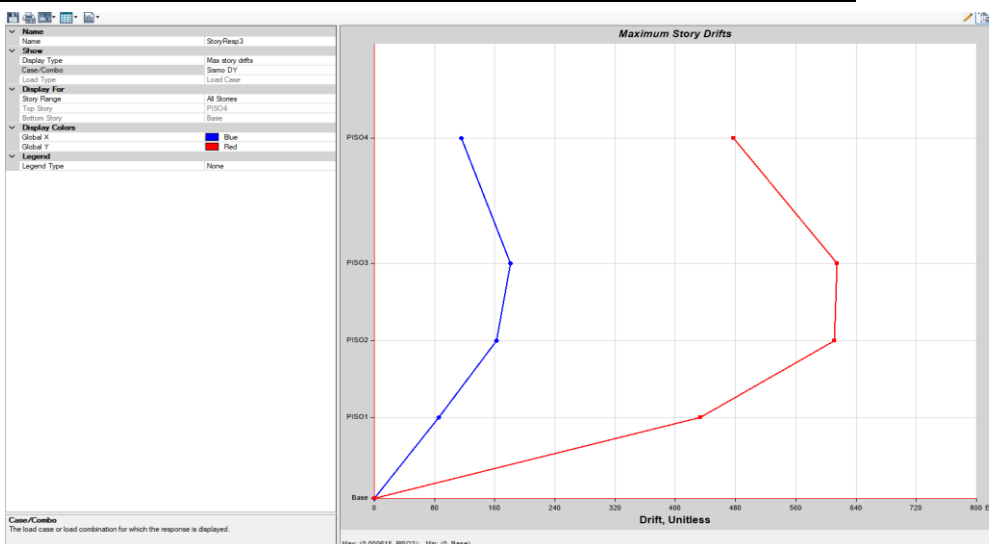
Desplazamiento relativos en direcció "X".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcció	Deriva	Rx= 6	
				Deriva *0.75*R	< 0.007
Piso 4	SIS Dinam.	X	0.000782	0.003519	Si
Piso 3	SIS Dinam.	X	0.001223	0.0055035	Si
Piso 2	SIS Dinam.	X	0.001082	0.004869	Si
Piso 1	SIS Dinam.	X	0.000542	0.002439	Si



Desplazamiento relativos en direcció "Y".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcció	Deriva	Ry= 3	
				Deriva *0.75*R	< 0.005
Piso 4	SIS Dinam.	Y	0.000477	0.00107325	Si
Piso 3	SIS Dinam.	Y	0.000615	0.00138375	Si
Piso 2	SIS Dinam.	Y	0.000611	0.00137475	Si
Piso 1	SIS Dinam.	Y	0.000433	0.00097425	Si



Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.442	0.7045	0.0025	0	0.7045	0.0025	0	0.0009	0.283	0.0209	0.0009	0.283	0.0209
Modal	2	0.228	0.0014	0.7673	0	0.7058	0.7699	0	0.2451	0.0011	0.003	0.246	0.2841	0.0239
Modal	3	0.182	0.0149	0.002	0	0.7207	0.7719	0	0.0009	0.0141	0.772	0.2468	0.2982	0.7959
Modal	4	0.104	0.1652	0.0007	0	0.8859	0.7726	0	0.0054	0.3951	0.0014	0.2523	0.6933	0.7973
Modal	5	0.07	0.0009	0.1563	0	0.8868	0.9289	0	0.5227	0.0021	0.0003	0.775	0.6954	0.7976
Modal	6	0.056	0.006	0.0001	0	0.8929	0.929	0	0.0001	0.0146	0.0218	0.7751	0.71	0.8194
Modal	7	0.053	0.0004	0.0008	0	0.8933	0.9298	0	0.0021	0.0037	0.1004	0.7772	0.7137	0.9198
Modal	8	0.049	0.0532	0.0002	0	0.9464	0.93	0	0.0004	0.1095	0.0111	0.7776	0.8233	0.9309
Modal	9	0.042	0.0022	0.0001	0	0.9486	0.9301	0	0.0003	0.0073	1.126E-05	0.7779	0.8305	0.9309
Modal	10	0.041	0.0004	0.0057	0	0.949	0.9358	0	0.0152	0.0007	6.085E-06	0.7931	0.8312	0.9309
Modal	11	0.04	0.0017	0.0291	0	0.9507	0.9649	0	0.0785	0.0037	0.0001	0.8717	0.8349	0.9311
Modal	12	0.038	0.0002	4.9E-05	0	0.9509	0.965	0	0.0002	0.0003	0.0001	0.8718	0.8352	0.9311

MÓDULO 5

ANALISIS ESTATICO

I) ANALISIS ESTATICO

Periodo.

Hn= Desde el nivel 0+00
 Ctx= Muros estructurales
 Cty= Muros estructurales

Periodo Fundamental de Vibración

Hn= **15.85**
 Ctx= **60**
 Cty= **60**

Tx= **0.26 seg**
 Ty= **0.26 seg**

E-030

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



FIGURA N° 1

Los parametros sísmicos

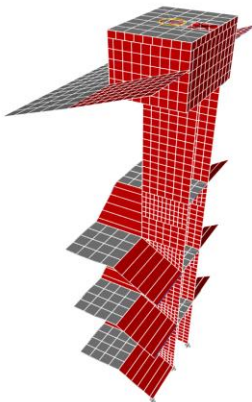


Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

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

Z= **0.25**
 U= **1.50**
 S= **1.20**
 C=
 R=



S2	TP	T	TL
	0.6		2

Coeficiente de reducción "R"

Factor de Irregularidad en altura
 Factor de Irregularidad en planta

la= **1.00**
 lp= **1.00**

Rx= **6.00**
 Ry= **6.00**

Muros Estructurales
 Muros Estructurales

Cálculo de amplificación sísmica "C"

Factor de Amplificación Sísmica (C)

$$T < T_P$$

$$C = 2,5$$

$$T_x = 0.26$$

$$T_y = 0.26$$

$$T_P = 0.60$$

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

Calculo del factor C "Coef. Cortante"

EN ETABS

$$C_x = ZUSC_x/R = 0.1875$$

$$C_y = ZUSC_y/R = 0.1875$$

El valor de C/R no debera considerarse menor que:

en el eje X $C/R \geq 0.11$ **0.417** **OK**

en el eje Y $C/R \geq 0.11$ **0.417** **OK**

Fuerza en la base.

Fuerza cortante en la base de la estructura.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Masa y pesos de la estructura

Nº	Masa (Kgf-s2/m)		peso (Kgf)	
	X	Y	X	Y
Piso 4	4739.34	4739.34	46477.29	46477.29
Piso 3	3160.03	3160.03	30989.47	30989.47
Piso 2	3398.19	3398.19	33325.03	33325.03
Piso 1	3381.73	3381.73	33163.61	33163.61

Peso en X= **143955.39**

Peso en y= **143955.39**

La fuerza cortante en X : Vx= 26991.64 26.99ton

La fuerza cortante en Y : Vy= 26991.64 26.99ton

Distribución de la fuerza sísmica en altura.

Está determinado por la siguiente expresión

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Donde:

V= Cortante basal
 ai = Factor de F
 n= número de pisos

K: es un exponente relacionado con el periodo de fundamental de vibración de la estructura (T).

$$T \leq 0.5 \text{ ----> } k=1.0$$

$$T \geq 0.5 \text{ ----> } k=0.75+0.5T \leq 2.0$$

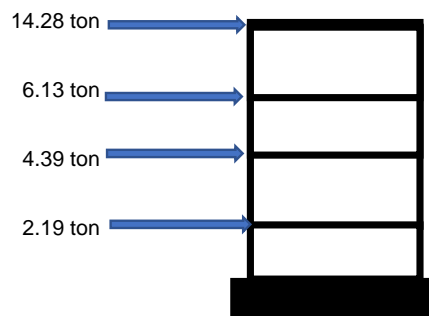
Kx= 1

Ky= 1

Fuerza sísmica en dirección X

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	46477.29	15.85	736664.98	0.53	14283.06	14.28
Piso 3	30989.47	10.20	316092.56	0.23	6128.66	6.13
Piso 2	33325.03	6.80	226610.20	0.16	4393.70	4.39
Piso 1	33163.61	3.40	112756.28	0.08	2186.21	2.19
Σ= P. Ed.	143955.39	Σ = P_i * (h_i)^k	1392124.01	1.00	26991.64	26.99

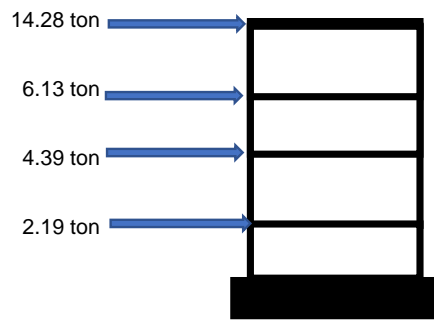
Grafico de la fuerzas en la altura



Fuerza sísmica en dirección y

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	46477.29	15.85	736664.98	0.53	14283.06	14.28
Piso 3	30989.47	10.20	316092.56	0.23	6128.66	6.13
Piso 2	33325.03	6.80	226610.20	0.16	4393.70	4.39
Piso 1	33163.61	3.40	112756.28	0.08	2186.21	2.19
Σ= P. Ed.	143955.39	Σ = P_i * (h_i)^k	1392124.01	0.77	26991.64	26.99

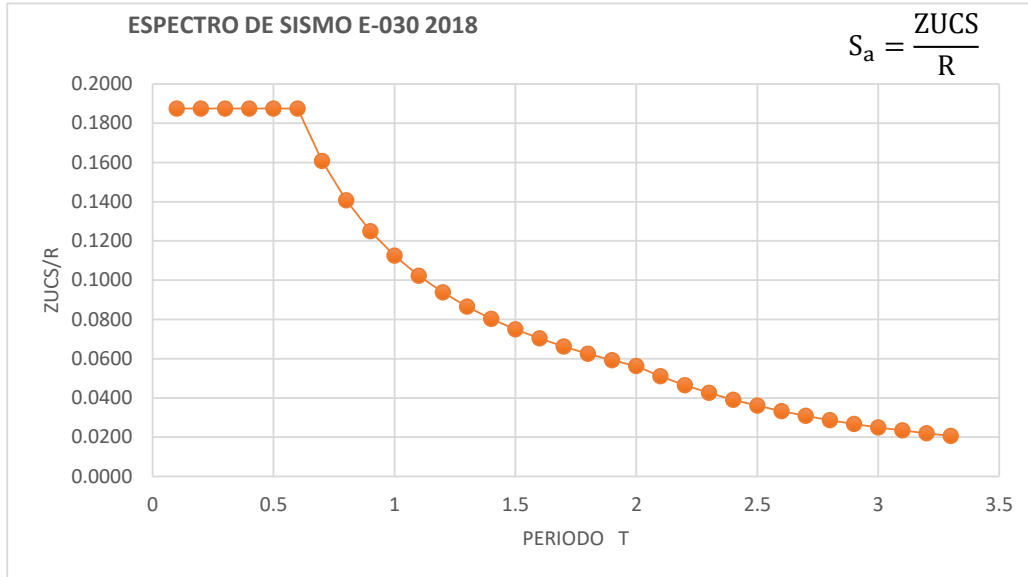
Grafico de la fuerzas en la altura



ANALISIS DINAMICO

II) Analisis modal espectral - Analisis dinamico

Aceleración espectral



Factor de amplificación (Cortante dinamica)

NTE 030

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	-----> REGULAR
$V_{din} \geq 90\% V_{est}$	-----> IRREGULAR

EN X-X

	Load Case/Combo	FX
Vest=	S_ETX	26.99
Vdin=	S_DX Max	14.80

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
55%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "X" es el :

55%

Entonces incrementar cortante

EN Y-Y

	Load Case/Combo	FY
Vest=	S_ETY	26.99
Vdin=	S_DY Max	17.05

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
63%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "Y" es el :

63%

Entonces incrementar cortante

Es necesario lograr que la fuerza cortante obtenida mediante el metodo dinamico sea igual a por lo menos el 80% de la fuerza cortante obtenida mediante el metodo estatico descrito por la norma de diseño sismo resistente.

Amplificar :

se amplifica al sismo por un nuevo factor de escala

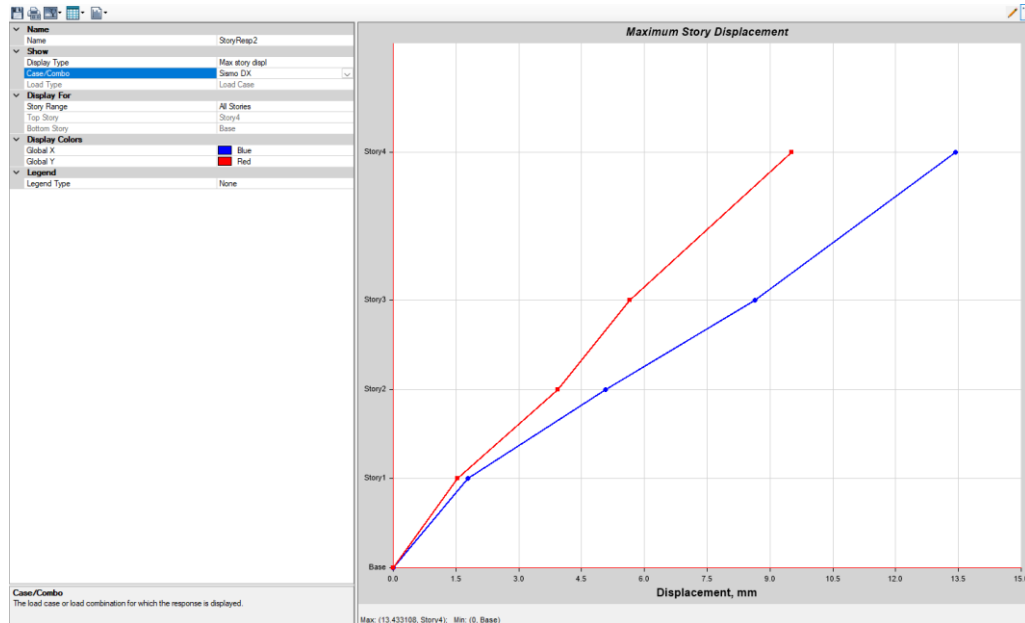
FaX	1.46
FaY	1.27



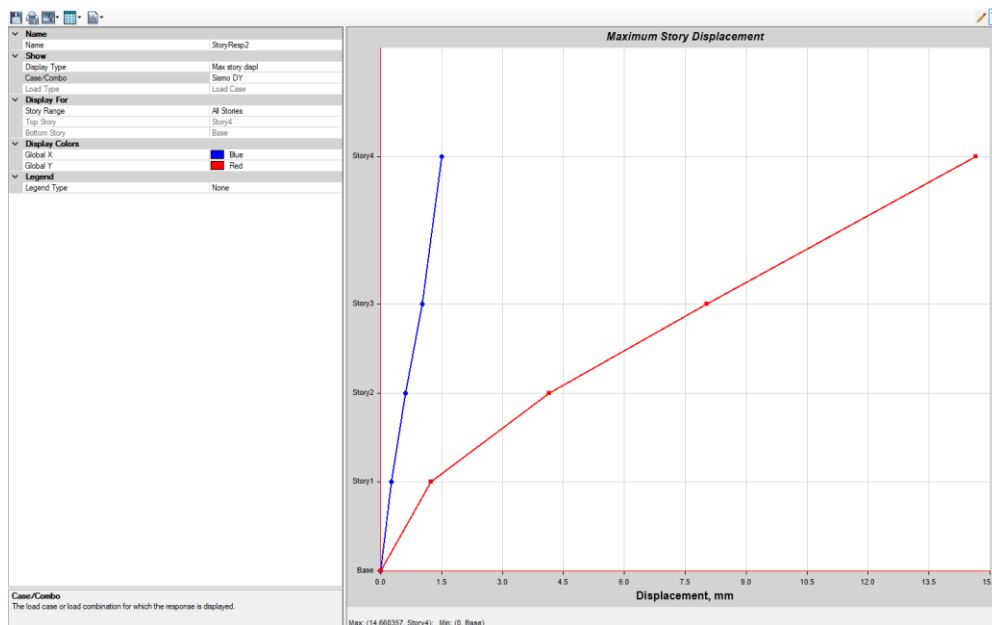
este nuevo factor F.E. no afecta a los desplazamientos, solo al diseño.

Desplazamientos absolutos y relativos (Derivas)

Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección X = 13.43 mm.

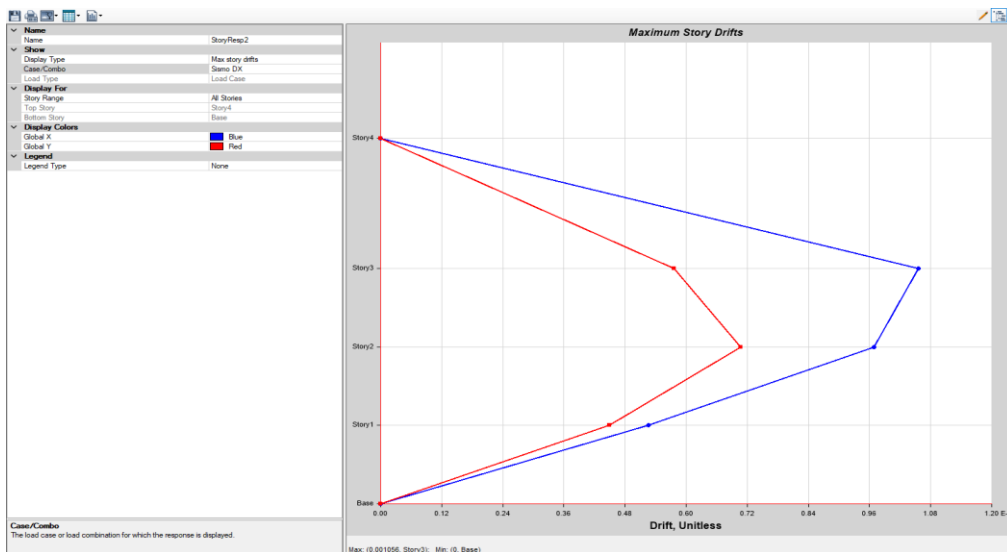


Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección Y = 14.66 mm.



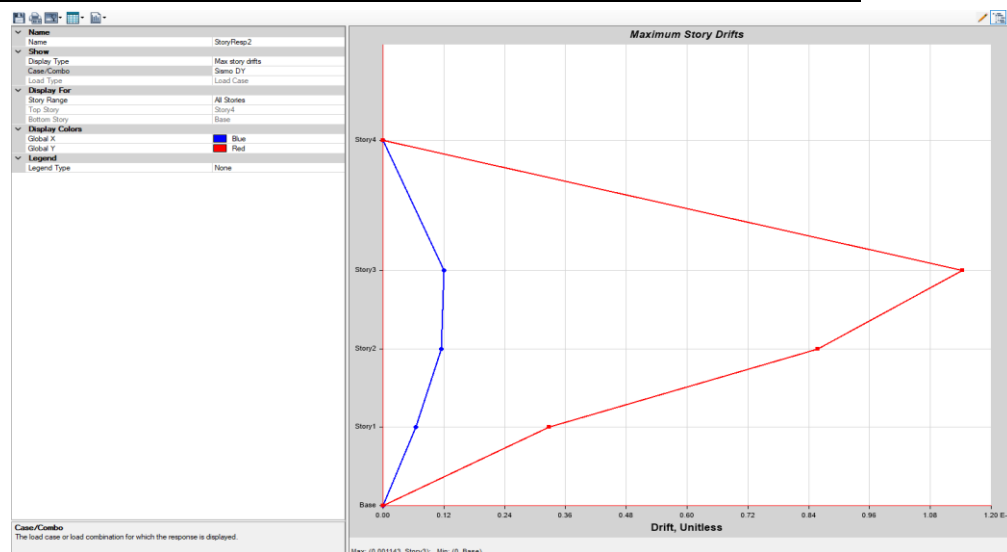
Desplazamiento relativos en direcció "X".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcció	Deriva	Rx= 6	
				Deriva *0.75*R	< 0.007
Piso 4	SIS Dinam.	X	0	0	Si
Piso 3	SIS Dinam.	X	0.001056	0.004752	Si
Piso 2	SIS Dinam.	X	0.000969	0.0043605	Si
Piso 1	SIS Dinam.	X	0.000526	0.002367	Si



Desplazamiento relativos en direcció "Y".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcció	Deriva	Ry= 6	
				Deriva *0.75*R	< 0.007
Piso 4	SIS Dinam.	Y	0	0	Si
Piso 3	SIS Dinam.	Y	0.001143	0.0051435	Si
Piso 2	SIS Dinam.	Y	0.000858	0.003861	Si
Piso 1	SIS Dinam.	Y	0.000327	0.0014715	Si



Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec												
Modal	1	0.455	0.0112	0.5929	0	0.0112	0.5929	0	0.4026	0.0063	0.0114	0.4026	0.0063	0.0114
Modal	2	0.435	0.4778	0.0142	0	0.489	0.6071	0	0.0116	0.2821	0.1761	0.4142	0.2885	0.1875
Modal	3	0.289	0.1297	9E-06	0	0.6187	0.6071	0	0.0004	0.1175	0.5594	0.4146	0.406	0.7469
Modal	4	0.121	0.0247	1.5E-06	0	0.6434	0.6071	0	1.5E-05	0.021	0.0886	0.4146	0.427	0.8355
Modal	5	0.096	0.0069	0.0832	0	0.6503	0.6903	0	0.0866	0.0077	1.017E-05	0.5012	0.4347	0.8355
Modal	6	0.091	0.0022	0.0111	0	0.6526	0.7013	0	0.0114	0.0037	0.0227	0.5126	0.4384	0.8581
Modal	7	0.089	0.137	0.0162	0	0.7896	0.7175	0	0.0201	0.169	0.027	0.5328	0.6074	0.8851
Modal	8	0.087	0.0311	0.0009	0	0.8207	0.7185	0	0.002	0.0366	8.822E-06	0.5348	0.644	0.8851
Modal	9	0.086	0.0013	0.0093	0	0.822	0.7277	0	0.0172	0.0008	0.0013	0.552	0.6448	0.8865
Modal	10	0.083	0.0062	0.0073	0	0.8282	0.735	0	0.0162	0.0155	0.0407	0.5682	0.6603	0.9272
Modal	11	0.073	2.82E-05	0.1068	0	0.8282	0.8419	0	0.1066	1.044E-05	0.0001	0.6748	0.6604	0.9273
Modal	12	0.06	0.0128	0.0003	0	0.8411	0.8422	0	0.0004	0.0113	0.0203	0.6753	0.6716	0.9475
Modal	13	0.058	0.0199	0.0023	0	0.861	0.8445	0	0.0032	0.0289	0.0047	0.6785	0.7005	0.9522
Modal	14	0.054	0.0001	0.0021	0	0.861	0.8467	0	0.003	0.0001	0.0023	0.6815	0.7006	0.9545
Modal	15	0.052	2.7E-05	8.8E-06	0	0.8611	0.8467	0	1.8E-05	4.278E-05	2.218E-05	0.6816	0.7006	0.9545
Modal	16	0.052	0.0001	4.5E-05	0	0.8612	0.8467	0	0.0001	0.0001	2.372E-05	0.6816	0.7008	0.9545
Modal	17	0.052	0.0007	1.9E-05	0	0.8618	0.8467	0	2.9E-05	0.0015	0.0005	0.6817	0.7023	0.9551
Modal	18	0.052	0.0024	0.0006	0	0.8643	0.8474	0	0.0012	0.0047	0.0004	0.6829	0.707	0.9555
Modal	19	0.052	0.0025	1.9E-06	0	0.8667	0.8474	0	8.7E-06	0.0058	0.0026	0.6829	0.7128	0.9581
Modal	20	0.052	0.0004	0.0028	0	0.8672	0.8502	0	0.0051	0.0009	0	0.6879	0.7136	0.9581
Modal	21	0.052	1.57E-05	7E-06	0	0.8672	0.8502	0	3.3E-06	1.621E-05	7.133E-06	0.688	0.7137	0.9581
Modal	22	0.052	4.08E-06	2.5E-05	0	0.8672	0.8502	0	3E-05	6.13E-06	0	0.688	0.7137	0.9581
Modal	23	0.052	0.0001	0.0001	0	0.8673	0.8503	0	0.0001	0.0001	3.709E-06	0.6881	0.7137	0.9581
Modal	24	0.051	0.0001	0.0029	0	0.8674	0.8531	0	0.0054	0.0001	0.0005	0.6935	0.7139	0.9586
Modal	25	0.051	0.0015	2.5E-05	0	0.8689	0.8532	0	0.0001	0.0031	0.0006	0.6935	0.717	0.9593
Modal	26	0.051	0.0003	0.0004	0	0.8692	0.8536	0	0.0009	0.0008	0.0006	0.6944	0.7178	0.9599
Modal	27	0.051	0.0001	1.8E-06	0	0.8693	0.8536	0	4E-06	0.0002	0.0001	0.6944	0.718	0.96
Modal	28	0.051	0.0001	0	0	0.8694	0.8536	0	0	0.0002	5.005E-06	0.6944	0.7182	0.96
Modal	29	0.051	2.48E-06	4.8E-05	0	0.8694	0.8536	0	4.3E-05	7.04E-07	0	0.6945	0.7182	0.96
Modal	30	0.051	2.29E-05	0.0003	0	0.8694	0.8539	0	0.0004	4.437E-05	0	0.6949	0.7182	0.96
Modal	31	0.051	0.0001	0.0004	0	0.8695	0.8544	0	0.001	0.0003	0.0008	0.6959	0.7185	0.9608

Modal	32	0.051	0.0001	0.0014	0	0.8696	0.8558	0	0.0028	0.0001	0	0.6986	0.7186	0.9608
Modal	33	0.051	0.0001	1.2E-05	0	0.8697	0.8558	0	1.6E-05	0.0001	1.227E-05	0.6987	0.7187	0.9608
Modal	34	0.051	4.77E-05	3.9E-06	0	0.8697	0.8558	0	1.4E-05	0.0001	0.0001	0.6987	0.7188	0.9609
Modal	35	0.051	0.0001	1.6E-06	0	0.8698	0.8558	0	6.9E-06	0.0002	0.0001	0.6987	0.719	0.9609
Modal	36	0.051	3.94E-05	0.005	0	0.8699	0.8608	0	0.013	0.0001	0.0095	0.7117	0.7191	0.9704
Modal	37	0.051	0.0003	5.6E-06	0	0.8701	0.8608	0	1.7E-06	0.0002	1.406E-05	0.7117	0.7193	0.9704
Modal	38	0.05	3.74E-05	0.0001	0	0.8702	0.861	0	0.0003	0.0001	0	0.712	0.7194	0.9704
Modal	39	0.05	0.0002	7.9E-06	0	0.8704	0.861	0	5.3E-06	0.0002	5.199E-06	0.712	0.7195	0.9704
Modal	40	0.05	2.06E-06	2.8E-05	0	0.8704	0.861	0	2.8E-05	1.12E-06	1.647E-06	0.712	0.7195	0.9704
Modal	41	0.05	2.51E-05	3.1E-05	0	0.8704	0.8611	0	4.9E-05	3.444E-05	1.003E-06	0.7121	0.7196	0.9704
Modal	42	0.05	0	0.0001	0	0.8704	0.8612	0	0.0002	1.379E-06	0.0000238	0.7123	0.7196	0.9704
Modal	43	0.05	2.03E-05	0.0025	0	0.8704	0.8636	0	0.0061	3.623E-05	0.0041	0.7183	0.7196	0.9745
Modal	44	0.05	0.0004	0.0001	0	0.8708	0.8637	0	0.0001	0.0008	3.444E-05	0.7185	0.7204	0.9746
Modal	45	0.05	0.0001	1.1E-05	0	0.8709	0.8637	0	5.65E-07	0.0001	5.548E-06	0.7185	0.7205	0.9746
Modal	46	0.05	0.0007	0.0001	0	0.8716	0.8638	0	0.0003	0.0016	0.0001	0.7188	0.7221	0.9747
Modal	47	0.05	0.0001	0.0008	0	0.8717	0.8646	0	0.0014	0.0002	1.563E-05	0.7202	0.7223	0.9747
Modal	48	0.05	0.000027	8.07E-07	0	0.8717	0.8646	0	5.97E-07	2.549E-05	0	0.7202	0.7224	0.9747
Modal	49	0.05	1.81E-06	1.2E-06	0	0.8717	0.8646	0	1.7E-06	1.098E-06	0	0.7202	0.7224	0.9747
Modal	50	0.049	0.0009	4E-05	0	0.8726	0.8646	0	2.8E-05	0.0008	7.658E-06	0.7202	0.7232	0.9747
Modal	51	0.049	1.25E-05	0.0001	0	0.8726	0.8647	0	0.0002	6.99E-06	0.0001	0.7204	0.7232	0.9749
Modal	52	0.049	0	0	0	0.8726	0.8647	0	0	0	0	0.7204	0.7232	0.9749
Modal	53	0.049	0	0	0	0.8726	0.8647	0	0	0	0	0.7204	0.7232	0.9749
Modal	54	0.049	6.45E-07	0	0	0.8726	0.8647	0	0	5.97E-07	0	0.7204	0.7232	0.9749
Modal	55	0.048	0.0001	0.0008	0	0.8726	0.8656	0	0.0007	0.0001	1.27E-06	0.7211	0.7233	0.9749
Modal	56	0.048	0.0005	4.1E-05	0	0.8731	0.8656	0	0.0001	0.001	0.0001	0.7211	0.7243	0.975
Modal	57	0.048	1.89E-05	0.0001	0	0.8732	0.8657	0	0.0002	3.107E-05	4.859E-05	0.7213	0.7243	0.975
Modal	58	0.048	0.0004	0.0006	0	0.8735	0.8663	0	0.0011	0.0005	2.158E-06	0.7225	0.7248	0.975
Modal	59	0.048	0.0001	0.0004	0	0.8737	0.8667	0	0.0007	0.0001	0.0001	0.7231	0.7249	0.9751
Modal	60	0.047	0	0.002	0	0.8737	0.8687	0	0.0057	0	0.0047	0.7288	0.7249	0.9798
Modal	61	0.046	0.0008	0.0021	0	0.8744	0.8708	0	0.0014	0.0011	1.421E-05	0.7303	0.726	0.9798
Modal	62	0.038	0.0436	0.0001	0	0.918	0.8709	0	0.0001	0.0816	0.0003	0.7304	0.8076	0.9801
Modal	63	0.03	0	0.0116	0	0.918	0.8825	0	0.0191	0	0	0.7495	0.8076	0.9801
Modal	64	0.026	0.0001	0.0418	0	0.9181	0.9243	0	0.0732	0.0002	1.318E-05	0.8227	0.8078	0.9801
Modal	65	0.026	0.0142	2.4E-05	0	0.9323	0.9243	0	4.4E-05	0.0258	0.0001	0.8228	0.8336	0.9802

MÓDULO 6

ANALISIS ESTATICO

I) ANALISIS ESTATICO

Periodo.

Hn= Desde el nivel 0+00
 Ctx= Muros estructurales
 Cty= Muros estructurales

Periodo Fundamental de Vibración

Hn= **14.1**
 Ctx= **60**
 Cty= **60**

Tx= **0.24 seg**
 Ty= **0.24 seg**

E-030

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



FIGURA N° 1

Los parametros sísmicos

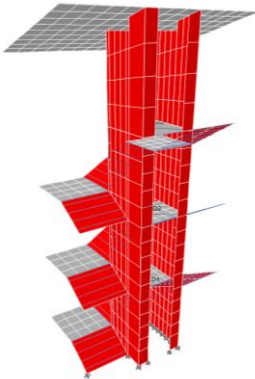


Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

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

Z= **0.25**
 U= **1.50**
 S= **1.20**
 C=
 R=



	TP	T	TL
S2	0.6	2	2

Coeficiente de reducción "R"

Factor de Irregularidad en altura
 Factor de Irregularidad en planta

la= **1.00**
 lp= **1.00**

Rx= **6.00**
 Ry= **6.00**

Muros Estructurales
 Muros Estructurales

Cálculo de amplificación sísmica "C"

Factor de Amplificación Sísmica (C)

$$T < T_P$$

$$C = 2,5$$

$$T_x = 0.24$$

$$T_y = 0.24$$

$$T_P = 0.60$$

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

Calculo del factor C "Coef. Cortante"

EN ETABS

$$C_x = ZUSC_x/R = 0.1875$$

$$C_y = ZUSC_y/R = 0.1875$$

El valor de C/R no debera considerarse menor que:

en el eje X $C/R \geq 0.11$ **0.417** **OK**

en el eje Y $C/R \geq 0.11$ **0.417** **OK**

Fuerza en la base.

Fuerza cortante en la base de la estructura.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Masa y pesos de la estructura

Nº	Masa (Kgf-s2/m)		peso (Kgf)	
	X	Y	X	Y
Piso 4	3155.52	3155.52	30945.24	30945.24
Piso 3	3504.77	3504.77	34370.23	34370.23
Piso 2	3562.50	3562.50	34936.37	34936.37
Piso 1	3455.50	3455.50	33887.05	33887.05

Peso en X= **134138.89**

Peso en y= **134138.89**

La fuerza cortante en X : $V_x = 25151.04$ 25.15ton

La fuerza cortante en Y : $V_y = 25151.04$ 25.15ton

Distribución de la fuerza sísmica en altura.

Está determinado por la siguiente expresión

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde:

V= Cortante basal
 ai = Factor de F
 n= número de pisos

K: es un exponente relacionado con el periodo de fundamental de vibración de la estructura (T).

$$T \leq 0.5 \text{ ----> } k=1.0$$

$$T \geq 0.5 \text{ ----> } k=0.75+0.5T \leq 2.0$$

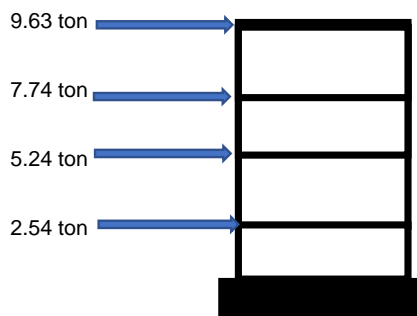
Kx= 1

Ky= 1

Fuerza sísmica en dirección X

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	30945.24	14.10	436327.86	0.38	9629.04	9.63
Piso 3	34370.23	10.20	350576.33	0.31	7736.65	7.74
Piso 2	34936.37	6.80	237567.31	0.21	5242.72	5.24
Piso 1	33887.05	3.40	115215.98	0.10	2542.63	2.54
$\Sigma = P. Ed.$	134138.89	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	1139687.46	1.00	25151.04	25.15

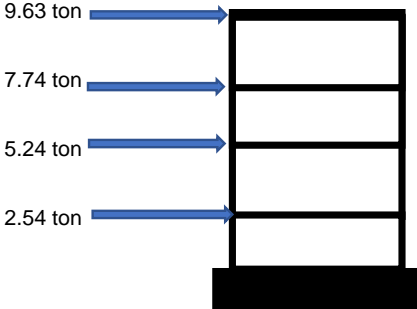
Grafico de la fuerzas en la altura



Fuerza sísmica en dirección y

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$P_i * (h_i)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
Piso 4	30945.24	14.10	436327.86	0.38	9629.04	9.63
Piso 3	34370.23	10.20	350576.33	0.31	7736.65	7.74
Piso 2	34936.37	6.80	237567.31	0.21	5242.72	5.24
Piso 1	33887.05	3.40	115215.98	0.10	2542.63	2.54
$\Sigma = P. Ed.$	134138.89	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	1139687.46	0.69	25151.04	25.15

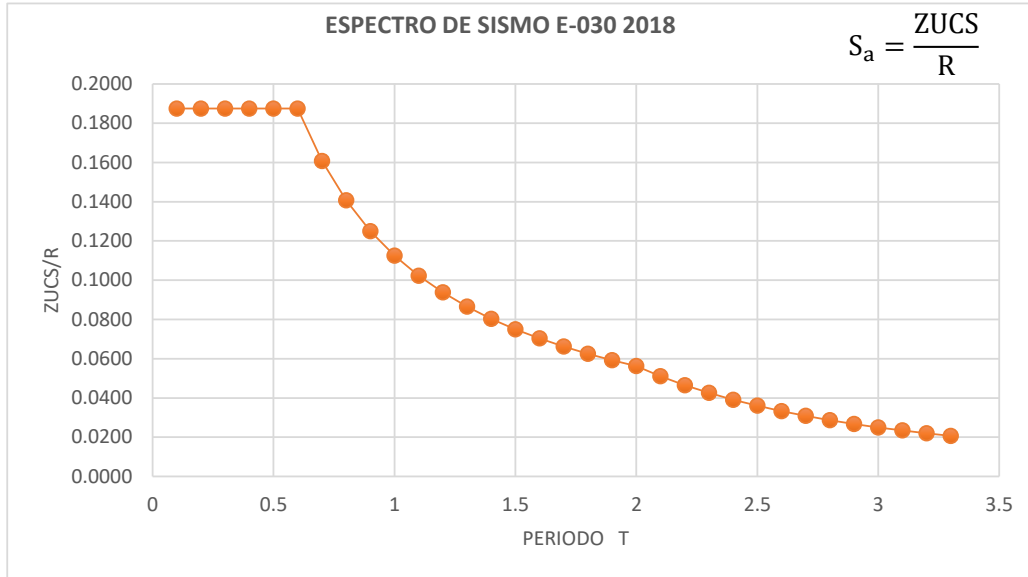
Grafico de la fuerzas en la altura



ANALISIS DINAMICO

II) Analisis modal espectral - Analisis dinamico

Aceleración espectral



Factor de amplificación (Cortante dinamica)

NTE 030

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	-----> REGULAR
$V_{din} \geq 90\% V_{est}$	-----> IRREGULAR

EN X-X

Load Case/Combo	FX
Vest= S_ETX	25.15
Vdin= S_DX Max	14.23

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
57%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "X" es el :

57%

Entonces incrementar cortante

EN Y-Y

Load Case/Combo	FY
Vest= S_ETY	25.15
Vdin= S_DY Max	16.64

$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	REG
66%	80%

Se observa que la cortante dinamica en "Y" es el :

66%

Entonces incrementar cortante

Es necesario lograr que la fuerza cortante obtenida mediante el metodo dinamico sea igual a por lo menos el 80% de la fuerza cortante obtenida mediante el metodo estatico descrito por la norma de diseño sismo resistente.

Amplificar :

se amplifica al sismo por un nuevo factor de escala

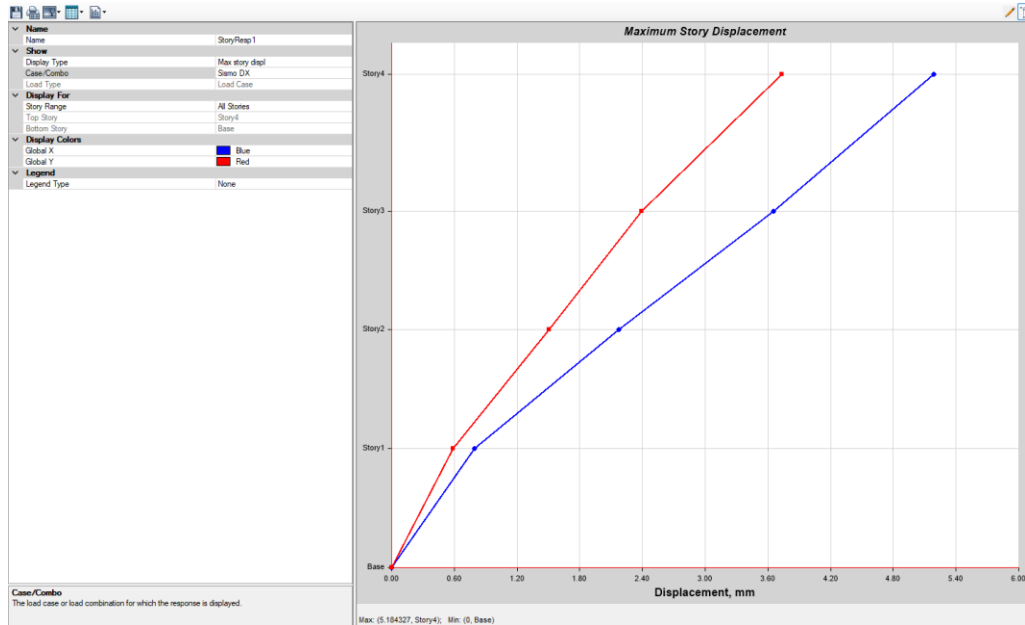
FaX	1.41
FaY	1.21



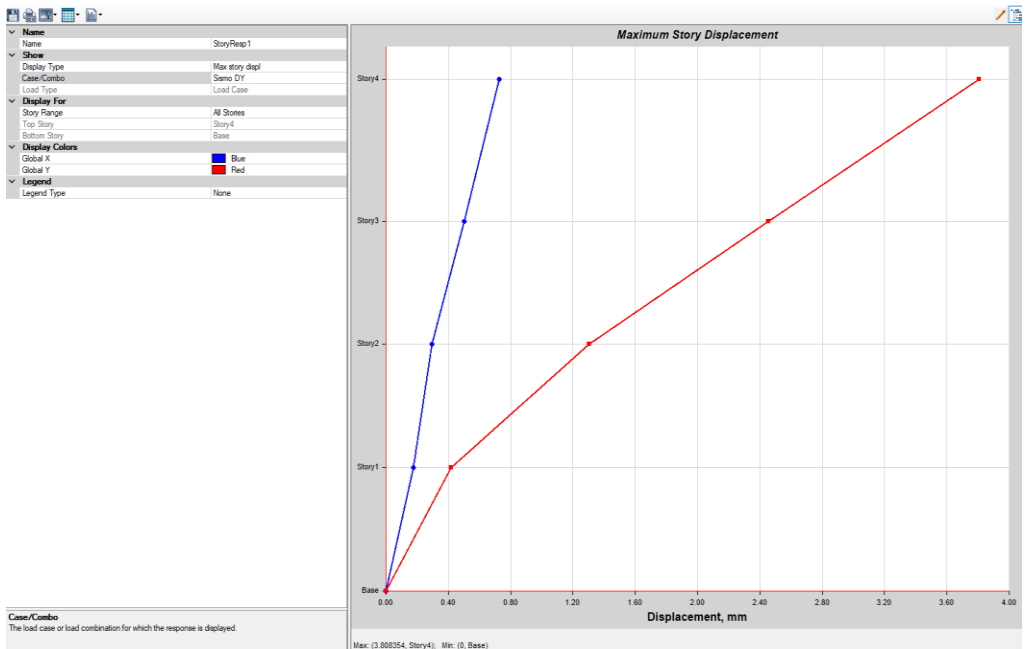
este nuevo factor F.E. no afecta a los desplazamientos, solo al diseño.

Desplazamientos absolutos y relativos (Derivas)

Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección X = 5.18 mm.

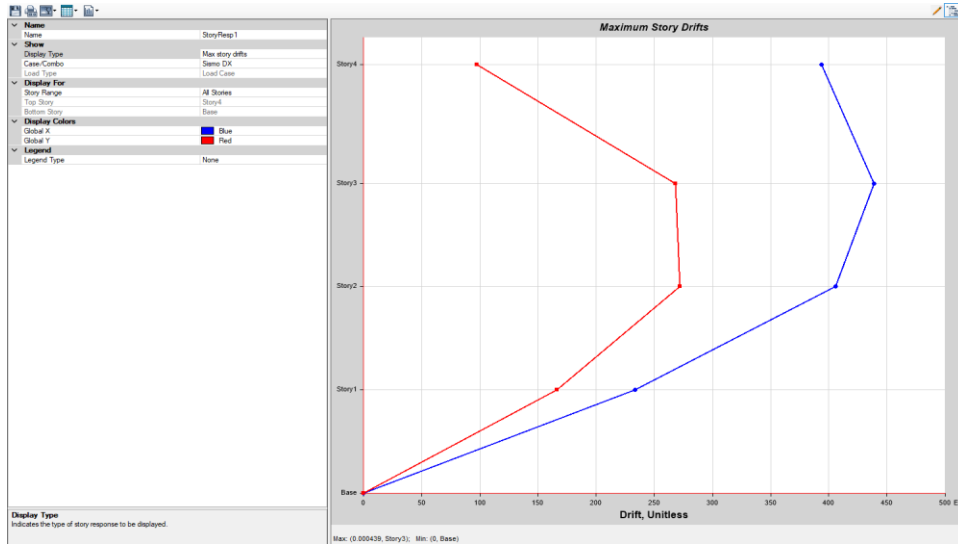


Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sismica en dirección Y = 3.80 mm.



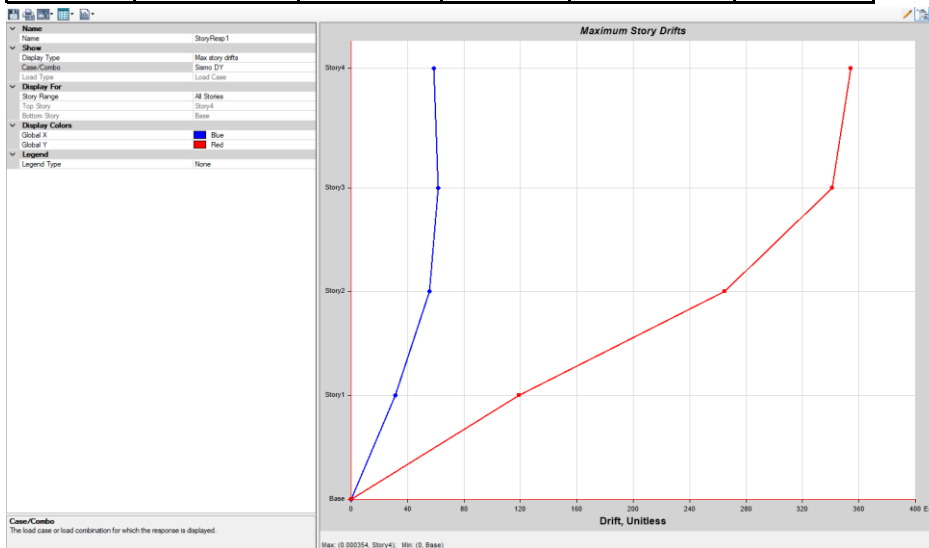
Desplazamiento relativos en direcció "X".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcció	Deriva	Rx= 6	
				Deriva *0.75*R < 0.007	
Piso 4	SIS Dinam.	X	0.000394	0.001773	Si
Piso 3	SIS Dinam.	X	0.000439	0.0019755	Si
Piso 2	SIS Dinam.	X	0.000406	0.001827	Si
Piso 1	SIS Dinam.	X	0.000233	0.0010485	Si



Desplazamiento relativos en direcció "Y".

Deriva maximas por piso					
Pisos	Caso de carga	Direcció	Deriva	Ry= 6	
				Deriva *0.75*R < 0.007	
Piso 4	SIS Dinam.	Y	0.000354	0.001593	Si
Piso 3	SIS Dinam.	Y	0.000341	0.0015345	Si
Piso 2	SIS Dinam.	Y	0.000265	0.0011925	Si
Piso 1	SIS Dinam.	Y	0.000119	0.0005355	Si



Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.266	0.5129	0.0094	0	0.5129	0.0094	0	0.0049	0.3145	0.1869	0.0049	0.3145	0.1869
Modal	2	0.23	0.0089	0.6413	0	0.5219	0.6508	0	0.4443	0.0059	0	0.4492	0.3204	0.1869
Modal	3	0.153	0.1524	0.0003	0	0.6742	0.651	0	0.0014	0.1068	0.5591	0.4506	0.4272	0.746
Modal	4	0.077	0.0111	0.0013	0	0.6853	0.6524	0	0.0022	0.0054	0.0907	0.4528	0.4326	0.8367
Modal	5	0.073	0.0017	0.02	0	0.6871	0.6724	0	0.0261	0.0019	0.0049	0.4789	0.4345	0.8417
Modal	6	0.072	0.0026	0.0007	0	0.6897	0.6731	0	0.0013	0.0017	0.0000093	0.4801	0.4362	0.8417
Modal	7	0.071	0.0067	0.0113	0	0.6964	0.6844	0	0.0217	0.0109	0.0099	0.5018	0.4471	0.8516
Modal	8	0.07	0.012	0.0012	0	0.7084	0.6856	0	0.0023	0.0149	0.0051	0.5041	0.4621	0.8567
Modal	9	0.068	0.0126	0.0056	0	0.7209	0.6911	0	0.0149	0.0316	0.0467	0.519	0.4937	0.9034
Modal	10	0.065	0.0988	0.0013	0	0.8198	0.6924	0	0.0017	0.1583	0.0005	0.5207	0.652	0.9039
Modal	11	0.054	0.0242	0.0003	0	0.8439	0.6927	0	0.0004	0.039	0.0169	0.5211	0.691	0.9208
Modal	12	0.053	0.0003	0.0287	0	0.8442	0.7214	0	0.0354	0.0006	0.0014	0.5565	0.6916	0.9222
Modal	13	0.053	0.0005	0.0236	0	0.8447	0.745	0	0.0278	0.0009	0.0022	0.5843	0.6925	0.9244
Modal	14	0.052	0.0005	0.0012	0	0.8452	0.7463	0	0.0014	0.0007	0	0.5857	0.6932	0.9244
Modal	15	0.052	0.0001	5.9E-06	0	0.8453	0.7463	0	2.5E-06	0.0001	0	0.5857	0.6934	0.9244
Modal	16	0.052	0.0001	0	0	0.8453	0.7463	0	1.7E-05	0.0002	0.0004	0.5858	0.6936	0.9248
Modal	17	0.052	0.0009	0.0004	0	0.8463	0.7467	0	0.0005	0.0022	0.0021	0.5863	0.6957	0.9269
Modal	18	0.052	0.0025	7.4E-06	0	0.8487	0.7467	0	1.6E-05	0.0066	0.0037	0.5863	0.7023	0.9306
Modal	19	0.052	0.0009	0.0008	0	0.8497	0.7475	0	0.0009	0.0014	0.0003	0.5872	0.7037	0.9309
Modal	20	0.052	0.0001	1.4E-06	0	0.8498	0.7475	0	1.1E-06	0.0002	0.0002	0.5872	0.7039	0.9311
Modal	21	0.052	0.0008	3.7E-05	0	0.8506	0.7475	0	0.0001	0.002	0.0018	0.5873	0.7059	0.933
Modal	22	0.051	0.0002	3.7E-06	0	0.8508	0.7475	0	0	0.0007	0.0008	0.5873	0.7066	0.9337
Modal	23	0.051	0.0001	0.0001	0	0.8509	0.7476	0	0.0001	0.0002	9.457E-06	0.5874	0.7068	0.9337
Modal	24	0.051	0.0001	0.0028	0	0.851	0.7504	0	0.008	0.0002	0.0053	0.5954	0.707	0.939
Modal	25	0.051	0	0.0011	0	0.851	0.7515	0	0.0033	0	0.0025	0.5987	0.707	0.9415
Modal	26	0.051	0.0001	0.0002	0	0.8511	0.7517	0	0.0002	0.0001	7.21E-06	0.5989	0.7071	0.9415
Modal	27	0.051	6.36E-07	8.5E-07	0	0.8511	0.7517	0	2E-06	1.084E-06	0	0.5989	0.7071	0.9415
Modal	28	0.051	4.69E-05	1.5E-05	0	0.8511	0.7517	0	2.8E-05	0.0001	4.363E-05	0.599	0.7072	0.9416
Modal	29	0.05	0.0049	0.0301	0	0.856	0.7818	0	0.0377	0.0066	0.002	0.6366	0.7139	0.9435
Modal	30	0.05	0.0001	0.0037	0	0.8561	0.7855	0	0.0035	0.0002	0.0031	0.6402	0.7141	0.9466
Modal	31	0.049	0.0063	8.8E-06	0	0.8624	0.7856	0	1.5E-06	0.0093	1.306E-05	0.6402	0.7234	0.9466

Modal	32	0.049	5.78E-06	1.5E-05	0	0.8624	0.7856	0	8.5E-06	8.27E-06	3.305E-05	0.6402	0.7234	0.9467
Modal	33	0.049	8.64E-07	7.7E-06	0	0.8624	0.7856	0	1.9E-05	0	0.000139	0.6402	0.7234	0.9467
Modal	34	0.049	0.0002	0.0002	0	0.8626	0.7858	0	0.0003	0.0003	0.0002	0.6405	0.7237	0.9469
Modal	35	0.049	0.0007	0.0002	0	0.8633	0.786	0	0.0003	0.0013	3.685E-05	0.6408	0.725	0.9469
Modal	36	0.049	8.15E-06	1.5E-05	0	0.8633	0.786	0	1.6E-05	4.657E-05	0.0004	0.6408	0.7251	0.9474
Modal	37	0.049	0.0003	0.0001	0	0.8636	0.7862	0	0.0004	0.0009	0.0024	0.6412	0.7259	0.9498
Modal	38	0.049	0.0002	4.6E-06	0	0.8639	0.7862	0	5.2E-06	0.0004	0.0001	0.6412	0.7263	0.9498
Modal	39	0.049	0.0001	1.1E-05	0	0.864	0.7862	0	2.3E-05	0.0003	1.889E-05	0.6412	0.7266	0.9499
Modal	40	0.048	7.88E-07	0.0009	0	0.864	0.787	0	0.0016	0	0.0001	0.6428	0.7266	0.95
Modal	41	0.048	0.0009	0.0012	0	0.8649	0.7883	0	0.0032	0.0022	0.0001	0.646	0.7288	0.9501
Modal	42	0.048	0.0002	0.0034	0	0.8651	0.7917	0	0.0059	0.0006	0.001	0.652	0.7294	0.9511
Modal	43	0.048	0.0002	0.0005	0	0.8653	0.7921	0	0.0011	0.0003	0.0004	0.6531	0.7297	0.9515
Modal	44	0.048	0.0005	0.0002	0	0.8658	0.7923	0	0.0006	0.0007	0.0003	0.6537	0.7304	0.9517
Modal	45	0.048	0	0.0022	0	0.8658	0.7945	0	0.0067	0	0.005	0.6604	0.7304	0.9567
Modal	46	0.047	0.0003	4.3E-05	0	0.8661	0.7945	0	0.0001	0.0004	1.624E-05	0.6605	0.7308	0.9567
Modal	47	0.047	1.48E-06	0.0001	0	0.8661	0.7947	0	0.0003	5.971E-06	0.0001	0.6608	0.7308	0.9568
Modal	48	0.047	0.0003	0.0001	0	0.8664	0.7948	0	0.0001	0.0004	7.848E-06	0.6609	0.7312	0.9568
Modal	49	0.047	0.0148	0.0044	0	0.8812	0.7992	0	0.0049	0.021	0.0002	0.6658	0.7522	0.957
Modal	50	0.047	1.03E-05	0.0002	0	0.8812	0.7994	0	0.0003	1.849E-05	1.109E-05	0.6661	0.7522	0.957
Modal	51	0.047	1.51E-06	1.3E-05	0	0.8812	0.7994	0	3.2E-05	1.36E-06	1.722E-05	0.6661	0.7522	0.957
Modal	52	0.047	2.99E-05	6.8E-06	0	0.8813	0.7994	0	8.3E-06	4.472E-05	0	0.6661	0.7523	0.957
Modal	53	0.046	0.0002	0.0007	0	0.8815	0.8001	0	0.0009	0.0003	4.213E-05	0.667	0.7525	0.9571
Modal	54	0.046	0.0001	1.1E-05	0	0.8816	0.8001	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.667	0.7527	0.9571
Modal	55	0.046	0	5.8E-06	0	0.8816	0.8002	0	9.5E-06	0	2.597E-06	0.6671	0.7527	0.9571
Modal	56	0.046	6.55E-06	1.1E-05	0	0.8816	0.8002	0	1.1E-05	9.325E-06	0	0.6671	0.7527	0.9571
Modal	57	0.046	0	0	0	0.8816	0.8002	0	0	5.83E-07	0	0.6671	0.7527	0.9571
Modal	58	0.046	0.0014	0.0006	0	0.883	0.8008	0	0.0007	0.0022	5.321E-07	0.6678	0.7548	0.9571
Modal	59	0.045	0.0001	0.0006	0	0.8831	0.8014	0	0.0009	0.0001	0.0003	0.6687	0.755	0.9574
Modal	60	0.045	0.0002	1.1E-05	0	0.8833	0.8014	0	3.1E-06	0.0003	0.0001	0.6687	0.7553	0.9575
Modal	61	0.045	0.0017	0.0041	0	0.8849	0.8055	0	0.0048	0.0022	0.0001	0.6735	0.7575	0.9576
Modal	62	0.044	0.0031	0.0059	0	0.888	0.8115	0	0.0069	0.0042	0.0006	0.6804	0.7618	0.9582
Modal	63	0.043	0.0002	0.0002	0	0.8882	0.8117	0	0.0005	0.0003	0.0001	0.6808	0.7621	0.9583
Modal	64	0.043	0.0003	0.0014	0	0.8886	0.813	0	0.0016	0.0005	0.0001	0.6824	0.7626	0.9585

Modal	65	0.043	4.68E-05	0.0001	0	0.8886	0.8131	0	0.0002	0.0001	0.0001	0.6826	0.7626	0.9585
Modal	66	0.041	0.0008	0.0014	0	0.8894	0.8145	0	0.0015	0.0012	0	0.6841	0.7638	0.9585
Modal	67	0.039	0.0015	0.0718	0	0.891	0.8864	0	0.0759	0.0021	0.0007	0.76	0.7659	0.9592
Modal	68	0.03	0.0424	0.0001	0	0.9334	0.8865	0	0.0002	0.075	0.0012	0.7602	0.8409	0.9604
Modal	69	0.028	1.56E-05	0.0165	0	0.9334	0.903	0	0.0255	2.625E-05	2.688E-05	0.7857	0.8409	0.9604
Modal	70	0.026	0.0003	5.1E-06	0	0.9337	0.903	0	1.3E-05	0.0022	0.0028	0.7857	0.8431	0.9632

Anexo G. Definición de rótulas plásticas para análisis Pushover

a) MÓDULO 1

Figura 128 Rótulas en Vigas, Módulo 1

Eje 2-2 y 4-4		
Entre (E-G y I-J)		
Rotulas plasticas		
VP.(. 25x.60)		
bi	=	0.28 m
Lp	=	0.30 m
Luz libre de la viga	=	3.67 m
Pi: inicio	=	0.157
Pj: final	=	0.843

Eje 2-2 y 4-4		
Entre (D-E y G-I)		
Rotulas plasticas		
VP.(. 25x.60)		
bi	=	0.28 m
Lp	=	0.30 m
Luz libre de la viga	=	3.68 m
Pi: inicio	=	0.156
Pj: final	=	0.844

Eje 2-2 y 4-4		
Entre (C-D)		
Rotulas plasticas		
VP.(. 25x.60)		
bi	=	0.28 m
bj	=	0.32 m
Lp	=	0.30 m
Luz libre de la viga	=	3.60 m
Pi: inicio	=	0.160
Pj: final	=	0.829

Eje 2-2 y 4-4		
Entre (J-K)		
Rotulas plasticas		
VP.(. 25x.60)		
bi	=	0.28 m
bj	=	0.32 m
Lp	=	0.30 m
Luz libre de la viga	=	3.65 m
Pi: inicio	=	0.158
Pj: final	=	0.832

Eje 2-2 y 4-4		
Entre (J-K)		
Rotulas plasticas		
VP.(. 25x.60)		
bi	=	0.28 m
bj	=	1.15 m
Lp	=	0.30 m
Luz libre de la viga	=	3.65 m
Pi: inicio	=	0.158
Pj: final	=	0.603

Eje 2-2 y 4-4		
Entre (C)		
Rotulas plasticas		
VP.(. 25x.60)		
bi	=	0.19 m
bj	=	0.13 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	3.15 m
Pi: inicio	=	0.119
Pj: final	=	0.860

Eje 2-2 y 4-4		
Entre (K)		
Rotulas plasticas		
VP.(. 25x.60)		
bi	=	0.19 m
bj	=	0.07 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	3.52 m
Pi: inicio	=	0.125
Pj: final	=	0.911

Eje 2-2 y 4-4		
Entre (G)		
Rotulas plasticas		
VP.(. 25x.60)		
bi	=	0.19 m
bj	=	0.13 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	3.52 m
Pi: inicio	=	0.125
Pj: final	=	0.893

b) MÓDULO 2

Figura 129 Rótulas en Vigas, Módulo 2

Eje A-Ay B-B		
Entre (2-2 y 3-3)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.60)		
bi	=	0.25 m
Lp	=	0.30 m
Luz libre de la viga	=	2.16 m
Pi: inicio	=	0.255
Pj: final	=	0.745

Eje -- y --		
Entre (-- y --)		
Rotulas plasticas		
VP.(. 25x.60)		
bi	=	0.00 m
Lp	=	0.00 m
Luz libre de la viga	=	1.00 m
Pi: inicio	=	0.000
Pj: final	=	1.000

Eje A-A		
Entre (1-2)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.60)		
bi	=	0.25 m
bj	=	0.32 m
Lp	=	0.30 m
Luz libre de la viga	=	2.66 m
Pi: inicio	=	0.207
Pj: final	=	0.769

Eje B-B		
Entre (1-2)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.60)		
bi	=	0.25 m
bj	=	0.32 m
Lp	=	0.30 m
Luz libre de la viga	=	2.66 m
Pi: inicio	=	0.207
Pj: final	=	0.769

Eje A-A		
Entre (3-4)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.60)		
bi	=	0.32 m
bj	=	0.25 m
Lp	=	0.30 m
Luz libre de la viga	=	3.40 m
Pi: inicio	=	0.181
Pj: final	=	0.838

Eje B-B		
Entre (3-4)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.60)		
bi	=	0.32 m
bj	=	0.25 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	3.40 m
Pi: inicio	=	0.147
Pj: final	=	0.834

Eje A-A, B-B		
Entre (1-1)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.60)		
bi	=	0.32 m
bj	=	0.25 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	5.40 m
Pi: inicio	=	0.105
Pj: final	=	0.907

c) **MÓDULO 3**

Figura 130 *Rótulas en Vigas, Módulo 3*

Eje L-L y M-M		
Entre (2-2 y 3-3)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.50)		
bi	=	0.25 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	2.91 m
Pi: inicio	=	0.172
Pj: final	=	0.828

Eje M-M		
Entre (1-2)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.50)		
bi	=	0.25 m
bj	=	0.32 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	2.66 m
Pi: inicio	=	0.188
Pj: final	=	0.788

Eje M-M		
Entre (3-4)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.50)		
bi	=	0.32 m
bj	=	0.25 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	2.65 m
Pi: inicio	=	0.213
Pj: final	=	0.811

Eje 4-4		
Entre (L-M)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.50)		
bi	=	0.48 m
bj	=	0.25 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	6.02 m
Pi: inicio	=	0.120
Pj: final	=	0.917

Eje L - L		
Entre (1-2)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.50)		
bi	=	0.25 m
bj	=	0.32 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	2.66 m
Pi: inicio	=	0.188
Pj: final	=	0.788

Eje L-L		
Entre (3-4)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.50)		
bi	=	0.32 m
bj	=	0.25 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	2.65 m
Pi: inicio	=	0.213
Pj: final	=	0.811

Eje 1-1		
Entre (L-M)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.50)		
bi	=	0.19 m
bj	=	0.25 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	5.27 m
Pi: inicio	=	0.083
Pj: final	=	0.905

d) MÓDULO 4

Figura 131 *Rótulas en Vigas, Módulo 4*

Eje 5-5 y 6-6		
Entre (G-G)		
Rotulas plasticas		
V(. 25x.50)		
bi	=	0.19 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	3.55 m
Pi: inicio	=	0.123
Pj: final	=	0.877

Eje 5 - 5		
Entre (F-G)		
Rotulas plasticas		
V.(. 25x.50)		
bi	=	0.26 m
bj	=	0.13 m
Lp	=	0.25 m
Luz libre de la viga	=	5.25 m
Pi: inicio	=	0.098
Pj: final	=	0.929

Anexo H. Análisis pushover: Punto de desempeño

a) MÓDULO 1

Figura 132

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 1

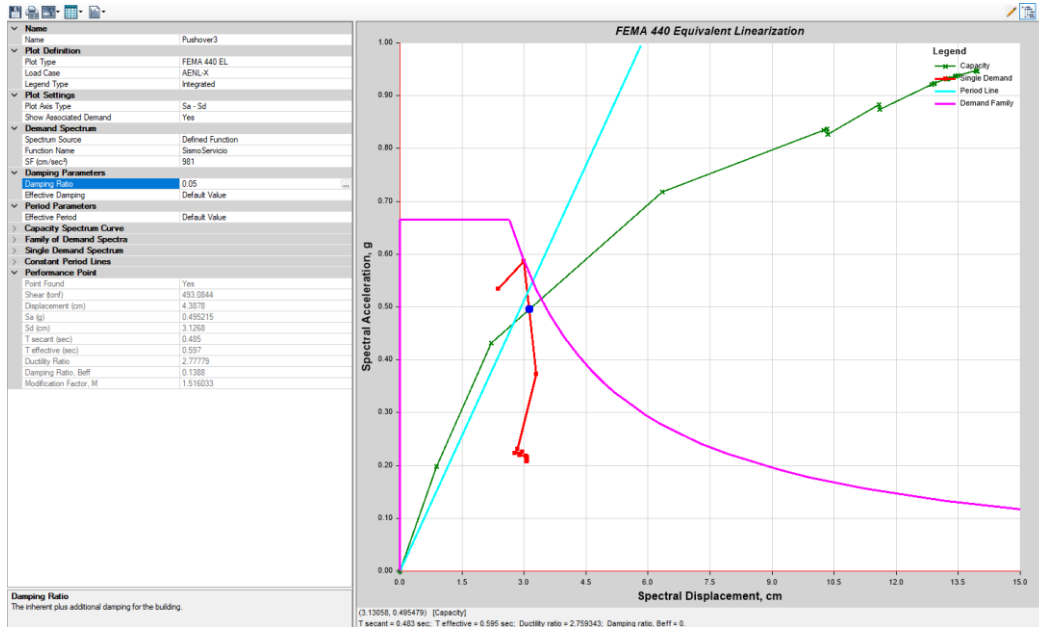


Figura 133

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 1

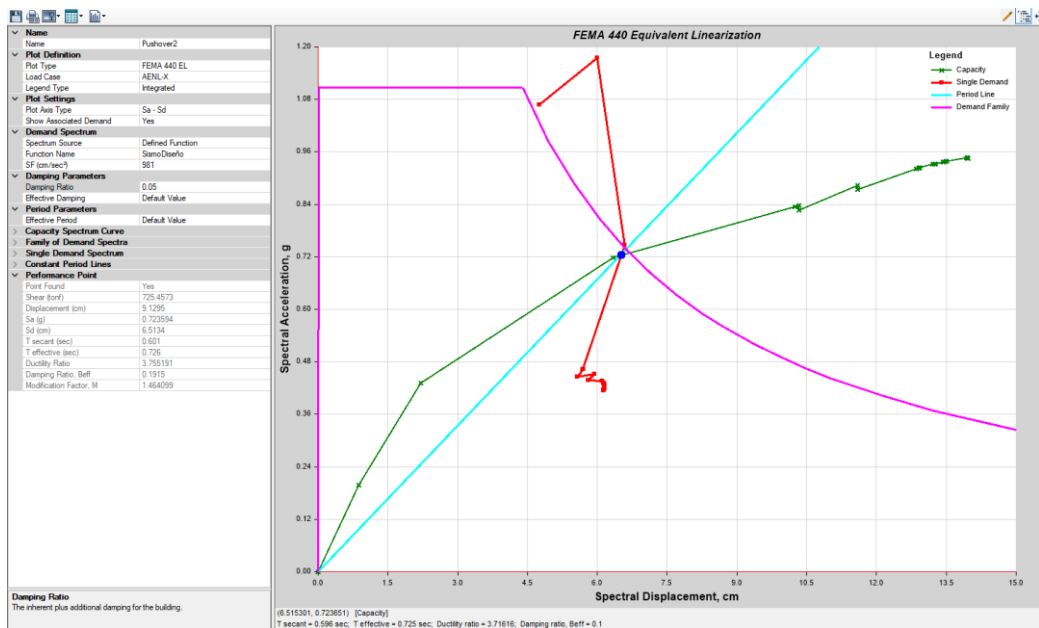


Figura 134

Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 1

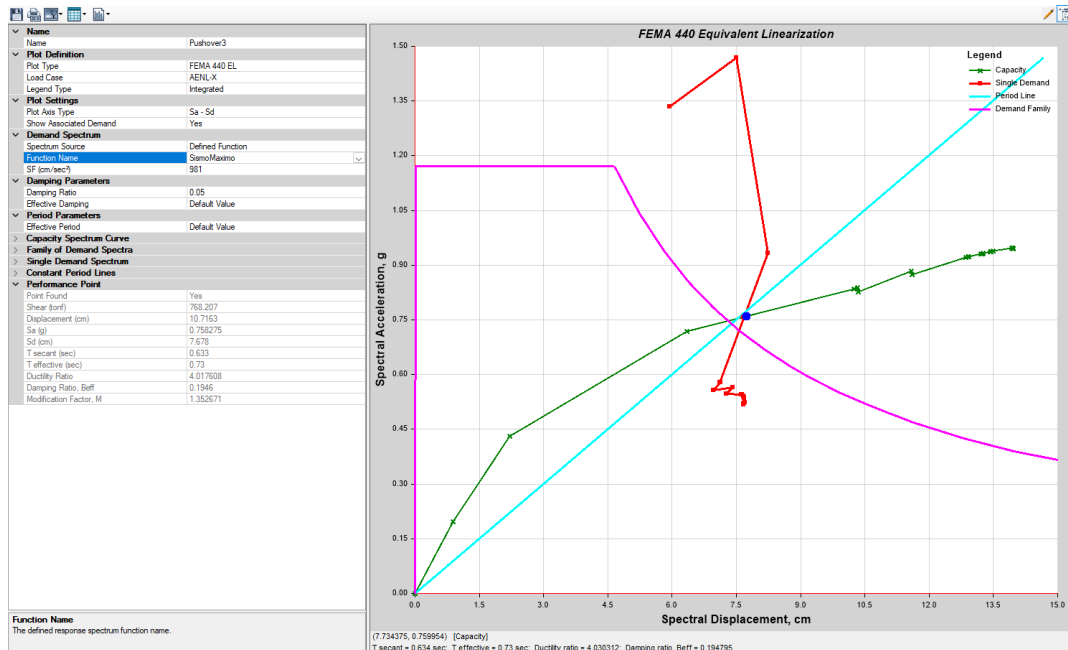


Figura 135

Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 1

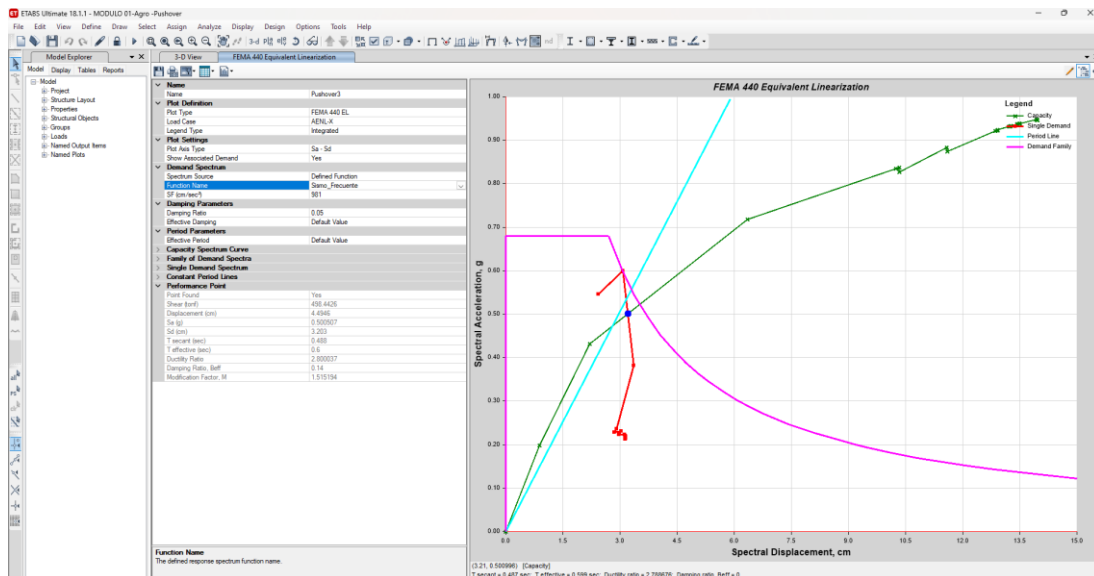


Figura 136

Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 1

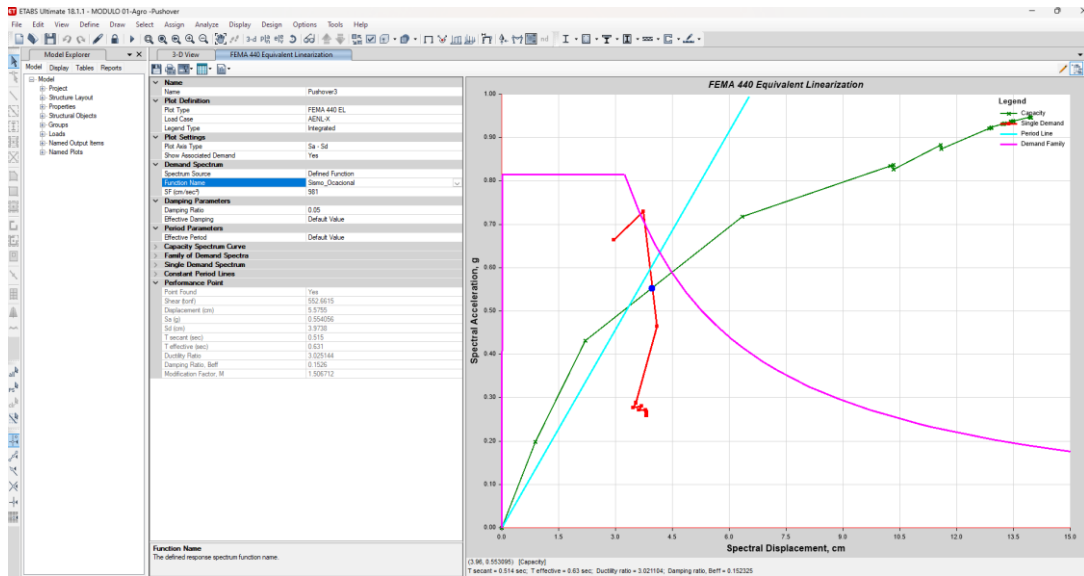


Figura 137

Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 1

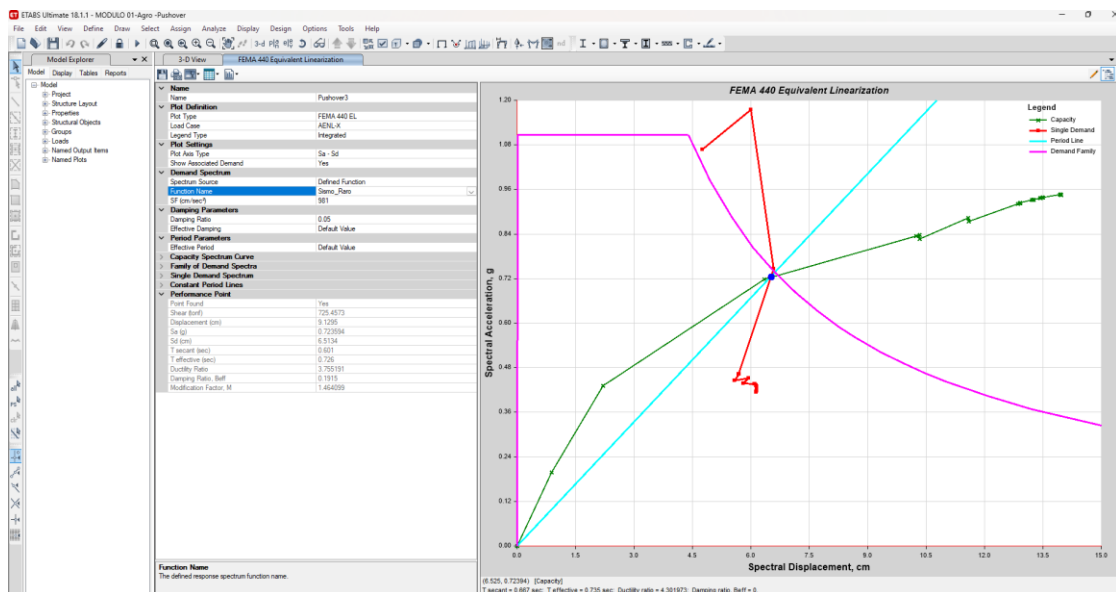


Figura 138

Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 1

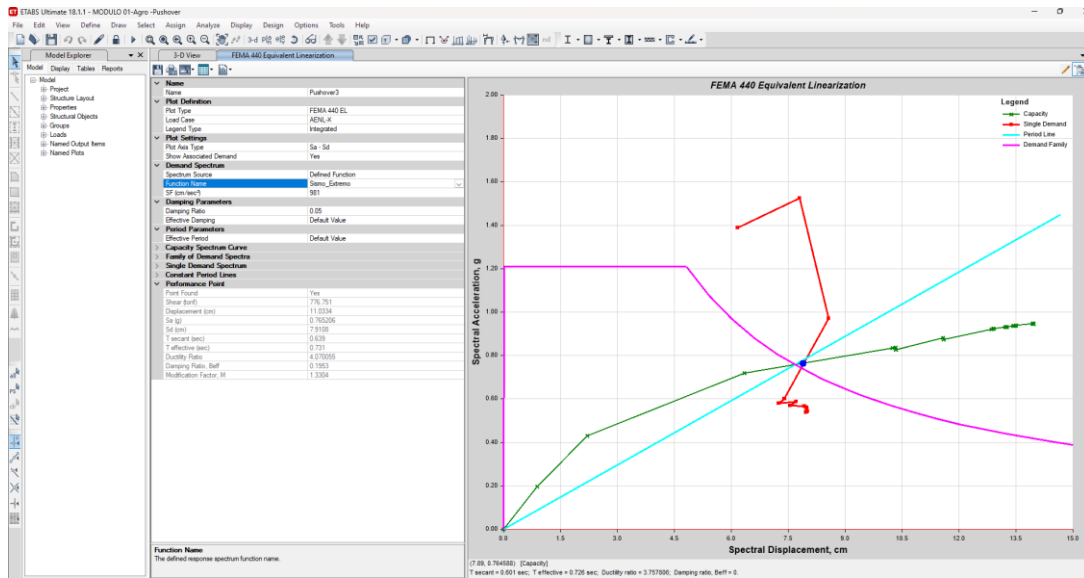


Figura 139

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 1

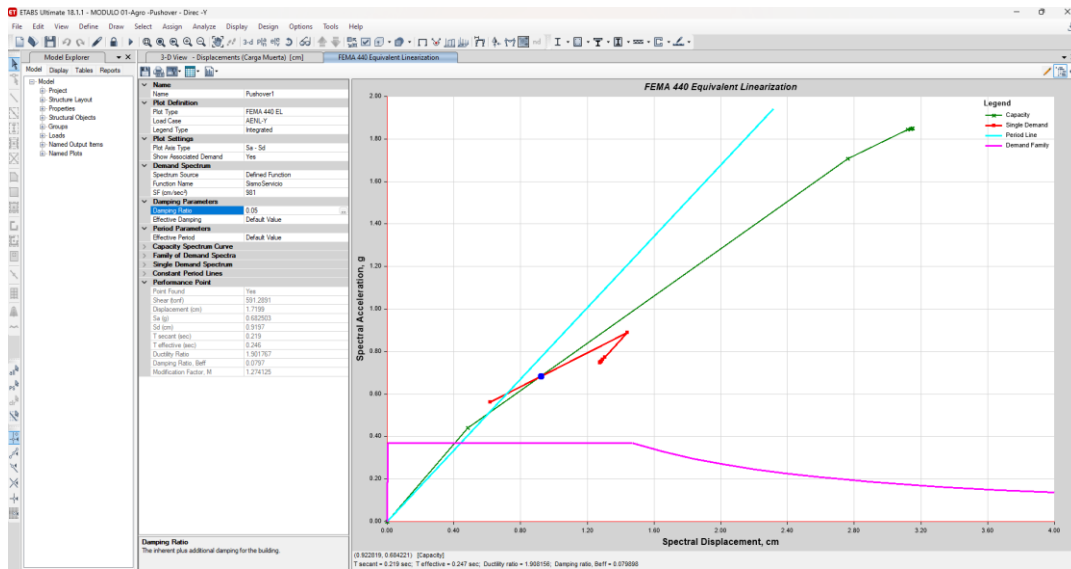


Figura 140

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 1

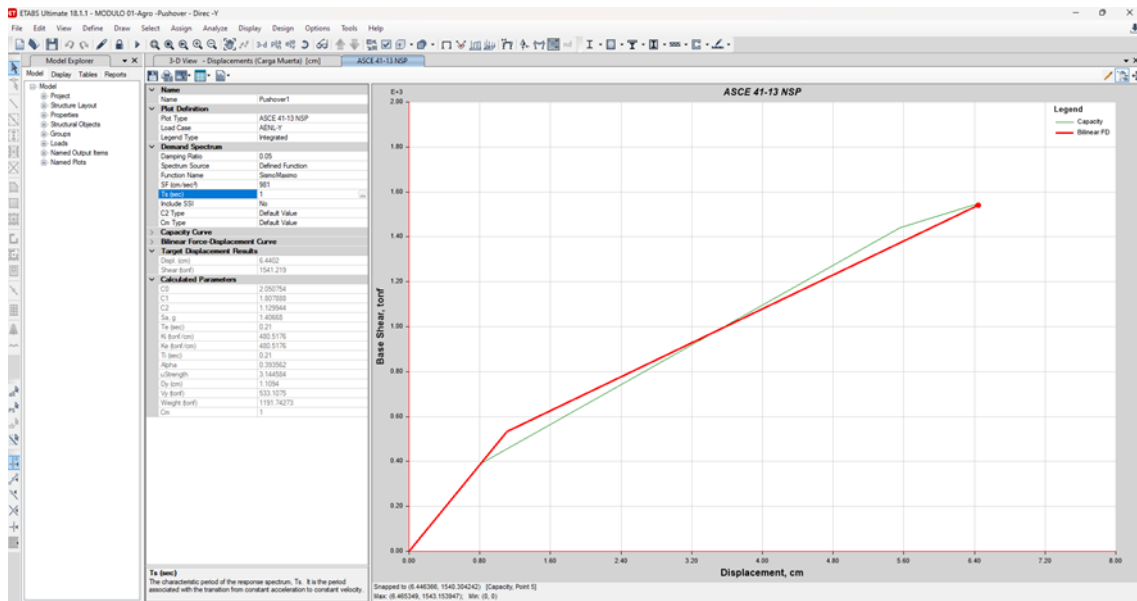


Figura 141

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 1

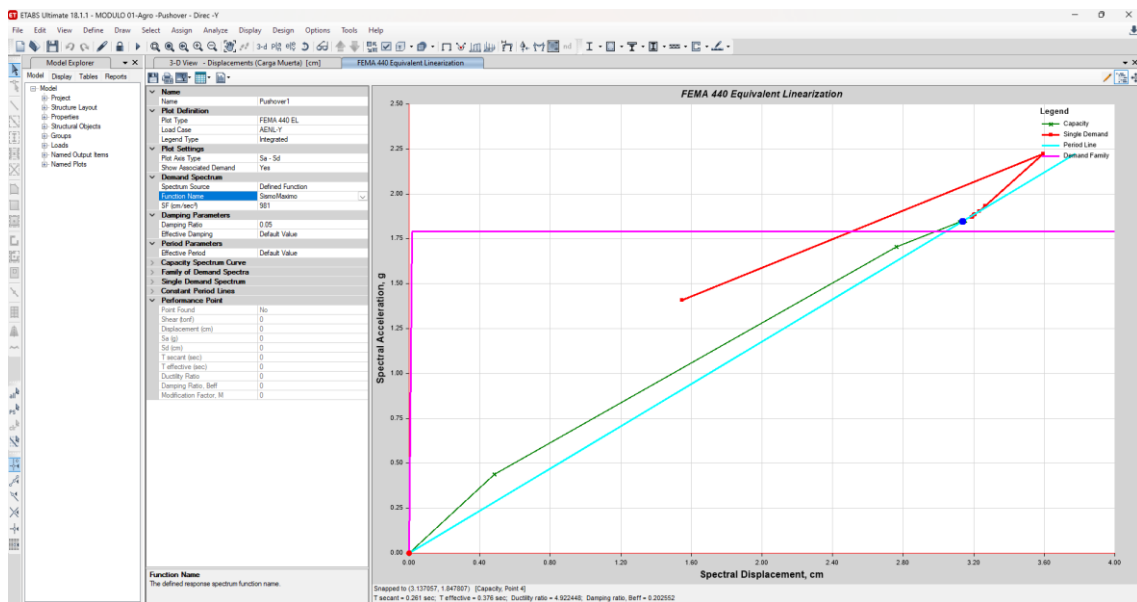


Figura 142

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 1

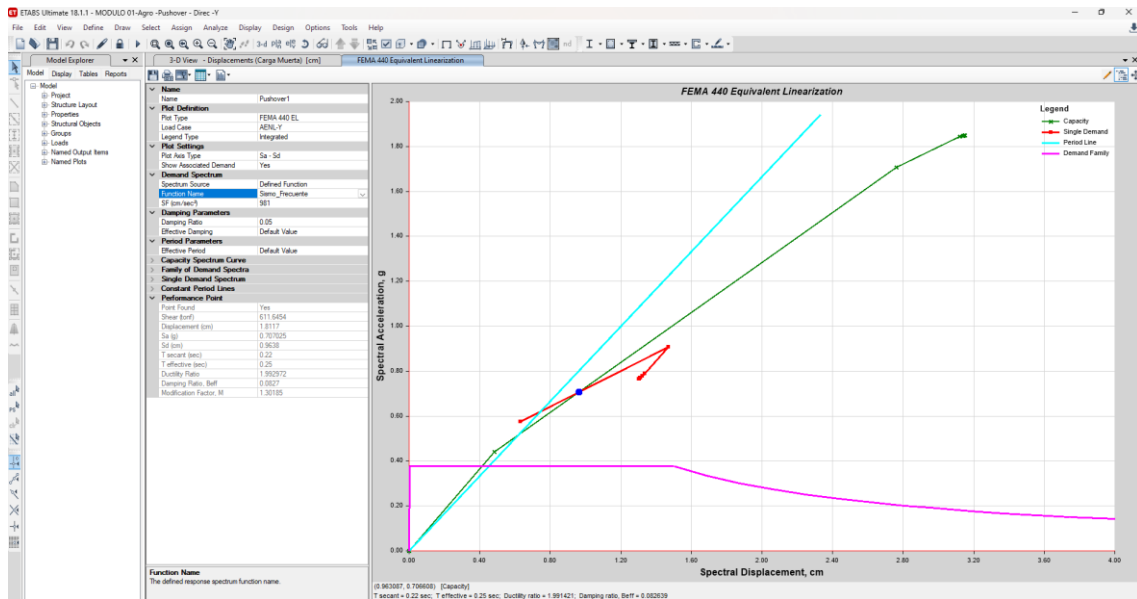


Figura 143

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 1

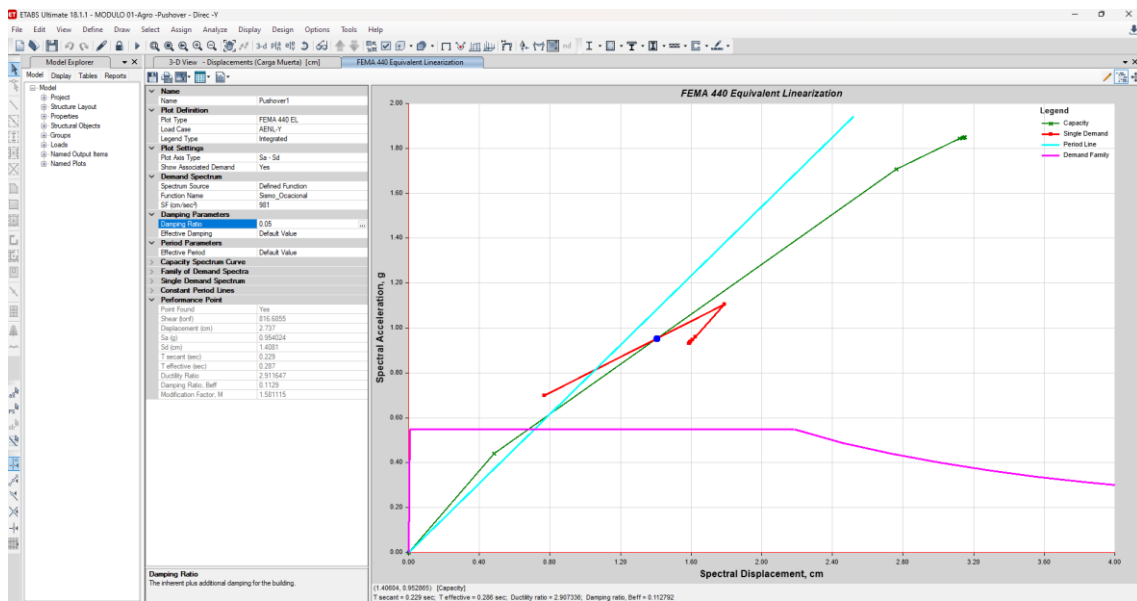


Figura 144

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 1

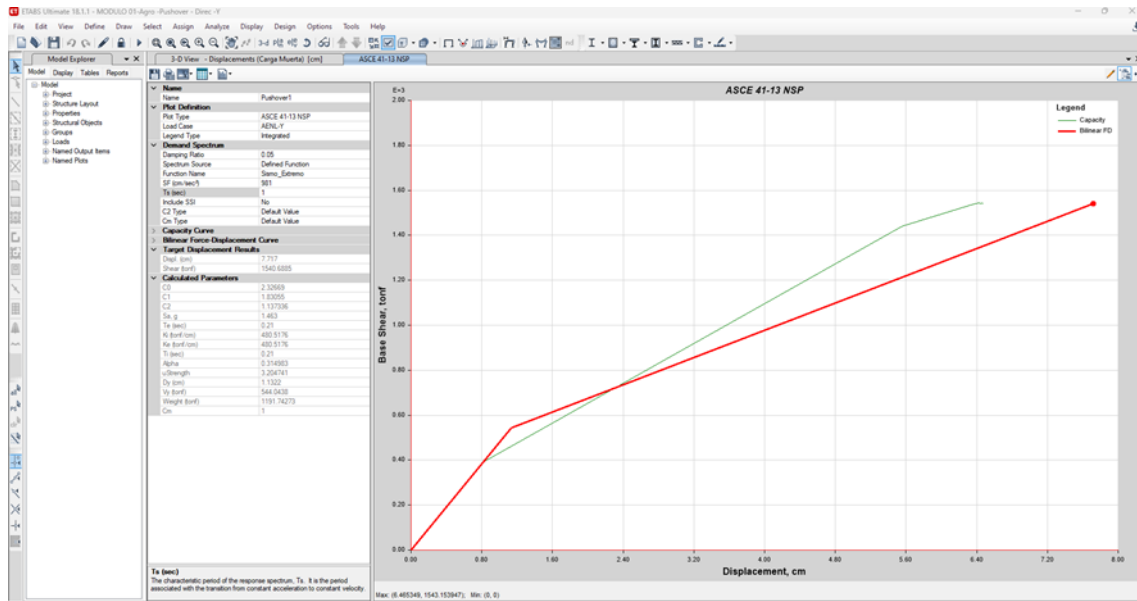
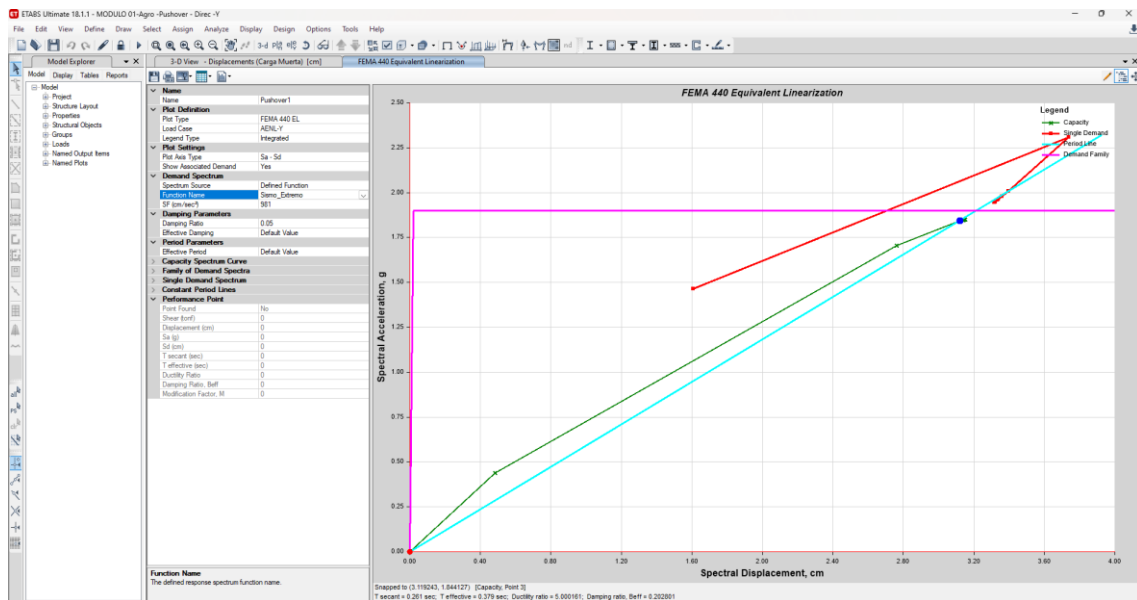


Figura 145

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 1



b) MÓDULO 2

Figura 146

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 1

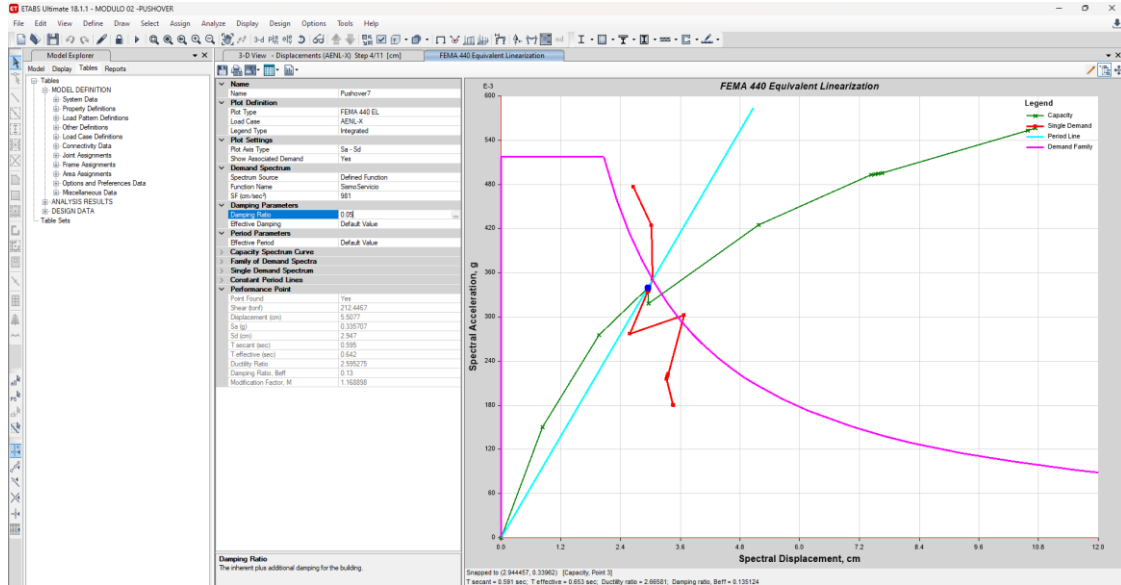


Figura 147

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 2

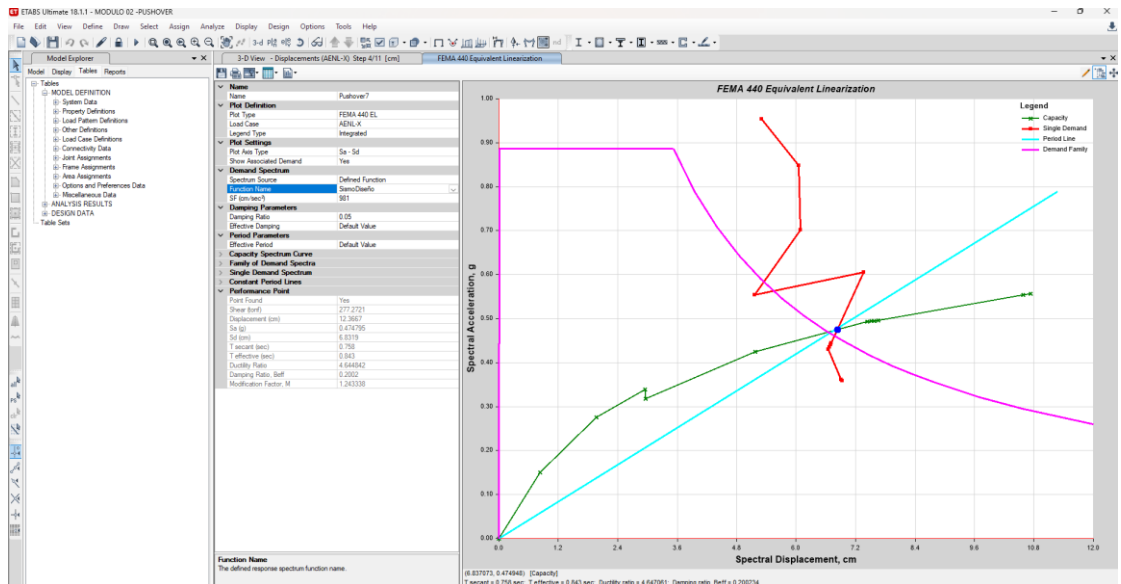


Figura 148

Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 2

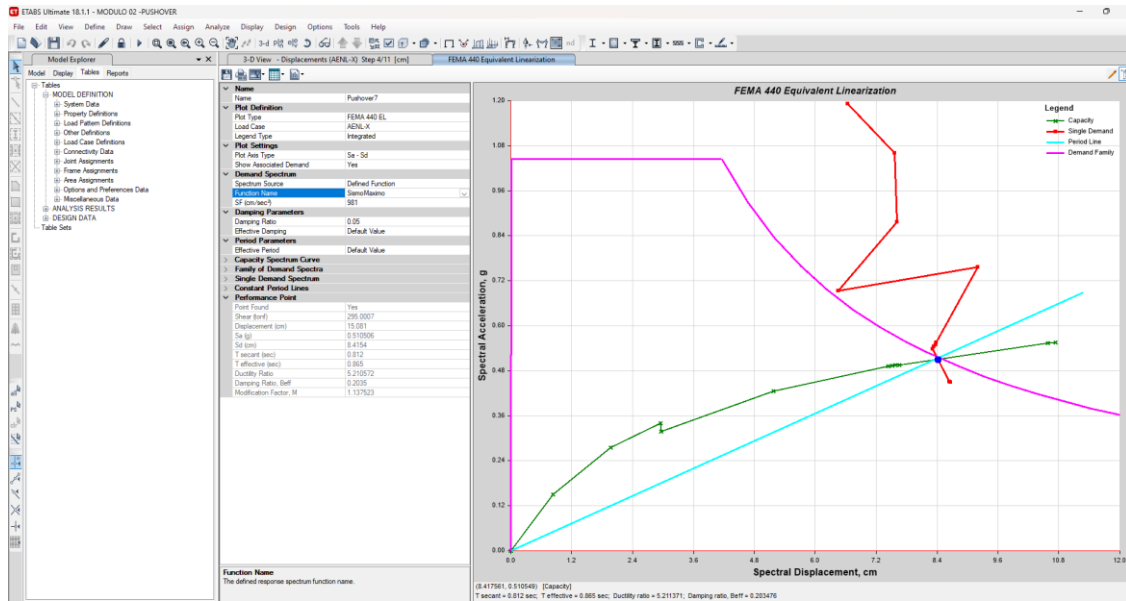


Figura 149

Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 2

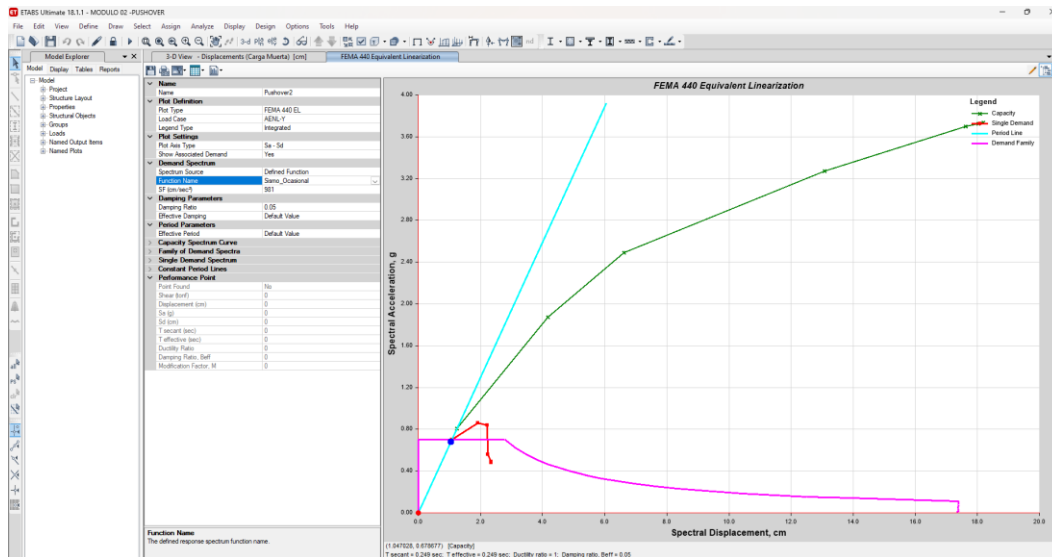


Figura 150

Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 2

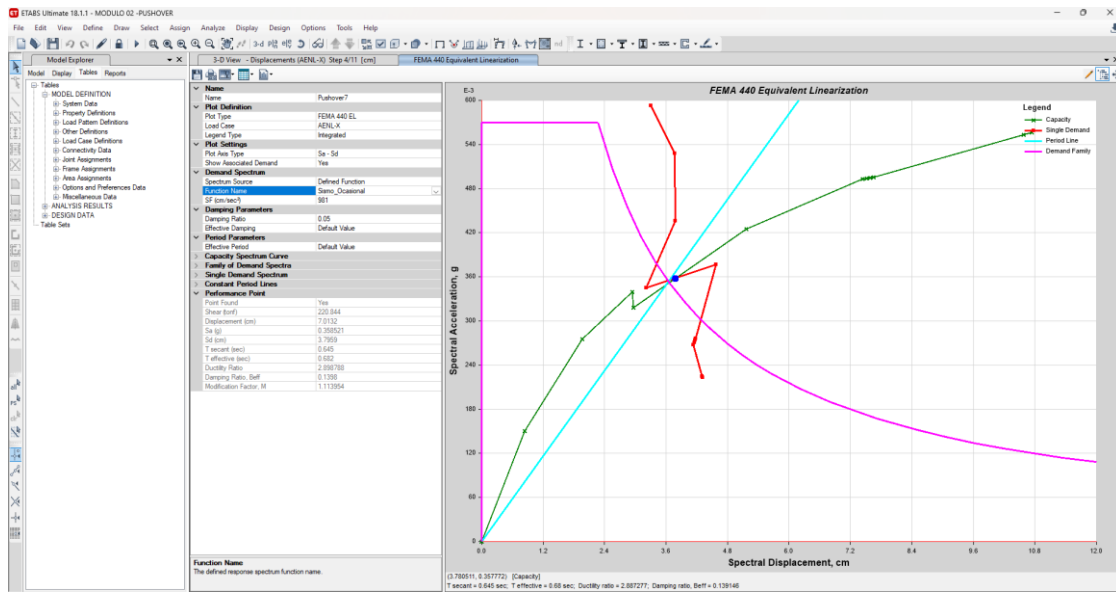


Figura 151

Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 2

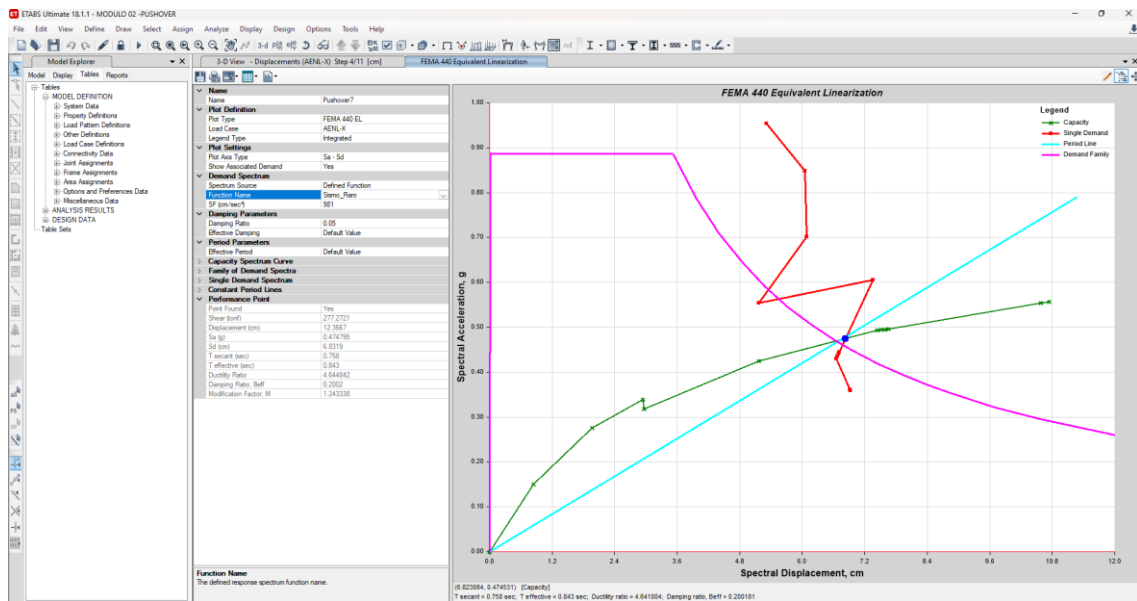


Figura 152

Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 2

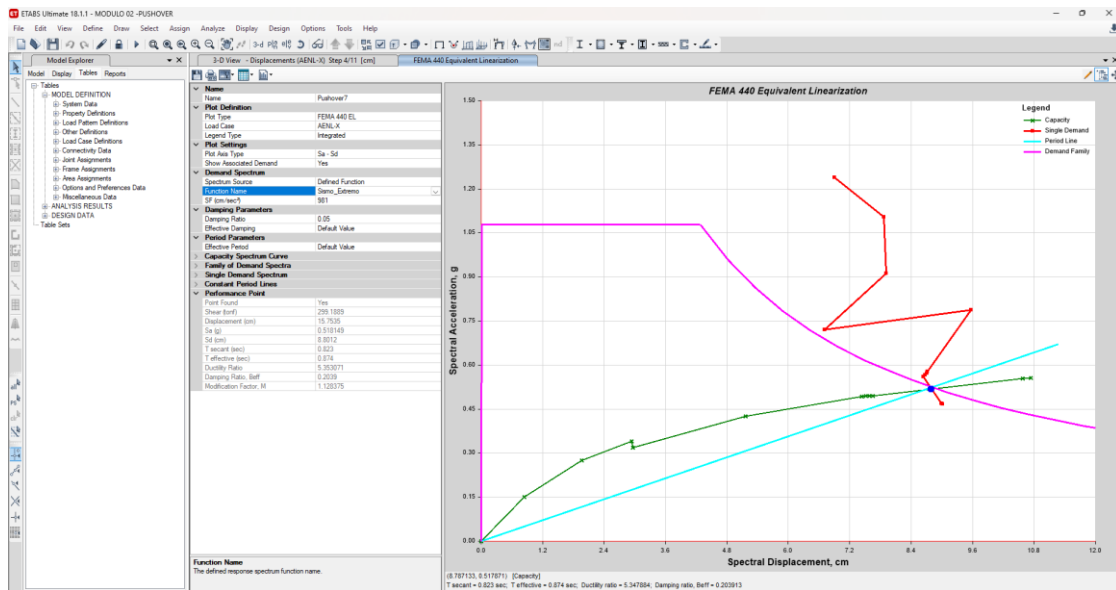


Figura 153

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 2

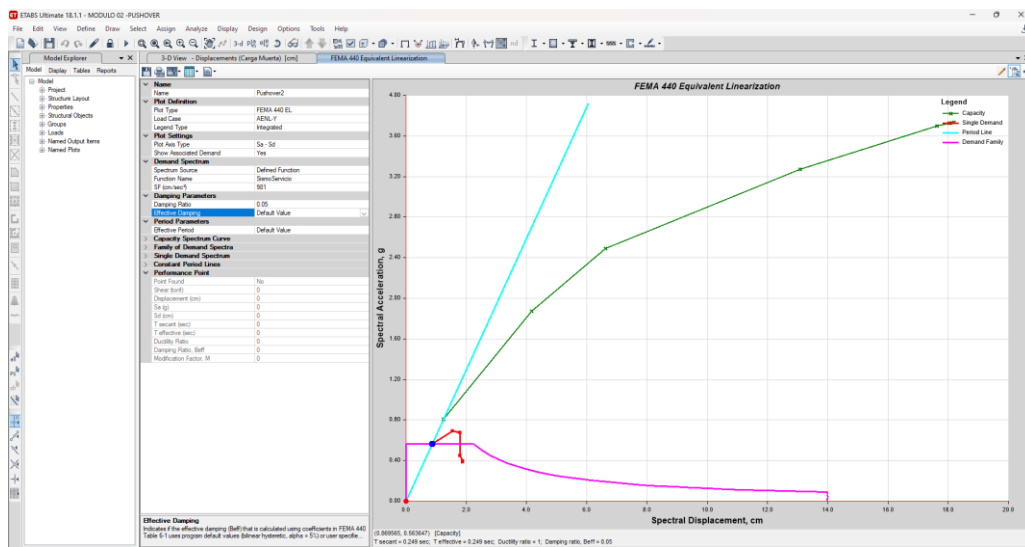


Figura 154

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 2

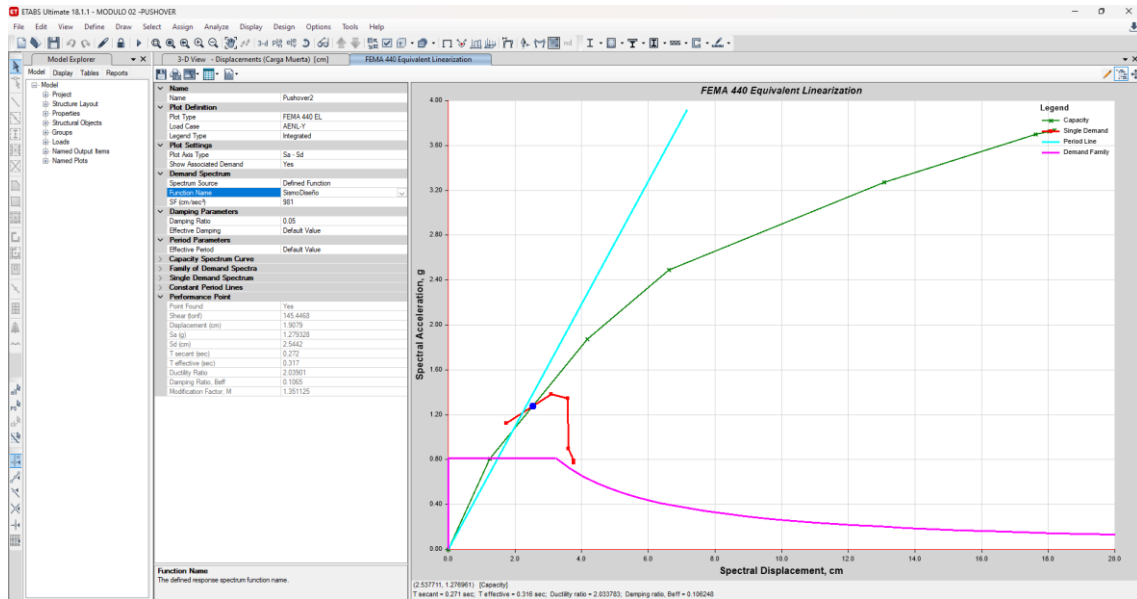


Figura 155

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 1

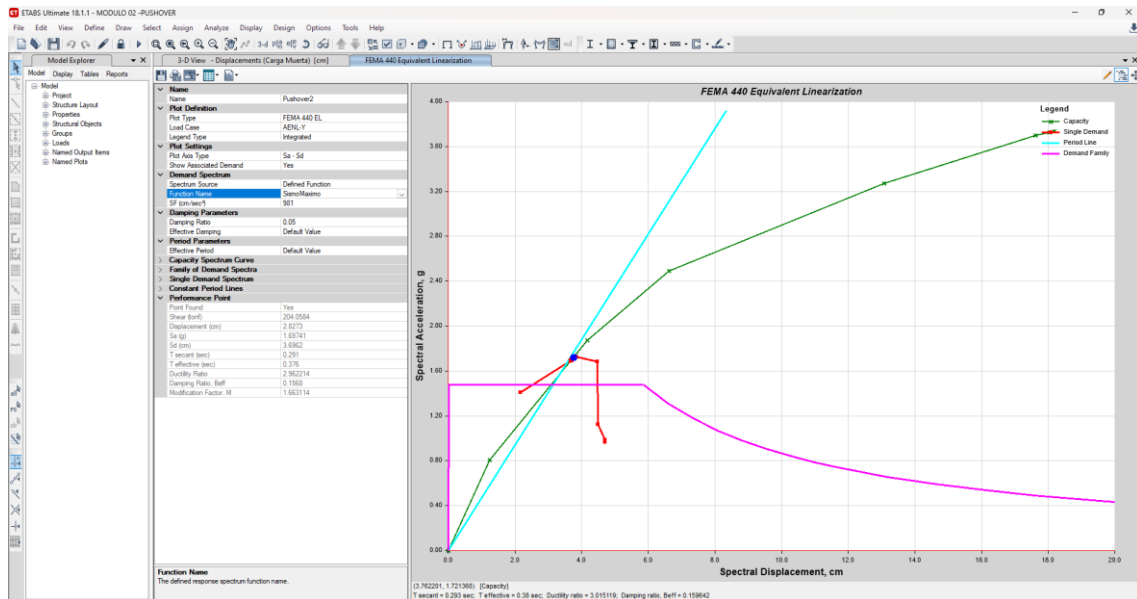


Figura 156

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 2

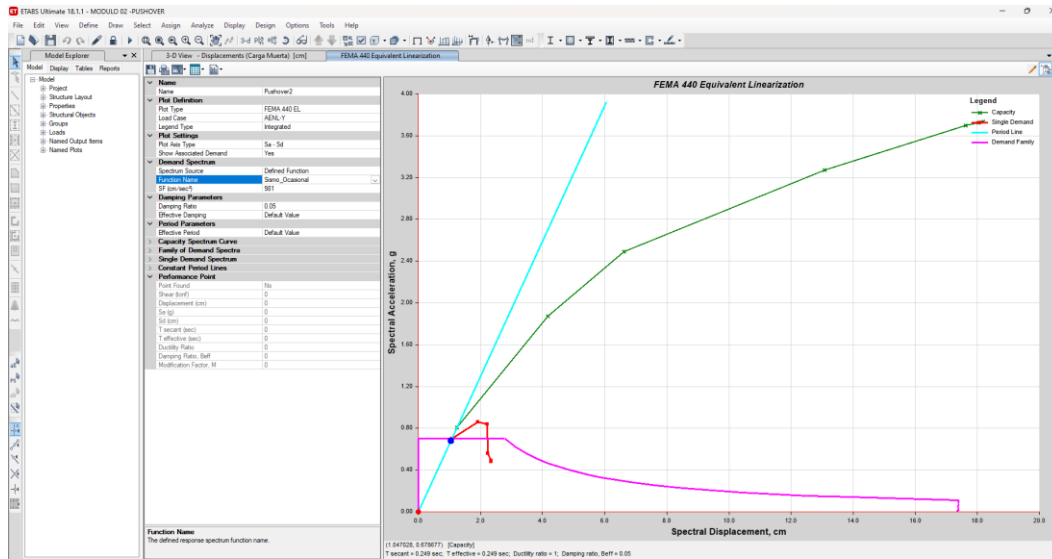


Figura 157

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 2

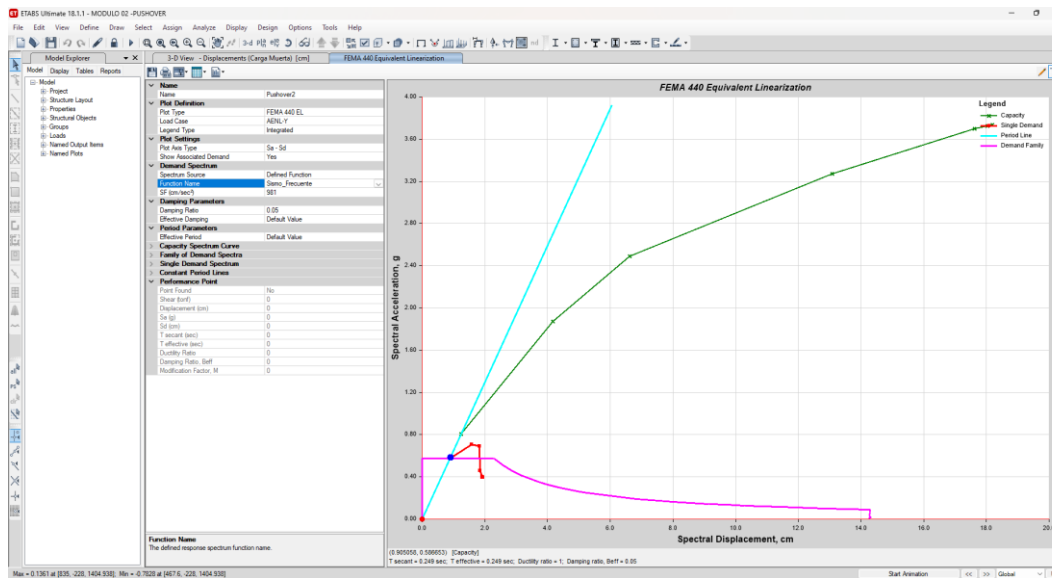


Figura 158

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 2

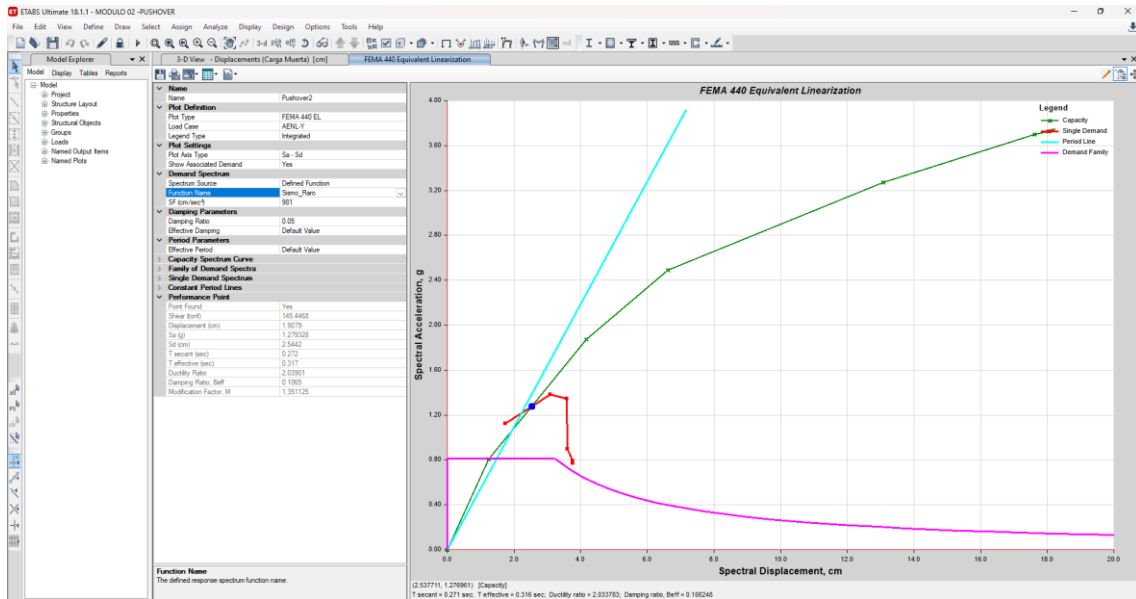
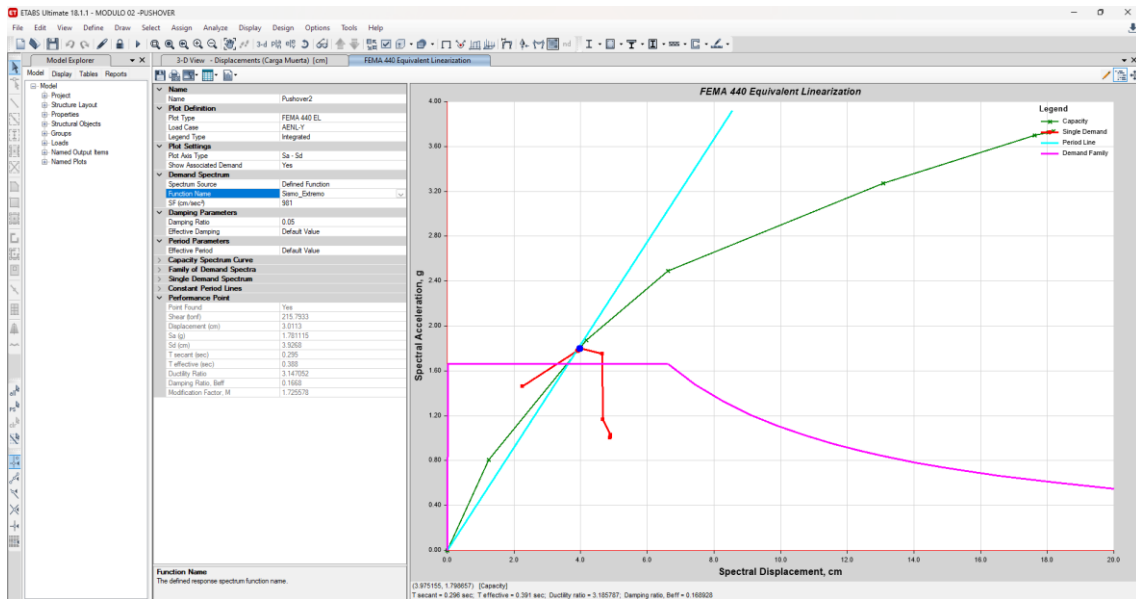


Figura 159

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 2



c) MÓDULO 3

Figura 160

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 3

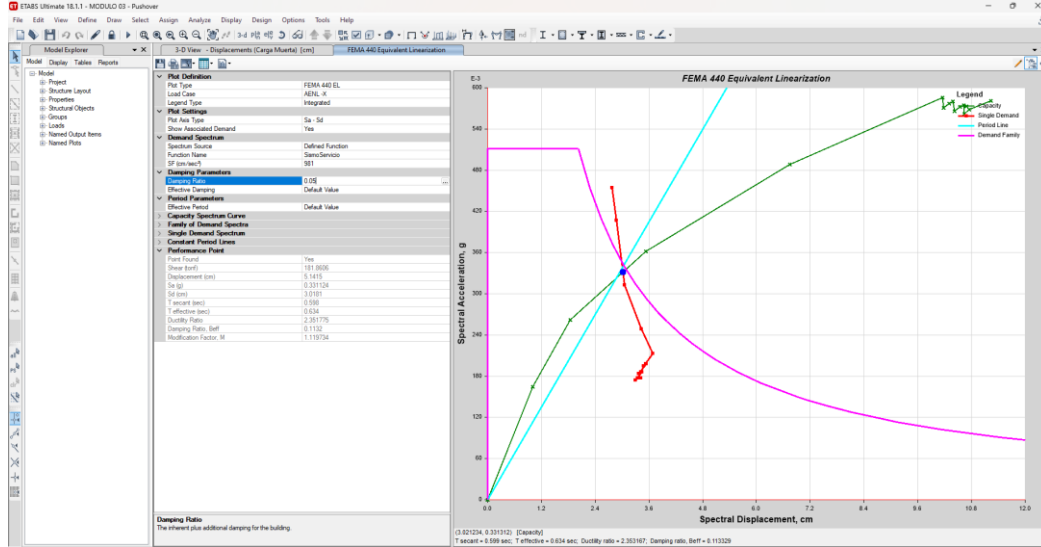


Figura 161

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 3

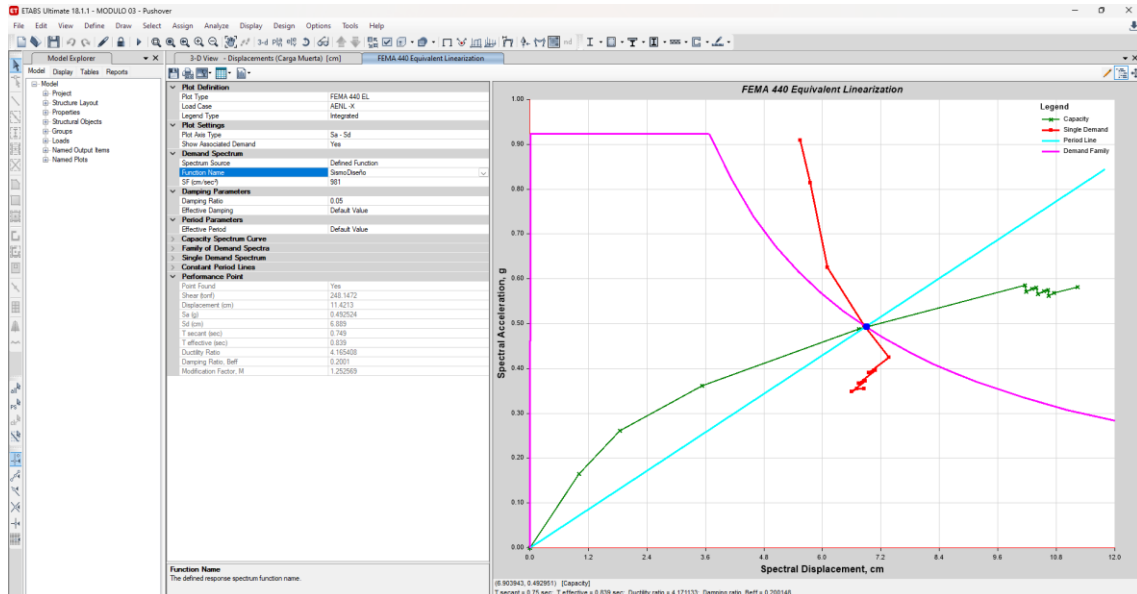


Figura 162

Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 3

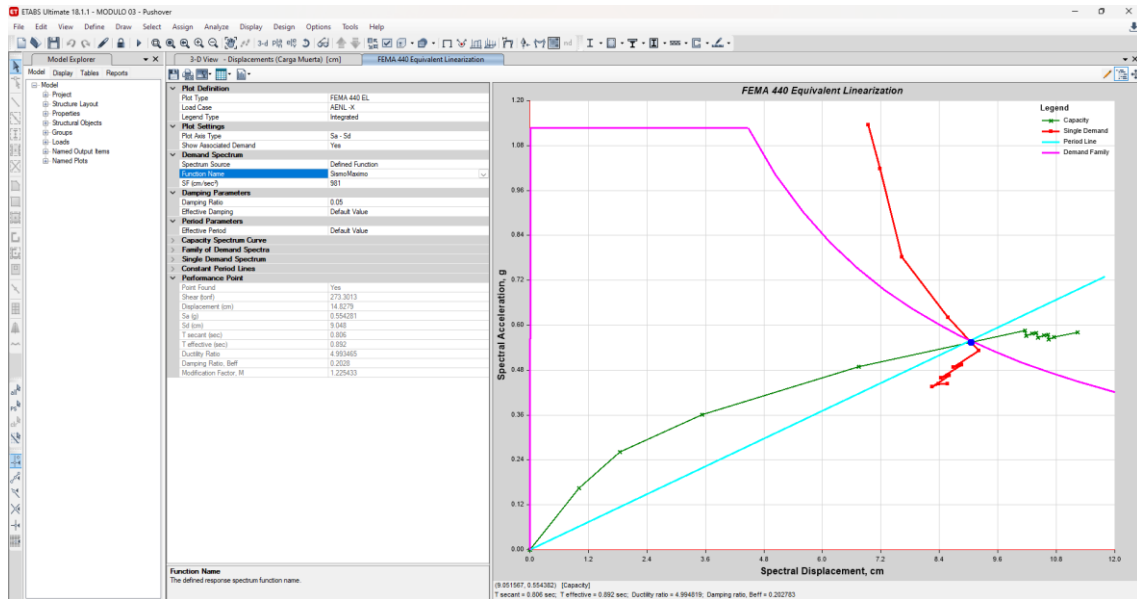


Figura 163

Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 3

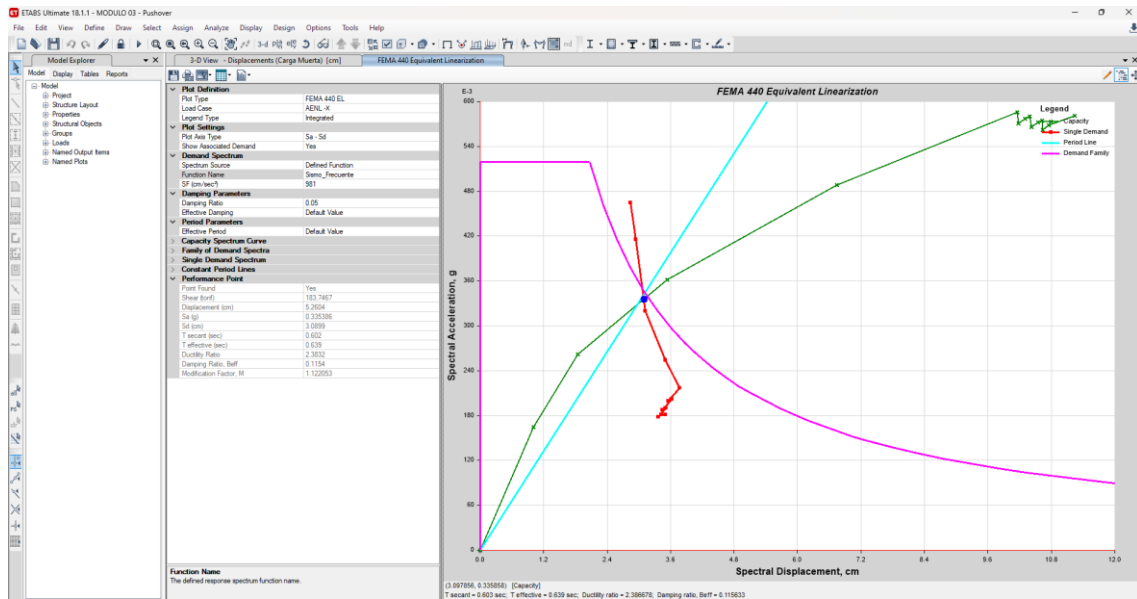


Figura 164

Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 3

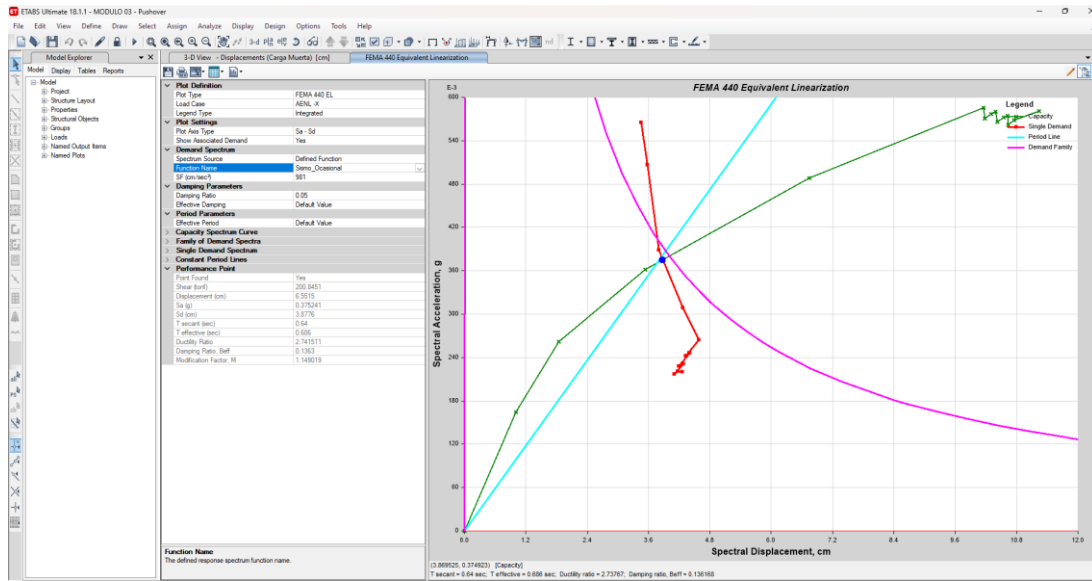


Figura 165

Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 3

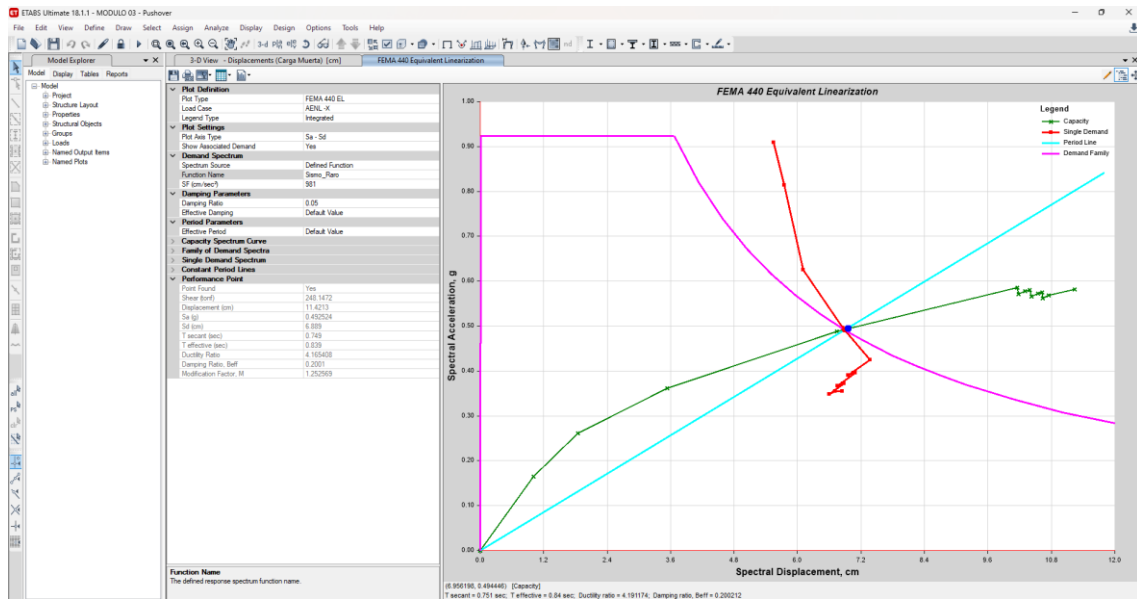


Figura 166

Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 3

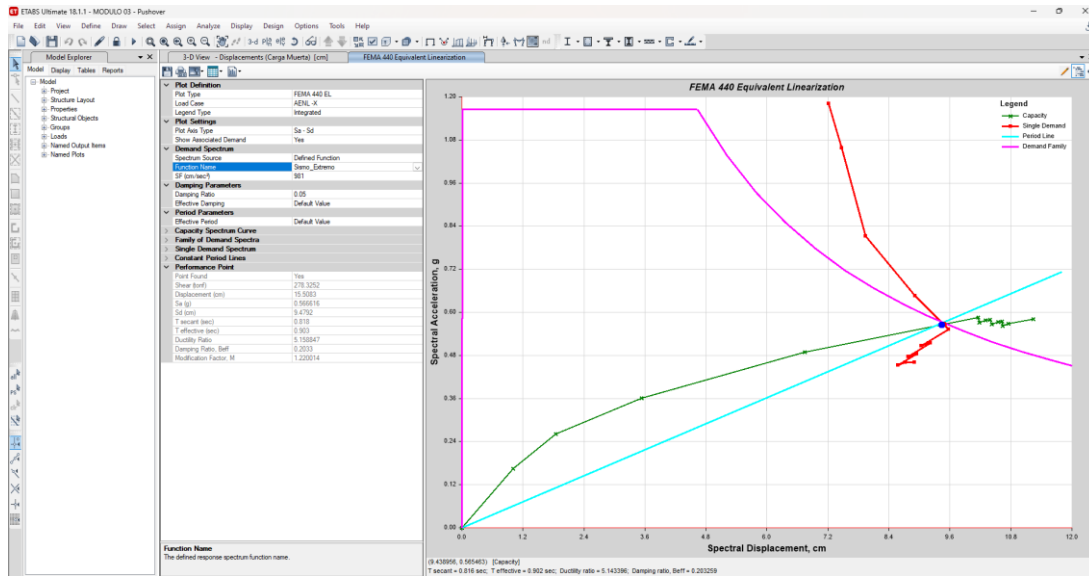


Figura 167

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 3

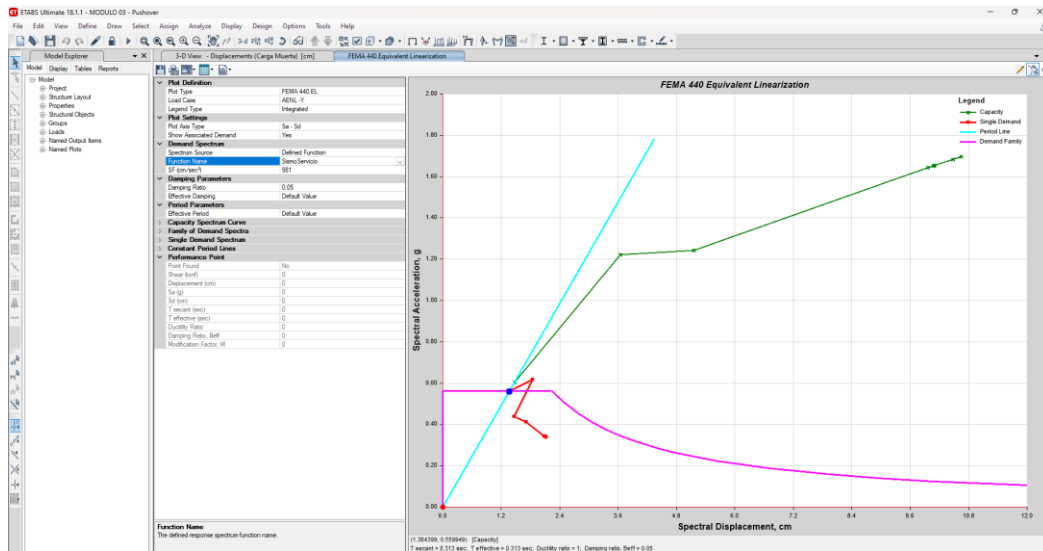


Figura 168

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 3

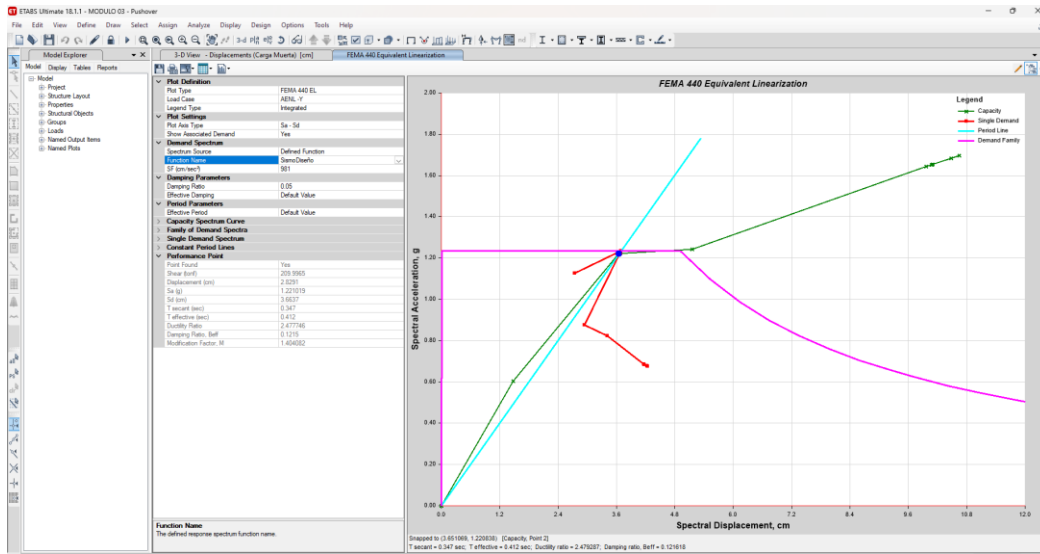


Figura 169

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 3

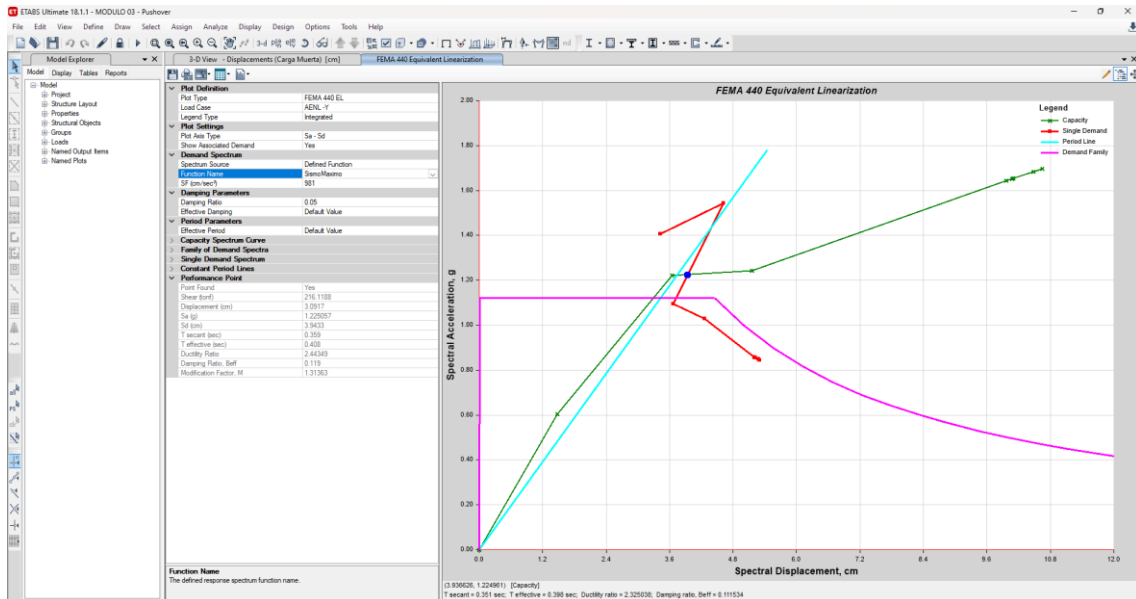


Figura 170

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 3

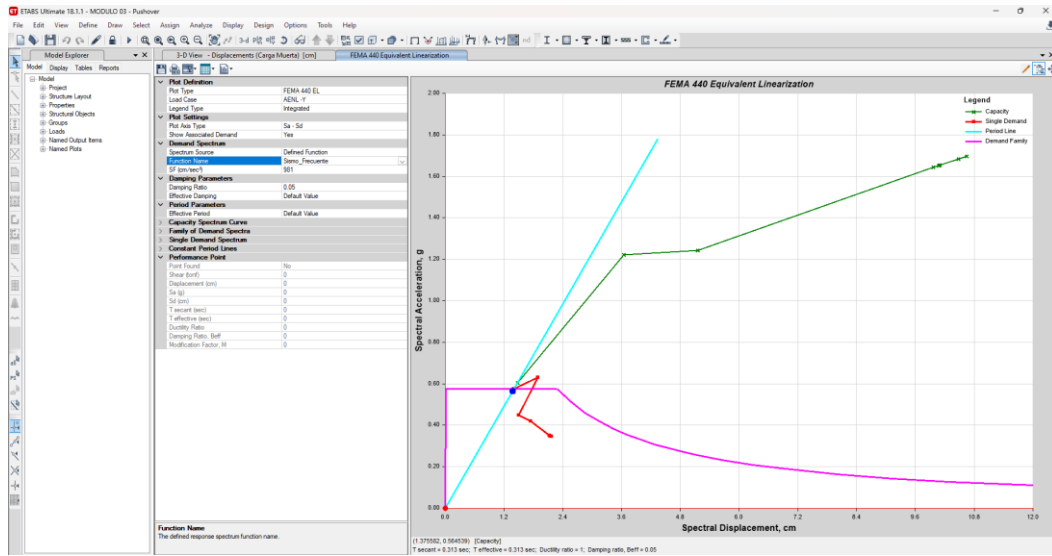


Figura 171

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 3

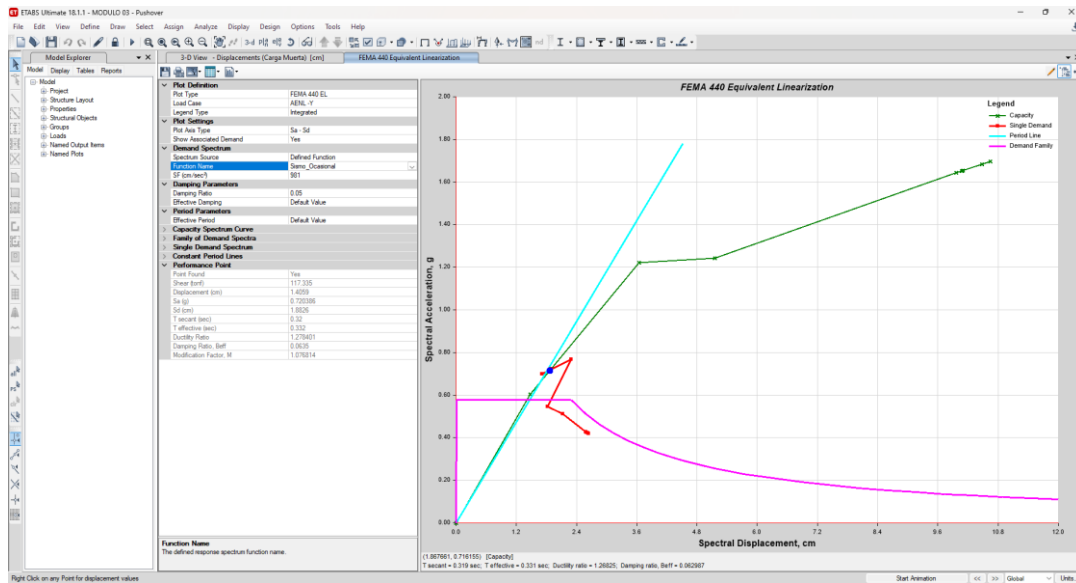


Figura 172

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 3

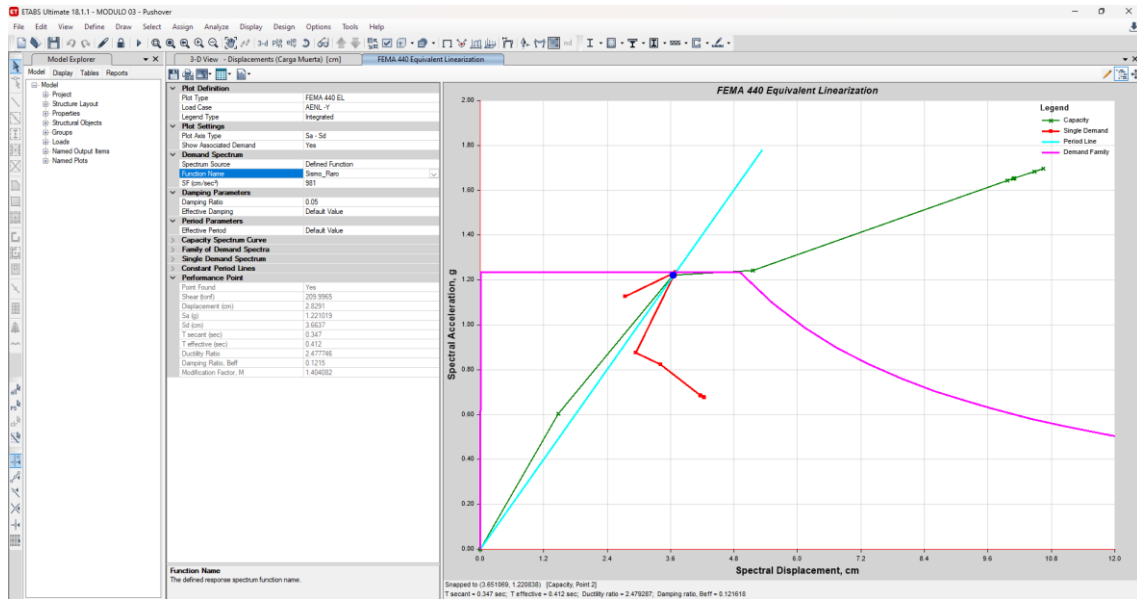
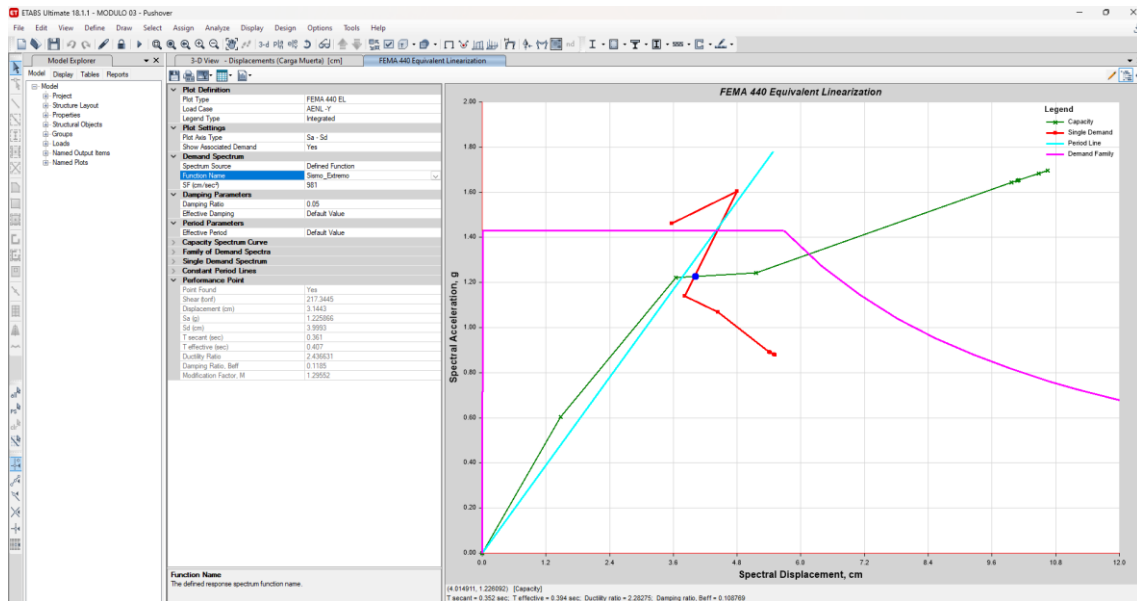


Figura 173

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 3



d) MÓDULO 4

Figura 174

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 4

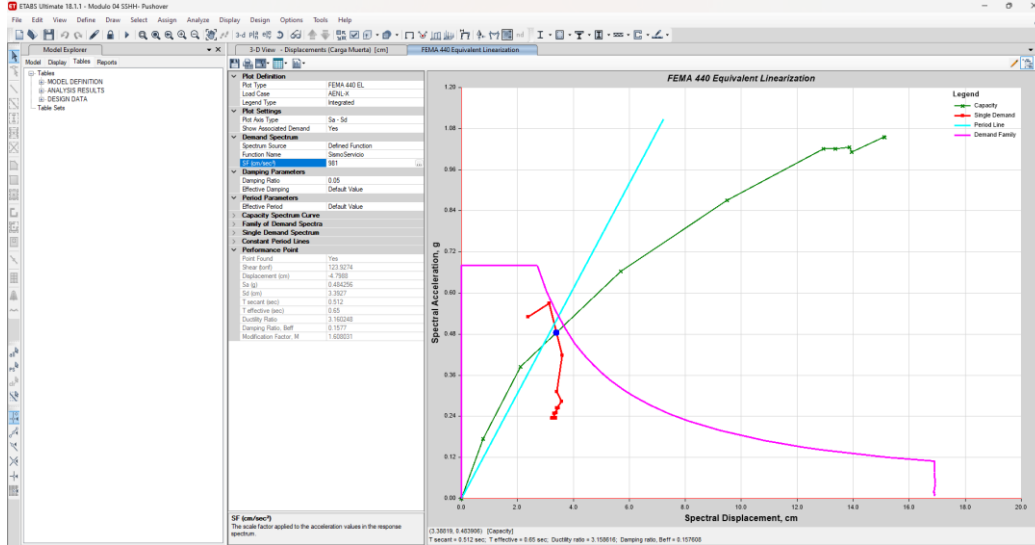


Figura 175

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 4

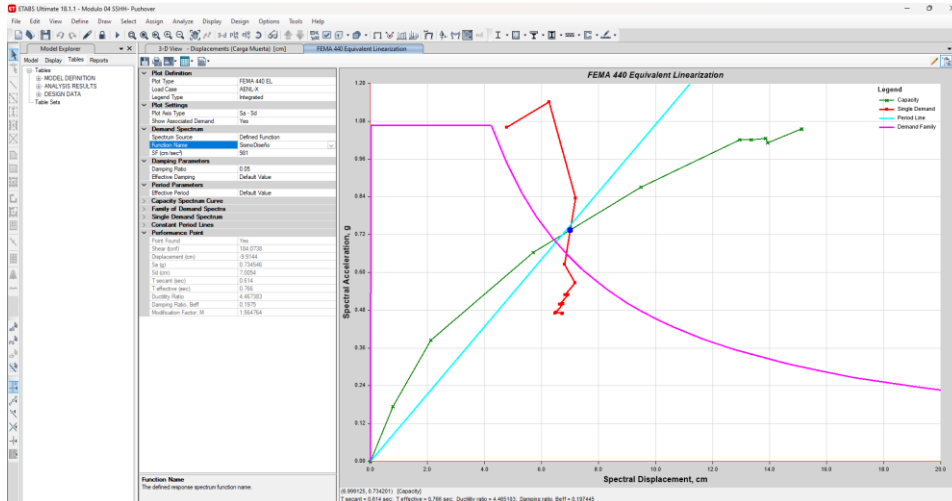


Figura 176

Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 4

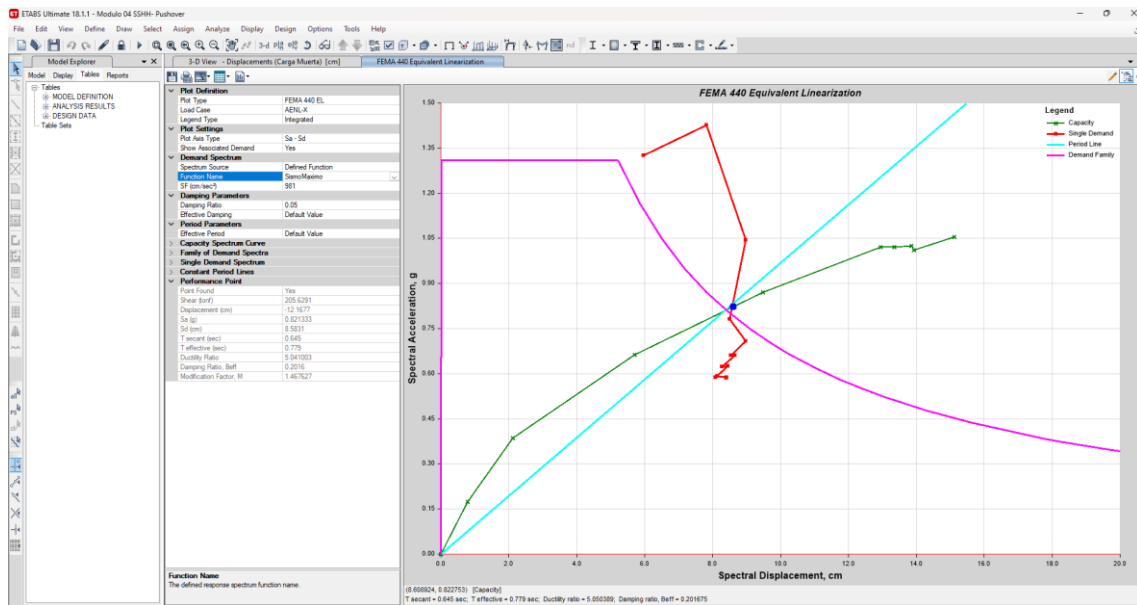


Figura 177

Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 4

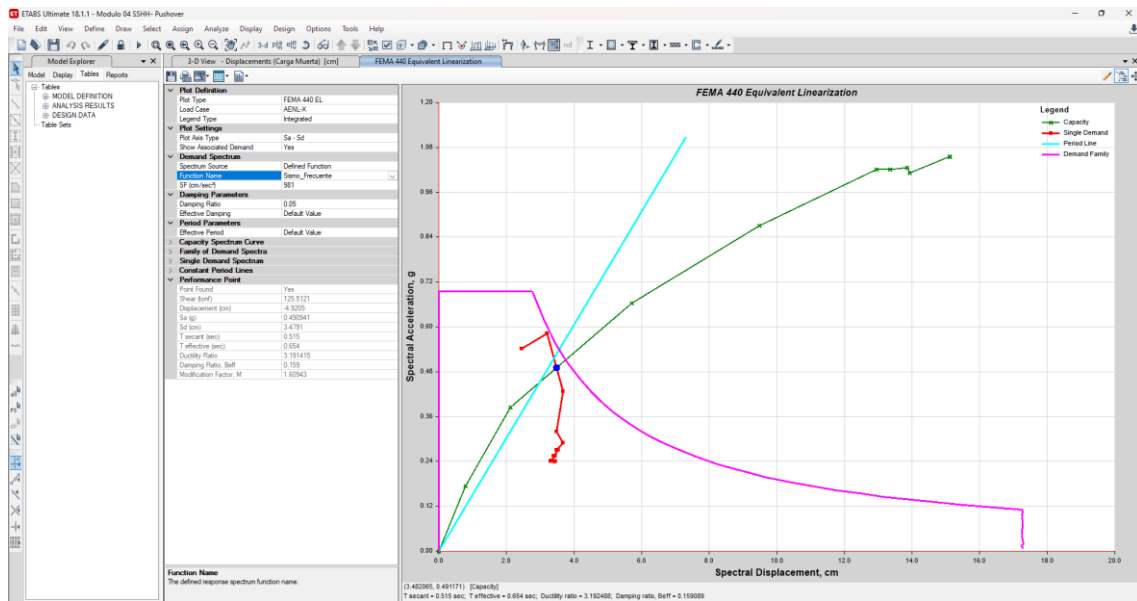


Figura 178

Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 4

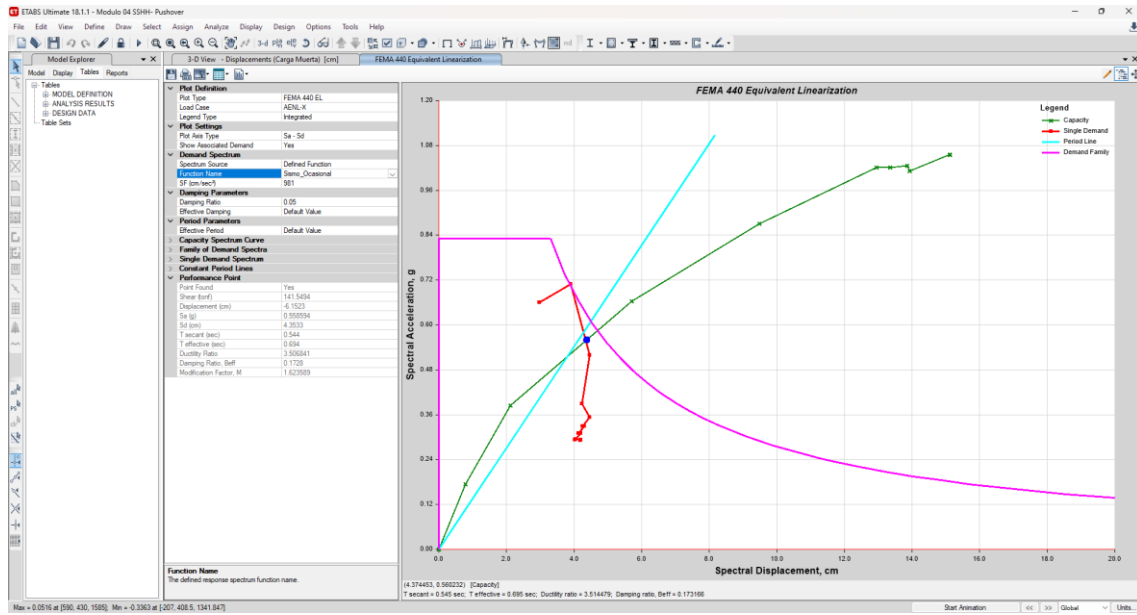


Figura 179

Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 4

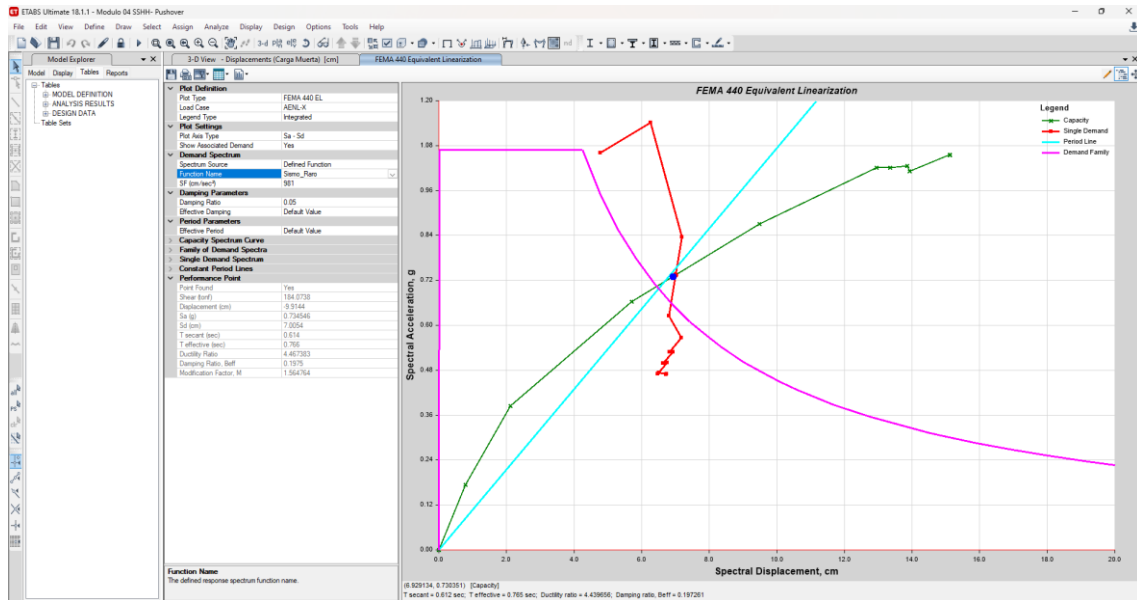


Figura 180

Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 4

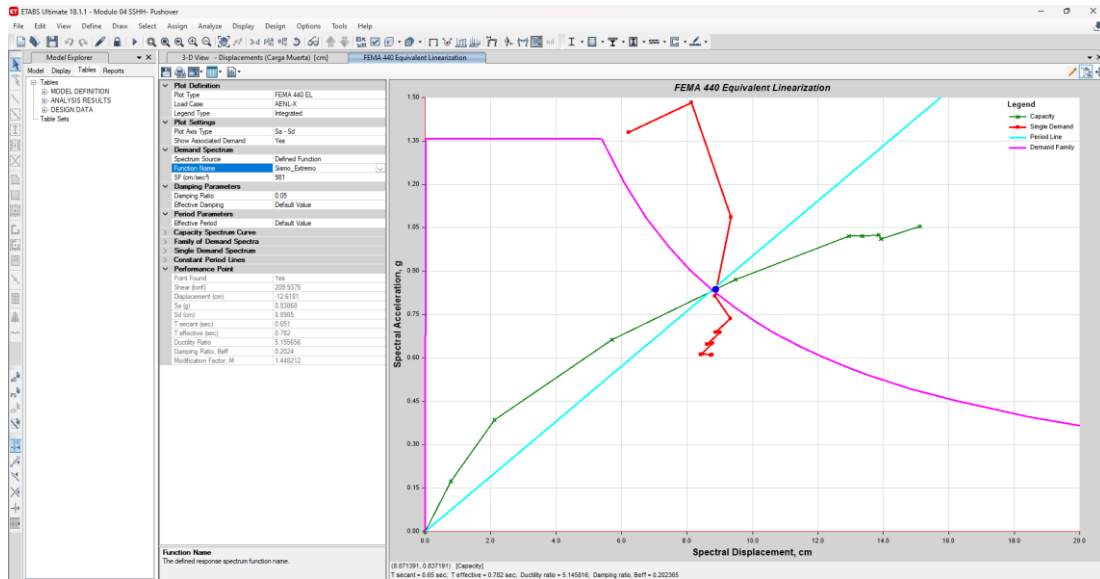


Figura 181

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 4

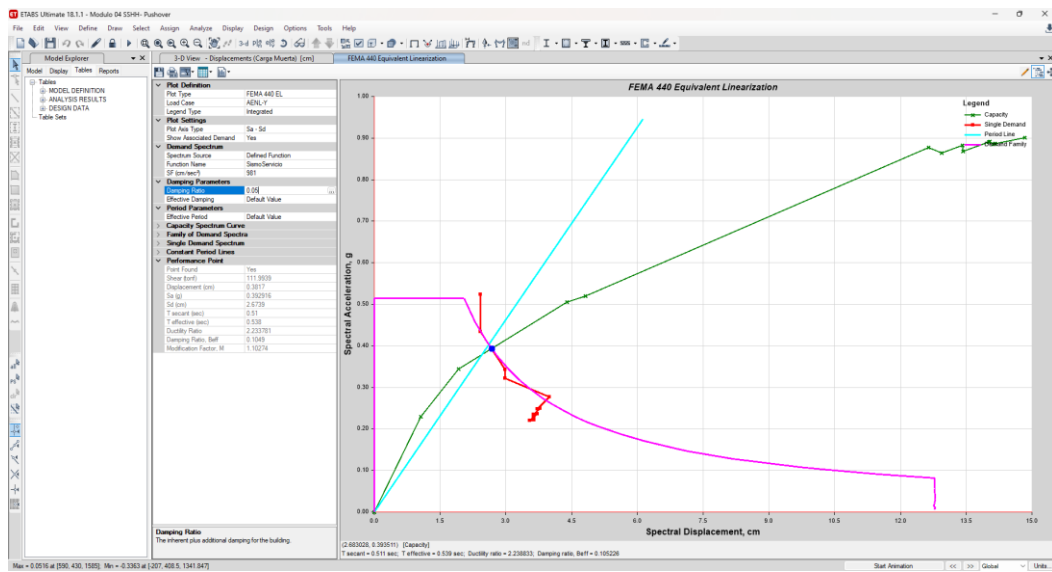


Figura 182

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 4

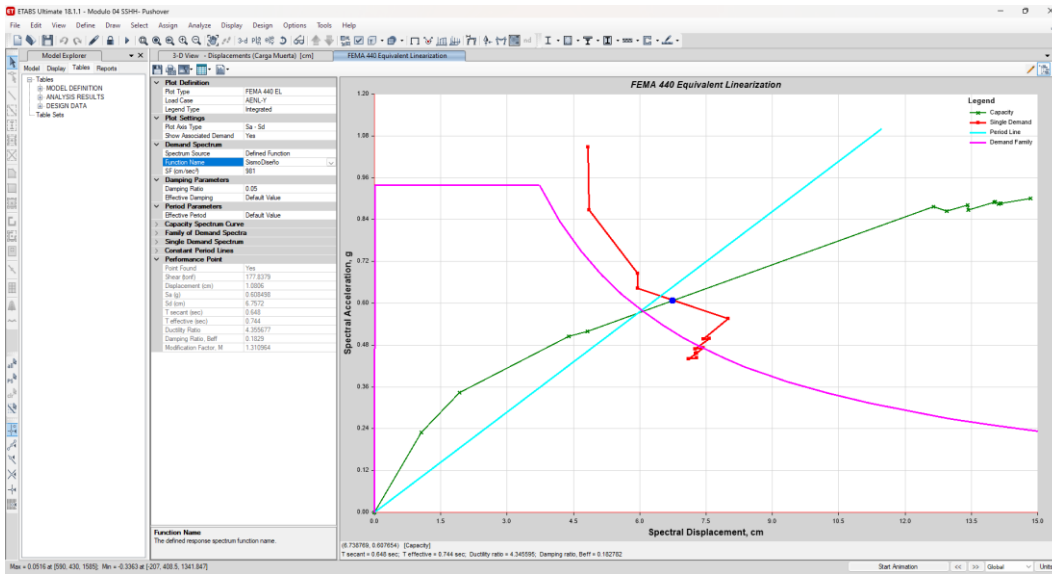


Figura 183

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 4

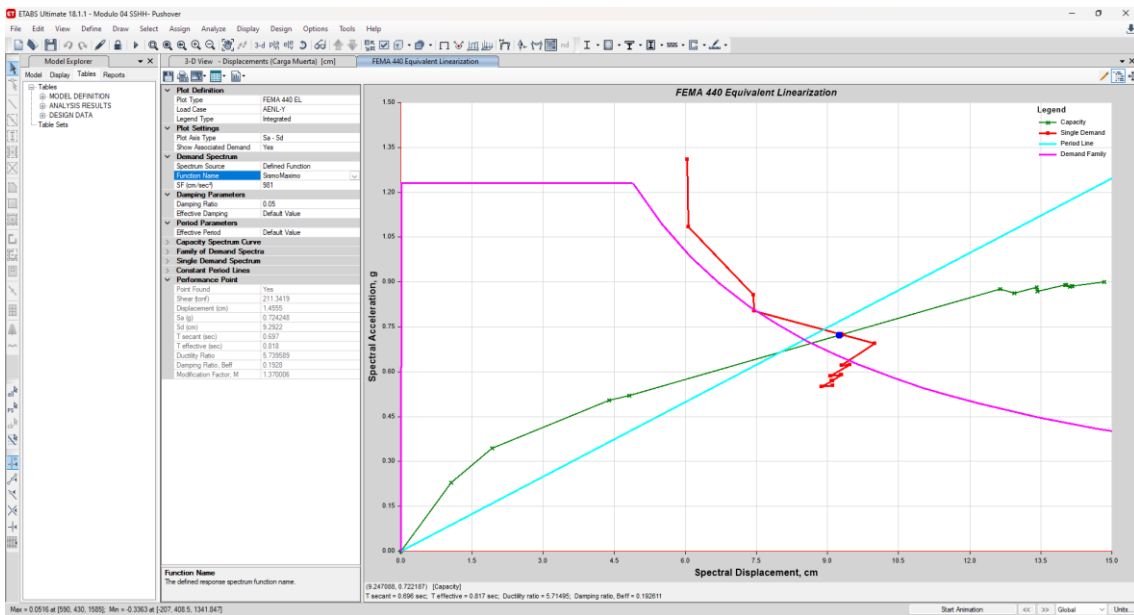


Figura 184

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 4

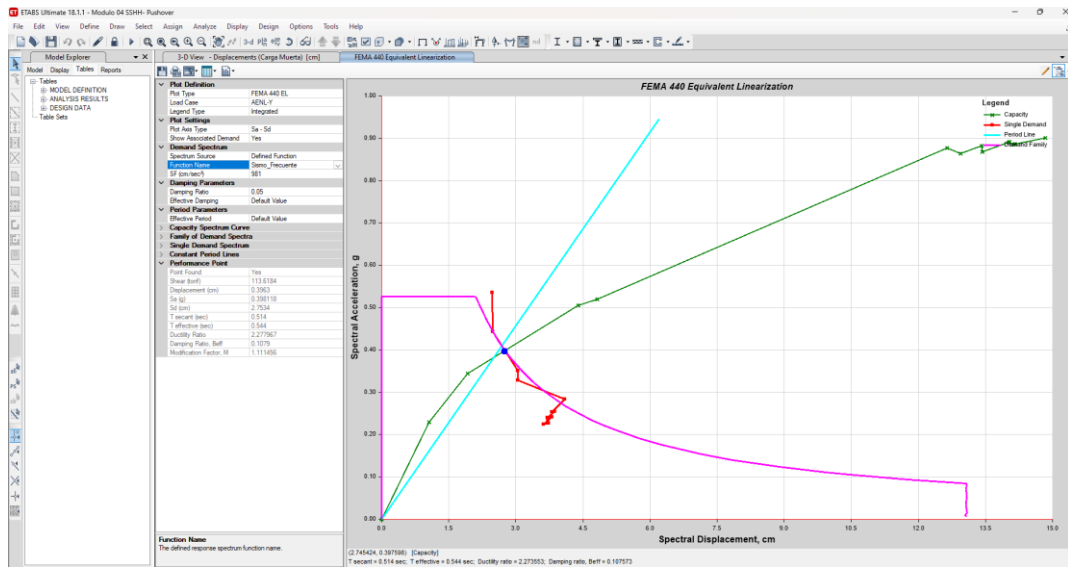


Figura 185

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 4

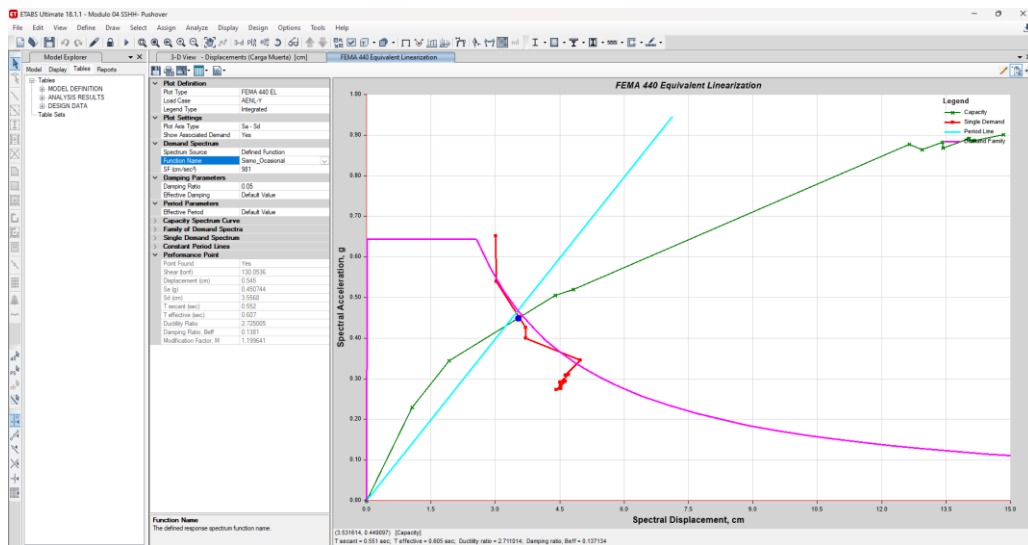


Figura 186

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 4

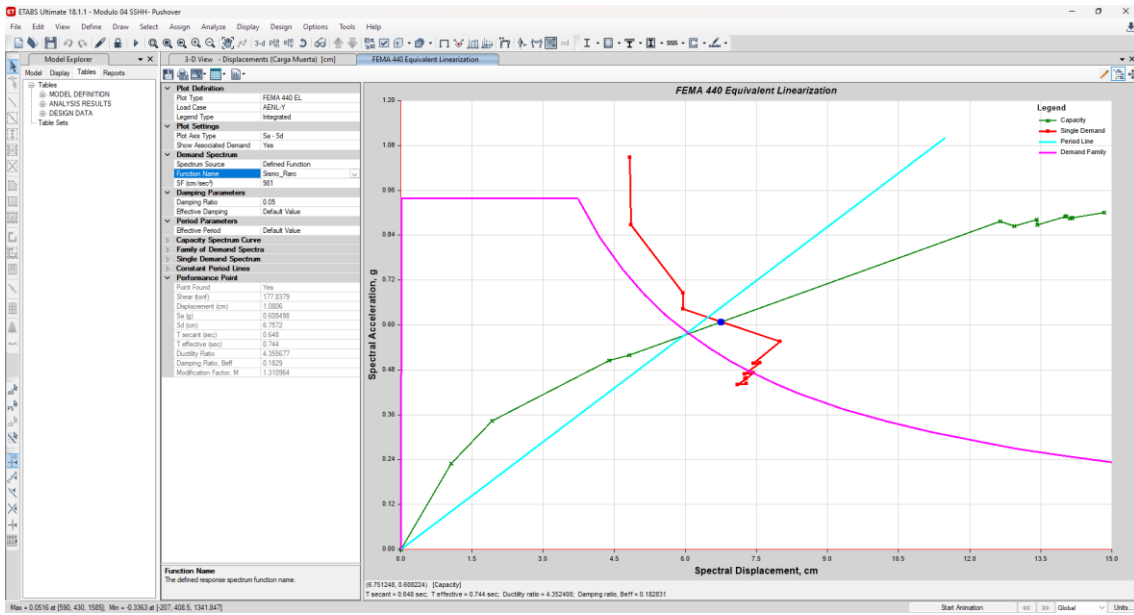
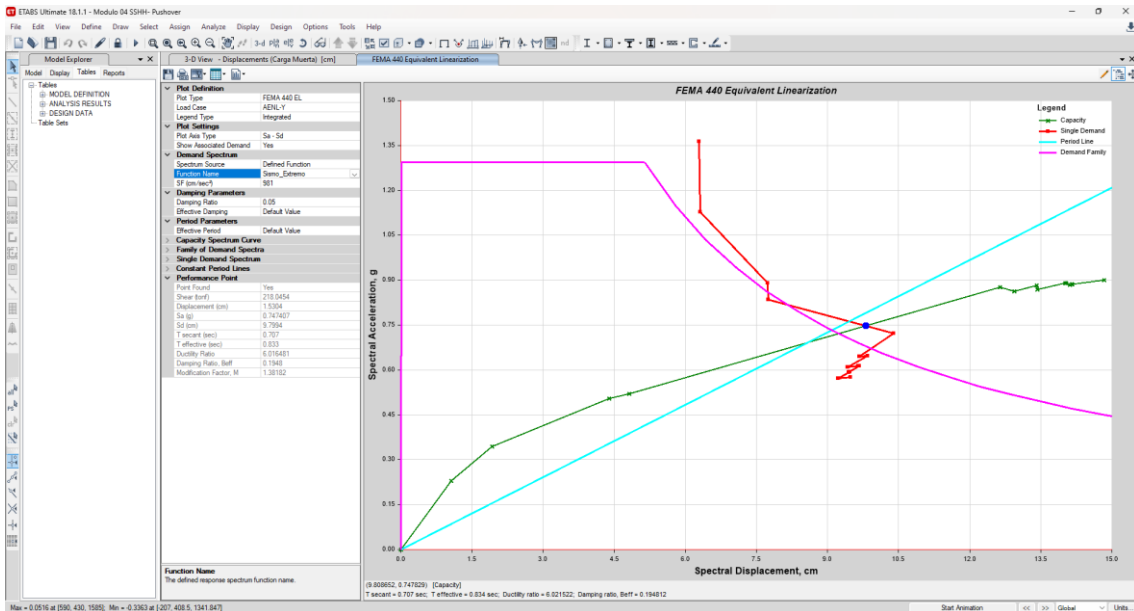


Figura 187

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 4



e) MÓDULO 5

Figura 188

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 5

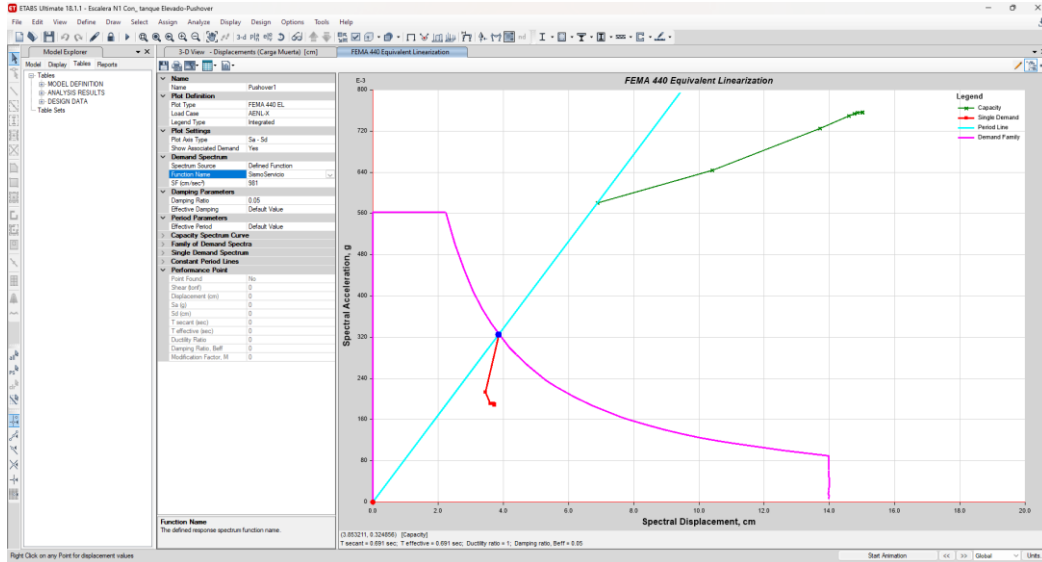


Figura 189

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 5

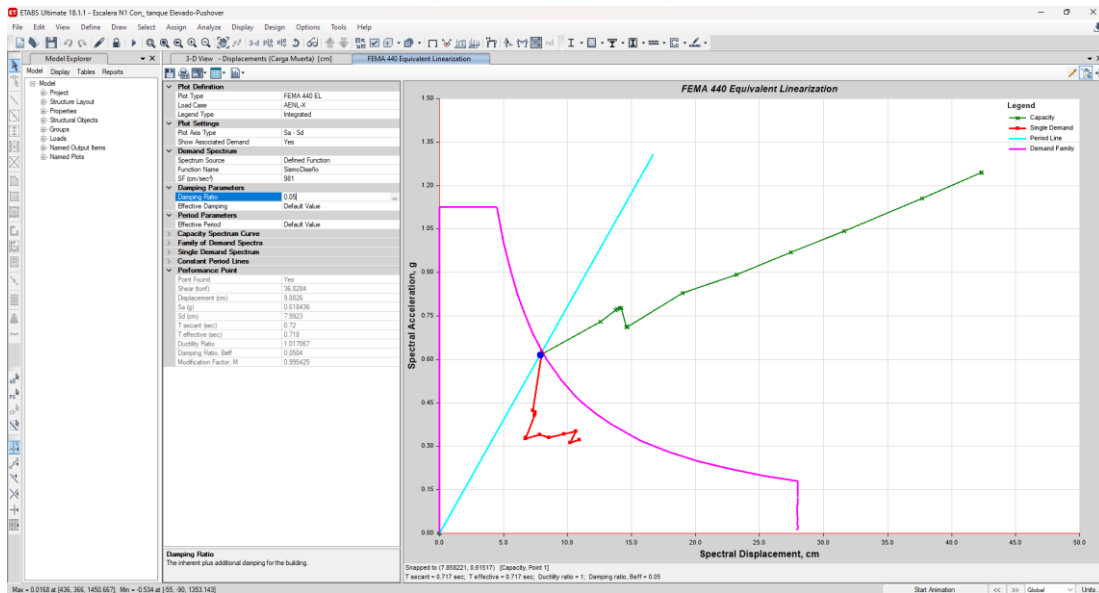


Figura 190

Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 5

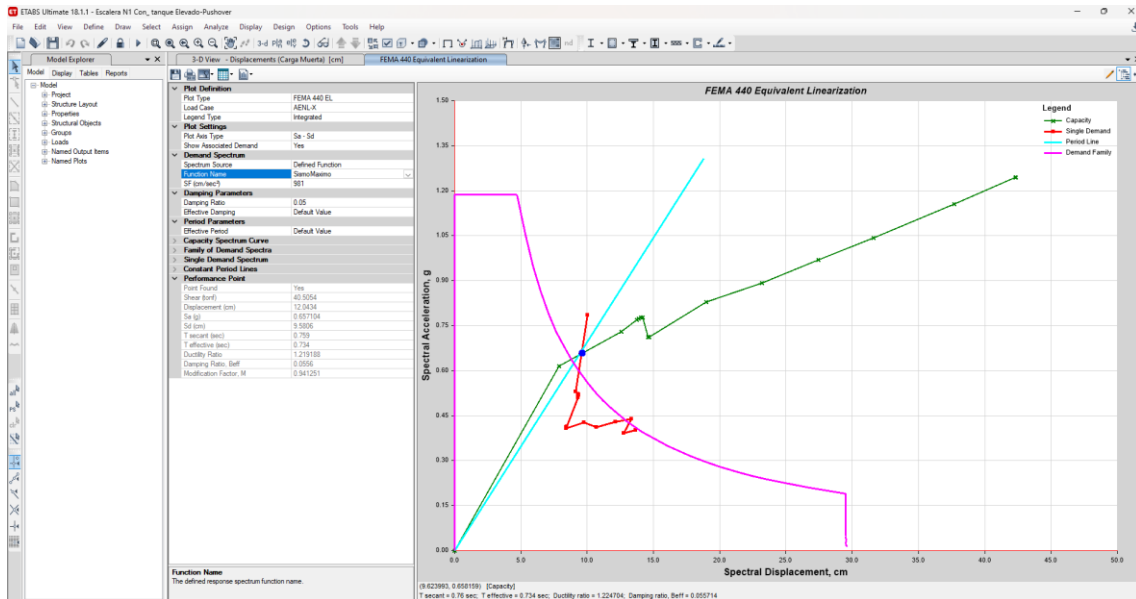


Figura 191

Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 5

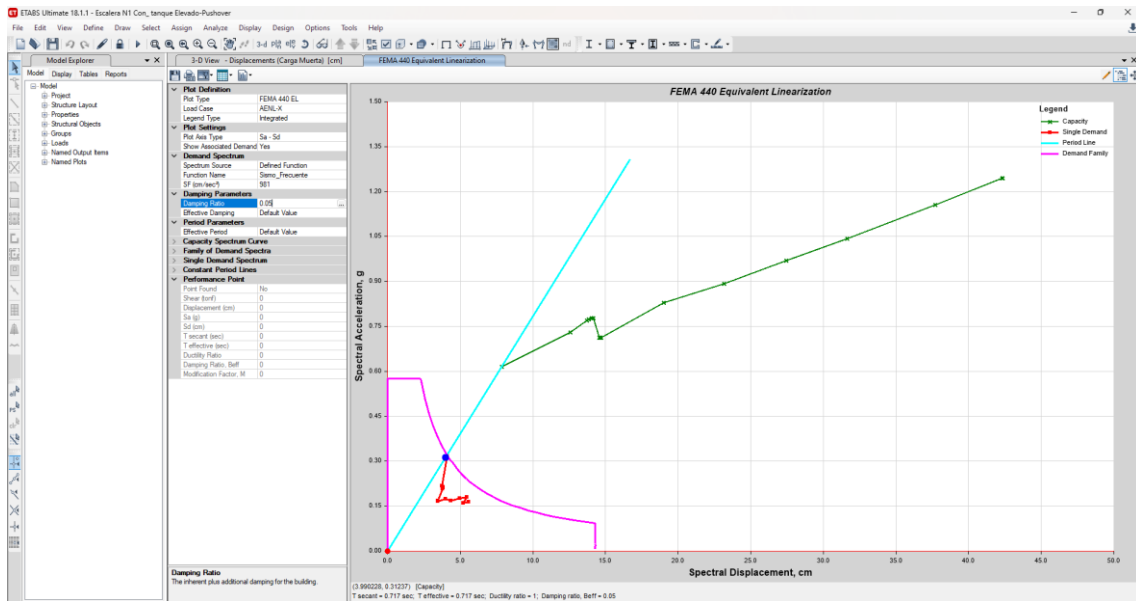


Figura 192

Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 5

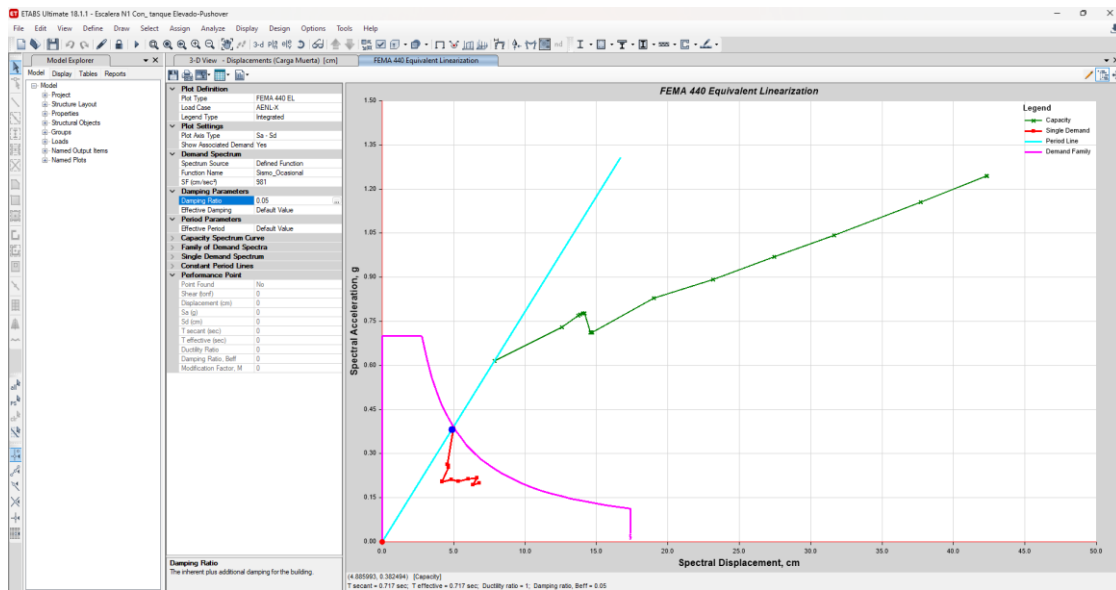


Figura 193

Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 5

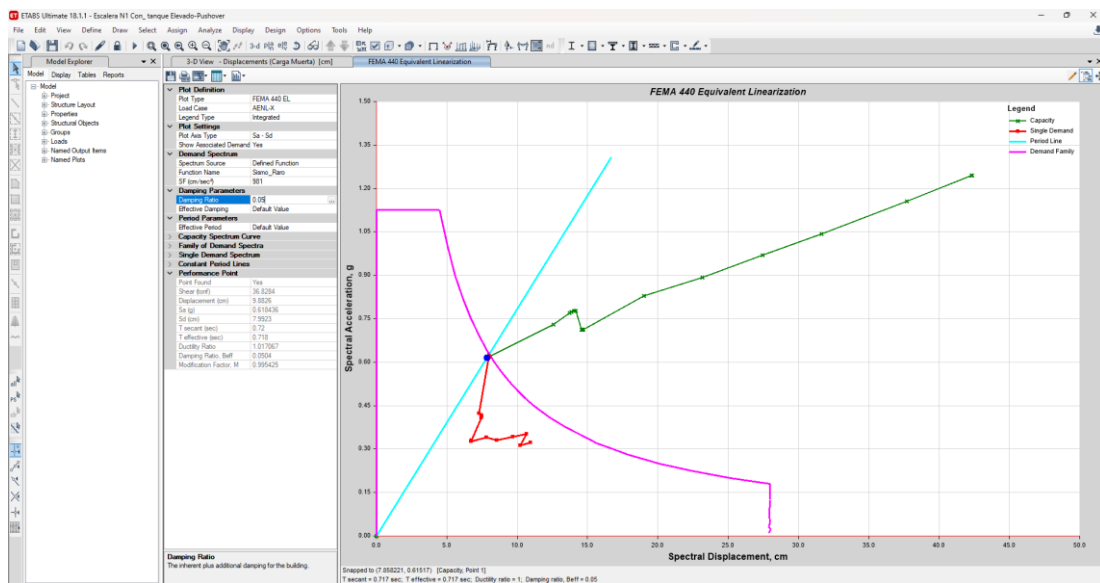


Figura 194

Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 5

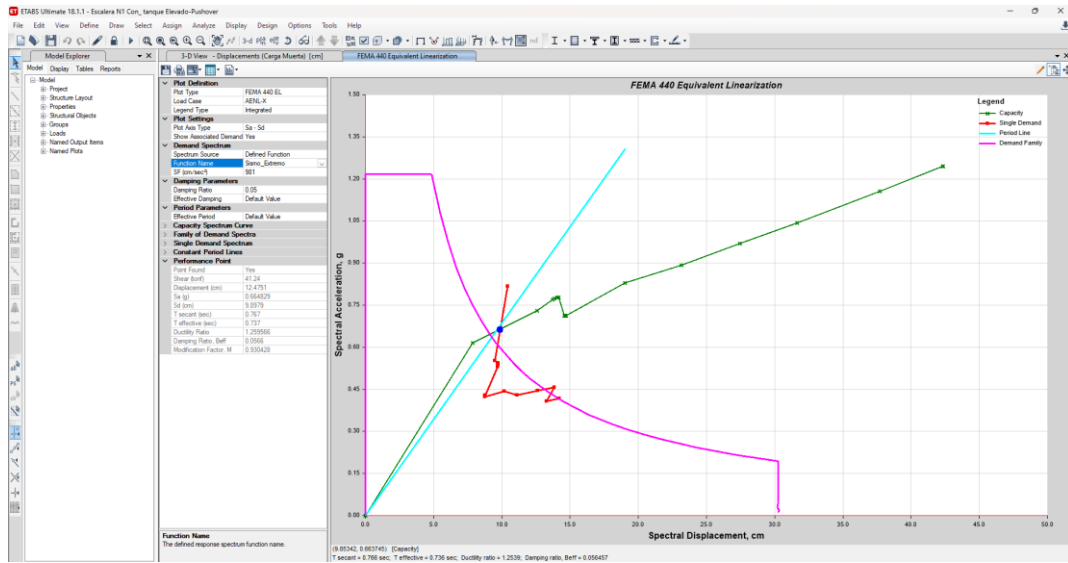


Figura 195

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 5

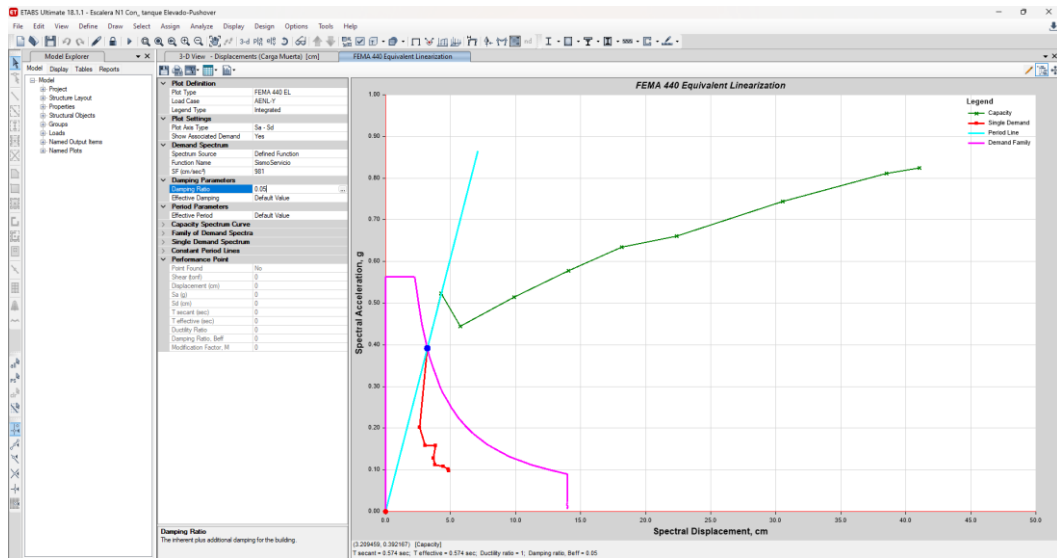


Figura 196

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 5

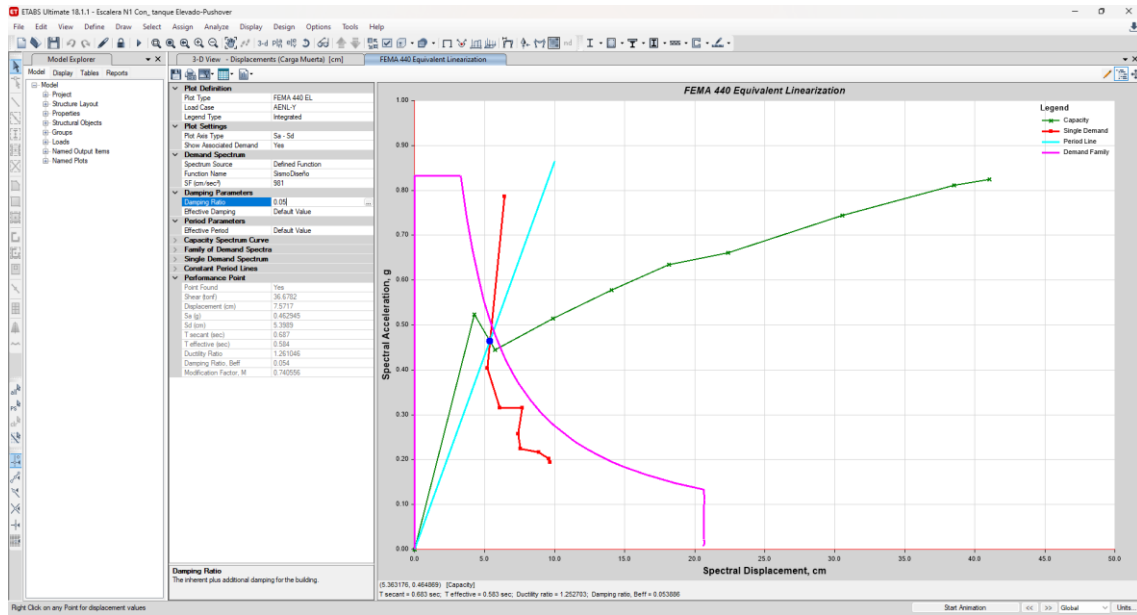


Figura 197

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 5

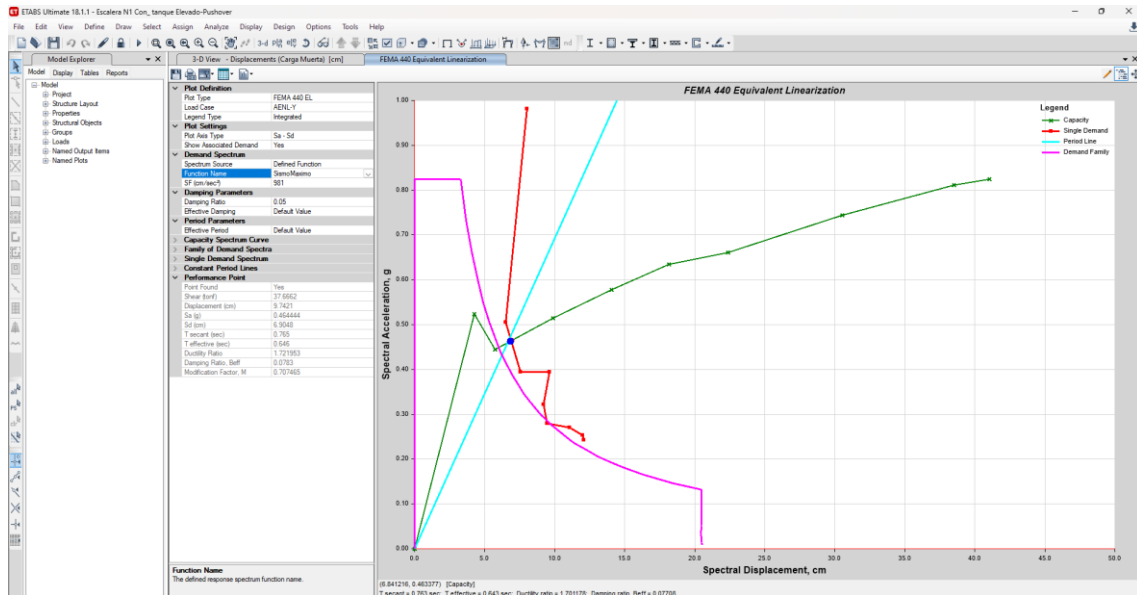


Figura 198

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 5

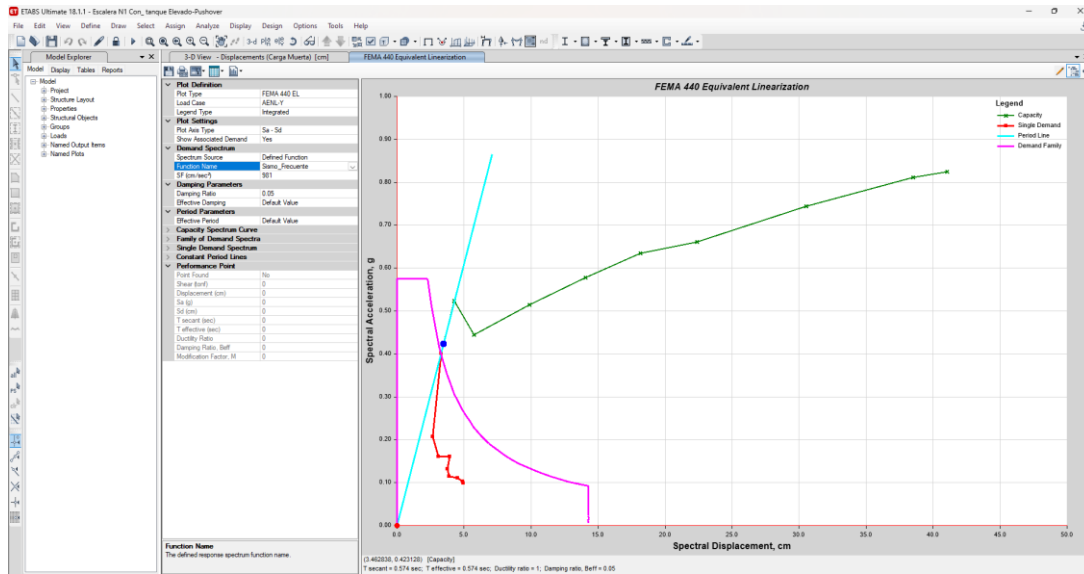


Figura 199

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 5

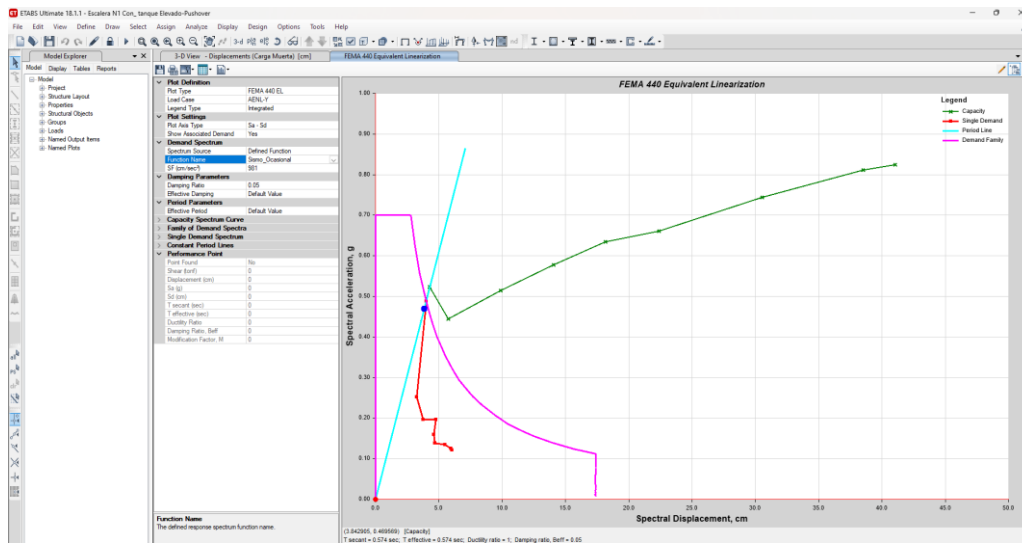


Figura 200

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 5

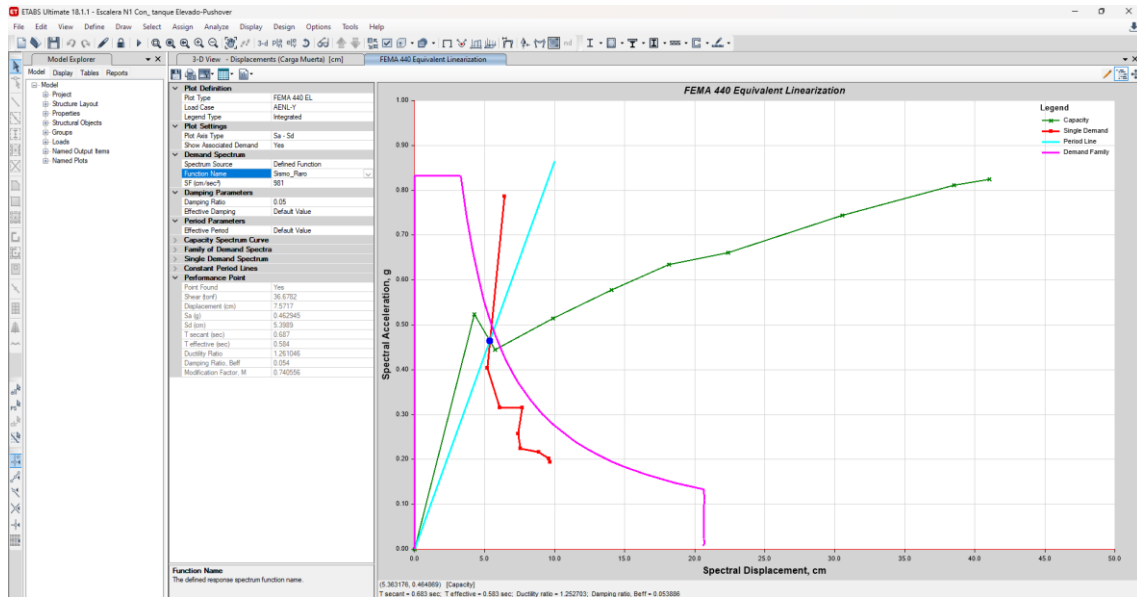
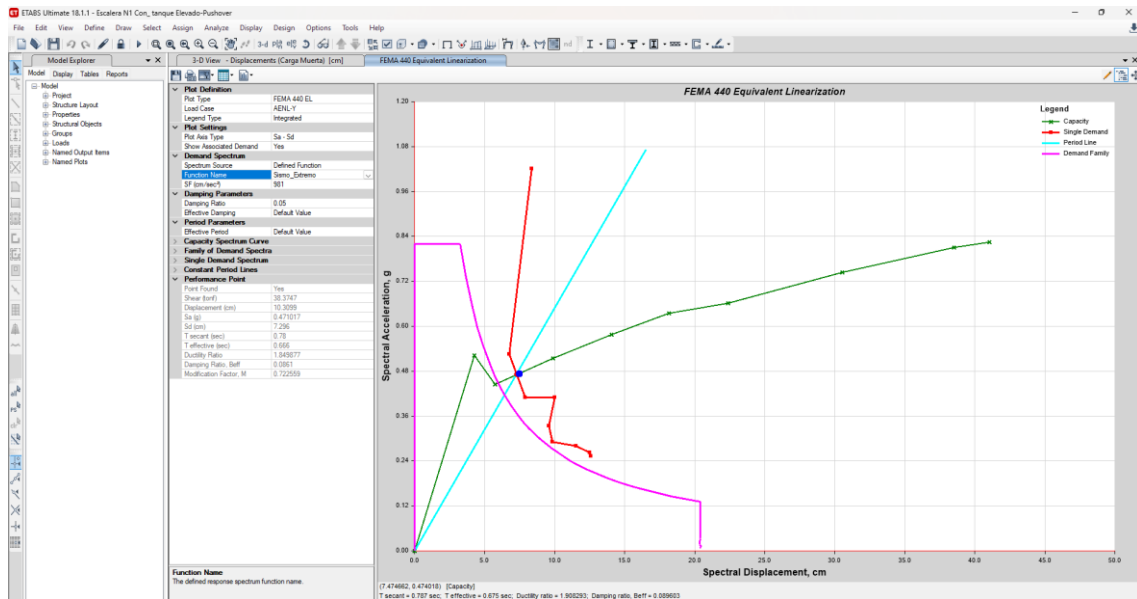


Figura 201

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 5



f) MÓDULO 6

Figura 202

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 6

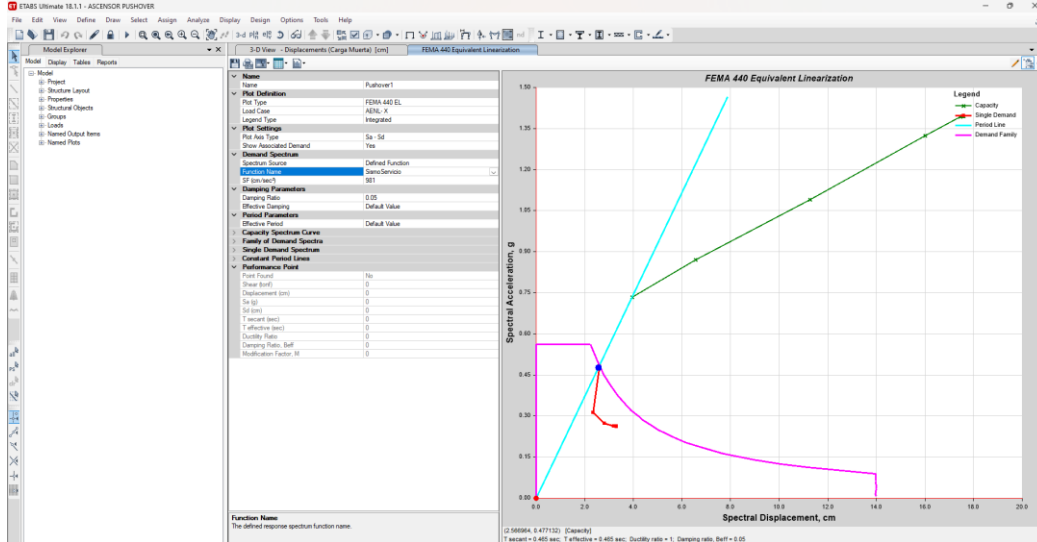


Figura 203

Punto de Desempeño, en X, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 6

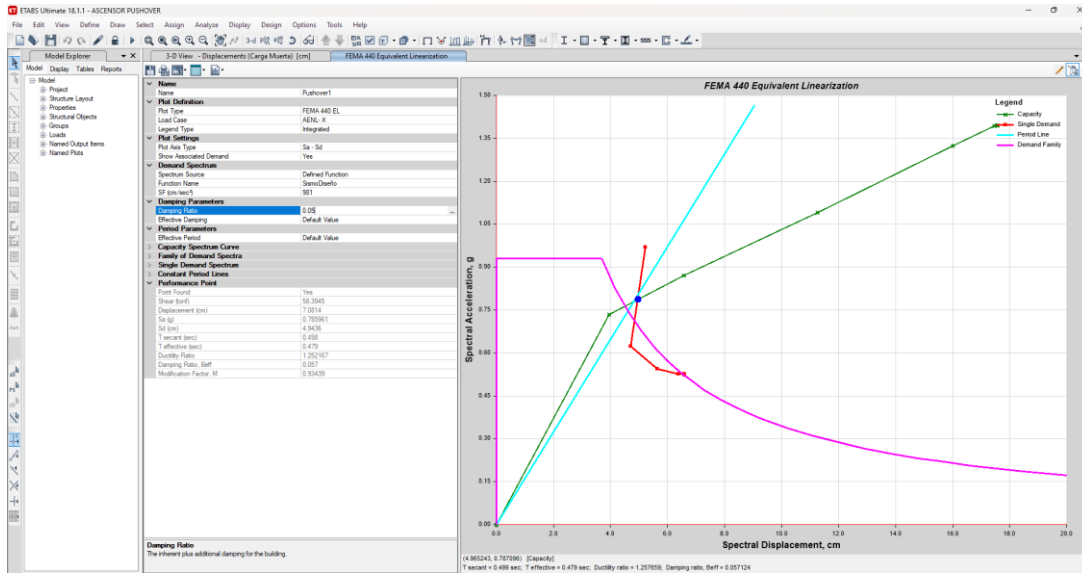


Figura 204

Punto de Desempeño, en X, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 6

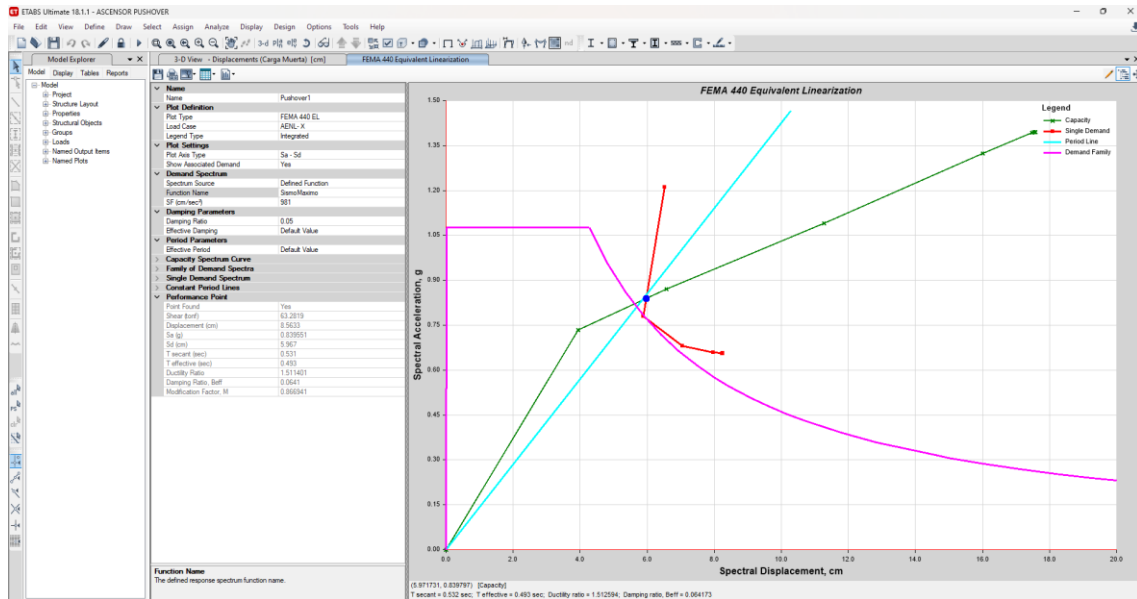


Figura 205

Punto de Desempeño, en X, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 6

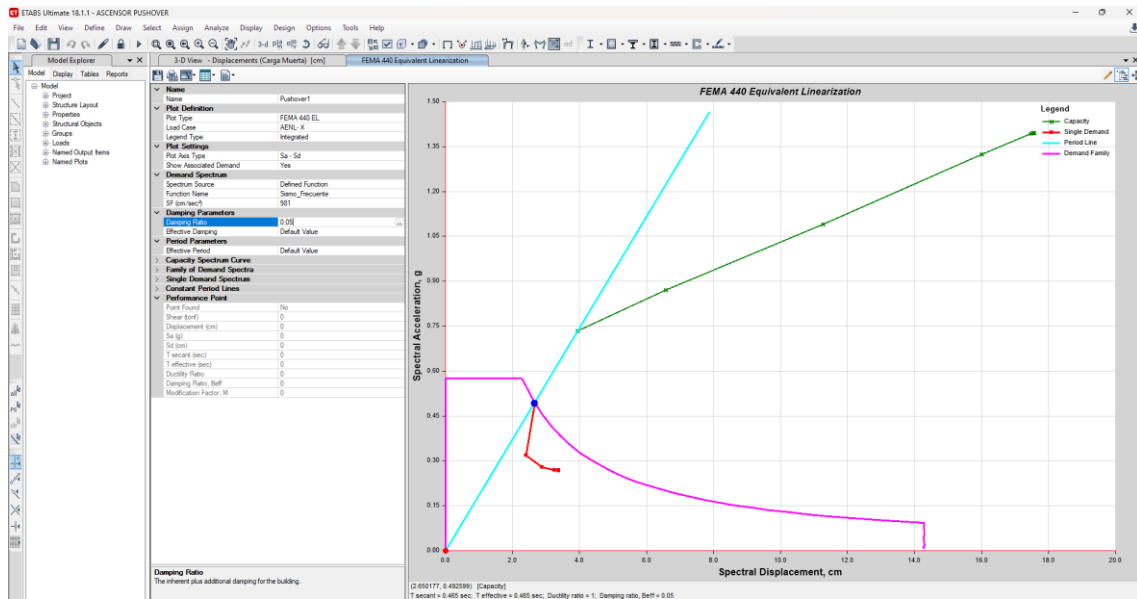


Figura 206

Punto de Desempeño, en X, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 6

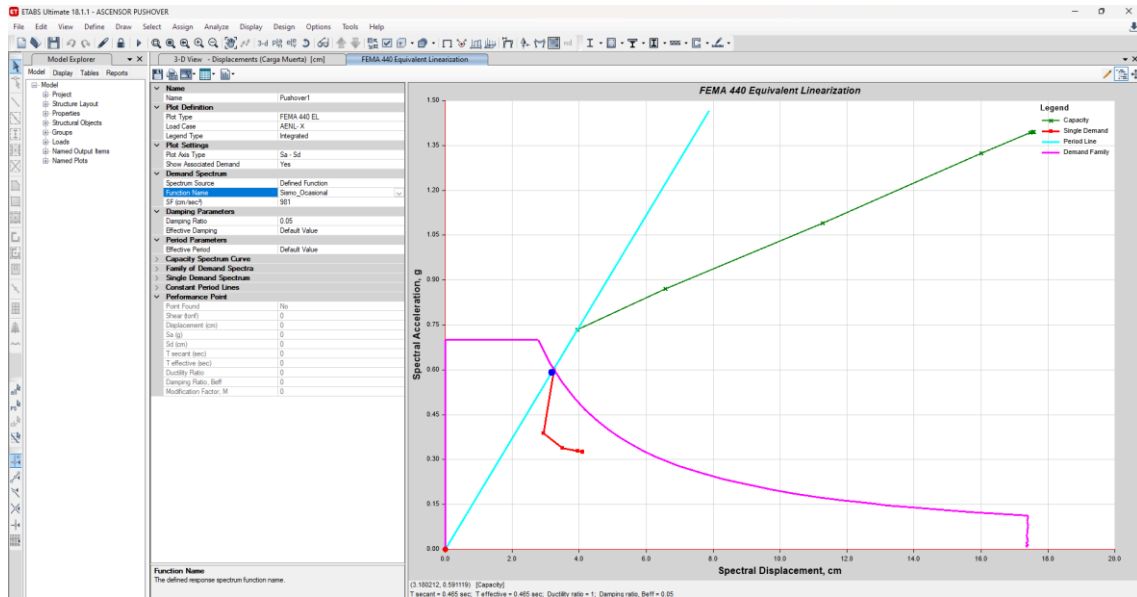


Figura 207

Punto de Desempeño, en X, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 6

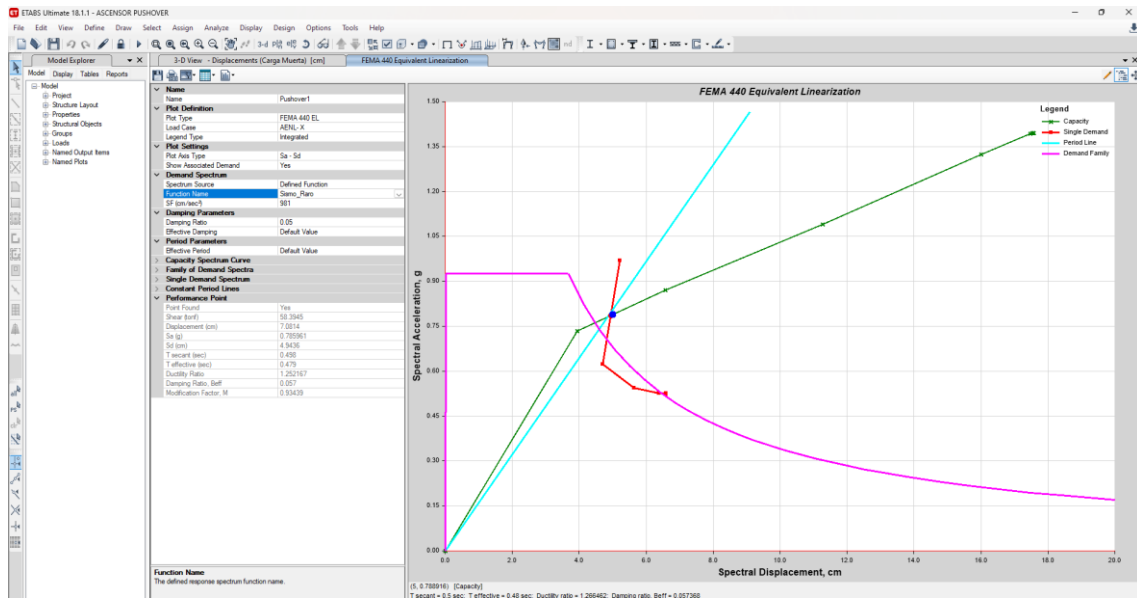


Figura 208

Punto de Desempeño, en X, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 6

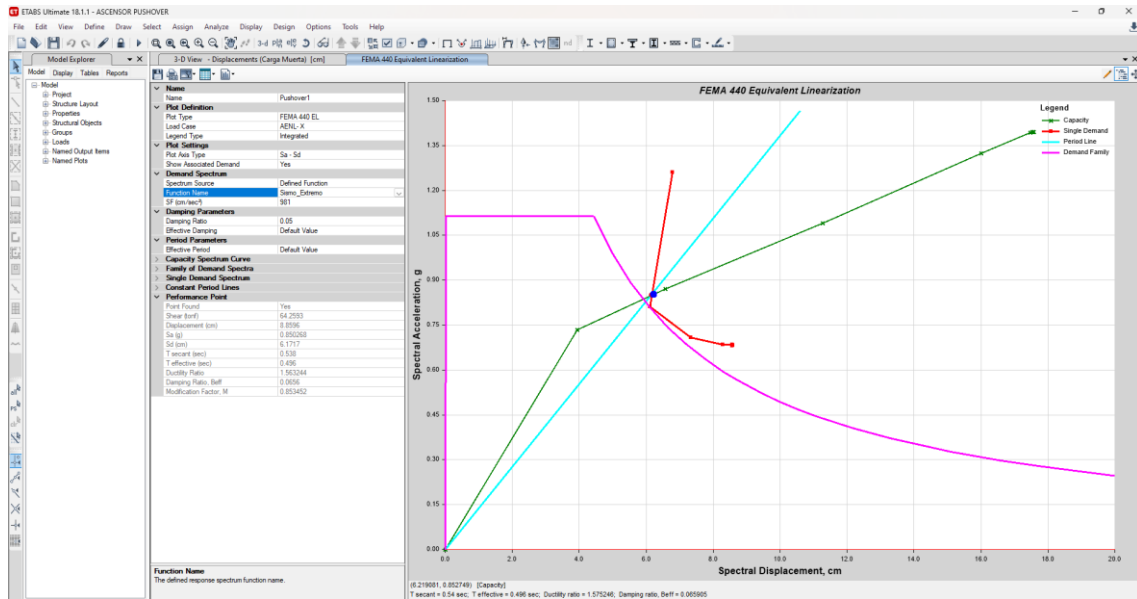


Figura 209

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Servicio, Norma ATC-40, Módulo 6

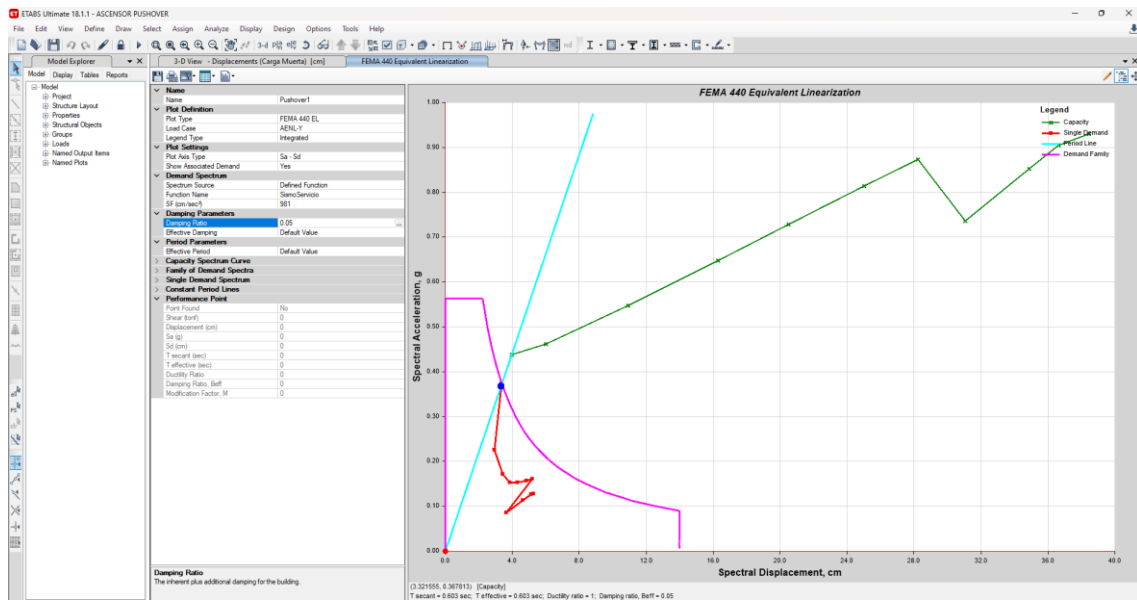


Figura 210

Punto de Desempeño, en Y, Sismo de Diseño, Norma ATC-40, Módulo 66

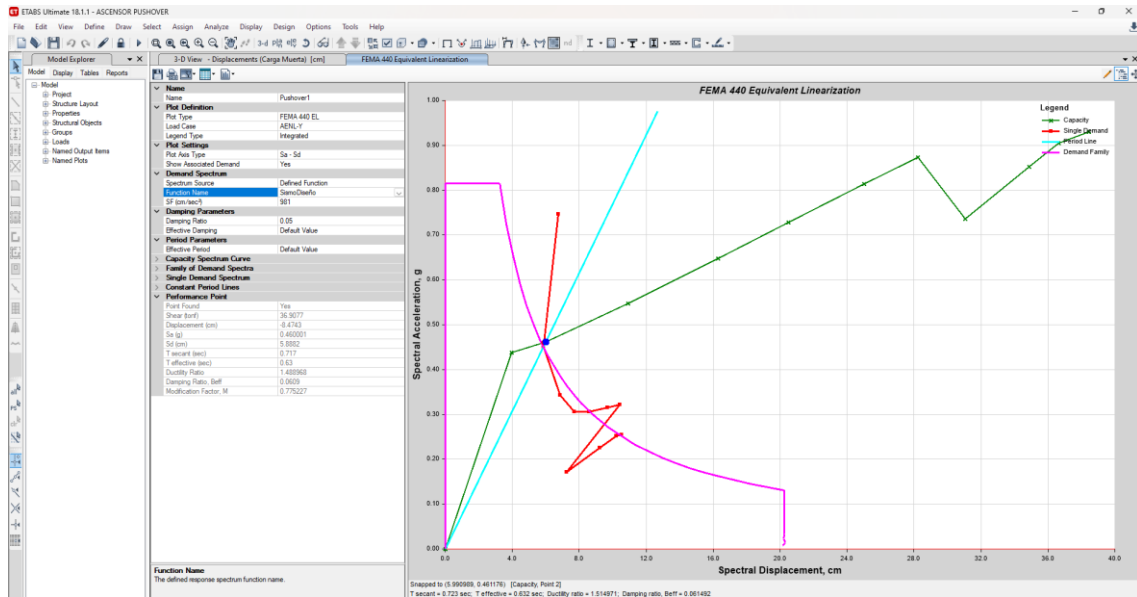


Figura 211

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Máximo, Norma ATC-40, Módulo 6

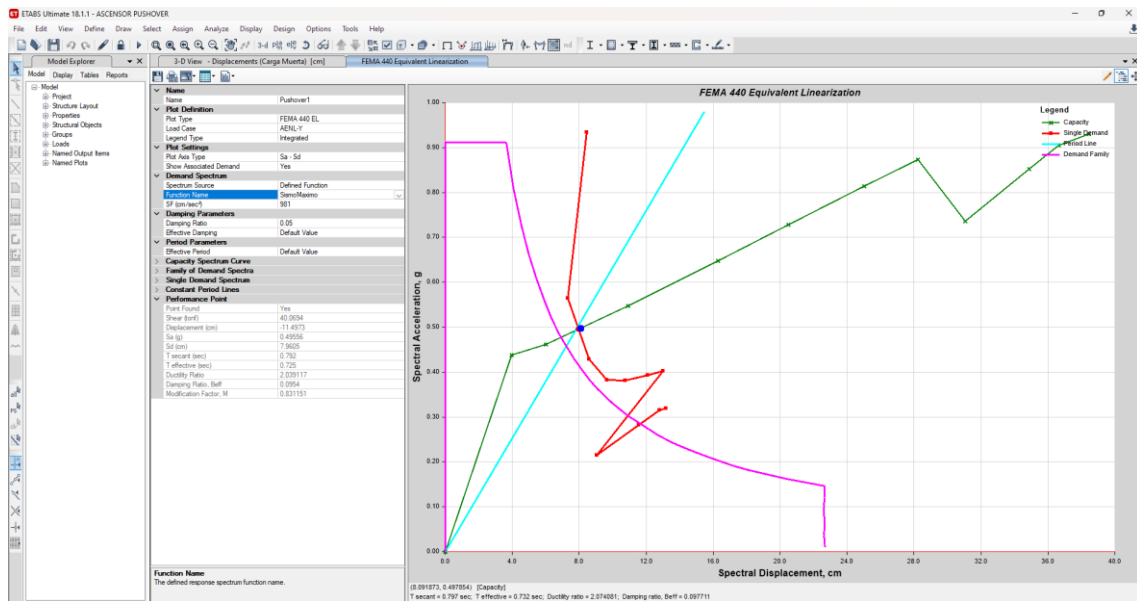


Figura 212

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Frecuente, FEMA 356, Módulo 6

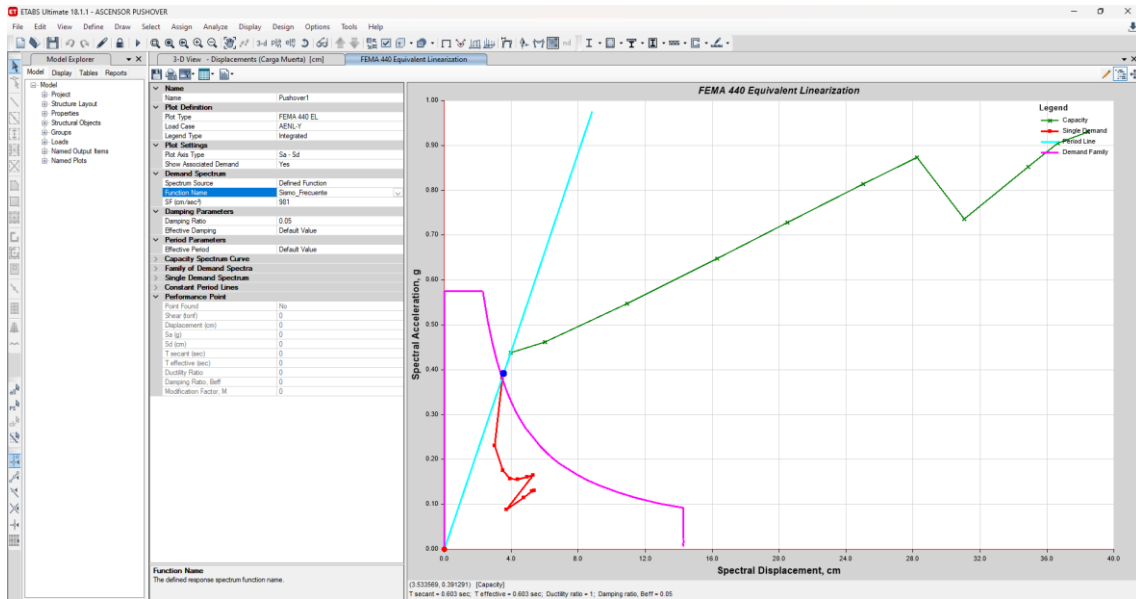


Figura 213

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Ocasional, FEMA 356, Módulo 6

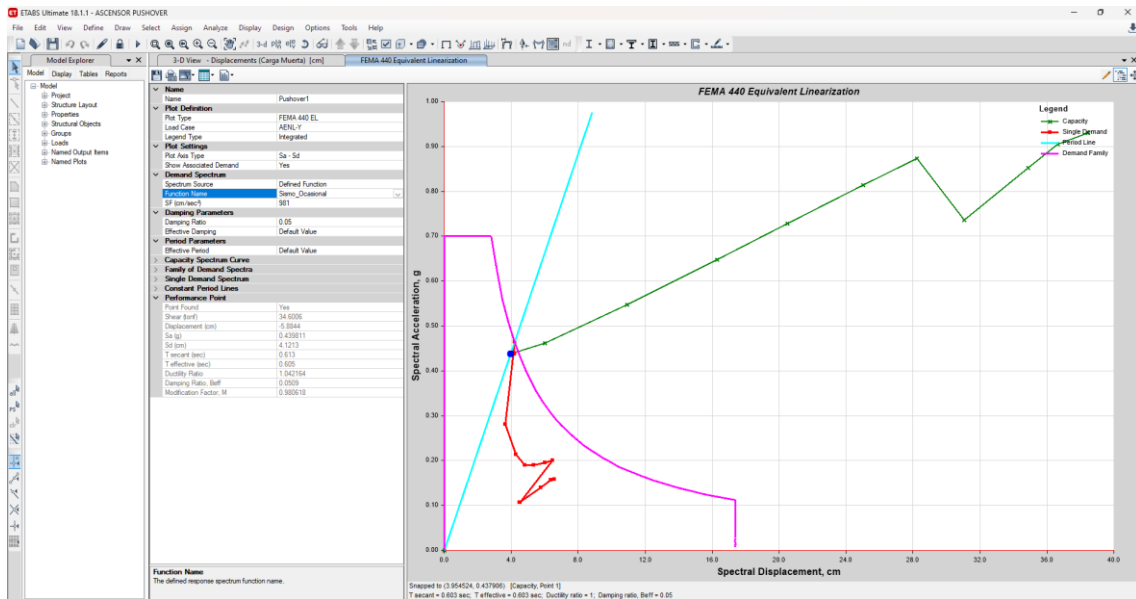


Figura 214

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Raro, FEMA 356, Módulo 6

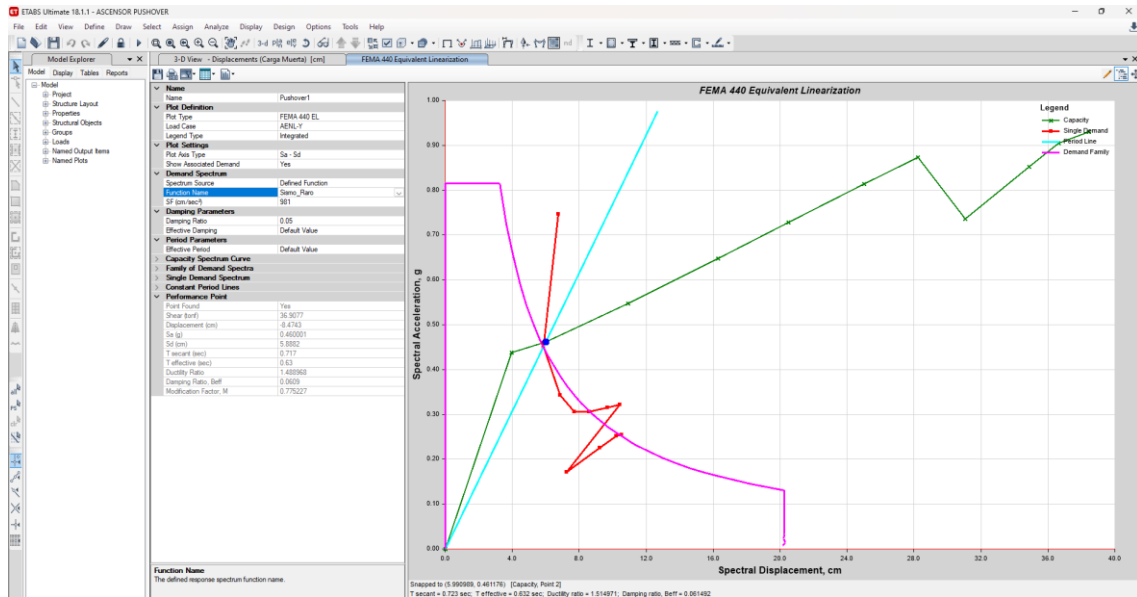
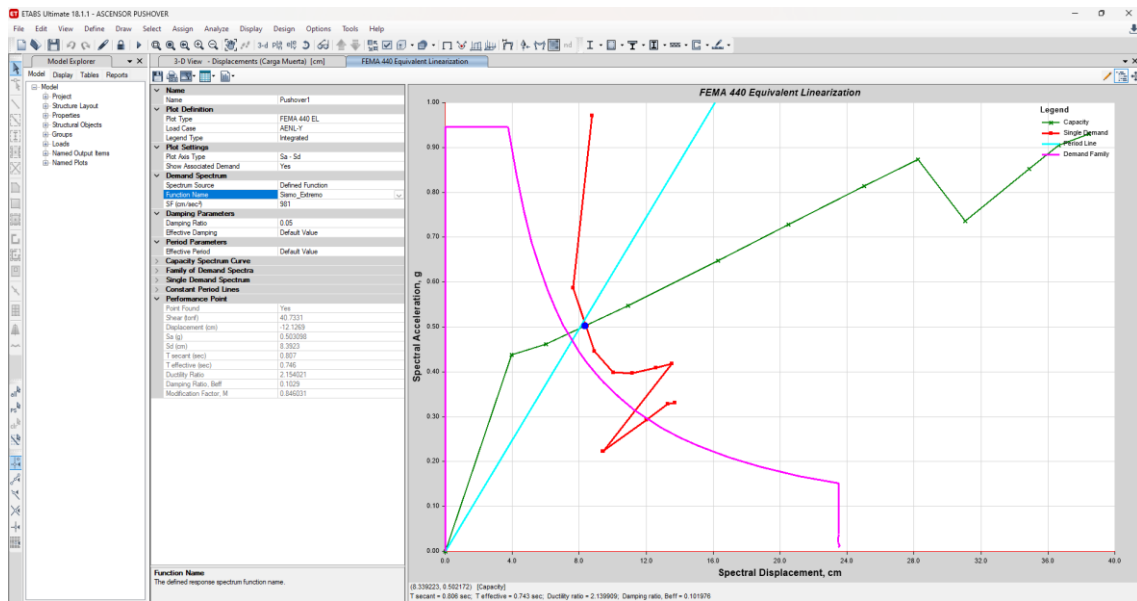


Figura 215

Punto de Desempeño, en Y, Sismo Extremo, FEMA 356, Módulo 6

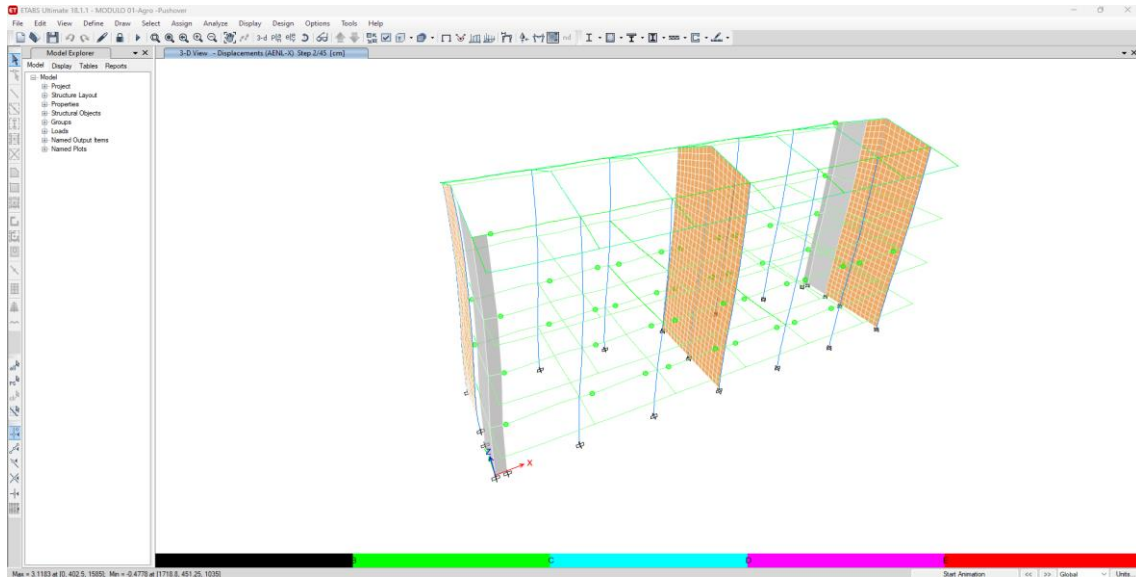


Anexo I. Análisis pushover: Rótulas plásticas

a) MÓDULO 1

Figura 216

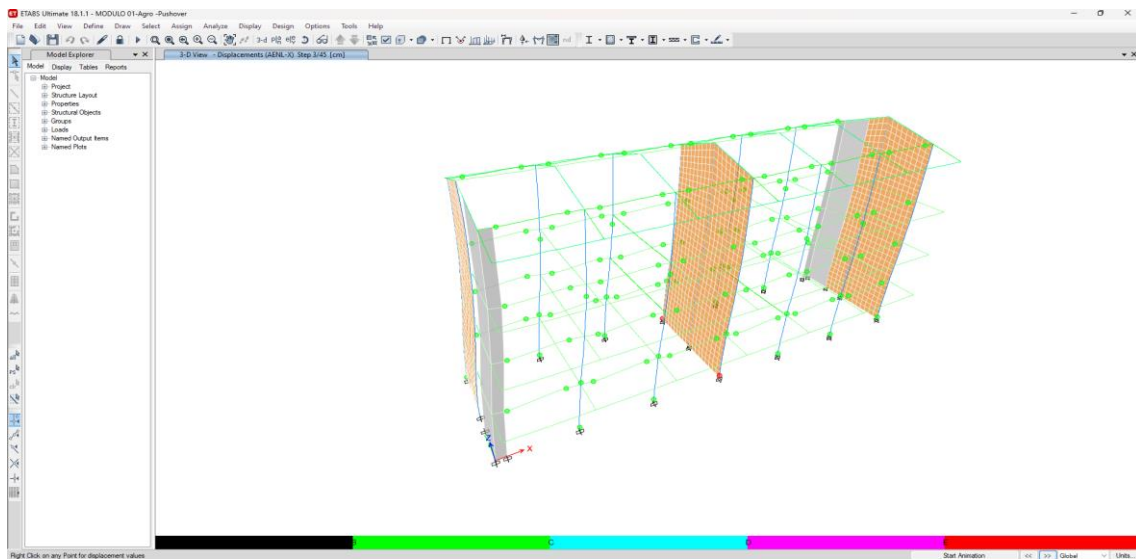
Rótulas en Dirección X, Segundo Step, Módulo 1



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura es en las vigas del primer piso y segundo piso.

Figura 217

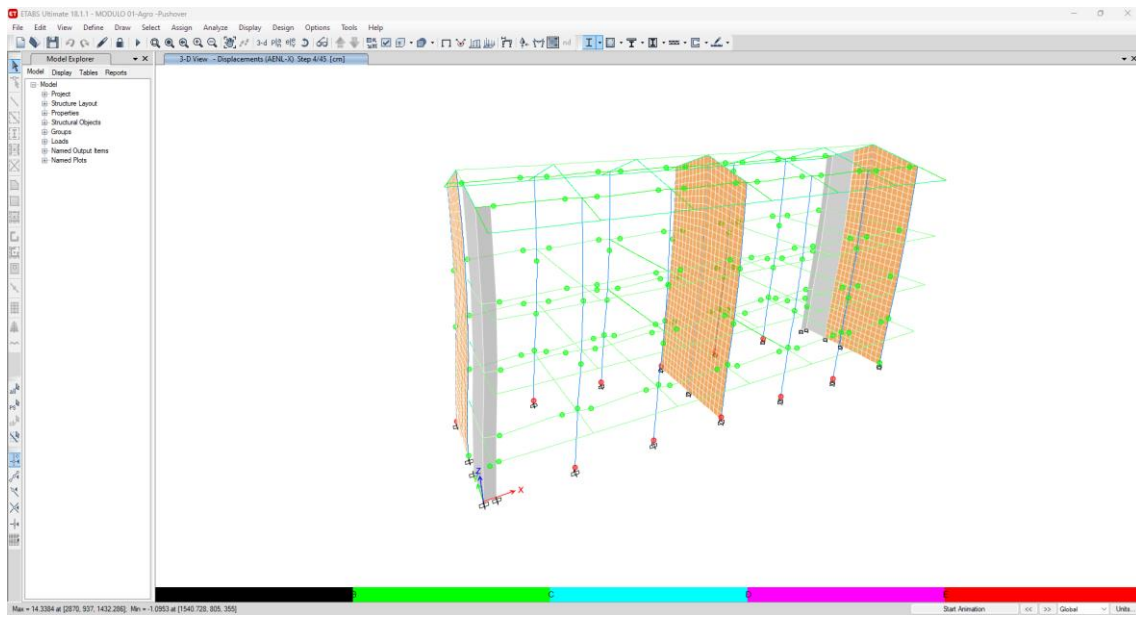
Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 1



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de columnas del primer piso, que están en pre colapso.

Figura 218

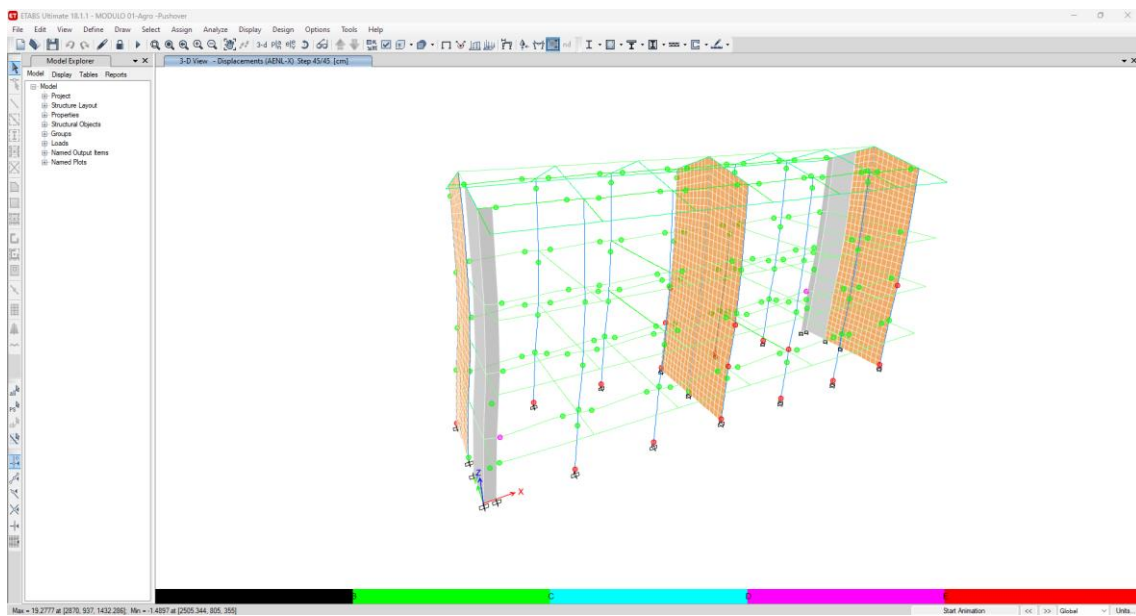
Rótulas en Dirección X, Cuarto Step, Módulo 1



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de las placas del primer piso.

Figura 219

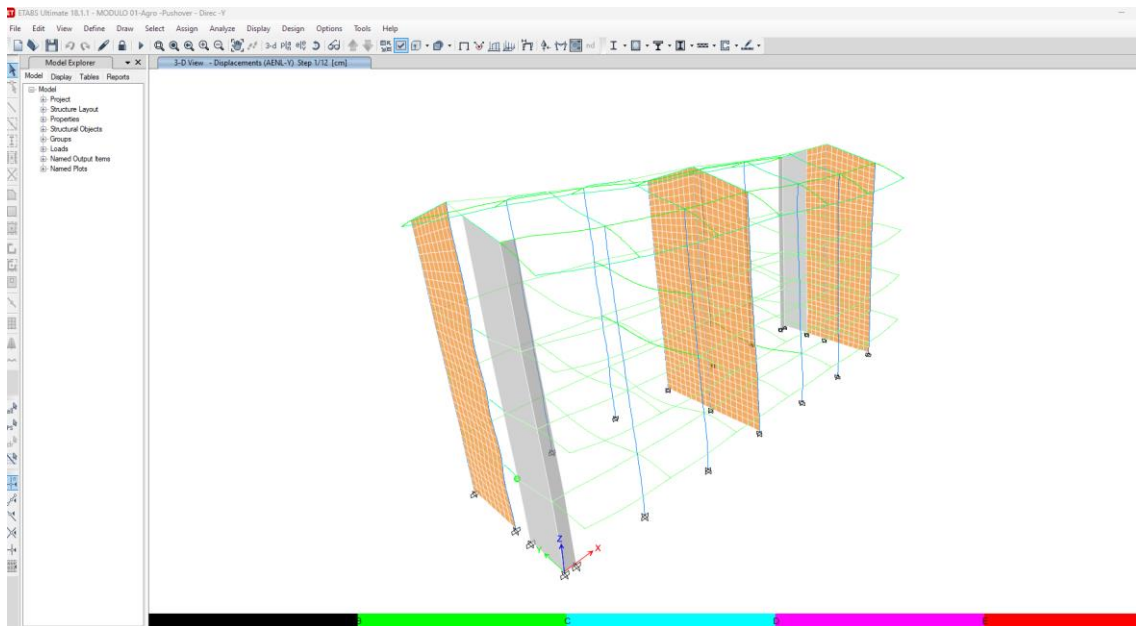
Rótulas en Dirección X, 45 Step, Módulo 1



Nota: Se observa todas las rotulas de la estructural en el último set.

Figura 220

Rótulas en Dirección Y, Primer Step, Módulo 1



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura es en el en las vigas.

Figura 221

Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 1

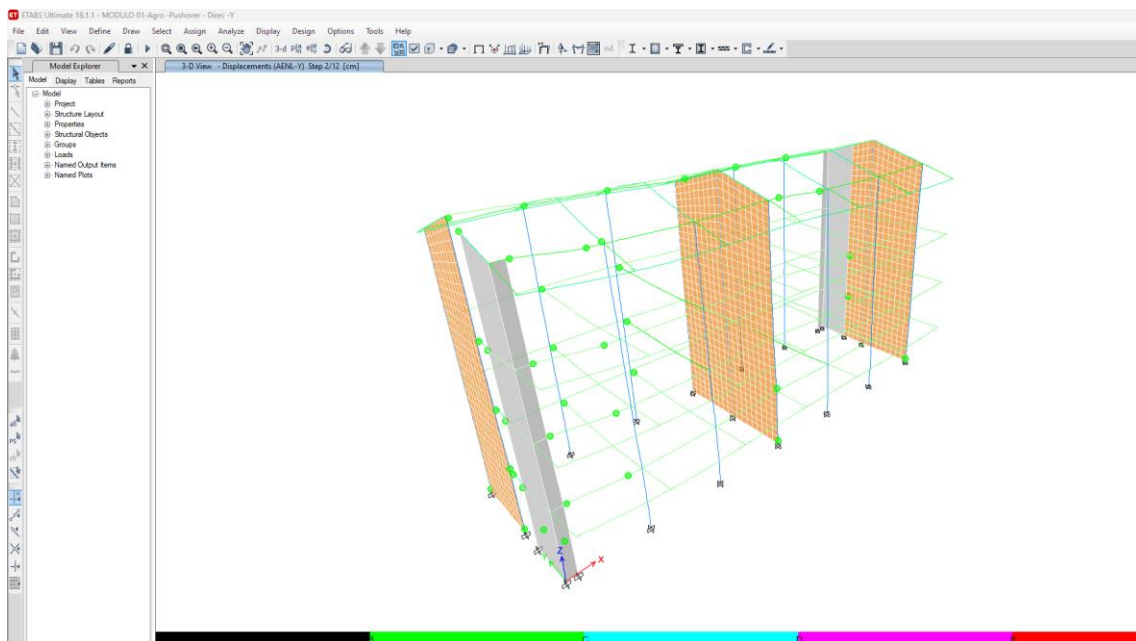
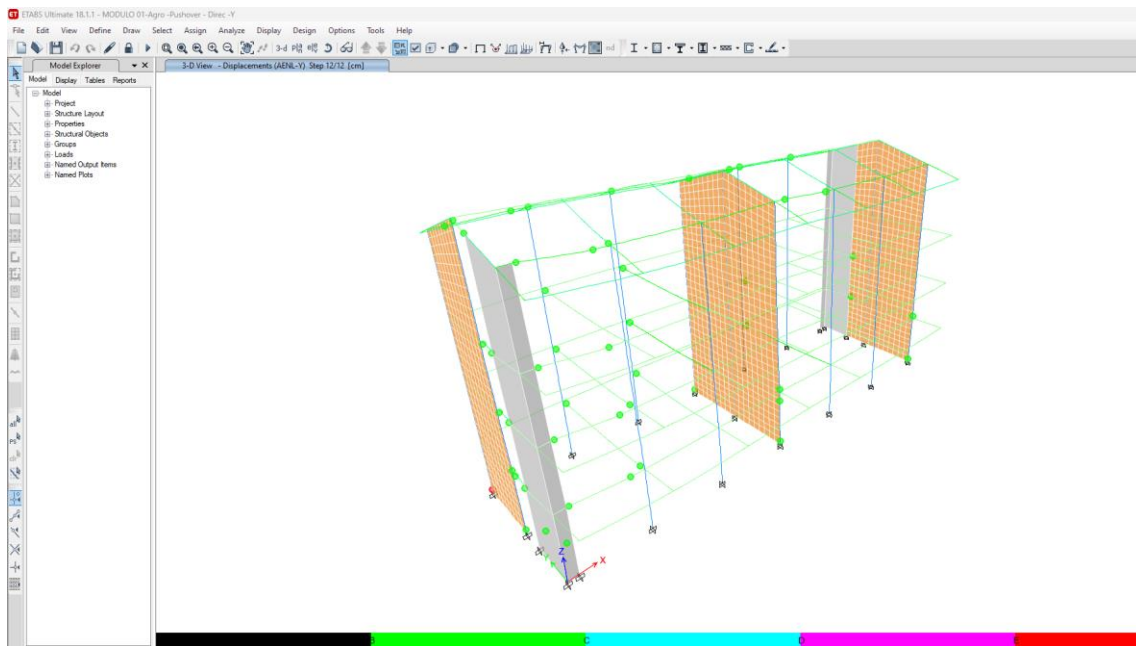


Figura 222

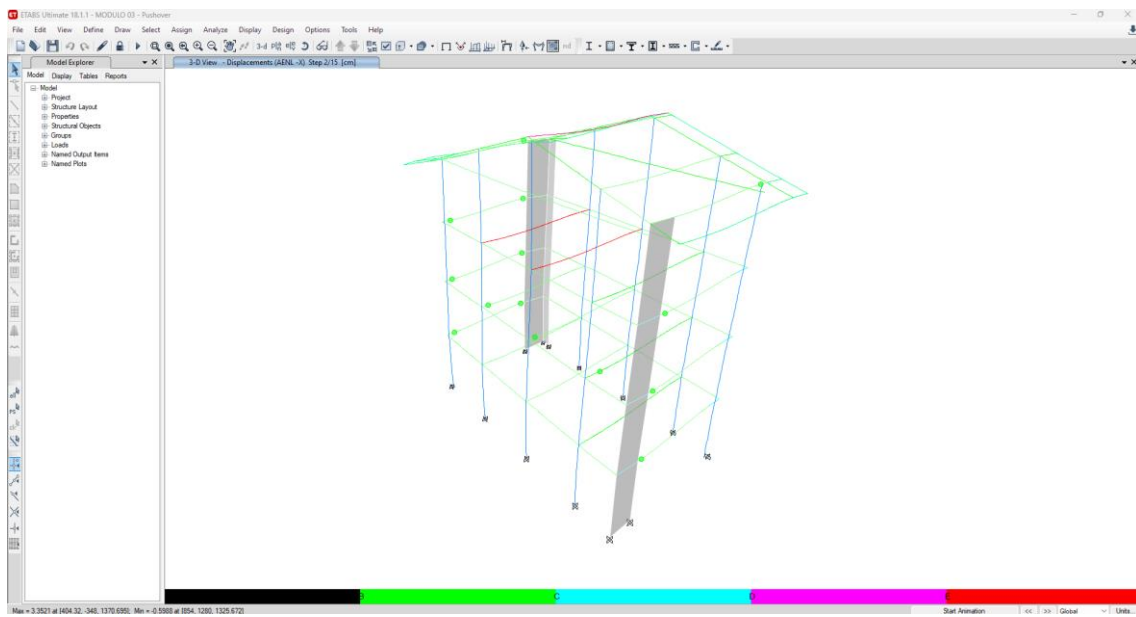
Todas las rotulas plásticas de las estructuras



b) MÓDULO 2

Figura 223

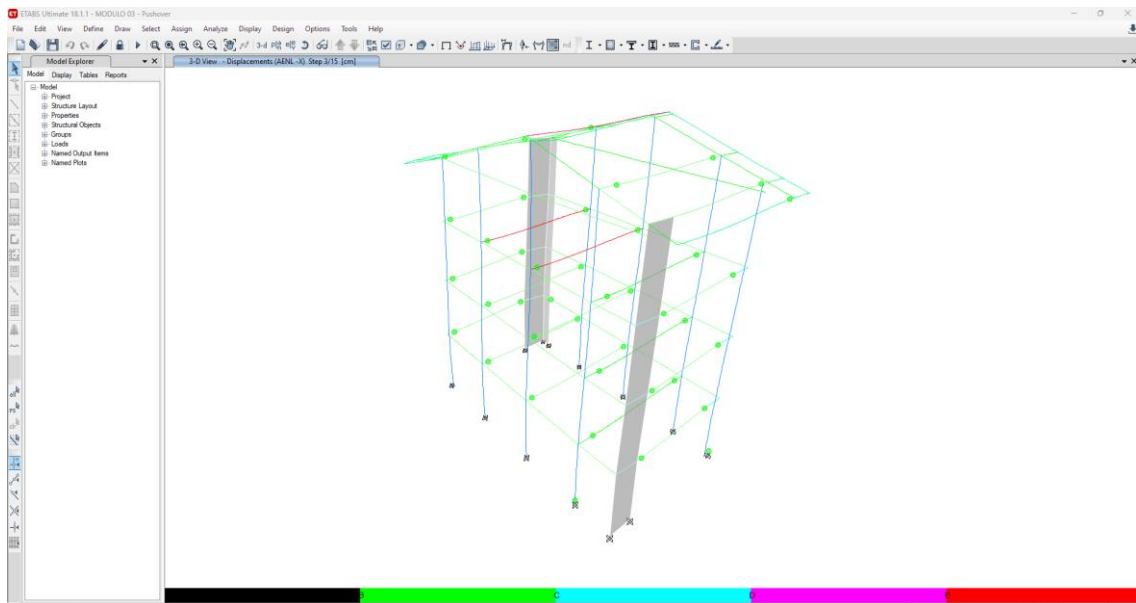
Rótulas en Dirección X, Segundo Step, Módulo 2



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura es en las vigas del primer piso, segundo piso y tercer piso.

Figura 224

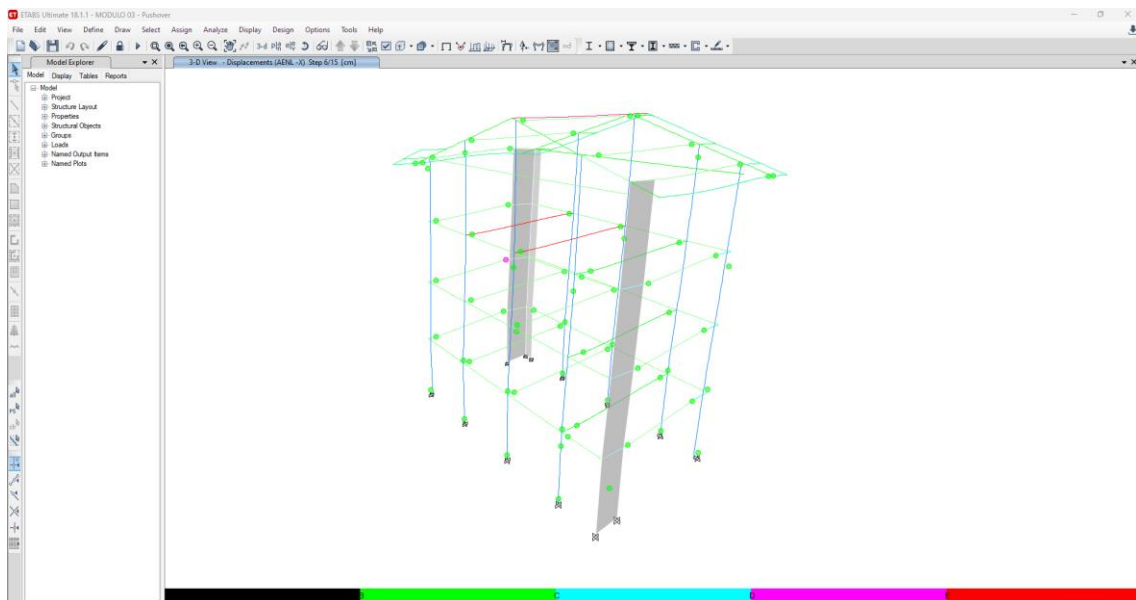
Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 2



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de columnas del primer piso

Figura 225

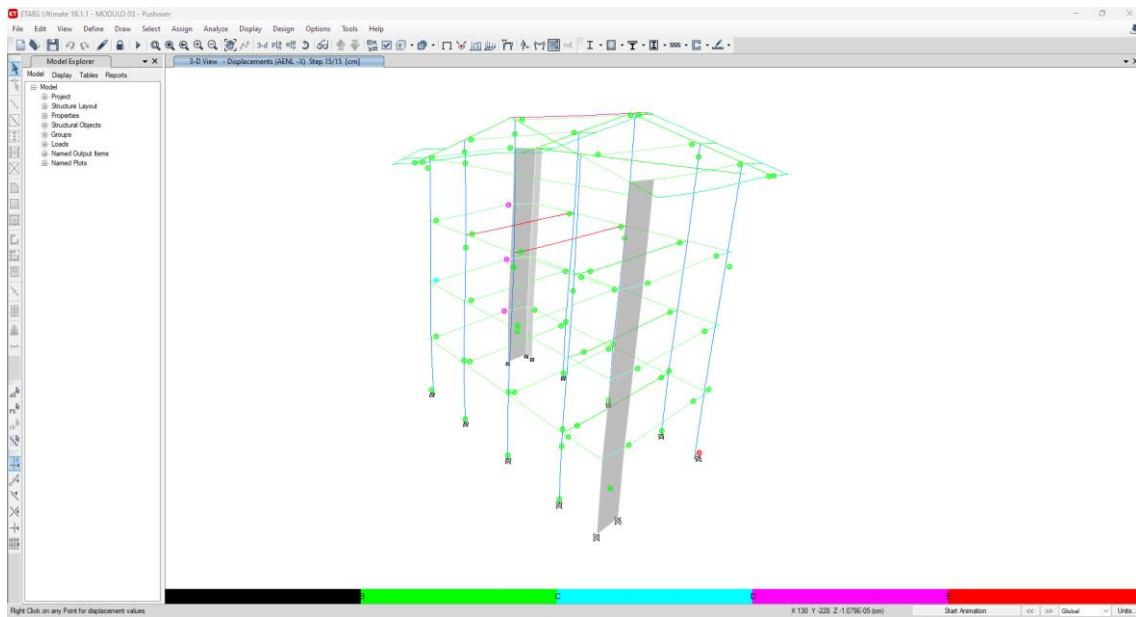
Rótulas en Dirección X, Cuarto Step, Módulo 2



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de las placas del primer piso.

Figura 226

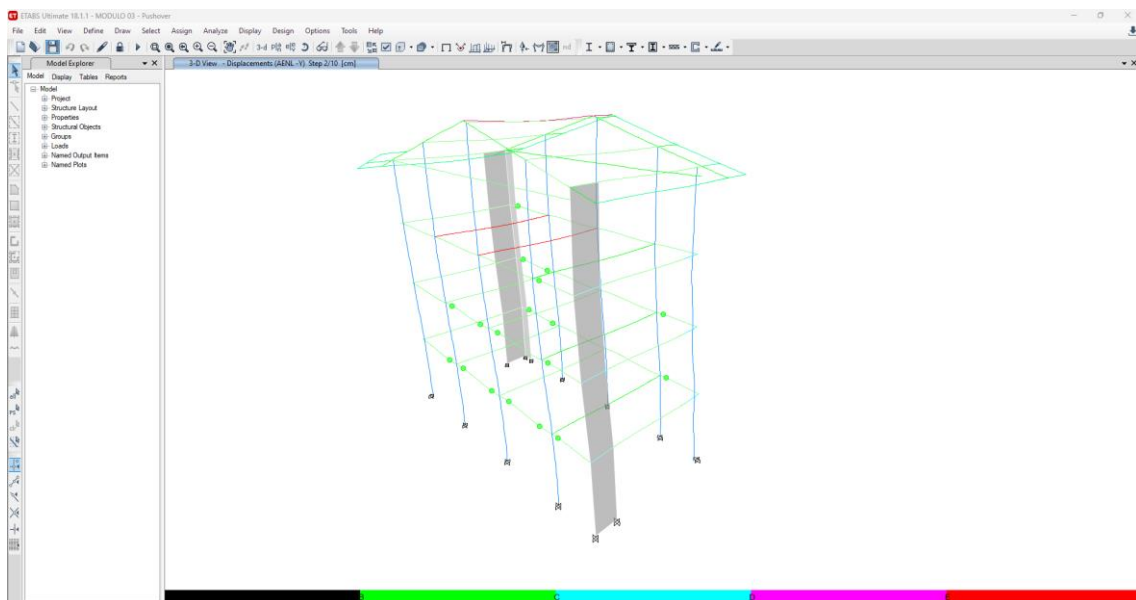
Rótulas en Dirección X, 15 Step, Módulo 2



Nota: Se observa todas las rotulas de la estructural en el último set.

Figura 227

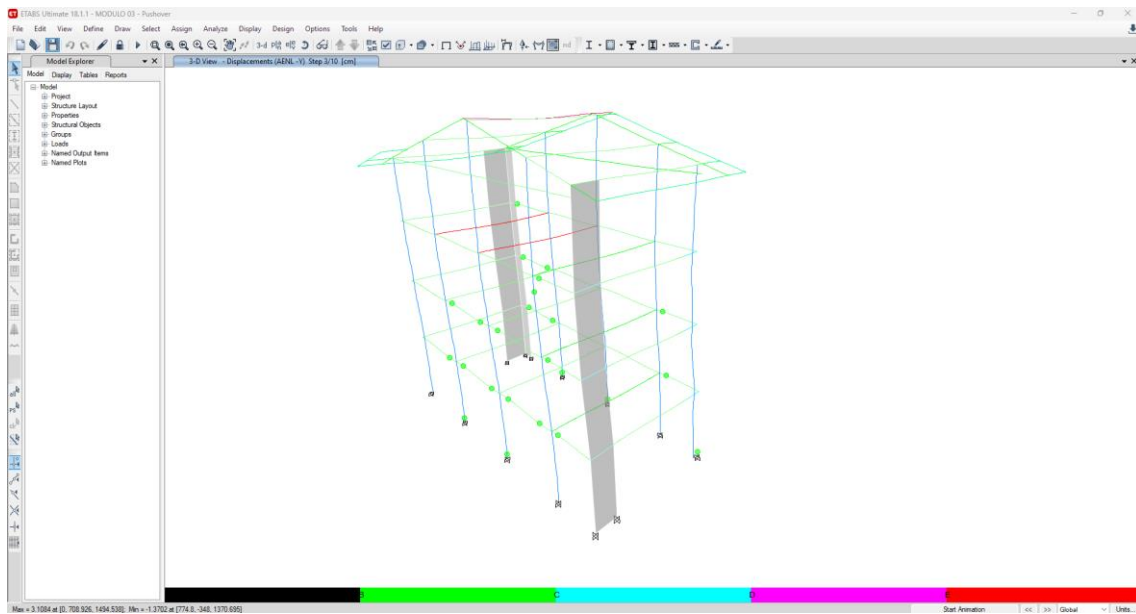
Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 2



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura es en las vigas del primer piso, segundo piso y tercer piso.

Figura 228

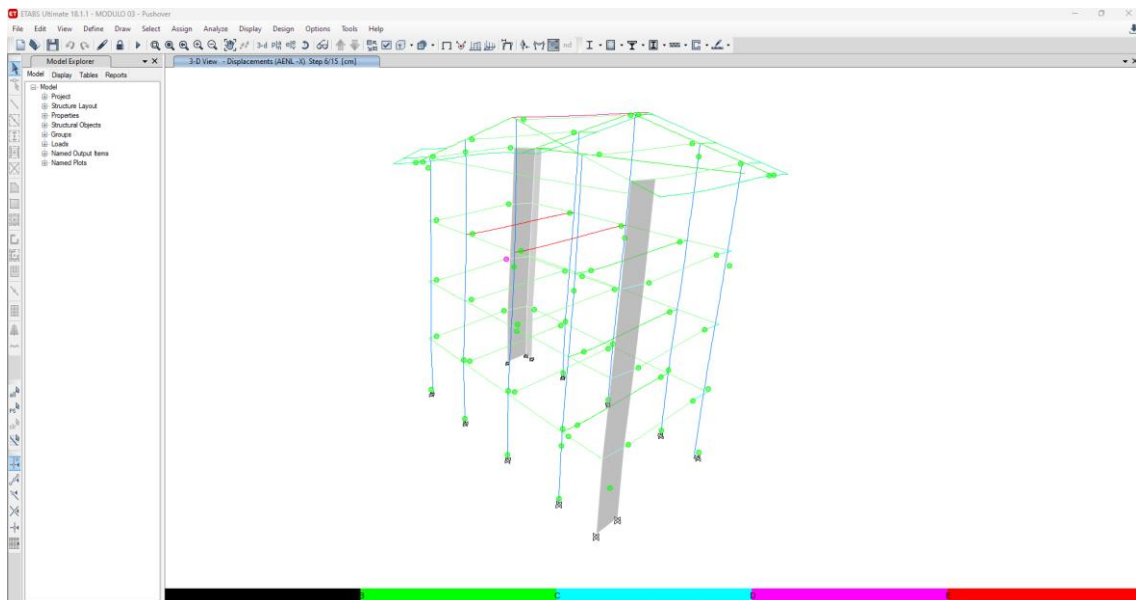
Rótulas en Dirección Y, Tercer Step, Módulo 2



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de columnas del primer piso

Figura 229

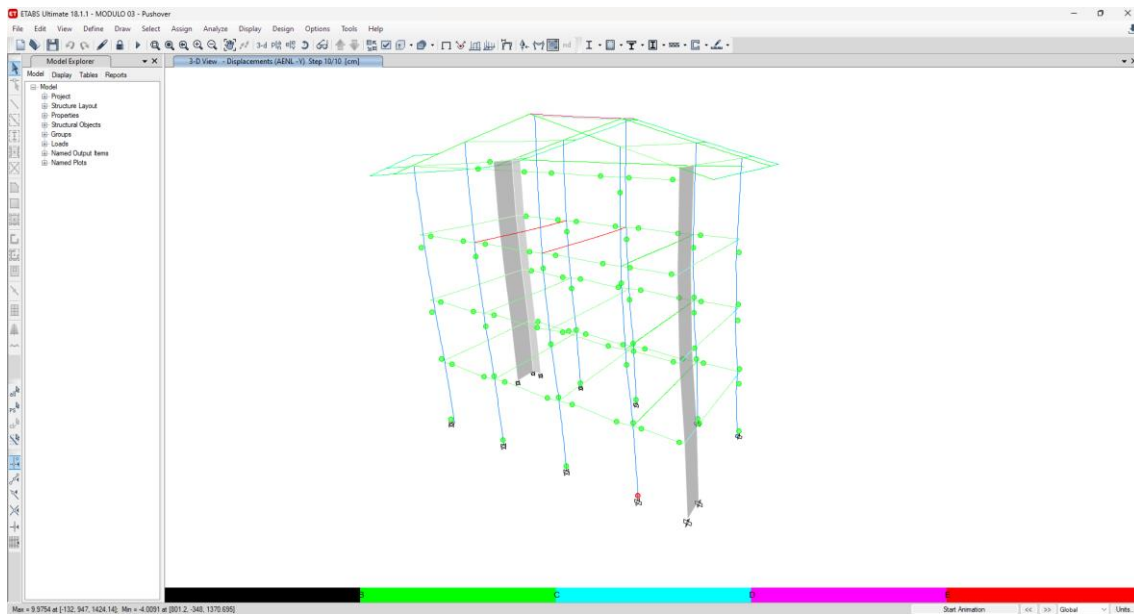
Rótulas en Dirección Y, Cuarto Step, Módulo 2



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de las placas del primer piso.

Figura 230

Rótulas en Dirección Y, 10 Step, Módulo 2

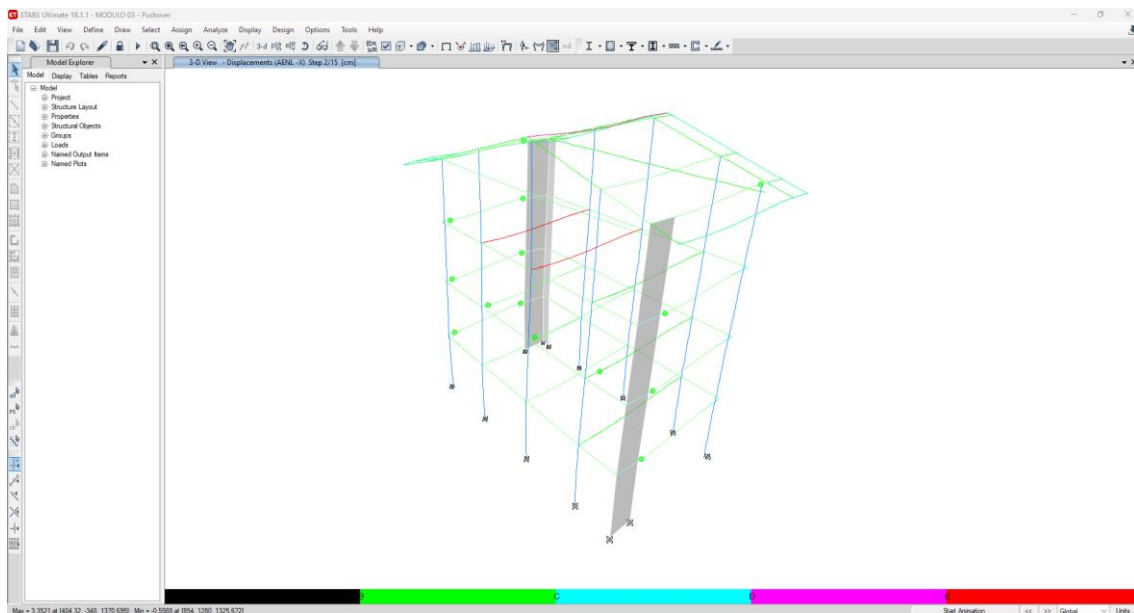


Nota: Se observa todas las rotulas de la estructural en el último set.

c) MÓDULO 3

Figura 231

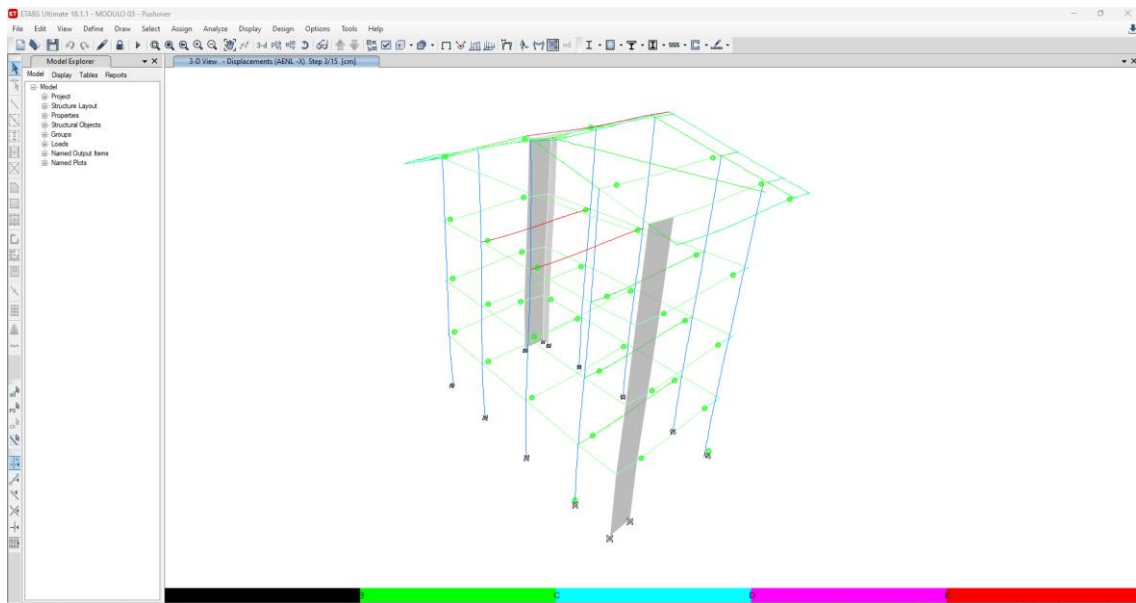
Rótulas en Dirección X, Segundo Step, Módulo 3



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura es en las vigas del primer piso, segundo piso y tercer piso.

Figura 232

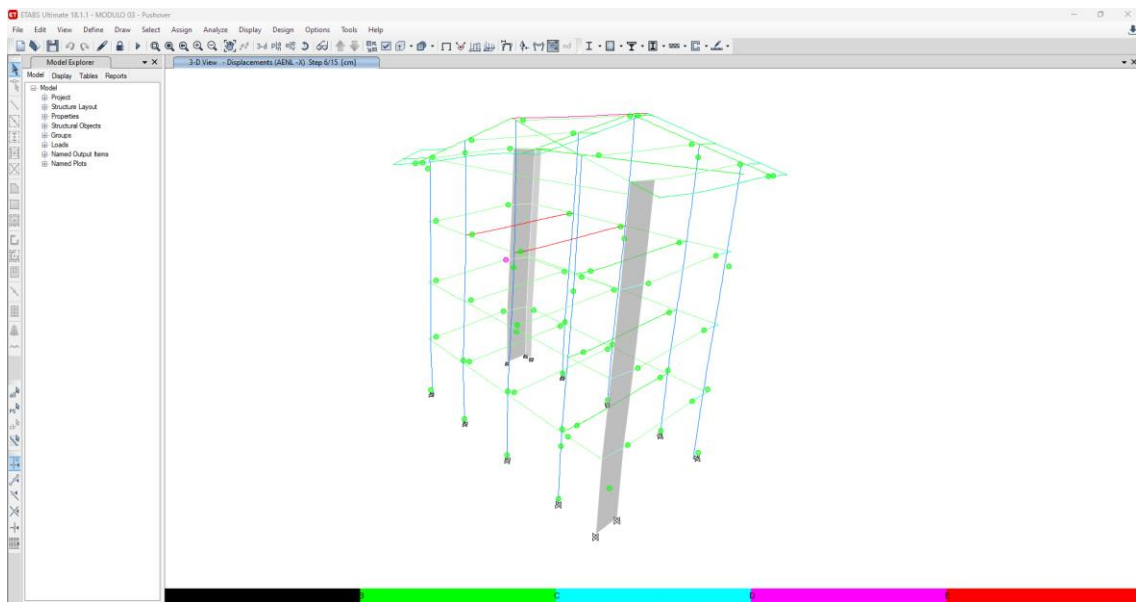
Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 3



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de columnas del primer piso

Figura 233

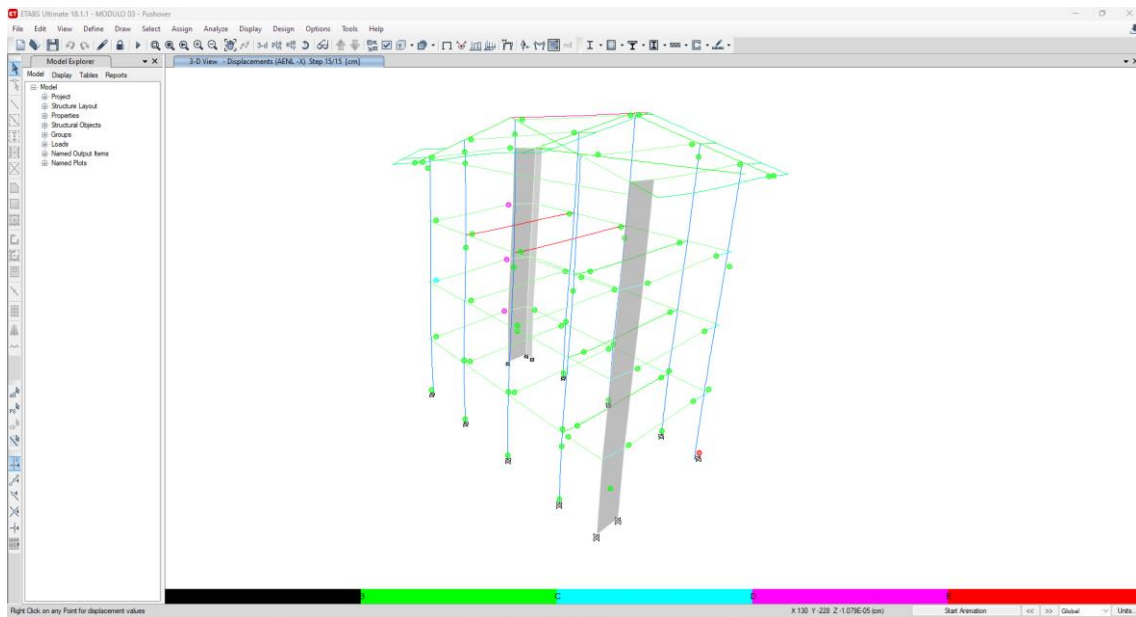
Rótulas en Dirección X, Cuarto Step, Módulo 3



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de las placas del primer piso.

Figura 234

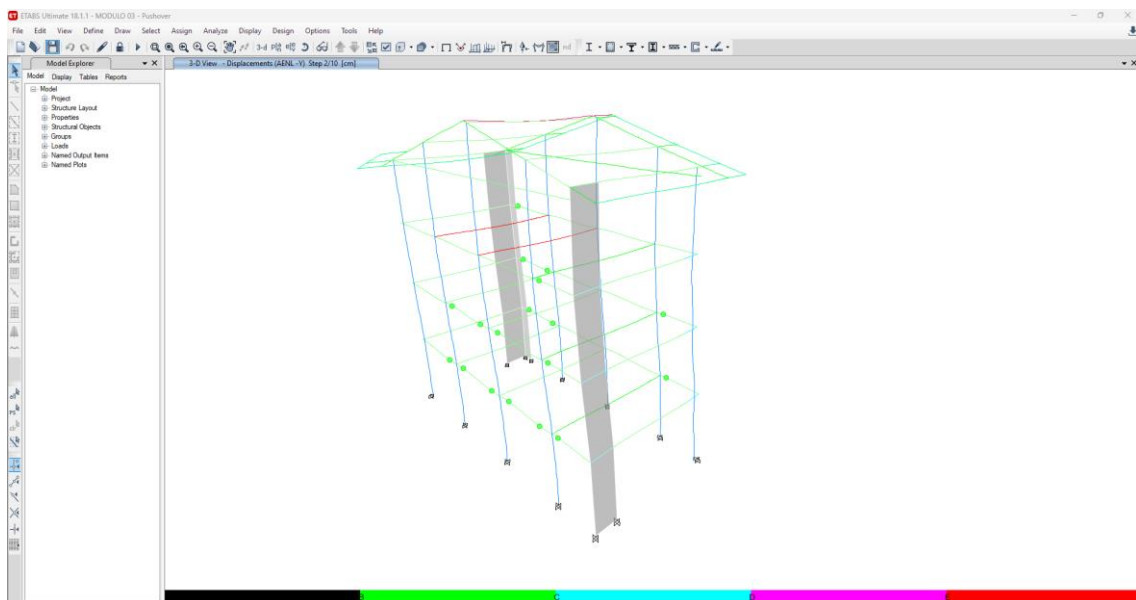
Rótulas en Dirección X, 15 Step, Módulo 3



Nota: Se observa todas las rotulas de la estructural en el último set.

Figura 235

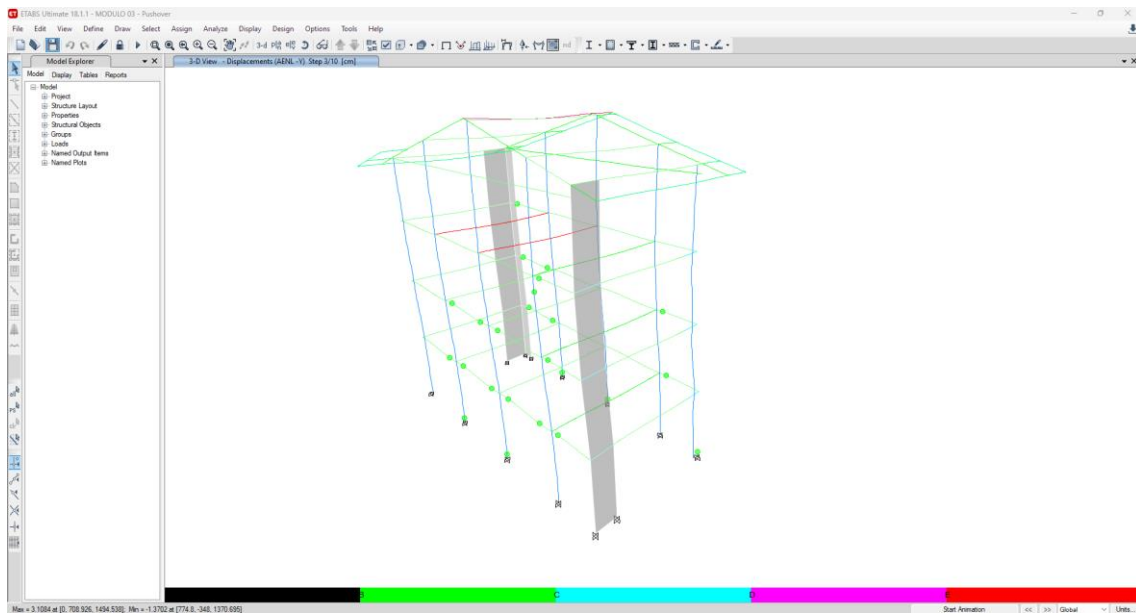
Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 3



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura es en las vigas del primer piso, segundo piso y tercer piso.

Figura 236

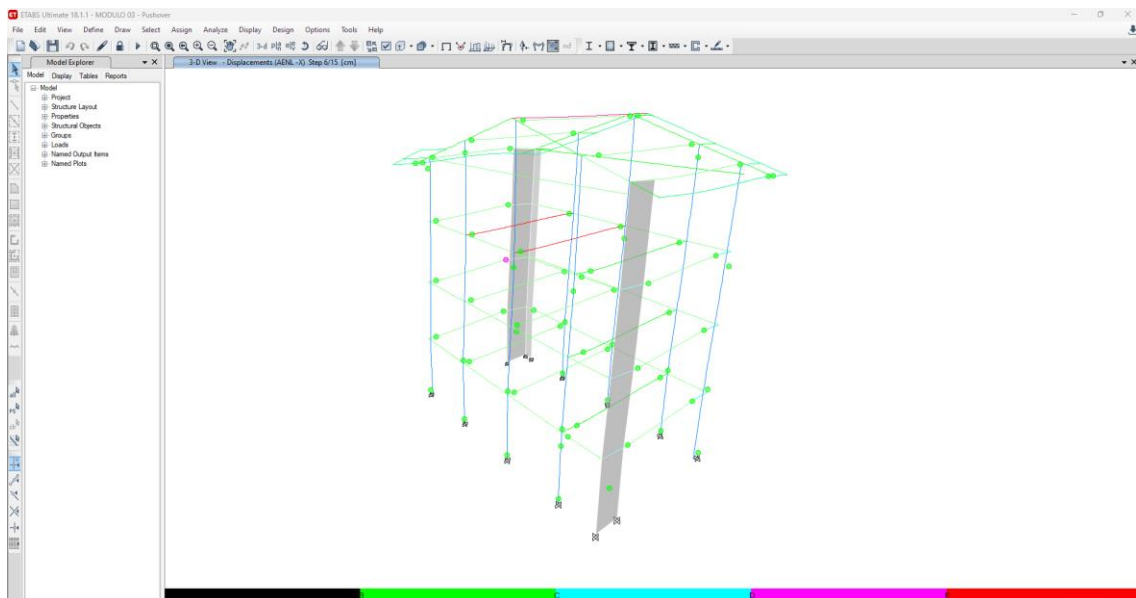
Rótulas en Dirección Y, Tercer Step, Módulo 3



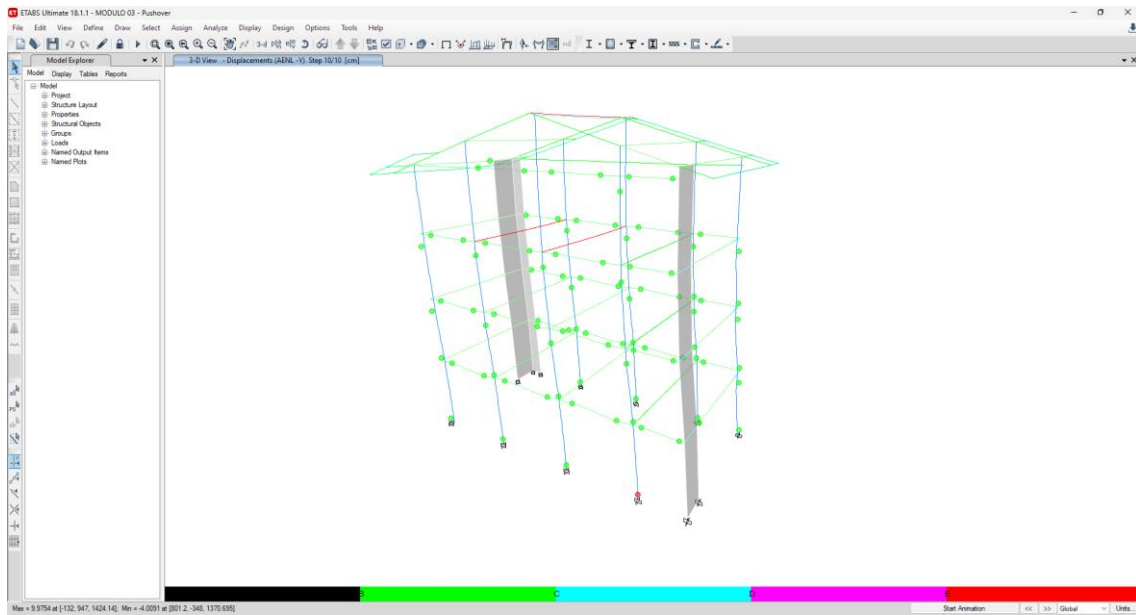
Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de columnas del primer piso.

Figura 237

Rótulas en Dirección Y, Cuarto Step, Módulo 3



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de las placas del primer piso.

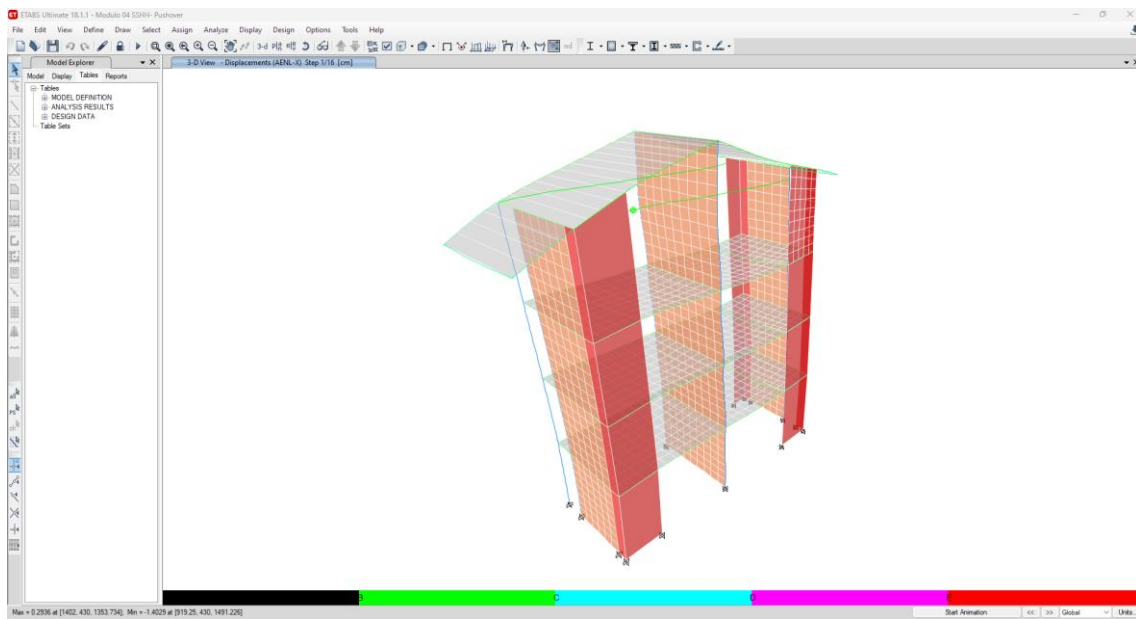


Nota: Se observa todas las rotulas de la estructural en el último set.

d) MÓDULO 4

Figura 238

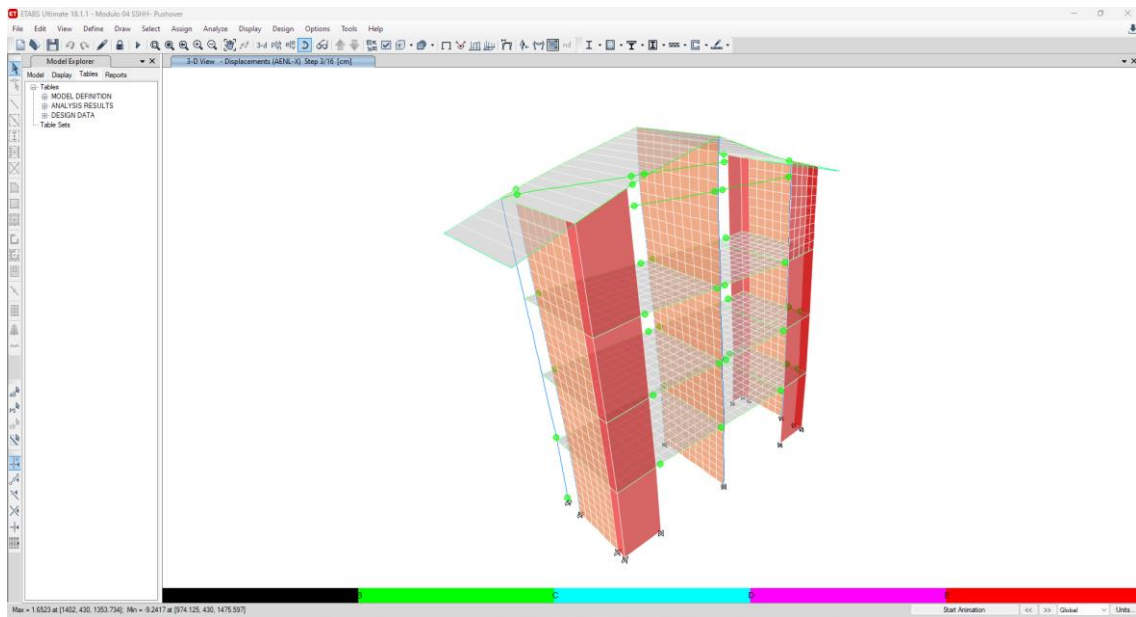
Rótulas en Dirección X, Primer Step, Módulo 4



Nota: La primera rotula plásticas que se forman en la estructura en la viga del cuarto piso.

Figura 239

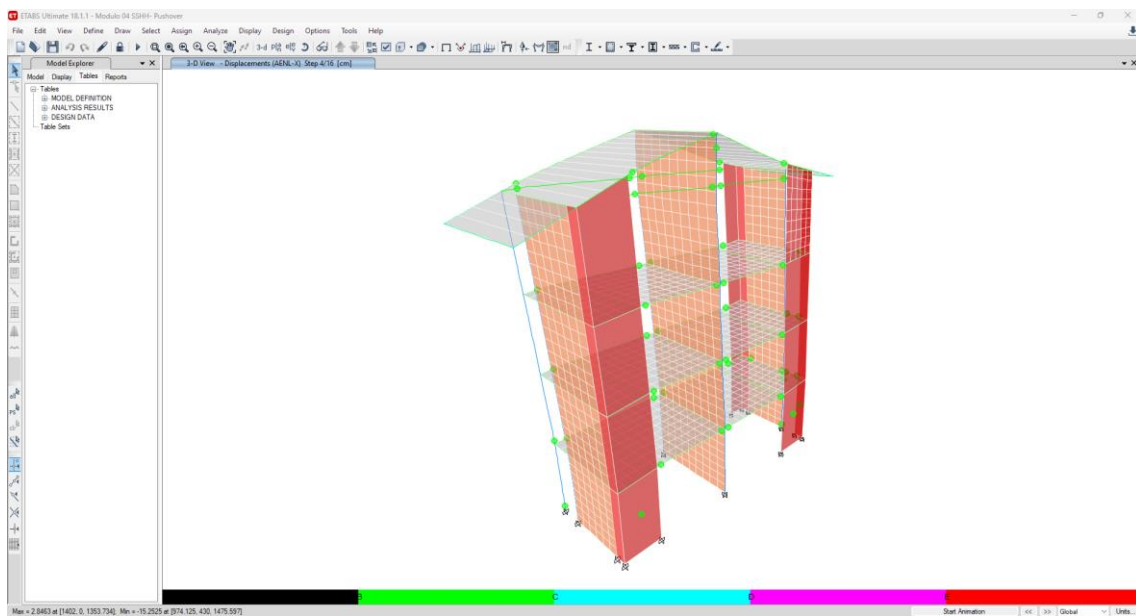
Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 4



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de columnas del primer piso

Figura 240

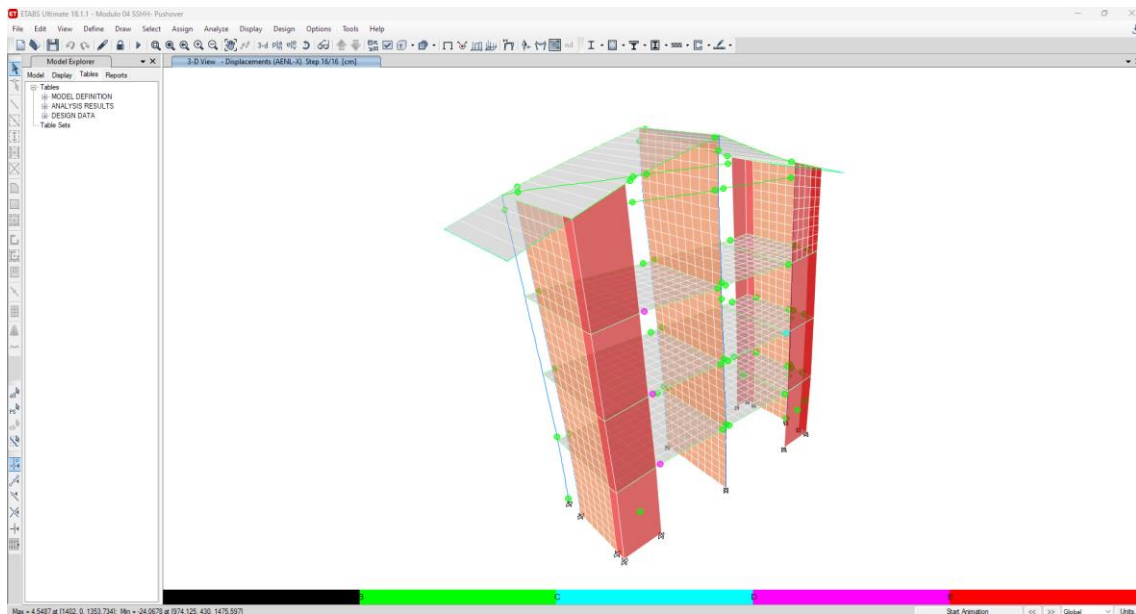
Rótulas en Dirección X, Cuarto Step, Módulo 4



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de las placas del primer piso.

Figura 241

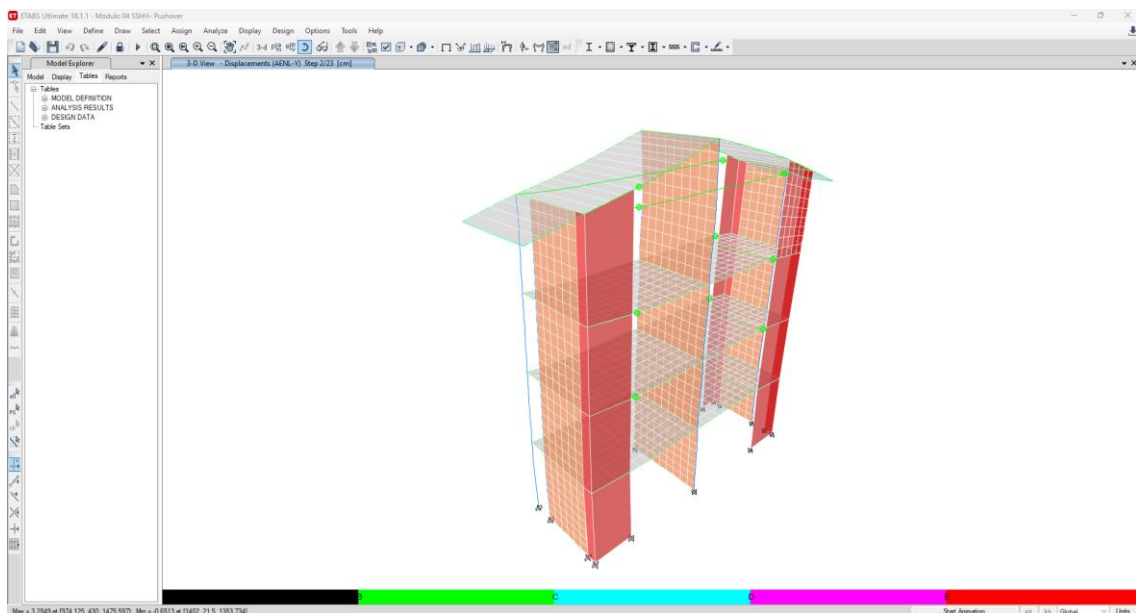
Rótulas en Dirección X, 16 Step, Módulo 4



Nota: Se observa todas las rotulas de la estructural en el último set.

Figura 242

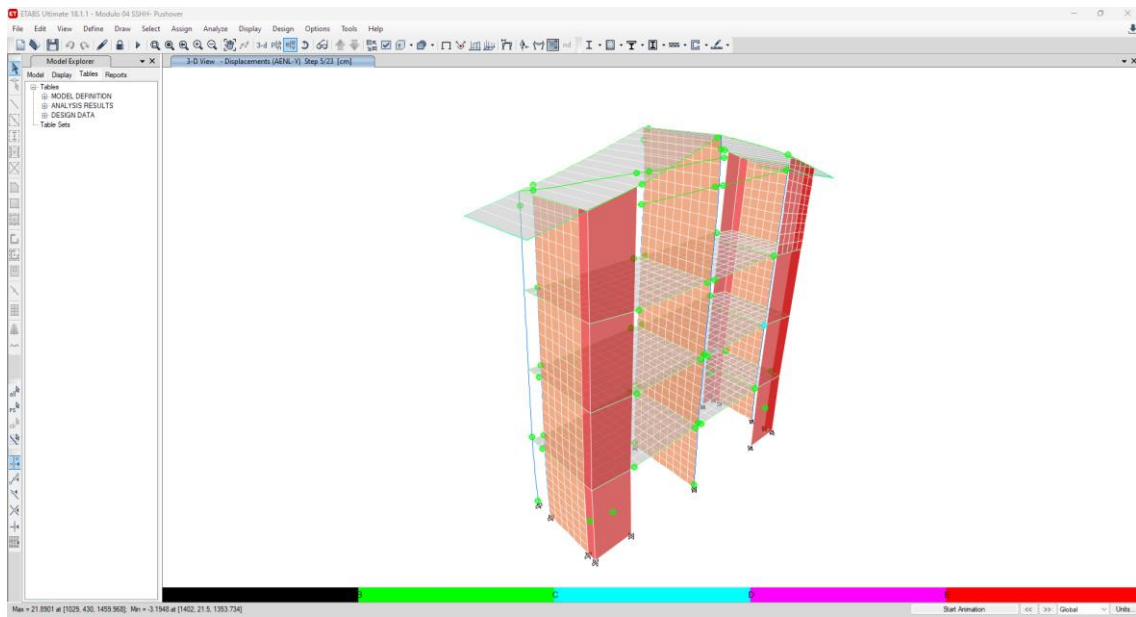
Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 4



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura es en las vigas del segundo piso, tercer piso y cuarto piso.

Figura 243

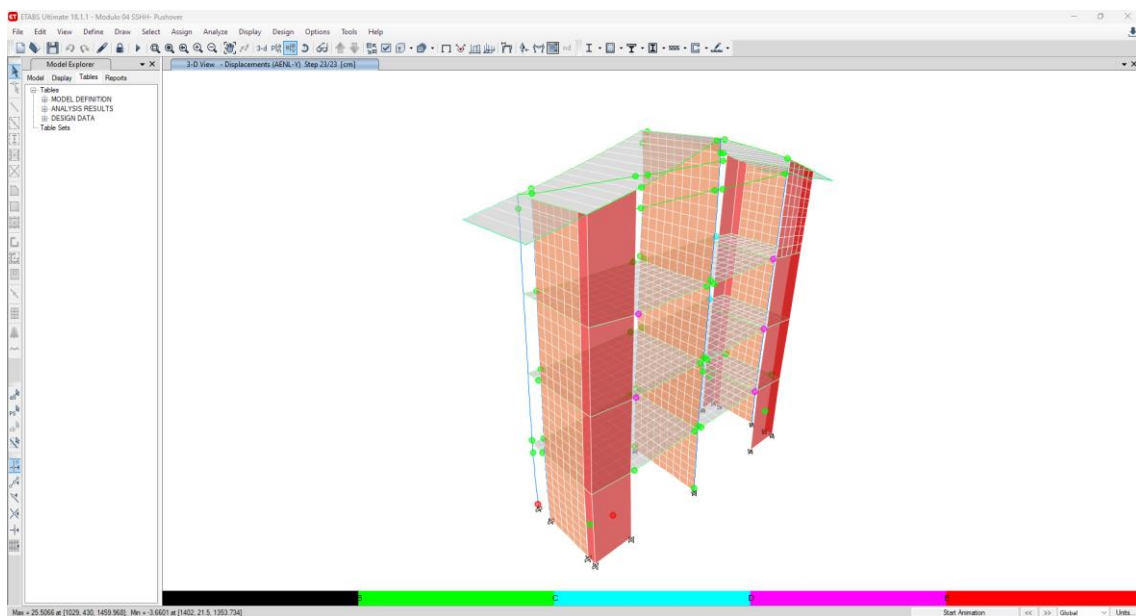
Rótulas en Dirección Y, Quinto Step, Módulo 4



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de columnas del primer piso

Figura 244

Rótulas en Dirección Y, 23 Step, Módulo 4

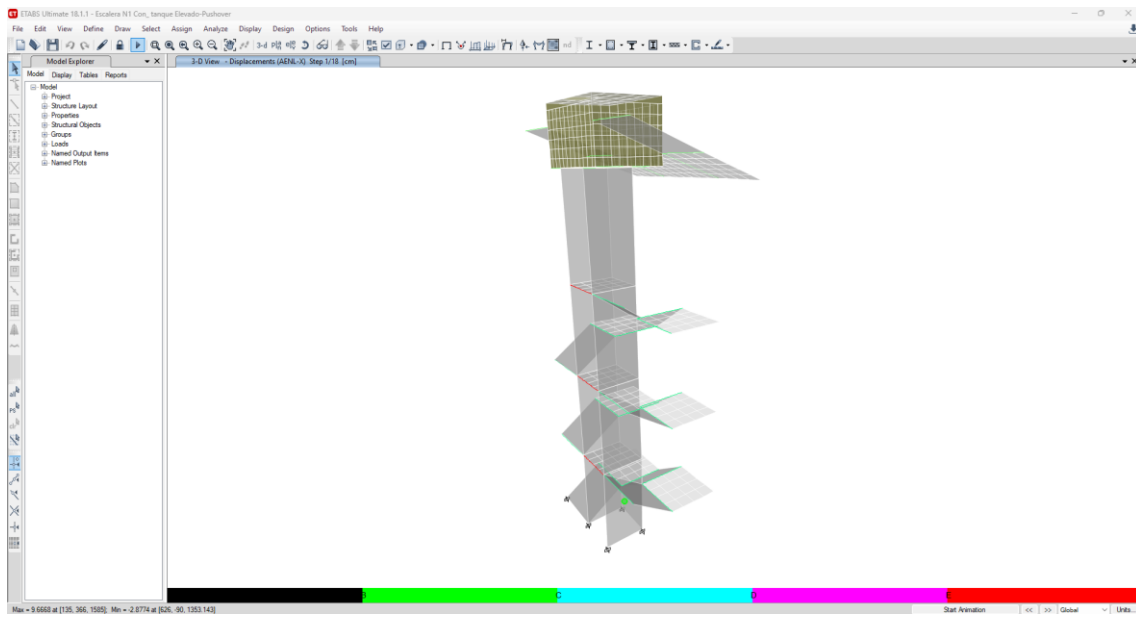


Nota: Se observa todas las rotulas de la estructural en el último set.

e) MÓDULO 5

Figura 245

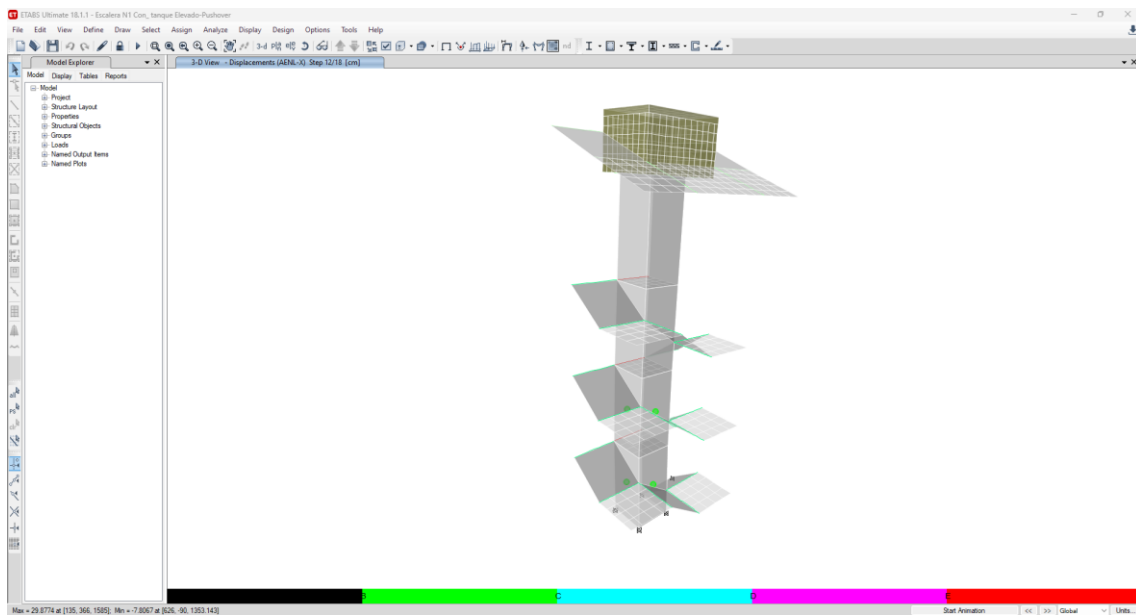
Rótulas en Dirección X, Primer Step, Módulo 5



Nota: La primera rotula plásticas que se forman en la estructura de la placa.

Figura 246

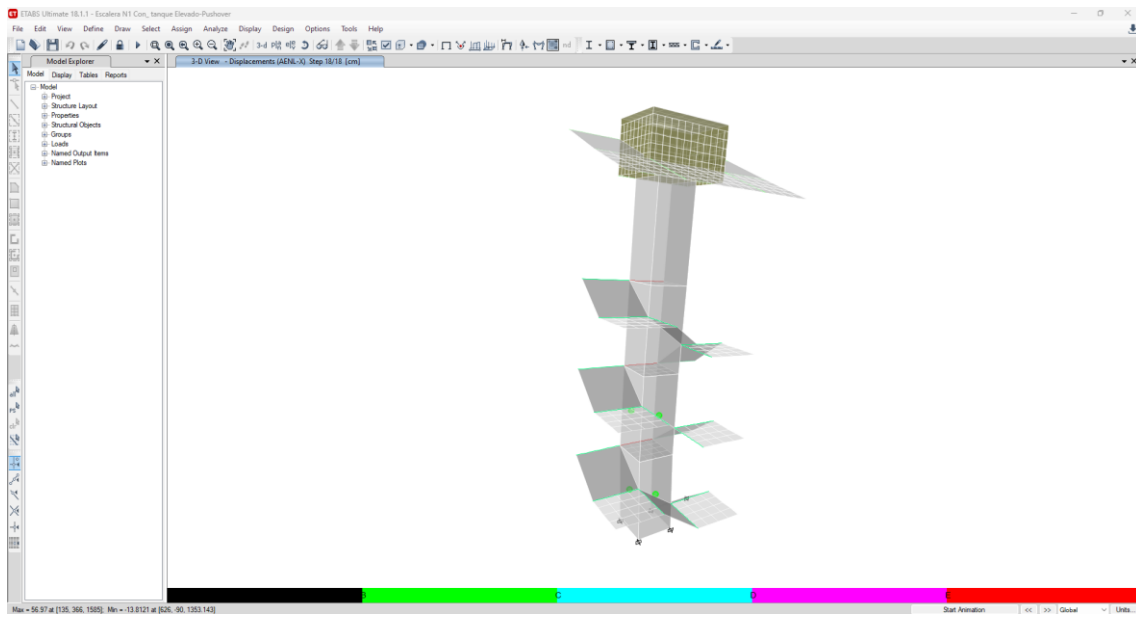
Rótulas en Dirección X, 12 Step, Módulo 5



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de la placa en el segundo nivel.

Figura 247

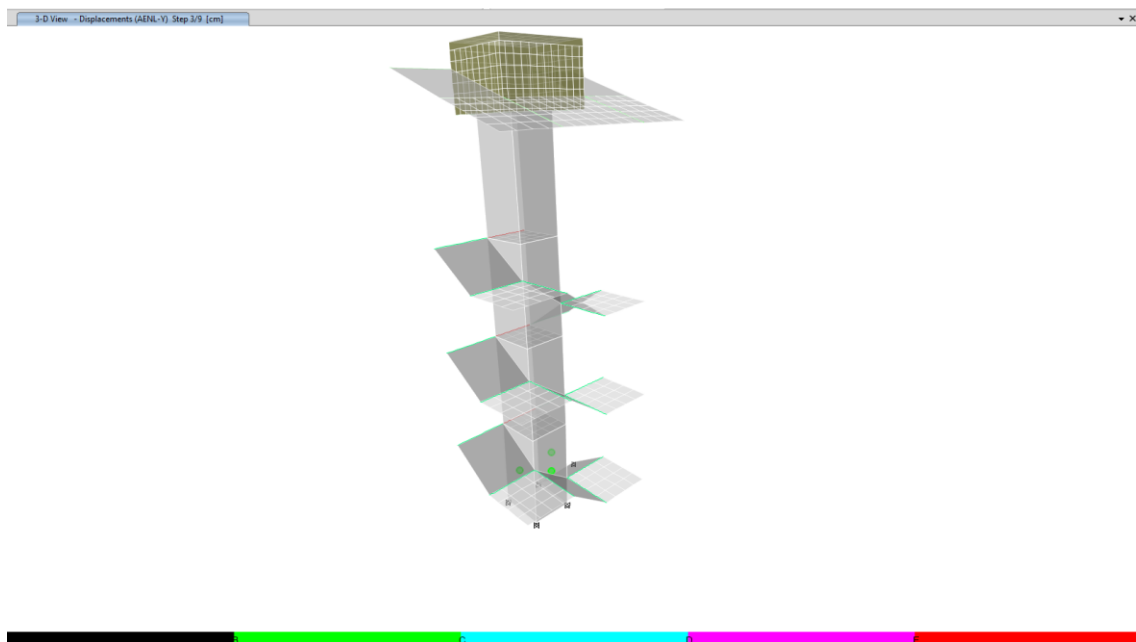
Rótulas en Dirección X, 18 Step, Módulo 5



Nota: Se observa todas las rotulas de la estructural en el último set.

Figura 248

Rótulas en Dirección Y, Tercer Step, Módulo 5



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura de las placas del primer piso.

Figura 249

Rótulas en Dirección Y, 8 Step, Módulo 5

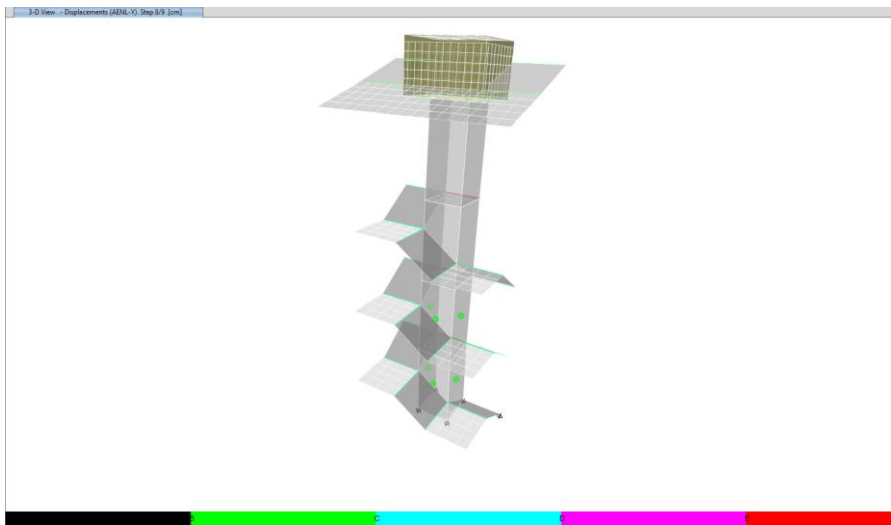
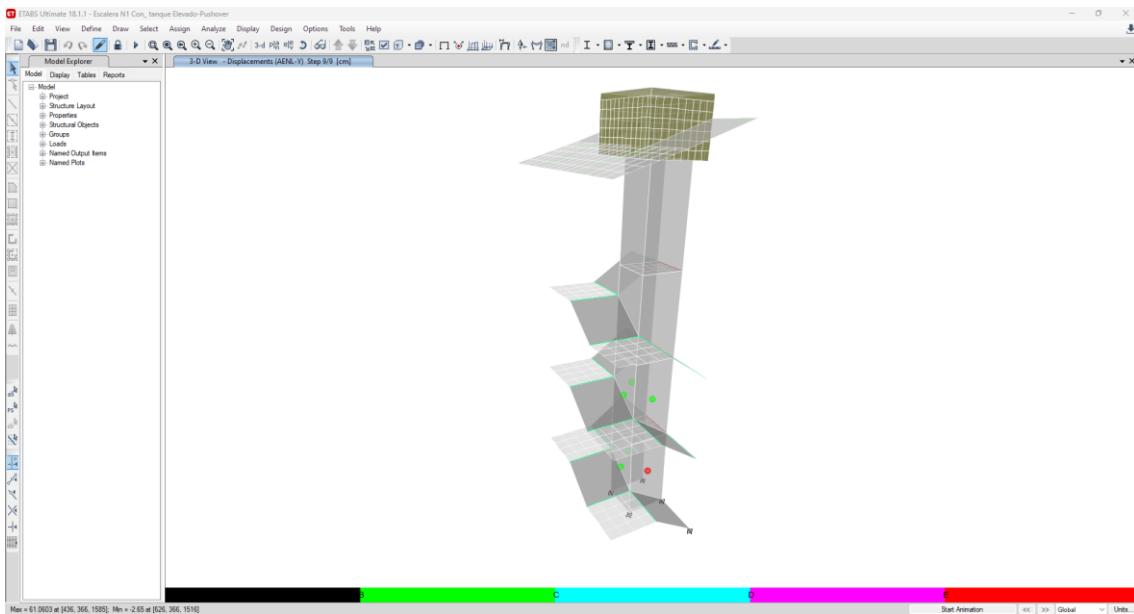


Figura 250

Rótulas en Dirección Y, 9 Step, Módulo 5

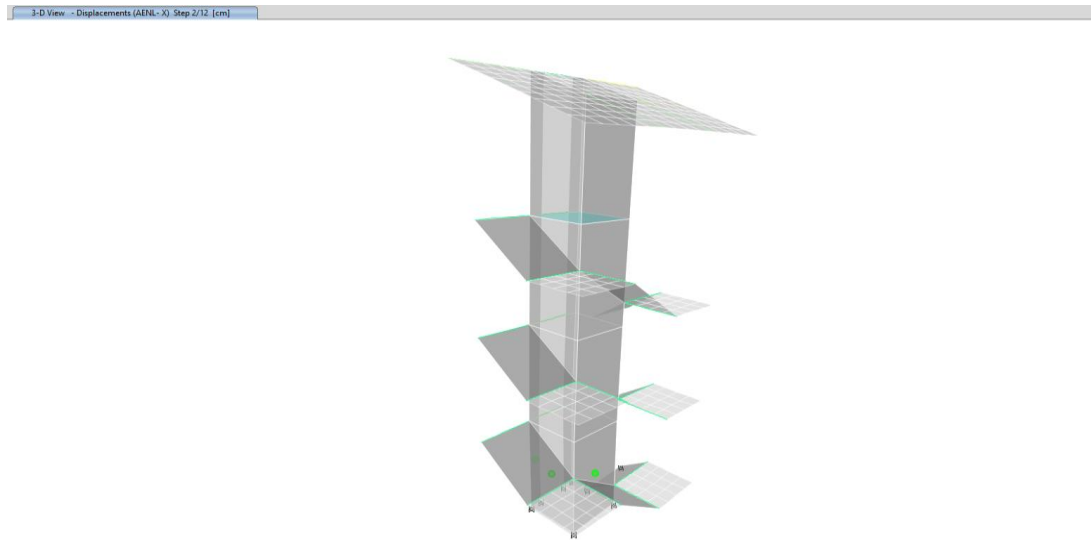


Nota: Se observa todas las rótulas de la estructural en el último set.

f) MÓDULO 6

Figura 251

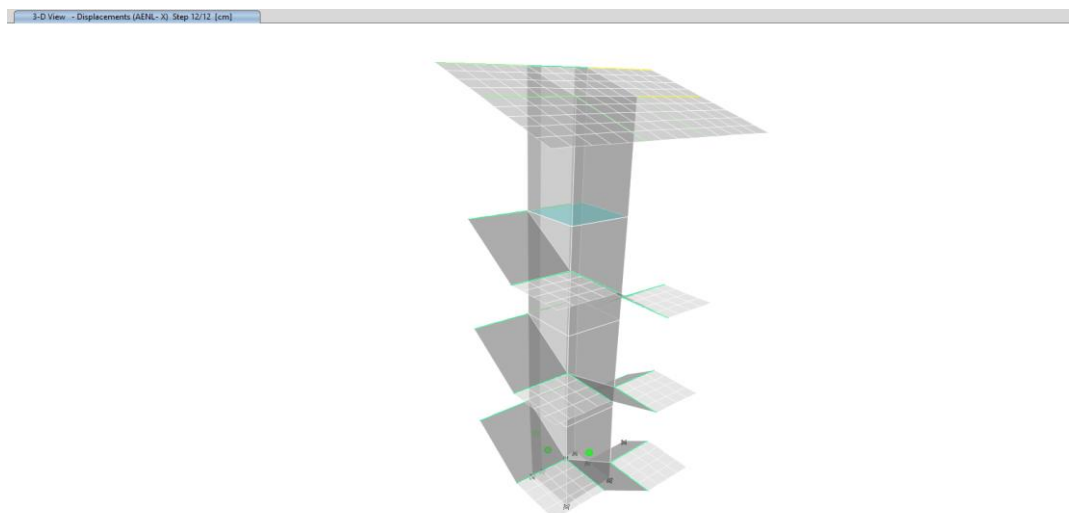
Rótulas en Dirección X, Segundo Step, Módulo 6



Nota: La primera rotula plásticas que se forman en la estructura de las placas es en primer piso.

Figura 252

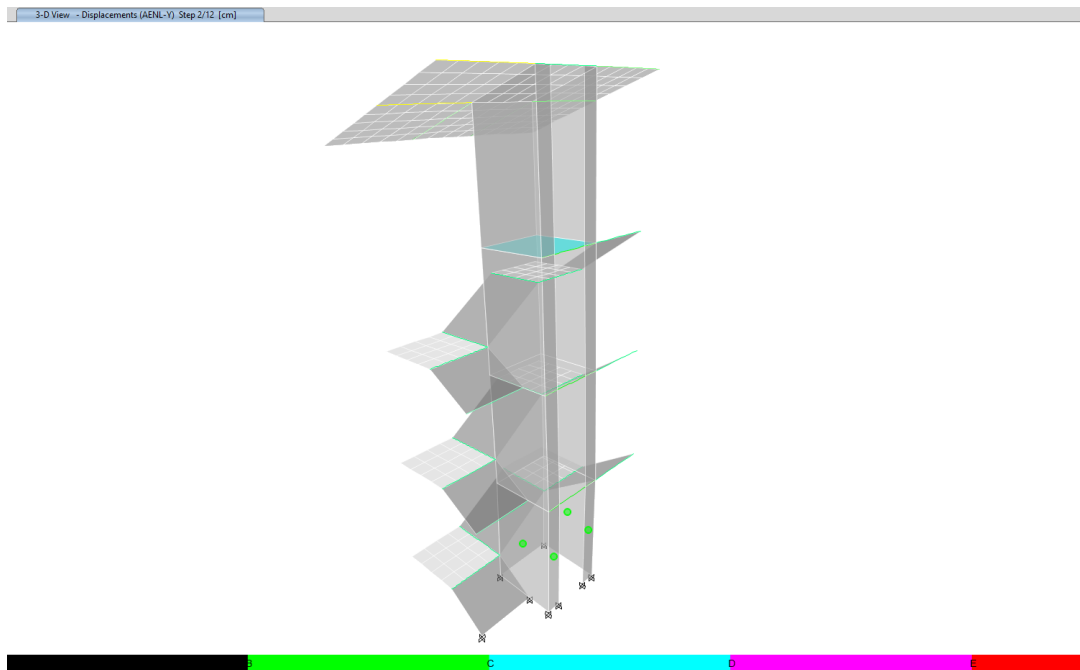
Rótulas en Dirección X, Tercer Step, Módulo 6



Nota: Se observa todas las rotulas de la estructural en el último set.

Figura 253

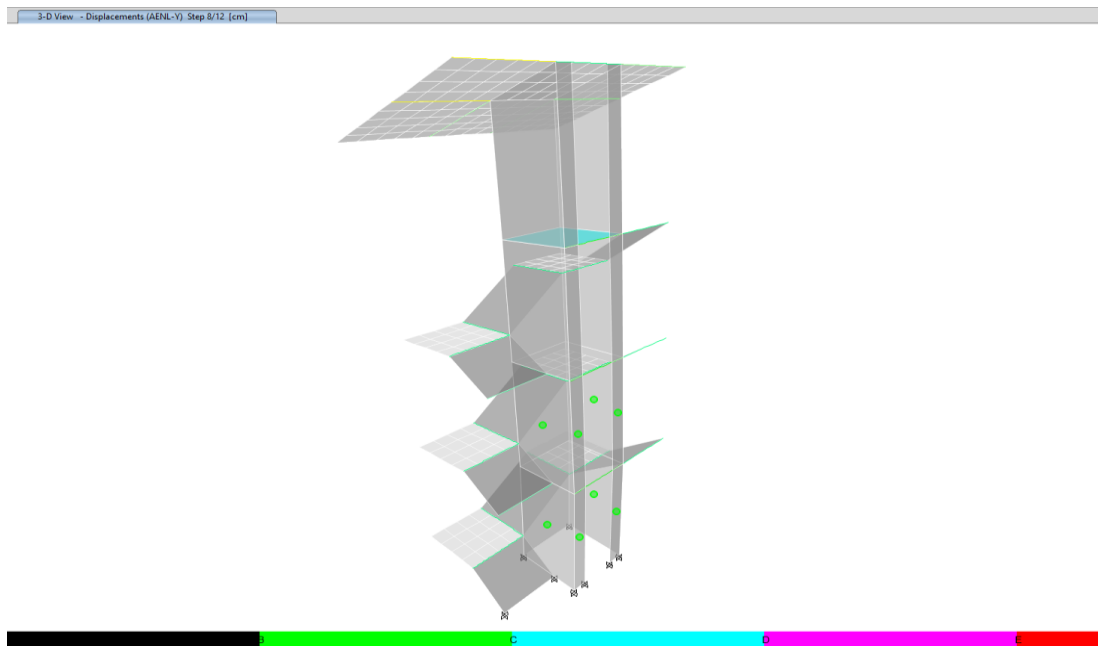
Rótulas en Dirección Y, Segundo Step, Módulo 6



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura es en las placas del primer piso.

Figura 254

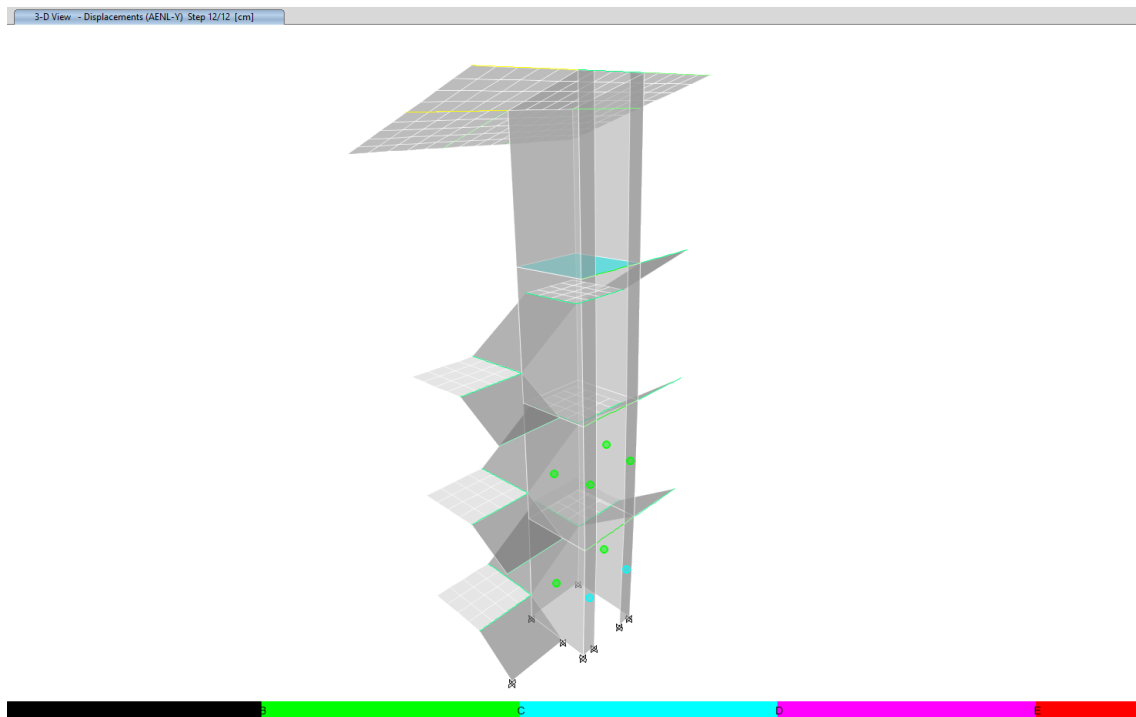
Rótulas en Dirección Y, Octavo Step, Módulo 6



Nota: Las primeras rotulas plásticas que se forman en la estructura es en las placas del primer piso y segundo nivel.

Figura 255

Rótulas en Dirección Y, 12 Step, Módulo 6



Anexo J. Planos de la edificación

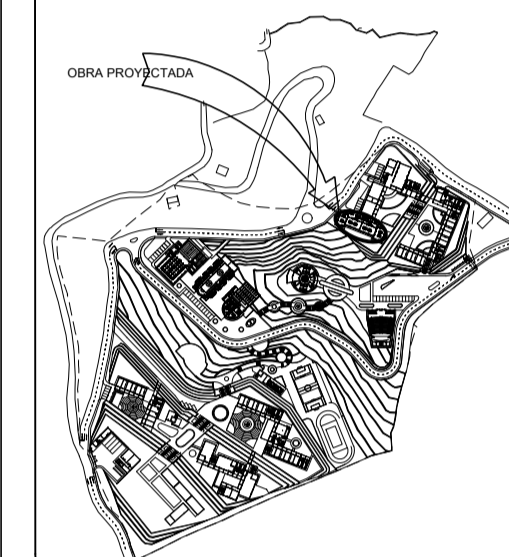


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PLANO CLAVE



PROYECTO:

MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMICIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA-CAJAMARCA* SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:

ESTRUCTURAS
CIMENTACION

PROYECTISTA:

ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
CIP: 98015

COLABORADORES:

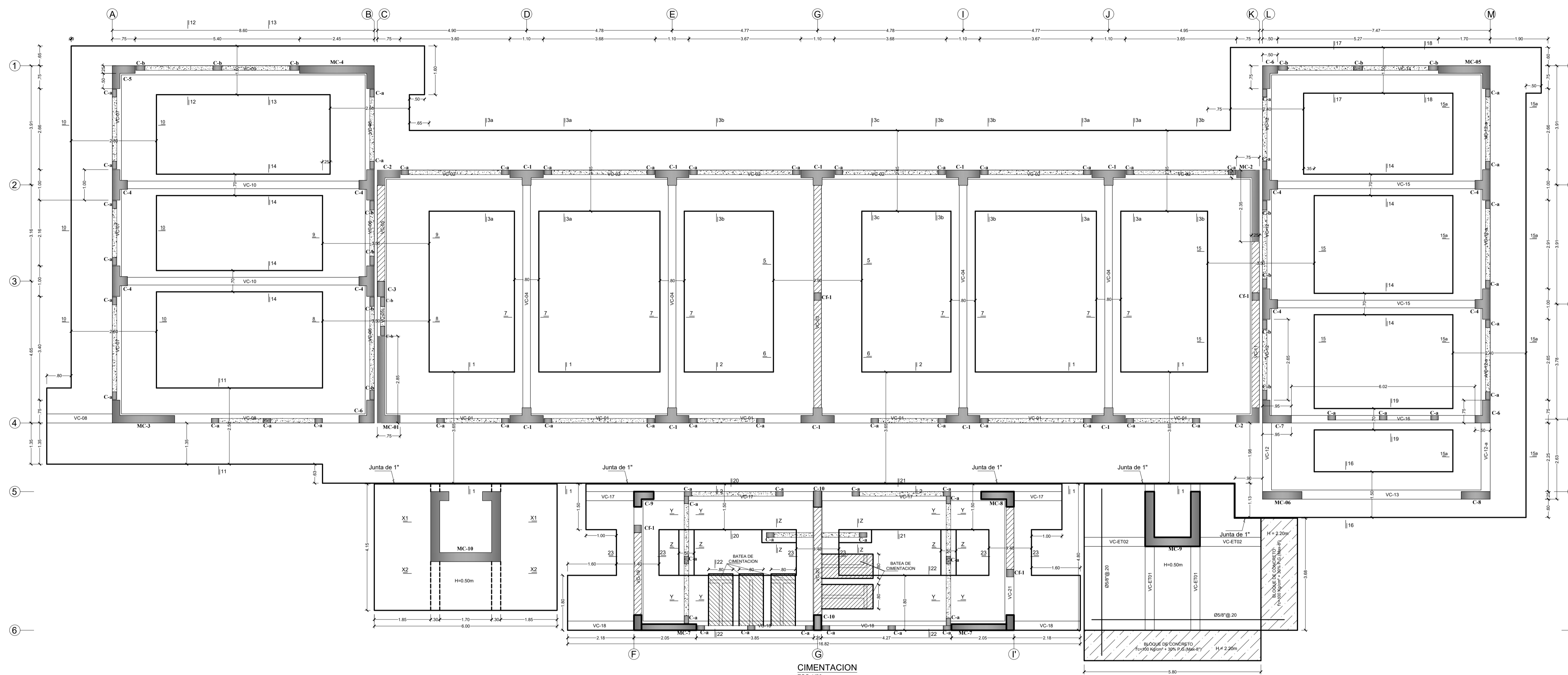
FECHA:
ENERO 2017

ESCALA:

1/50

LAMINA:

E-01



CIMENTACION
ESC: 1/50

Table with 2 columns: Specification title and details. Includes sections A (Conditions of concrete), B (Materials), C (Concrete), D (Reinforcement), and E (Design norms).

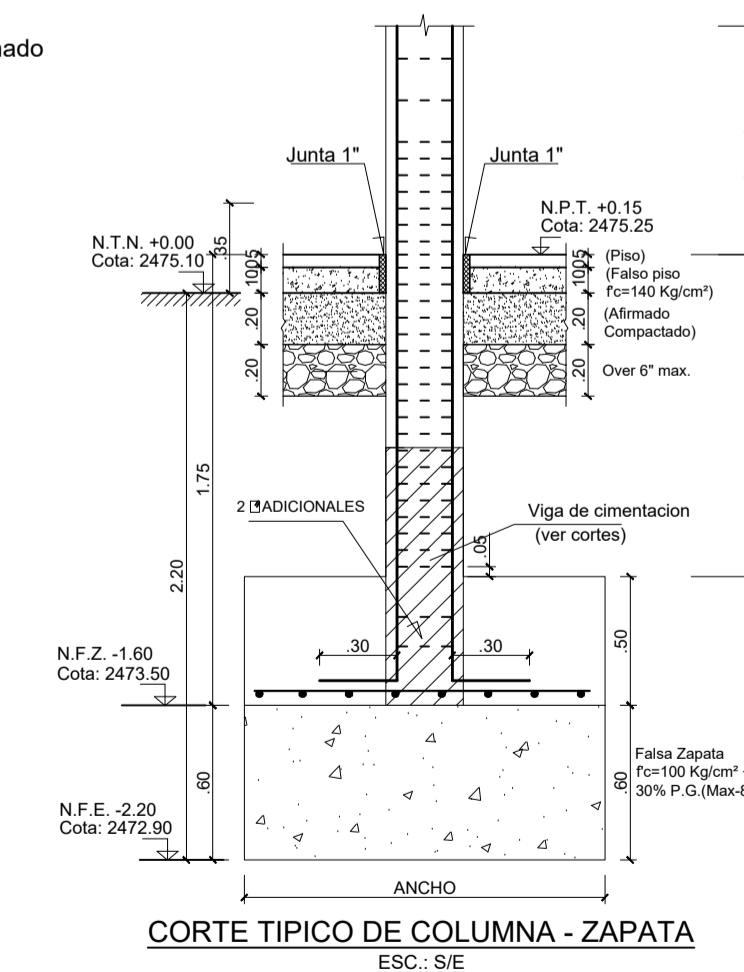
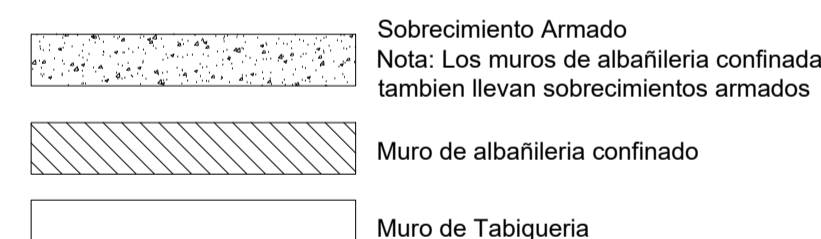
Table with 2 columns: Tolerance title and tolerance values. Includes verticality of surfaces and leveling of reinforcement.

Table with 4 columns: Direction, Max displacement, Max relative displacement, Max distortion. Block 01: Aulas - Laboratorio - Biblioteca.

Table with 4 columns: Direction, Max displacement, Max relative displacement, Max distortion. Block 02: Laboratorio - Decanato - Aulas.

Table with 4 columns: Direction, Max displacement, Max relative displacement, Max distortion. Block 03: Laboratorio - Sala de Computo.

Table with 4 columns: Direction, Max displacement, Max relative displacement, Max distortion. Block 04: SS HBL.



CORTE TÍPICO DE COLUMNA - ZAPATA
ESC: 5/8

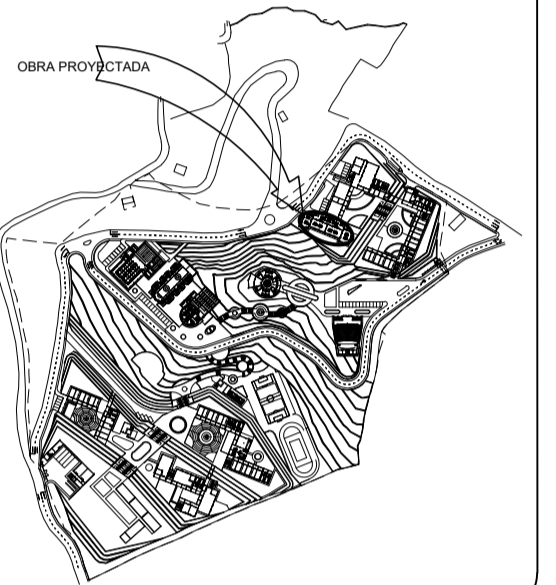


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PLANO CLAVE



PROYECTO:
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA-CAJAMARCA" SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
BLOCK 1 - ESTRUCTURAS

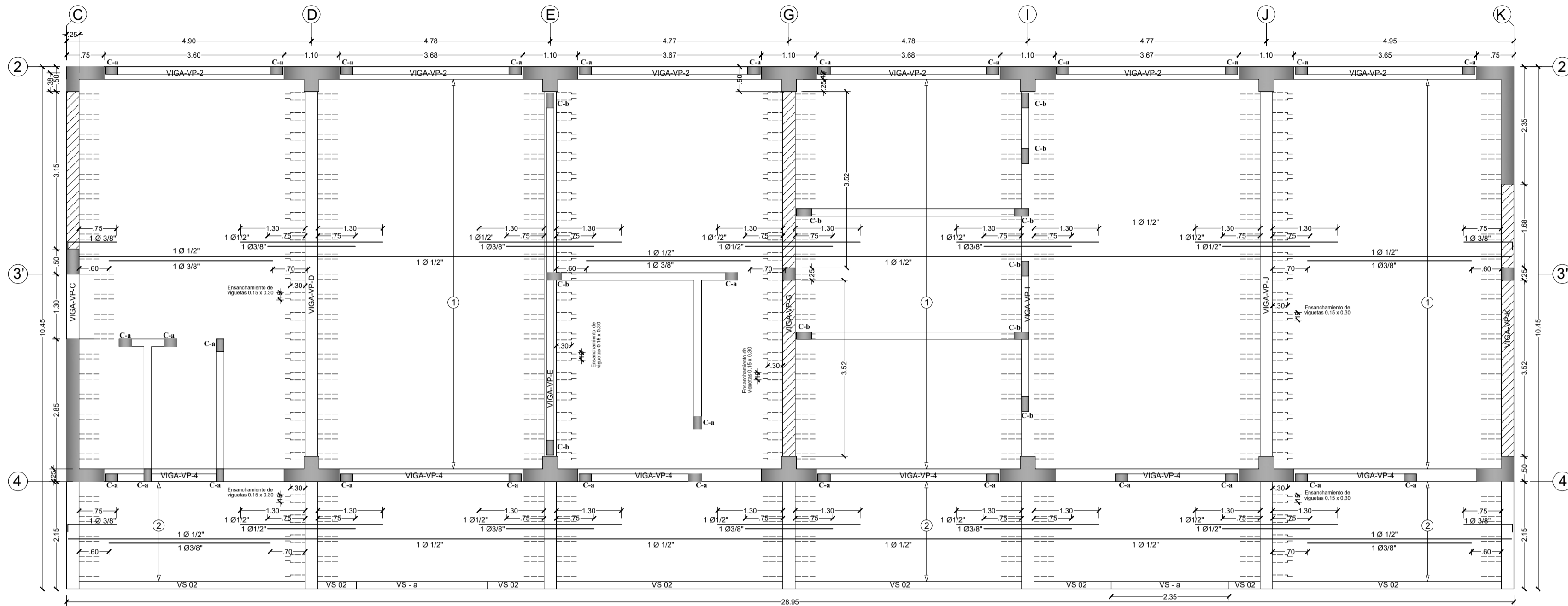
ALIGERADOS 1er Y 2do NIVEL

PROYECTISTA:
ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
CIP: 98015

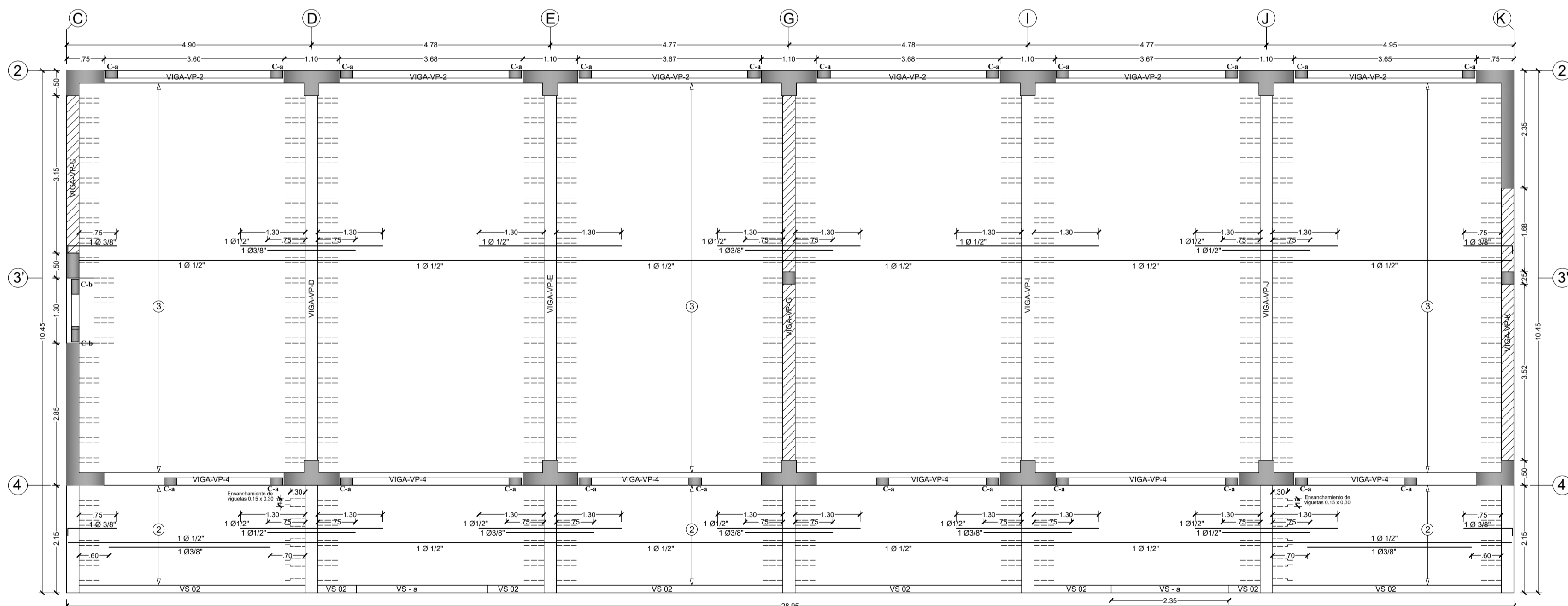
COLABORADORES:

FECHA:
ENERO 2017

ESCALA: **1/50**
LAMINA: **E-07**

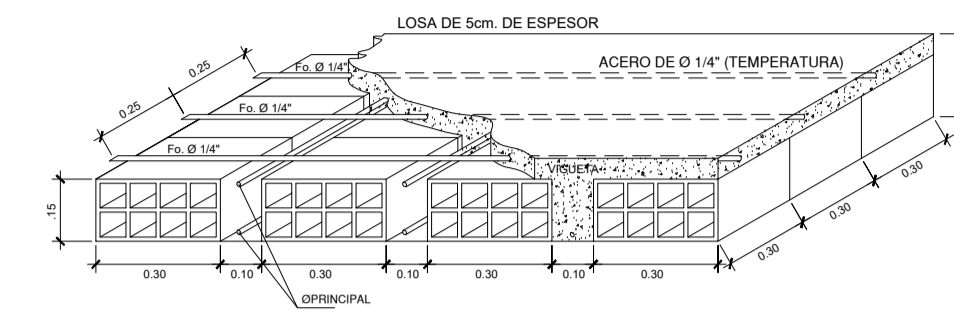


ALIGERADO - 1er NIVEL - BLOCK 01 (e = 0.20 m)
ESC: 1/50
SIC: OFICINAS: 250 Kg/m²
SIC: LABORATORIO: 300 Kg/m²
SIC: CORREDOR: 400 Kg/m²

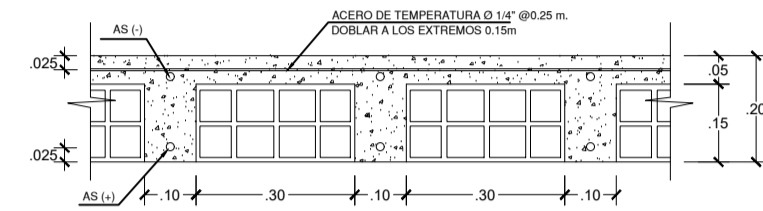


ALIGERADO - 2do NIVEL - BLOCK 01 (e = 0.20 m)
ESC: 1/50
SIC: AULAS: 250 Kg/m²
SIC: CORREDOR: 400 Kg/m²

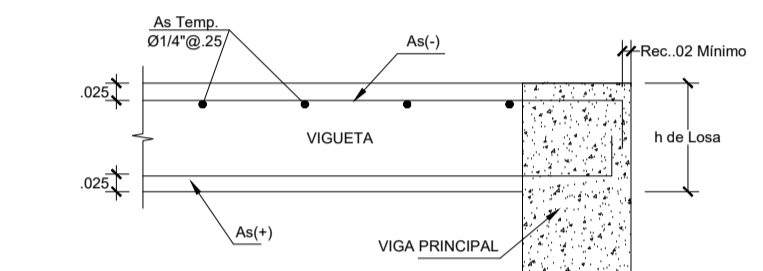
NOTA:
PARA ALIGERADOS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS, SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 25cm. PARA ø3/8" Y 3/5cm. PARA ø1/2" Y 5/8".



DETALLE DE LOSA ALIGERADA H=0.20m
ESC: S/E



DETALLE TIPICO DE ALIGERADO H=0.20M
ESC: S/E



DETALLE DE ANCLAJE Y RECUBRIMIENTO EN VIGUETAS
ESC: 1/20

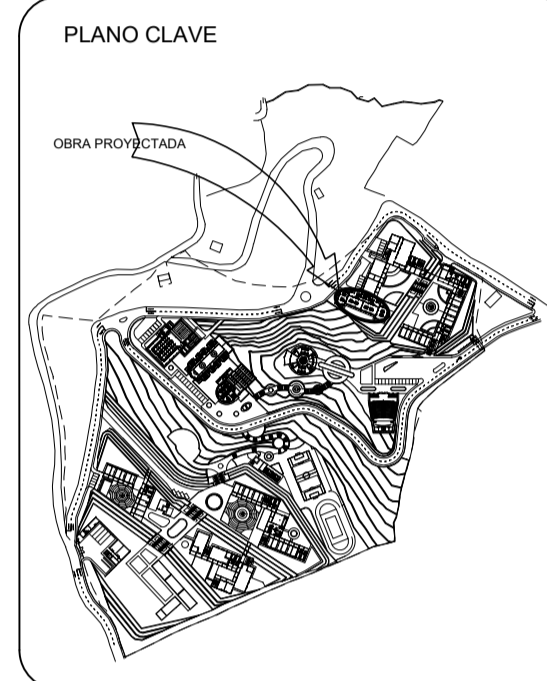
ESPECIFICACIONES TECNICAS

A. CONDICIONES DE CIMENTACION:	
CAPACIDAD PORTANTE:	o = 0.87 Kg/cm ² (Chequear en Obra)
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION:	Ø1 + 20 cm (Resp. N.T.N.)
TIPO DE CIMENTACION:	VIGAS DE CIMENTACION
AGRESIVIDAD DEL SUELO:	NO REGISTRA
FACTOR DE SEGURIDAD:	3
ESTRATO DE APOYO:	ARCILLA LIMOSAS MEDIANAMENTE CONSOLIDADA Y HUMEDO
B. MATERIALES:	
ACERO	
ASTM A - 615 GRADO 60 CORRUGADO	fy = 4.200 Kg/cm ²
CONCRETO	
FALZA ZAPATA	f _c = 100 Kg/cm ² + 30% PG (Max 8")
CIMENTO CORRIDOS	1:10 (C : H) + 30% PG (Ø7 max.)
ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTAC.	f _c = 210 Kg/cm ²
COLUMNAS, PLACAS	f _c = 210 Kg/cm ²
VIGAS Y LOSAS	f _c = 210 Kg/cm ²
ESCALERAS	f _c = 210 Kg/cm ²
COLUMNETAS, VIGUETAS	f _c = 175 Kg/cm ²
CEMENTO PORTLAND TIPO I EN GENERAL	
CEMENTO PORTLAND TIPO MS:	
PARA ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO	
ALBAÑERIA	
EL LADRILLO UTILIZADO PARA TECHO SERA DE LAS SIGUIENTES DIMENSIONES: 300x15 cm Tipo IV SEGUN LA NORMA NTP 399.813, 331.040, 331.041. DE RESISTENCIA Y DURABILIDAD ALTAS. APTO PARA CONSTRUCCIONES EN CONDICIONES DE SERVICIO RIGUROSAS.	
C. RECUBRIMIENTOS	
COLUMNETAS, PLACAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO	2.5 cm
COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS	4.0 cm
ALIGERADO Y VIGAS CHATAS	2.5 cm
ESCALERAS	2.5 cm
FONDOS DE VIGA Y ZAPATA SOBRE SOLADOS	5.0 cm
COSTADOS DE ZAPATAS NO ENCOFRADOS	7.5 cm
COSTADO DE CIMENTACIONES ENCOFRADOS	5.0 cm
D. SOBRECARGAS	
LABORATORIOS	300 KG/M ²
SI.HI	250 KG/M ²
ESCALERAS	400 KG/M ²
CORREDORES	400 KG/M ²
OFICINAS	250 KG/M ²
SALA DE COMPUTO	250 KG/M ²
AULAS	250 KG/M ²
BIBLIOTECA	300 KG/M ²
BIBLIOTECA (ALMACEN)	750KG/M ²
DEPOSITO (ESCALERA)	200 KG/M ²
E. NORMAS DE DISEÑO	
CARGAS	E-020
DISEÑO SIMBO RESISTENTE	E-030
DISEÑO DE CONCRETO ARMADO	E-040
SUELOS Y CIMENTACIONES	E-050
ALBAÑERIA	E-070



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PROYECTO:
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA" SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ

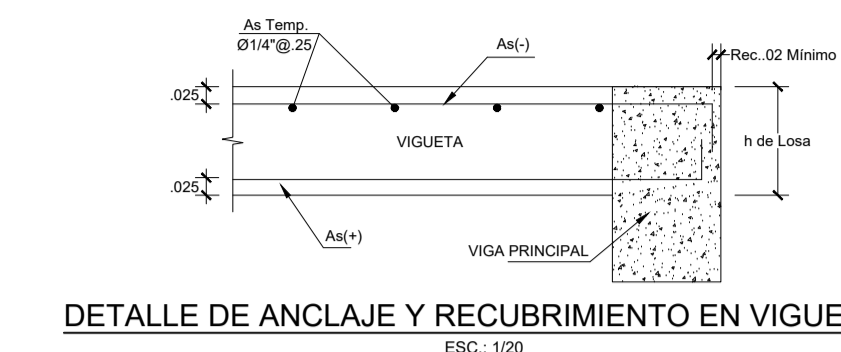


DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
BLOCK 1 - ESTRUCTURAS
ALIGERADOS
3er y 4to NIVEL

PROYECTISTA:
ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
CIP: 98015
COLABORADORES:

FECHA:
ENERO 2017

ESCALA: 1/50
LAMINA: E-08



ESPECIFICACIONES TECNICAS

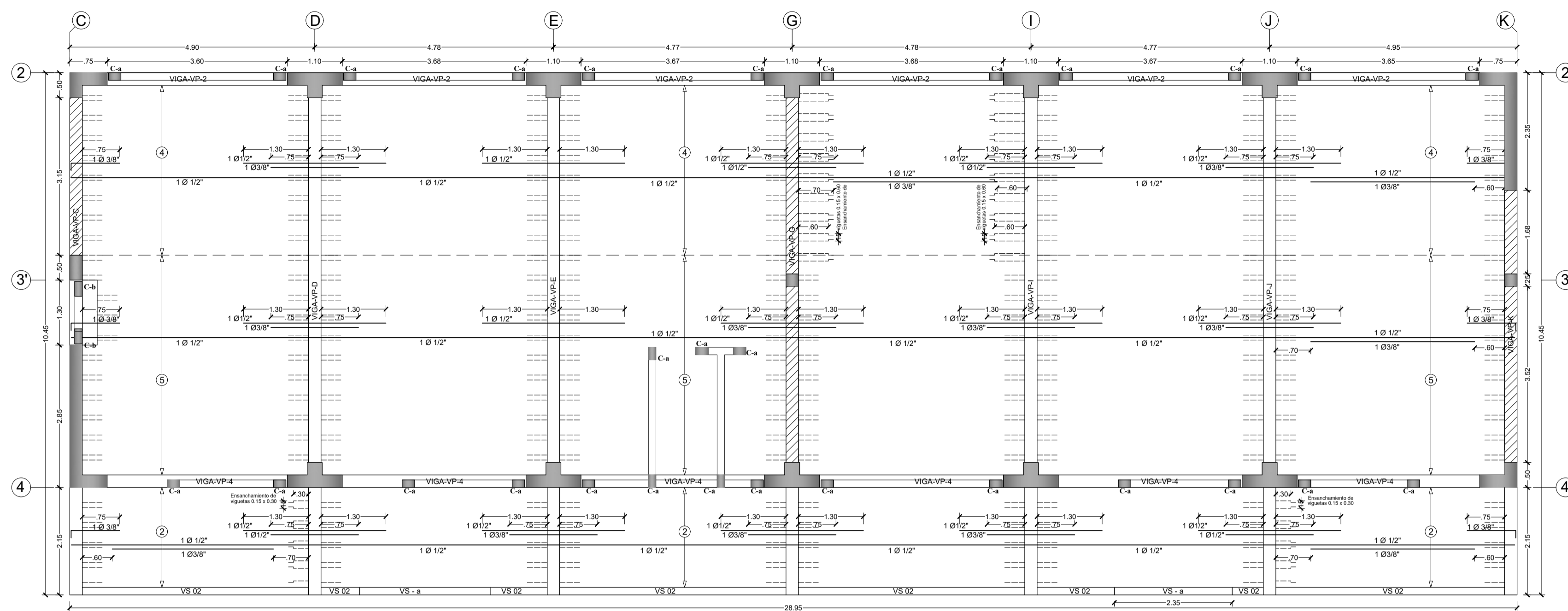
A. CONDICIONES DE CIMENTACION:
CAPACIDAD PORTANTE: $\geq 0.87 \text{ Kg/cm}^2$ (Chequear en Obra)
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION: $DF \geq 2.50 \text{ m}$ (Resp. N.T.N.)
TIPO DE CIMENTACION: NO REGISTRA
AGRESIVIDAD DEL SUELO: NO REGISTRA
FACTOR DE SEGURIDAD: 3
ESTRAT. DE APOYO: ARCILLA LIMPIA MEDIANAMENTE CONSOLIDADA Y HUMEDA

B. MATERIALES:
ACERO:
ASTM A - 615 GRADO 60 CORRUGADO $f_y = 4.200 \text{ Kg/cm}^2$
CONCRETO:
FALZA ZAPATA $f_{cm} = 100 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ PG (Max 8')}$
CIMENTO CORRIDO $f_c = 110 \text{ (C - H) + 30\% \text{ PG (F max)'}$
ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTAC. $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
COLUMNAS, PLACAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
VIGAS Y LOSAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
ESCALERAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
COLUMNETAS, VIGUETAS $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
CEMENTO PORTLAND TIPO I - EN GENERAL:
CEMENTO PORTLAND TIPO MS
PARA ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO
ALBANILERIA:
EL LADRILLO UTILIZADO PARA TECHO SERA DE LAS SIGUIENTES DIMENSIONES: $300 \times 150 \times 75 \text{ mm}$ Y SEGUN LA NORMA NTP 399.013 - 331.040 - 331.041. DE RESISTENCIA Y DURABILIDAD ALTAS. APTO PARA CONSTRUCCIONES EN CONDICIONES DE SERVICIO RIGUROSAS.

C. RECUBRIMIENTOS:
COLUMNETAS, PLACAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO 2.5 cm
COLUMNAS Y VIGAS PERALTADES 4.0 cm
ALIGERADO Y VIGAS CHATAS 2.5 cm
ESCALERAS 2.5 cm
FONDOS DE VIGA Y ZAPATA SOBRE SOLADOS 5.0 cm
COSTADOS DE ZAPATAS NO ENCOFRADOS 7.5 cm
COSTADO DE CIMENTACIONES ENCOFRADOS 5.0 cm

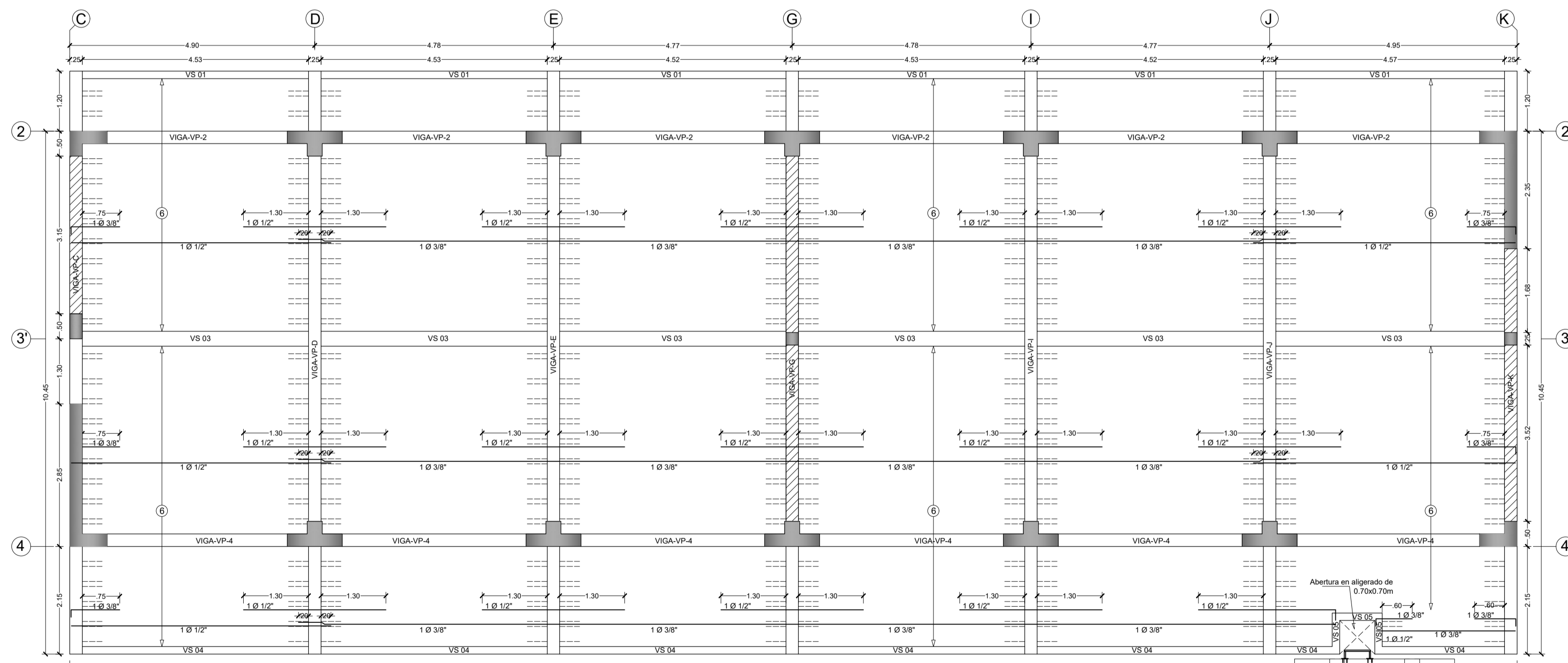
D. SOBRECARGAS:
LABORATORIOS 300 KG/M2
SS.HH 250 KG/M2
ESCALERAS 400 KG/M2
CORREDORES 400 KG/M2
OFICINAS 250 KG/M2
SALA DE COMPUTO 250 KG/M2
AULAS 250 KG/M2
BIBLIOTECA 300 KG/M2
BIBLIOTECA (ALMACEN) 750 KG/M2
DEPOSITO (ESCALERA) 200 KG/M2

E. NORMAS DE DISEÑO:
CARGAS E-020
DISEÑO SISMO RESISTENTE E-030
DISEÑO DE CONCRETO ARMADO E-060
SUELOS Y CIMENTACIONES E-050
ALBANILERIA E-070

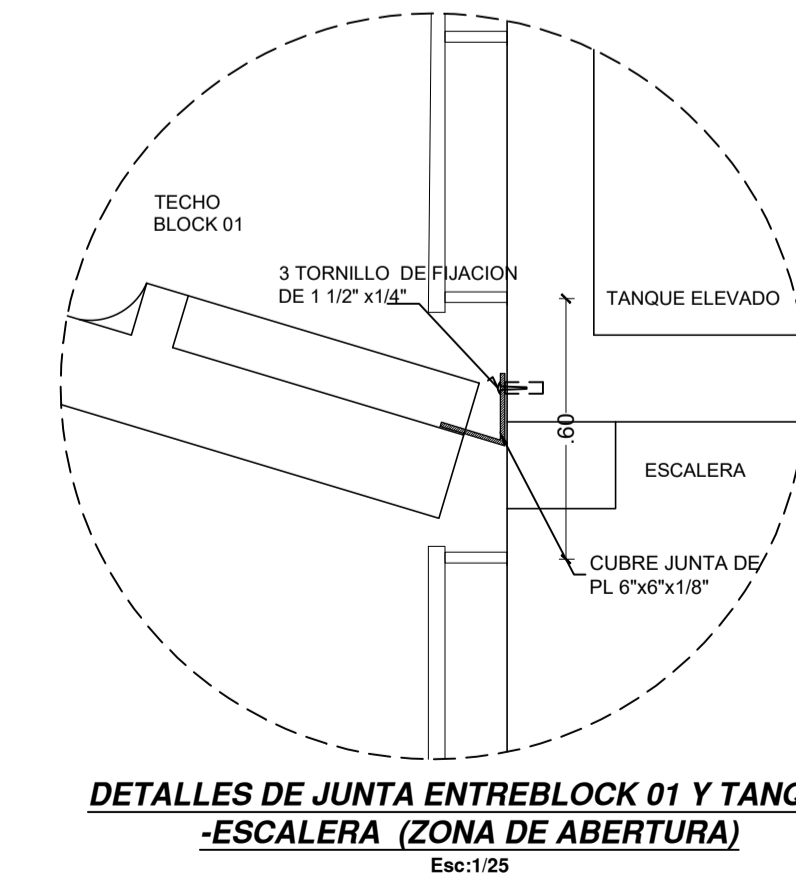
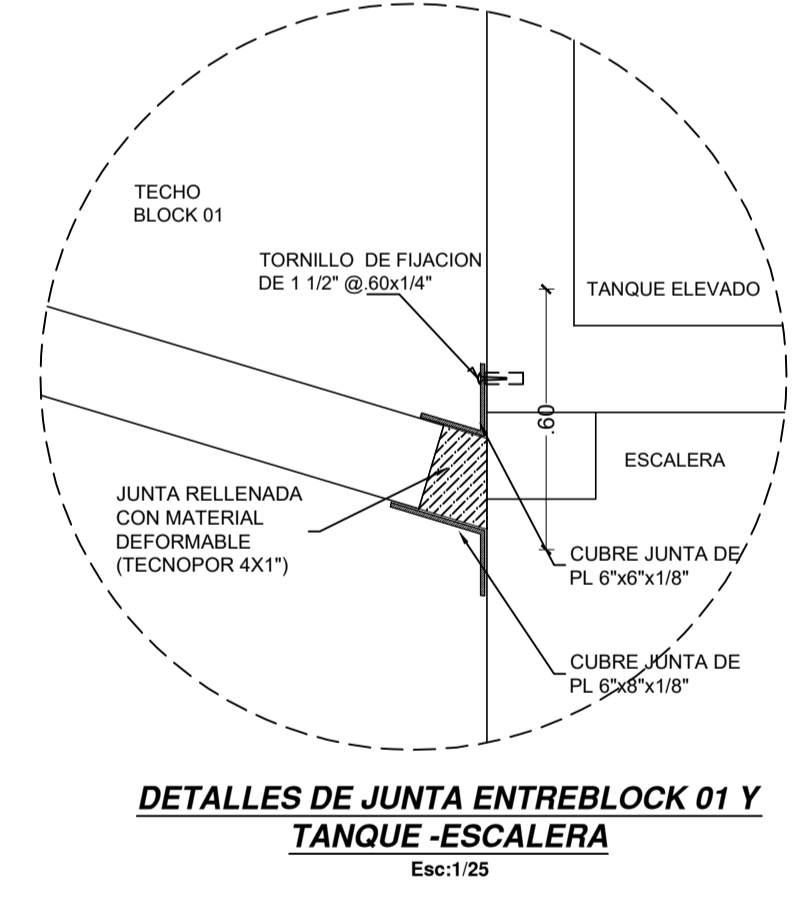
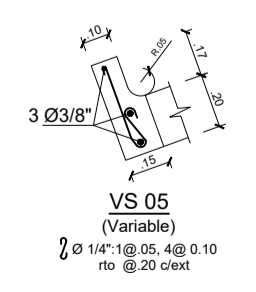
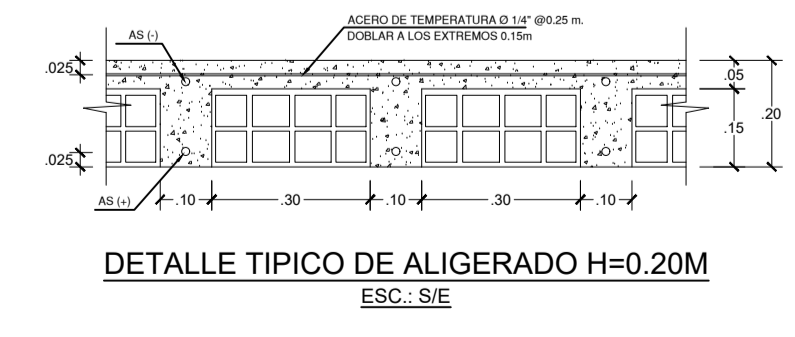
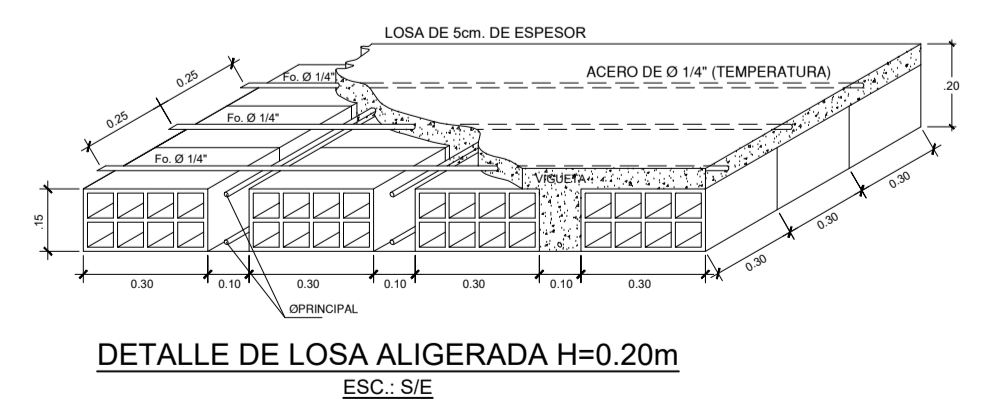


ALIGERADO - 3er NIVEL - BLOCK 01 (e = 0.20 m)
ESC. 1/50
S/C: LABORATORIO: 300 Kg/m2
S/C: BIBLIOTECA: 300 Kg/m2
S/C: BIBLIOTECA (ALMACEN): 750 Kg/m2
S/C: CORREDOR: 400 Kg/m2

NOTA:
PARA ALIGERADOS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS, SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 25cm.
PARA $\phi 3/8"$ Y 35cm . PARA $\phi 1/2"$ Y $5/8"$.



ALIGERADO - 4to NIVEL - BLOCK 01 (e = 0.20 m)
ESC. 1/50
S/C: TECHO: 50 Kg/m2



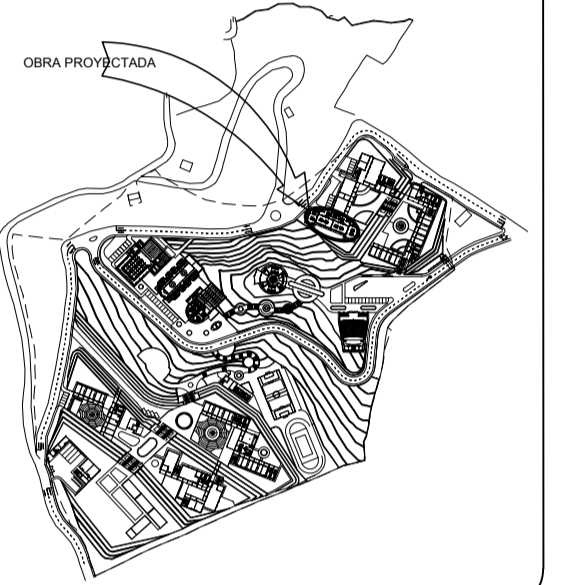


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PLANO CLAVE



PROYECTO:
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA" SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
BLOCK 1 - ESTRUCTURAS

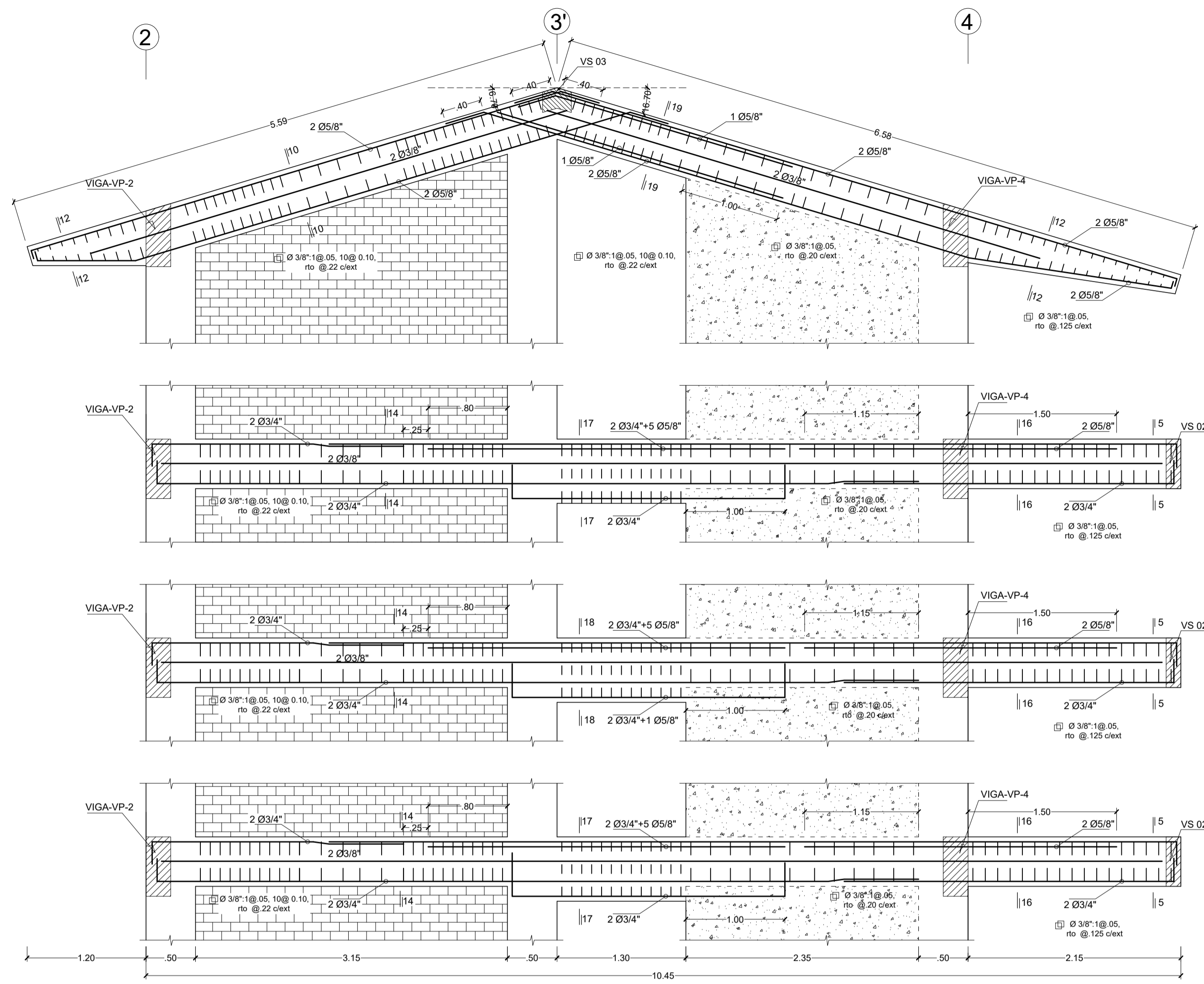
DETALLES DE VIGAS VP-C y VP-K

PROYECTISTA:
ING. NILTON ARIOLA CUBAS
CIP: 98015

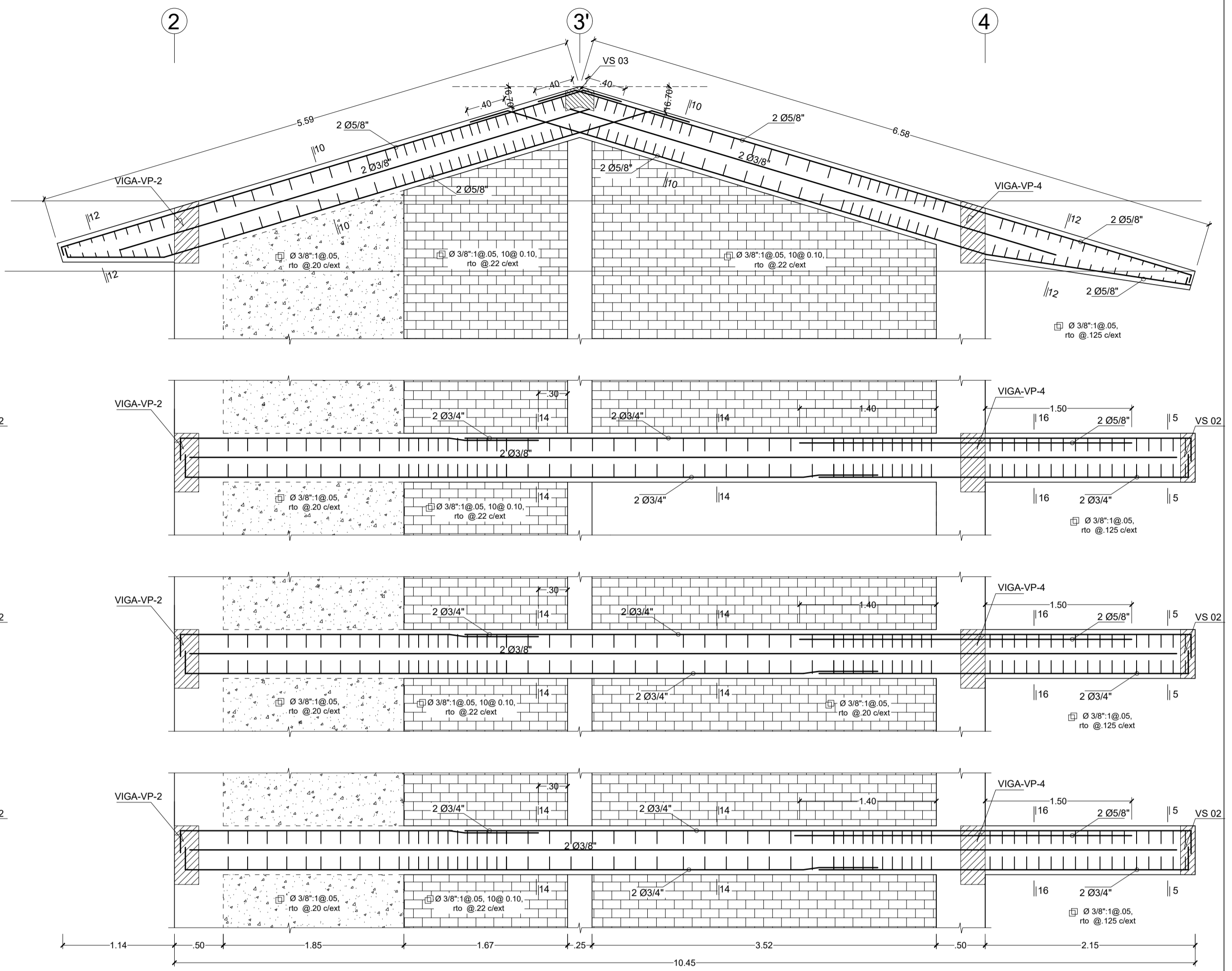
COLABORADORES:

FECHA:
ENERO 2017

ESCALA: 1/50
PLANA: E-09



VIGA-VP-C
(Esc: 1/25)

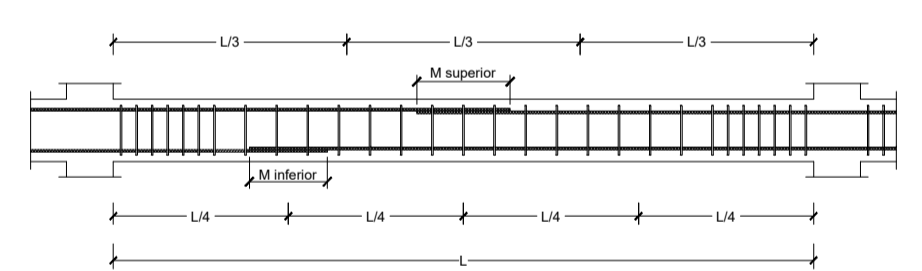


VIGA-VP-K
(Esc: 1/25)

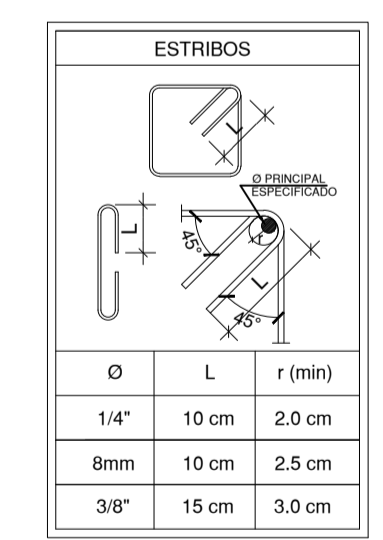
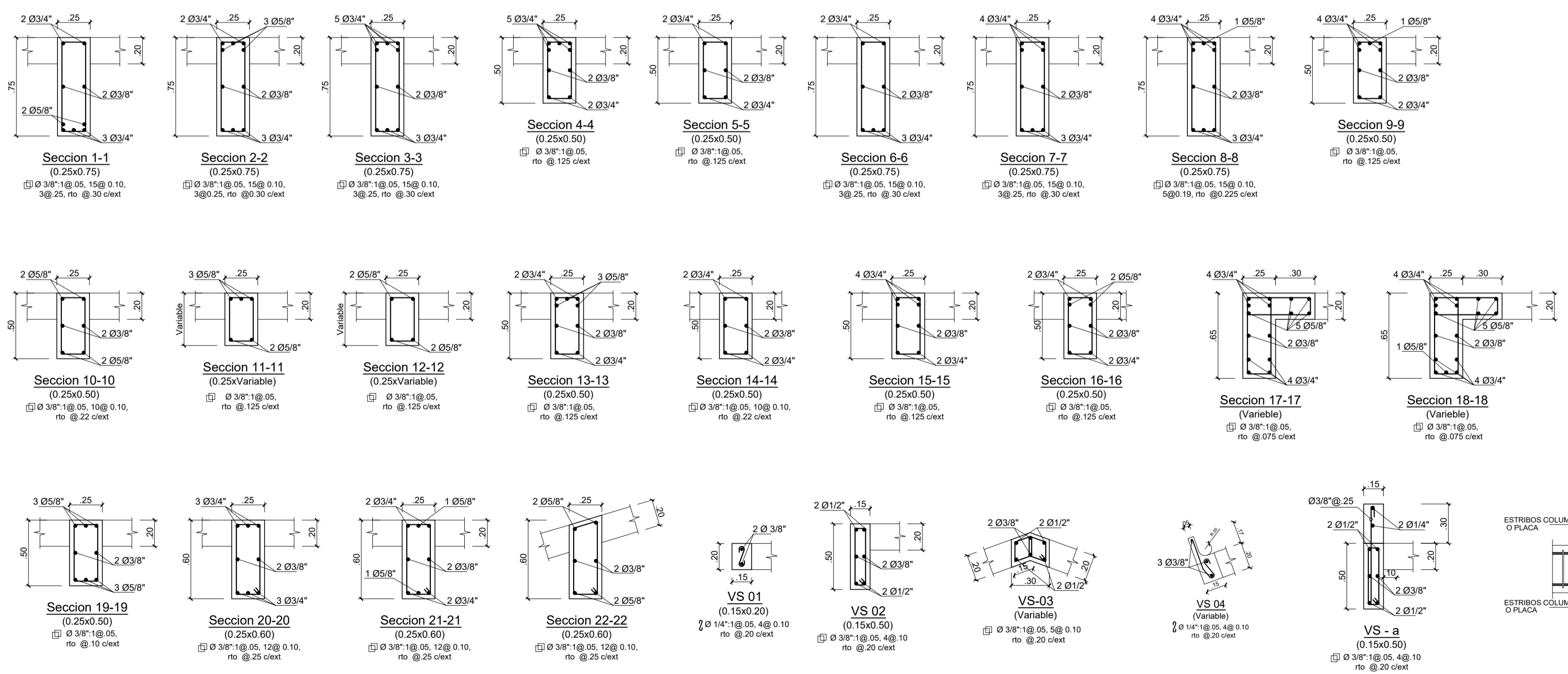
NOTA:
LA UBICACIÓN DE EMPALMES DE VARILLAS ES REFERENCIAL. EL INGENIERO RESIDENTE PODRÁ ENCONTRAR UNA UBICACIÓN MÁS ÓPTIMA QUE PERMITA EL MENOR DESPERDICIO DE ACERO. EL REFUERZO DE Ø3/8" EN ZONA CENTRAL DE VIGAS NO ES ESTRUCTURAL, ES SÓLO POR PROCESO CONSTRUCTIVO Y SU EMPALME PUEDE HACERSE EN CUALQUIER LUGAR.

VALORES DE "M"

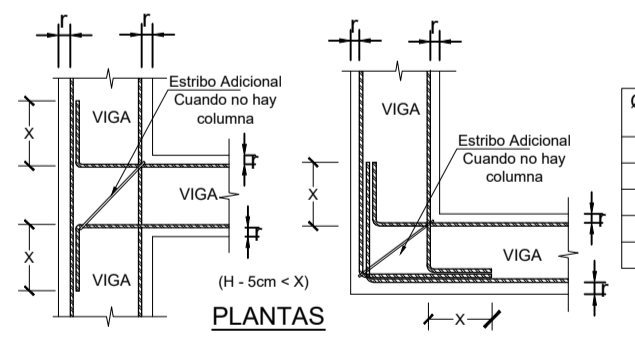
Ø ACERO	M inferior	M superior
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	130.00



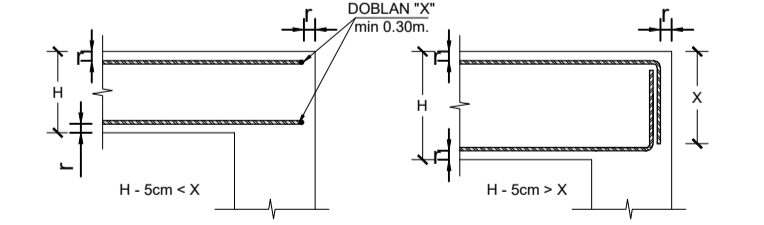
DETALLE DE LA UBICACIÓN Y LONGITUD DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS
ESC: S/E



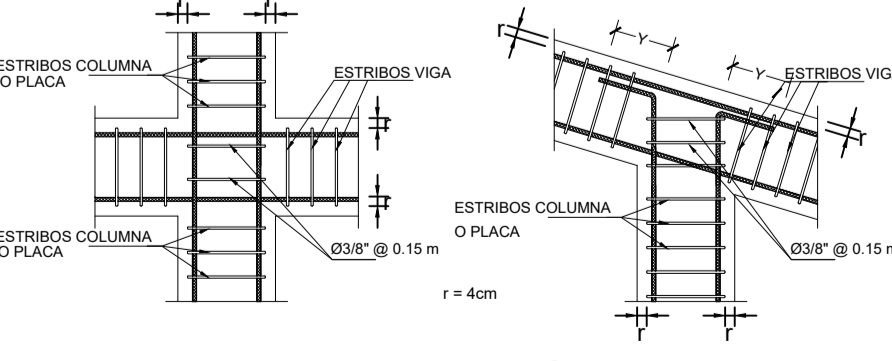
DETALLE DOBLADO DE ESTRIBO
ESC: S/E



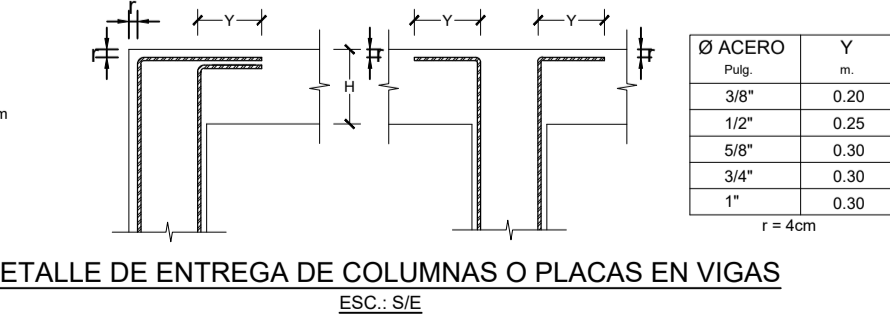
ANCLAJE HORIZONTAL DE VIGAS EN EXTREMOS
ESC: S/E



DETALLE DE ENTREGA DE VIGAS EN COLUMNAS
ESC: S/E



DETALLE DEL REFUERZO EN EL NUDO VIGA - COLUMNA O PLACA
ESC: S/E



DETALLE DE ENTREGA DE COLUMNAS O PLACAS EN VIGAS
ESC: S/E

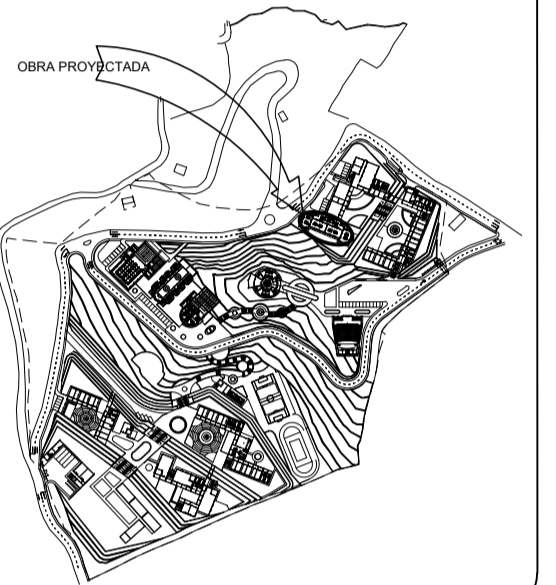


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PLANO CLAVE



PROYECTO:
MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ

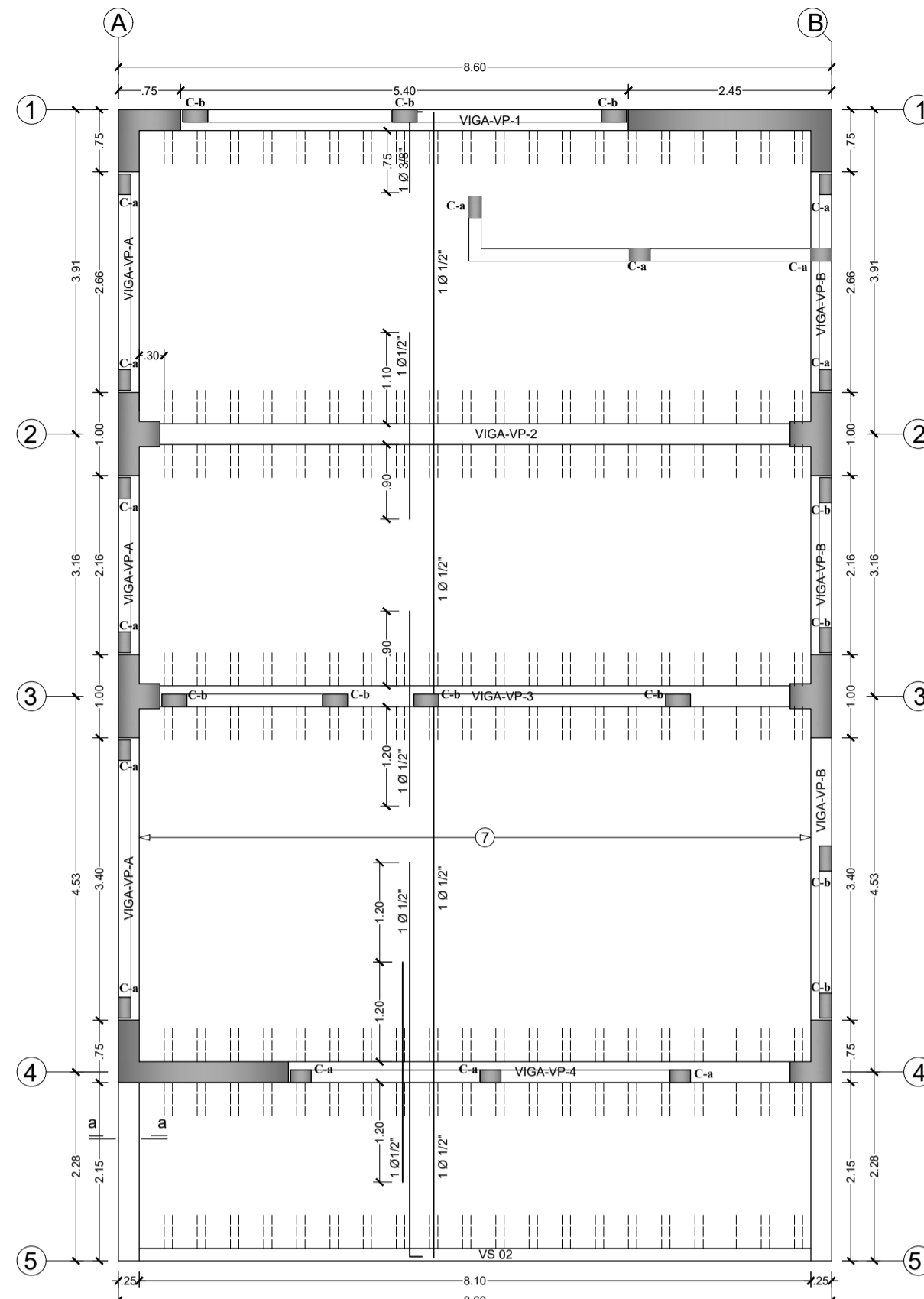


DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
BLOCK 2 - ESTRUCTURAS
ALIGERADOS

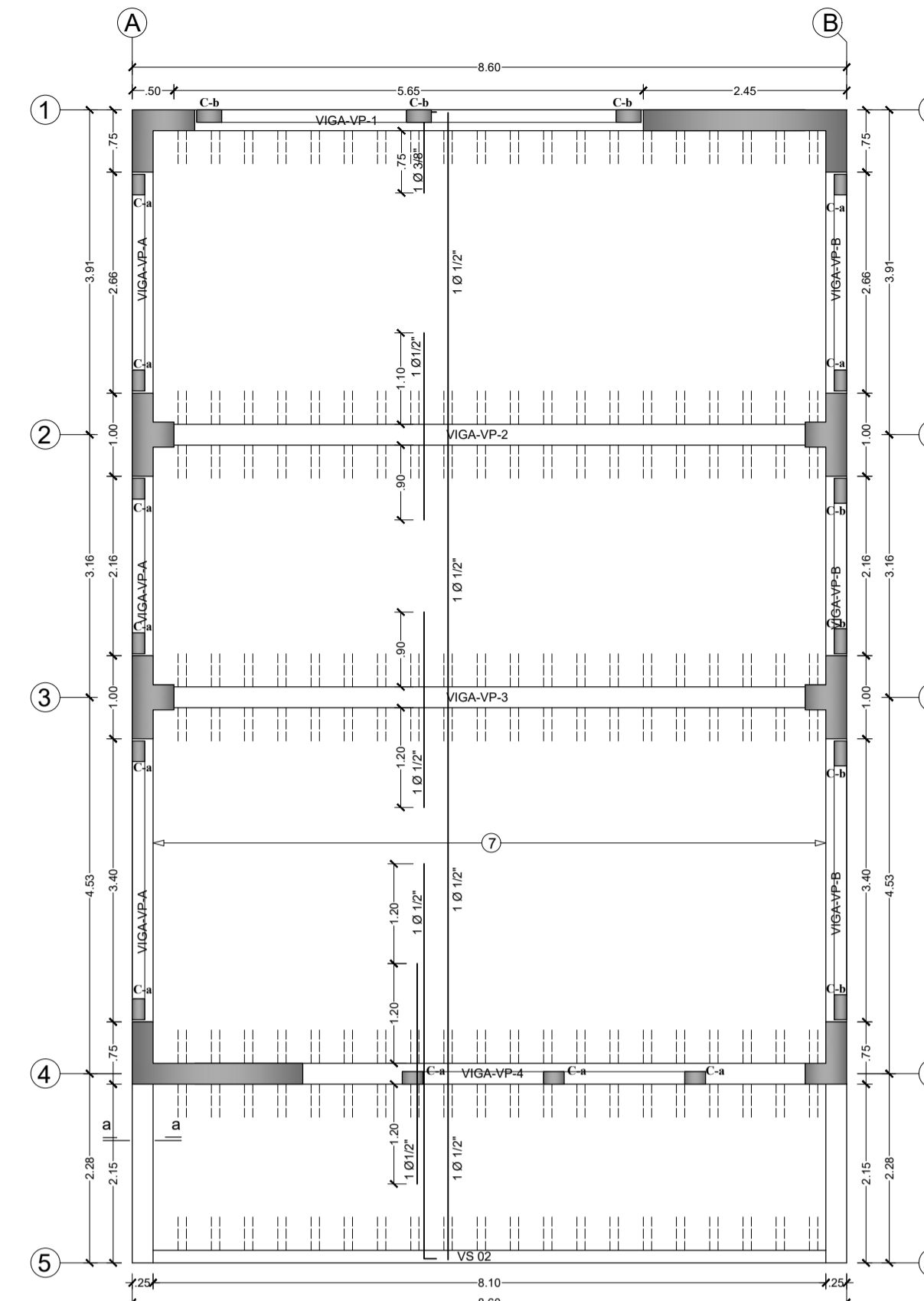
PROYECTISTA:
ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
CIP: 98015
COLABORADORES:

FECHA:
ENERO 2017

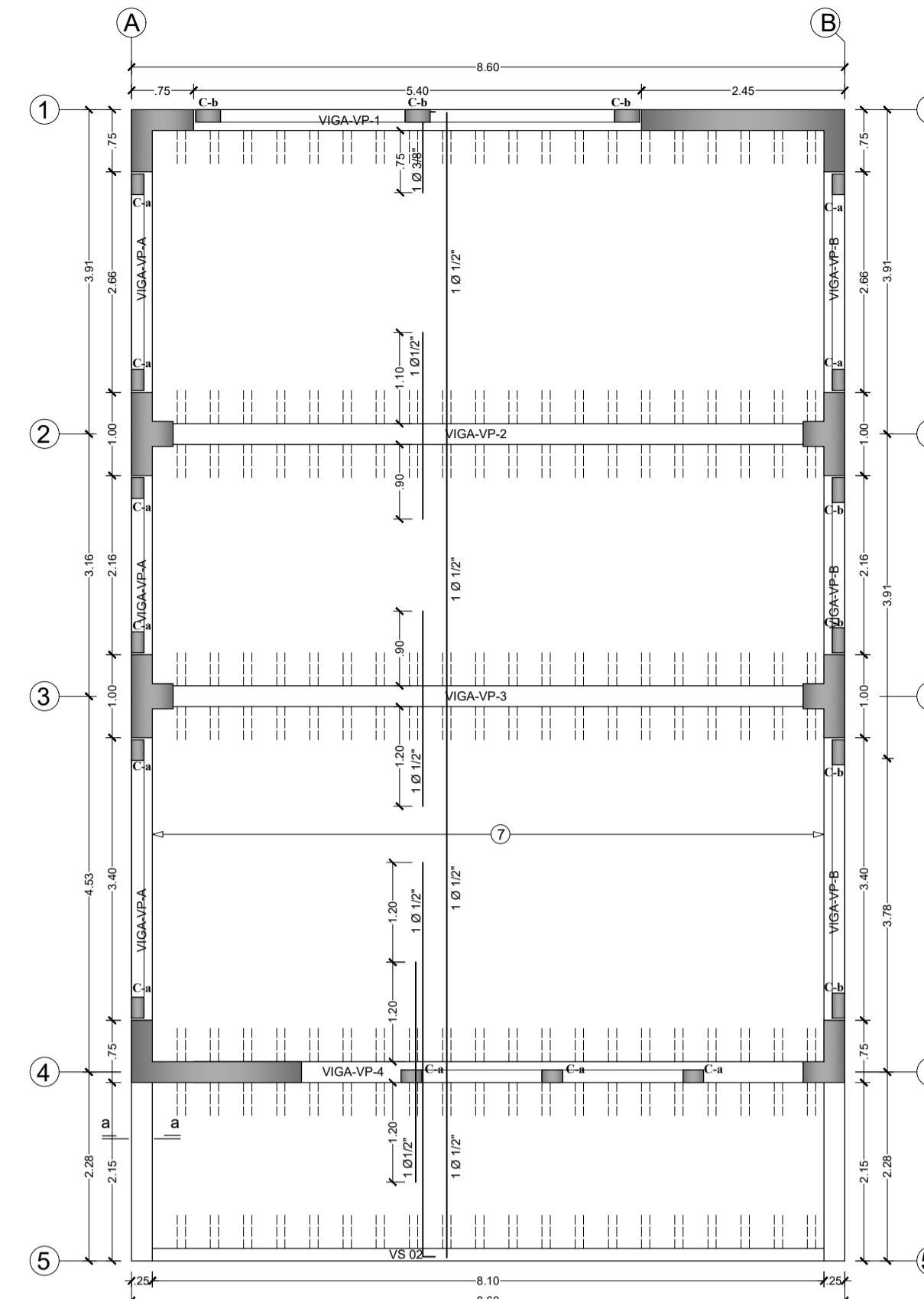
ESCALA:
1/50
LAMINA:
E-16



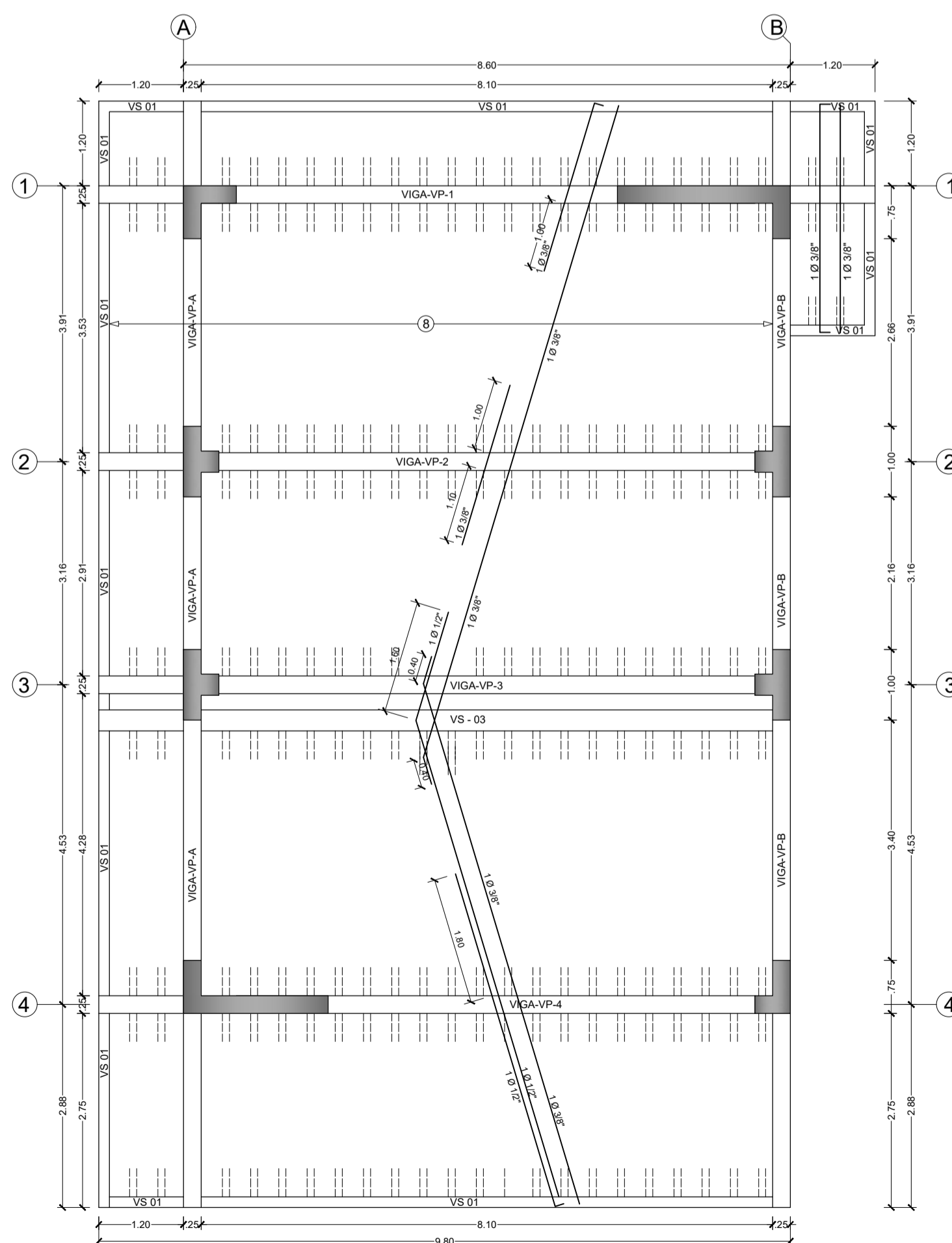
ALIGERADO - 1er NIVEL - BLOCK 02 (e = 0.20 m)
ESC:1/50
S/C: OFICINAS: 250 Kg/m²
S/C: CORREDOR: 400 Kg/m²



ALIGERADO - 2do NIVEL - BLOCK 02 (e = 0.20 m)
ESC:1/50
S/C: LABORATORIO: 300 Kg/m²
S/C: CORREDOR: 400 Kg/m²

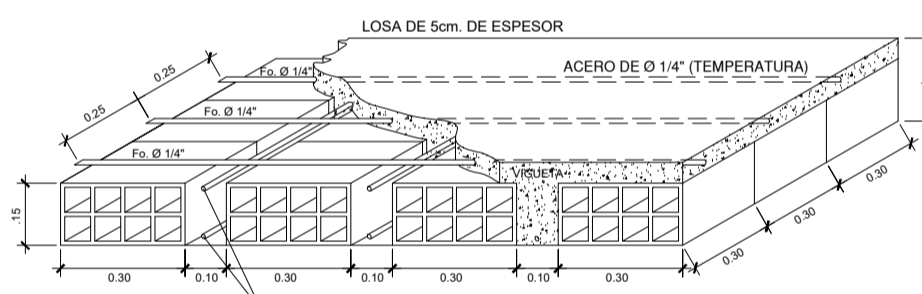


ALIGERADO - 3er NIVEL - BLOCK 02 (e = 0.20 m)
ESC:1/50
S/C: LABORATORIO: 300 Kg/m²
S/C: CORREDOR: 400 Kg/m²

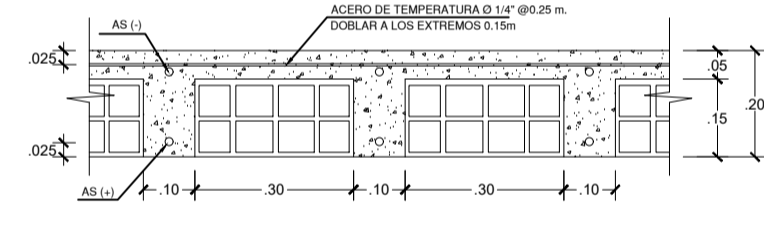


ALIGERADO - 4to NIVEL - BLOCK 02 (e = 0.20 m)
ESC:1/50
S/C: TECHOS: 50 Kg/m²

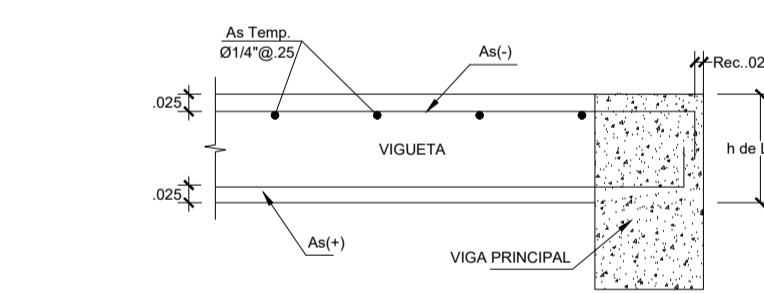
NOTA:
PARA ALIGERADOS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 25cm. PARA ø3/8" Y 35cm. PARA ø1/2" Y 5/8".



DETALLE DE LOSA ALIGERADA H=0.20m
ESC: S/E

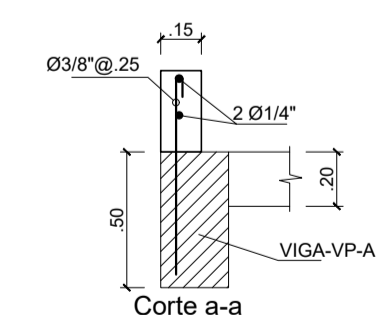


DETALLE TÍPICO DE ALIGERADO H=0.20M
ESC: S/E



DETALLE DE ANCLAJE Y RECUBRIMIENTO EN VIGUETAS
ESC: 1/20

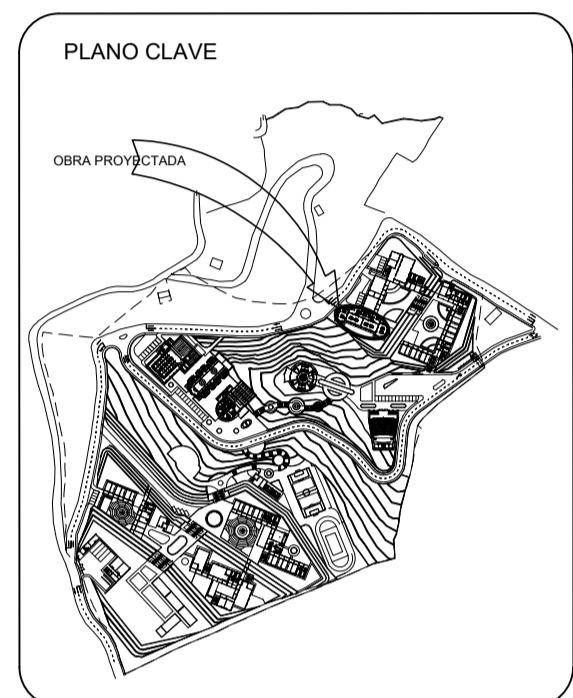
NOTA:
PARA ALIGERADOS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 25cm. PARA ø3/8" Y 35cm. PARA ø1/2" Y 5/8".



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
A. CONDICIONES DE CIMENTACION:	
CAPACIDAD PORTANTE:	ø = 0.87 Kg/cm ² (Chequear en Obras)
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION:	Df = 2.20 m (Reas. N.T.K.)
TIPO DE CIMENTACION:	VIGAS DE CIMENTACION
AGRESIVIDAD DEL SUELO:	NO REGISTRA
FACTOR DE SEGURIDAD:	3
ESTRATO DE APOYO:	ARCILLA LIMOSAS MEDIANAMENTE CONSOLIDADA Y HUMEDO
B. MATERIALES	
ACERO:	ASTM A - 615 GRADO 60 CORRUGADO fy = 4,200 Kg/cm ²
CONCRETO:	
FALZA ZAPATA:	Fc = 100 Kg/cm ² + 30% PG (Max 8")
CIMENTO CORRIDOS:	1:10 (C: H) + 30% PG (8" max.)
ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTAC:	Fc = 210 Kg/cm ²
COLUMNAS, PLACAS:	Fc = 210 Kg/cm ²
VIGAS Y LOSAS:	Fc = 210 Kg/cm ²
ESCALERAS:	Fc = 210 Kg/cm ²
COLUMNETAS, VIGUETAS:	Fc = 175 Kg/cm ²
CEMENTO PORTLAND TIPO I EN GENERAL	
CEMENTO PORTLAND TIPO MS:	
PARA ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO	
ALBANILERIA	
EL LABRILLO UTILIZADO PARA TECHO SERA DE LAS SIGUIENTES DIMENSIONES: 30x20x15 cm Tipo IV SEGUN LA NORMA NTP 399.613 - 33 (40 - 331 (41) DE RESISTENCIA Y DURABILIDAD ALTAS. APTO PARA CONSTRUCCIONES EN CONDICIONES DE SERVICIO RIGUROSAS.	
C. REQUERIMIENTOS	
COLUMNETAS, PLACAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO:	2.5 cm
COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS:	4.0 cm
ALIGERADO Y VIGAS CHATAS:	2.5 cm
ESCALERAS:	2.5 cm
FONDOS DE VIGA Y ZAPATA SOBRE SOLADOS:	5.0 cm
COSTADOS DE ZAPATAS NO ENCORRADOS:	7.5 cm
COSTADO DE CIMENTACIONES ENCORRADOS:	5.0 cm
D. SOBRECARGAS	
LABORATORIOS:	300 KG/M ²
SS.HH:	250 KG/M ²
ESCALERAS:	400 KG/M ²
CORREDORES:	400 KG/M ²
OFICINAS:	250 KG/M ²
SALA DE COMPUTO:	250 KG/M ²
ALIAS:	250 KG/M ²
BIBLIOTECA:	300 KG/M ²
BIBLIOTECA (ALMACEN):	750 KG/M ²
DEPOSITO (ESCALERA):	200 KG/M ²
E. NORMAS DE DISEÑO	
CARGAS:	E-020
DISEÑO SIMO RESISTENTE:	E-030
DISEÑO DE CONCRETO ARMADO:	E-090
SUELOS Y CIMENTACIONES:	E-050
ALBANILERIA:	E-070



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



PROYECTO:
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA" SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ



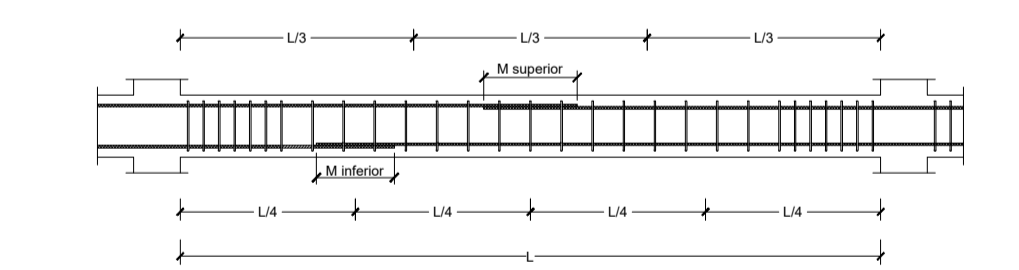
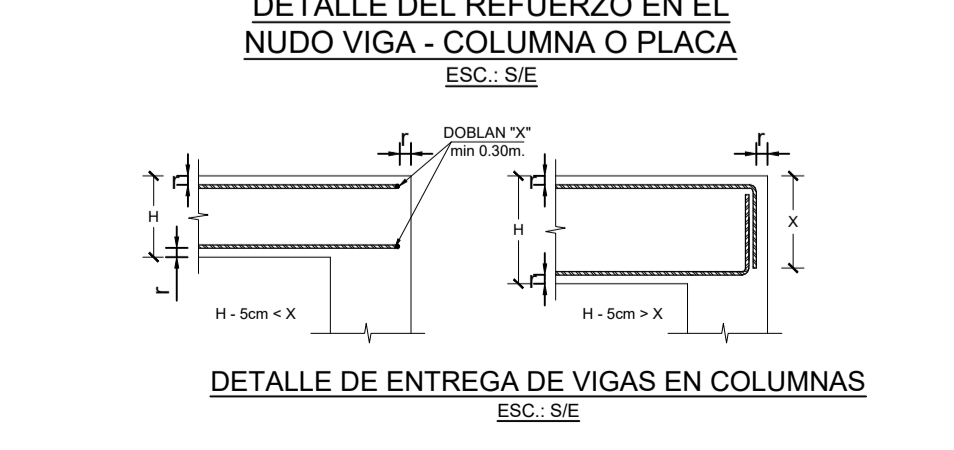
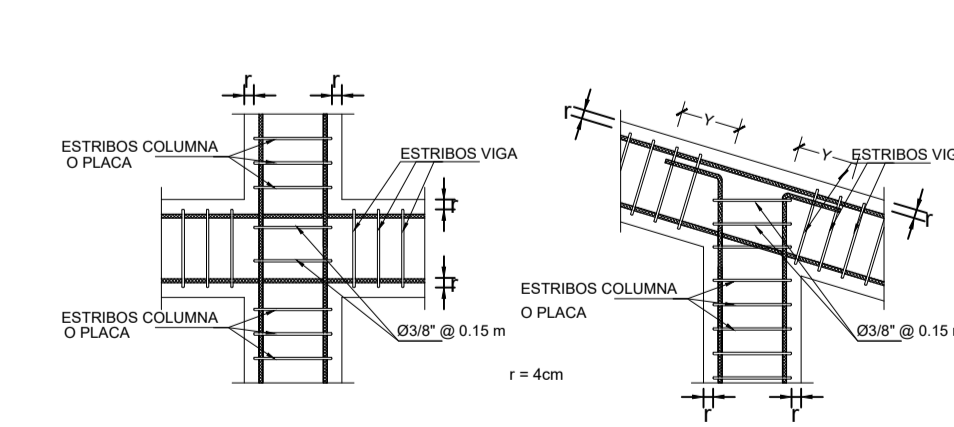
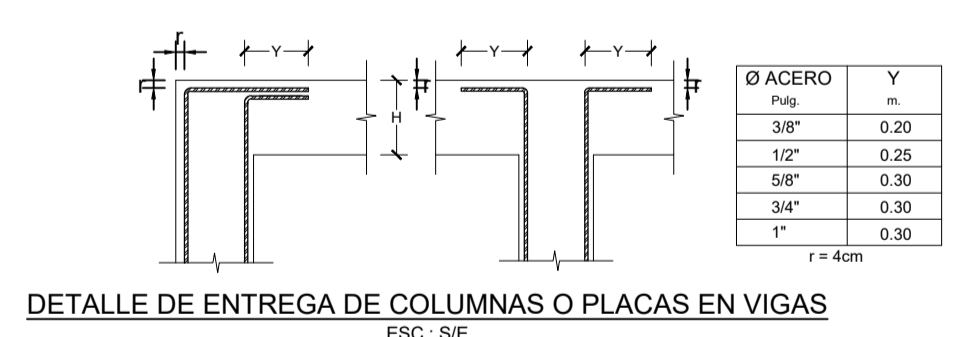
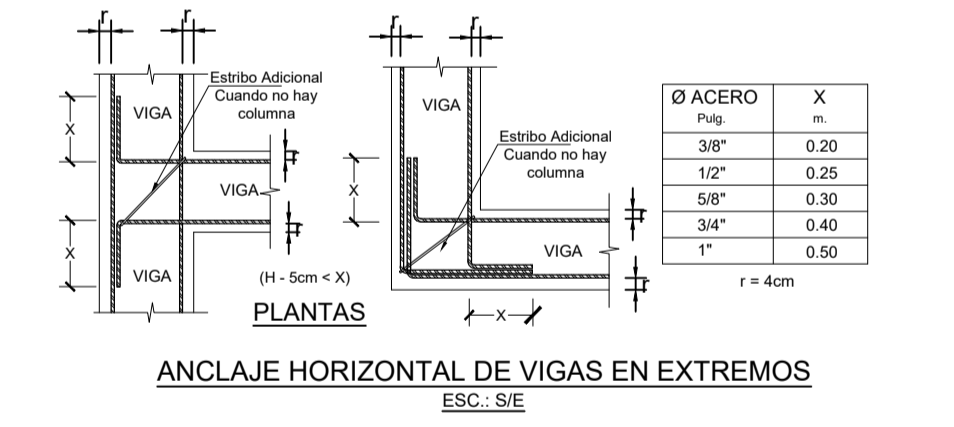
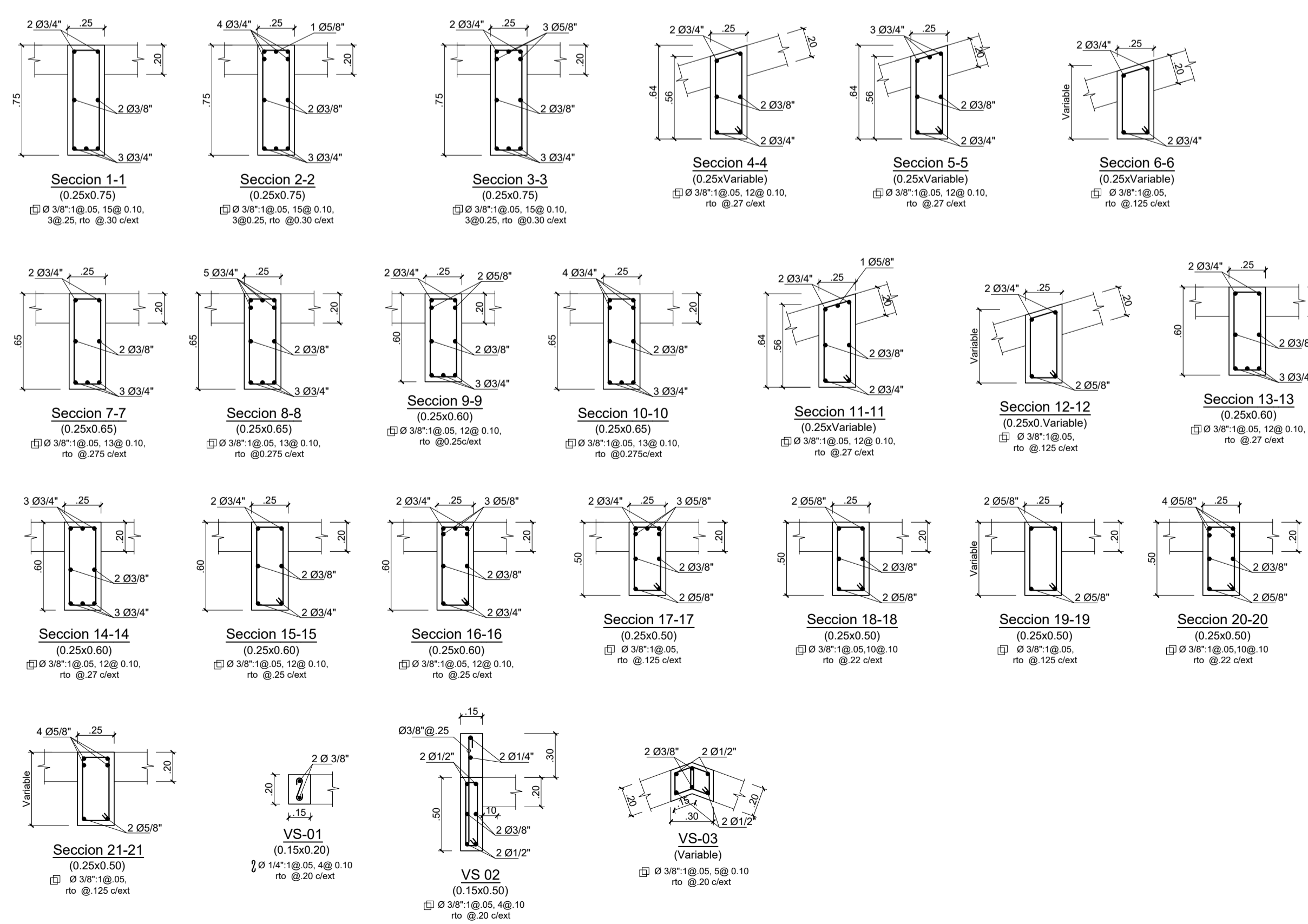
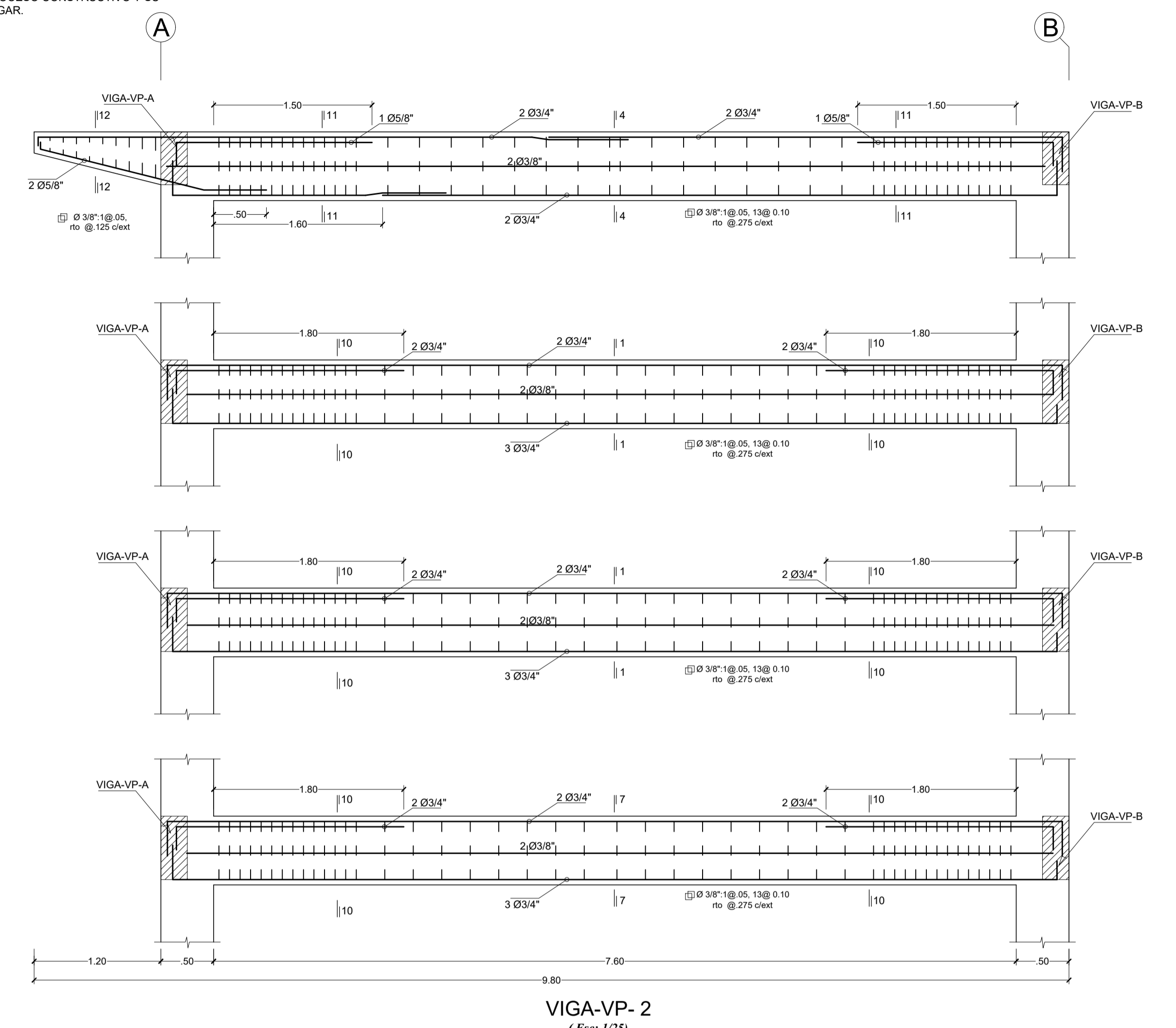
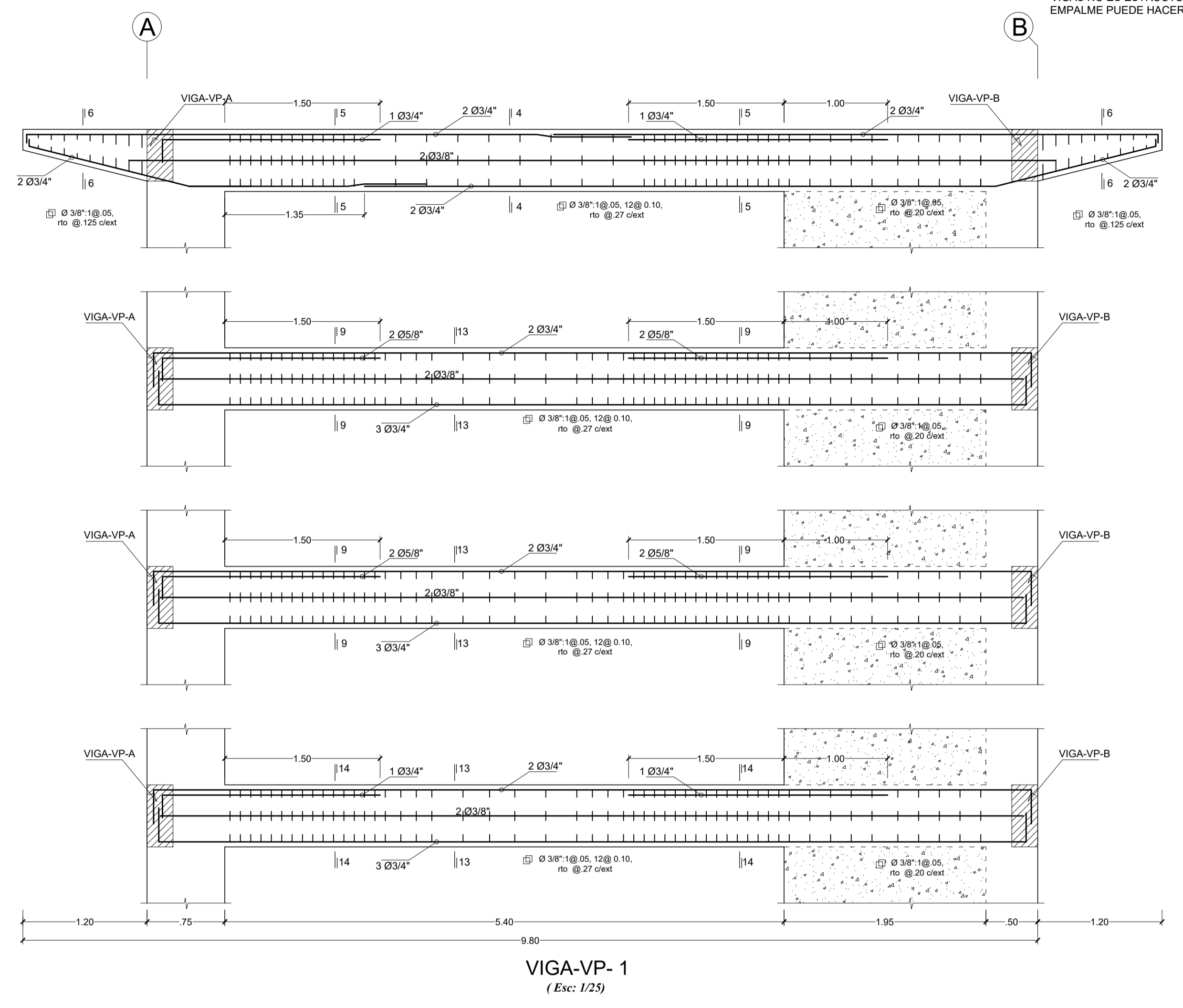
DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
BLOCK 2 - ESTRUCTURAS
DETALLES DE VIGAS VP-1, VP-2

PROYECTISTA:
ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
CIP: 98015
COLABORADORES:

FECHA:
ENERO 2017

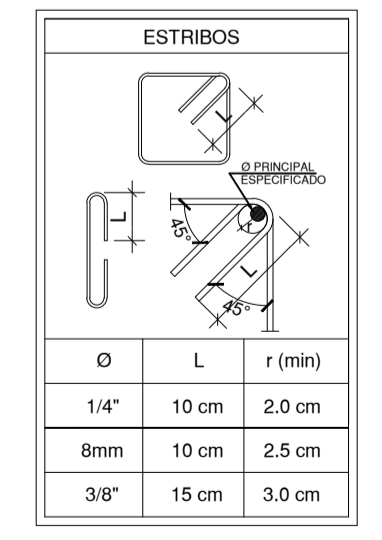
ESCALA: 1/50
LAMINA: E-17

NOTA:
LA UBICACIÓN DE EMPALMES DE VARILLAS ES REFERENCIAL. EL INGENIERO RESIDENTE PODRÁ ENCONTRAR UNA UBICACIÓN MÁS ÓPTIMA QUE PERMITA EL MENOR DESPERDICIO DE ACERO. EL REFUERZO DE Ø3/8" EN ZONA CENTRAL DE VIGAS NO ES ESTRUCTURAL, ES SÓLO POR PROCESO CONSTRUCTIVO Y SU EMPALME PUEDE HACERSE EN CUALQUIER LUGAR.



VALORES DE "M"

Ø ACERO	M inferior	M superior
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	130.00



NOTA:
1. CUANDO SON VARILLAS DE DIFERENTE Ø SE TOMARÁ EL VALOR MAYOR.
2. NO EMPALMAREMOS DEL SEÑAL DEL AREA TOTAL EN UNA SECCION.
3. EN CASO DE NO EMPALMAREMOS EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PERFILES Y ESPECIFICACIONES, SE AUMENTARÁ LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 10% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.
4. PARA ALBERGADO Y VIGAS CHAVES EL ACERO SUPERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME SIGUIENDO PARA SENT. T. SIEMPRE PARA VIGAS 1/3 L.

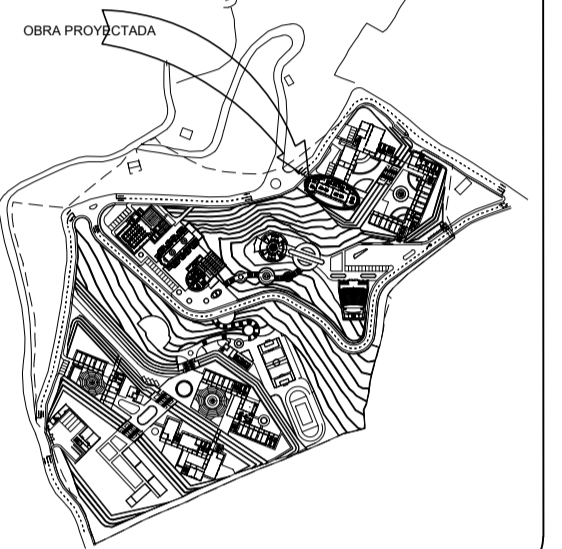


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PLANO CLAVE



PROYECTO:
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA" SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
BLOCK 3 - ESTRUCTURAS
ALIGERADOS

PROYECTISTA:
ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
CIP: 98015
COLABORADORES:

FECHA:
ENERO 2017

ESCALA: 1/50
LAMINA: **E-23**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A. CONDICIONES DE CIMENTACION:
CAPACIDAD PORTANTE: $\geq 0.87 \text{ Kg/cm}^2$ (Chequear en Obra)
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION: $Df \geq 2.20 \text{ m}$ (Resp. N.T.A.)
TIPO DE CIMENTACION: VIGAS DE CIMENTACION
ADHESIVO DEL SUELO: NO REGISTRA
FACTOR DE SEGURIDAD: 3
ESTRATO DE APOYO: ARCILLA LIMOSAS MEDIANAMENTE CONSOLIDADA Y HUMEDA

B. MATERIALES

ACERO
ASTM A - 615 GRADO 60 CORRUGADO $f_y = 4.200 \text{ Kg/cm}^2$

CONCRETO
FALZA ZAPATA $f_{cc} = 100 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ PG (Max. 8')}$
CIMENTO CORRIDOS $1:10 \text{ (C : H) } + 30\% \text{ PG (P' max.)}$
ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTAC. $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
COLUMNAS, PLACAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
VIGAS Y LOSAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
ESCALERAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
COLUMNETAS, VIGUETAS $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

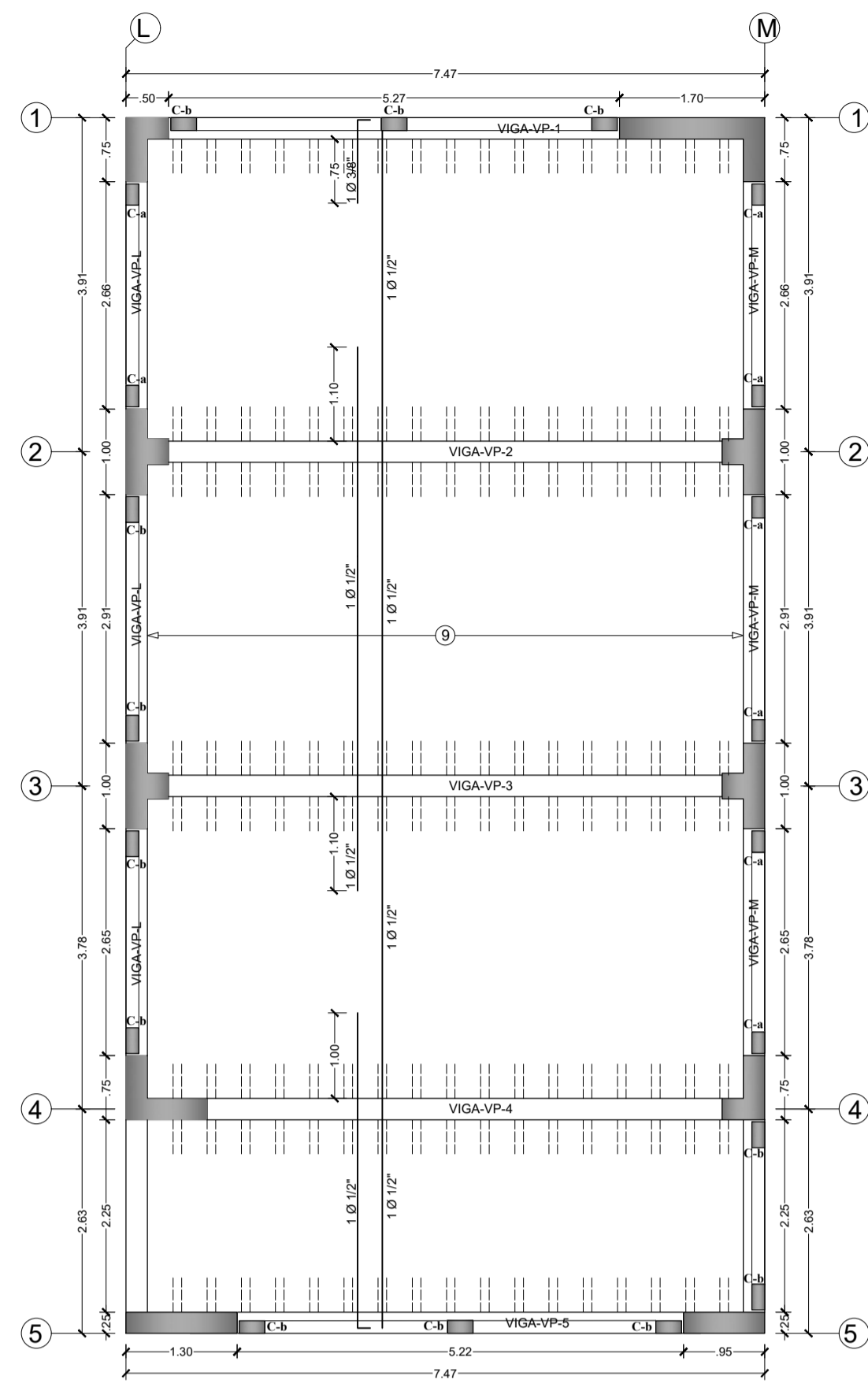
CEMENTO PORTLAND TIPO I EN GENERAL
CEMENTO PORTLAND TIPO MS
PARA ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO

ALBAÑILERIA
EL LADRILLO UTILIZADO PARA TECHO SERA DE LAS SIGUIENTES DIMENSIONES: $300 \times 15 \text{ cm}$ Tipo IV SEGUN LA NORMA NTP 399.613 - 331.040 - 331.041, DE RESISTENCIA Y DURABILIDAD ALTA. APTO. PARA CONSTRUCCIONES EN CONDICIONES DE SERVICIO RIGIDAS.

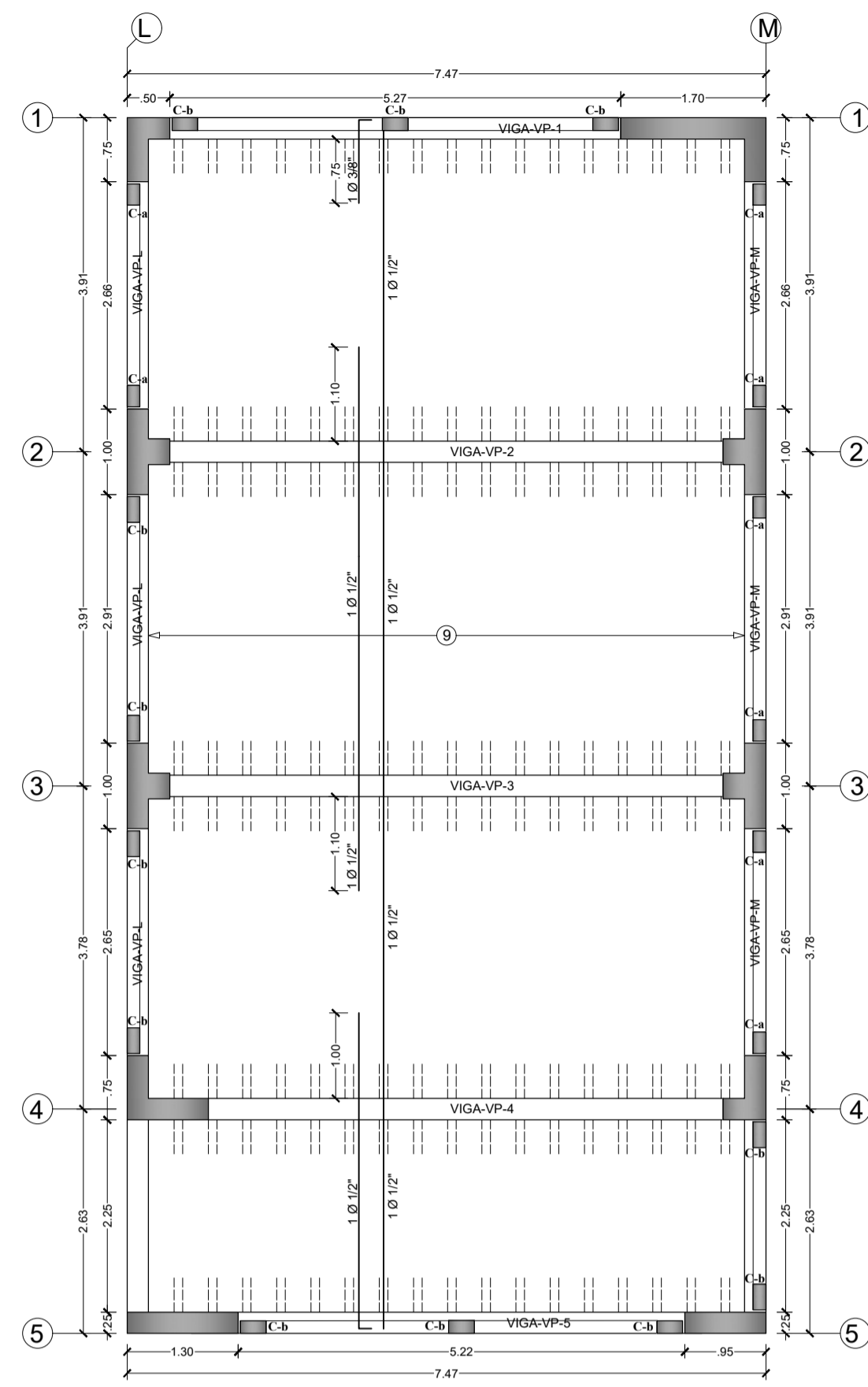
C. RECURRIMIENTOS
COLUMNETAS, PLACAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO 2.5 cm
COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS 4.0 cm
ALIGERADO Y VIGAS CHATAS 2.5 cm
ESCALERAS 2.5 cm
FONDOS DE VIGA Y ZAPATA SOBRE SOLADOS 5.0 cm
COSTADOS DE ZAPATA NO ENCOFRADOS 7.5 cm
COSTADO DE CIMENTACIONES ENCOFRADOS 5.0 cm

D. SOBRECARGAS
LABORATORIOS 300 KG/M2
SIS. HI. 250 KG/M2
ESCALERAS 400 KG/M2
CORRIDORES 400 KG/M2
OFICINAS 250 KG/M2
SALA DE COMPUITO 250 KG/M2
AULAS 300 KG/M2
BIBLIOTECA 750 KG/M2
BIBLIOTECA (ALMACEN) 750 KG/M2
DEPOSITO (ESCALERA) 200 KG/M2

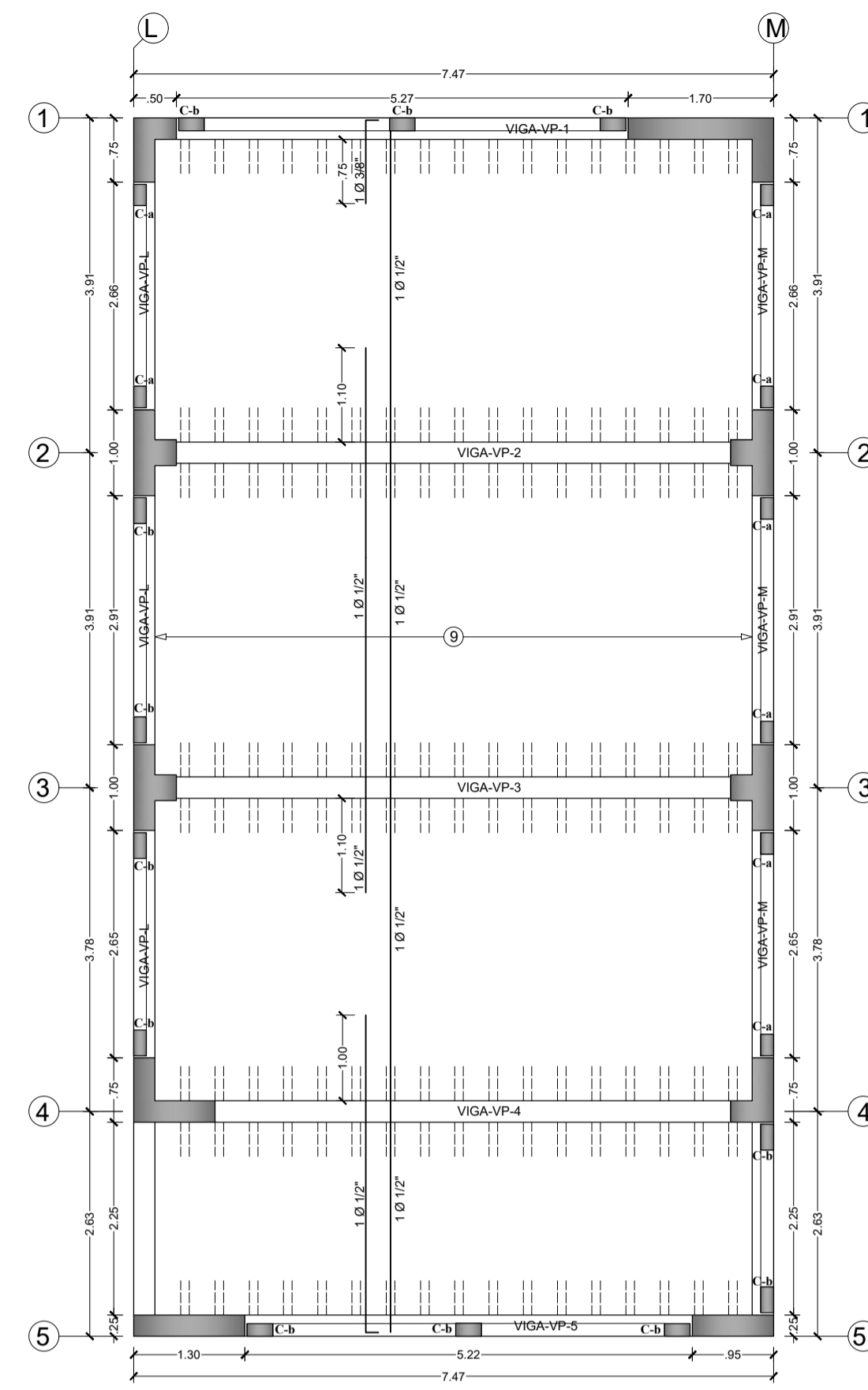
E. NORMAS DE DISEÑO:
CARGAS E-020
DISEÑO SISMO RESISTENTE E-030
DISEÑO DE CONCRETO ARMADO E-060
SUELOS Y CIMENTACIONES E-050
ALBAÑILERIA E-070



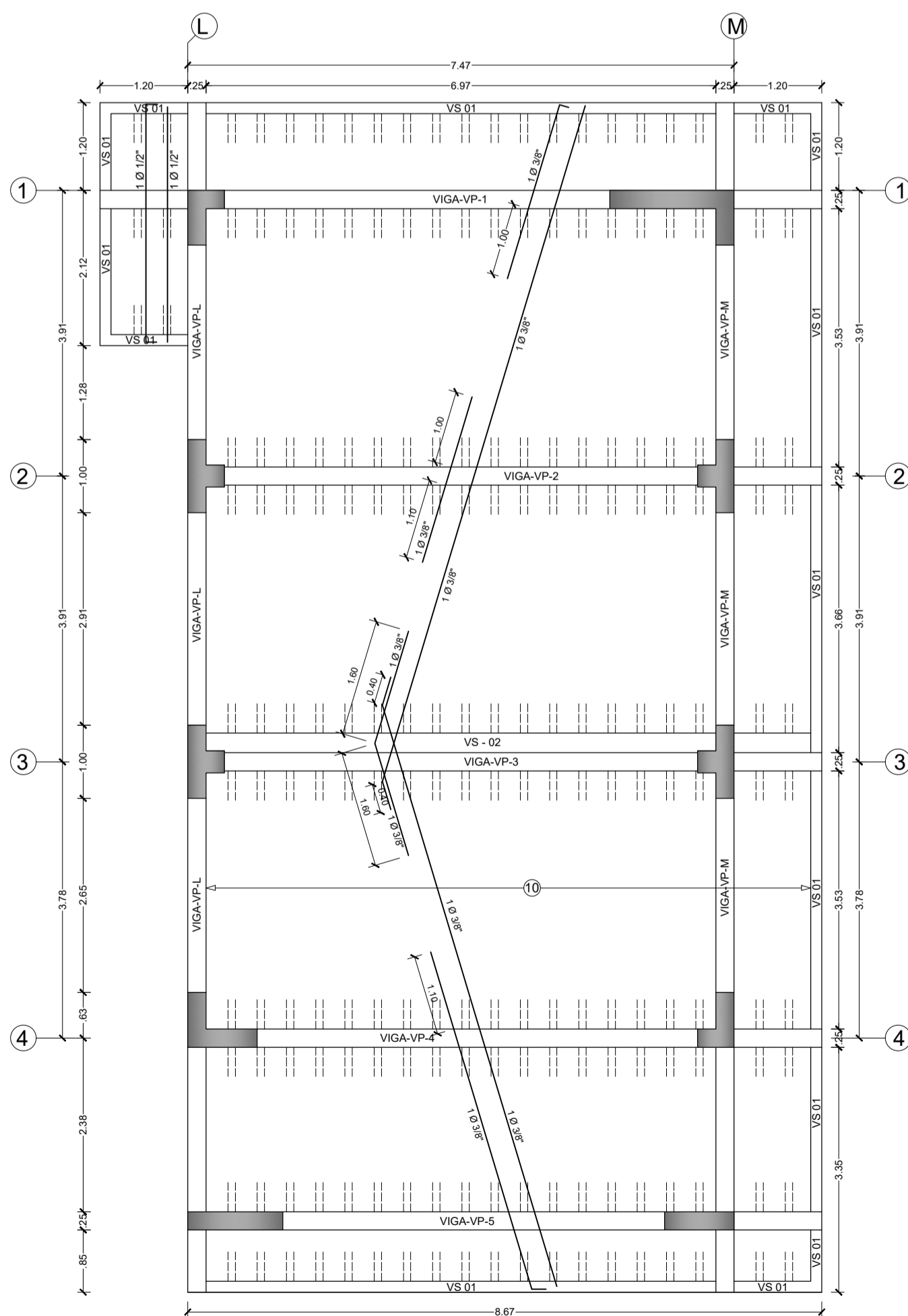
ALIGERADO - 1er NIVEL - BLOCK 03 (e = 0.20 m)
ESC: 1/50
S/C: LABORATORIO: 300 Kg/m2
S/C: CORREDOR: 400 Kg/m2



ALIGERADO - 2do NIVEL - BLOCK 03 (e = 0.20 m)
ESC: 1/50
S/C: AULA: 250 Kg/m2
S/C: CORREDOR: 400 Kg/m2

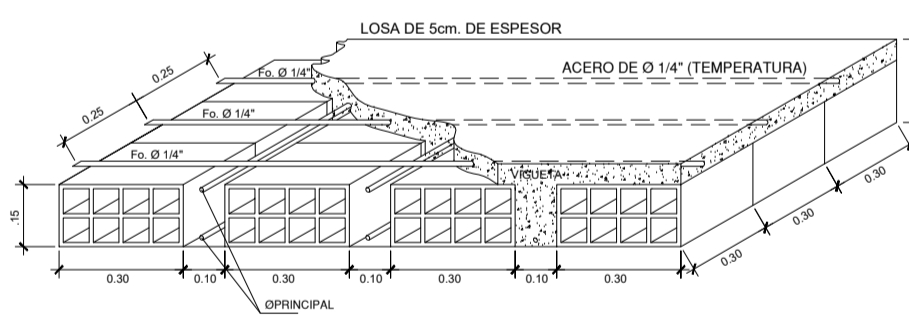


ALIGERADO - 3er NIVEL - BLOCK 03 (e = 0.20 m)
ESC: 1/50
S/C: AULA: 250 Kg/m2
S/C: CORREDOR: 400 Kg/m2



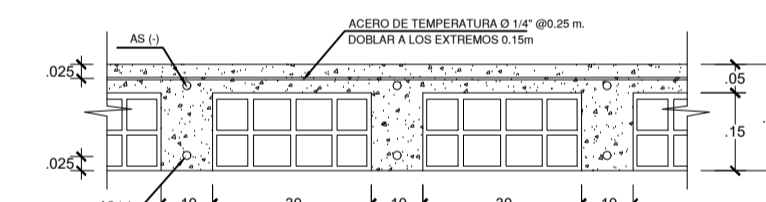
ALIGERADO - 4to NIVEL - BLOCK 03 (e = 0.20 m)
ESC: 1/50
S/C: TECHO: 50 Kg/m2

NOTA:
PARA ALIGERADOS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS, SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 25cm.
PARA $\phi 3/8"$ Y 35cm. PARA $\phi 1/2"$ Y 5/8".

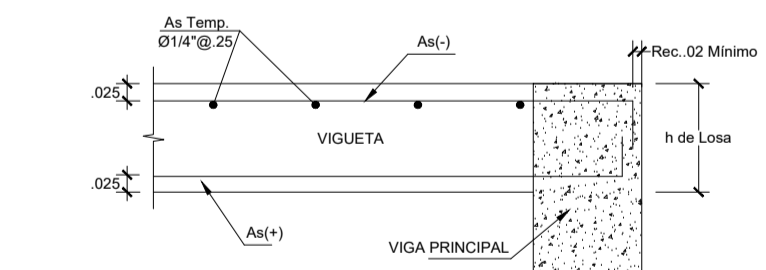


DETALLE DE LOSA ALIGERADA H=0.20m
ESC: S/E

NOTA:
PARA ALIGERADOS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS, SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 25cm.
PARA $\phi 3/8"$ Y 35cm. PARA $\phi 1/2"$ Y 5/8".



DETALLE TIPICO DE ALIGERADO H=0.20M
ESC: S/E

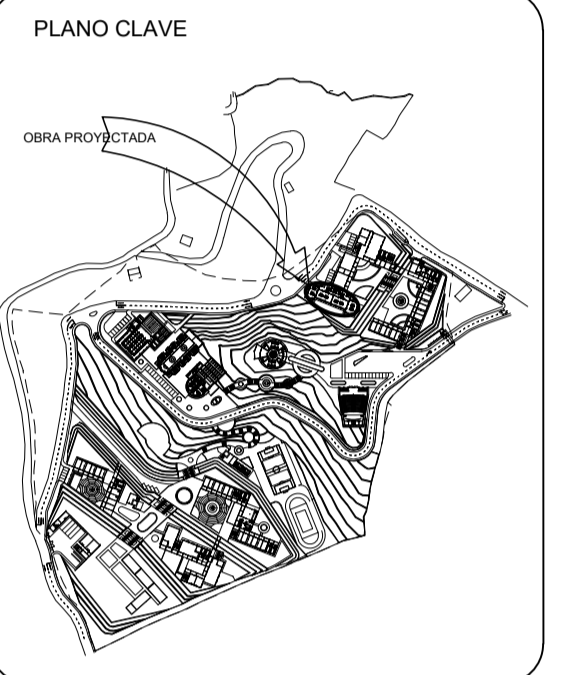


DETALLE DE ANLAJE Y RECURRIMIENTO EN VIGUETAS
ESC: 1/20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PROYECTO:
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA" SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ

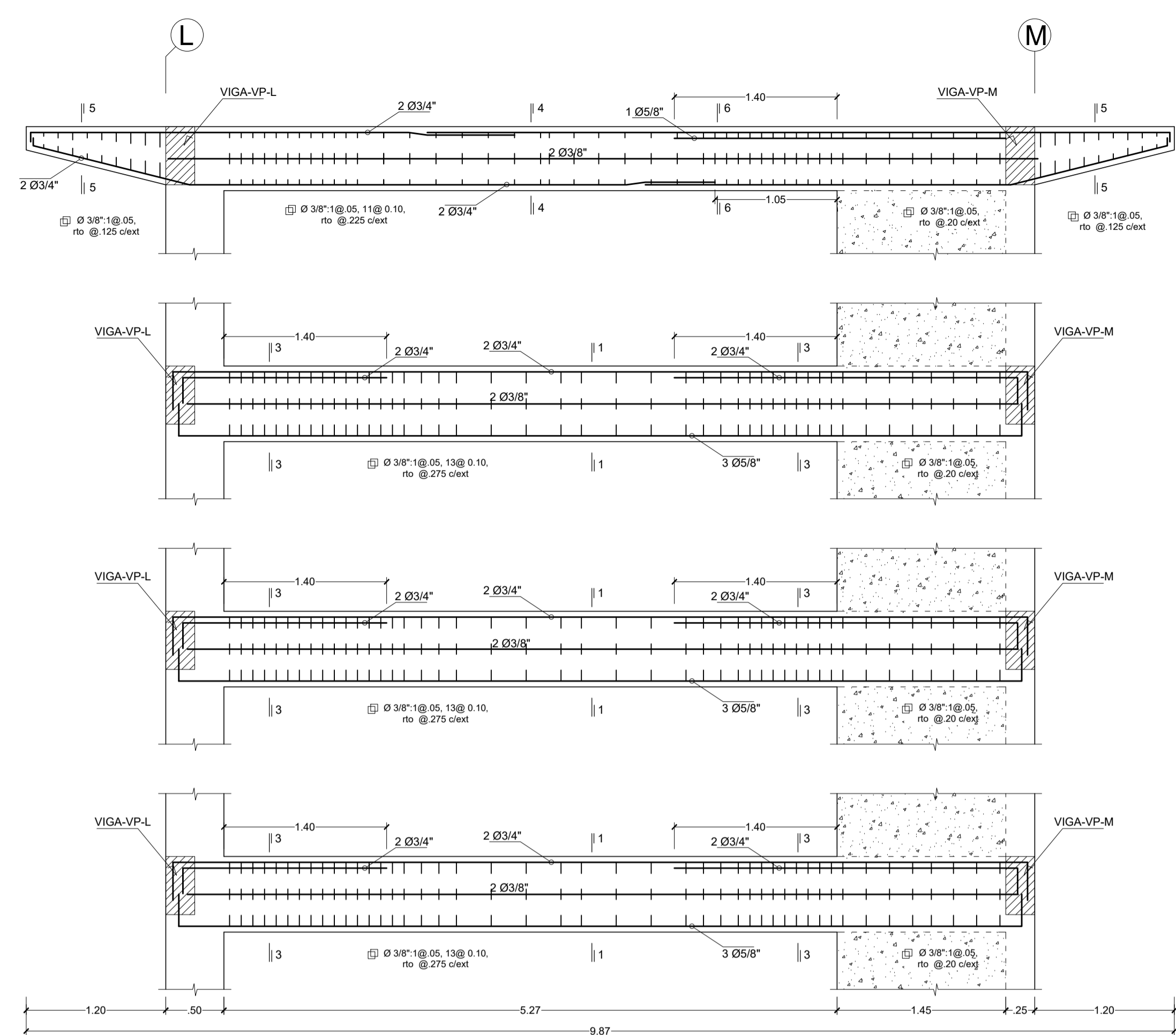


DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
BLOCK 3 - ESTRUCTURAS
DETALLES DE VIGAS VP-1, VP-2, VP-3, VP-4, VP-5

PROYECTISTA:
ING. NILTON ARIOLA CUBAS
CIP: 98015

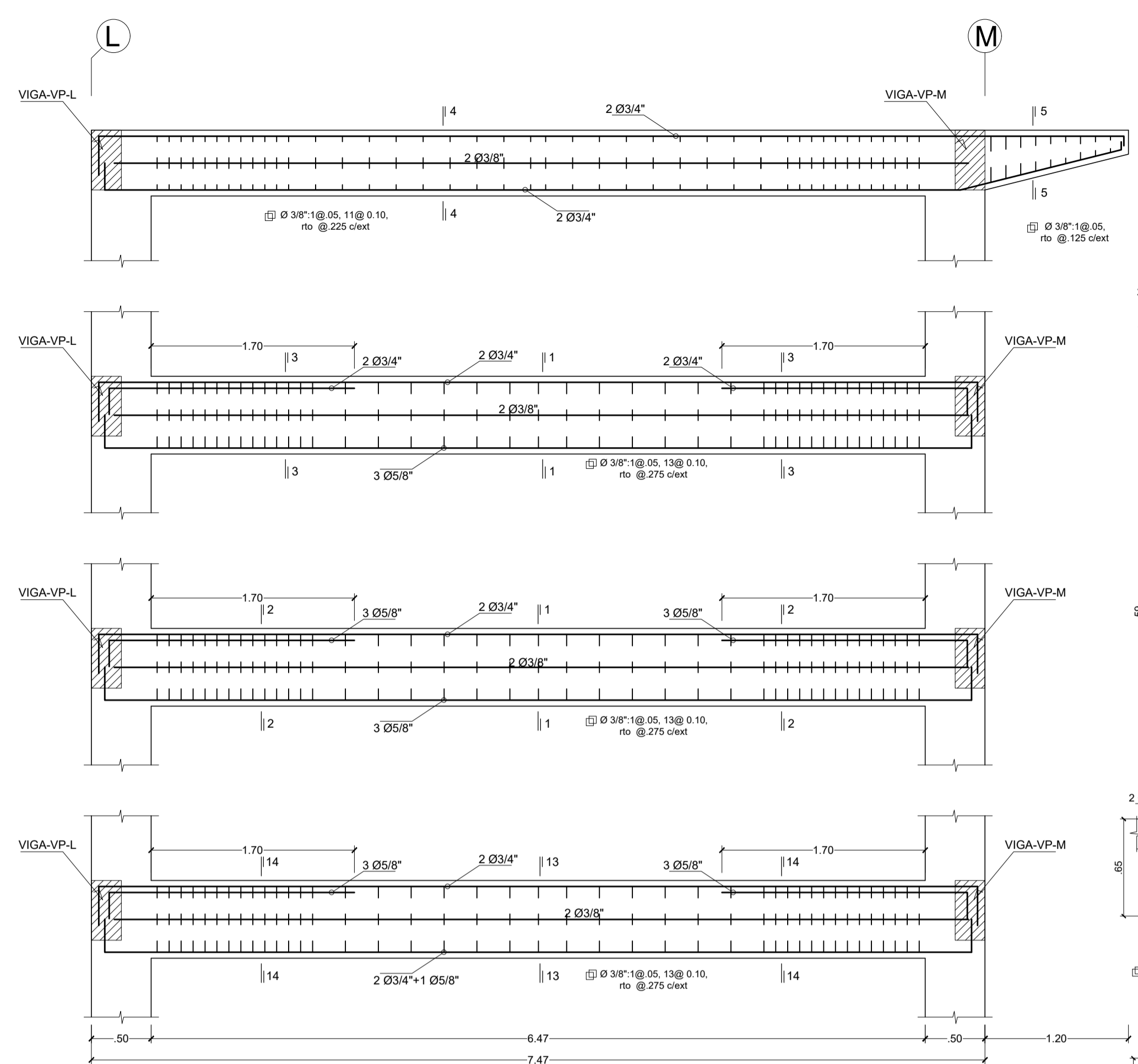
FECHA:
ENERO 2017

ESCALA: 1/50
LAMINA: E-24

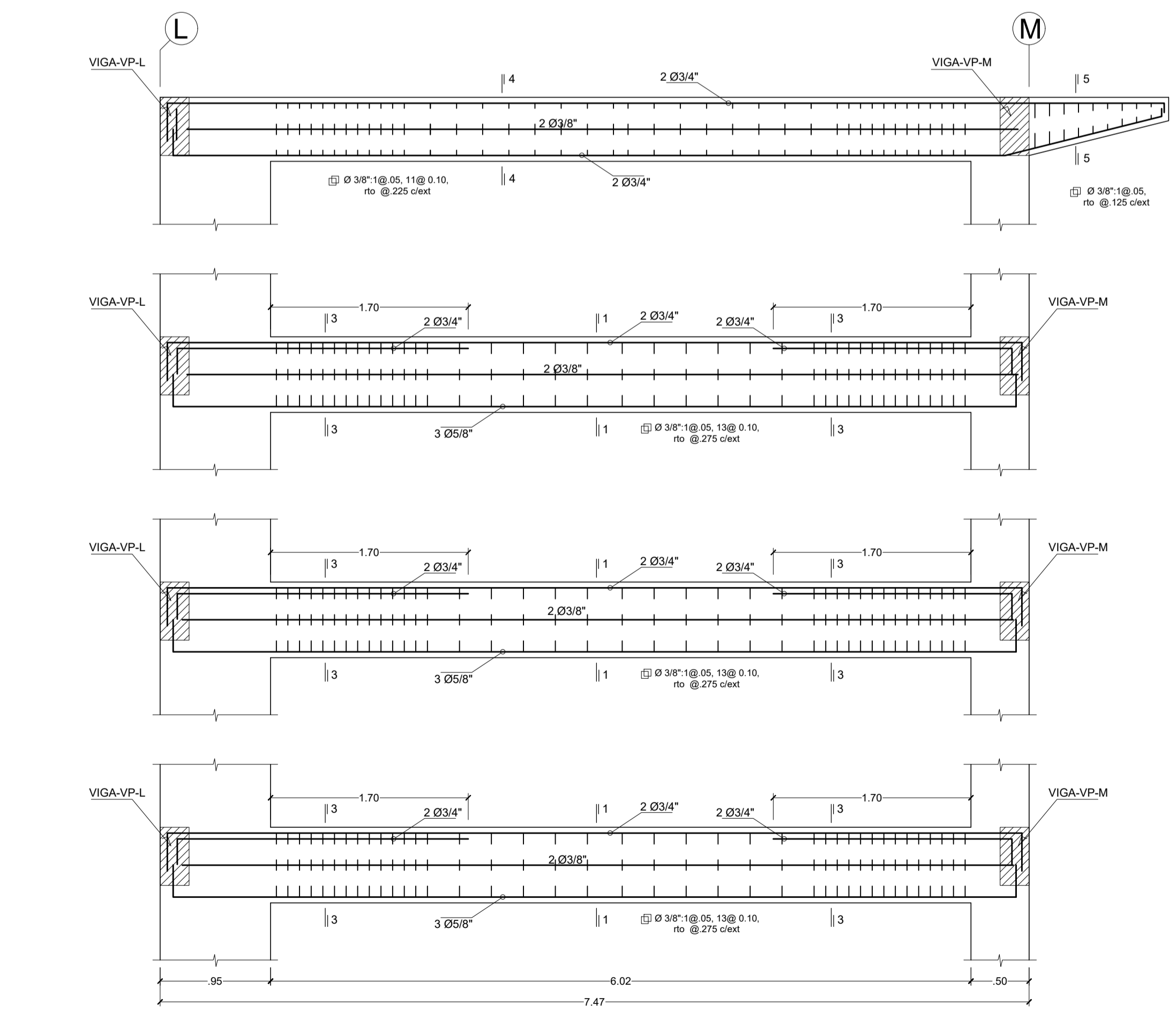


VIGA-VP-1
(Esc: 1/25)

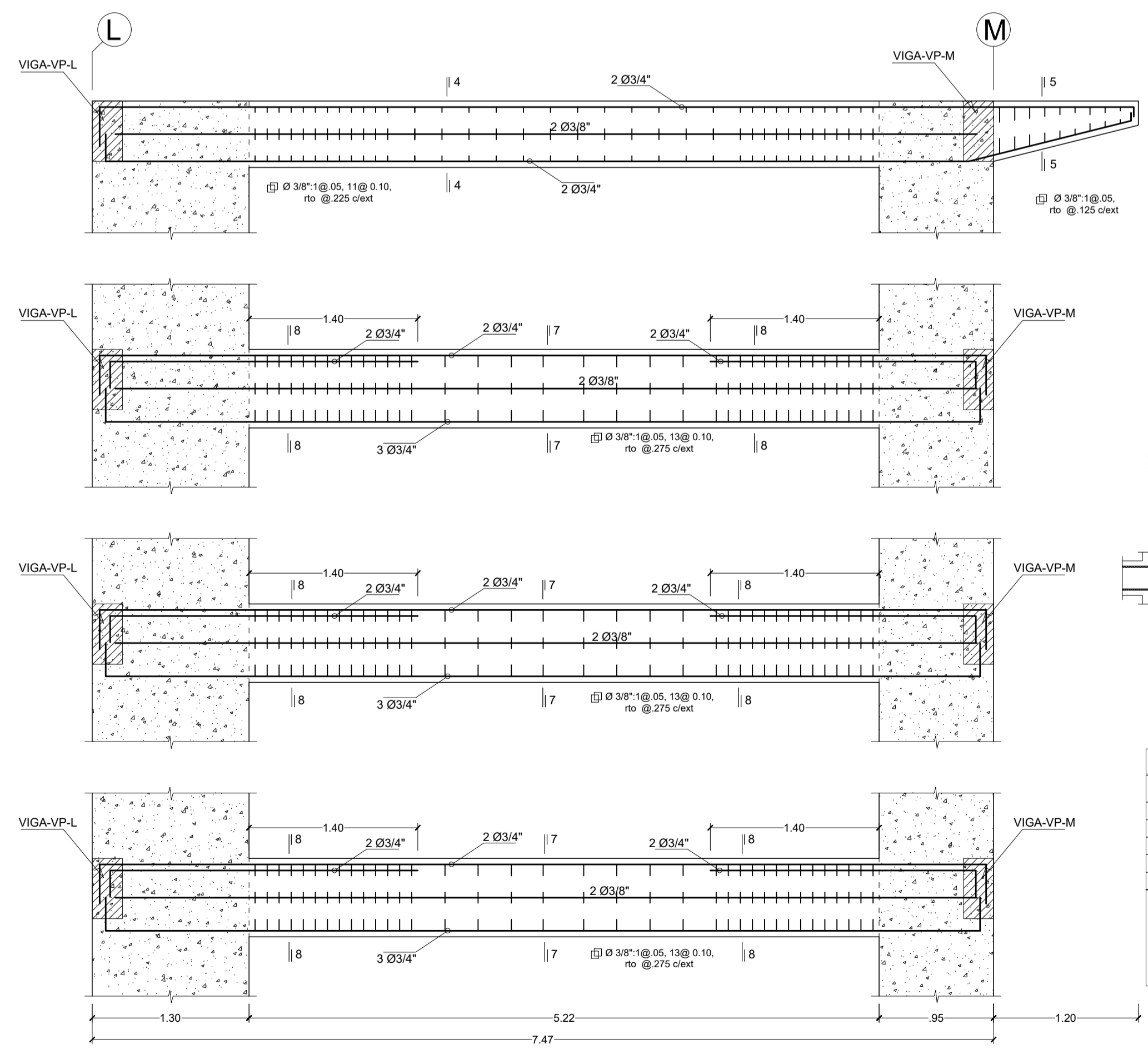
NOTA:
LA UBICACIÓN DE EMPALMES DE VARILLAS ES REFERENCIAL, EL INGENIERO RESIDENTE PODRÁ ENCONTRAR UNA UBICACIÓN MÁS ÓPTIMA QUE PERMITA EL MENOR DESPERDICIO DE ACERO. EL REFUERZO DE Ø3/8" EN ZONA CENTRAL DE VIGAS NO ES ESTRUCTURAL, ES SÓLO POR PROCESO CONSTRUCTIVO Y SU EMPALME PUEDE HACERSE EN CUALQUIER LUGAR.



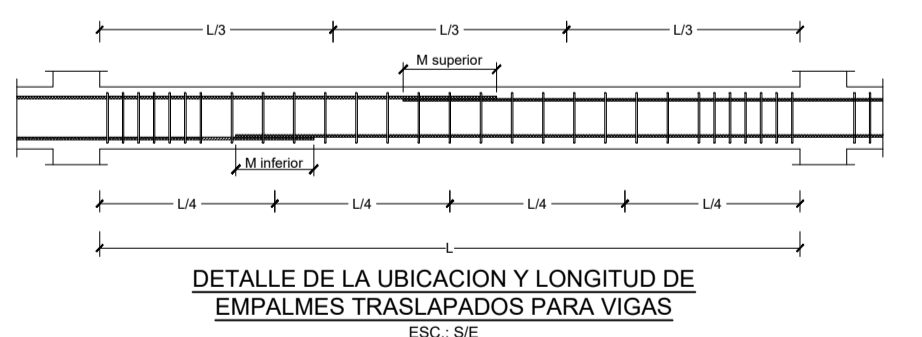
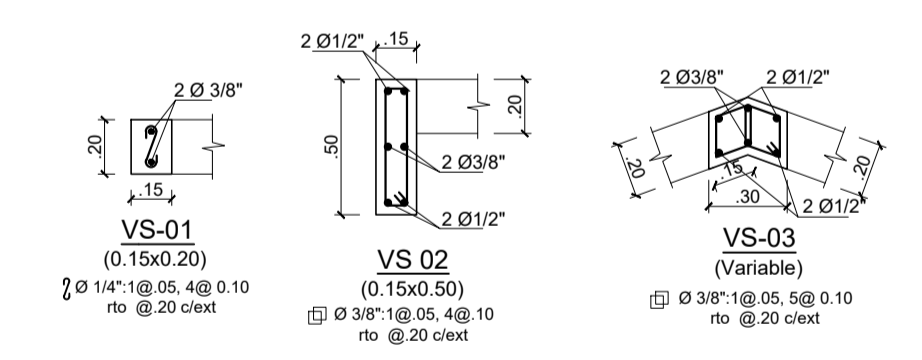
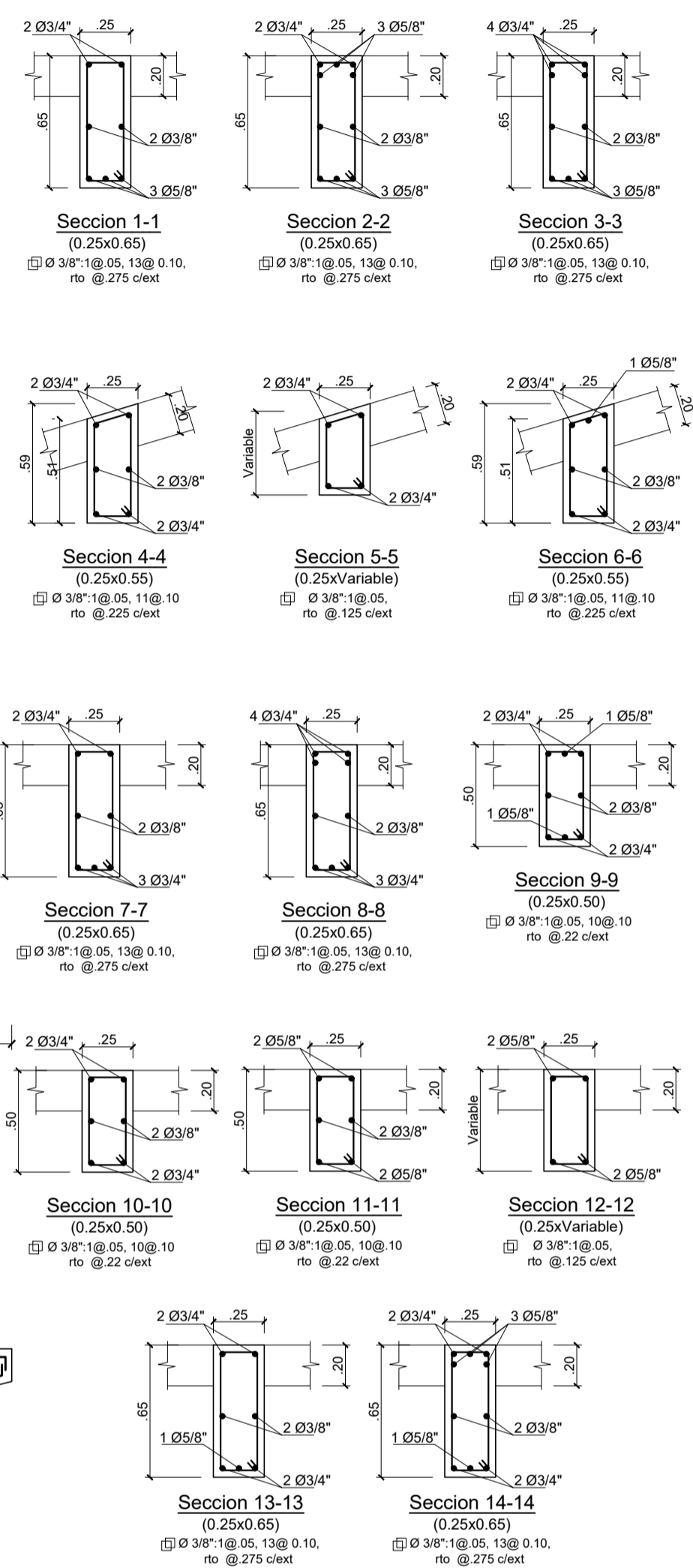
VIGA-VP- 2, 3
(Esc: 1/25)



VIGA-VP- 4
(Esc: 1/25)



VIGA-VP- 5
(Esc: 1/25)



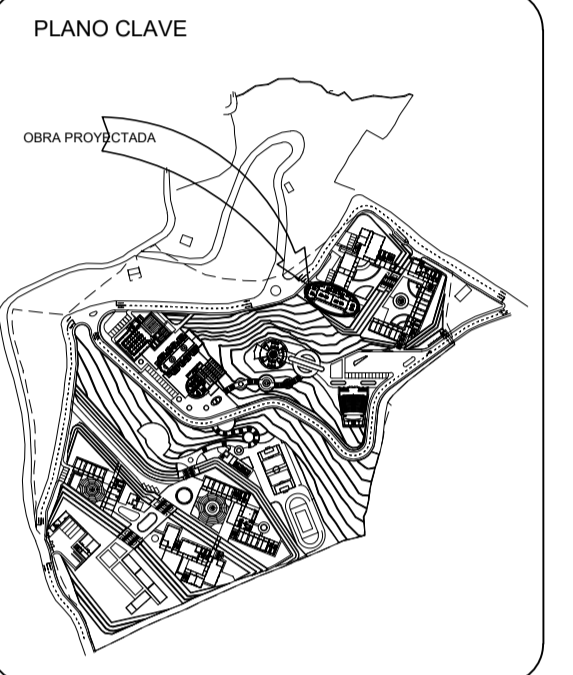
VALORES DE "M"		
Ø ACERO	M inferior	M superior
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	130.00

ESTRIBOS		
Ø	L	r (mm)
1/4"	10 cm	2.0 cm
8mm	10 cm	2.5 cm
3/8"	15 cm	3.0 cm

DETALLE DOBLADO DE ESTRIBO
ESC: 5/8"



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ



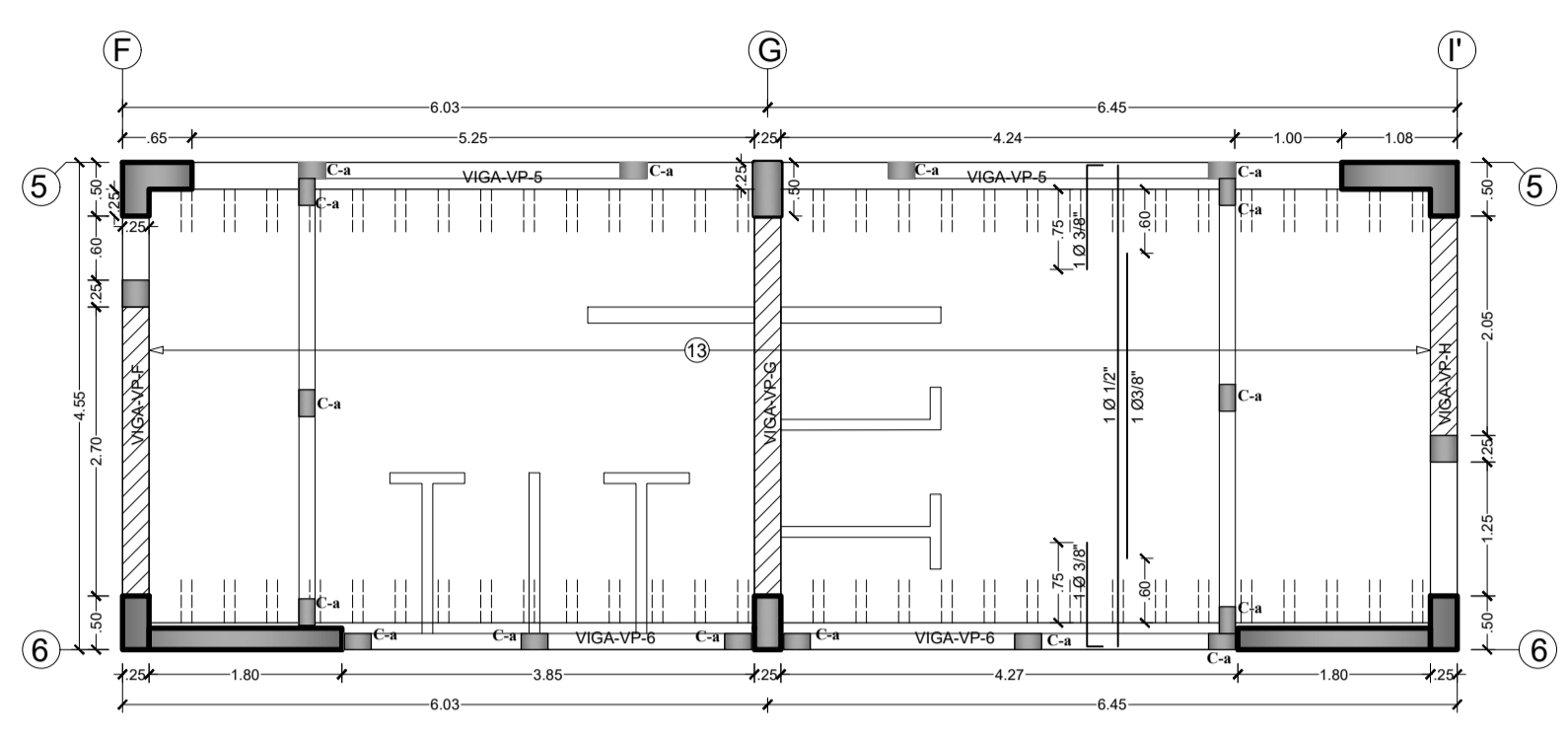
DESCRIPCIÓN DEL PLANO: BLOCK 4 - ESTRUCTURAS ALIGERADOS - DETALLES DE VIGAS VP-F, VP-G, VP-I'

PROYECTISTA: ING. NILTON ARRIOLA CUBAS CIP: 98015
COLABORADORES:

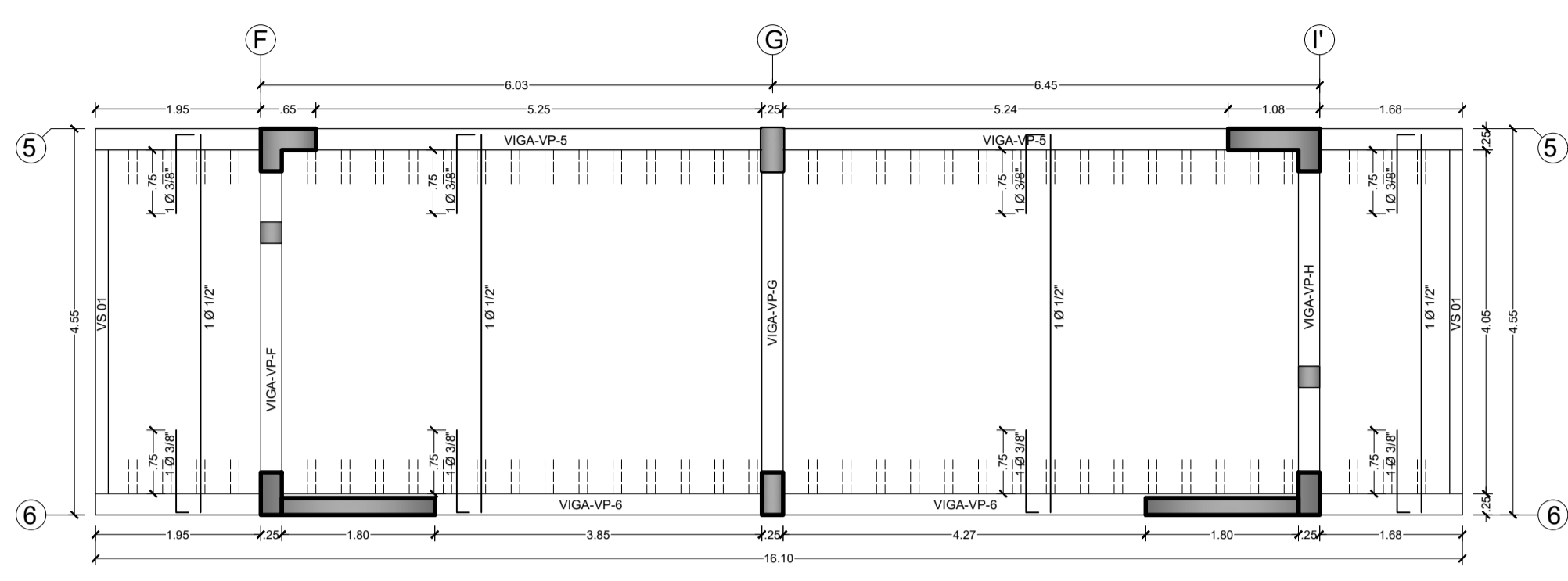
FECHA: ENERO 2017

ESCALA: 1/50
LAMINA: E-30

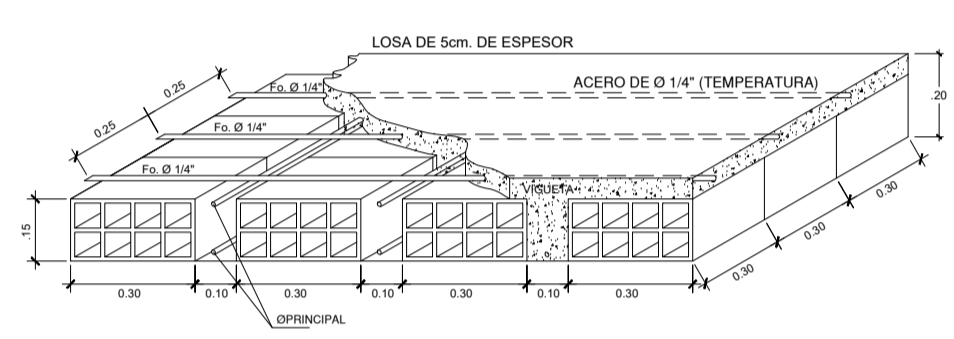
Table with technical specifications including concrete strength, reinforcement, and design norms.



ALIGERADO - 1er - 3er NIVEL - BLOCK 04 (e = 0.20 m) ESC: 1/50



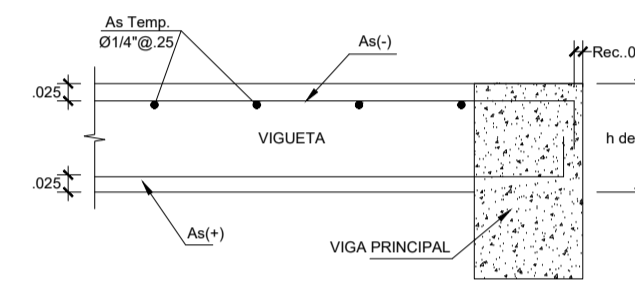
ALIGERADO - 4to NIVEL - BLOCK 04 (e = 0.20 m) ESC: 1/50



DETALLE DE LOSA ALIGERADA H=0.20m ESC: S/E

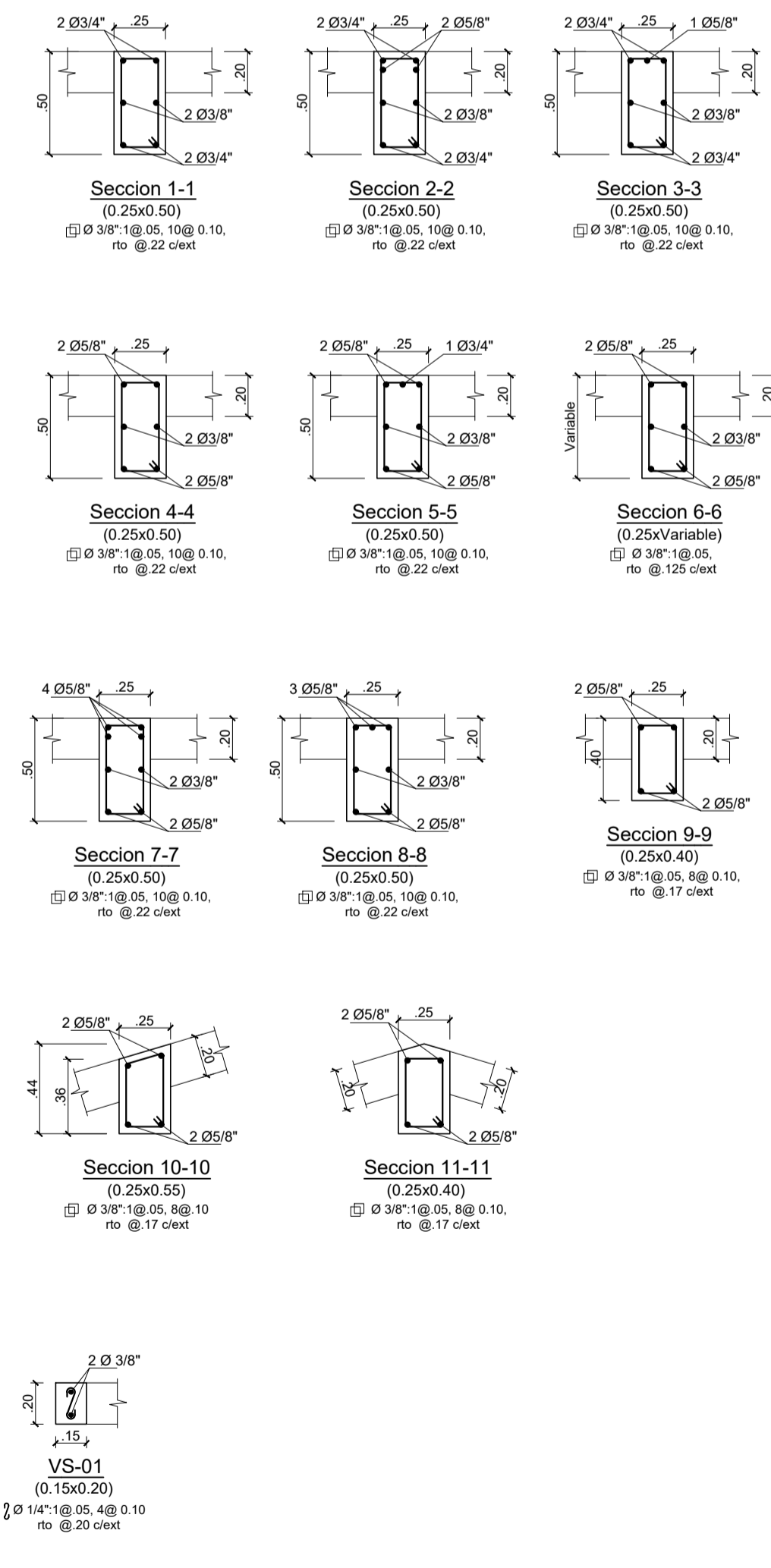
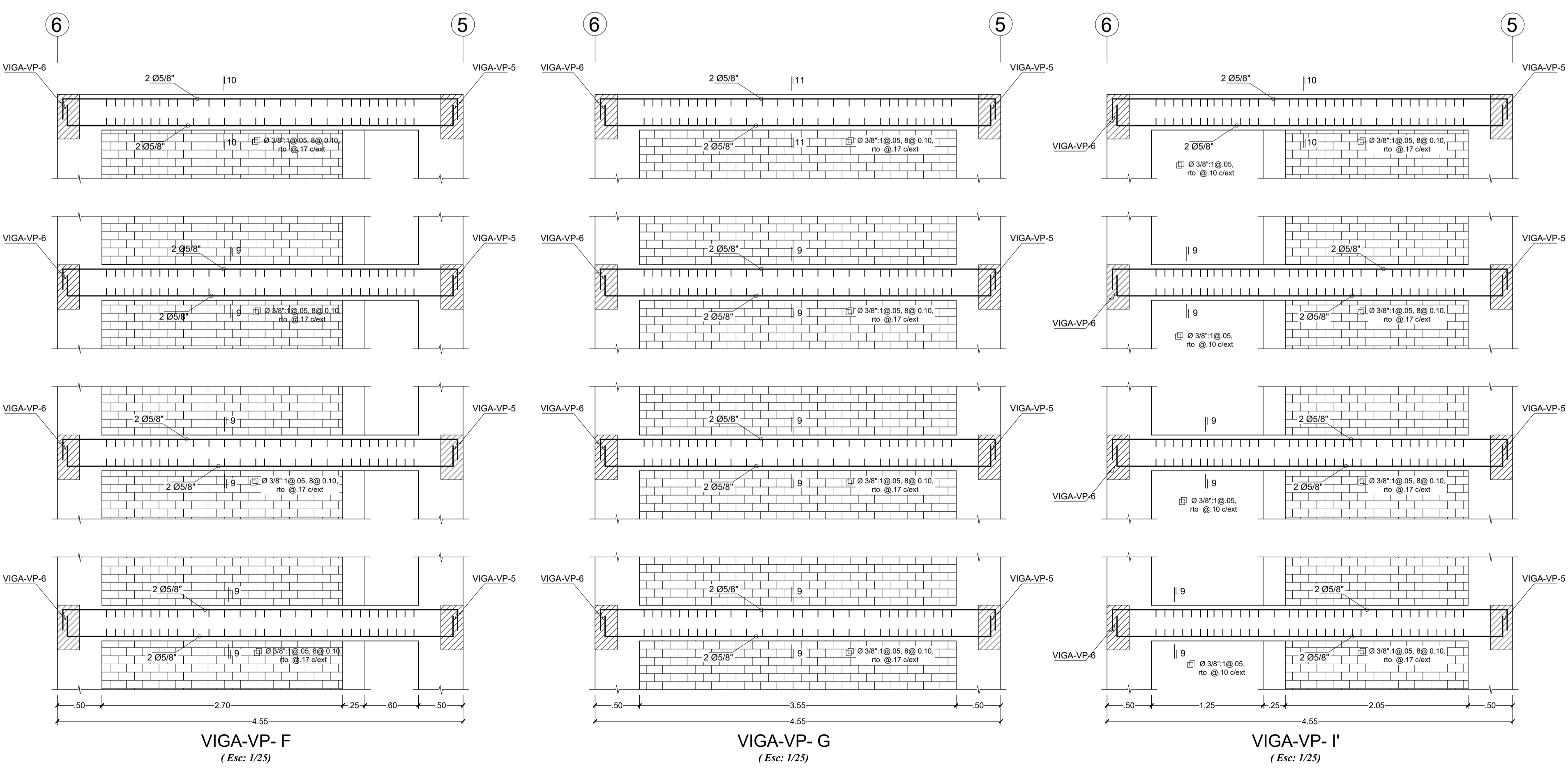


DETALLE TÍPICO DE ALIGERADO H=0.20M ESC: S/E



DETALLE DE ANCLAJE Y RECUBRIMIENTO EN VIGUETAS ESC: 1/20

NOTA: PARA ALIGERADOS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS, SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 25cm. PARA ø1/8" Y 3/8cm. PARA ø1/2" Y 5/8".



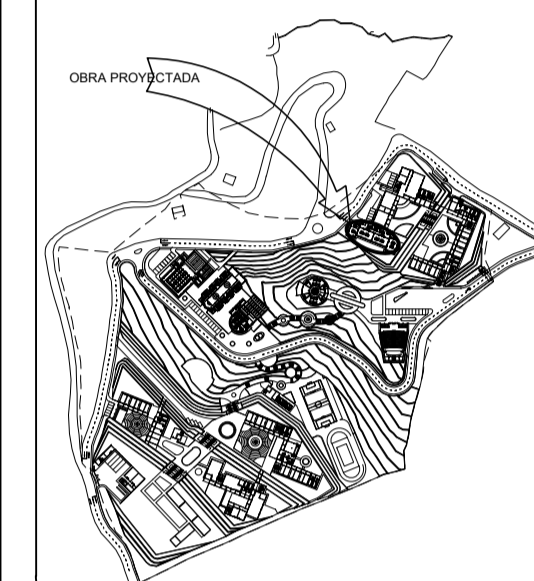


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PLANO CLAVE



PROYECTO:
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMICIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA-CAJAMARCA" SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
BLOCK 4 - ESTRUCTURAS

DETALLES DE VIGAS VP-5, VP-6

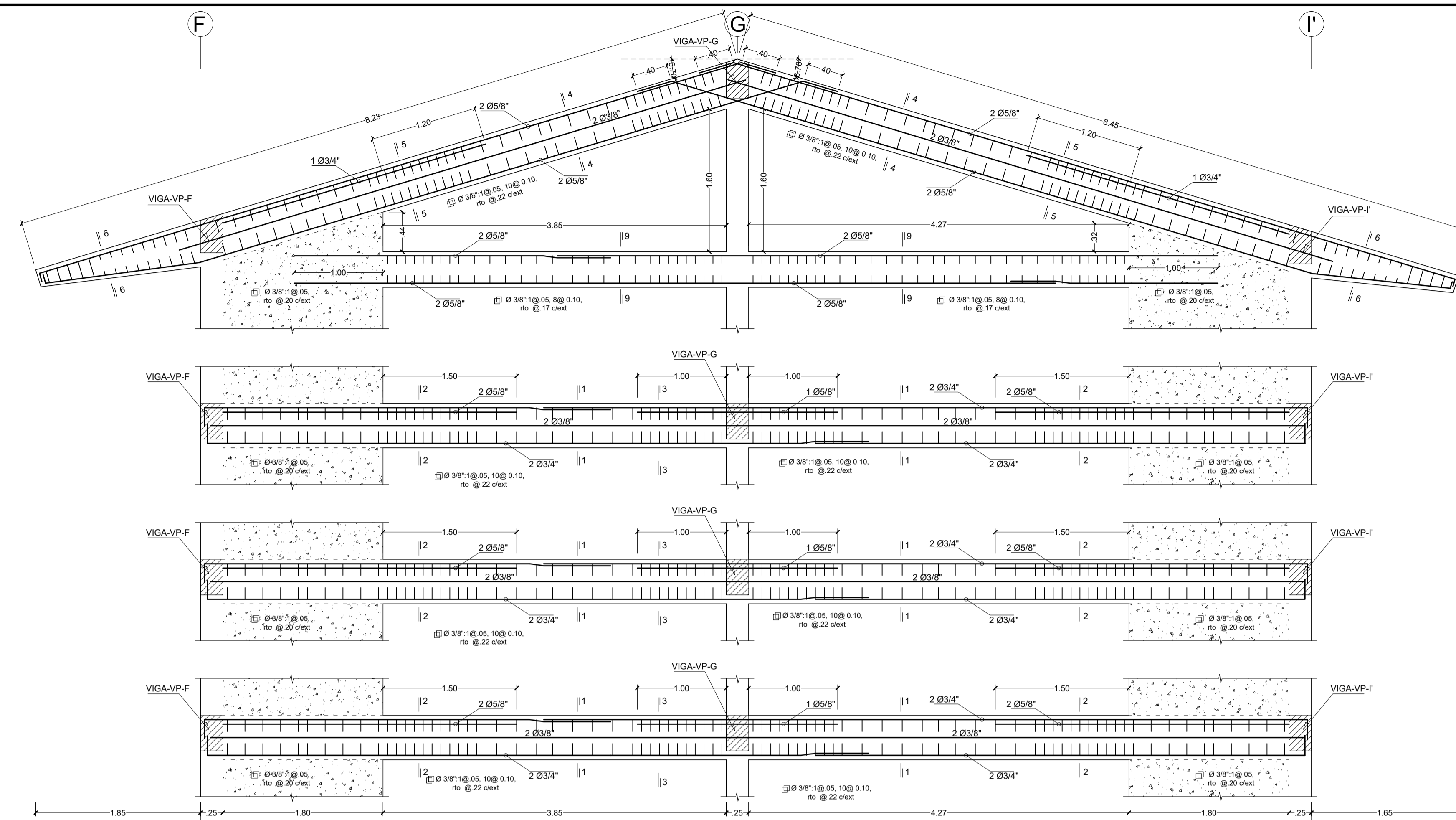
PROYECTISTA:
ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
CIP: 98015

COLABORADORES:

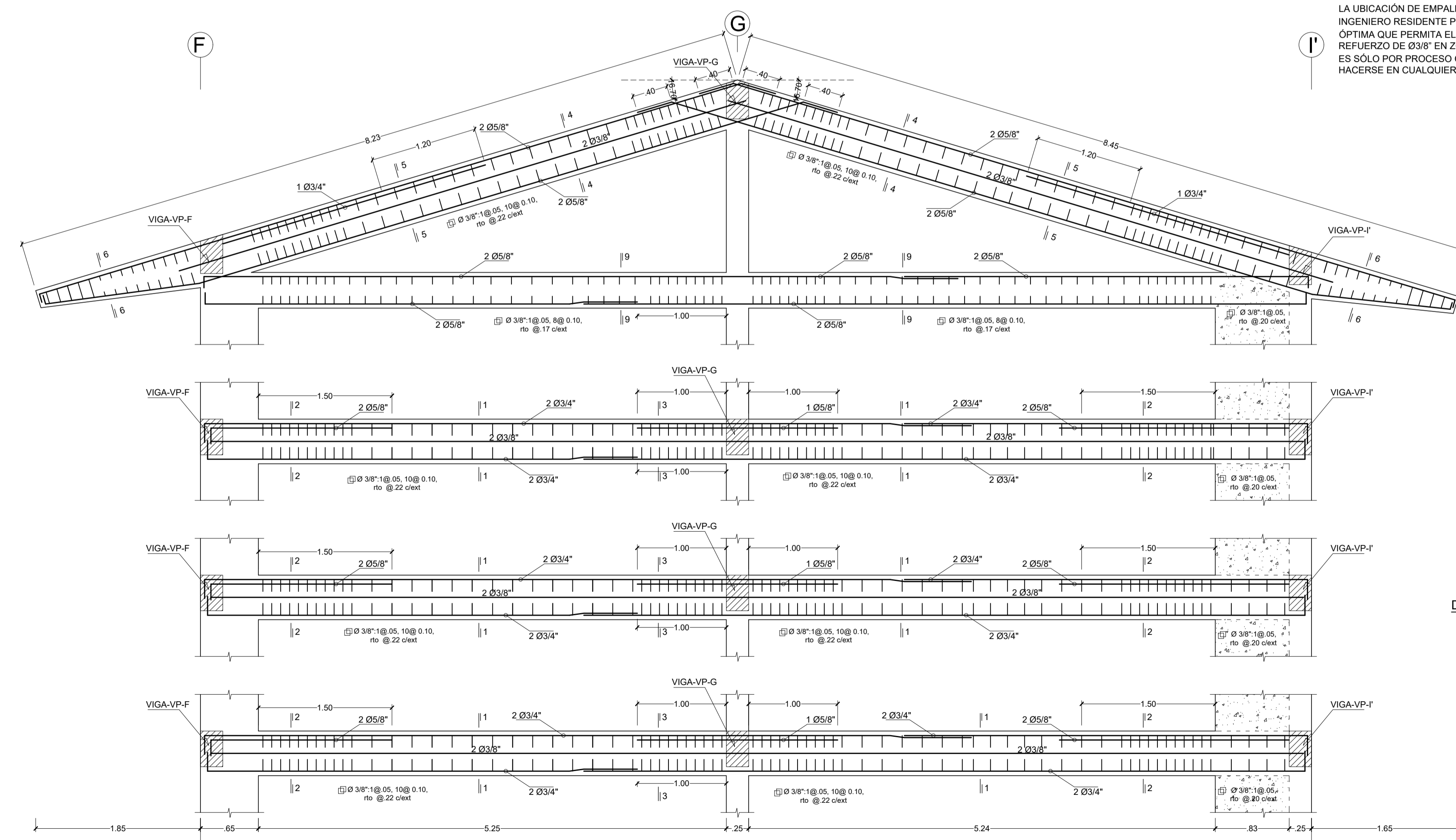
FECHA:
ENERO 2017

ESCALA:
1/50

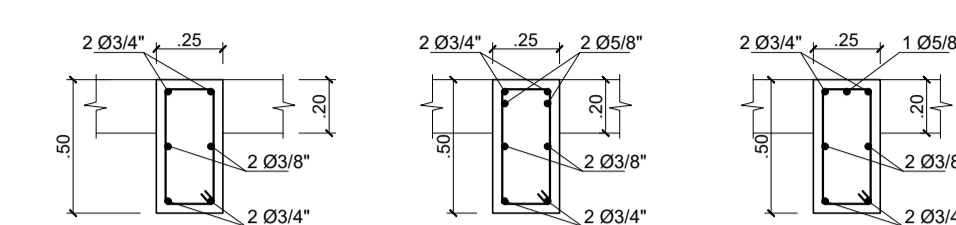
LAMINA:
E-31



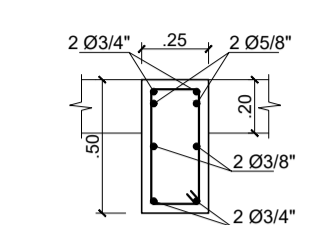
VIGA-VP-6
(Esc: 1/25)



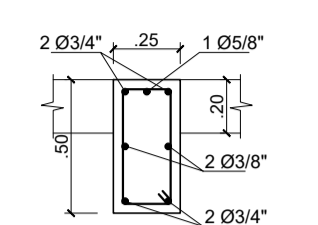
VIGA-VP-5
(Esc: 1/25)



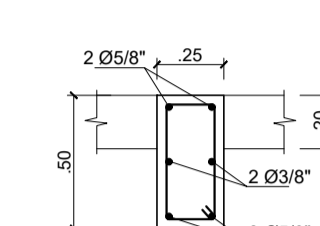
Sección 1-1
(0.25x0.50)
Ø 3/8" 1@0.05, 10@ 0.10, no @ 22 c/cmt



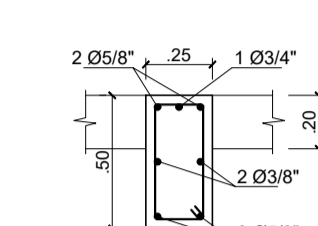
Sección 2-2
(0.25x0.50)
Ø 3/8" 1@0.05, 10@ 0.10, no @ 22 c/cmt



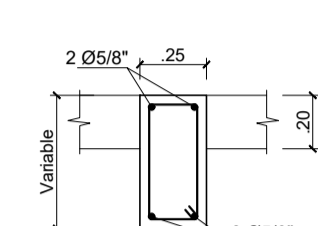
Sección 3-3
(0.25x0.50)
Ø 3/8" 1@0.05, 10@ 0.10, no @ 22 c/cmt



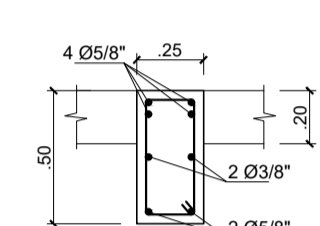
Sección 4-4
(0.25x0.50)
Ø 3/8" 1@0.05, 10@ 0.10, no @ 22 c/cmt



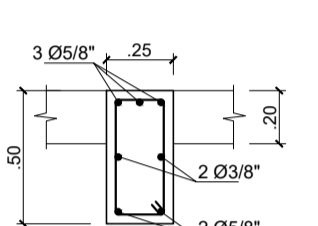
Sección 5-5
(0.25x0.50)
Ø 3/8" 1@0.05, 10@ 0.10, no @ 22 c/cmt



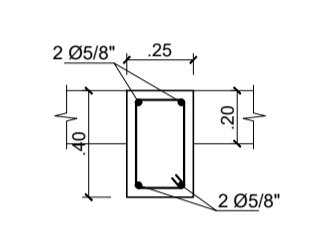
Sección 6-6
(0.25x0.50)
Ø 3/8" 1@0.05, no @ 125 c/cmt



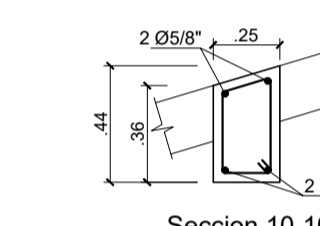
Sección 7-7
(0.25x0.50)
Ø 3/8" 1@0.05, 10@ 0.10, no @ 22 c/cmt



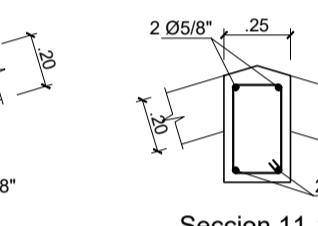
Sección 8-8
(0.25x0.50)
Ø 3/8" 1@0.05, 10@ 0.10, no @ 22 c/cmt



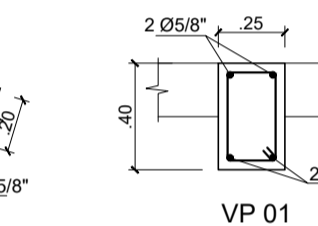
Sección 9-9
(0.25x0.40)
Ø 3/8" 1@0.05, 8@ 0.10, no @ 17 c/cmt



Sección 10-10
(0.25x0.55)
Ø 3/8" 1@0.05, 10@ 0.10, no @ 17 c/cmt

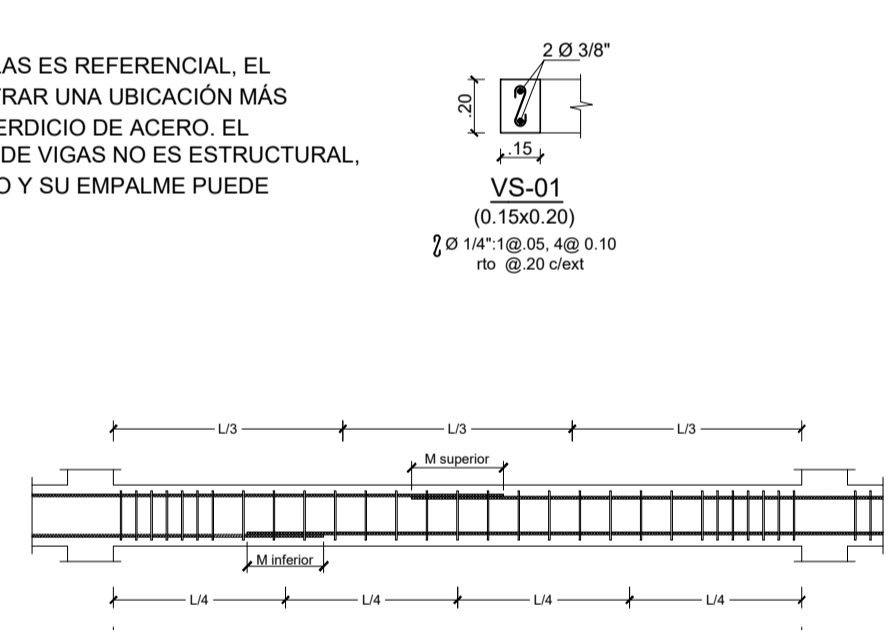


Sección 11-11
(0.25x0.40)
Ø 3/8" 1@0.05, 8@ 0.10, no @ 17 c/cmt



VP 01
(0.25x0.40)
Ø 3/8" 1@0.05, 8@ 0.10, no @ 17 c/cmt

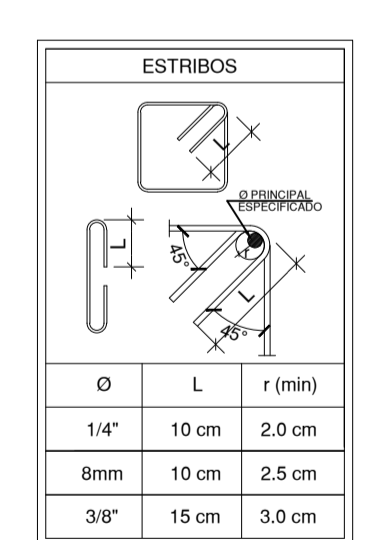
NOTA:
LA UBICACION DE EMPALMES DE VARILLAS ES REFERENCIAL, EL INGENIERO RESIDENTE PODRA ENCONTRAR UNA UBICACION MÁS ÓPTIMA QUE PERMITA EL MENOR DESPERDICIO DE ACERO. EL REFUERZO DE Ø3/8" EN ZONA CENTRAL DE VIGAS NO ES ESTRUCTURAL, ES SÓLO POR PROCESO CONSTRUCTIVO Y SU EMPALME PUEDE HACERSE EN CUALQUIER LUGAR.



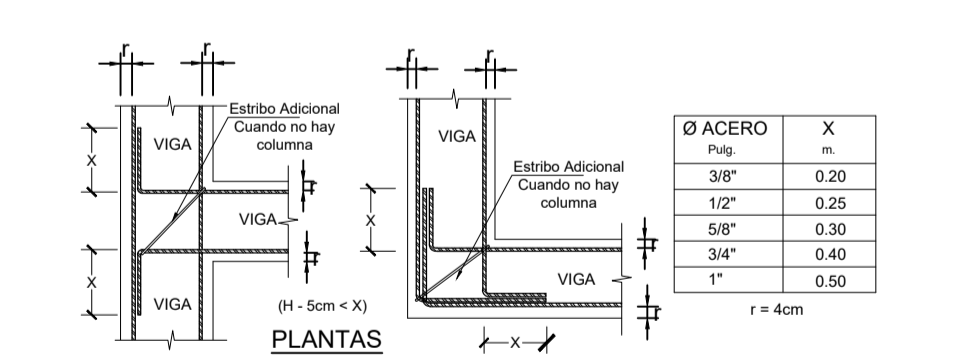
DETALLE DE LA UBICACION Y LONGITUD DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS
ESC: 3/4"

VALORES DE "M"		
Ø ACERO	M inferior	M superior
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	130.00

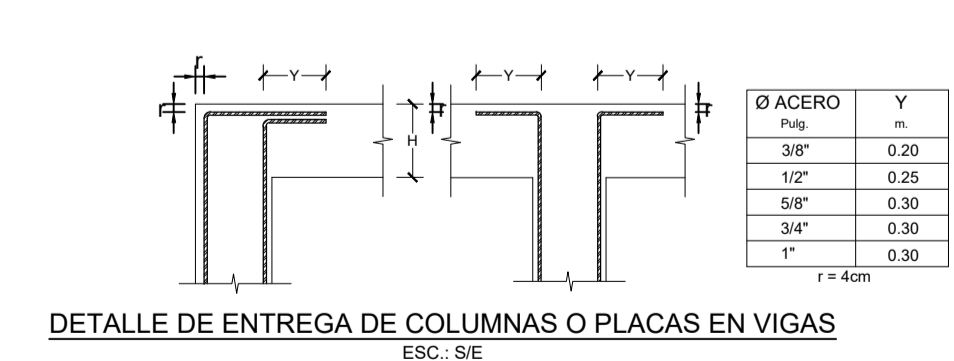
NOTA:
1. CUANDO SON VARILLAS DE DIFERENTE Ø SE TOMARA EL VALOR MAYOR.
2. PARA LAS VARILLAS DEL Ø DEL ACERO TOTAL EN LA SECCION REQUERIDA.
3. LOS CASOS DE NO EMPALMARE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS HORizontALES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 50% COMPARADO AL PREVIAMENTE.
4. PARA LAS VARILLAS DE Ø 3/8" EN EL CASO REFERIDO EMPALMARE SOBRE LOS APÓYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME OTRA A QUEM PARA Ø 3/8" 1" PARA Ø 1/2" 1.5".



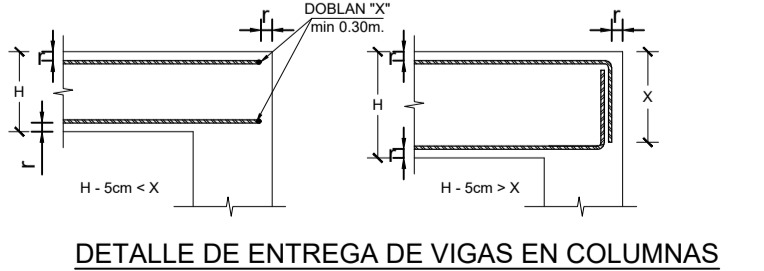
DETALLE DOBLADO DE ESTRIBO
ESC: 3/4"



ANCLAJE HORIZONTAL DE VIGAS EN EXTREMOS
ESC: 3/4"



DETALLE DE ENTREGA DE COLUMNAS O PLACAS EN VIGAS
ESC: 3/4"



DETALLE DE ENTREGA DE VIGAS EN COLUMNAS
ESC: 3/4"

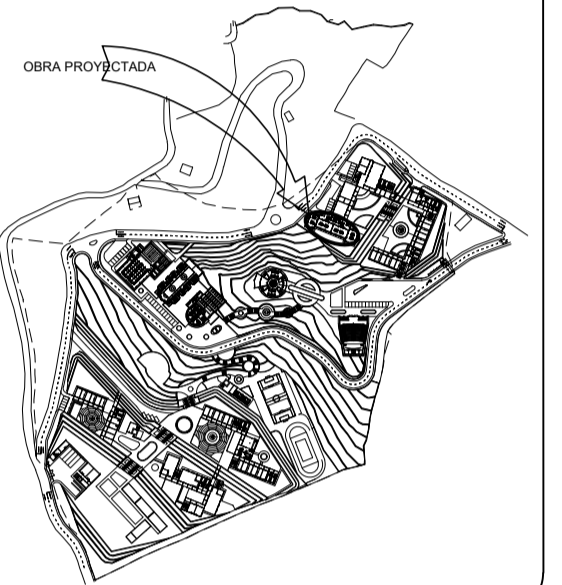


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PLANO CLAVE



PROYECTO:

MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
 PROVINCIA : CHOTA
 DISTRITO : CHOTA
 LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:

ESTRUCTURAS
 ESCALERA Nº1

PROYECTISTA:

ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
 CIP: 98015

COLABORADORES:

FECHA:

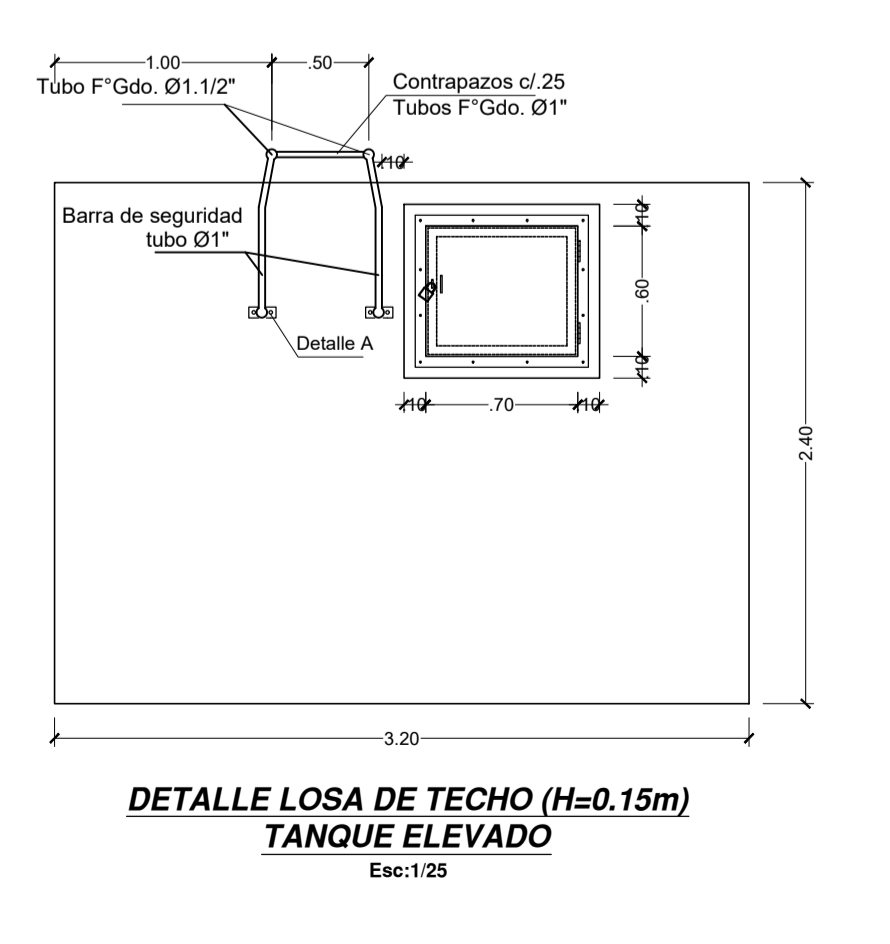
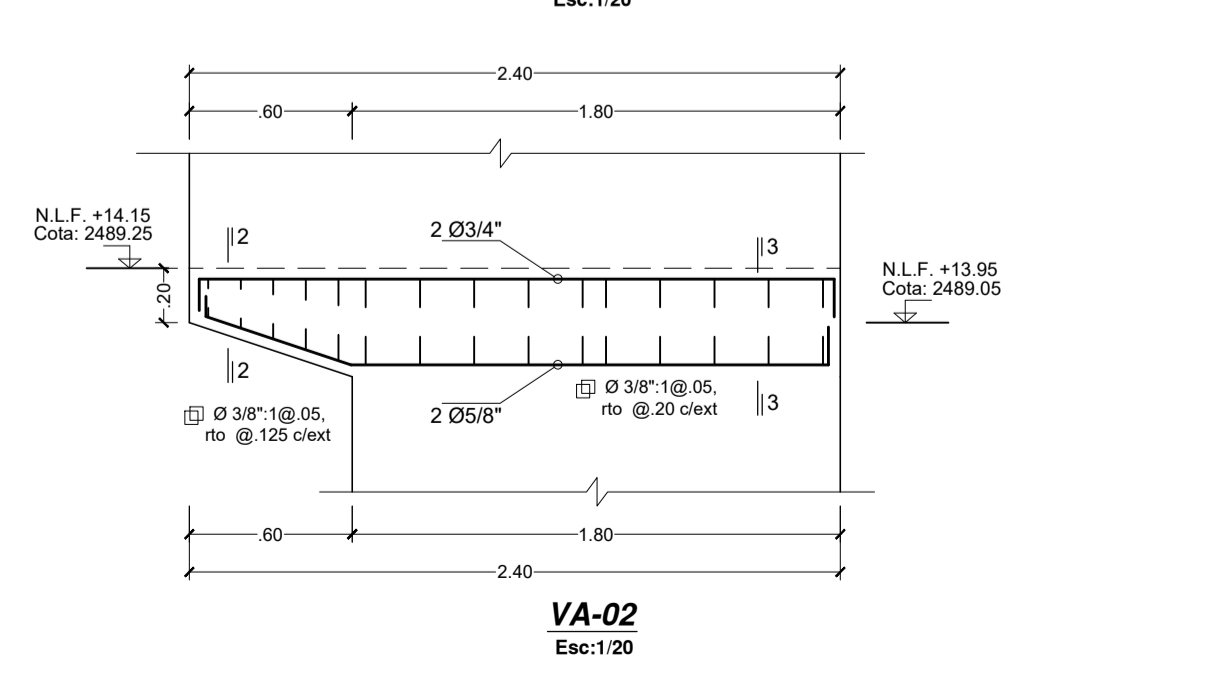
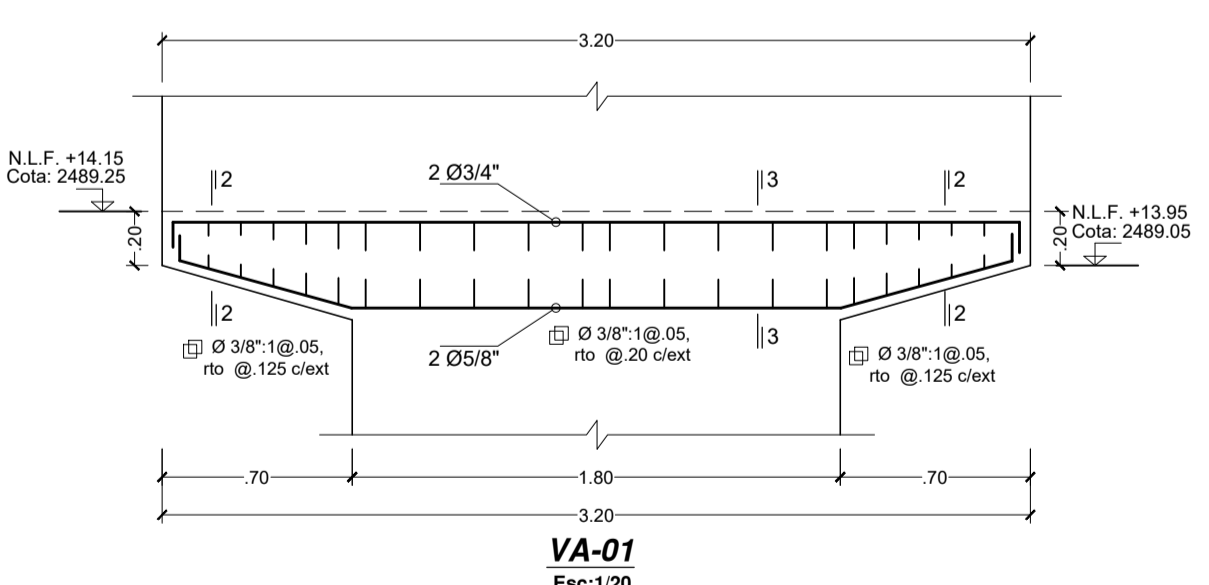
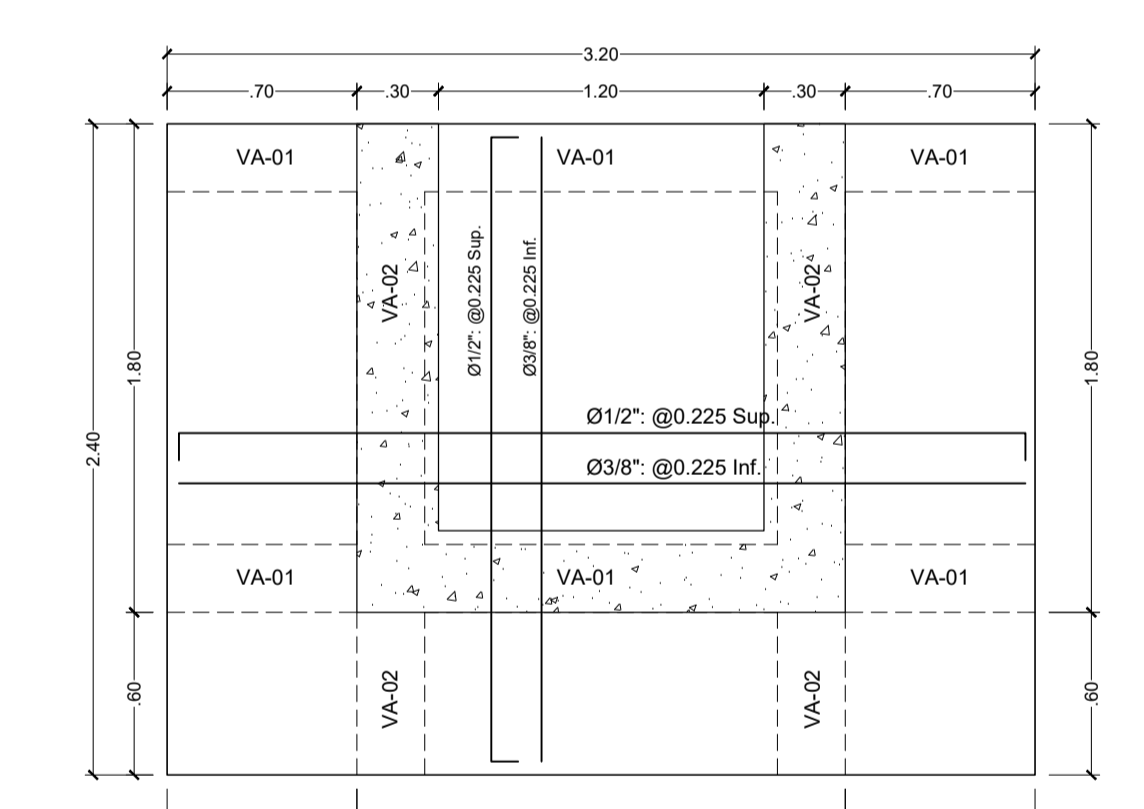
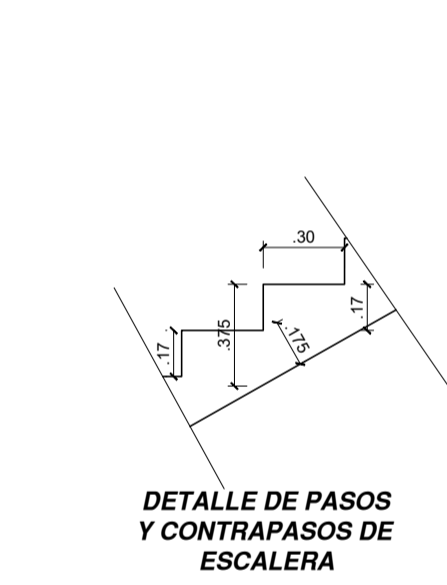
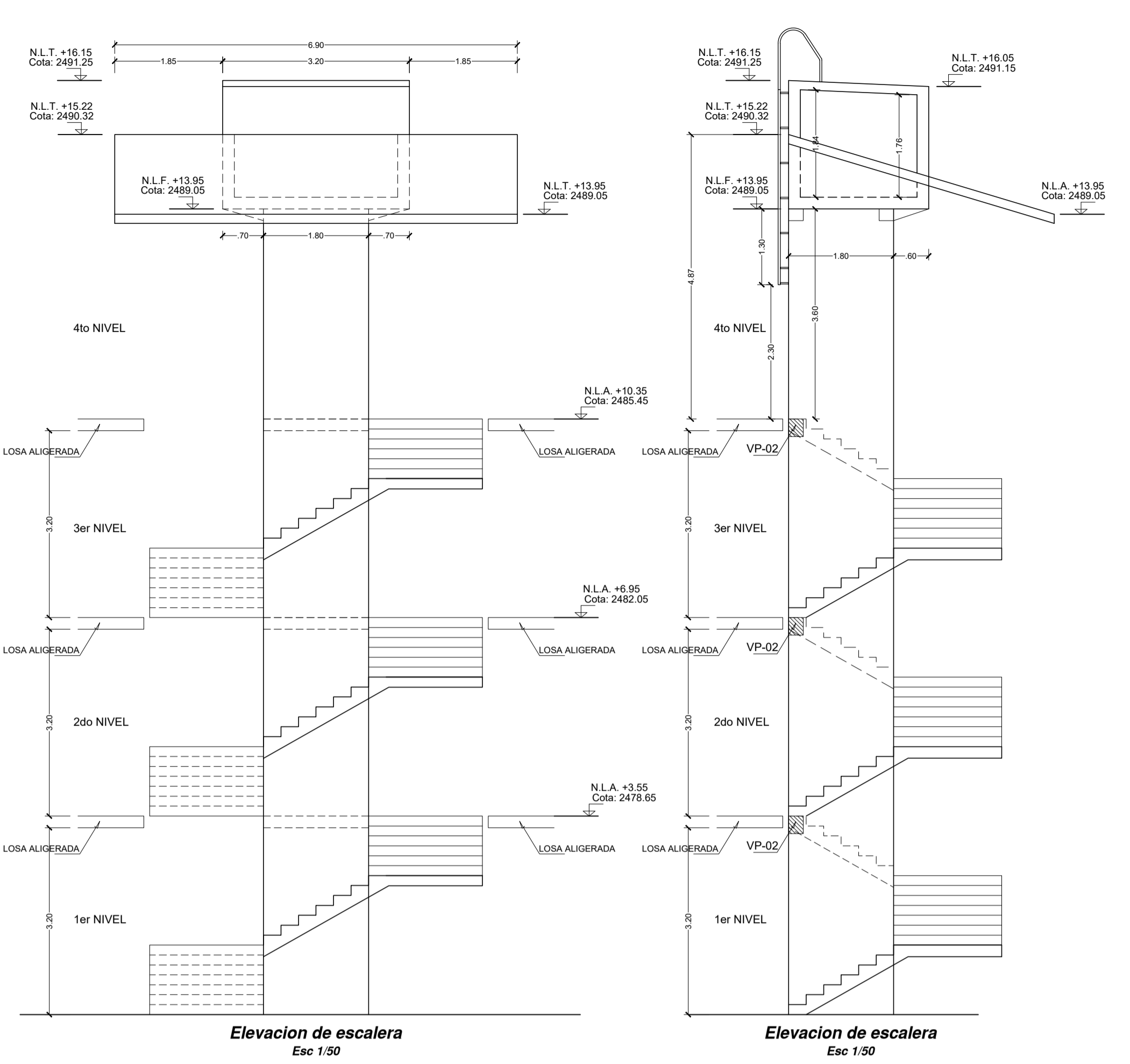
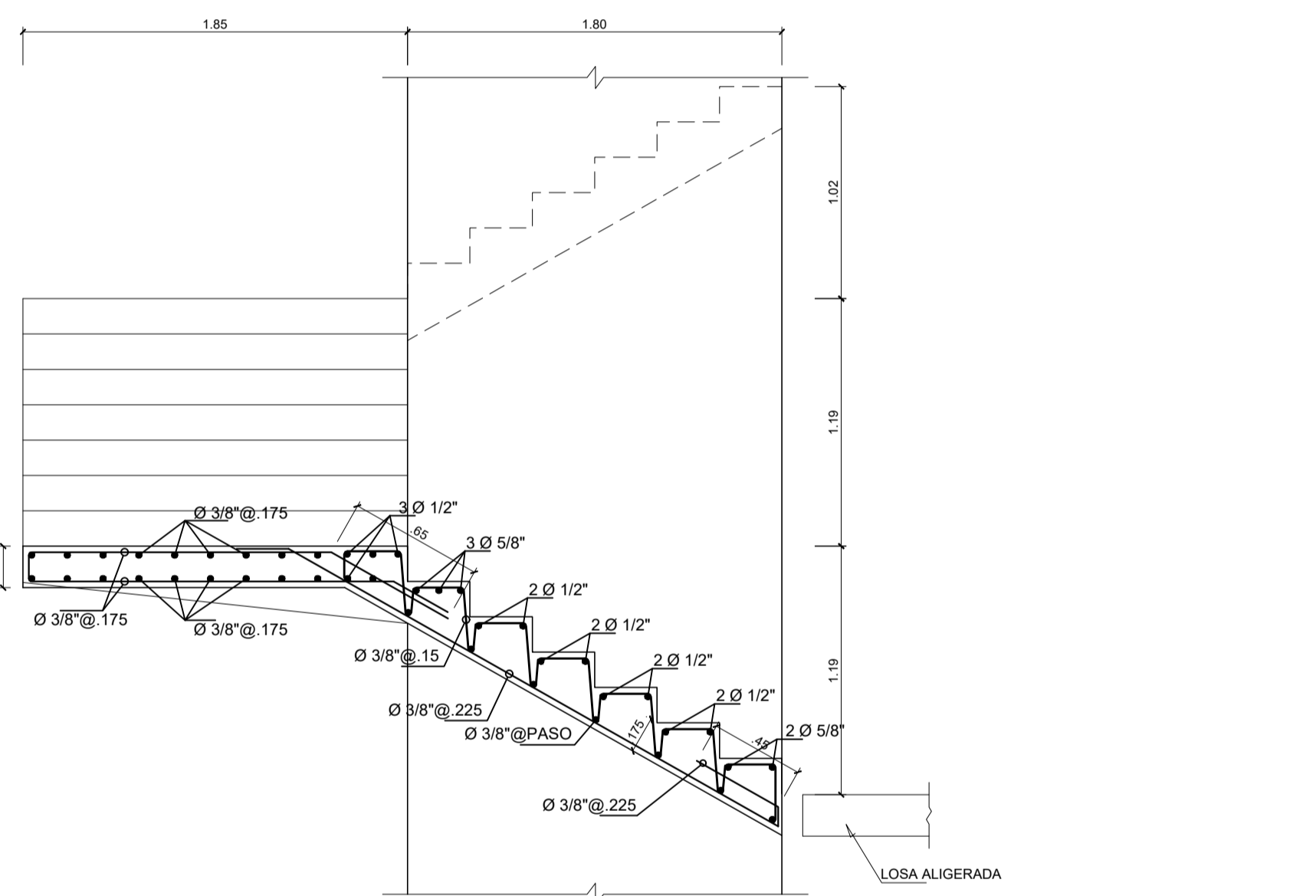
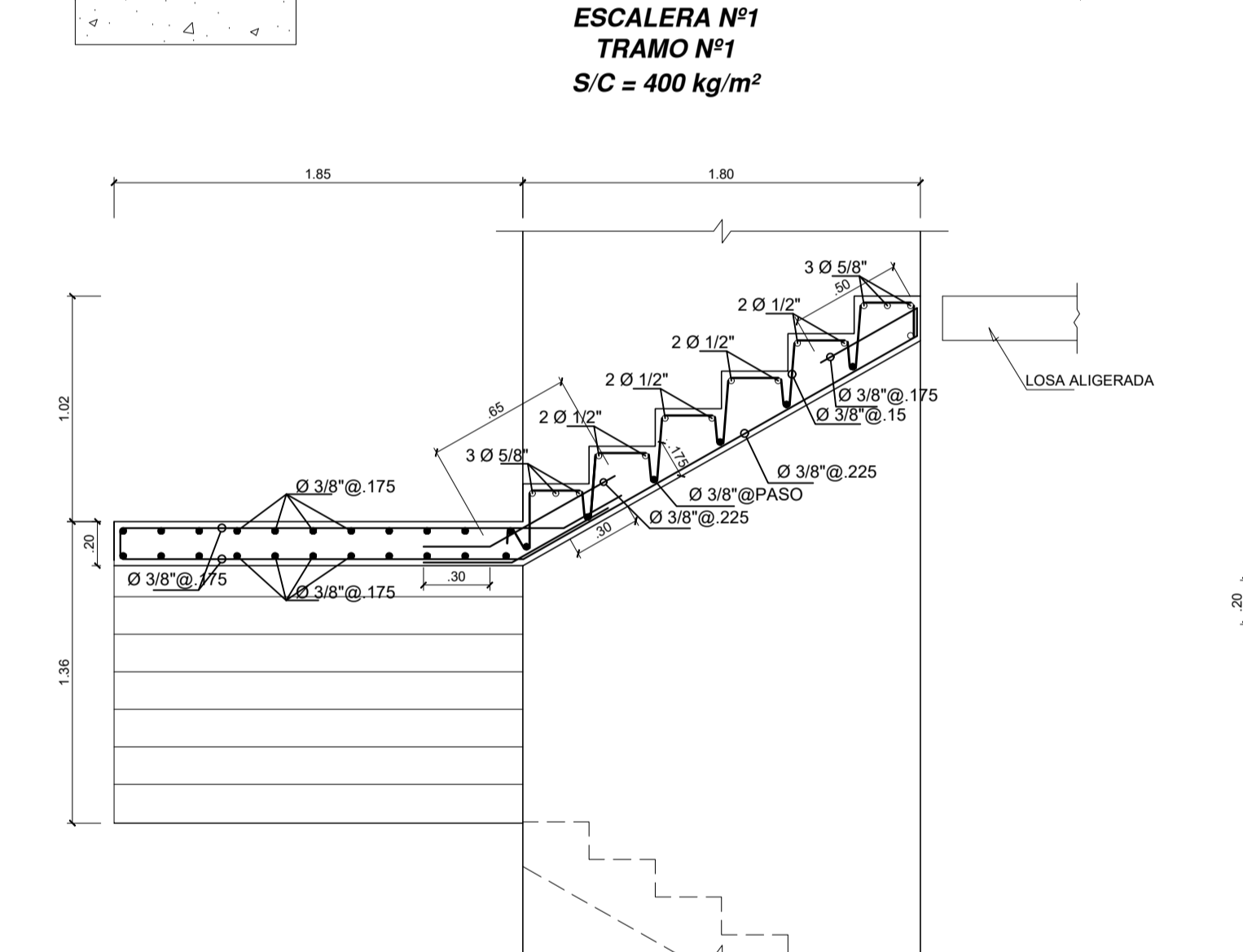
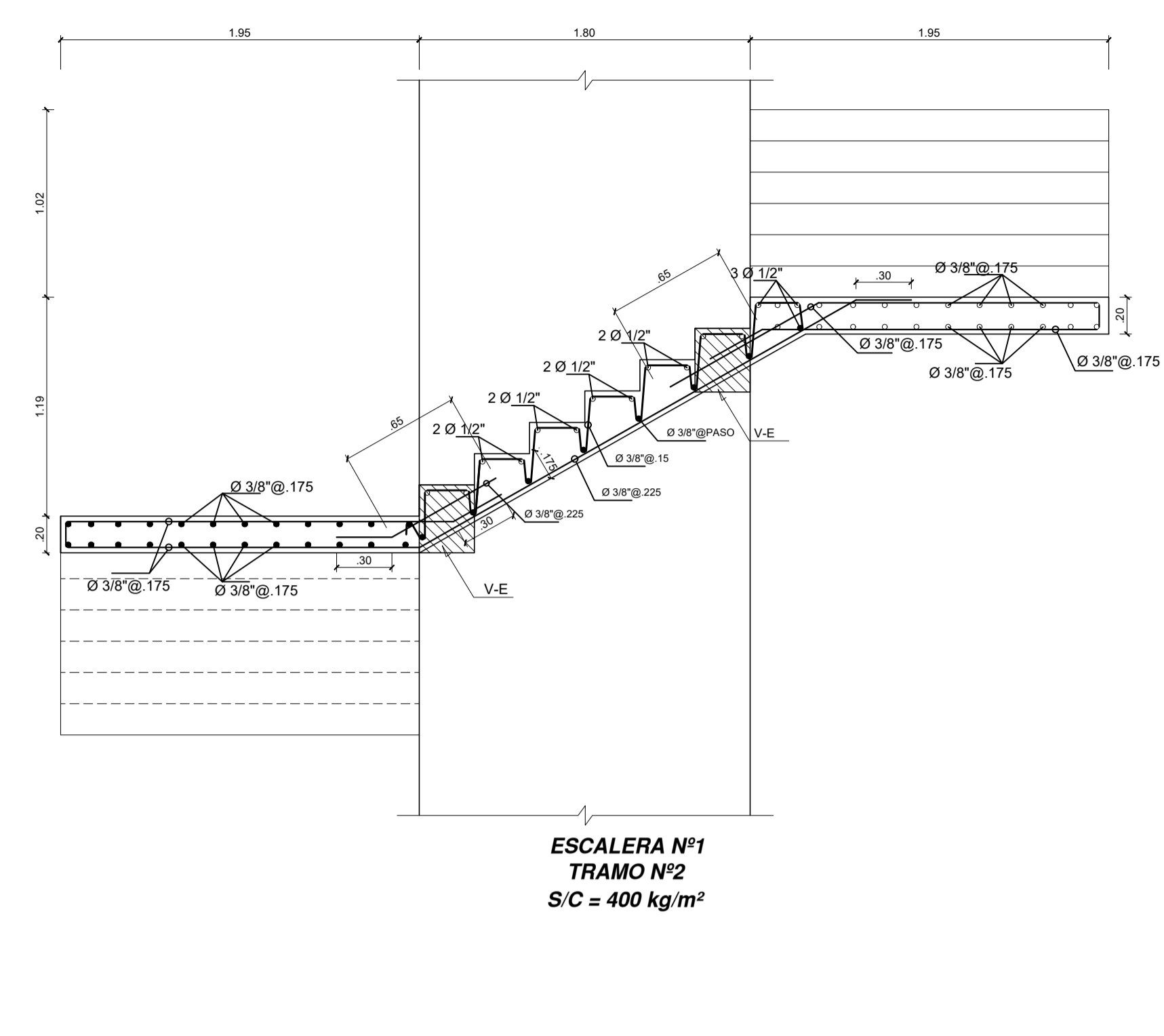
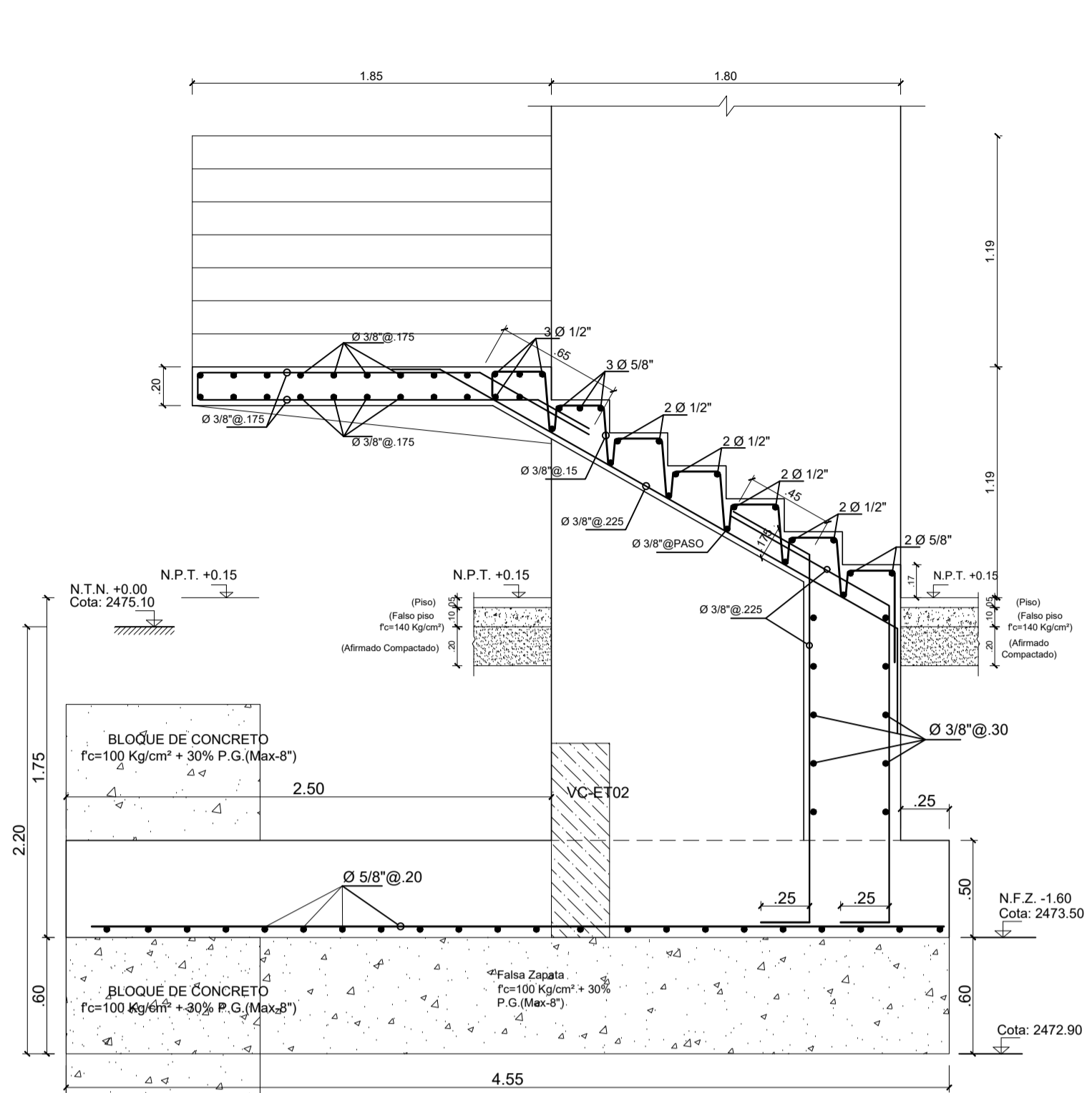
ENERO 2017

ESCALA:

1/50

LAMINA:

E-35



ESPECIFICACIONES TECNICAS

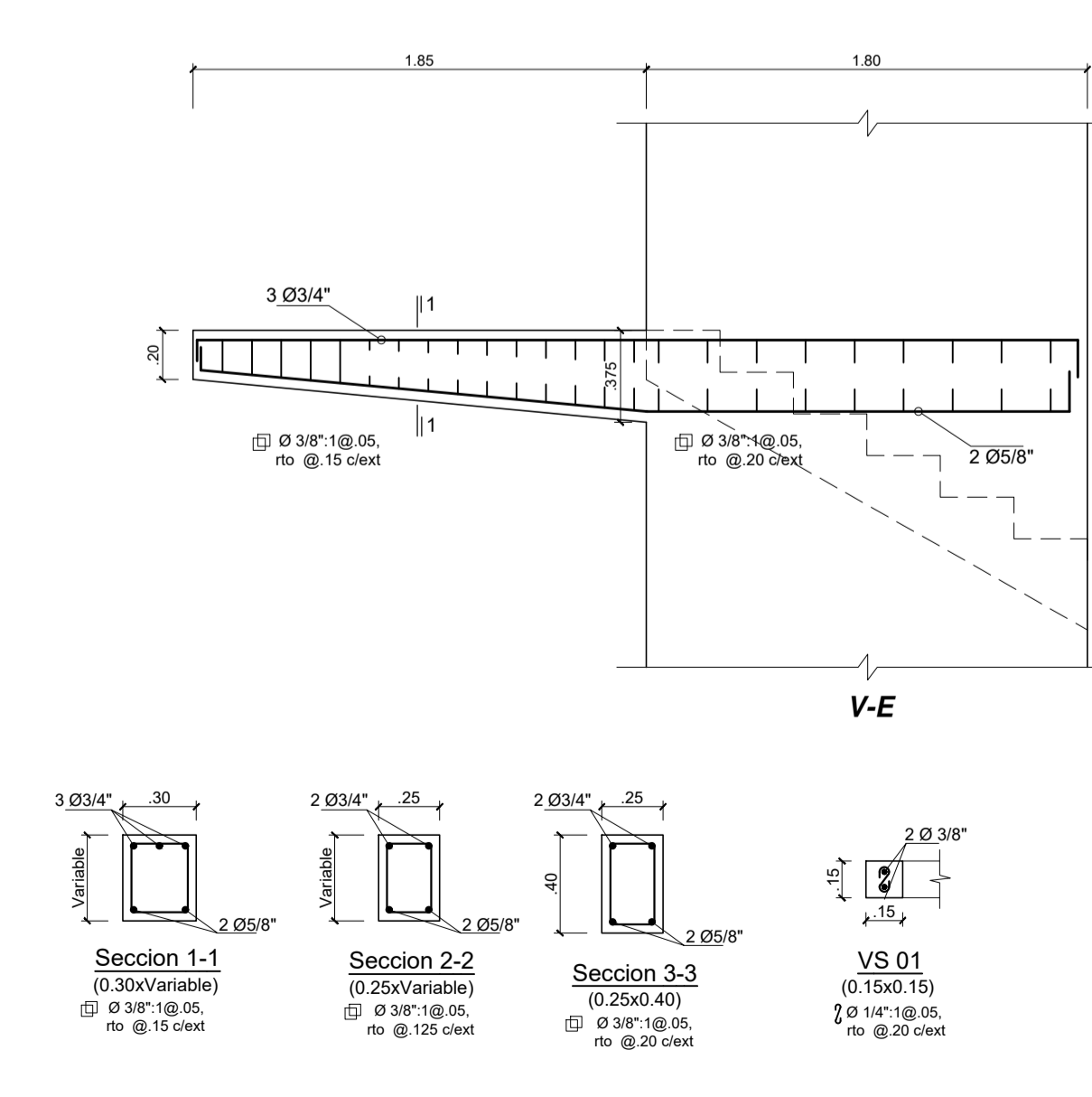
A. CONDICIONES DE CIMENTACION:
 CAPACIDAD PORTANTE: $\phi = 0.87 \text{ Kg/cm}^2$ (Chequear en Obra)
 PROFUNDIDAD DE CIMENTACION: $\phi \geq 2.0 \text{ m}$ (Resp. N.T.N.)
 TIPO DE CIMENTACION: VIGAS DE CIMENTACION
 AGRESIVIDAD DEL SUELO: NO REGISTRA
 FACTOR DE SEGURIDAD: 3
 ESTRATO DE APOYO: ARCILLA LIMOSAS MEDIANAMENTE CONSOLIDADA Y HUMEDO

B. MATERIALES
ACERO
 ASTM A-615 GRADO 60 CORRUGADO $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$
CONCRETO
 FALZA ZAPATA $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ PG (Max-8')}$
 CEMENTO CORRIDOS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
 ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTAC. $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
 COLUMNAS, PLACAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
 VIGAS Y LOSAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
 ESCALERAS $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
 COLUMNETAS, VIGUETAS $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
CEMENTO PORTLAND TIPO I EN GENERAL
CEMENTO PORTLAND TIPO MS
 PARA ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO

C. RECURRIMIENTOS
 COLUMNETAS, PLACAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO 2.5 cm
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS 4.0 cm
 ALIGERADO Y VIGAS CHATAS 2.5 cm
 ESCALERAS 2.5 cm
 FONDOS DE VIGA Y ZAPATA SOBRE SOLADOS 5.0 cm
 COSTADOS DE ZAPATAS NO ENCOFRADOS 7.5 cm
 COSTADO DE CIMENTACIONES ENCOFRADOS 5.0 cm.

D. SOBRECARGAS
 LABORATORIOS 300 KG/M2
 HS.HL 250 KG/M2
 ESCALERAS 400 KG/M2
 CORRIDORES 400 KG/M2
 OFICINAS 250 KG/M2
 SALA DE COMPUTO 250 KG/M2
 AULAS 250 KG/M2
 BIBLIOTECA 300 KG/M2
 BIBLIOTECA (ALMACEN) 750 KG/M2
 DEPOSITO (ESCALERA) 200 KG/M2

E. NORMAS DE DISEÑO
 CARGAS E-200
 DISEÑO SISMO RESISTENTE E-300
 DISEÑO DE CONCRETO ARMADO E-600
 SUELOS Y CIMENTACIONES E-650
 ALBAÑERIA E-700



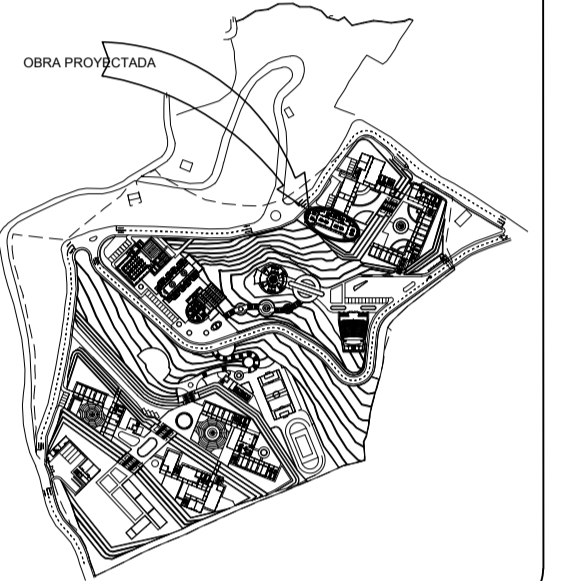


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PLANO CLAVE



PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA : CHOTA
DISTRITO : CHOTA
LOCALIDAD : COLPAHUACARIZ



DESCRIPCIÓN DEL PLANO:
ESTRUCTURAS
ESCALERA N°1
DETALLE DE PLACA

PROYECTISTA:
ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
CIP: 98015
COLABORADORES:

FECHA:
ENERO 2017

ESCALA:
1/50

LAMINA:
E-36

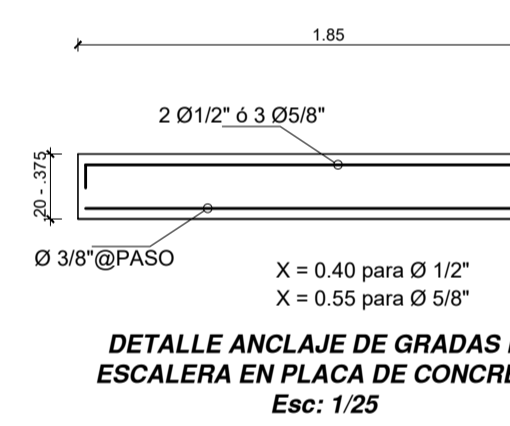
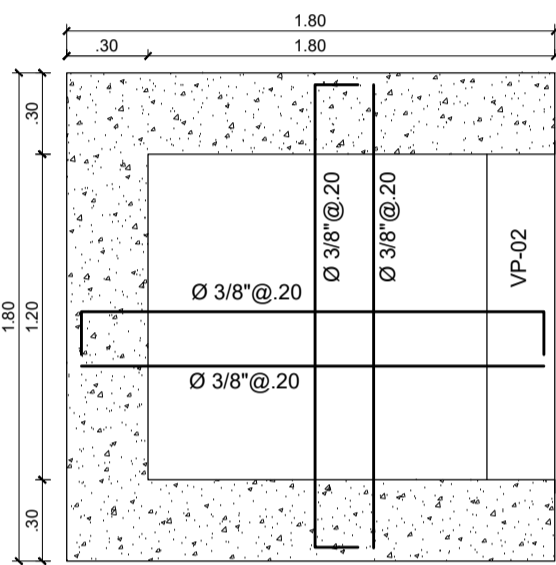
4to NIVEL

3er NIVEL

2do NIVEL

1er NIVEL

REFUERZO ELEVACION LATERAL DE MURO DE TANQUE (Esc: 1/25)



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A. CONDICIONES DE CIMENTACION:	
CAPACIDAD PORTANTE:	$\rho = 0.87 \text{ Kg/cm}^2$ (Chequear en Obra)
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION:	$(D < 2.20 \text{ m (Resp. N.T.N.)})$
TIPO DE CIMENTACION:	VIGAS DE CIMENTACION
AGRESIVIDAD DEL SUELO:	NO REGISTRA
FACTOR DE SEGURIDAD:	3
ESTRATO DE APOYO:	ARCILLA LIMOSAS MEDIANAMENTE CONSOLIDADA Y HUMEDO
B. MATERIALES	
ACERO	
ASTM A - 615 GRADO 60 CORRUGADO	$\gamma = 4.200 \text{ Kg/cm}^2$
CONCRETO	
FALZA ZAPATA	$f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.G. (Max } 8^\circ)$
CIMENTO CORRIDOS	1:10 (C: 10) + 30% P.G. (P: max.)
ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTAC.	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
COLUMNAS, PLACAS	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
VIGAS Y LOSAS	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
ESCALERAS	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
COLUMNETAS, VIGUETAS	$f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
CEMENTO PORTLAND TIPO I EN GENERAL	
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	
PARA ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO	
C. RECURRIMIENTOS	
COLUMNETAS, PLACAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO	2.5 cm
COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS	4.0 cm
ALIGERADO Y VIGAS CHATAS	2.5 cm
ESCALERAS	2.5 cm
FONDOS DE VIGA Y ZAPATA SOBRE SOLADOS	5.0 cm
COSTADOS DE ZAPATAS NO ENCOFRADOS	7.5 cm
COSTADO DE CIMENTACIONES ENCOFRADOS	5.0 cm
D. SOBRECARGAS	
LABORATORIOS	300 KG/M2
SI-MH	200 KG/M2
ESCALERAS	400 KG/M2
CORREDORES	400 KG/M2
OFICINAS	250 KG/M2
SALA DE COMPUTO	250 KG/M2
AULAS	250 KG/M2
BIBLIOTECA	300 KG/M2
BIBLIOTECA (ALMACEN)	750 KG/M2
DEPOSITO (ESCALERA)	200 KG/M2
E. NORMAS DE DISEÑO	
CARGAS	E-620
DISEÑO SISMO RESISTENTE	E-630
DISEÑO DE CONCRETO ARMADO	E-660
SUELOS Y CIMENTACIONES	E-660
ALBAÑILERIA	E-670

DETALLE DE ELEVACION POSTERIOR DE PLACA DE ESCALERA N° 01 (Esc: 1/20)

DETALLE DE ELEVACION LATERAL DE PLACA DE ESCALERA N° 01 (Esc: 1/20)

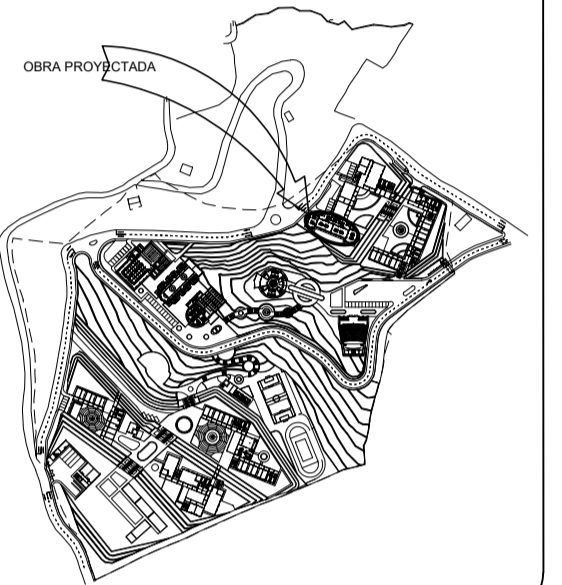


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

NORTE MAGNETICO:



PLANO CLAVE



PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ACADÉMICO DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONOMIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA- CAJAMARCA SNIP 240162

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
LOCALIDAD: COLPAHUACARIZ



DESCRIPCIÓN DEL PLANO: ESTRUCTURAS
ESCALERA N°1
TANQUE ELEVADO

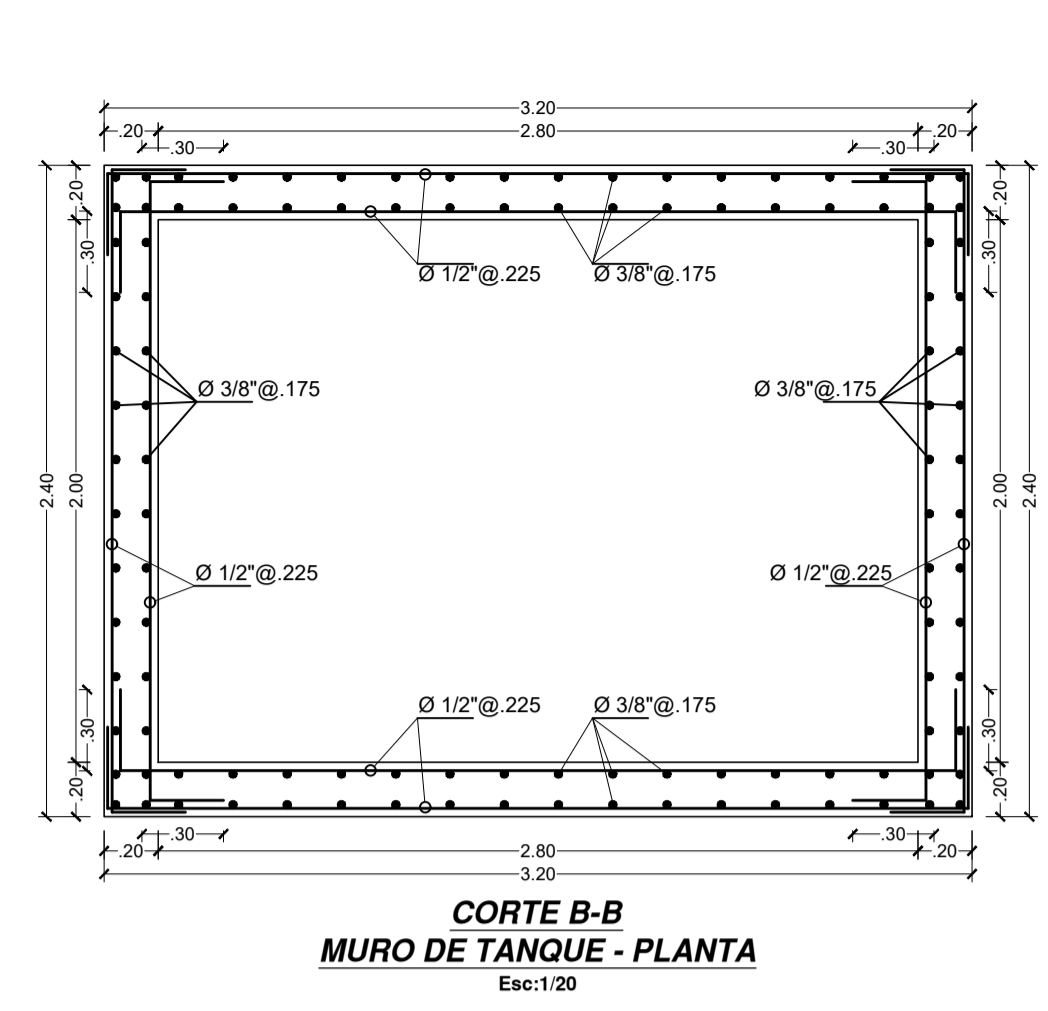
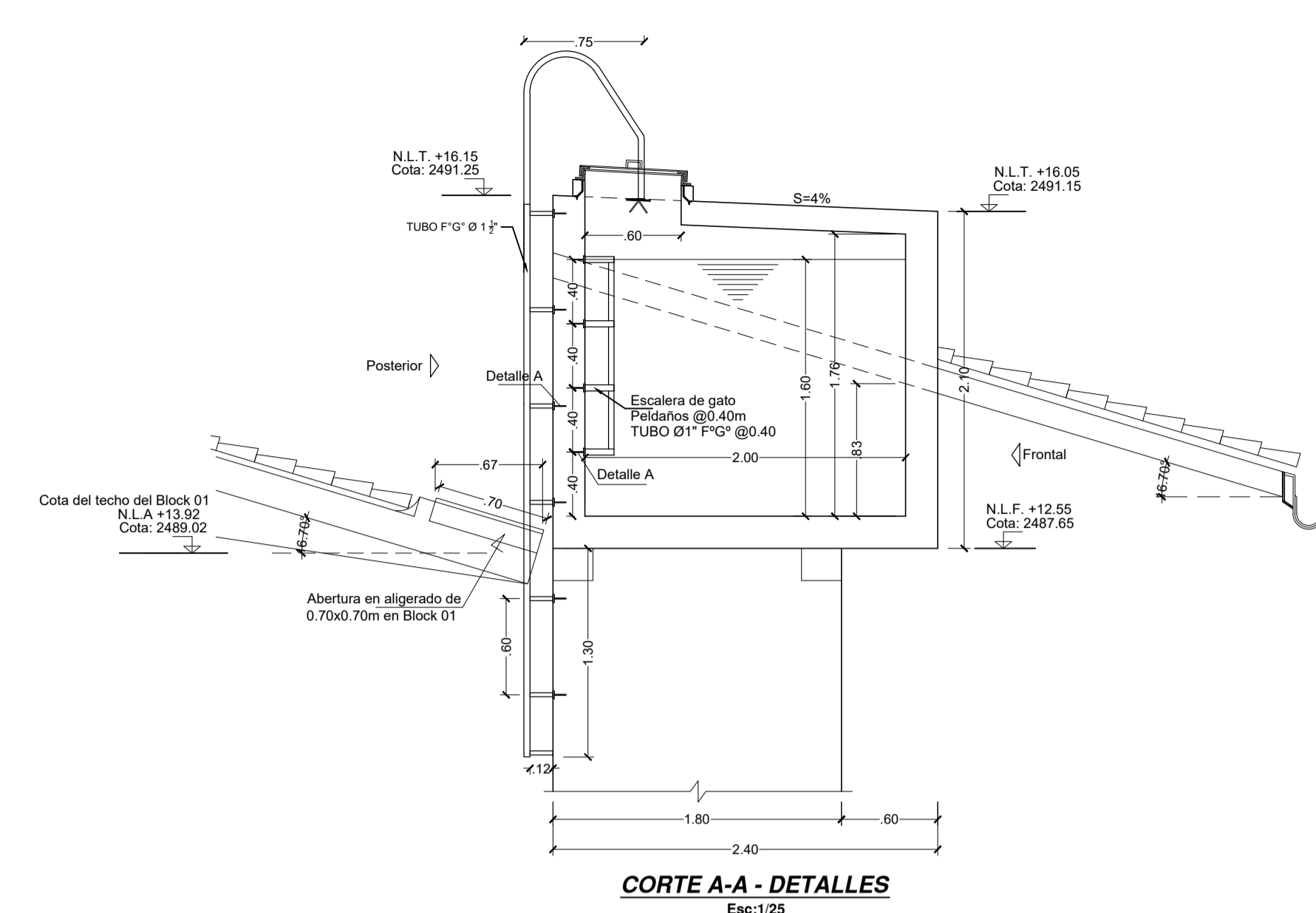
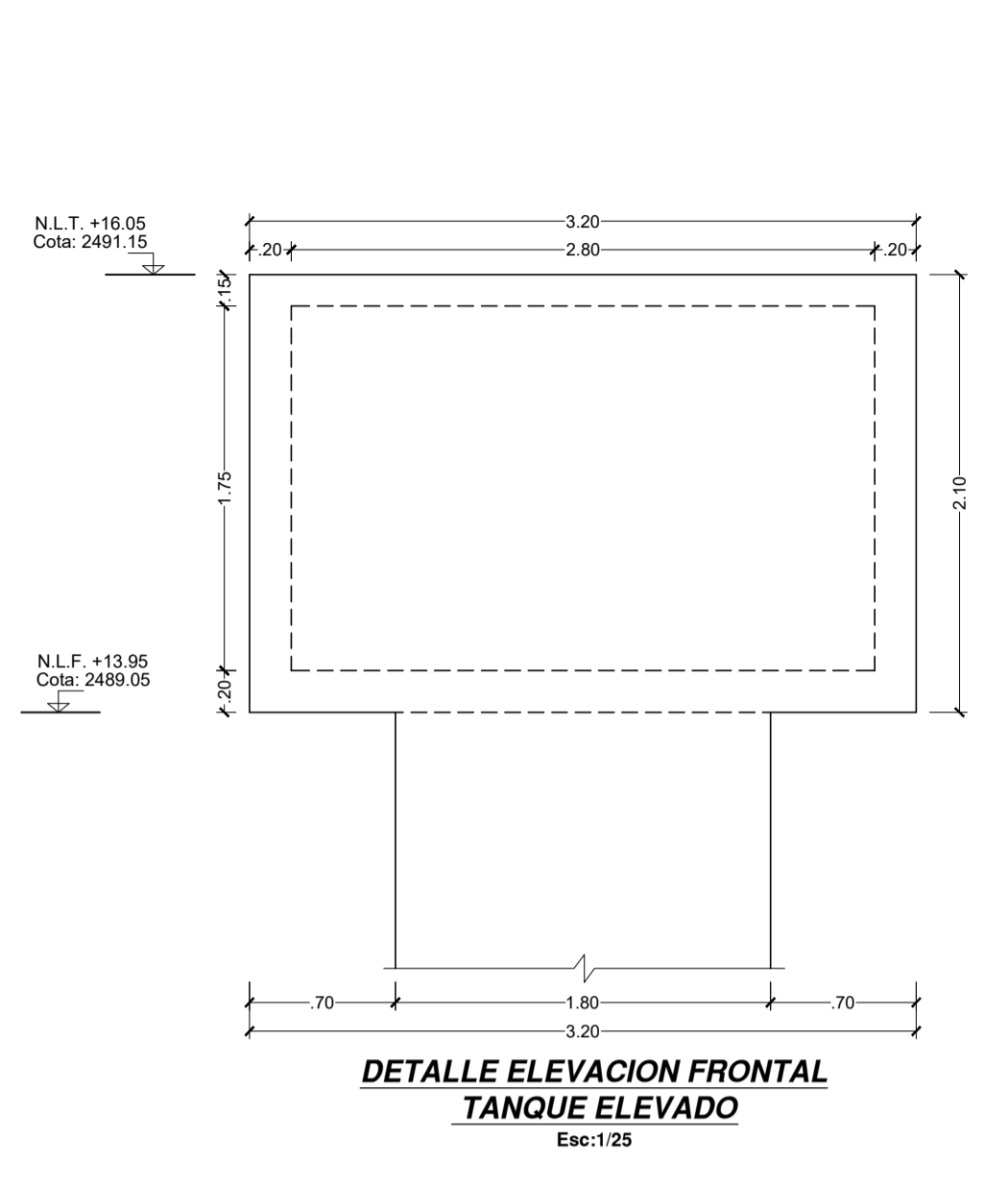
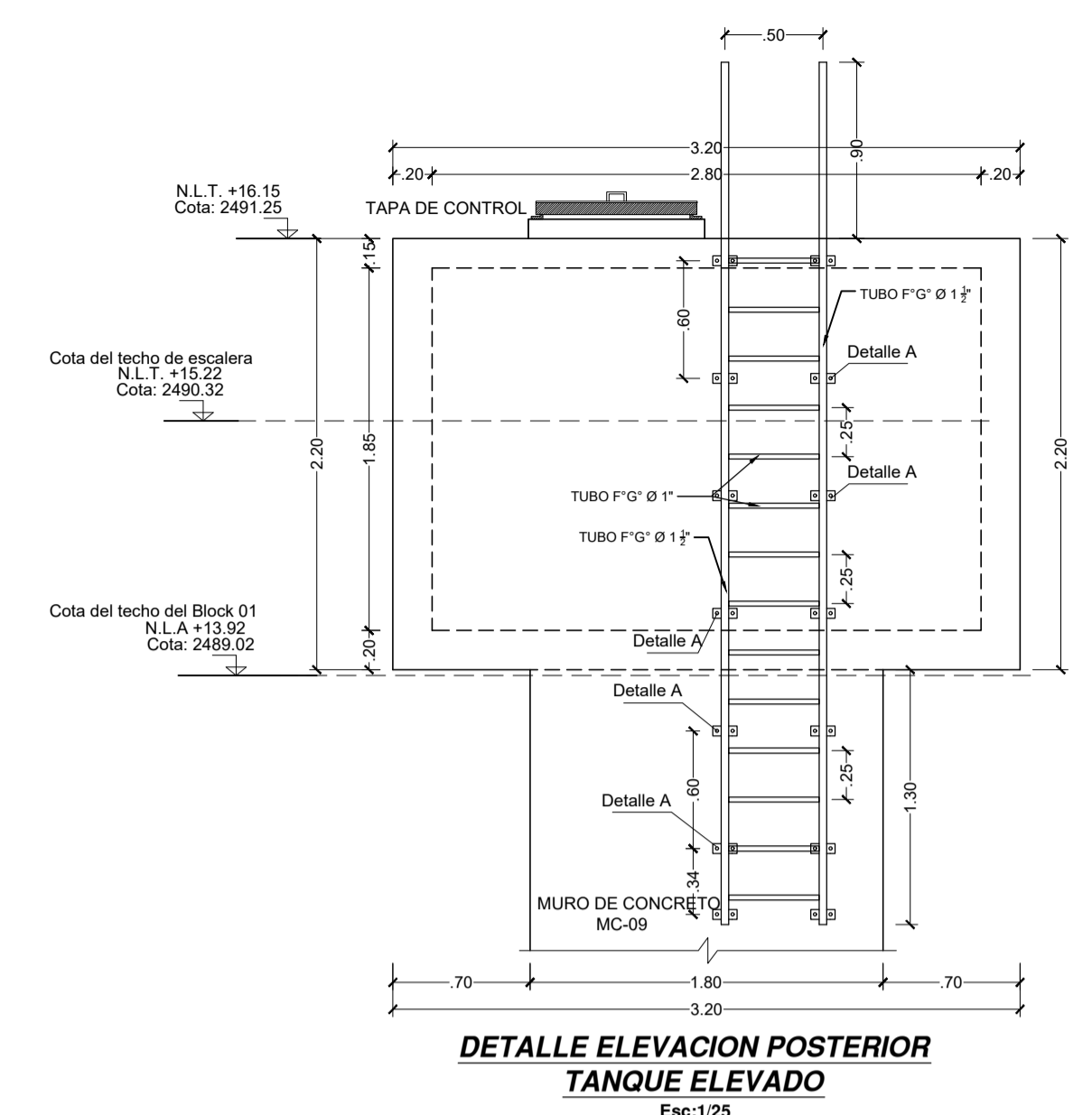
PROYECTISTA: ING. NILTON ARRIOLA CUBAS
CIP: 98015
COLABORADORES:

FECHA: ENERO 2017

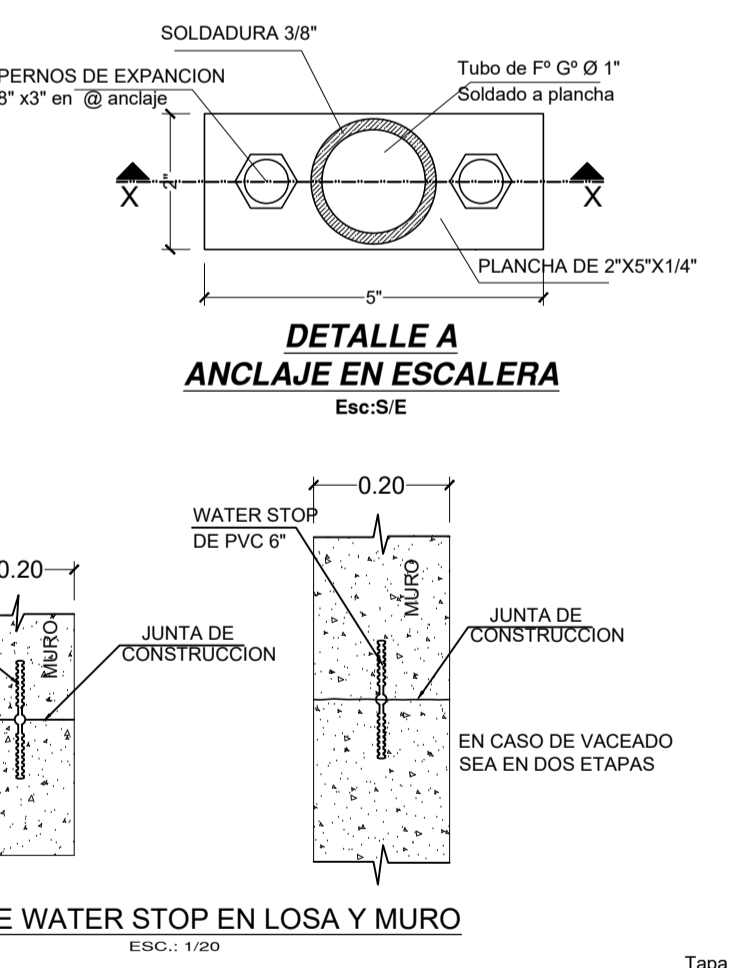
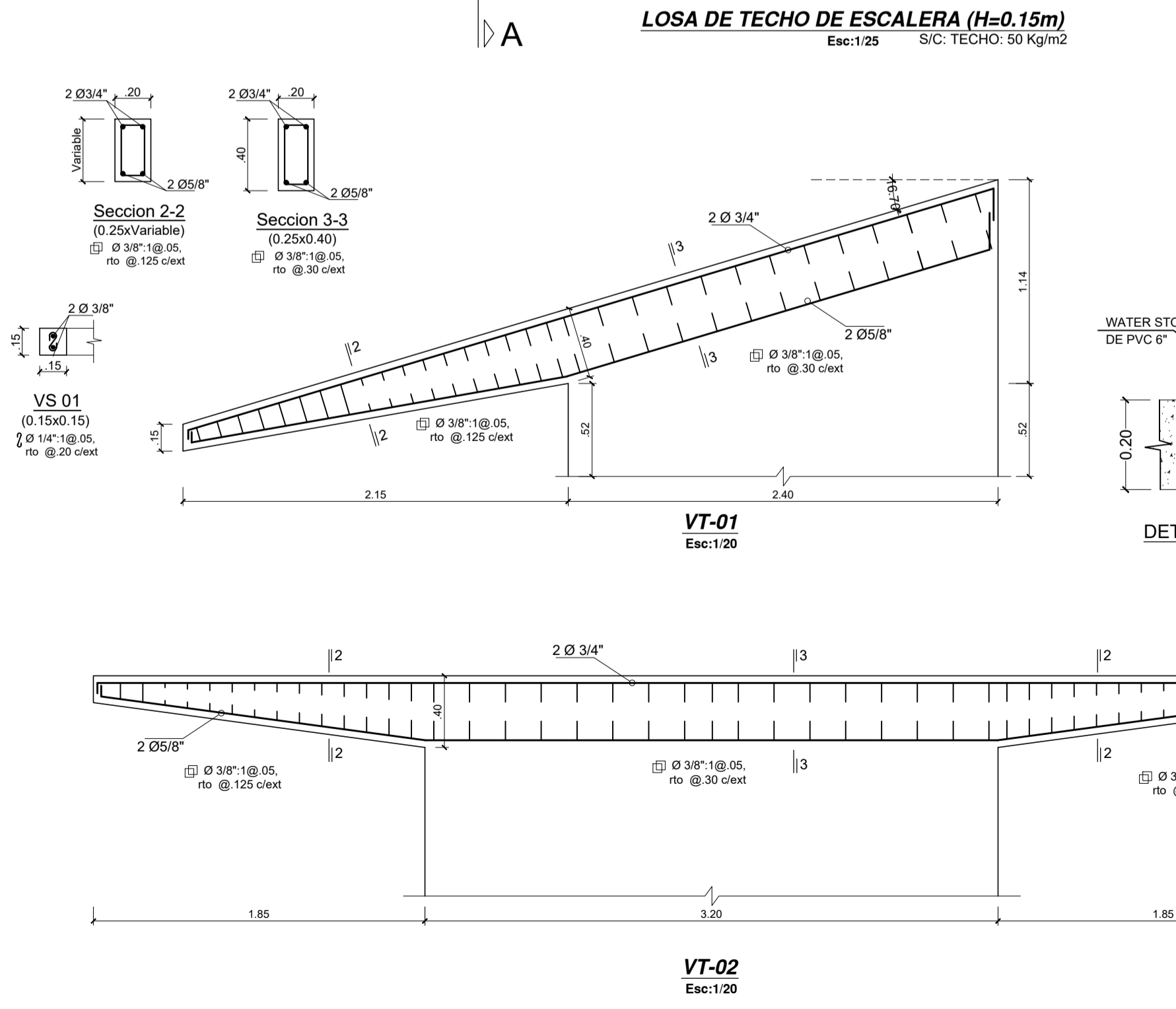
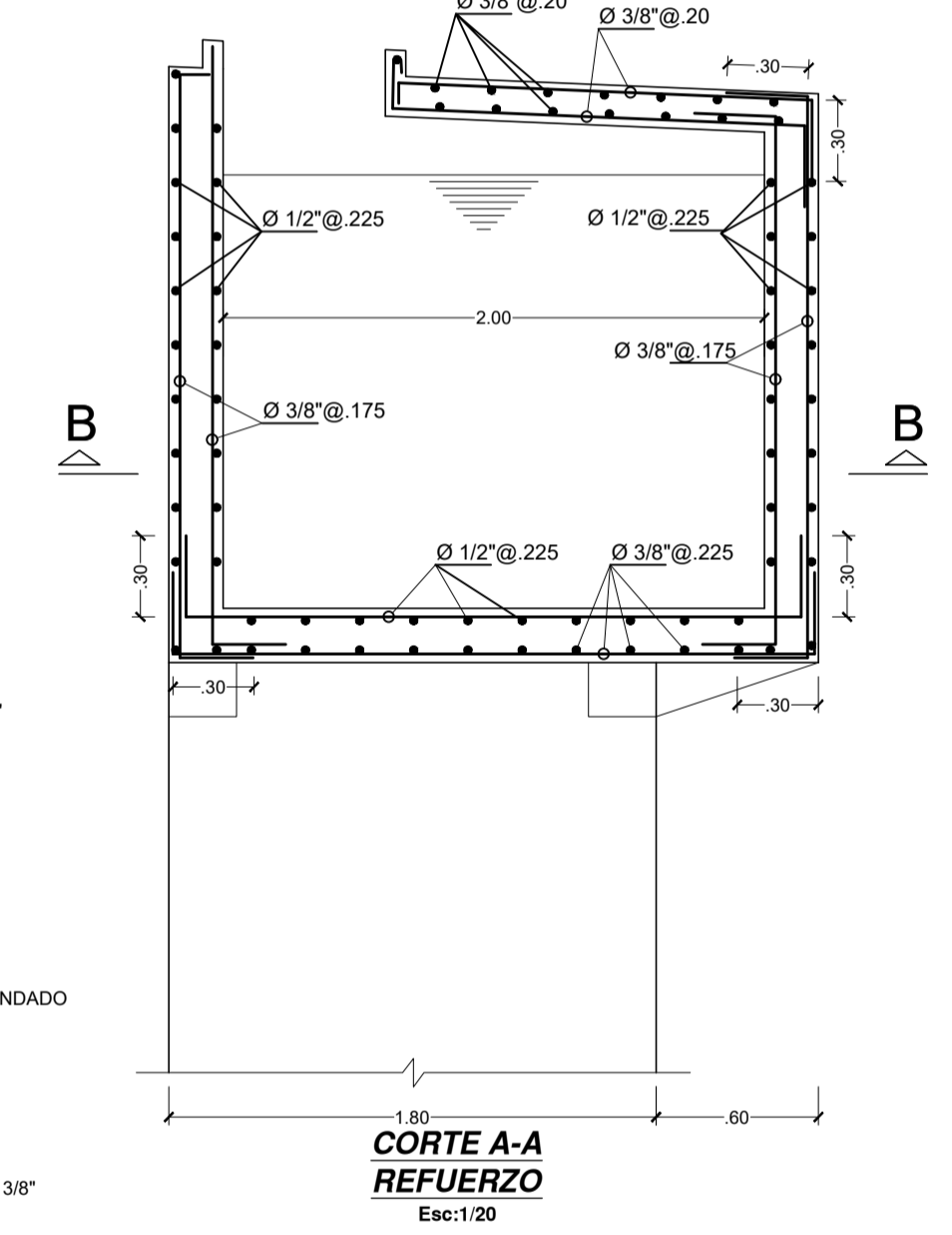
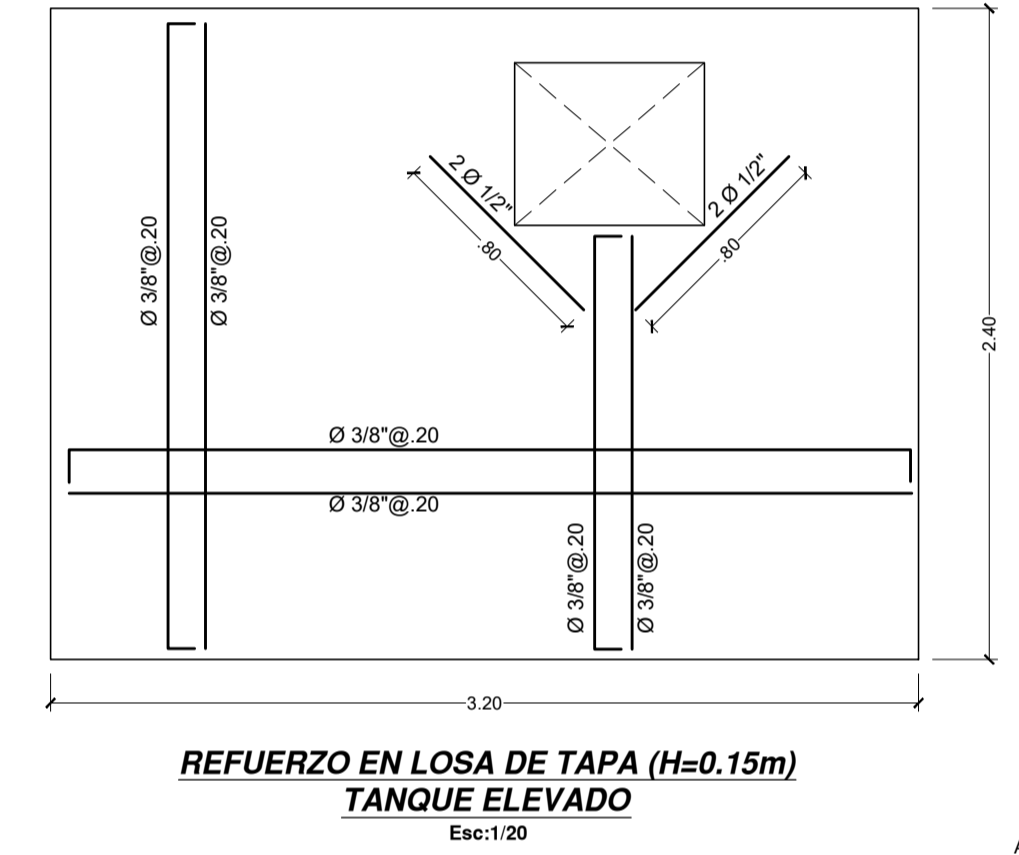
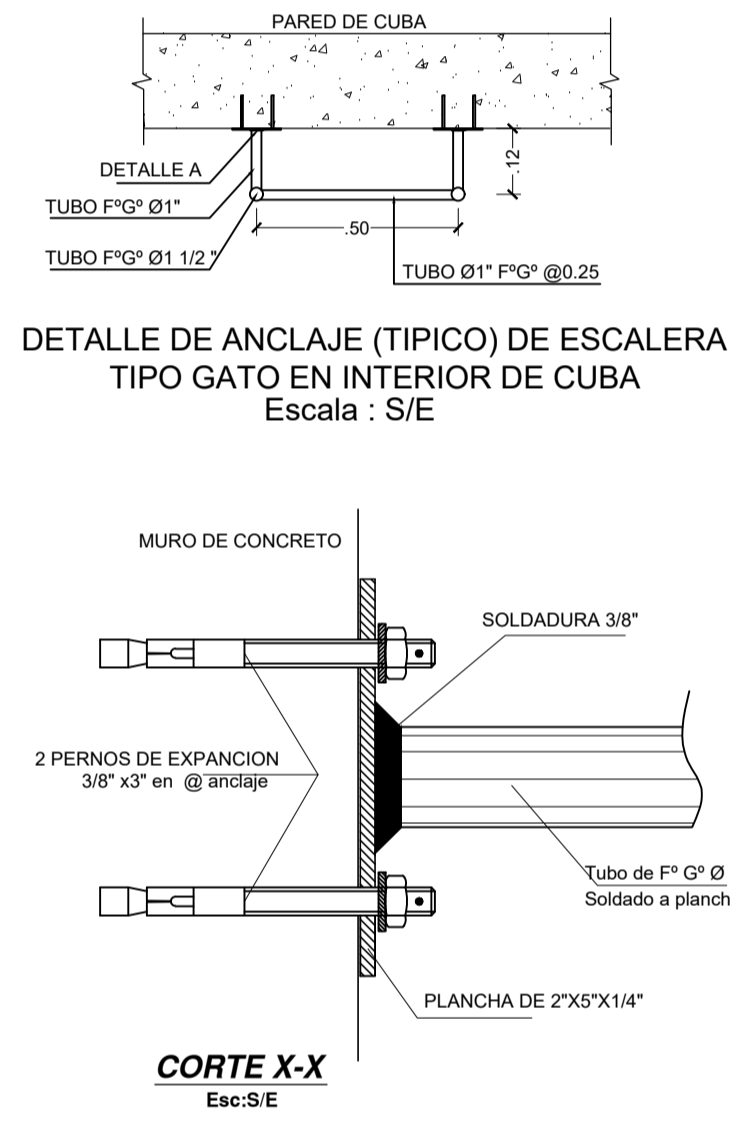
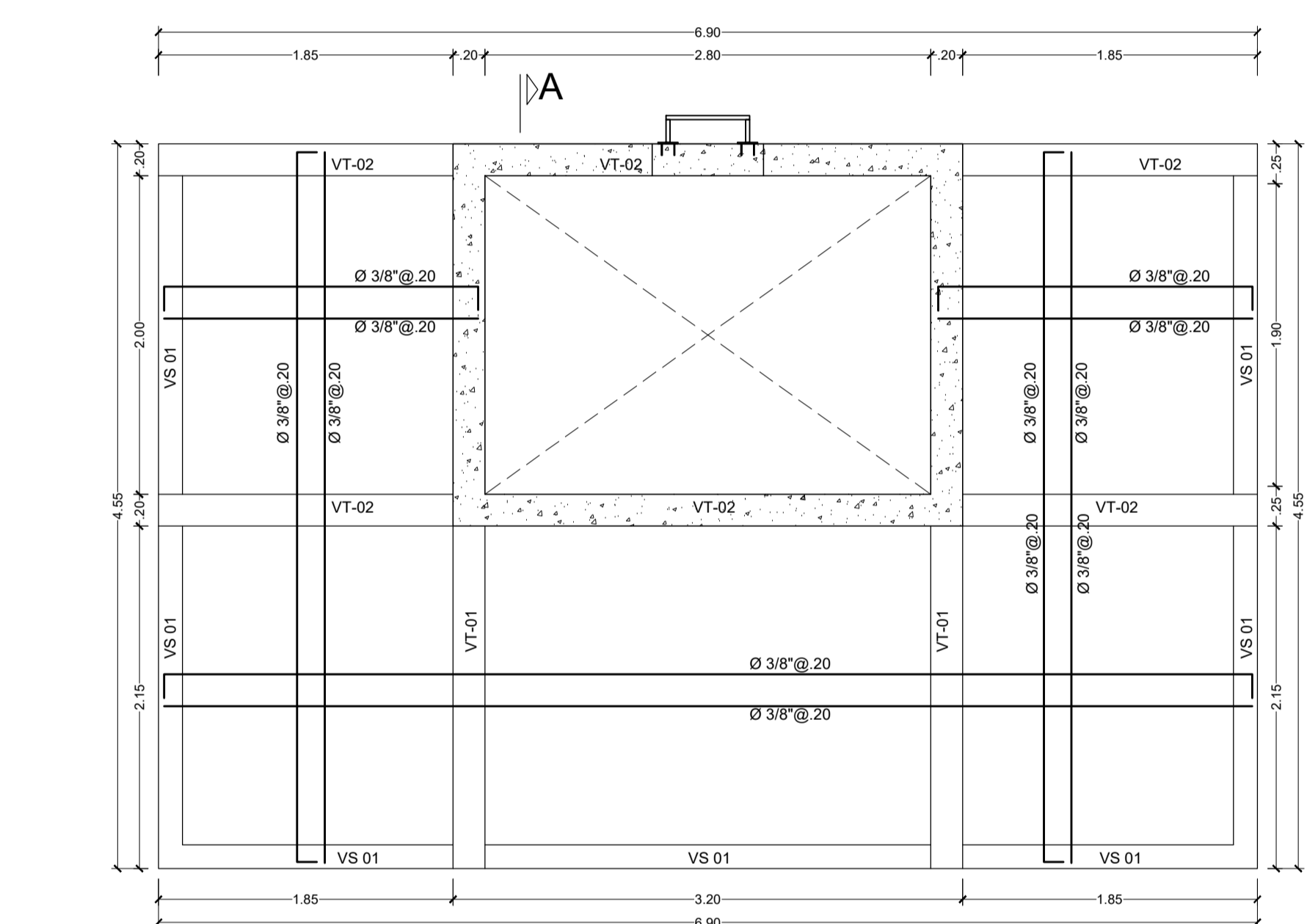
ESCALA: 1/50

LAMINA:

E-37



NOTAS ADICIONALES
1.- SE CONSIDERA 1.5cm. DE ESPESOR DE TARRAJEO SOBRE LA ESTRUCTURA POR LO TANTO LAS COTAS INCLUYEN EL TARRAJEO.
2.- TAPA METALICA DE LA CISTERNA Y TANQUE ELEVADO.
- FABRICADAS CON PLANCHA METALICA LAF e=1/16".
- CON 2 MANOS DE PINTURA ANTICORROSIVA WASHPRIMER. (de distinto color verde y rojo)
- CON 1 MANOS DE PINTURA EPOXICA
- 1 CANDADO PESADO 60mm. Y OREJAS PORTACANDADOS.



ESPECIFICACIONES TECNICAS
A. MATERIALES
ACERO
ASTM A-615 GRADO 60 CORRUGADO fy = 42000 Kg/cm²
CONCRETO
LOSAS Y MUROS fc = 210 Kg/cm²
USAR EN EL PREPARADO DEL CONCRETO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE LIQUIDO. DOSIFICACION: 1 Litro por bolsa de cemento
CEMENTO PORTLAND TIPO I. EN GENERAL
PARA ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO
CEMENTO PORTLAND TIPO MS.
LOSAS DE TECHO Y MUROS 3.0 cm.
FONDOS DE LOSA Y ZAPATA SOBRE SOLADOS 5.0 cm.
REVESTIMIENTO INTERIOR DE TANQUE IMPERMEABILIZANTE SIKA N°1 O SIMILAR - Proporción de 1:10 (Sika®-1: Agua)
B. RECUBRIMIENTOS
LOSAS DE TECHO Y MUROS 3.0 cm.
FONDOS DE LOSA Y ZAPATA SOBRE SOLADOS 5.0 cm.
REVESTIMIENTO INTERIOR DE TANQUE IMPERMEABILIZANTE SIKA N°1 O SIMILAR - Proporción de 1:10 (Sika®-1: Agua)
C. NORMAS DE DISEÑO
CARGAS E-020
DISEÑO SIMBO RESISTENTE E-030
DISEÑO DE CONCRETO ARMADO E-060
SUELOS Y CIMENTACIONES E-050

