



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA
EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE
EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO
EN PUNO, PERU**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA
EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE
EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO
EN PUNO, PERU**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ASESOR DE TESIS

:


Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1559-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 17256 presentado por el (la) Bachiller: **JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 28 de noviembre del 2024
- * **HORA** : 11:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
DR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1427-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 15738 por el señor (a): **JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1277 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 242- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 242- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Paxilo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 140-2024-D-UI-FICP-UANCV

Jullaca, 08 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2023-CU- 13551, presentado por el señor (a) **JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 195 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 66-2024 del integrante del comité de Investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de Investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 66-2024- aprobando la propuesta de investigación **titulado: INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

.....
Dr. WILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. Efraín Ruyillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



INFLUENCIA DE LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURAL EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Católica Boliviana "San Pablo" Trabajo del estudiante	1%
4	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	1%
5	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	vibdoc.com Fuente de Internet	<1%
8	www.scielo.cl Fuente de Internet	<1%




Metadatos Complementarios UANCV



Título de la tesis	
INFLUENCIA DE LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JUAN CARLOS FIGUEROA MUCHA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76388285
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-8794-9544
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0268-5061
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS



Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01316765
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Puno</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: S 70° 01' 18'' - Longitud: O 15° 50' 15''  <p>https://www.google.com/maps/@-15.8459573,-70.016544,13z?authuser=0&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTIwMS4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2024 – Noviembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería Estructural y Municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04 Geotecnia https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.02

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Juan Carlos Figueroa Mucha, identificado con DNI
Nro. 76388285, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

“ Influencia de la interacción suelo- estructura en el comportamiento estructural de edificios altos de concreto armado en Puno, PERU ”

Asesorado por: Mgtr. Fritz Willy Mamani Apaza

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 10 de Diciembre del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

A mis padres, por darme la vida, sus enseñanzas y su respaldo incansable a lo largo de este camino. Ustedes han sido mi fuente de inspiración y fortaleza.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y guiarnos con sabiduría, despertando en mí la pasión por la carrera.

A mis amigos y compañeros, por los momentos compartidos, las largas horas de estudio, y las risas que aligeraron los momentos más difíciles, agradezco de corazón el apoyo incondicional y la amistad que han hecho de este camino algo inolvidable.

Y, especialmente, a quienes creyeron en mí cuando yo mismo dudaba, por su confianza y aliento inquebrantables.

Juan Carlos Figueroa Mucha



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco al creador por otorgarme salud, la fortaleza y la perseverancia para alcanzar este importante logro en mi vida académica.

A mis progenitores, por su amor incondicional, por inculcarme desde siempre el valor del esfuerzo y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Su apoyo constante y su ejemplo de vida han sido mi mayor fuente de inspiración a lo largo de este camino. A ustedes, les debo todo lo que soy y lo que he logrado.

A mis profesores y asesores, en especial al Mgtr. Fritz Willy Mamani Apaza, por su conocimiento, paciencia y orientación durante la elaboración de esta tesis. Sus valiosas sugerencias para el correcto desarrollo de la presente investigación, siempre llevaré conmigo sus enseñanzas.

Agradezco a mis fieles amigos y compañeros de clase por su compañía y respaldo en los momentos difíciles., y por haber compartido conmigo este viaje lleno de retos, aprendizajes y gratitud. Cada paso dado junto a ustedes ha hecho de esta experiencia algo mucho más enriquecedor.

Finalmente, agradezco a mi Universidad por brindarme las oportunidades y los recursos necesarios para poner en desempeño los saberes adquiridos durante mi formación. Su respaldo fue esencial para que este proyecto tomara forma y se materializara con éxito. A todos ustedes, gracias de corazón.

Juan Carlos Figueroa Mucha



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ACRÓNIMOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Hipótesis.....	3
1.3. Justificación de la investigación	3
1.4. Objetivos	5
1.5. Operacionalización de variables	6

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	11



2.1.3. Antecedentes locales..... 14

2.2. Marco teórico 15

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales..... 33

3.2. Diseño de la metodología de la investigación..... 34

3.3. Población muestra 34

3.4. Ámbito de estudio 35

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Generalidades 36

4.2. Modelado 3D en el software CSI ETABS..... 43

4.3. Discusión de resultados finales para los cuatro modelos..... 66

CONCLUSIONES..... 69

RECOMENDACIONES 71

BIBLIOGRAFIA 72

ANEXOS 77



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ilustración de (i) cimentación rígida; (ii) cimentación flexible. 17

Figura 2 Interacción Cinematica e Inercial de Edificios 18

Figura 3 Cimentación de Edificios con sótanos y sin sótanos..... 18

Figura 4 Impacto de la Flexibilidad en los desplazamientos de la estructura 19

Figura 5 Idealización de un sistema de base fija y flexible 19

Figura 6 Expansión de período y del amortiguamiento en una fundación relacionado al espectro 20

Figura 7 alargamiento de Periodos (T/T') y valor de amortiguamiento de una fundacion 21

Figura 8 Expresiones para calcular la rigidez en sus 6 componentes..... 22

Figura 9 Parámetros dinámicos y modificadores de rigidez de los resortes..... 23

Figura 10 La fundación Rígido no siempre es favorable, ni flexible es siempre conservador. 24

Figura 11 Altura de nivel de empotramiento para una edificación con sótano cimentadas con zapatas corridas y continuas 25

Figura 12 Profundidad máxima de empotramiento en edificios con sótanos..... 26

Figura 13 Enfoques para modelado de edificios con sótanos 28

Figura 14 Mapa de zonas sísmicas en Perú 30

Figura 15 Grafico típico de derivas de entrepiso..... 31

Figura 16 Grafico típico de derivas de entrepiso..... 32

Figura 17 Grafico típico de derivas de entrepiso..... 32

Figura 18 Distribución de cargas muertas y vivas..... 38

Figura 19 Propiedades mecánicas del concreto y del acero en el Software ETABS..... 40

Figura 20 Creación de las secciones tipo FRAME (vigas y columnas) 41

Figura 21 Creación de las secciones tipo SHELL (losas y muros) 42



Figura 22 Organigrama utilizada para el análisis de edificios altos 42

Figura 23 Vistas en planta típicas del edificio de 15 niveles..... 44

Figura 24 Vistas de elevación del edificio de 15 niveles más dos sótanos..... 44

Figura 25 Modelo en 3D del edificio base SHELL (losas y muros) 45

Figura 26 Parámetros sísmicos cuando el edificio se encuentra en la Zona 2 46

Figura 27 Espectro de diseño cuando el edificio se encuentra en la Zona 2 46

Figura 28 Parámetros sísmicos cuando el edificio se encuentra en la Zona 3 47

Figura 29 Espectro de diseño cuando el edificio se encuentra en la Zona 3 47

Figura 30 Espectro de diseño cuando el edificio se encuentra en la Zona 3 48

Figura 31 Espectro de modificación cinemática interacción suelo estructura 49

Figura 32 Expresiones para el cálculo de rigideces de resortes en sus 6 componentes 50

Figura 33 Clasificación de los perfiles de suelos según la NTP E.030 51

Figura 34 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x2)m.... 52

Figura 35 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x10) m . 52

Figura 36 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (5x5) m... 53

Figura 37 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (3x5) m... 53

Figura 38 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (3x5) m... 54

Figura 39 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x2) m... 55

Figura 40 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x2) m... 55

Figura 41 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x10) m . 56

Figura 42 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (5x5) m... 56

Figura 43 Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (3x5) m... 57

Figura 44 Modelo estructural con base flexible (interacción suelo estructura)..... 58

Figura 45 Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 2 Y Z=3..... 59



Figura 46 Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 2 Y Z=3 60

Figura 47 Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 2 Y Z=3 61

Figura 48 Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura para suelo 3 Y Z=3..... 62

Figura 49 Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y suelo 3 Y Z=3..... 62

Figura 50 Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 2 Y Z=3..... 63

Figura 51 Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 3 Y Z=3..... 63

Figura 52 Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 3 Y Z=3 64

Figura 53 Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 3 Y Z=3 64

Figura 54 Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 3 Y Z=3..... 65

Figura 55 Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 3 Y Z=3..... 65

Figura 56 Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 3 Y Z=3..... 66



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades Mecánicas del Concreto	37
Tabla 2 Propiedades Mecánicas del Acero	37
Tabla 3 Propiedades Mecánicas del Concreto de resistencia $f'c=210\text{kgf/cm}^2$	39
Tabla 4 Propiedades de las losas aligeradas.....	41
Tabla 5 Expresiones para el cálculo de rigideces de resortes en sus 6 componentes	51
Tabla 6 Valor límite de deriva de entrepiso, según la norma NTP E.030 – 2018	59
Tabla 7 Variación de los resultados de los modelos 01 y modelo 03 para el tipo de suelo S2 Y $Z=0.35$	66
Tabla 8 Variación de los resultados de los modelos 02 y modelo 04 para el tipo de suelo S3 Y $Z=0.35$	67



ACRÓNIMOS

- ACI : Instituto Americano del Concreto
- ASCE : American Society of Civil Engineers
- FEMA : Federal Emergency Management Agency
- RNE : Reglamento Nacional de Edificaciones
- Sa : Pseudo Aceleración
- ISE : Interacción Suelo Estructura
- PGA : Aceleración Máxima del Suelo
- MMI : Escala Mercalli Modificada
- ISE : Interacción Suelo Estructura



RESUMEN

Las recientes investigaciones y los códigos o normativas de diseño reconocen que en edificaciones altas, la interacción dinámica entre el suelo y la estructura es relevante y puede alterar la respuesta sísmica en comparación con las estimaciones obtenidas mediante modelos simplificados, que suelen usarse en los análisis y en los códigos de diseño estructural. Por ello, es fundamental tener en cuenta variables como la profundidad de los sótanos, el tipo de suelo en torno a la subestructura, la altura de la construcción y las características de demanda sísmica. En el presente trabajo se evalúa la interacción entre el suelo y la estructura de una edificación alta de material de concreto armado con 2 sótanos debajo del nivel de terreno natural, que será cimentado en suelo rígido "S2" (suelos intermedios según la E.030) y suelo "S3" (suelos blandos según la E.030) se eligió estos tipos de suelos ya que son suelos típicos en la ciudad de Juliaca, se analizaron 4 modelos de edificios ubicados en los tipos de suelos ya mencionados, 2 de ellos se trabajaron para una condición de base fija y otros dos serán analizados como una condición de base flexible (o conocido como la condición de interacción suelo estructura) también los cuatro (4) modelos se trabajaron para la zona 3 ($Z=0.35$) según la Norma Peruana NTP E.030. Se verificó la importancia y la influencia de la carga sísmica mediante un análisis dinámico espectral por las normativas peruanas (E.030-18) y complementados por los códigos internacionales (ASCE/SEI 7-22). Para el modelamiento de la interacción suelo estructura se aplicó los modelos recomendados por el código FEMA P-750, FEMA P-2091 y ASCE 41-17, todas estas consideraciones se tuvieron en cuenta en la modelación matemática que se desarrolló en el software ETABS. Luego se obtuvo resultados de desplazamientos (Derivas) donde se encontró una variación entre 2.94% y 3.96% en las tipologías de suelo S2 y S3 respectivamente, en fuerzas cortantes las diferencias oscilan entre 2.40% y 10.99% para las tipologías de suelo S2 y S3 respectivamente y en momentos de volteo en la base de la estructura estas diferencias oscilan entre 19.85% y 11.96% para las tipologías de suelo S2 y S3 respectivamente.

Palabras clave: Suelo, estructura, concreto



ABSTRACT

Recent research and design codes or standards recognize that in tall buildings, the dynamic interaction between the soil and the structure is significant and can alter the seismic response compared to estimates obtained through simplified models, which are commonly used in analyses and structural design codes. Therefore, it is essential to consider variables such as basement depth, the type of soil around the substructure, the building height, and seismic demand characteristics. This study evaluates the interaction between the soil and structure of a tall building made of reinforced concrete with two basements below the natural ground level, which will be founded on rigid soil "S2" (intermediate soils according to E.030) and soft soil "S3" (soft soils according to E.030). These soil types were selected as they are typical in the city of Juliaca. Four building models located on the aforementioned soil types were analyzed, two of them with a fixed-base condition and the other two analyzed with a flexible-base condition (also known as soil-structure interaction). All four models were evaluated for Zone 3 ($Z=0.35$) according to the Peruvian Standard NTP E.030. The importance and influence of seismic load were verified through a dynamic spectral analysis based on Peruvian regulations (E.030-18) and complemented by international codes (ASCE/SEI 7-22). For soil-structure interaction modeling, the models recommended by the FEMA P-750, FEMA P-2091, and ASCE 41-17 codes were applied; all these considerations were taken into account in the mathematical modeling developed in the ETABS software. The results showed displacement variations (drifts) ranging from 2.94% to 3.96% in soil types S2 and S3, respectively. Shear force differences ranged from 2.40% to 10.99% for soil types S2 and S3, respectively, and overturning moments at the base of the structure ranged from 19.85% to 11.96% for soil types S2 and S3, respectively.

Keywords: Soil, structure, concrete



INTRODUCCIÓN

En la actualidad no existe una guía o una normativa peruana enfocado en el análisis y diseño de edificios altos con la consideración de la interacción suelo-estructura; es por ello que , el presente trabajo está enfocado a realizar un aporte al conocimiento colectivo de la ingeniería estructural, mediante un análisis cuantitativo de la influencia en el comportamiento de edificaciones haciendo uso del Análisis Lineal Dinámico (Análisis modal espectral) con la inclusión de la interacción suelo estructura para edificaciones altas con varios sótanos.

Los análisis de edificios altos con interacción suelo-estructura y presencia de sótanos es fundamental para obtener una respuesta sísmica precisa y mejorar la seguridad estructural. Este tipo de análisis considera cómo el comportamiento del suelo afecta la dinámica del edificio, lo que puede alterar las predicciones de los modelos convencionales que no incluyen dicha interacción. Factores como es el caso de las profundidades de los sótanos, las tipologías de suelos (blando o rígido) y la altura del edificio juegan un rol clave en la respuesta estructural, influenciando desplazamientos, fuerzas cortantes y momentos de volteo. Los estudios muestran que la interacción suelo-estructura puede reducir o aumentar las demandas sísmicas, dependiendo de las características del suelo, lo que tiene implicancias directas en el diseño y en los costos de construcción. El uso de normas internacionales (como FEMA y ASCE) y herramientas avanzadas de modelado, como ETABS, permiten simular estos efectos, mejorando la precisión del diseño frente a eventos sísmicos.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

En las últimas décadas a nivel mundial se presenta una sobrepoblación en muchos países y los espacios residenciales y comerciales cada vez son más pequeños por ello la necesidad de crecer en altura, por ende, se viene construyendo edificios altos, lo anterior despierta el interés de saber de la manera más próxima a la realidad el desempeño estructural de las edificaciones altas en especial cuando se considera el fenómeno de interacción suelo estructura.

Las últimas dos décadas en nuestro país Perú se ha venido construyendo edificios altos (mayores a 15 niveles) con varios sótanos, el cálculo y diseño de estos edificios fueron realizados de una manera tradicional, es decir separando en dos partes la estructura así se tiene: la superestructura y la subestructura. (Emporis,2022). En nuestra región Puno en la última década se observa el crecimiento poblacional en la zona urbana y se viene construyendo edificios altos en zonas residencias y comerciales, ello despierta el interés de estudiar el desempeño estructural de estos edificios, en especial los considerandos de la interacción suelo estructura.

Actualmente se analiza, calcula y diseña la superestructura como una condición de empotramiento en el nivel de terreno natural, despreciando lo que se encuentre por debajo



del suelo. Y se realiza otro análisis por separado para la subestructura teniendo en cuenta las presiones laterales en los muros de sótano y tradicionalmente, se ha empleado el coeficiente de balasto (k), un parámetro también conocido como el Método de Winkler, desarrollado en 1867. Este enfoque considera el suelo como un conjunto de resortes independientes que reaccionan de forma proporcional a las cargas aplicadas sobre la base de la estructura, permitiendo modelar de manera simplificada el comportamiento de los cimientos. A través de este método, el coeficiente de balasto (k) describe la rigidez o capacidad de soporte del suelo en términos de la resistencia que ofrece frente a la carga aplicada aunque el Método de Winkler ha sido ampliamente utilizado debido a su simplicidad y facilidad de implementación en modelos estructurales, presenta ciertas limitaciones. Estas limitaciones incluyen su suposición de que el suelo responde de forma lineal y que los puntos de apoyo no interactúan entre sí, lo cual puede no representar con precisión el comportamiento real del suelo, especialmente en terrenos heterogéneos o sometidos a cargas dinámicas, como ocurre en condiciones sísmicas. No obstante, este método sigue siendo una herramienta valiosa en la ingeniería geotécnica y estructural, especialmente para obtener estimaciones iniciales del comportamiento de cimientos sobre diferentes tipos de suelo. (Puma, 2017)

1.1.1. Problema general

- ¿Como influye la interacción suelo estructura en el comportamiento estructural de edificios altos de concreto armado en Puno, Perú?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Como afecta en los desplazamientos laterales, la interacción suelo estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú?
- ¿Como influye en las fuerzas cortantes en la base, la interacción suelo estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú?
- ¿Cómo incide en los momentos de volteo en la base, la interacción suelo estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú?



1.2. Hipótesis

1.2.1. *Hipótesis general*

Existe influencia de la interacción suelo estructura en el desempeño estructural de edificios altos de concreto armado en Puno, Perú

1.2.2. *Hipótesis específicas*

- Se producen mayores desplazamientos laterales, debido a la interacción suelo estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú.
- Se generan menores fuerzas cortantes en la base, debido a la interacción suelo estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú.
- Se producen menores momentos de volteo en la base, debido a la interacción suelo estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú.

1.3. Justificación de la investigación

Perú se encuentra en una de las zonas sísmicamente más activas del mundo, ubicada dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico en este sentido las investigaciones mencionan que:

Este cinturón es una región caracterizada por una intensa actividad tectónica y volcánica debido a la convergencia y subducción de varias placas tectónicas. En el caso del Perú, el movimiento de la placa tectónica de Nazca (oceánica) hacia el este, debajo de la placa Sudamericana (continental), genera una gran acumulación de energía en el límite de ambas placas. Esta interacción tectónica da lugar a sismos frecuentes y de diversas magnitudes, con focos sísmicos que pueden localizarse a distintas profundidades bajo la superficie terrestre, desde superficiales hasta intermedios y profundos. La subducción de la placa de Nazca no solo ha dado origen a numerosos sismos históricos en Perú, sino que también crea condiciones de riesgo para la ocurrencia de eventos sísmicos de gran magnitud en el futuro. Según proyecciones y estudios sísmicos recientes, se espera la ocurrencia de un sismo de magnitud estimada de 8.5 Mw a lo largo de la costa peruana (Tavera, 2018).



Las edificaciones altas plantean grandes desafíos para la ingeniería estructural, ya que muchos de los métodos de diseño y análisis empleados tradicionalmente no pueden aplicarse de manera confiable a estas estructuras. Estos métodos suelen estar fundamentados en parámetros, modelos y experiencias previas desarrolladas para edificaciones de menor altura o diferentes características, lo que limita su capacidad para predecir adecuadamente el comportamiento de estructuras de gran altura ante fuerzas sísmicas o condiciones de carga extremas (Poulos, 2017)

Además, la seguridad sísmica de estas edificaciones adquiere especial relevancia debido a la magnitud de los riesgos y las posibles consecuencias asociadas. Organismos de investigación y regulación, como PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center, 2017), han señalado la importancia de desarrollar enfoques de análisis más avanzados y específicos que puedan abarcar los aspectos complejos de la dinámica estructural en edificaciones de gran altura. Estos incluyen factores como la interacción suelo-estructura, la respuesta no lineal y los efectos de la vibración en estructuras flexibles, todos ellos críticos para garantizar la integridad y seguridad de los edificios altos frente a terremotos.

El Análisis de Interacción suelo estructura es un proceso mediante el cual se evalúan los efectos cinemáticos e inerciales que se generan tanto en la estructura como en el suelo debido a la flexibilidad del terreno bajo una excitación sísmica. A diferencia de los modelos tradicionales que suelen asumir una base rígida e inamovible, este análisis considera que el suelo actúa de manera flexible, lo cual permite una interacción dinámica entre el terreno y la estructura. Esta interacción puede alterar significativamente el comportamiento sísmico de la estructura, ya que la flexibilidad del suelo y su capacidad de deformarse bajo carga afectan tanto las propiedades dinámicas de la edificación, como la rigidez y el periodo de vibración, como las características del movimiento del terreno en el área inmediata a la cimentación. (Avilés et al., 2014)



En edificaciones de gran altura, la influencia de la interacción suelo-estructura (SSI) es especialmente significativa, ya que afecta la respuesta de los modos superiores de vibración, impactando de manera directa la distribución de las derivas y los cortes en los entrepisos. A diferencia de las estructuras de menor altura, en las cuales los modos de vibración primarios suelen dominar la respuesta sísmica, en edificios altos los modos superiores desempeñan un papel crucial, y su comportamiento se ve intensificado debido a la flexibilidad del suelo. Esto se traduce en variaciones en los patrones de deformación a lo largo de la altura del edificio, lo cual puede generar mayores derivas en los niveles superiores y afectar la distribución del esfuerzo cortante en cada entrepiso. (Naeim et al., 2008).

Todas estas modificaciones que sufre la edificación no es posible apreciar con un análisis estático y esto tiene incidencia en el resultado de diseño de los elementos estructurales (vigas, columnas, muros de corte) en ciertos casos se requerirá mayor resistencia, rigidez, refuerzos y en algunos casos la exigencia no será mayor, por ello la importancia de realizar el análisis y diseño de las edificaciones altas con los considerandos de la interacción suelo estructura.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Verificar la influencia de la interacción suelo estructura en el comportamiento estructural de edificios altos de concreto armado en Puno, Perú.

1.4.2. Objetivos específicos

- Verificar los desplazamientos laterales, debido a la interacción suelo estructura en las edificaciones altas de concreto armado en Puno, Perú.
- Verificar la fuerza cortante de la base, debido a la interacción suelo estructura en las edificaciones altas de concreto armado en Puno, Perú.

- Verificar el momento de volteo en la base, debido a la interacción suelo estructura en las edificaciones altas de concreto armado en Puno, Perú.

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1

VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES

Variable	Dimensiones	Indicadores
<u>Variable independiente:</u> INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA	Rigidez del apoyo deformable (Resortes)	I1: Resortes lineales (kz)
	Desplazamientos Laterales	I1: Máximos desplazamientos (cm)
<u>Variable dependiente:</u> COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Fuerza cortante en la base	I2: Máximos Cortantes (Ton)
	Momento de volteo en la base	I3: Máximo Momento de Volteo

Nota: Elaboración propia



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Pinto, F. et al (2023) En la investigación que desarrollaron Efectos de la interacción suelo estructura en edificaciones altas de Chile. Se plantearon el siguiente objetivo evaluar el comportamiento sísmico de edificaciones altas con varios niveles de subterráneos, modelando explícitamente la interacción suelo-subterráneo-estructura (SBSI) donde desarrollaron una serie de modelos de elementos finitos de edificios altos chilenos con comportamiento no lineal del suelo validado a partir de experimentos de centrífuga geotécnica. Llegando a la siguiente conclusión; Las simulaciones no lineales de edificios altos, ya sea considerando o no la presencia del suelo alrededor de las paredes del sótano (SBSI), revelaron que la existencia de este limita el movimiento lateral de la parte subterránea de la estructura. Esta presencia conduce a una condición de rigidez en el sótano, resultando en desplazamientos laterales mínimos debido a la rotación de la cimentación durante eventos sísmicos. Estos desplazamientos, ya sean totales o internos, muestran diferencias de menos del 4%, principalmente dependiendo de la profundidad del sótano y la rigidez del suelo. También observaron que en edificios con sótanos profundos y en suelos rígidos, hay una menor rotación de la cimentación y una menor influencia de esta en la



respuesta sísmica. La omisión del suelo circundante en los análisis sísmicos de edificios altos, ignorando la interacción suelo-sótano-estructura, conlleva a predicciones menos precisas. Esta interacción tiende a aumentar las relaciones de deriva y fuerza cortante en el edificio, especialmente en las cercanías de la superficie del suelo. La magnitud de estos aumentos está relacionada con la rigidez del suelo y las frecuencias naturales del edificio.

Amezcuca, V. (2022), en su investigación titulada "Efecto de la interacción suelo-estructura en el diseño de un edificio de concreto reforzado de 6 niveles con ductilidad baja", enfocado en una edificación de oficinas situada en la zona II y siguiendo las Normas Técnicas de Construcción (NTC-2017) del reglamento de la Ciudad de México, planteó como objetivo principal analizar el comportamiento estructural de un edificio de seis niveles con cuatro crujías de 7.5 m y tres crujías de 7 m, sobre un suelo tipo II característico de México, incorporando la influencia de la interacción suelo-estructura (IDSE).

El estudio concluye que las propiedades del suelo son fundamentales, ya que el uso del IDSE en el análisis y diseño puede llevar a la creación de elementos estructurales más delgados en comparación con aquellos de una estructura con base rígida, o bien, a elementos más resistentes. Esta variación depende directamente de las condiciones del sitio donde se construya el edificio, lo que resalta la importancia de considerar estos aspectos en los procesos de análisis y diseño. También se concluye que al incorporar la IDSE en la estructura evaluada, los elementos estructurales presentaron dimensiones y refuerzos de acero mayores. Esto se debe a que, para cumplir con el cortante basal modificado según las Normas Técnicas de Construcción para Diseño Sismorresistente (NTCDS-2017), las fuerzas sísmicas en ambas direcciones no eran suficientes, por lo que fue necesario ajustarlas con un factor de 1.2, lo que resultó en mayores demandas mecánicas, tanto en términos de cortante como de momentos flexionantes.



Coyotl C.I. (2019), en su estudio titulado "Interacción dinámica suelo-estructura" realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México, estableció los siguientes objetivos: presentar la teoría relacionada con la viscoelasticidad de los suelos; explicar los principios de la dinámica estructural para abordar los problemas que surgen al no asumir una base rígida para las edificaciones; y describir el proceso de evaluación sísmica que se utiliza para la formulación de espectros de diseño sísmico, tanto en el marco del análisis dinámico modal como en el contexto de la interacción dinámica entre el suelo y la estructura.

En el desarrollo de su investigación concluye lo siguiente; Las principales características dinámicas de los suelo pueden ser determinadas empleando una variedad de pruebas, tanto en el laboratorio, como la propagación de ondas, el péndulo de torsión libre, el ensayo triaxial cíclico y el corte simple cíclico, así como en el campo, utilizando métodos como la refracción sísmica, el método de pozos cruzados, el método Uphole y el método Downhole. Estas propiedades dinámicas son fundamentales para definir cómo el suelo responde a la excitación sísmica. Es importante tener en cuenta que un depósito de suelo blando tiende a amplificar los periodos sísmicos más largos en comparación con un depósito de suelo rígido.

Tejada (2019), en su estudio titulado "Efectos de interacción suelo-estructura en la respuesta sísmica de edificaciones altas", llevado a cabo en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de UPC Barcelona Tech en España, se propuso como objetivo evaluar las diferencias en la respuesta estructural y los resultados de diseño de un edificio alto típico, considerando tanto las prácticas convencionales de modelamiento estructural como la inclusión de los efectos de la interacción suelo-estructura, generando como variable las tipologías de suelo de cimentación.

En las conclusiones de su investigación, indicaron que al considerar la interacción suelo-estructura, se produce un incremento en el amortiguamiento. Este efecto de



amortiguamiento en la base surge de la disipación de energía en el sistema suelo-estructura, a través de la radiación y el amortiguamiento histórico del suelo, mientras las ondas sísmicas se propagan por el material del suelo. Por ello, resulta esencial calcular el amortiguamiento globalizado, integrando tanto el amortiguamiento de la superestructura como el amortiguamiento interno del subsuelo.

Además, al tener en cuenta la interacción suelo-estructura, se observó que los desplazamientos (derivas) de los pisos son más pronunciadas en los niveles inferiores y menores en los niveles superiores. Este efecto está íntimamente relacionado con la rigidez o flexibilidad del sistema cimentación-suelo; a medida que la cimentación es más flexible, la relación de deriva entre los pisos superiores es menor y mayor en los inferiores. Como resultado de esta interacción, el periodo de vibración fundamental aumenta cuando se utiliza una cimentación flexible, superando al periodo de una estructura que se asienta sobre una base rígida. Las variaciones en los periodos fundamentales de vibración de cada modelo se ven significativamente influenciadas por el cambio en la rigidez debido a la flexibilidad que introduce el efecto de la interacción suelo-estructura.

Salas (2015) llevó a cabo la investigación titulada "Estudio de la variación de la demanda sísmica debido a la interacción suelo-estructura en edificaciones de mediana altura", en la Universidad del Bio-Bío, Chile. El objetivo de este estudio fue analizar cómo varía la demanda sísmica y estimar los cambios en la fuerza de corte de diseño provocados por el efecto de la interacción suelo-estructura en edificaciones de hormigón armado de 15 y 17 niveles, con un sótano.

En sus conclusiones, se destacó que la interacción suelo-estructura tuvo un impacto significativo en los periodos de vibración, observándose un aumento promedio de 0,41 segundos (en suelo E) en comparación con el periodo estimado bajo condiciones de base



fija. El incremento más notable se registró en el edificio de 15 niveles, donde el periodo aumentó un 120% en suelo E respecto a la condición de base fija. Por otro lado, en suelos más rígidos, el aumento en los periodos de los modos fundamentales fue insignificante.

En cuanto a las fuerzas de corte, el estudio reveló que, según la norma sísmica chilena, estas fuerzas aumentaron hasta un 44% en el edificio de 15 niveles en suelo E, en comparación con la condición de base fija. Sin embargo, también se observó una disminución significativa de hasta un 30% en las fuerzas de corte para el mismo edificio bajo la misma condición. A pesar de que el edificio de 15 niveles mostró una mayor relevancia ante el efecto de la interacción suelo-estructura, analizando ambos métodos (Norma NCH 433 y registro CCP 27/F), este sufrió menos daños que el edificio de 17 niveles, que requirió reparaciones importantes tras el terremoto de 2010. Esto sugiere que el fenómeno de la interacción suelo-estructura es más complejo de lo que se había anticipado y que el comportamiento estructural está más influenciado por el diseño arquitectónico que por las características del suelo de fundación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Macedo, A. (2022), en su investigación. Efectos de la interacción suelo estructura en un edificio de oficinas con disipadores sísmico en la ciudad de Trujillo, 2022. Universidad Privada del Norte. El estudio concluyó que al contrastar el modelo de Barkan con el de la Norma Rusa, la diferencia en la energía de disipación viscosa era mínima, representando solo un 0.04% respecto al modelo que incluye los disipadores DD Barkan-OA Savinov. También se encontró que el periodo fundamental del primer modo es de 0.8409 segundos, apenas mayor que el de 0.8394 segundos registrado en el modelo de DD Barkan-OA Savinov, resultados que se consideran adecuados para un sistema estructural dual. Finalmente, se recomienda realizar un análisis similar en un sistema de pórticos para comparar estos tres modelos.



Rodríguez y Villavicencio (2021) realizaron la investigación Análisis de los efectos de la interacción suelo –estructura en la dinámica estructural de un edificio de oficinas de 15 pisos. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima, Perú. La investigación concluyó que los modelos que suponen un empotramiento a nivel de superficie no logran capturar con precisión el comportamiento estructural de este tipo de edificios, especialmente en suelos menos rígidos. Se observará que la variación de resultados aumentaba a medida que la rigidez del suelo y de la estructura disminuía. Además, el giro en la cimentación, causado por las fuerzas sísmicas en un estrato flexible, produce un desplazamiento adicional significativo en suelos de baja rigidez. Los autores también verificaron que la interacción suelo-estructura se intensifica conforme aumenta la profundidad de cimentación, ya que el confinamiento generado reduce el desplazamiento. Para edificaciones cimentadas en suelos tipo S1, la influencia de la ISE fue mínima, con variaciones en esfuerzos de corte y momentos de volteo de aproximadamente un 5% respecto a una base fija. Sin embargo, al analizar suelos de tipo S2 y S3, el ISE impactó de manera significativa los resultados, incrementando las variaciones hasta en un 20%.

Mori y Tori (2020) en su investigación Evaluación de la respuesta sísmica de una edificación de concreto armado con cimentación rígida en el distrito de lince considerando los efectos de la interacción suelo – estructura. Universidad San Ignacio de Loyola, Facultad de Ingeniería, Carrera de ingeniería civil, Lima, Perú. Su objetivo principal fue evaluar cómo la inclusión del ISE modifica la respuesta sísmica de la estructura frente a los modelos normativos tradicionales.

En sus conclusiones, se evidencia que la consideración de los efectos ISE en el modelo flexible incrementa las derivas estructurales, especialmente en los primeros cuatro pisos, con aumentos en la dirección X de entre el 67% y el 10%, y en la dirección Y. entre el



50% y el 10%. En los pisos superiores, los incrementos en las derivaciones fueron menores, alcanzando entre el 5% y el 1% en ambas direcciones. Los periodos fundamentales también aumentarán al incluir la ISE, en un 9.81% para la dirección X ye.

En cuanto a las fuerzas cortantes, el estudio encontró que en la dirección X, la condición más crítica se presenta con una excentricidad accidental de 5% positiva, generando una fuerza cortante de 413.6709 toneladas, la cual disminuye en un 4.39% bajo los efectos de ISE. Para la dirección Y, la fuerza cortante fue de 330.0470 toneladas, con una reducción del 1.69% al considerar ISE. En términos de momentos flectores en la base, el caso más crítico en la dirección X mostró un momento de 7662.7975 tonf·m, aumentando en un 4.92% al incorporar la ISE. En la dirección Y, el momento alcanzó 10701.2583 tonf·m, incrementándose en un 1.67%

Curioso y Torres (2020) en su investigación Influencia de la interacción suelo estructura en edificaciones a porticadas (oficinas) de 4,8 y 12 pisos en perfiles de suelo S1, S2 y S3 de Lima – Perú bajo la normativa americana NIST GCR 12-917-21. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Ignacio de Loyola, Facultad de Ingeniería, Programa Académico de ingeniería civil, Lima, Perú. Los objetivos fueron comparar los desplazamientos, periodos y el cortante basal de los edificios en condiciones sin ISE, con ISE, yc.

En sus conclusiones, se observa que en los desplazamientos, los suelos S1, S2 y S3 muestran una mayor variación en el Modelo A con ISE, con o sin amortiguamiento, alcanzando 0.58%, 10.48% y 87.71%, respectivamente. En cuanto a los periodos, el suelo S2 presentó la mayor variación en los Modelos B y C, siendo de 4.56% en ambos modelos al considerar la ISE con o sin amortiguamiento. En lo que respecto a la cortante basal, se



destacó que en suelo S1, el Modelo A experimentó una mayor variación del 0.21% al incluir el efecto de interacción suelo estructura.

Garay, (2017) en su investigación influencia de la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los balcones del del Valle” barrio Columbo-Cajamarca”. El estudio buscó determinar el impacto de la ISE en el comportamiento sísmico de la estructura, enfocándose en los resultados de esfuerzos, periodos de vibración y desplazamientos laterales. Entre las conclusiones, se encontró que al incluir el ISE en el análisis sísmico, hubo una reducción de hasta un 37.18% en las fuerzas internas de los elementos estructurales, un incremento en los desplazamientos laterales de entrepiso de hasta un 28.49%, y un aumento en los periodos de la primera forma de vibración de hasta 23.78% en comparación con el modelo de base rígida. Estos resultados reflejan cómo la ISE modifica notablemente la respuesta dinámica en comparación.

2.1.3. Antecedentes locales

Quelcahuanca (2020) en su investigación; Diseño estructural para edificios de 5 niveles en suelos blandos, aplicando un modelo interacción suelo-estructura, en la bahía de Puno. se propuso examinar cómo las características mecánicas y dinámicas de suelos de baja capacidad afectan el comportamiento estructural de edificios de cinco niveles. . Uno de sus objetivos fue evaluar los cambios en el desplazamiento del edificio mediante un modelo de interacción suelo-estructura y optimizar el uso del acero en los elementos principales de la superestructura. Entre sus conclusiones, se destaca que las propiedades del suelo influyen notablemente en el cortante basal y aumentan los periodos de vibración, reflejando una respuesta sísmica más precisa. Los desplazamientos máximos del edificio incrementan en un 18,88 % en la dirección X y un 8,50 % en la dirección Y al considerar la flexibilidad del



suelo. Este enfoque aporta un mejor control de los desplazamientos laterales y aumenta la seguridad y confiabilidad estructural de la edificación.

Sucasaca, H. & Mamani, J. (2017). En la investigación que realizaron titulada Evaluación de los efectos de interacción suelo-estructura en el estadio universitario UNA – Puno, se propusieron identificar las propiedades del suelo que afectan el análisis sísmico en dicho estadio y compararon el análisis sísmico con apoyo Empotrado frente al que incluye la interacción suelo-estructura según la norma NTP E-030. Los resultados mostraron diferencias notables en los periodos de vibración y derivados. Para el periodo de vibración, el análisis con apoyo empotrado registró un periodo de 0.876 segundos, en tanto que los modelos con interacción suelo-estructura mostraron periodos de 0.882 segundos (norma rusa), 0.889 segundos (modelo de Winkler), 0.893 segundos (modelo de Barkan) y 0.917 segundos (FEMA). En cuanto a las derivas máximas entre pisos, el modelo FEMA registró incrementos del 252.06% en la dirección X y del 470.38% en la dirección Y. En el modelo de Barkan, estos valores fueron del 146.46% en X y del 292.93% en Y. El modelo Winkler mostró aumentos del 34.12% en X y 53.03% en Y.

2.2. Marco teórico

Este capítulo abarca generalidades sobre sismos, interacción suelo-estructura y el análisis y diseño de edificaciones altas. También incluye explicaciones sobre los diferentes conceptos involucrados en temas de rigideces del suelo.

Interacción Suelo-Estructura:

Una de las respuestas de estructuras relacionadas a fenómenos sísmicos está ligada principalmente al desarrollo de tres componentes: la estructura, fundación y suelo. La respuesta global de estos componentes frente a movimientos de suelo, por lo general proveniente de una fuente sísmica, se le denomina interacción suelo-estructura



(NEHRP,2012). Esta teoría trata de evaluar el efecto del comportamiento flexible del suelo y la variación del movimiento entre el campo libre y la fundación.

El grado de la flexibilidad en la interfaz entre el suelo y la fundación está vinculada a las deformaciones inducidas por cargas dinámicas, lo cual provoca una serie de efectos inerciales y cinemáticos que deben evaluarse en el nivel de la fundación. Este análisis permite identificar dos mecanismos clave en la interacción suelo-estructura: la interacción inercial y la interacción cinemática, según lo señalado por (Stewart et al.,1998).

Interacción Inercial:

Se refiere a los desplazamientos y giros que existentes a nivel de la fundación causadas por las fuerzas inerciales, Asimismo, se producen efectos como el corte y el momento basal, que generan una deformación del suelo alrededor de la fundación y un desplazamiento tanto del suelo como de la fundación. Este desplazamiento difiere del que tendría el suelo sin la estructura, debido a la respuesta dinámica (ASCE7-22). Este fenómeno suele representarse teóricamente mediante funciones de impedancia estos efectos vinculan el comportamiento flexible en la interfaz entre el suelo y la fundación, así como la energía disipada, con la frecuencia de la excitación (Villareal,2009).

Figura 1

Ilustración de (i) cimentación rígida; (ii) cimentación flexible.



Nota: Adaptado de NIST GCR 12-917-21

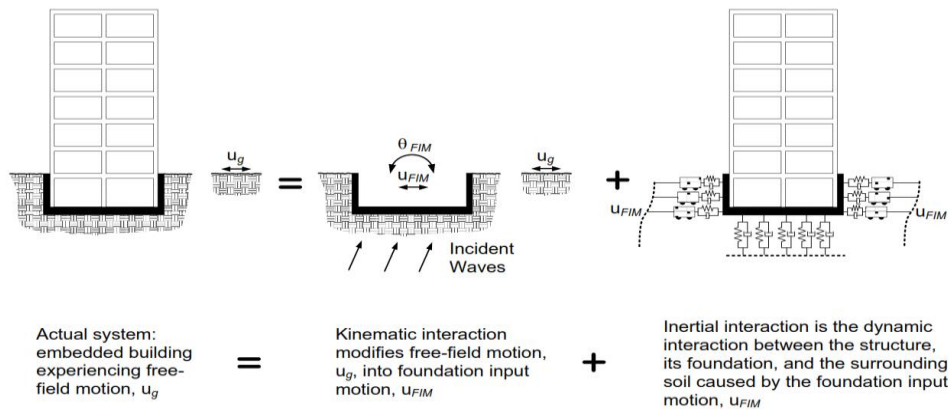
Interacción Cinemática:

Este fenómeno está asociada a las diferencias existentes entre dos movimientos, el primero de ellos es el registro medido en superficie en campo libre y el segundo es el registro medido en superficie en las cercanías de la fundación de la estructura. Se definen tres

posibles causas de estas diferencias: Factores como la profundidad de desplante de la cimentación, la variabilidad de ondas en los bordes de esta y la atenuación de ondas en las áreas circundantes de la fundación (Wolf,1989).

Figura 2

Interacción Cinematica e Inercial de Edificios

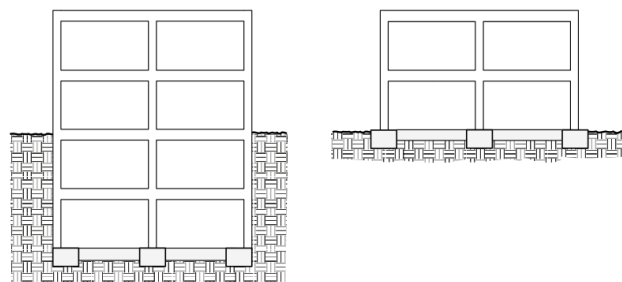


Nota: Adaptado de NIST GCR 12-917-21

A continuación, se muestra dos edificios típicos uno con sótano y el otro solo con una cimentación superficial, la edificación del lado izquierdo que tiene cimentación profunda normalmente, el edificio de la izquierda experimentará una mayor reducción en las fuerzas de diseño en comparación con el edificio del lado derecho.

Figura 3

Cimentación de Edificios con sótanos y sin sótanos

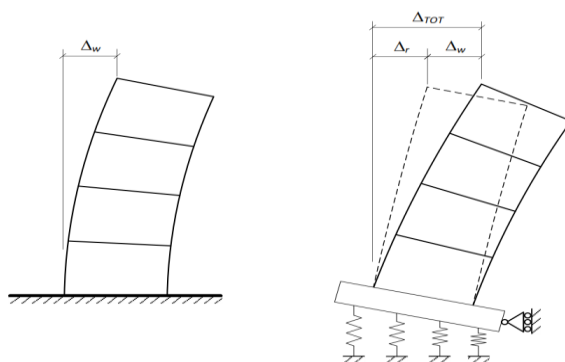


Nota: Adaptado de NIST GCR 12-917-21

Los altos valores de rigidez entre la estructura y el suelo prolongarán el período de vibración y cambiarán las fuerzas de diseño.

Figura 4

Impacto de la Flexibilidad en los desplazamientos de la estructura

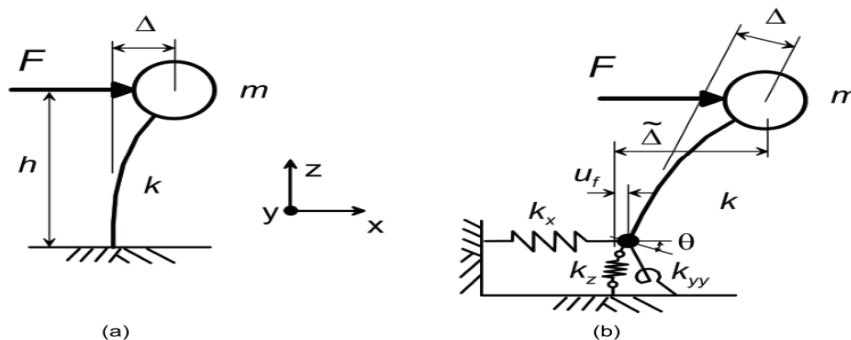


Nota: Adaptado de NIST GCR 12-917-21

La flexibilidad del suelo puede influir en el desplazamiento lateral y el período fundamental de la estructura. Según el análisis de espectro de respuesta, si se compara el período con base fija (T) y el período con flexibilidad del suelo (\tilde{T}), se observa que para estructuras con un período corto (más rígidos), un aumento en el período aumenta la aceleración espectral. Por otro lado, para estructuras con un período largo (más flexibles), el incremento del período lleva a una disminución.

Figura 5

Idealización de un sistema de base fija y flexible



Nota: Adaptado de ASCE7-22

De la figura 5 de los modelos idealizados se pueden inferir las siguientes expresiones para el tratado de resortes lineales en función de los periodos de la estructura

$$\tilde{\Delta} = \frac{F}{k} + u_f + \theta \cdot h$$

$$\tilde{\Delta} = \frac{F}{k} + \frac{F}{k_x} + \left(\frac{F \cdot h}{k_{yy}} \right) h \tag{1.1}$$

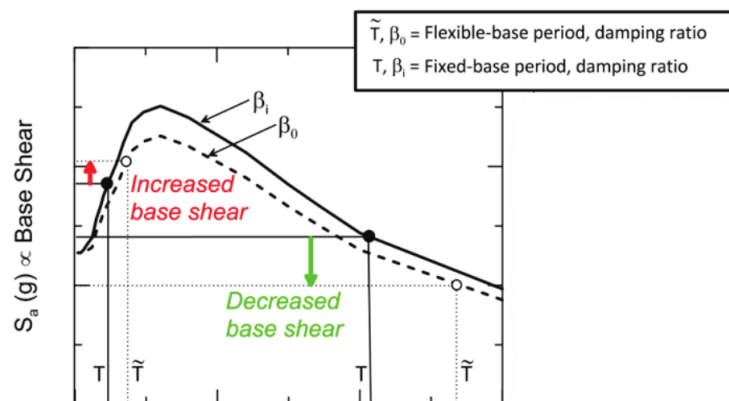
$$\tilde{T}^2 = (2\pi)^2 \frac{m\tilde{\Delta}}{F} = (2\pi)^2 m \left(\frac{1}{k} + \frac{1}{k_x} + \frac{h^2}{k_{yy}} \right) \tag{1.2}$$

$$\frac{\tilde{T}}{T} = \sqrt{1 + \frac{k}{k_x} + \frac{kh^2}{k_{yy}}} \tag{1.3}$$

$$V_s = \sqrt{G/\rho_s} \tag{1.4}$$

Figura 6

Expansión de período y del amortiguamiento en una fundación relacionado al espectro

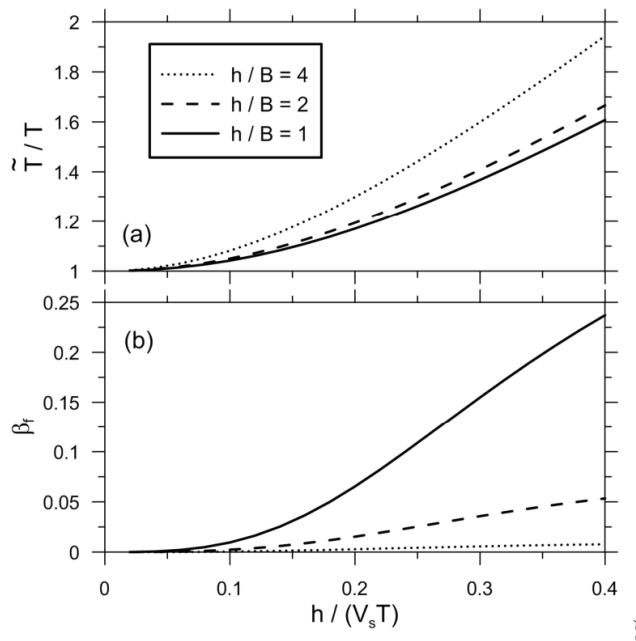


Nota: Adaptado de ASCE7-22

El interlineado de color negro continua muestra la respuesta espectral para un modelo con base fija, mientras que la línea negra discontinua refleja la disminución en la respuesta debido a la incorporación del amortiguamiento de la fundación.

Figura 7

alargamiento de Periodos (T/\tilde{T}) y valor de amortiguamiento de una fundacion



Nota: Adaptado de ASCE7-22

Este gráfico muestra la relación entre el alargamiento del período (T/\tilde{T}) y el amortiguamiento de la fundacion (β_f) en función del ratio de rigidez entre la estructura y el suelo. Para cimentaciones cuadradas (con $B = L$), se evalúan diferentes relaciones de altura a base (h/B). Los parámetros considerados incluyen un coeficiente de Poisson (ν) de 0.33, una relación B/L de 1.0, un amortiguamiento hysterético del suelo (β_s) igual a cero y ratio de masa = 0.15 y de orden $n = 2$

$$\beta_0 = \beta_f + \frac{1}{\left(\tilde{T}/T\right)^n} \beta_i \tag{1.5}$$

$$\beta_f = \left[\frac{\left(\tilde{T}/T\right)^{n_s} - 1}{\left(\tilde{T}/T\right)^{n_s}} \right] \beta_s + \frac{1}{\left(\tilde{T}/T_x\right)^{n_x}} \beta_x + \frac{1}{\left(\tilde{T}/T_{yy}\right)^{n_{yy}}} \beta_{yy} \tag{1.6}$$

Figura 8

Expresiones para calcular la rigidez en sus 6 componentes

Table 2-2a Elastic Solutions for Static Stiffness of Rigid Footings at the Ground Surface

Degree of Freedom	Pais and Kausel (1988)	Gazetas (1991); Mylonakis et al. (2006)
Translation along z-axis	$K_{z, sur} = \frac{GB}{1-\nu} \left[3.1 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 1.6 \right]$	$K_{z, sur} = \frac{2GL}{1-\nu} \left[0.73 + 1.54 \left(\frac{B}{L} \right)^{0.75} \right]$
Translation along y-axis	$K_{y, sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[6.8 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.8 \left(\frac{L}{B} \right) + 1.6 \right]$	$K_{y, sur} = \frac{2GL}{2-\nu} \left[2 + 2.5 \left(\frac{B}{L} \right)^{0.85} \right]$
Translation along x-axis	$K_{x, sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[6.8 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 2.4 \right]$	$K_{x, sur} = K_{y, sur} - \frac{0.2}{0.75-\nu} GL \left(1 - \frac{B}{L} \right)$
Torsion about z-axis	$K_{zz, sur} = GB^3 \left[4.25 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 4.06 \right]$	$K_{zz, sur} = GJ_t^{0.75} \left[4 + 11 \left(1 - \frac{B}{L} \right)^{10} \right]$
Rocking about y-axis	$K_{yy, sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[3.73 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.27 \right]$	$K_{yy, sur} = \frac{G}{1-\nu} (I_x)^{0.75} \left[3 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.15} \right]$
Rocking about x-axis	$K_{xx, sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[3.2 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.8 \right]$	$K_{xx, sur} = \frac{G}{1-\nu} (I_x)^{0.75} \left(\frac{L}{B} \right)^{0.25} \left[2.4 + 0.5 \left(\frac{B}{L} \right) \right]$

Notes:

Axes should be oriented such that $L \geq B$.
 I_i = area moment of inertia of soil-foundation contact,
 i denotes which axis to take the surface around.
 $J_t = I_x + I_y$ polar moment of inertia of soil-foundation contact surface.
 G = shear modulus (reduced for large strain effects, e.g., Table 2-1).

Table 2-2b Embedment Correction Factors for Static Stiffness of Rigid Footings

Degree of Freedom	Pais and Kausel (1988)	Gazetas (1991); Mylonakis et al. (2006)
Translation along z-axis	$\eta_z = \left[1.0 + \left(0.25 + \frac{0.25}{L/B} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.8} \right]$	$\eta_z = \left[1 + \frac{D}{21B} \left(1 + 1.3 \frac{B}{L} \right) \right] \left[1 + 0.2 \left(\frac{A_w}{4BL} \right)^{2/3} \right]$
Translation along y-axis	$\eta_y = \left[1.0 + \left(0.33 + \frac{1.34}{1 + L/B} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.8} \right]$	$\eta_y = \left(1 + 0.15 \sqrt{\frac{D}{B}} \right) \left[1 + 0.52 \left(\frac{z_w A_w}{BL^2} \right)^{0.4} \right]$
Translation along x-axis	$\eta_x \approx \eta_y$	Same equation as for η_y , but A_w term changes for $B \neq L$
Torsion about z-axis	$\eta_{zz} = \left[1 + \left(1.3 + \frac{1.32}{L/B} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.9} \right]$	$\eta_{zz} = 1 + 1.4 \left(1 + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{d_w}{B} \right)^{0.9}$
Rocking about y-axis	$\eta_{yy} = \left[1.0 + \frac{D}{B} + \left(\frac{1.6}{0.35 + (L/B)^4} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^2 \right]$	$\eta_{yy} = 1 + 0.92 \left(\frac{d_w}{B} \right)^{0.6} \left[1.5 + \left(\frac{d_w}{D} \right)^{1.9} \left(\frac{B}{L} \right)^{-0.6} \right]$
Rocking about x-axis	$\eta_{xx} = \left[1.0 + \frac{D}{B} + \left(\frac{1.6}{0.35 + L/B} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^2 \right]$	$\eta_{xx} = 1 + 1.26 \frac{d_w}{B} \left[1 + \frac{d_w}{B} \left(\frac{d_w}{D} \right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}} \right]$

Notes:

d_w = height of effective side wall contact (may be less than total foundation height)
 z_w = depth to centroid of effective sidewall contact
 A_w = sidewall-solid contact area, for constant effective contact height, d_w , along perimeter.
 For each degree of freedom, calculate $K_{emb} = \eta K_{sur}$
 Coupling Terms: $K_{emb,rx} = \left(\frac{D}{3} \right) K_{emb,x}$
 $K_{emb,ry} = \left(\frac{D}{3} \right) K_{emb,y}$

Nota: Adaptado de ASCE7-22

Figura 9

Parámetros dinámicos y modificadores de rigidez de los resortes

Table 2-3a Dynamic Stiffness Modifiers and Radiation Damping Ratios for Rigid Footings (adapted from Pais and Kausel, 1988)

Degree of Freedom	Surface Stiffness Modifiers	Radiation Damping
Translation along z-axis	$\alpha_z = 1.0 - \left[\frac{\left(0.4 + \frac{0.2}{L/B}\right) a_0^2}{\left(\frac{10}{1+3(L/B-1)}\right) + a_0^2} \right]$	$\beta_z = \left[\frac{4\psi(L/B)}{K_{z,sur}/GB} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_z} \right]$
Translation along y-axis	$\alpha_y = 1.0$	$\beta_y = \left[\frac{4(L/B)}{K_{y,sur}/GB} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_y} \right]$
Translation along x-axis	$\alpha_x = 1.0$	$\beta_x = \left[\frac{4(L/B)}{K_{x,sur}/GB} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_x} \right]$
Torsion about z-axis	$\alpha_{zz} = 1.0 - \left[\frac{\left(0.33 - 0.03\sqrt{L/B-1}\right) a_0^2}{\left(\frac{0.8}{1+0.33(L/B-1)}\right) + a_0^2} \right]$	$\beta_{zz} = \left[\frac{(4/3) \left[(L/B)^3 + (L/B) \right] a_0^2}{K_{zz,sur}/GB^3} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_{zz}} \right]$
Rocking about y-axis	$\alpha_{yy} = 1.0 - \left[\frac{0.55 a_0^2}{\left(\frac{0.6 + 1.4}{(L/B)^3}\right) + a_0^2} \right]$	$\beta_{yy} = \left[\frac{(4\psi/3)(L/B)^3 a_0^2}{\left(\frac{K_{yy,sur}}{GB^3}\right) \left[\left(\frac{1.8}{1+1.75(L/B-1)}\right) + a_0^2 \right]} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_{yy}} \right]$
Rocking about x-axis	$\alpha_{xx} = 1.0 - \left[\frac{\left(0.55 + 0.01\sqrt{L/B-1}\right) a_0^2}{\left(\frac{2.4 - 0.4}{(L/B)^3}\right) + a_0^2} \right]$	$\beta_{xx} = \left[\frac{(4\psi/3)(L/B) a_0^2}{\left(\frac{K_{xx,sur}}{GB^3}\right) \left[\left(\frac{2.2 - 0.4}{(L/B)^3}\right) + a_0^2 \right]} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_{xx}} \right]$
Notes:	Orient axes such that $L \geq B$. Soil hysteretic damping, β_s , is additive to foundation radiation damping, β . $a_0 = \omega B / V_s$; $\psi = \sqrt{2(1-\nu)/(1-2\nu)}$; $\nu \leq 2.5$	

Table 2-3b Dynamic Stiffness Modifiers and Radiation Damping Ratios for Embedded Footings (adapted from Pais and Kausel, 1988)

Degree of Freedom	Radiation Damping
Translation along z-axis	$\beta_z = \left[\frac{4[\psi(L/B) + (D/B)(1+L/B)]}{K_{z,emb}/GB} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_z} \right]$
Translation along y-axis	$\beta_y = \left[\frac{4[L/B + (D/B)(1+\psi L/B)]}{K_{y,emb}/GB} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_y} \right]$
Translation along x-axis	$\beta_x = \left[\frac{4[L/B + (D/B)(\psi + L/B)]}{K_{x,emb}/GB} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_x} \right]$
Torsion about z-axis	$\beta_{zz} = \left[\frac{(4/3) [3(L/B)(D/B) + \psi(L/B)^3(D/B) + 3(L/B)^2(D/B) + \psi(D/B) + (L/B)^3 + (L/B)] a_0^2}{\left(\frac{K_{zz,emb}}{GB^3}\right) \left[\left(\frac{1.4}{1+3(L/B-1)^{0.7}}\right) + a_0^2 \right]} \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_{zz}} \right]$
Rocking about y-axis	$\beta_{yy} = \left[\frac{(4/3) \left[\left(\frac{L}{B}\right) \left(\frac{D}{B}\right) + \psi \left(\frac{D}{B}\right) \left(\frac{L}{B}\right) + \left(\frac{D}{B}\right)^3 + 3 \left(\frac{D}{B}\right) \left(\frac{L}{B}\right) + \psi \left(\frac{L}{B}\right)^3 \right] a_0^2}{\left(\frac{K_{yy,emb}}{GB^3}\right) \left[\left(\frac{1.8}{1+1.75(L/B-1)}\right) + a_0^2 \right]} + \left(\frac{4}{3}\right) \left(\frac{L}{B}\right) \left(\frac{D}{B}\right)^3 \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_{yy}} \right]$
Rocking about x-axis	$\beta_{xx} = \left[\frac{(4/3) \left[\left(\frac{D}{B}\right) + \left(\frac{D}{B}\right)^3 + \psi \left(\frac{L}{B}\right) \left(\frac{D}{B}\right)^3 + 3 \left(\frac{D}{B}\right) \left(\frac{L}{B}\right) + \psi \left(\frac{L}{B}\right)^3 \right] a_0^2}{\left(\frac{K_{xx,emb}}{GB^3}\right) \left[\left(\frac{1.8}{1+1.75(L/B-1)}\right) + a_0^2 \right]} + \left(\frac{4}{3}\right) \left(\frac{\psi L}{B} + 1\right) \left(\frac{D}{B}\right)^3 \right] \left[\frac{a_0}{2\alpha_{xx}} \right]$
Notes:	Soil hysteretic damping, β_s , is additive to foundation radiation damping, β . $\alpha_{emb} = \alpha_{sur}$; from Table 2-3a $a_0 = \omega B / V_s$; $\psi = \sqrt{2(1-\nu)/(1-2\nu)}$; $\nu \leq 2.5$

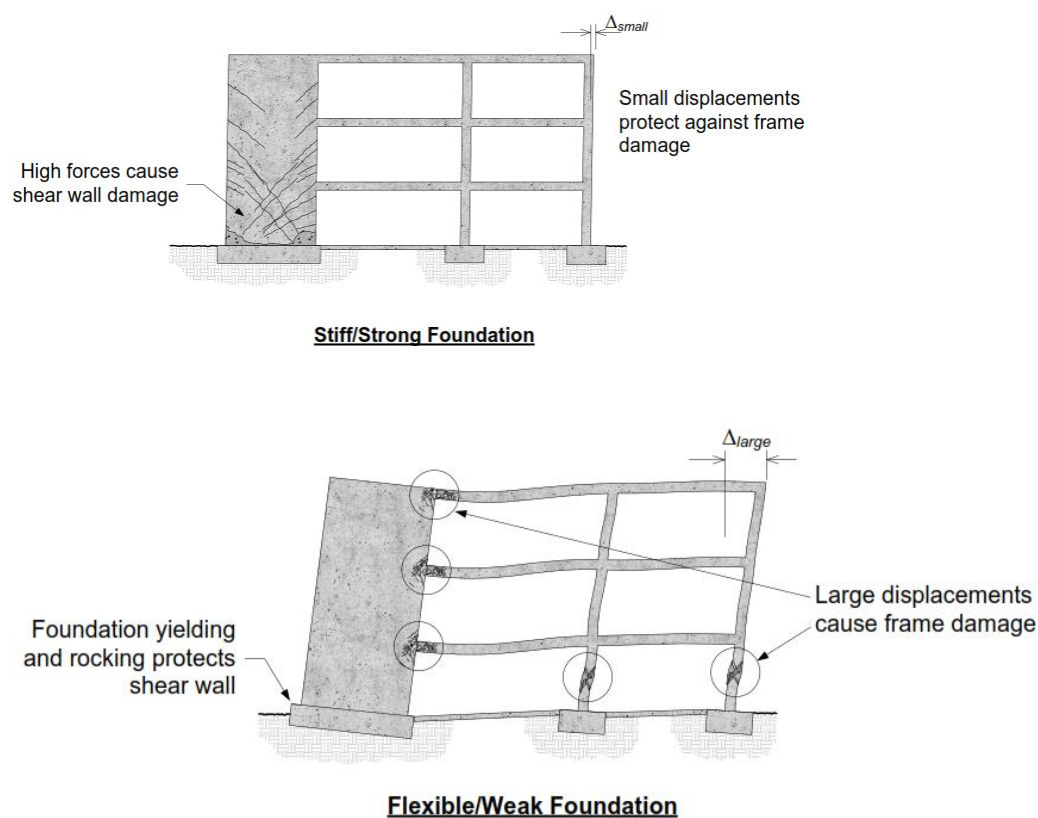
Nota: Adaptado de Kausel

Rigidez y resistencia de la fundación

La rigidez y la resistencia de la fundación afectan de manera diferente a varios componentes estructurales (columnas, vigas, placas) así como se evidencia en la figura 10. La fundación rígida no siempre es favorable, ni flexible es siempre conservador

Figura 10

La fundación Rígido no siempre es favorable, ni flexible es siempre conservador.



Nota: Adaptado de NIST

Determinación de la profundidad de empotramiento

Uno de los parámetros esenciales para hacer uso de los efectos de empotramiento es la profundidad de empotramiento de la fundación. La norma ASCE/SEI 7-16 (ASCE, 2017a) menciona en su Sección 19.4. que al menos el 75 % del ancho de la cimentación debe estar en la profundidad de empotramiento, y que para estructuras en terrenos inclinados, la

condición de empotramiento debe ser el más superficial. En la Figura 10 a se ilustra una edificación con un sótano de un nivel, con zapatas corridas perimetrales y zapatas interiores corridas o extendidas. La profundidad de la condición de empotramiento, representada como $e = e_2$, va desde el nivel del suelo hasta la parte superior de la losa del sótano. Esto es porque el área en la base de las zapatas es considerablemente menor que el 75 % indicado en la Sección 19.4

Figura 11

Altura de nivel de empotramiento para una edificación con sótano cimentadas con zapatas corridas y continuas

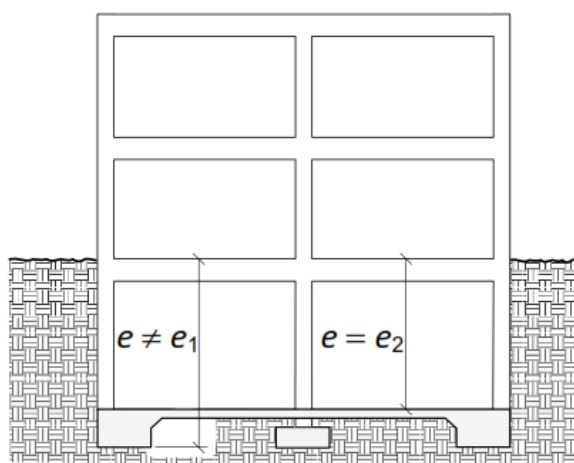


Figure 5-3 Depth of embedment for a building with a basement on perimeter strip footings and interior spread footings.

Nota: Adaptado ASCE/SEI 7-16

En la imagen 11 se muestra el caso de una edificación con un sótano de dos pisos donde la profundidad del piso más bajo del sótano es de 24' o mayor que el límite de 20 pies de la Sección 19.4 de ASCE/SEI 7-22. En este caso, la profundidad de empotramiento, e , está limitada a 20 pies.

Figura 12

Profundidad máxima de empotramiento en edificios con sótanos

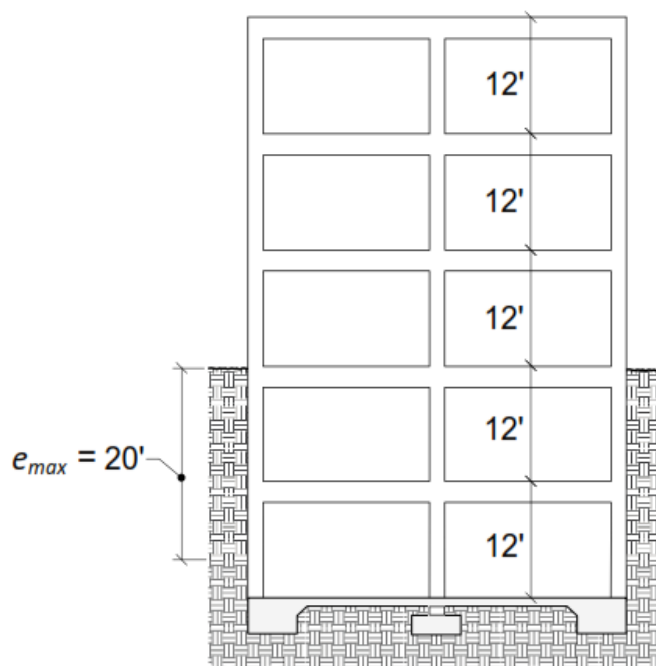


Figure 5-4 Maximum depth of embedment.

Nota: Adaptado de ASCE/SEI 7-16

Modelos interacción suelo estructura

Modelo 1. En este método, se asume que la edificación está fijado en el suelo, omitiendo los efectos de interacción suelo-estructura (ISE). Las resultantes de reacciones se determinan en el nivel del terreno seguidamente se trasladan a otro modelo matemático independiente de la cimentación. Este enfoque es utilizado con distinta frecuencia por los ingenieros: algunos lo consideran más adecuado para estructuras con marcos rígidos y arriostrados, mientras que opinan que es menos efectivo para edificios con placas.

Un ejemplo de este tipo de configuración es una superestructura con un sistema de núcleo de muro de corte de concreto armado fundado sobre una estructura de tipo podio de sótano más amplia con muros perimetrales. Los efectos de “backstay” implican la transferencia de



fuerzas laterales en la superestructura a elementos adicionales que existen dentro del sótano, normalmente a través de uno o más diafragmas de piso. Esta transferencia de fuerza ayuda a los edificios altos a resistir los efectos de vuelco y se conoce como el efecto "backstay" debido a su similitud con el tramo posterior de una viga en voladizo. La rigidez adicional de las estructuras contenedoras de tierra y la rigidez relativa de diafragmas que comprenden el sótano pueden dar lugar a fuerzas de corte mayores en los niveles del sótano que en la superestructura. El modelado de la flexibilidad en el plano de los diafragmas del sótano puede proporcionar resultados más racionales para este efecto. Cuando el sistema que se opone a soportar las fuerzas laterales de la superestructura cubre la huella completa del sótano, el efecto backstay se reduce o elimina.

Modelo 2. Este enfoque emplea muelles horizontales que se usan para simular el suelo alrededor del edificio, fijando los extremos de los muelles para evitar el movimiento del suelo y aplicándolos en la base del modelo. Para aplicar este modelo, se requiere el uso de análisis "pushover". En una variación (Modelo 3A), se restringe el movimiento vertical, mientras que en otra (Modelo 3B), se incorporan muelles verticales. El Modelo 3A es usado ocasionalmente, mientras que el Modelo 3B es más común; sin embargo, algunos ingenieros no recurren a ninguna de estas variantes.

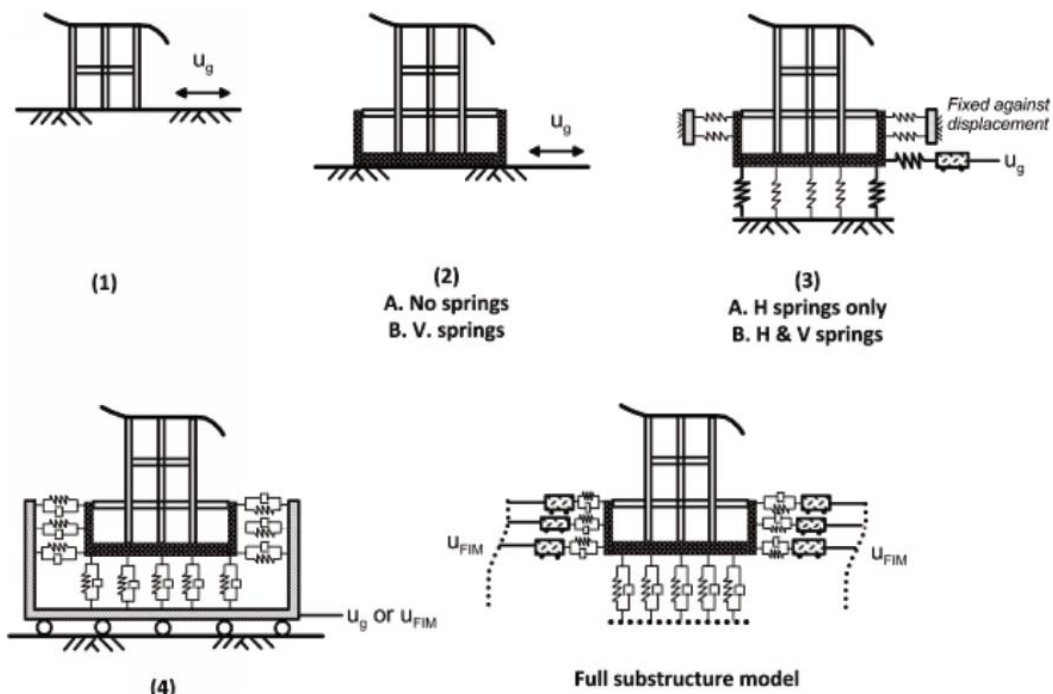
Modelo 3. En este método, los muelles horizontales están unidos a paredes rígidas (conocidas como "bañera"), de manera que el movimiento del suelo se aplica a toda la bañera, permitiendo que los extremos de los muelles horizontales se desplacen simultáneamente con el movimiento del suelo. Este enfoque es poco utilizado en la práctica, aunque las Directrices para el diseño sísmico basado en el comportamiento de edificios altos, Versión 2.03 (PEER, 2017), lo recomiendan.

Modelo 4. Tomada de PEER (2017) El modelo de bañera [Modelo 4] aplica el mismo movimiento del terreno a los extremos de los elementos de interacción y a través de la

profundidad empotrada de la estructura. Para aplicar el mismo movimiento del suelo a estas profundidades requiere el uso de elementos rígidos (para los extremos de los elementos de interacción opuestos a la cimentación), lo que puede crear dificultades numéricas. Una opción que puede considerarse para superar este problema es utilizar elementos de interacción sólo a nivel de cimentación.

Figura 13

Enfoques para modelado de edificios con sótanos



Nota: Adaptado de ASCE/SEI 7-16

Rigidez del suelo:

Esta dada por el efecto del movimiento sísmico en el suelo depende principalmente de su rigidez y capacidad de amortiguamiento, que son esenciales para evaluar la respuesta del sitio. La rigidez se estima a través del módulo de corte G , calculado usando la velocidad de las ondas sísmicas (NEHRP, 2012), mientras que el amortiguamiento ξ refleja la capacidad

del suelo para disipar energía. Aunque también influyen la densidad ρ y el índice de Poisson ν , su impacto es menos significativo.

Análisis estructural

Este análisis sirve para evaluar el comportamiento de una edificación frente a cargas específicas y externas, considerando criterios como resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad. En el ámbito de la ingeniería estructural, es fundamental para los proyectos de diseño, ya que anticipar el comportamiento estructural es esencial. Dado que el diseño es un proceso iterativo, el análisis ayuda a verificar si la estructura cumple con los requisitos de seguridad y funcionalidad estipulados en los códigos de diseño. Así, después de realizar un diseño preliminar y estimar las cargas aplicables, se ajusta el diseño hasta su versión final (Kassimali, 2019).

Análisis Modal Dinámico Espectral:

Este análisis incluye la consideración de la aceleración espectral del suelo, definida para cada dirección horizontal a través de un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones, denotado como "Sa" en la ecuación (1.7), según el Artículo 29.2.1 de la norma E 030 (2018). Este método es útil para identificar las frecuencias naturales, el amortiguamiento y los modos de vibración de una edificación, lo que permite prever su comportamiento dinámico frente a una excitación específica.

$$Sa = (Z \times U \times C \times S) \times g/R \quad (1.7)$$

Dónde:

Z: Factor de zonificación sísmica.

U: Factor de uso de la estructura.

C: Factor de amplificación sísmica.

S: Factor de tipo de suelo.

R: Factor de reducción sísmica.

g: Valor de aceleración de la gravedad.

Figura 14

Mapa de zonas sísmicas en Perú



FIGURA N° 1

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

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

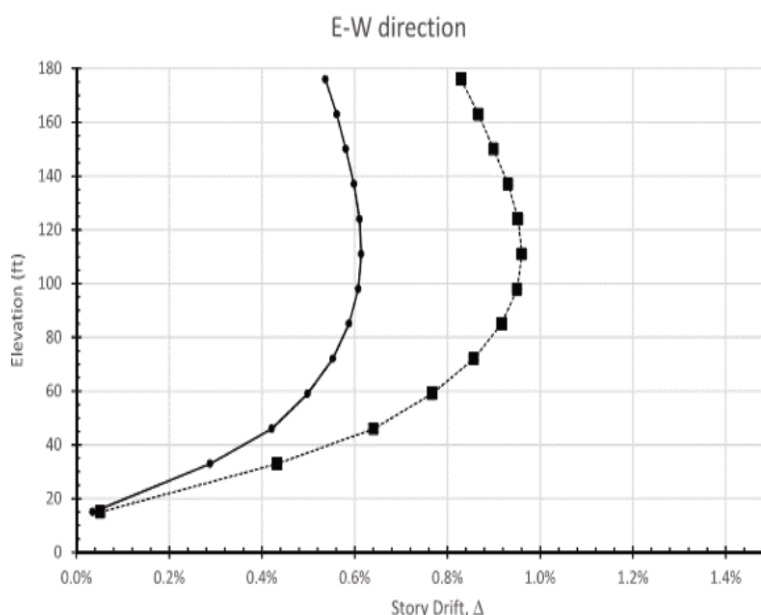
Nota: Adaptado de N.T.P- E.030

Desplazamientos laterales:

Son desplazamientos horizontales que se presentan en una estructura, sometido a cargas horizontales de origen accidental y natural como son las fuerzas sísmicas. El valor de los desplazamientos obtenidos mediante los considerandos de interacción suelo estructura deberá de estar por debajo de los máximos establecidos en los códigos de diseño sísmico. (Ottazzi,2002)

Figura 15

Grafico típico de derivas de entrepiso



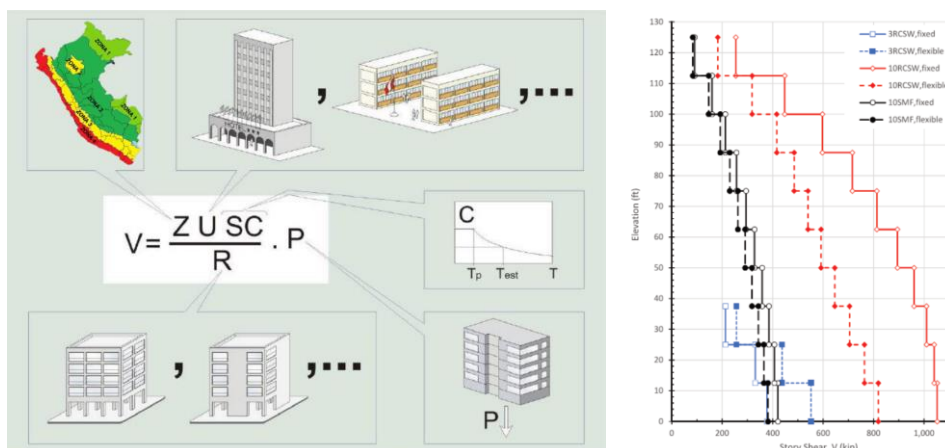
Nota: Adaptado de ASCE 7-16

Fuerza cortante en la base:

Este parametro representa la suma acumulativa de las fuerzas cortantes presentes en cada piso, concentrándose en la base de la estructura. Estas fuerzas cortantes por piso corresponden a la aplicación de la fuerza sísmica en un nivel específico y se incrementan conforme se aproxima a la base del edificio (Harmsen, 2002).

Figura 16

Grafico típico de derivas de entrepiso



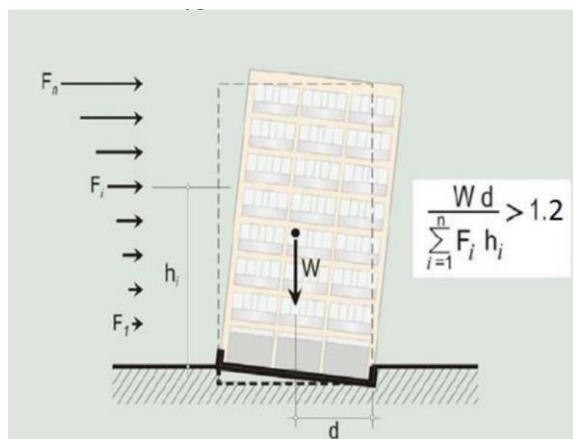
Nota: Adaptado de comentarios E.030-2018

Momento de volteo en la base:

Se obtiene este parámetro del producto de acciones horizontales debidas al sismo con las distancias verticales respecto a la base de la estructura. Este valor es de vital importancia ya que está relacionado con la estabilidad de la estructura, el factor de seguridad a vuelco que las normativas normalmente exigen es de mayor a 1.2. (Guzmán et al.,2002).

Figura 17

Grafico típico de derivas de entrepiso



Nota: Adaptado de comentarios E.030-2018



CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

Los materiales incluidos en la presente investigación tienen como objetivo realizar una investigación exhaustiva. Además, se desarrollará una forma práctica que permitirá la obtención de respuestas en las edificaciones con los considerandos en la base (rígidos o flexibles) con ello se obtiene resultados como: las máximas derivas de entrepiso, momentos volcantes y fuerzas cortantes mediante un análisis dinámico lineal. A continuación, se detallan los aspectos a considerar:

ETABS 2021

El programa es fundamental para temas de modelamientos estructurales de los edificios planteados en la presente investigación obteniéndose los resultados de derivas de entrepiso, cortantes y los momentos volcantes.

AutoCAD 2023

El programa es importante para plantear la estructuración correcta de vigas, columnas, muros de corte en los planos de arquitectura y estructura.



MS.Word, Excel

Son softwares que se emplearon en la redacción de la presente investigación y para realizar algunos cálculos matemáticos.

3.2. Diseño de la metodología de la investigación

Enfoque de la investigación

El enfoque de la presente investigación es Cuantitativo

Tipo de la investigación

Es Aplicada

Nivel de la Investigación

Es Relacional

Diseño de la Investigación

Se clasifica como no experimental

3.3. Población muestra

Población

Tamayo (2006), describe el concepto de "universo", que aunque recibe una definición similar, varía en contenido y enfoque según el contexto. La población abarca todas las unidades relacionadas con un fenómeno de estudio y se considera un conjunto de N entidades que comparten una característica específica. Esta totalidad se denomina población porque representa la cifra absoluta del fenómeno investigado. Si se analiza toda la población sin necesidad de muestreo, se dice que se ha examinado el universo

En nuestra investigación la población son edificaciones de (15) niveles más dos sótanos, destinadas a viviendas multifamiliares o departamentos ubicados en la ciudad de



Juliaca en la región de Puno. Esto debido a que en las últimas décadas existe la tendencia de la construcción de edificios altos.

Muestra

Según Hernández et al. (2014), las muestras no probabilísticas o "muestras dirigidas" son un método de selección basado en las características particulares de la investigación, en lugar de un criterio estadístico que permita generalizar los resultados.

En el trabajo que desarrollamos la muestra consiste en un edificación de (15) niveles más dos sótanos ubicados en dos tipos de suelos muy comunes en la ciudad de Juliaca y en la Región de Puno. Es decir, se tendrá 4 modelos de edificios 2 (dos) edificios que se analizaran como base fija y otros 2 (dos) modelos que se analizaran con base flexible.

3.4. Ámbito de estudio

Las edificaciones a ser analizadas estarán ubicadas en el sector Pucachupa, paradero 7 de la vía Juliaca-Arequipa, correspondiente a la ciudad de Juliaca región Puno.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Generalidades

Se realiza una comparativa de los 4 modelos planteados en la presente investigación compatibilizando y uniformizando las cargas que actúan en la superestructura, luego de ello se ha dibujado la geometría en el software ETABS con la correcta asignación de los materiales con sus respectivas propiedades mecánicas del acero y del concreto ,se asignó también las componentes tipo barra (vigas y columnas) tipo area (losas de entrepiso y muros de corte),luego de ello se realiza el cargado de los espectros de diseño según la E.030 para los casos de base fija y espectros modificados según el ASCE 7-22 para los casos de cimentaciones de condicion flexible.

En la asignación de resortes de la condición interacción suelo estructura se tiene en cuenta los siguientes códigos internacionales (NEHRP,2012 ASCE/SEI 7-22) con el modelamiento se logra obtener los siguientes resultados:

- Derivas de entrepiso
- Diagramas de fuerzas cortantes

- Momentos volcantes

Propiedades mecánicas del concreto acero.

Tabla 1

Propiedades del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Descripcion del concreto	Valor
Resistencia a la compresion, f_c	210 kg/cm^2
Peso unitario	2400 kg/m^3
Modulo de Poisson	0.15
Modulo de elasticidad, E_c	217370.65 kg/cm^2
Modulo de corte, G_c	94508.98 kg/cm^2

Nota: Los datos mencionados en la tabla fueron incorporados en el software Etabs v.16

Tabla 2

Propiedades para el acero $f_y=4200\text{kg/cm}^2$

Descripcion del Acero	Valor
Esfuerzo de fluencia, f_y	4200 kg/cm^2
Peso unitario	7850 kg/m^3
Modulo de elasticidad, E_s	2000000 kg/cm^2

Nota: RNE E-0.60 (2018)

Cargas muertas y vivas distribuidas

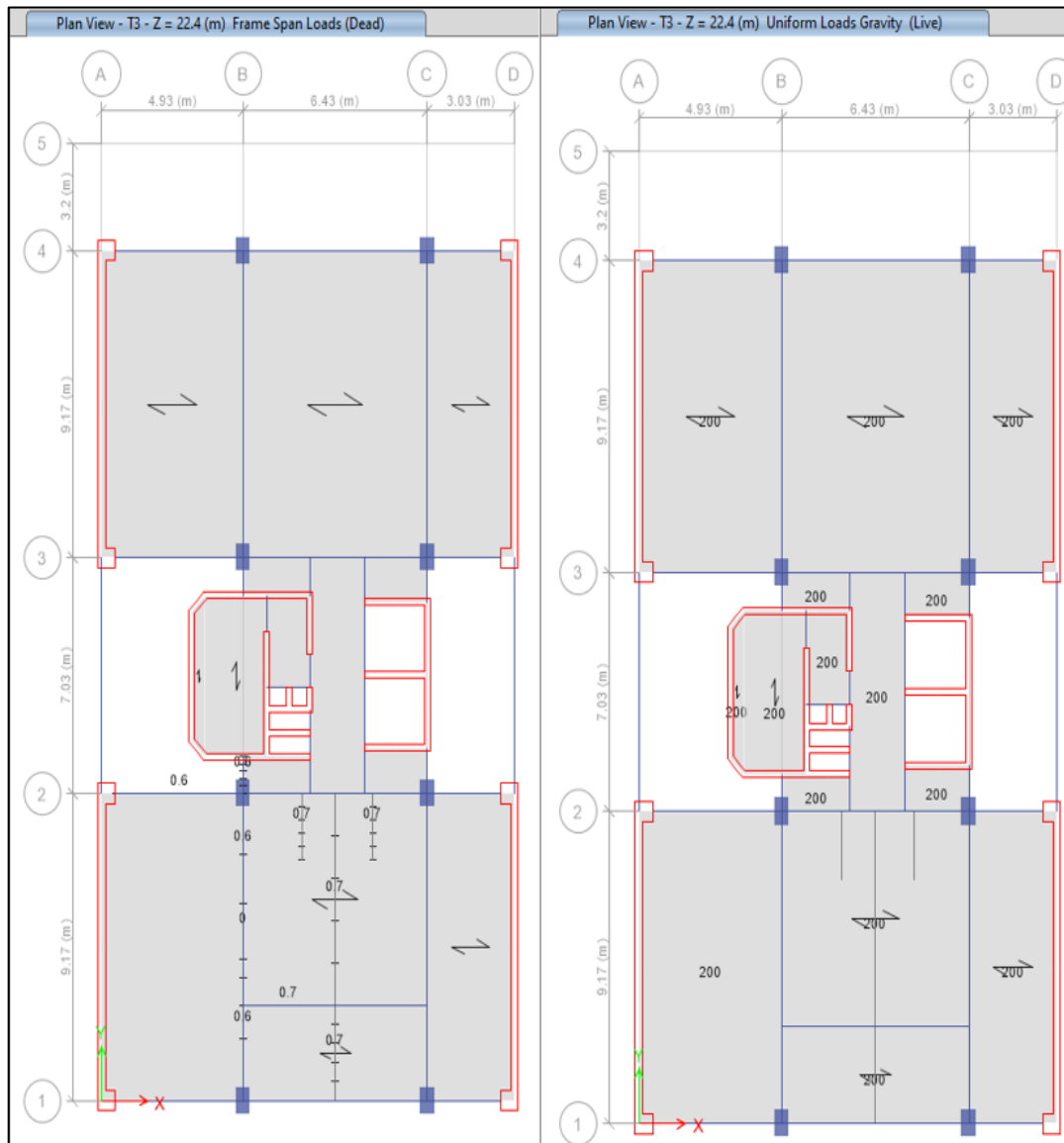
Para analizar distintos modelos estructurales de edificios, es esencial incorporar en ellos las cargas (viva y muerta) junto con las propiedades de los materiales. Las cargas mencionadas a continuación corresponden a las que están presentes en los edificios objeto de estudio.

- Aligerado de 0.20m : 300 kg/m^2
- Piso acabado : 100 kg/m^2
- S/C en azotea: 100 kg/m^2
- S/C en viviendas de uso común: 200 kg/m^2

La figura 18 muestra el modelado del sistema estructural de tipo dual con las cargas vivas y muertas en cada nivel. También se ilustra la creación de materiales, secciones y la estructura en 3D en el software ETABS, como se observa en las imágenes siguientes.

Figura 18

Distribución de cargas muertas y vivas



Como se puede observar en la figura anterior se observa el cargado de cargas vivas y muertas mencionados anteriormente en los elementos SHELL (losas) y elementos tipo FRAME (vigas).

Creación de los tipos de materiales de acero y concreto

A continuación, se muestra la creación de las características del acero y concreto, respecto a los parámetros de "f'c" del concreto en el modelamiento de los edificios se ha utilizado a modo de optimización tres tipos de f'c (210,280 y 350) kg/cm² estas varían cada 5 niveles ya que los máximos esfuerzos de compresión se encuentran en la base del edificio y es ahí donde se requerirá mayor f'c.


Proceso de definición de los parámetros del modelo:

En la tabla 3 se muestran las características para un concreto de f'c=210kg/cm².

Tabla 3

Características del Concreto de f'c=210kgf/cm²

CONCRETO REFORZADO	
Nombre del Material	: f'c = 210 kg/cm ²
Peso Especifico	: γ _m = 2300 kg/m ³
Resistencia a la Compresión	: f'c = 210 kg/cm ²
Módulo de la elasticidad	E _c = 217370.651 kg/cm ²
Módulo de poisson	ν = 0.15
Módulo de Corte	: G _c = 94508.98 kg/cm ²



Nota: Elaboración propia

Ec (modulo elástico) está dada por la siguiente expresión:

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] \quad (3.1)$$

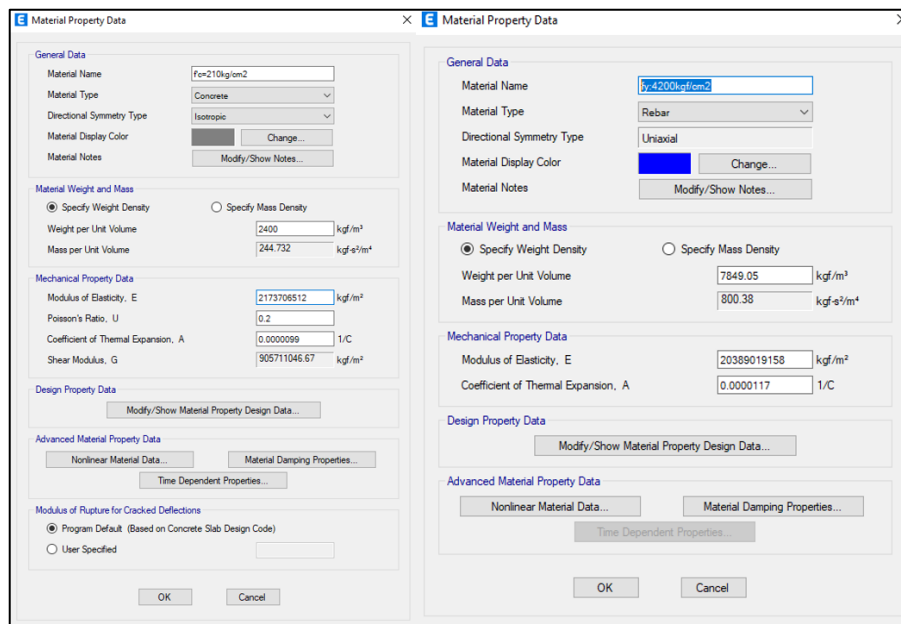
Gc (módulo de corte), es estimada por la siguiente ecuación:

$$G_c = \frac{E_c}{2.3} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] \quad (3.2)$$

ν (módulo de Poisson), para el material de concreto se suele estimar a 0.25

Figura 19

Propiedades mecánicas del concreto y del acero en el Software ETABS



Nota: Elaboración propia

Elementos línea (vigas y columnas)

En la creación de columnas y vigas primeramente se procedió a la etapa de dimensionado preliminar de estos elementos haciendo uso de las siguientes expresiones:

Columna centrada

$$A_{columna} = \frac{P_{servicio}}{0.45(f_c)} \quad (3.3)$$

Columna de esquina o excéntrica

$$A_{columna} = \frac{P_{servicio}}{0.35(f_c)} \quad (3.4)$$

Donde f_c es la resistencia del concreto, en zonas altamente sísmicas el área de la columna no debe ser menor a 1000 cm²

Para el dimensionado de las vigas se usa las siguientes expresiones:

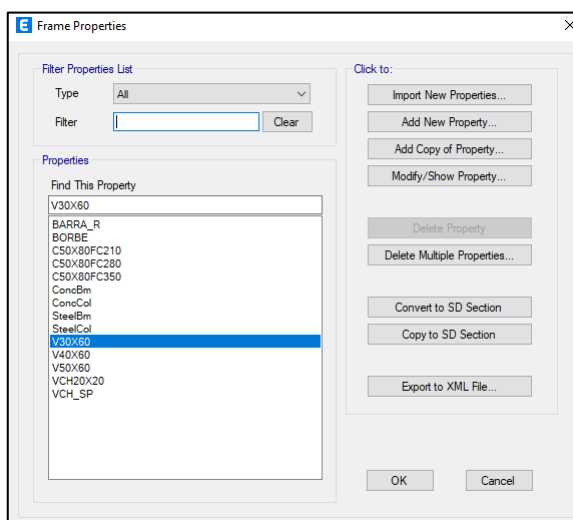
$$h = \left(\frac{Ln}{10} @ \frac{Ln}{12} \right) \quad (3.5)$$

$$b = \left(\frac{1}{2} @ \frac{2}{3} \right) h \quad (3.6)$$

Utilizando las expresiones mencionadas anteriormente se procede a la creación de las distintas secciones de vigas y columna.

Figura 20

Creación de las secciones tipo FRAME (vigas y columnas)



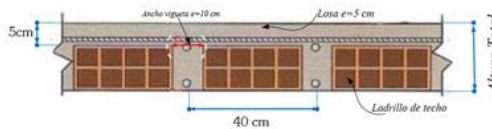
Nota: Elaboración propia

Creación de los elementos áreas (losas y muros)

Tabla 4

Características de una losa aligerada nervada en una dirección.

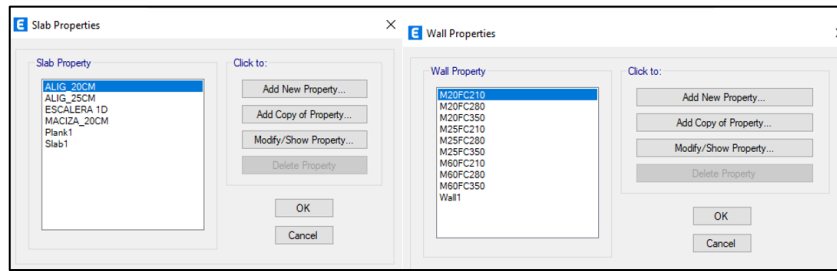
LOSA ALIGERADA	
Nombre	: Alig-1D
Altura Total	: 20 cm
Altura de la losa	: 5 cm
Acho de la vigueta en la parte superior	: 10 cm
Acho de la vigueta en la parte inferior	: 10 cm
Espaciamiento entre ejes de la vigueta	: 40 cm
Dirección de la vigueta	: X- local



Nota: Elaboración propia

Figura 21

Creación de las secciones tipo SHELL (losas y muros)



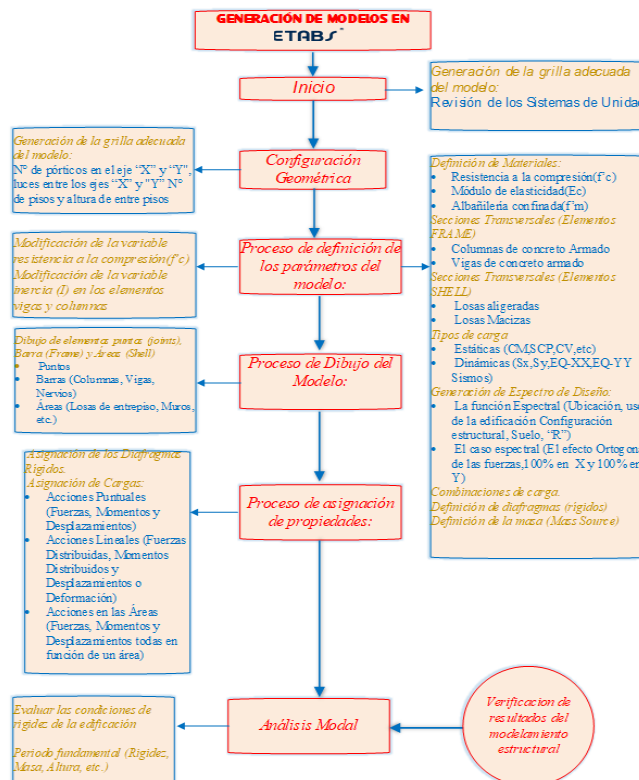
Nota: Elaboración propia

SECUENCIA DE PASOS PARA EL ANALISIS DE LAS ESTRUCTURAS

En esta investigación se describe la secuencia de pasos para el modelado estructural de los edificios analizados, especificando el orden a seguir.

Figura 22

Organigrama utilizada para el análisis de edificios altos



Nota: Elaboración propia



4.2. Modelado 3D en el software CSI ETABS

a. *Configuración Estructural*

El edificio propuesto en esta investigación tiene una configuración regular en planta, con 15 niveles y 2 sótanos. La altura de los sótanos y del entrepiso del primer nivel es de 4.90 m, mientras que los pisos típicos tienen una altura de 2.80 m. El edificio se destinará a viviendas multifamiliares.

b. *Sistema Estructural*

La estructura en análisis es la fusión de dos sistemas estructurales uno de ellos es el sistema a porticado y el otro placas de corte que es el principal elemento que se opone a las sollicitaciones laterales del edificio de concreto armado.

c. *Vistas en planta y elevación del edificio multifamiliar*

A continuación, se muestra algunas capturas de las secciones en planta y elevación del edificio tipo a evaluar en la presente investigación para mayor referencia de planos revisar el apartado de los anexos.

Figura 23

Vistas en planta típicas del edificio de 15 niveles

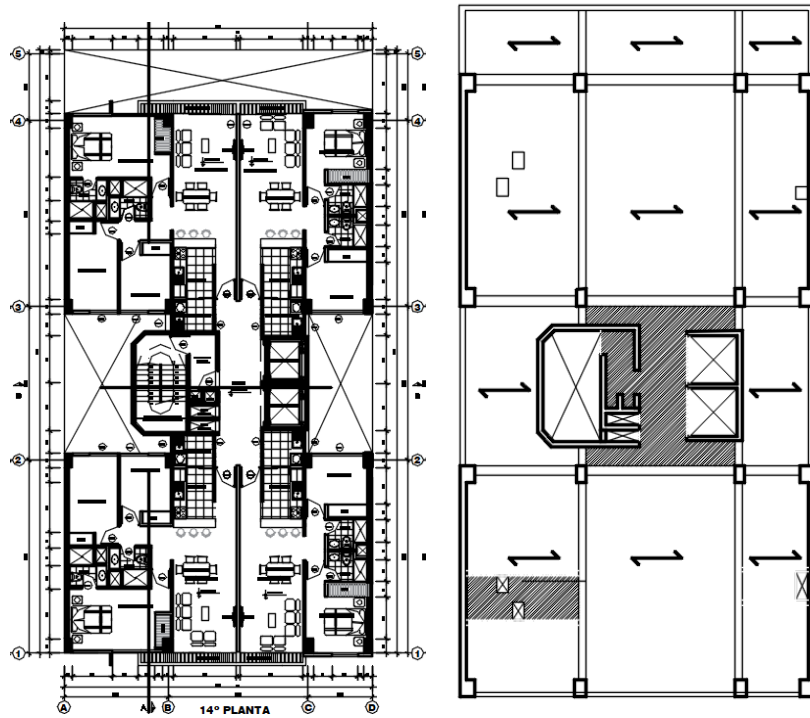
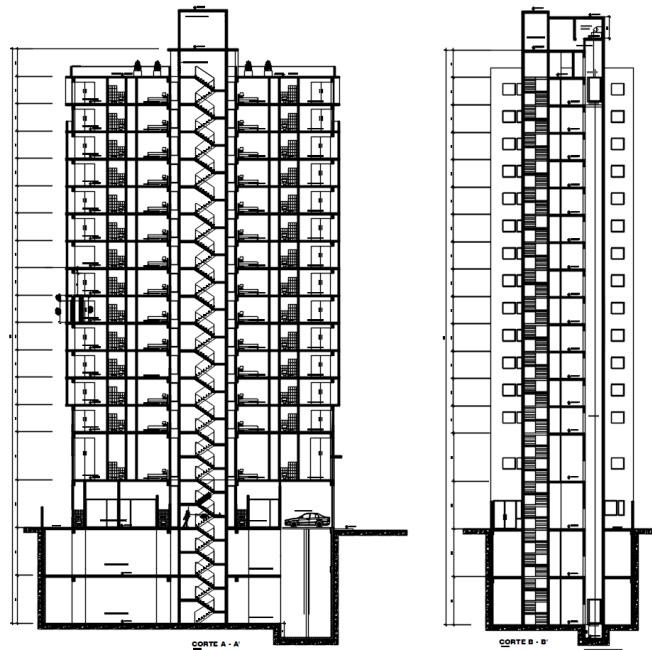


Figura 24

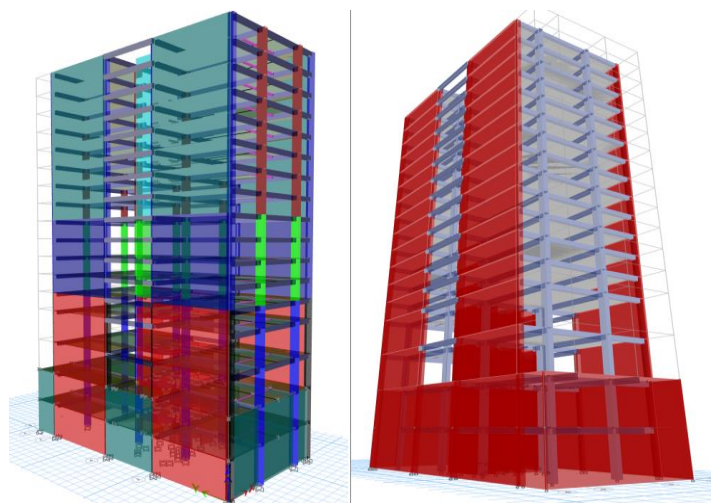
Vistas de elevación del edificio de 15 niveles más dos sótanos



Nota: Elaboración propia

Figura 25

Modelo en 3D del edificio base SHELL (losas y muros)



Nota: Trabajo propio

Análisis sísmico de las edificaciones

Para este análisis nos referenciaremos de la norma E.030-2018 para obtener coeficientes de sismicidad y velocidades de ondas de corte así mismo nos apoyaremos del código ASCE 7-22 para modificar el espectro de diseño y trabajar con edificios de bases flexibles.

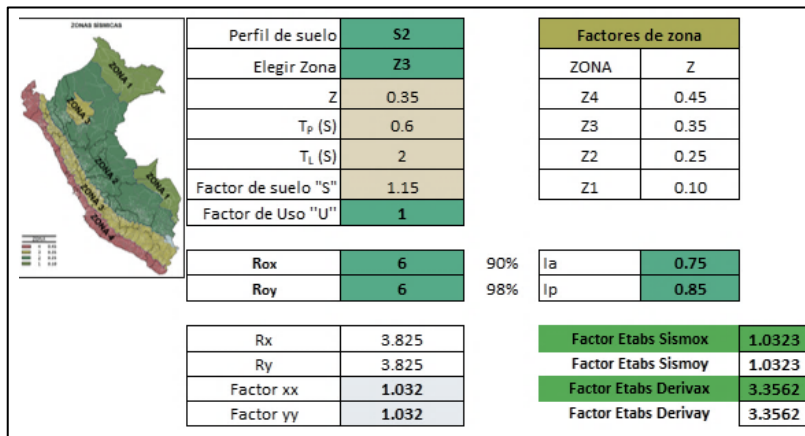
Los edificios a ser analizados están ubicados en una zona residencial de la ciudad de Juliaca en la presente investigación para obtener resultados beneficios y algunas conclusiones genéricas que puede servir en la gran parte de tipos de suelos de la región en mención se opta por realizar cálculos de espectros de diseños teniendo en cuenta que los edificios a ser analizados estarán en los suelos tipo 2 y 3 donde sus velocidades de ondas de corte varían entre (500 y 180) m/s este tipo de velocidades representan suelos no muy competentes o rígidos que es el caso de los suelos comunes en Juliaca.

Cabe indicar que la ciudad de Juliaca según el mapa de sismicidad de la norma E.030 se en cuenta en la zona 3 ($Z=3$ donde la aceleración máxima del suelo oscila por 0.35g).

Obtención de espectros de diseño

Figura 26

Parámetros sísmicos cuando el edificio se encuentra en la Zona 2

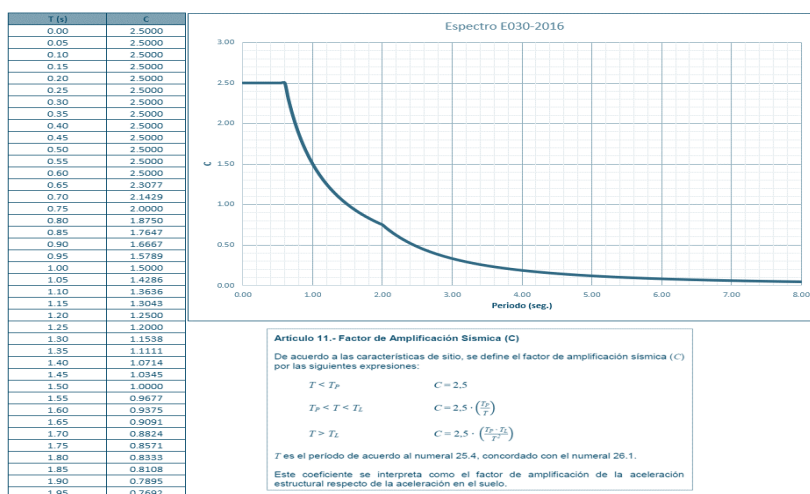


Nota: Elaboración propia

Una vez obtenido los parámetros de sismicidad para la ciudad de Juliaca ($Z=0.35g$) y suelo S2 se obtiene un gráfico de espectro de diseño para el "modelo estructural 01" ello se refleja a continuación:

Figura 27

Espectro de diseño cuando el edificio se encuentra en la Zona 2



Nota: Elaboración propia

También se debe obtener dos espectros de diseño modificados para los suelos S2 y S3 con $Z=0.35g$ que serán empleados para los estructuras de base no rígida.

Figura 30

Espectro de diseño cuando el edificio se encuentra en la Zona 3

T	C	ZUCS	ZUCS*RRS	RRS _{bsa} *RRS _e
0	1.000	0.070	0.052	0.740
0.1	1.750	0.123	0.091	0.740
0.2	2.500	0.175	0.129	0.740
0.3	2.500	0.175	0.153	0.875
0.4	2.500	0.175	0.162	0.928
0.5	2.500	0.175	0.167	0.953
0.6	2.500	0.175	0.169	0.967
0.7	2.500	0.175	0.171	0.976
0.8	2.500	0.175	0.172	0.981
0.9	2.500	0.175	0.172	0.985
1	2.500	0.175	0.173	0.988
1.1	2.273	0.159	0.158	0.990
1.2	2.083	0.146	0.145	0.992
1.3	1.923	0.135	0.134	0.993
1.4	1.786	0.125	0.124	0.994
1.5	1.667	0.117	0.116	0.995
1.6	1.563	0.109	0.109	0.995
1.7	1.384	0.097	0.096	0.996
1.8	1.235	0.086	0.086	0.996
1.9	1.108	0.078	0.077	0.997
2	1.000	0.070	0.070	0.997
2.1	0.907	0.063	0.063	0.997
2.2	0.826	0.058	0.058	0.998
2.3	0.756	0.053	0.053	0.998
2.4	0.694	0.049	0.049	0.998
2.5	0.640	0.045	0.045	0.998
2.6	0.592	0.041	0.041	0.998
2.7	0.549	0.038	0.038	0.998
2.8	0.510	0.036	0.036	0.998
2.9	0.476	0.033	0.033	0.999
3	0.444	0.031	0.031	0.999
3.1	0.416	0.029	0.029	0.999
3.2	0.391	0.027	0.027	0.999
3.3	0.367	0.026	0.026	0.999
3.4	0.346	0.024	0.024	0.999
3.5	0.327	0.023	0.023	0.999
3.6	0.309	0.022	0.022	0.999
3.7	0.292	0.020	0.020	0.999
3.8	0.277	0.019	0.019	0.999
3.9	0.263	0.018	0.018	0.999
4	0.250	0.018	0.017	0.999

Z(g)	0.35
U	1
S	1.2
R	6
Tp	1
TL	1.6
0.2Tp	0.2

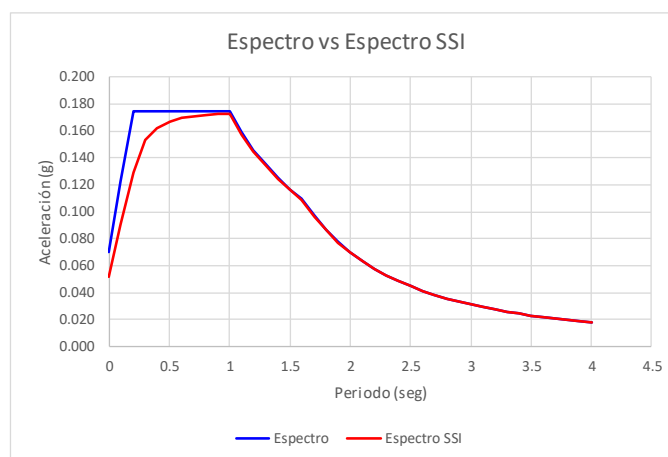


Tabla N° 2
CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_v
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

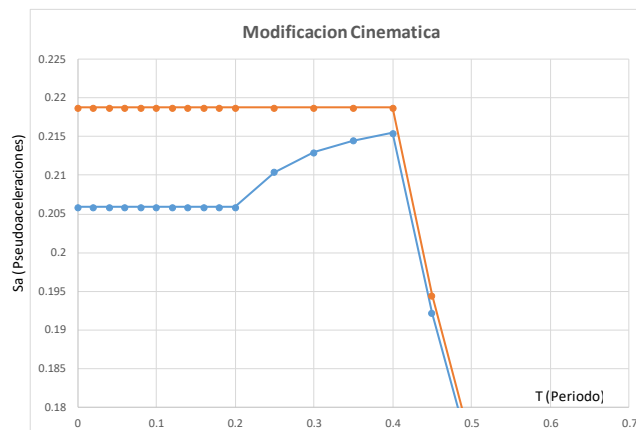
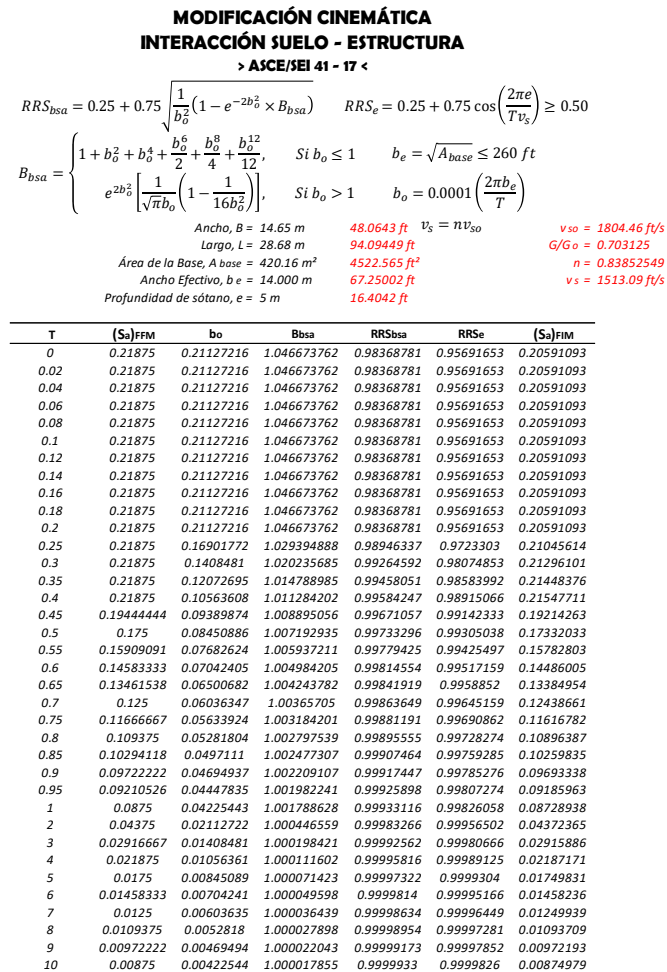
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Nota: Elaboración propia

Luego de ello se debe calcular las rigideces de los resortes en sus 6 direcciones (K_x, K_y, K_z, K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}) para los cálculos se requieren varias fórmulas que son tomadas del ASCE 7-16 -22 las cuales mostramos a continuación

Figura 31

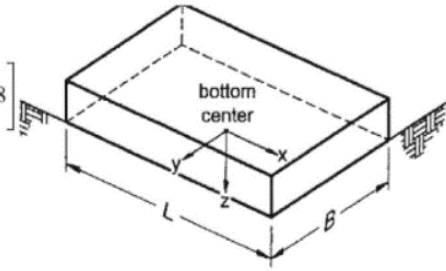
Espectro de modificación cinemática interacción suelo estructura

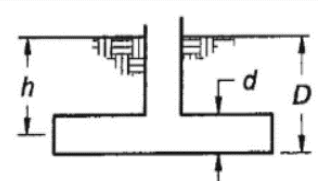


Nota: Elaboración propia

Figura 32

Expresiones para el cálculo de rigideces de resortes en sus 6 componentes

Degree of Freedom	Stiffness of Foundation at Surface	Note
Translation along x-axis	$K_{x,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 1.2 \right]$	 <p>bottom center</p> <p>orient axes such that $L > B$. If $L = B$, use x-axis equations for both x-axis and y-axis.</p>
Translation along y-axis	$K_{y,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.4 \frac{L}{B} + 0.8 \right]$	
Translation along z-axis	$K_{z,sur} = \frac{GB}{1-\nu} \left[1.55 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 0.8 \right]$	
Rocking about x-axis	$K_{xx,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.1 \right]$	
Rocking about y-axis	$K_{yy,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[0.47 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.034 \right]$	
Torsion about z-axis	$K_{zz,sur} = GB^3 \left[0.53 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 0.51 \right]$	

Degree of Freedom	Correction Factor for Embedment	
Translation along x-axis	$\beta_x = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{B}} \right) \cdot \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{BL^2} \right)^{0.4} \right]$	 <p>d = height of effective sidewall contact (may be less than total foundation height)</p>
Translation along y-axis	$\beta_y = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{L}} \right) \cdot \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{LB^2} \right)^{0.4} \right]$	
Translation along z-axis	$\beta_z = \left[1 + \frac{1}{21} \frac{D}{B} \left(2 + 2.6 \frac{B}{L} \right) \right] \cdot \left[1 + 0.32 \left(\frac{d(B+L)}{BL} \right)^{2/3} \right]$	
Rocking about x-axis	$\beta_{xx} = 1 + 2.5 \frac{d}{B} \left[1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}} \right]$	
Rocking about y-axis	$\beta_{yy} = 1 + 1.4 \left(\frac{d}{L} \right)^{0.6} \left[1.5 + 3.7 \left(\frac{d}{L} \right)^{1.9} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.6} \right]$	
Torsion about z-axis	$\beta_{zz} = 1 + 2.6 \left(1 + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{d}{B} \right)^{0.9}$	

Nota: adaptado del ASCE 7-22

Para el cálculo de las rigideces se debe tener como data la velocidad de onda de corte promedio de propagación de los tipos de suelos por ello extrapolaremos los valores

presentados en ASCE7-22 y los de la Norma Peruana E.030, por lo tanto el análisis se realizara para los suelos intermedios (S2) y suelos blandos.

Figura 33

Clasificación de los perfiles de suelos según la NTP E.030

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Nota: adaptado de la NTP E.030

Tabla 5

Expresiones para el cálculo de rigideces de resortes en sus 6 componentes

Tipo de perfil	Velocidad promedio de propagación	Promedio(m/s)	Similar en ASCE 7-22
Roca dura (S ₀)	> 1500 m/s	1500	A
Roca o suelo rígido (S ₁)	500 a 1500 m/s	1000	B
Suelos intermedios (S ₂)	180 a 500 m/s	340	C
Suelos blandos (S ₃)	<180 m/s	180	D
Condiciones excepcionales (S ₄)	acorde al EMS	-	E

G/G₀ (adimensional)	0.75
λ (ton/m³)	1.8
v_{so} (m/seg)	180
g	9.81
G(tonf/m²)	4459
G(kips/ft²)	928

$$G_o = \frac{\gamma v_{so}^2}{g}$$

Nota: Elaboración propia

Con las consideraciones de ambas normas se elabora una hoja de cálculo y se calcula los 6 valores de rigidez para cada tipo de cimentación para las edificaciones con interacción suelo-estructura se está planteando 4 casos de zapatas (2x2) m para las columnas, (2x10)

m para los muros de corte, (5x5) m para la caja de ascensores y (3x5) m para la caja de escaleras. Luego estos valores de rigidez serán cargados al software ETABS para cada cimentación propuesta.

Figura 34

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x2)m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		928	h (m)	11.3	37.1
B (m)	2	6.6	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	2	6.6			

Rigidez en la cara de la fundación		
Kz	28394.283 tonf/m	19080
Kyy	262194.54 tonf/m	176182
Kxx	260113.63 tonf/m	174784
Kzz	405777.27 tonf/m	272663
Ky	23820.128 tonf/m	16006
Kx	23820.128 tonf/m	16006

Corrección por profundidad	
βz	3.03
βyy	6.41
βxx	4.30
βzz	3.79
βy	6.34
βx	6.34

Rigidez final	
Kz	85919.478 tonf/m
Kyy	1681080.7 tonf/m
Kxx	1117915 tonf/m
Kzz	1536520.7 tonf/m
Ky	151020.27 tonf/m
Kx	151020.27 tonf/m

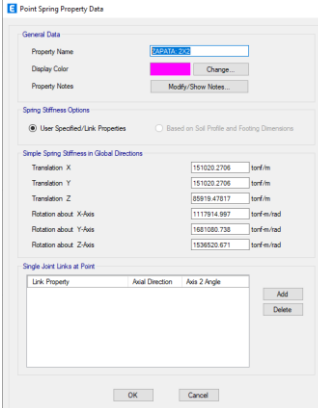


Figura 35

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x10) m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		928	h (m)	11.3	37.1
B (m)	2	6.6	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	10	32.8			

Rigidez en la cara de la fundación		
Kz	72287.463 tonf/m	48574
Kyy	11654097 tonf/m	7831002
Kxx	1092477.3 tonf/m	734093
Kzz	10865114 tonf/m	7300843
Ky	64617.433 tonf/m	43420
Kx	56332.171 tonf/m	37853

Corrección por profundidad	
βz	2.10
βyy	1.60
βxx	3.17
βzz	2.67
βy	5.45
βx	3.58

Rigidez final	
Kz	151573.11 tonf/m
Kyy	18640927 tonf/m
Kxx	3458566.3 tonf/m
Kzz	29031222 tonf/m
Ky	351998.4 tonf/m
Kx	201578.55 tonf/m

R=	
Kz	37893.277 tonf/m
Kyy	4660231.8 tonf/m
Kxx	864641.57 tonf/m
Kzz	7257805.5 tonf/m
Ky	87999.6 tonf/m
Kx	50394.638 tonf/m

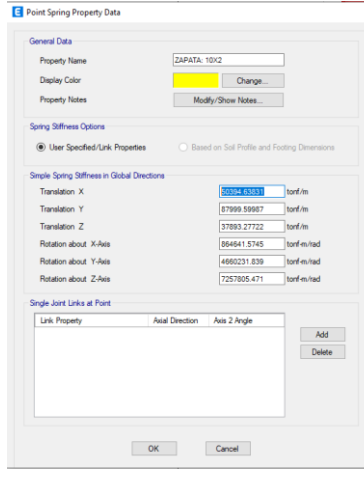


Figura 36

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (5x5) m

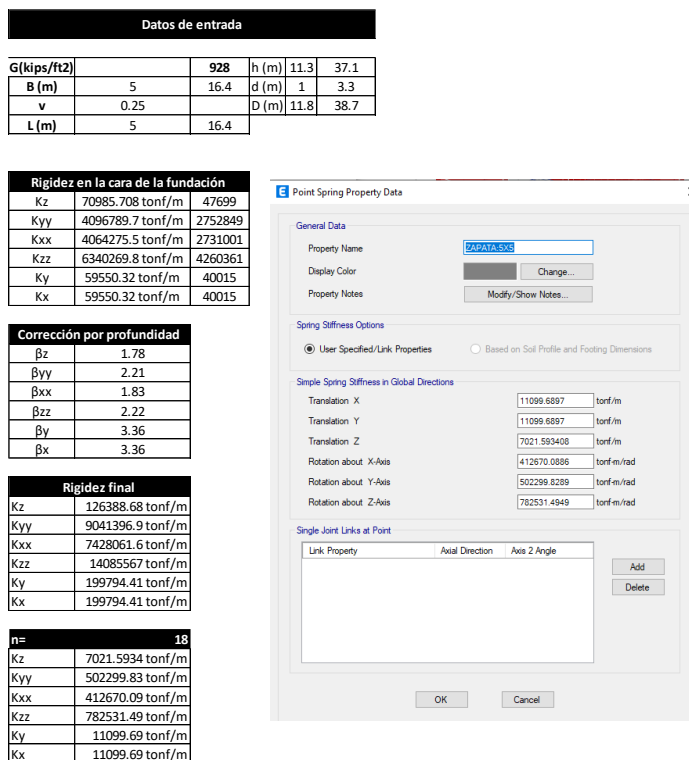
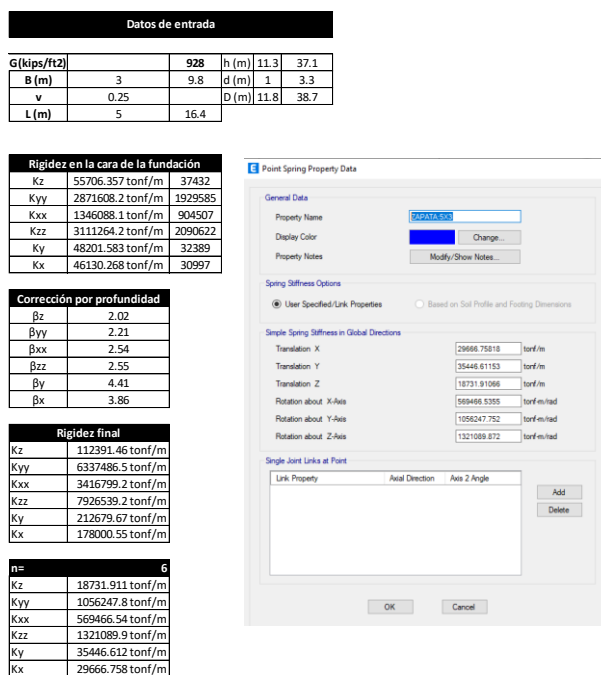


Figura 37

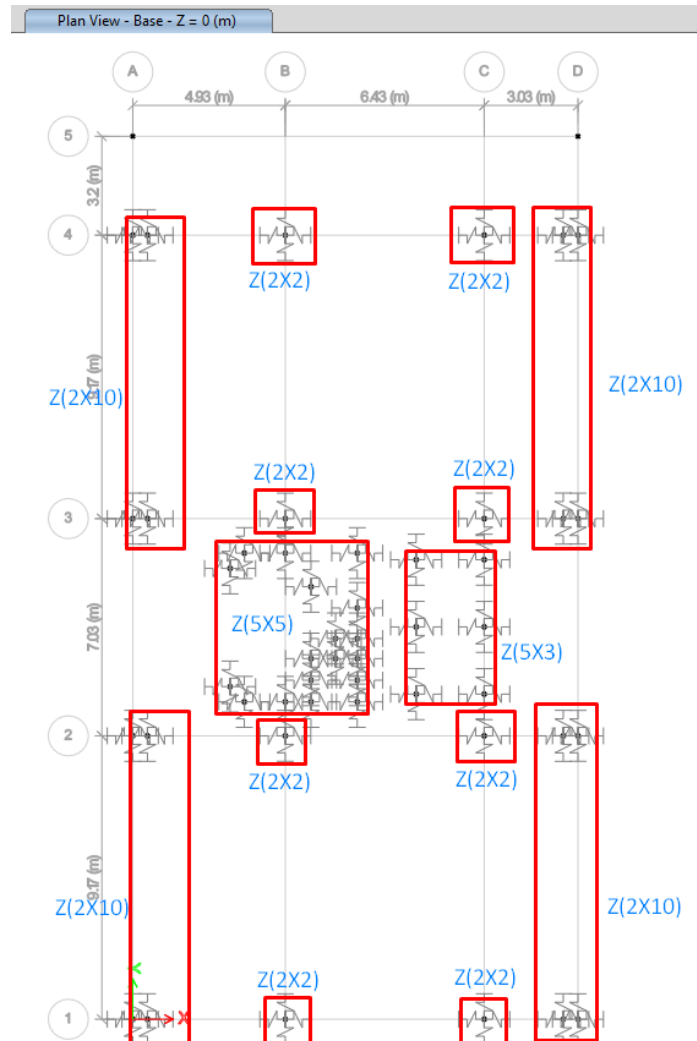
Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (3x5) m



Con los datos calculados anteriormente se procede a cargar los valores de rigidez para la cimentación con sus 6 componentes de rigidez ello lo podemos observar en la siguiente imagen.

Figura 38

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (3x5) m



Nota: Elaboración propia

Cabe mencionar que no se dibuja la cimentación como un elemento área solo se representa mediante resortes en los puntos de apoyos y los bordes de los muros de sótanos se le asigna una restricción a giro ya que es imposible que el edificio gire desde la profundidad de los dos sótanos venciendo a los rellenos colindantes.

Ahora se procede a realizar los mismos cálculos mostrados líneas arriba pero con la diferencia de que se está analizando resortes para suelos S3 (suelo blando) y los resultados de rigideces de los resortes para las 5 cimentaciones son las siguientes:

Figura 39

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x2) m

Tipo de perfil	Velocidad promedio de propagación	Promedio(m/s)	Similar en ASCE 7-22
Roca dura (So)	> 1500 m/s	1500	A
Roca o suelo rígido (S1)	500 a 1500 m/s	1000	B
Suelos intermedios (S2)	180 a 500 m/s	340	C
Suelos blandos (S3)	<180 m/s	180	D
Condiciones excepcionales (S4)	acorde al EMS	-	E

G/G0 (adimensional)	0.5
λ (ton/m ³)	1.8
vso (m/seg)	100
g	9.81
G(tonf/m ²)	917
G(kips/ft ²)	191

$$G_o = \frac{\gamma v_{so}^2}{g}$$

Nota: Elaboración propia

Figura 40

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x2) m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		191	h (m)	11.3	37.1
B (m)	2	6.6	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	2	6.6			

Rigidez en la cara de la fundación		
Kz	5844.082 tonf/m	3927
Kyy	53964.61 tonf/m	36262
Kxx	53536.319 tonf/m	35974
Kzz	83516.658 tonf/m	56119
Ky	4902.6341 tonf/m	3294
Kx	4902.6341 tonf/m	3294

Corrección por profundidad	
β_z	3.03
β_{yy}	6.41
β_{xx}	4.30
β_{zz}	3.79
β_y	6.34
β_x	6.34

Rigidez final	
Kz	17683.858 tonf/m
Kyy	345998.3 tonf/m
Kxx	230088.11 tonf/m
Kzz	316245.09 tonf/m
Ky	31082.836 tonf/m
Kx	31082.836 tonf/m

Nota: Elaboración propia

Figura 41

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x10) m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		191	h (m)	11.3	37.1
B (m)	2		d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	10				

Rigidez en la cara de la fundación	
Kz	14878.131 tonf/m
Kyy	2398634.1 tonf/m
Kxx	224852.54 tonf/m
Kzz	2236246.5 tonf/m
Ky	13299.493 tonf/m
Kx	11594.229 tonf/m

Corrección por profundidad	
βz	2.10
βyy	1.60
βxx	3.17
βzz	2.67
βy	5.45
βx	3.58

Rigidez final	
Kz	31196.62 tonf/m
Kyy	3836656.4 tonf/m
Kxx	711838.54 tonf/m
Kzz	5975176.1 tonf/m
Ky	72447.946 tonf/m
Kx	41488.689 tonf/m

n= 4	
Kz	7799.1551 tonf/m
Kyy	959164.1 tonf/m
Kxx	177959.63 tonf/m
Kzz	1493794 tonf/m
Ky	18111.987 tonf/m
Kx	10372.172 tonf/m

Nota: Elaboración propia

Figura 42

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (5x5) m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		191	h (m)	11.3	37.1
B (m)	5		d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	5				

Rigidez en la cara de la fundación	
Kz	14610.205 tonf/m
Kyy	843197.02 tonf/m
Kxx	836504.98 tonf/m
Kzz	1304947.8 tonf/m
Ky	12256.585 tonf/m
Kx	12256.585 tonf/m

Corrección por profundidad	
βz	1.78
βyy	2.21
βxx	1.83
βzz	2.22
βy	3.36
βx	3.36

Rigidez final	
Kz	26013.188 tonf/m
Kyy	1860891 tonf/m
Kxx	1528836 tonf/m
Kzz	2899076.8 tonf/m
Ky	41121.48 tonf/m
Kx	41121.48 tonf/m

n= 18	
Kz	1445.1771 tonf/m
Kyy	103382.83 tonf/m
Kxx	84935.331 tonf/m
Kzz	161059.82 tonf/m
Ky	2284.5267 tonf/m
Kx	2284.5267 tonf/m

Nota: Elaboración propia

Figura 43

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (3x5) m

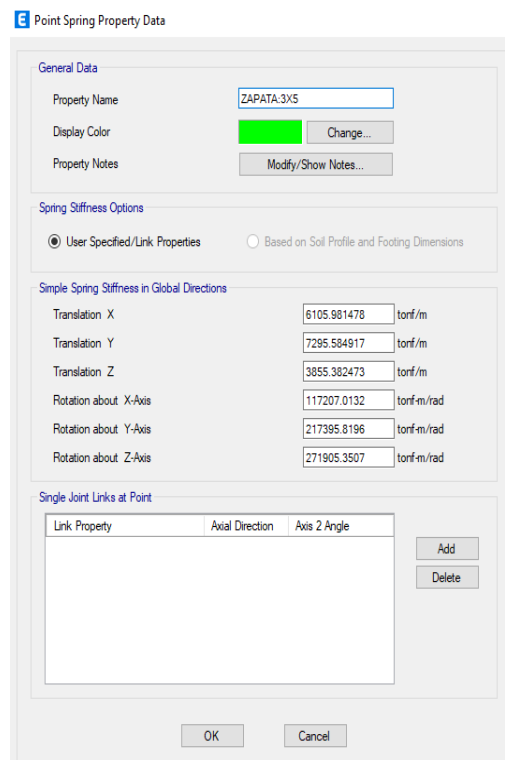
Datos de entrada					
G(kips/ft²)		191	h (m)	11.3	37.1
B (m)	3	9.8	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	5	16.4			

Rigidez en la cara de la fundación		
Kz	11465.425 tonf/m	7704
Kyy	591031.43 tonf/m	397145
Kxx	277050.45 tonf/m	186165
Kzz	640357.18 tonf/m	430290
Ky	9920.8 tonf/m	6666
Kx	9494.484 tonf/m	6380

Corrección por profundidad	
β_z	2.02
β_{yy}	2.21
β_{xx}	2.54
β_{zz}	2.55
β_y	4.41
β_x	3.86

Rigidez final	
Kz	23132.295 tonf/m
Kyy	1304374.9 tonf/m
Kxx	703242.08 tonf/m
Kzz	1631432.1 tonf/m
Ky	43773.51 tonf/m
Kx	36635.889 tonf/m

n=	6
Kz	3855.3825 tonf/m
Kyy	217395.82 tonf/m
Kxx	117207.01 tonf/m
Kzz	271905.35 tonf/m
Ky	7295.5849 tonf/m
Kx	6105.9815 tonf/m



Nota: Elaboración propia

Con resultados obtenidos de las hojas de cálculo se inicia a cargar los valores de rigidez para la cimentación con sus 6 componentes de rigidez ello lo podemos observar en la siguiente imagen.

Cabe mencionar que no se dibuja la cimentación como un elemento área solo se representa mediante resortes en los puntos de apoyos y los bordes de los muros de sótanos se le asigna una restricción a giro ya que es imposible que el edificio gire desde la profundidad de los dos sótanos venciendo a los rellenos colindantes.

Figura 44

Modelo estructural con base flexible (interacción suelo estructura)



Nota: Elaboración propia

Resultados de los modelos de apoyos fijos y apoyos flexibles (interacción suelo estructura)

Valores de los modelos de base empotrada

A continuación, se muestra los resultados que responden a las hipótesis expuestas en la investigación, los modelos analizados fueron dos modelos de edificio de base fija es decir con restricciones en sus 6 GDL en la base del primer piso para este modelo se a despreciado los dos sótanos. Esta forma de analizar edificios es la más común en las distintas oficinas de cálculo en nuestro país Perú. De estos dos modelos de base fija se obtiene las máximas derivas de entrepiso, fuerzas cortantes y los momentos de vuelco. Estos valores se analizarán bajo los lineamientos de la norma peruana E.060 y E.030

Control de derivas de entrepiso (Modelo-01 Apoyos fijos, S2,Z=0.35)

En esta investigación se emplea el valor máximo de deriva de entrepiso indicado en la tabla 6 de la NTP E.030, considerado como referencia nacional. Es importante asegurar que las derivas de entrepiso no superen el valor de 0.007 en edificios de concreto armado.

Tabla 6

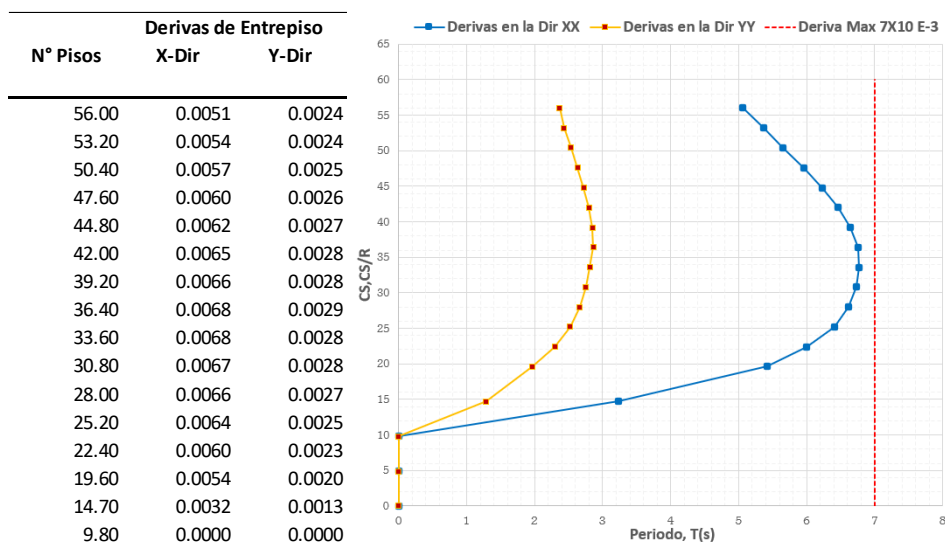
Máximos valores de deriva, según la NTP E.030 – 2018

Valor límite de deriva de entrepiso	
Material Predominante	D_i/h_{ei}
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: adaptado de NTP E.030

Figura 45

Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 2 Y Z=3



Nota: Propia

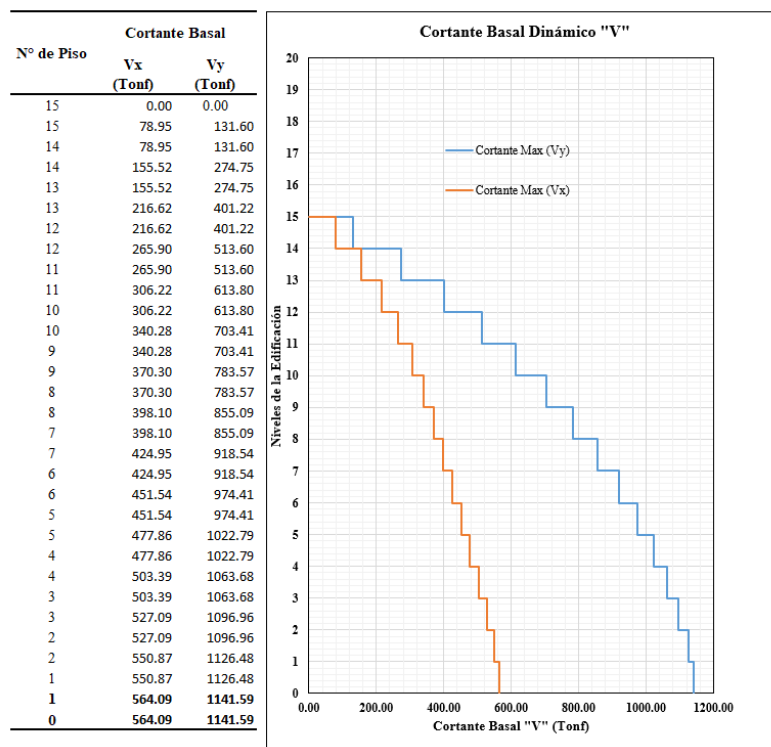
Según los valores obtenidos se evidencia que la mayor deriva se encuentra en el techo del nivel 7 con un valor maximo de $0.068 < 0.007$ entonces podemos inferir que la estructuración presentada es el adecuado para este modelo de base fija.

Fuerzas Cortantes en la base (Modelo-01 Apoyos fijos, S2,Z=0.35)

Para el cálculo de este valor se obtuvo los valores de fuerza cortante para la condición de sismo dinámico teniendo en cuenta lo graficado en el espectro de la norma E.030 en las direcciones XX e YY

Figura 46

Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 2 Y Z=3



Nota: Elaboración propia

Se puede observar en la imagen que el mayor valor de cortante en la dirección XX es $V_x=54.09$ Ton y en la dirección $V_y=1141.59$ Ton

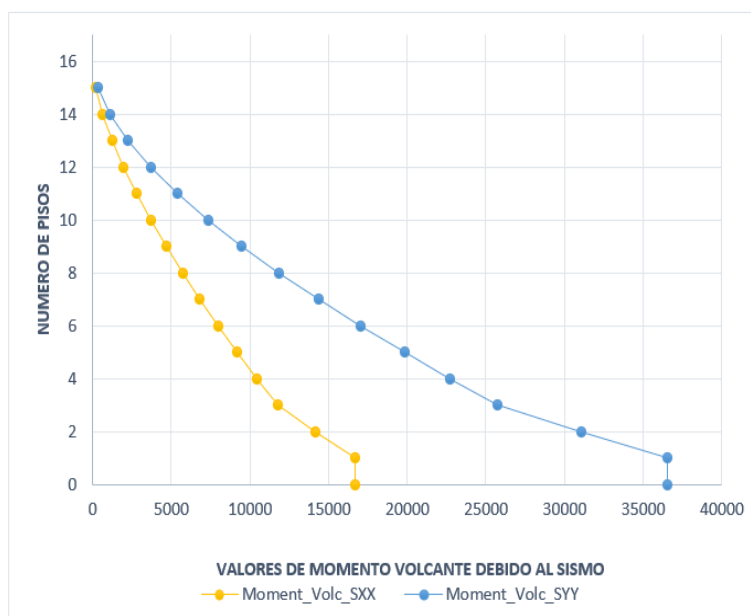
Momentos de volteo (Modelo-01 Apoyos fijos, S2,Z=0.35)

Otro de los valores a verificar es el incremento o disminución de los momentos volcantes para los distintos modelos de la presente investigación, se muestra los valores para el modelo de base fija ubicada en el suelo tipo S2.

Figura 47

Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 2 Y Z=3

Nº de Pisos	MX(Ton-m)	MY(Ton-m)
	SISYY_MX-	SISXX_MY-
15	368.5	220.1
14	1136.7	651.4
13	2256.2	1248.2
12	3685.7	1975.6
11	5389.6	2806.0
10	7336.5	3718.8
9	9498.9	4699.3
8	11851.7	5738.8
7	14371.9	6832.7
6	17038.5	7980.0
5	19831.3	9181.2
4	22730.8	10437.2
3	25717.8	11748.1
2	31091.1	14162.2
1	36559.1	16685.4
0	36559.1	16685.4



Nota: Elaboración propia

Los valores obtenidos son para la condición dinámica con espectro de diseño para la zona Z=0.35g y para el tipo de suelo S2 para la condición de modelo estructural con apoyos fijos (empotramiento perfecto en la base)

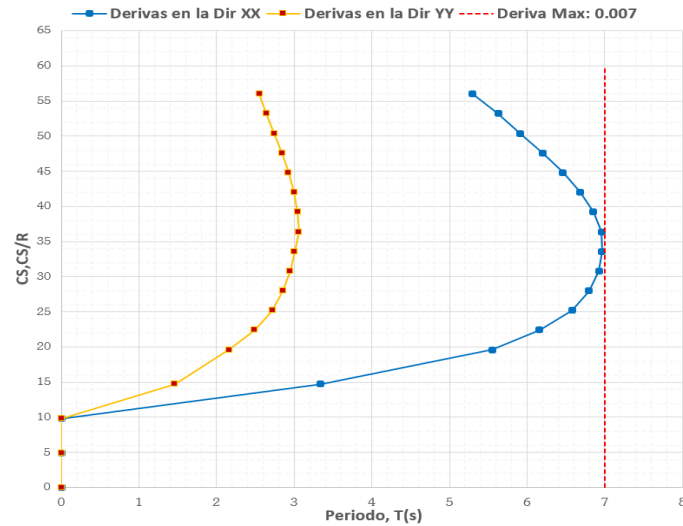
Los valores mostrados y comentados anteriormente para el modelo de base fija se deberán obtener para los otros modelos que cambian de condición de sitio y tipo de apoyos dichos valores se muestran en figuras que siguen a continuación.

Control de derivas de entrepiso (Modelo-02 Apoyos fijos, S3,Z=0.35)

Figura 48

Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura para suelo 3 Y Z=3

Nº Pisos	Derivas de Entrepiso	
	X-Dir	Y-Dir
2.554	0.0053	0.0026
2.644	0.0056	0.0026
2.742	0.0059	0.0027
2.84	0.0062	0.0028
2.928	0.0065	0.0029
2.999	0.0067	0.0030
3.047	0.0069	0.0030
3.061	0.0070	0.0031
3.005	0.0070	0.0030
2.951	0.0069	0.0030
2.856	0.0068	0.0029
2.717	0.0066	0.0027
2.491	0.0062	0.0025
2.16	0.0055	0.0022
1.463	0.0033	0.0015



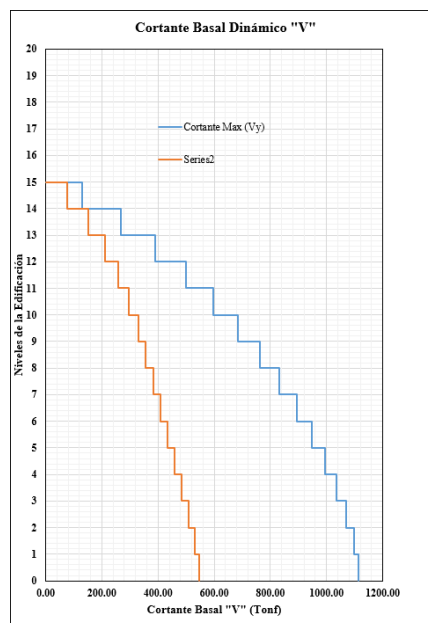
Nota: Elaboración propia

Máximas Fuerzas Corte en la base (Modelo-02 Apoyos fijos, S3,Z=0.35)

Figura 49

Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y suelo 3 Y Z=3

Nº de Piso	Cortante Basal	
	Vx (Tonf)	Vy (Tonf)
15	0	0.00
15	78.0	128.4
14	78.0	128.4
14	152.9	267.8
13	152.9	267.8
13	212.1	390.7
12	212.1	390.7
12	259.2	499.8
11	259.2	499.8
11	297.3	596.9
10	297.3	596.9
10	329.0	683.8
9	329.0	683.8
9	356.8	761.6
8	356.8	761.6
8	382.6	831.1
7	382.6	831.1
7	407.9	893.0
6	407.9	893.0
6	433.3	947.7
5	433.3	947.7
5	458.9	995.3
4	458.9	995.3
4	484.2	1035.8
3	484.2	1035.8
3	507.8	1069.0
2	507.8	1069.0
2	531.8	1098.7
1	531.8	1098.7
1	545.3	1114.1
0	545.3	1114.1



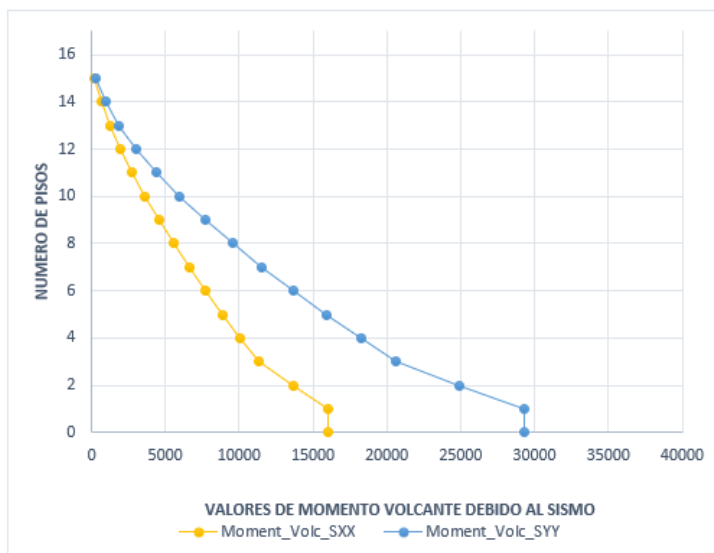
Nota: Elaboración propia

Momentos de volteo (Modelo-02 Apoyos fijos, S3,Z=0.35)

Figura 50

Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 2 Y Z=3

N° de Pisos	MX(Ton-m) SISYY_MX-	MY(Ton-m) SISXX_MY-
15	305.6	217.6
14	937.1	641.9
13	1849.8	1226.7
12	3007.5	1936.7
11	4379.9	2743.5
10	5941.2	3626.2
9	7669.6	4570.2
8	9546.2	5567.0
7	11554.0	6612.8
6	13677.8	7707.5
5	15903.2	8852.9
4	18216.3	10051.1
3	20603.0	11303.5
2	24907.7	13616.5
1	29301.5	16042.6
0	29301.5	16042.6



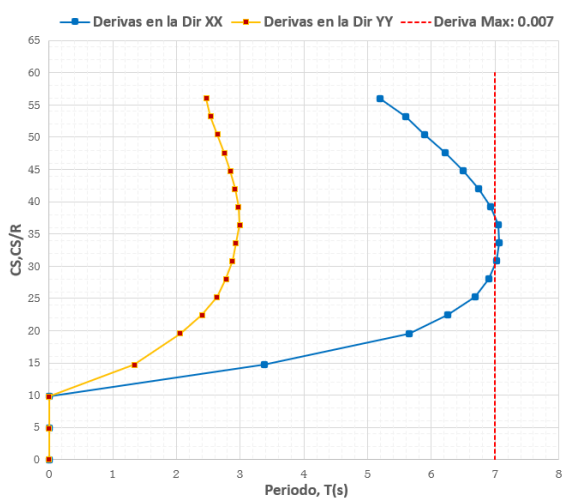
Nota: Elaboración propia

Control de derivas de entrepiso (Modelo-03 Apoyos flexibles, S2,Z=0.35)

Figura 51

Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 3 Y Z=3

N° de pisos	DERIVAS DE ENTREPISO	
	X-Dir	Y-Dir
T15	0.0052	0.0025
T14	0.0056	0.0025
T13	0.0059	0.0026
T12	0.0062	0.0027
T11	0.0065	0.0028
T10	0.0067	0.0029
T9	0.0069	0.0030
T8	0.0071	0.0030
T7	0.0071	0.0029
T6	0.0070	0.0029
T5	0.0069	0.0028
T4	0.0067	0.0026
T3	0.0063	0.0024
T2	0.0057	0.0021
T1	0.0034	0.0013

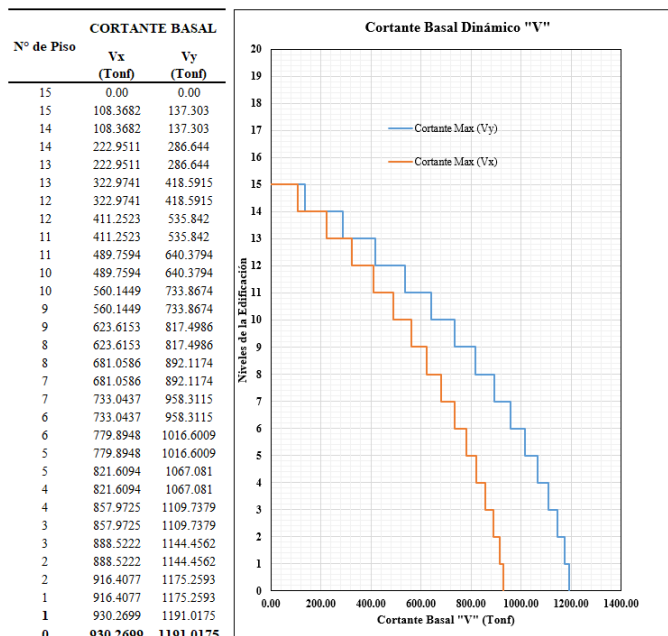


Nota: Elaboración propia

Fuerzas Cortantes en la base (Modelo-03 Apoyos flexibles, S2,Z=0.35)

Figura 52

Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 3 Y Z=3

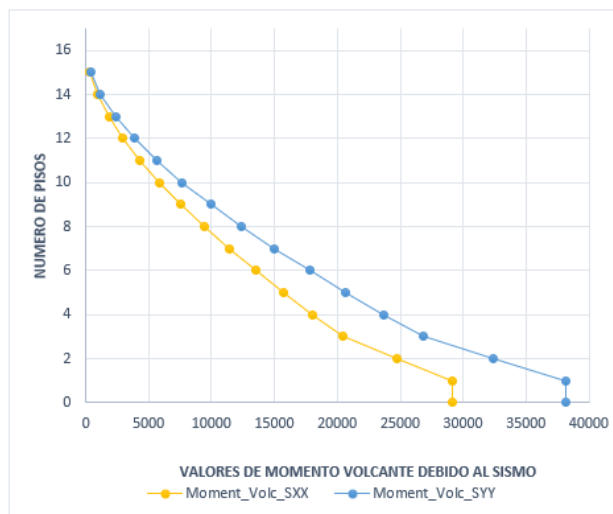


Momentos de volteo (Modelo-03 Apoyos flexibles, S2,Z=0.35)

Figura 53

Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 3 Y Z=3

N° de Pisos	MX(Ton-m)	MY(Ton-m)
	SISYY_MX-	SISXX_MY-
15	384.4	303.4
14	1186.0	925.8
13	2353.9	1824.4
12	3845.3	2964.9
11	5622.9	4318.3
10	7654.2	5860.1
9	9910.2	7569.4
8	12364.9	9428.3
7	14994.2	11420.9
6	17776.3	13532.9
5	20690.0	15750.7
4	23715.1	18060.9
3	26831.4	20449.9
2	32437.4	24769.1
1	38142.2	29183.0
0	38142.2	29183.0

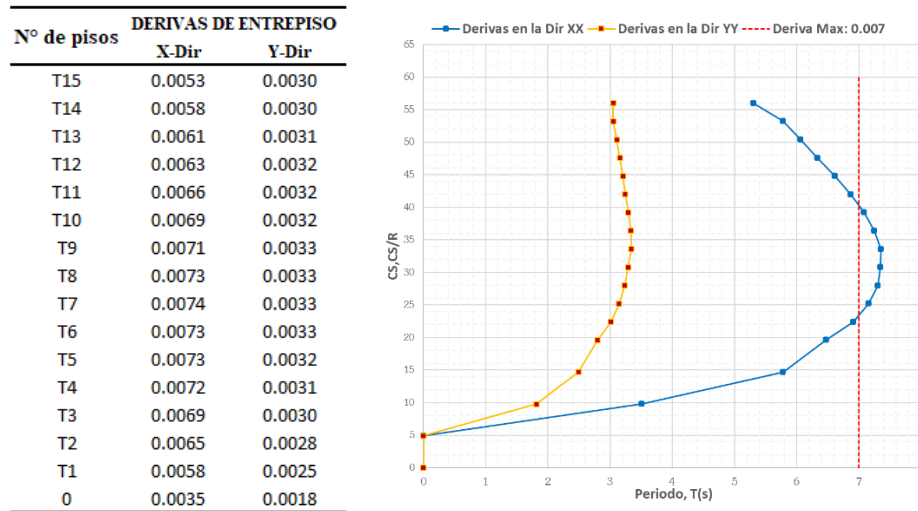


Nota: Elaboración propia

Control de derivas de entrepiso (Modelo-04 Apoyos flexibles, S3,Z=0.35)

Figura 54

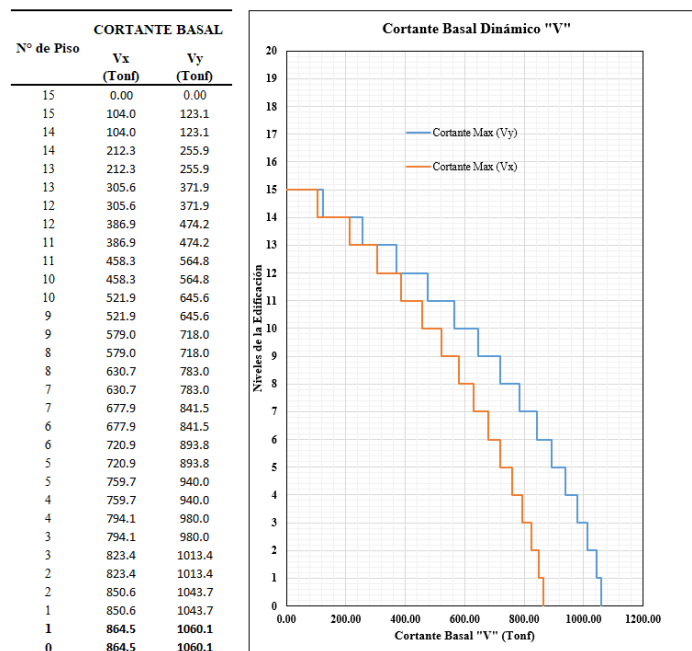
Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 3 Y Z=3



Fuerzas Cortantes en la base (Modelo-04 Apoyos flexibles, S3,Z=0.35)

Figura 55

Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 3 Y Z=3



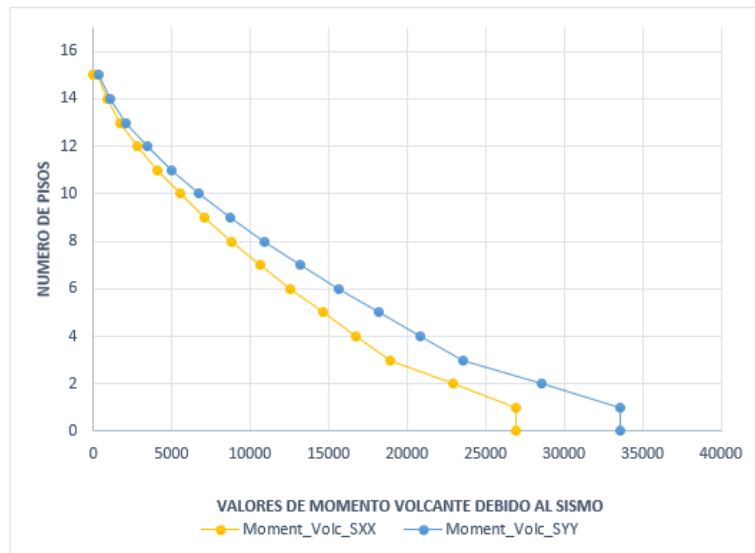
Nota: Elaboración propia

Momentos de volteo (Modelo-04 Apoyos flexibles, S3,Z=0.35)

Figura 56

Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 3 Y Z=3

N° de Pisos	MX(Ton-m)	MY(Ton-m)
	SISYY_MX-	SISXX_MY-
15		0
15	344.6	291.2
14	1060.1	883.9
13	2097.6	1733.3
12	3416.4	2804.9
11	4982.3	4069.3
10	6766.0	5502.2
9	8742.3	7083.7
8	10889.6	8797.4
7	13188.9	10629.8
6	15622.9	12569.0
5	18175.7	14604.2
4	20831.2	16724.9
3	23573.9	18919.9
2	28524.1	22896.2
1	33578.6	26970.6
0	33578.6	26970.6



Nota: Elaboración propia

4.3. Discusión de resultados finales para los cuatro modelos

Una vez obtenido los valores para cada uno de los cuatro modelos (2 de apoyo fijo y otros 2 de apoyo flexible) se elabora tablas comparativas para apreciar las diferencias que existen entre cada modelo y las condiciones asignadas y finalmente establecer algunos ratios.

Tabla 7

Variación de los modelos 01 y modelo 03 para el tipo de suelo S2 Y Z=0.35

Condición (S2,Z=0.35)	Modelo -01 Apoyo fijo	Modelo-03 A poyo flexible	Variación numérica	Variación porcentual
Derivas de Entrepiso	0.006758	0.006963	0.000205	2.94%
Fuerzas Cortantes (Ton)	1141.5853	1114.1494	27.4359	2.40%
Momentos de Volteo	36559.1365	29301.4763	7257.6602	19.85%

Nota: Elaboración propia



Derivas de entrepiso: Los modelos con condición (S2, Z=0.35), modelos-01 con apoyo fijo y modelo-03 con apoyo flexible, se observa una variación de 2.94% de exceso del apoyo flexible respecto al modelo de base fija pero aun sigue cumpliendo con los parámetros de derivas máximas exigidas por la Norma Peruana E.030.

Fuerza cortantes:Respecto a las fuerzas cortantes se observa que el modelo-01(apoyo fijo) es 2.40% superior que el modelo -03 (apoyo flexible) esto quiere indicar que el modelo de base empotrada requerira de mayores secciones geometricas asi como mayores cuantias de acero respecto al modelo flexible.

Momentos de volteo: Respecto a los momentos de volteo se puede apreciar que el modelo-01(apoyo fijo) es 19.85% superior que el modelo -03 (apoyo flexible) esto quiere indicar que el modelo de base fija tendra un mayor factor de seguridad a volteo a la vez requerira de mayores secciones de concreto armado asi como mayores cuantias de acero respecto al modelo flexible.

Tabla 8

Variación de los resultados de los modelos 02 y modelo 04 para el tipo de suelo S3 Y Z=0.35

Condición (S3,Z=0.35)	Modelo-02 Apoyo fijo	Modelo-04 A poyo flexible	Variación numerica	Variación porcentual
Derivas de Entrepiso	0.00706	0.007351	0.000291	3.96%
Fuerzas Cortantes	1191.0175	1060.1415	130.876	10.99%
Momentos de Volteo	38142.197	33578.6165	4563.5805	11.96%

Nota: Elaboración propia

Derivas de entrepiso: Respecto a las derivas de entrepiso en los modelos con condición (S3, Z=0.35), modelos-02 con apoyo fijo y modelo-04 con apoyo flexible, se observa una variación de 3.96% de exceso del apoyo flexible respecto al modelo de base fija en



este caso ambas derivas de entrepiso son ligeramente mayores a los parámetros de derivas máximas exigidas por la Norma Peruana E.030.

Fuerza cortantes: Respecto a las fuerzas cortantes se observa que el modelo-02 (apoyo fijo) es 10.99% superior que el modelo -03 (apoyo flexible) esto quiere indicar que el modelo de base fija requerira de mayores secciones de concreto armado asi como mayores cuantias de acero respecto al modelo flexible.

Momentos de volteo: Respecto a los momentos de volteo se puede apreciar que el modelo-02 (apoyo fijo) es 11.96% superior que el modelo -04 (apoyo flexible) esto quiere indicar que el modelo de base fija tendra un mayor factor de seguridad a volteo a la vez requerira de mayores secciones de concreto armado asi como mayores cuantias de acero respecto al modelo flexible.



CONCLUSIONES

- Al evaluar los 4 modelos estructurales del edificio de 15 niveles más dos sótanos para las diferentes condiciones de cimentación como son; de apoyo fijos y con interacción suelo estructura (apoyos flexibles) en el cual se ha evaluado las solicitaciones de derivas de entrepiso, fuerzas cortantes y momentos volcantes en la base de las cuales en la mayoría de los valores obtenidos en el modelo flexible es más económico que cuando se considera un modelo clásico con empotramiento ello se refleja en las siguientes conclusiones:
 - Referente a las derivas de entrepiso para los 4 modelos desarrollados hay una tendencia de edificaciones analizadas con interacción suelo estructura son ligeramente mayores que los modelos de base fija estas diferencias oscilan entre 2.94% y 3.96% en los tipos de suelo S2 y S3, estas diferencias son muy importantes ya que, el modelo con base deformable (interacción suelo estructura) es relevante para el cálculo de la separación real entre edificios y de esta manera, evitar el contacto entre dos edificaciones vecinas durante un movimiento sísmico
 - Referente a las fuerzas cortantes en los modelos con base deformable (interacción suelo estructura), de los 4 casos analizados hay una tendencia a disminuir con respecto a los modelos con base fija, estas diferencias oscilan entre 2.40% y 10.99% para los tipos de suelo S2 y S3 respectivamente estas diferencias son muy importantes ya que, puede significar un menor costo de construcción porque se estaría reduciendo algunas secciones de columnas y muros de corte.
 - En cuanto a los valores de los momentos de volteo en los modelos con base deformable (interacción suelo estructura), de los 4 casos analizados hay una



tendencia a disminuir con respecto a los modelos con base fija, estas diferencias oscilan entre 19.85% y 11.96% para los tipos de suelo S2 y S3 respectivamente estas diferencias son muy importantes ya que, puede significar un menor costo de construcción porque se estaría reduciendo algunas secciones de columnas y muros de corte.



RECOMENDACIONES

- Se sugiere considerar, además del modelo de base fija, otros modelamientos que incluyan la interacción suelo-estructura, dado que los resultados del estudio revelan diferencias notorias en la respuesta estructural de estos modelamientos en comparación con el de base empotrada. Las diferencias afectan aspectos importantes del diseño de la estructura, como las dimensiones de los muros y cimientos, así como la separación sísmica entre edificios, lo que a su vez impacta en los costos de construcción.

En ciertos casos, la respuesta estructural de los modelos con interacción suelo-estructura es mayor, mientras que en otros es menor en comparación con los modelos de base fija. Por ello, se recomienda que el diseño estructural logre un equilibrio entre la seguridad y resistencia del edificio y los costos de construcción.

- Además, se sugiere realizar estudios de interacción suelo-estructura en edificaciones de baja altura, ya que, según los resultados de esta investigación, las variaciones en las solicitaciones estructurales (como fuerzas cortantes, derivas de entrepiso y momentos de volteo en la base) son más notorias en edificaciones con periodos menores a 1 segundo, lo cual se puede ser observado en las alteraciones que sufre el espectro de diseño tener en cuenta el efecto de la interacción suelo-estructura.



BIBLIOGRAFIA

Amezcu, V. (2022) Efecto de la interacción suelo-estructura en el diseño de un edificio de concreto reforzado de 6 niveles con ductilidad baja, ubicado en zona II, dedicado a oficinas, aplicando las NTC-2017 del reglamento de construcciones de la ciudad de México. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de México, 2022.

ASCE7 Standard (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures: (Ed. rev.), USA: American Society of Civil Engineers.

ATC, 2010, Modeling and Acceptance Criteria for Seismic Design and Analysis of Tall Buildings, PEER/ATC-72-1 Report, prepared by Applied Technology Council in cooperation with Pacific Earthquake Engineering Research Center, Redwood City, California.

Avilés, J. and Pérez-Rocha, L.E. (2014). Effects of foundation embedment during building-soil interaction. Earthquake Engineering & Structural Dynamics 27(12), 1523-1540.

Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2013). Mecánica de materiales (Ed. rev.). México, México: McGraw-Hill Interamericana.

CISMID.(2020). Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima. Recuperado de <http://www.cismid.uni.edu.pe/>



Díaz Guzmán, F. D., Espinoza Barreras, F., Sánchez Vergara, R., & Huerta López, C. I. (2012). Respuesta dinámica de un edificio considerando el efecto de interacción suelo-estructura. Universidad. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, España. Recuperado.

Emporis, Proveedor mundial de información sobre edificios altos, (2022) obtenido de:
<https://www.emporis.com/statistics/tallest-buildings/country/100130/peru>.

Garay, R. (2017). Influencia de la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los balcones del del Valle” barrio Columbo-Cajamarca”. Universidad Nacional de Cajamarca Perú, 2017.

Harmsen, T. E. (2002). Diseño de estructuras de concreto armado (3a ed.). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

HERNÁNDEZ S., Roberto y otros; “Metodología de la Investigación”, Ed. McGraw Hill, México D.F., 1997.

Macedo, A. P. (2022). Efectos de la interacción suelo estructura en un edificio de oficinas con disipadores sísmico en la ciudad de Trujillo, 2022. Universidad Privada del Norte.

Ministerio de Vivienda 2018 Norma Sísmica Peruana E-030. Diario Oficial el Peruano. Lima –Perú



MOYA C., Rufino; “Estadística Descriptiva”, Ed. San Marcos, Lima, Perú, 1994. Borja S., Manuel; “Metodología de la Investigación Científica”, Ed. Sagitario, Chiclayo, Perú, 2012.

Naeim, F., Tileylioglu, S., Alimoradi, A. and Stewart, J.P. (2008). Impact of foundation modeling on the accuracy of response history analysis of a tall building. Seminar on Utilization of Strong Motion Data, SMIP2008, 19–55.

NEHRP. (2012). Soil-Structure Interaction for Building Structure. In Nist Ger (Vol. 12)

Ottazzi Pasino, G. (2015). Apuntes del curso de concreto armado I (Decimoquinta edición). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

PEER (2017). Guidelines for performance-based seismic design of tall buildings. Version 2.03. PEER Report 2017/06, Tall Building Initiative TBI, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, USA.

Pinto, F. et al. (2023). Efectos de la interacción suelo estructura en edificios altos chilenos con subterráneos. Conference: XIII Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Sísmica ACHISINA 2023 At: Viña del Mar, Chile.

Poulos, H.G. (2017). Tall building foundation design. CRC Press.

Proveedor mundial de información sobre edificios. (2022). Obtenido de Emporis: <https://www.emporis.com/corporate>.



Puma Álvarez, E. (2017). Efectos de la interacción suelo-estructura en la cimentación compartida por bloques independizados por junta sísmica, verificado mediante ensayos a escala con simulador sísmico y modelos de elementos finitos". Lima, Perú.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE) (2018) Norma Técnica Peruana Vigente E.030 Sismo Resistente. 3° ed. Lima: Megabyte.

Rodríguez, S. A., y Villavicencio, A. S. (2021). análisis de los efectos de la interacción suelo-estructura en la dinámica estructural de un edificio de oficinas de 15 pisos. (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú.

Silva Gutiérrez, D. A. (2009). "Interacción Sísmica Suelo – Estructura en Edificaciones Aporticadas". UNP.

Stewart, J. P., Seed, R.B., y Fenves, G.L. (1998). Empirical Evaluation of Inertial Soil-Structure Interaction Effects. University of California, Berkeley, CA: Pacific Earthquake Engineering Research Center.

Sucasaca, H. & Mamani, J. (2017). Evaluación de los efectos de interacción suelo-estructura en el estadio universitario UNA Puno. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.



Tavera, H. (2016). Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú. Informe Técnico, IGP.

Ulitsky V.M. (2005). Soil-Structure Interaction: Calculation Methods and Engineering Practice. Volume I. Sant Petersburg.

Villareal, G. (2009b). INTERACCION SISMICA SUELO ESTRUCTURA EN EDIFICACIONES MEDIANAS CON ZAPATAS AISLADAS. Recuperado de <http://gennervillarrealcastro.blogspot.com/2009/03/libro.html>

Wolf, J.P. (1989). Soil-structure-interaction analysis in time domain. Nuclear Engineering and Design 111(3), 381–393



ANEXOS



ANEXO _ 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: INFLUENCIA DE LA INTERACCION SUELO-ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO EN PUNO, PERU

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Método
<p><u>Problema general:</u></p> <p>¿Cómo influye la interacción suelo estructura en el comportamiento estructural de edificios altos de concreto armado en Puno, Perú?</p> <p><u>Problemas específicos:</u></p> <p>¿Cómo afecta en los desplazamientos laterales, la interacción suelo-estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú?</p>	<p><u>Objetivo general:</u></p> <p>Verificar la influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento estructural de edificios altos de concreto armado en Puno, Perú</p> <p><u>Objetivos específicos:</u></p> <p>Verificar los desplazamientos laterales, debido a la interacción suelo-estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú</p>	<p><u>Hipótesis general:</u></p> <p>Como influye la interacción suelo-estructura en el desempeño estructural de edificios altos de concreto armado en Puno, Perú</p> <p><u>Hipótesis específicas:</u></p> <p>Se producen mayores desplazamientos laterales, debido a la interacción suelo estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú</p> <p>Se generan menores fuerzas cortantes en la base, debido a la interacción suelo-estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú.</p> <p>Se producen menores momentos de volteo en la base, debido a la interacción suelo estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú</p>	<p><u>Variable independiente:</u></p> <p>Interacción suelo estructura</p>	<p>I1: Resortes lineales</p> <p>I2: Resortes no lineales</p>	<p><u>Método:</u> Científico</p> <p><u>Tipo:</u> Aplicada</p> <p><u>Nivel:</u> Descriptivo</p> <p><u>Diseño:</u> No Experimental</p> <p><u>Población:</u> Edificios altos de concreto armado en la ciudad de Lima</p> <p><u>Muestra:</u> Edificios altos mayores a 15 niveles de concreto armado ubicados en los tipos de suelo S2 y S3</p> <p><u>Técnicas:</u> -Observación directa -Análisis documental -Especificaciones Técnicas.</p> <p><u>Instrumento:</u> -Mapa de microzonificación sísmica elaborada por el CISMID. -Normas Peruanas -Códigos Internacionales de análisis y diseño</p>	
<p>¿Cómo influye en las fuerzas cortantes en la base, la interacción suelo-estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú?</p> <p>¿Cómo incide en los momentos de volteo en la base, la interacción suelo-estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú?</p>	<p>Verificar las fuerzas cortantes en la base, debido a la interacción suelo-estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú</p> <p>Verificar los momentos de volteo en la base, debido a la interacción suelo-estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú</p>	<p>Se producen menores fuerzas cortantes en la base, debido a la interacción suelo-estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú.</p> <p>Se producen menores momentos de volteo en la base, debido a la interacción suelo estructura en los edificios altos de concreto armado en Puno, Perú</p>	<p><u>Variable dependiente:</u></p> <p>Comportamiento estructural</p>	<p>II: Máximos desplazamientos (cm)</p> <p>III: Máximos Cortantes (Ton)</p> <p>IV: Máximo Momento de Volteo</p>	<p>II: Máximos desplazamientos (cm)</p> <p>III: Máximos Cortantes (Ton)</p> <p>IV: Máximo Momento de Volteo</p>	<p>II: Máximos desplazamientos (cm)</p> <p>III: Máximos Cortantes (Ton)</p> <p>IV: Máximo Momento de Volteo</p>



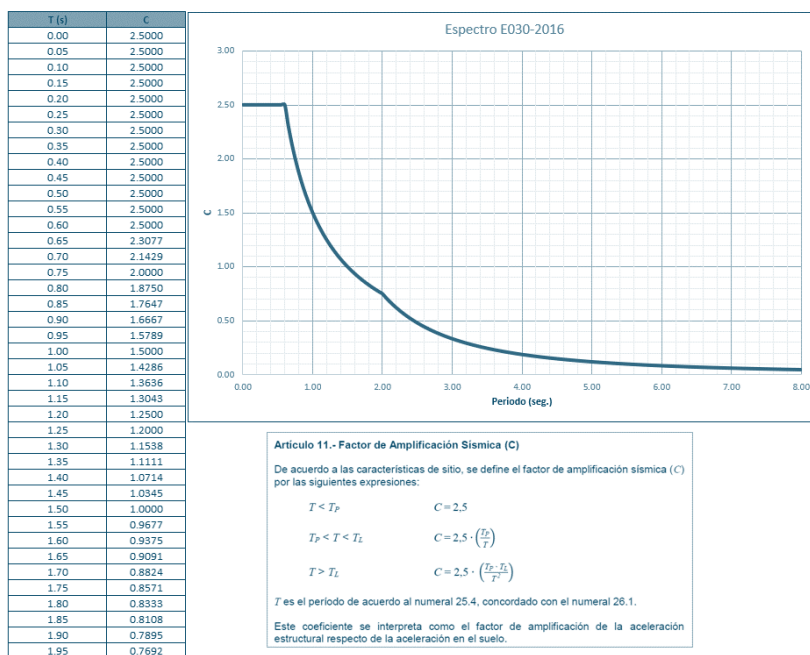
ANEXO _ 02
MEMORIA DE CÁLCULOS

Analisis sismico de las edificaciones

Parámetros sísmicos cuando el edificio se encuentra en la Zona 2

	Perfil de suelo	S2	Factores de zona		
	Elegir Zona	Z3	ZONA	Z	
	Z	0.35	Z4	0.45	
	T _p (S)	0.6	Z3	0.35	
	T _L (S)	2	Z2	0.25	
	Factor de suelo "S"	1.15	Z1	0.10	
	Factor de Uso "U"	1			
	Rox	6	90%	Ia	0.75
	Roy	6	98%	I _p	0.85
	Rx	3.825	Factor Etabs Sismox		1.0323
Ry	3.825	Factor Etabs Sismoy		1.0323	
Factor xx	1.032	Factor Etabs Derivax		3.3562	
Factor yy	1.032	Factor Etabs Derivay		3.3562	

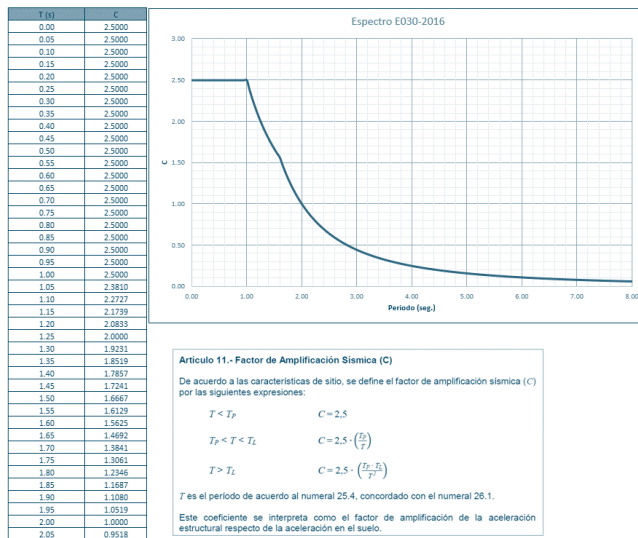
Espectro de diseño cuando el edificio se encuentra en la Zona 2



Parámetros sísmicos cuando el edificio se encuentra en la Zona 3

	Perfil de suelo	S3	Factores de zona		
	Elegir Zona	Z3	ZONA	Z	
	Z	0.35	Z4	0.45	
	T _p (S)	1	Z3	0.35	
	T _L (S)	1.6	Z2	0.25	
	Factor de suelo "S"	1.2	Z1	0.10	
	Factor de Uso "U"	1			
	Rox	6	90%	Ia	0.75
	Roy	6	98%	I _p	0.85
	Rx	3.825	Factor Etabs Sismox		1.0772
Ry	3.825	Factor Etabs Sismoy		1.0772	
Factor xx	1.077	Factor Etabs Derivax		3.5022	
Factor yy	1.077	Factor Etabs Derivay		3.5022	

Espectro de diseño cuando el edificio se encuentra en la Zona 3



Espectro de diseño cuando el edificio se encuentra en la Zona 3

T	C	ZUCS	ZUCS*RRS	RRS _{base} *RRS _c
0	1.000	0.070	0.052	0.740
0.1	1.750	0.123	0.091	0.740
0.2	2.500	0.175	0.129	0.740
0.3	2.500	0.175	0.153	0.875
0.4	2.500	0.175	0.162	0.928
0.5	2.500	0.175	0.167	0.953
0.6	2.500	0.175	0.169	0.967
0.7	2.500	0.175	0.171	0.976
0.8	2.500	0.175	0.172	0.981
0.9	2.500	0.175	0.172	0.985
1	2.500	0.175	0.173	0.988
1.1	2.273	0.159	0.158	0.990
1.2	2.083	0.146	0.145	0.992
1.3	1.923	0.135	0.134	0.993
1.4	1.786	0.125	0.124	0.994
1.5	1.667	0.117	0.116	0.995
1.6	1.563	0.109	0.109	0.995
1.7	1.384	0.097	0.096	0.996
1.8	1.235	0.086	0.086	0.996
1.9	1.108	0.078	0.077	0.997
2	1.000	0.070	0.070	0.997
2.1	0.907	0.063	0.063	0.997
2.2	0.826	0.058	0.058	0.998
2.3	0.756	0.053	0.053	0.998
2.4	0.694	0.049	0.049	0.998
2.5	0.640	0.045	0.045	0.998
2.6	0.592	0.041	0.041	0.998
2.7	0.549	0.038	0.038	0.998
2.8	0.510	0.036	0.036	0.998
2.9	0.476	0.033	0.033	0.999
3	0.444	0.031	0.031	0.999
3.1	0.416	0.029	0.029	0.999
3.2	0.391	0.027	0.027	0.999
3.3	0.367	0.026	0.026	0.999
3.4	0.346	0.024	0.024	0.999
3.5	0.327	0.023	0.023	0.999
3.6	0.309	0.022	0.022	0.999
3.7	0.292	0.020	0.020	0.999
3.8	0.277	0.019	0.019	0.999
3.9	0.263	0.018	0.018	0.999
4	0.250	0.018	0.017	0.999

Z(g)	0.35
U	1
S	1.2
R	6
Tp	1
TL	1.6
0.2Tp	0.2

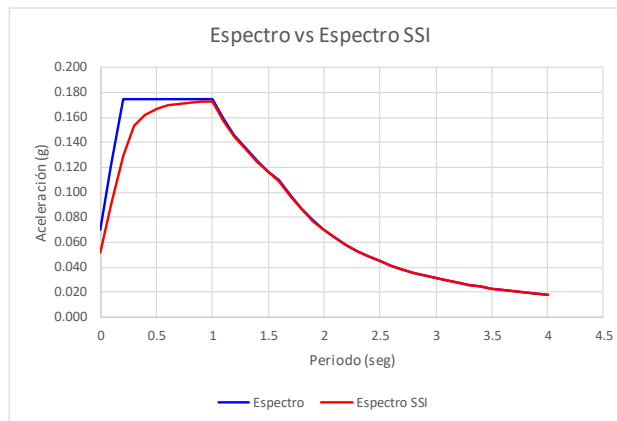


Tabla N° 2
CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

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



Espectro de modificación cinemática interacción suelo estructura

MODIFICACIÓN CINEMÁTICA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA

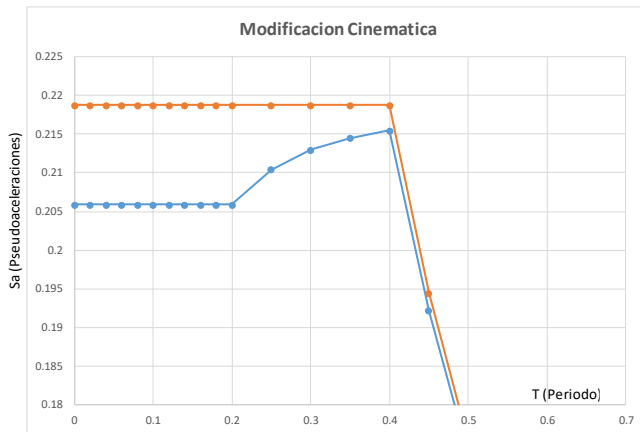
> ASCE/SEI 41 - 17 <

$$RRS_{bsa} = 0.25 + 0.75 \sqrt{\frac{1}{b_0^2} (1 - e^{-2b_0^2} \times B_{bsa})} \quad RRS_e = 0.25 + 0.75 \cos\left(\frac{2\pi e}{Tv_s}\right) \geq 0.50$$

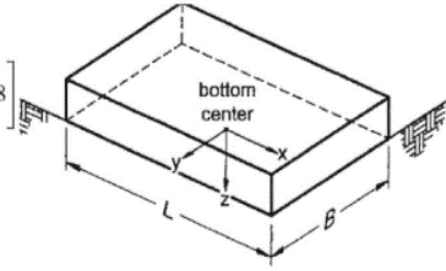
$$B_{bsa} = \begin{cases} 1 + b_0^2 + b_0^4 + \frac{b_0^6}{2} + \frac{b_0^8}{4} + \frac{b_0^{12}}{12}, & \text{Si } b_0 \leq 1 \\ e^{2b_0^2} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi} b_0} \left(1 - \frac{1}{16b_0^2} \right) \right], & \text{Si } b_0 > 1 \end{cases} \quad b_e = \sqrt{A_{base}} \leq 260 \text{ ft}$$

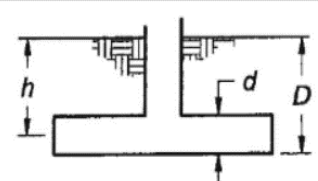
Ancho, B = 14.65 m	48.0643 ft	$v_s = n v_{s0}$	$v_{s0} = 1804.46 \text{ ft/s}$
Largo, L = 28.68 m	94.09449 ft		$G/G_0 = 0.703125$
Área de la Base, A base = 420.16 m ²	4522.565 ft ²		$n = 0.83852549$
Ancho Efectivo, b e = 14.000 m	67.25002 ft		$v_s = 1513.09 \text{ ft/s}$
Profundidad de sótano, e = 5 m	16.4042 ft		

T	(Sa)FFM	b0	Bbsa	RRSbsa	RRSe	(Sa)FIM
0	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.02	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.04	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.06	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.08	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.1	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.12	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.14	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.16	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.18	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.2	0.21875	0.21127216	1.046673762	0.98368781	0.95691653	0.20591093
0.25	0.21875	0.16901772	1.029394888	0.98946337	0.9723303	0.21045614
0.3	0.21875	0.1408481	1.020235685	0.99264592	0.98074853	0.21296101
0.35	0.21875	0.12072695	1.014788985	0.99458051	0.98583992	0.21448376
0.4	0.21875	0.10563608	1.011284202	0.99584247	0.98915066	0.21547711
0.45	0.19444444	0.09389874	1.008895056	0.99671057	0.99142333	0.19214263
0.5	0.175	0.08450886	1.007192935	0.99733296	0.99305038	0.17332033
0.55	0.15909091	0.07682624	1.005937211	0.99779425	0.99425497	0.15782803
0.6	0.14583333	0.07042405	1.004984205	0.99814554	0.99517159	0.14486005
0.65	0.13461538	0.06500682	1.004243782	0.99841919	0.9958852	0.13384954
0.7	0.125	0.06036347	1.00365705	0.99863649	0.99645159	0.12438661
0.75	0.11666667	0.05633924	1.003184201	0.99881191	0.99690862	0.11616782
0.8	0.109375	0.05281804	1.002797539	0.99895555	0.99728274	0.10896387
0.85	0.10294118	0.0497111	1.002477307	0.99907464	0.99759285	0.10259835
0.9	0.09722222	0.04694937	1.002209107	0.99917447	0.99785276	0.09693338
0.95	0.09210526	0.04447835	1.001982241	0.99925898	0.99807274	0.09185963
1	0.0875	0.04225443	1.001788628	0.99933116	0.99826058	0.08728938
2	0.04375	0.02112722	1.000446559	0.99983266	0.99956502	0.04372365
3	0.02916667	0.01408481	1.000198421	0.99992562	0.99980666	0.02915886
4	0.021875	0.01056361	1.000111602	0.99995816	0.99989125	0.02187171
5	0.0175	0.00845089	1.000071423	0.99997322	0.9999304	0.01749831
6	0.01458333	0.00704241	1.000049598	0.9999814	0.99995166	0.01458236
7	0.0125	0.00603635	1.000036439	0.99998634	0.99996449	0.01249939
8	0.0109375	0.0052818	1.000027898	0.99998954	0.99997281	0.01093709
9	0.00972222	0.00469494	1.000022043	0.99999173	0.99997852	0.00972193
10	0.00875	0.00422544	1.000017855	0.9999933	0.9999826	0.00874979



Expresiones para el cálculo de rigideces de resortes en sus 6 componentes

Degree of Freedom	Stiffness of Foundation at Surface	Note
Translation along x-axis	$K_{x,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 1.2 \right]$	 <p>bottom center</p> <p>orient axes such that $L > B$. If $L = B$, use x-axis equations for both x-axis and y-axis.</p>
Translation along y-axis	$K_{y,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.4 \frac{L}{B} + 0.8 \right]$	
Translation along z-axis	$K_{z,sur} = \frac{GB}{1-\nu} \left[1.55 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 0.8 \right]$	
Rocking about x-axis	$K_{xx,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.1 \right]$	
Rocking about y-axis	$K_{yy,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[0.47 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.034 \right]$	
Torsion about z-axis	$K_{zz,sur} = GB^3 \left[0.53 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 0.51 \right]$	

Degree of Freedom	Correction Factor for Embedment	
Translation along x-axis	$\beta_x = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{B}} \right) \cdot \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{BL^2} \right)^{0.4} \right]$	 <p>d = height of effective sidewall contact (may be less than total foundation height)</p>
Translation along y-axis	$\beta_y = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{L}} \right) \cdot \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{LB^2} \right)^{0.4} \right]$	
Translation along z-axis	$\beta_z = \left[1 + \frac{1}{21} \frac{D}{B} \left(2 + 2.6 \frac{B}{L} \right) \right] \cdot \left[1 + 0.32 \left(\frac{d(B+L)}{BL} \right)^{2/3} \right]$	
Rocking about x-axis	$\beta_{xx} = 1 + 2.5 \frac{d}{B} \left[1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}} \right]$	
Rocking about y-axis	$\beta_{yy} = 1 + 1.4 \left(\frac{d}{L} \right)^{0.6} \left[1.5 + 3.7 \left(\frac{d}{L} \right)^{1.9} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.6} \right]$	
Torsion about z-axis	$\beta_{zz} = 1 + 2.6 \left(1 + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{d}{B} \right)^{0.9}$	

Clasificación de los perfiles de suelos según la NTP E.030

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Expresiones para el cálculo de rigideces de resortes en sus 6 componentes

Tipo de perfil	Velocidad promedio de propagación	Promedio(m/s)	Similar en ASCE 7-22
Roca dura (S ₀)	> 1500 m/s	1500	A
Roca o suelo rígido (S ₁)	500 a 1500 m/s	1000	B
Suelos intermedios (S ₂)	180 a 500 m/s	340	C
Suelos blandos (S ₃)	<180 m/s	180	D
Condiciones excepcionales (S ₄)	acorde al EMS	-	E

G/G ₀ (adimensional)	0.75
λ (ton/m ³)	1.8
v _{so} (m/seg)	180
g	9.81
G(tonf/m ²)	4459
G(kips/ft ²)	928

$$G_o = \frac{\gamma v_{so}^2}{g}$$

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x2)m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		928	h (m)	11.3	37.1
B (m)	2	6.6	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	2	6.6			

Rigidez en la cara de la fundación		
Kz	28394.283 tonf/m	19080
Kyy	262194.54 tonf/m	176182
Kxx	260113.63 tonf/m	174784
Kzz	405777.27 tonf/m	272663
Ky	23820.128 tonf/m	16006
Kx	23820.128 tonf/m	16006

Corrección por profundidad	
βz	3.03
βyy	6.41
βxx	4.30
βzz	3.79
βy	6.34
βx	6.34

Rigidez final	
Kz	85919.478 tonf/m
Kyy	1681080.7 tonf/m
Kxx	1117915 tonf/m
Kzz	1536520.7 tonf/m
Ky	151020.27 tonf/m
Kx	151020.27 tonf/m

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x10) m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		928	h (m)	11.3	37.1
B (m)	2	6.6	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	10	32.8			

Rigidez en la cara de la fundación		
Kz	72287.463 tonf/m	48574
Kyy	11654097 tonf/m	7831002
Kxx	1092477.3 tonf/m	734093
Kzz	10865114 tonf/m	7300843
Ky	64617.433 tonf/m	43420
Kx	56332.171 tonf/m	37853

Corrección por profundidad	
β_z	2.10
β_{yy}	1.60
β_{xx}	3.17
β_{zz}	2.67
β_y	5.45
β_x	3.58

Rigidez final	
Kz	151573.11 tonf/m
Kyy	18640927 tonf/m
Kxx	3458566.3 tonf/m
Kzz	29031222 tonf/m
Ky	351998.4 tonf/m
Kx	201578.55 tonf/m

n= 4	
Kz	37893.277 tonf/m
Kyy	4660231.8 tonf/m
Kxx	864641.57 tonf/m
Kzz	7257805.5 tonf/m
Ky	87999.6 tonf/m
Kx	50394.638 tonf/m

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (5x5) m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		928	h (m)	11.3	37.1
B (m)	5	16.4	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	5	16.4			

Rigidez en la cara de la fundación		
Kz	70985.708 tonf/m	47699
Kyy	4096789.7 tonf/m	2752849
Kxx	4064275.5 tonf/m	2731001
Kzz	6340269.8 tonf/m	4260361
Ky	59550.32 tonf/m	40015
Kx	59550.32 tonf/m	40015

Corrección por profundidad	
β_z	1.78
β_{yy}	2.21
β_{xx}	1.83
β_{zz}	2.22
β_y	3.36
β_x	3.36

Rigidez final	
Kz	126388.68 tonf/m
Kyy	9041396.9 tonf/m
Kxx	7428061.6 tonf/m
Kzz	14085567 tonf/m
Ky	199794.41 tonf/m
Kx	199794.41 tonf/m

n= 18	
Kz	7021.5934 tonf/m
Kyy	502299.83 tonf/m
Kxx	412670.09 tonf/m
Kzz	782531.49 tonf/m
Ky	11099.69 tonf/m
Kx	11099.69 tonf/m



Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (3x5) m

Datos de entrada

G(kips/ft ²)		928	h (m)	11.3	37.1
B (m)	3	9.8	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	5	16.4			

Rigidez en la cara de la fundación

Kz	55706.357 tonf/m	37432
Kyy	2871608.2 tonf/m	1929585
Kxx	1346088.1 tonf/m	904507
Kzz	3111264.2 tonf/m	2090622
Ky	48201.583 tonf/m	32389
Kx	46130.268 tonf/m	30997

Corrección por profundidad

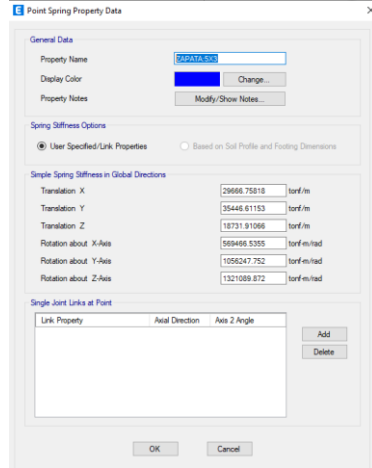
β_z	2.02
β_{yy}	2.21
β_{xx}	2.54
β_{zz}	2.55
β_y	4.41
β_x	3.86

Rigidez final

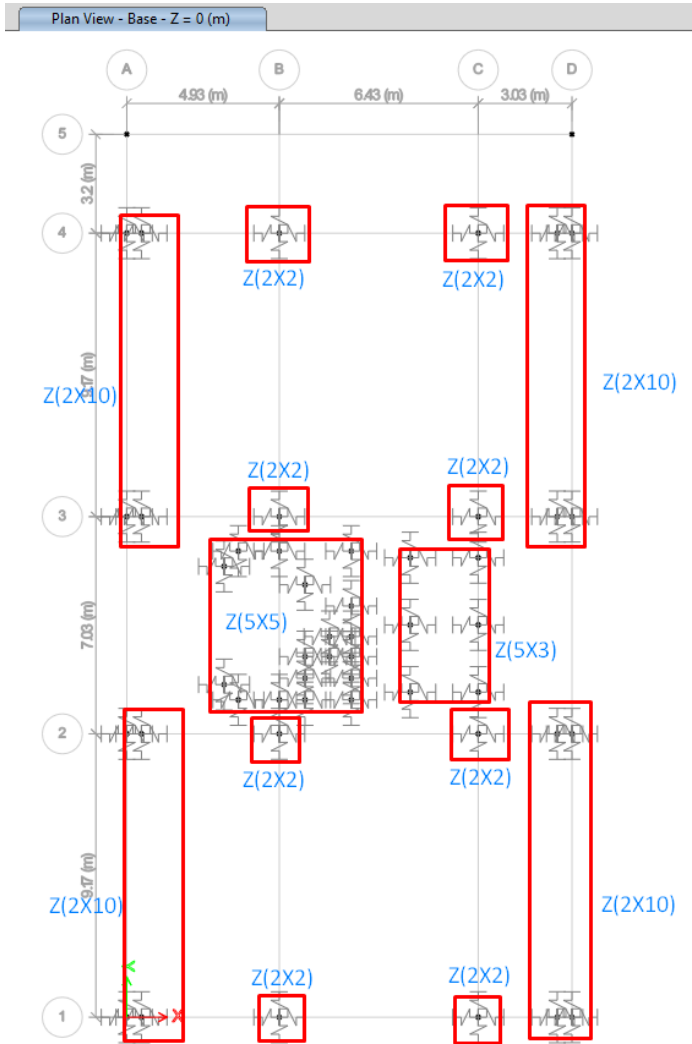
Kz	112391.46 tonf/m
Kyy	6337486.5 tonf/m
Kxx	3416799.2 tonf/m
Kzz	7926539.2 tonf/m
Ky	212679.67 tonf/m
Kx	178000.55 tonf/m

n= G

Kz	18731.911 tonf/m
Kyy	1056247.8 tonf/m
Kxx	569466.54 tonf/m
Kzz	1321089.9 tonf/m
Ky	35446.612 tonf/m
Kx	29666.758 tonf/m



Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (3x5) m



Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x2) m

Tipo de perfil	Velocidad promedio de propagación	Promedio(m/s)	Similar en ASCE 7-22
Roca dura (S0)	> 1500 m/s	1500	A
Roca o suelo rígido (S1)	500 a 1500 m/s	1000	B
Suelos intermedios (S2)	180 a 500 m/s	340	C
Suelos blandos (S3)	<180 m/s	180	D
Condiciones excepcionales (S4)	acorde al EMS	-	E

G/G0 (adimensional)	0.5
λ (ton/m ³)	1.8
v _{so} (m/seg)	100
g	9.81
G(tonf/m ²)	917
G(kips/ft ²)	191

$$G_o = \frac{\gamma v_{so}^2}{g}$$

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x2) m

Datos de entrada

G(kips/ft ²)		191	h (m)	11.3	37.1
B (m)	2	6.6	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	2	6.6			

Rigidez en la cara de la fundación

Kz	5844.082 tonf/m	3927
Kyy	53964.61 tonf/m	36262
Kxx	53536.319 tonf/m	35974
Kzz	83516.658 tonf/m	56119
Ky	4902.6341 tonf/m	3294
Kx	4902.6341 tonf/m	3294

Corrección por profundidad

β_z	3.03
β_{yy}	6.41
β_{xx}	4.30
β_{zz}	3.79
β_y	6.34
β_x	6.34

Rigidez final

Kz	17683.858 tonf/m
Kyy	345998.3 tonf/m
Kxx	230088.11 tonf/m
Kzz	316245.09 tonf/m
Ky	31082.836 tonf/m
Kx	31082.836 tonf/m

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (2x10) m

Datos de entrada

G(kips/ft ²)		191	h (m)	11.3	37.1
B (m)	2	6.6	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	10	32.8			

Rigidez en la cara de la fundación

Kz	14878.131 tonf/m	9997
Kyy	2398634.1 tonf/m	1611769
Kxx	224852.54 tonf/m	151090
Kzz	2236246.5 tonf/m	1502652
Ky	13299.493 tonf/m	8937
Kx	11594.229 tonf/m	7791

Corrección por profundidad

β_z	2.10
β_{yy}	1.60
β_{xx}	3.17
β_{zz}	2.67
β_y	5.45
β_x	3.58

Rigidez final

Kz	31196.62 tonf/m
Kyy	3836656.4 tonf/m
Kxx	711838.54 tonf/m
Kzz	5975176.1 tonf/m
Ky	72447.946 tonf/m
Kx	41488.689 tonf/m

n= 4

Kz	7799.1551 tonf/m
Kyy	959164.1 tonf/m
Kxx	177959.63 tonf/m
Kzz	1493794 tonf/m
Ky	18111.987 tonf/m
Kx	10372.172 tonf/m

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (5x5) m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		191	h (m)	11.3	37.1
B (m)	5	16.4	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	5	16.4			

Rigidez en la cara de la fundación			
Kz	14610.205 tonf/m	9817	
Kyy	843197.02 tonf/m	566589	
Kxx	836504.98 tonf/m	562092	
Kzz	1304947.8 tonf/m	876863	
Ky	12256.585 tonf/m	8236	
Kx	12256.585 tonf/m	8236	

Corrección por profundidad	
β_z	1.78
β_{yy}	2.21
β_{xx}	1.83
β_{zz}	2.22
β_y	3.36
β_x	3.36

Rigidez final	
Kz	26013.188 tonf/m
Kyy	1860891 tonf/m
Kxx	1528836 tonf/m
Kzz	2899076.8 tonf/m
Ky	41121.48 tonf/m
Kx	41121.48 tonf/m

n= 18	
Kz	1445.1771 tonf/m
Kyy	103382.83 tonf/m
Kxx	84935.331 tonf/m
Kzz	161059.82 tonf/m
Ky	2284.5267 tonf/m
Kx	2284.5267 tonf/m

Valores de las rigideces de resortes en sus 6 componentes para la zapata (3x5) m

Datos de entrada					
G(kips/ft ²)		191	h (m)	11.3	37.1
B (m)	3	9.8	d (m)	1	3.3
v	0.25		D (m)	11.8	38.7
L (m)	5	16.4			

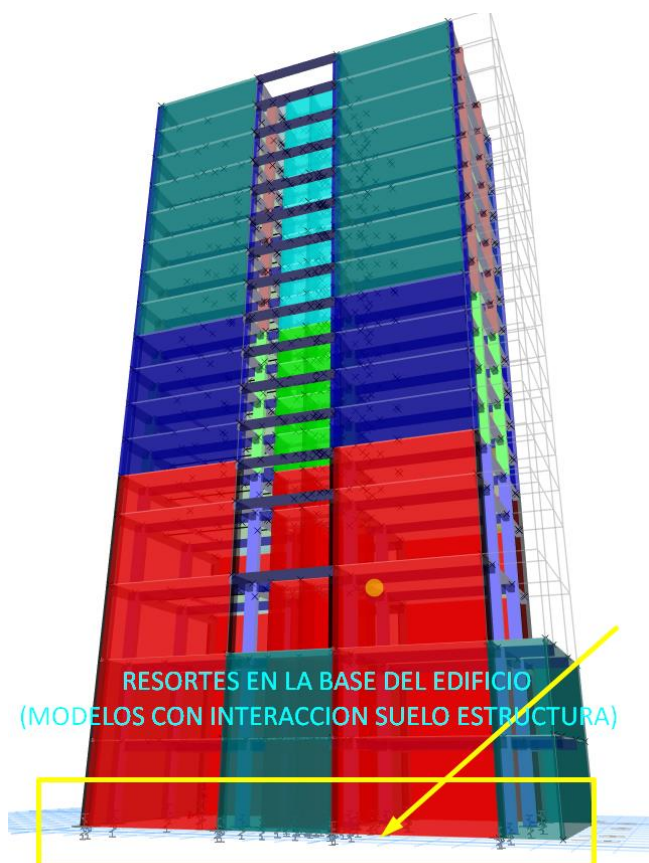
Rigidez en la cara de la fundación			
Kz	11465.425 tonf/m	7704	
Kyy	591031.43 tonf/m	397145	
Kxx	277050.45 tonf/m	186165	
Kzz	640357.18 tonf/m	430290	
Ky	9920.8 tonf/m	6666	
Kx	9494.484 tonf/m	6380	

Corrección por profundidad	
β_z	2.02
β_{yy}	2.21
β_{xx}	2.54
β_{zz}	2.55
β_y	4.41
β_x	3.86

Rigidez final	
Kz	23132.295 tonf/m
Kyy	1304374.9 tonf/m
Kxx	703242.08 tonf/m
Kzz	1631432.1 tonf/m
Ky	43773.51 tonf/m
Kx	36635.889 tonf/m

n= 6	
Kz	3855.3825 tonf/m
Kyy	217395.82 tonf/m
Kxx	117207.01 tonf/m
Kzz	271905.35 tonf/m
Ky	7295.5849 tonf/m
Kx	6105.9815 tonf/m

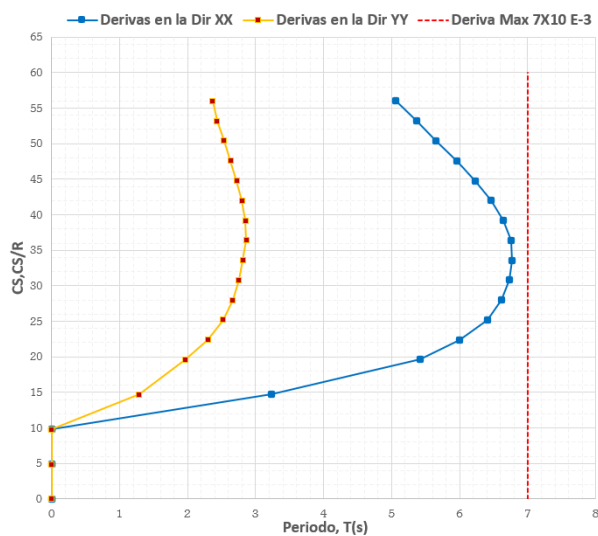
Modelo estructural con base flexible (interacción suelo estructura)



Resultados de los modelos de apoyos fijos y apoyos flexibles (interacción suelo estructura)

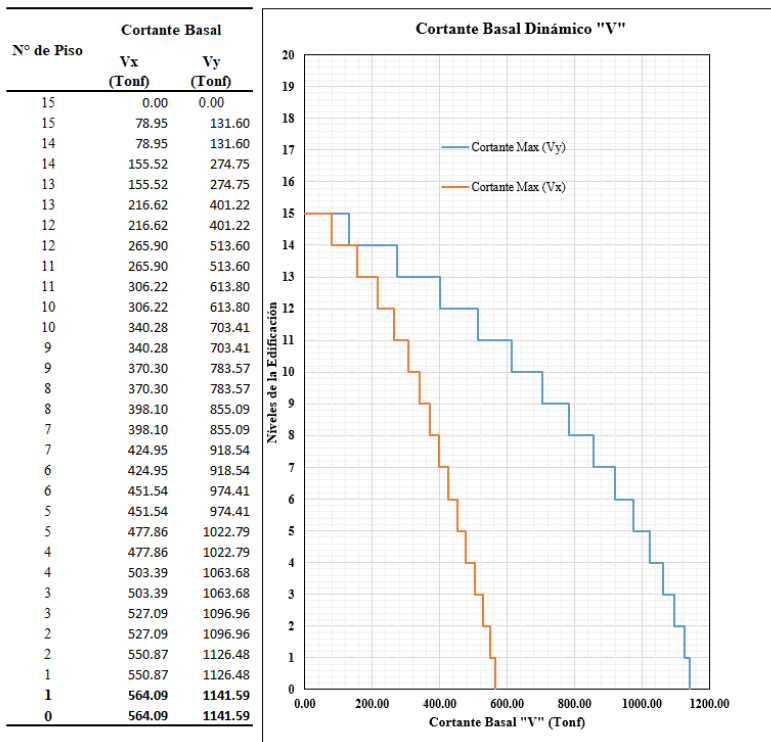
Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 2 Y Z=3

N° Pisos	Derivas de Entrepiso	
	X-Dir	Y-Dir
56.00	0.0051	0.0024
53.20	0.0054	0.0024
50.40	0.0057	0.0025
47.60	0.0060	0.0026
44.80	0.0062	0.0027
42.00	0.0065	0.0028
39.20	0.0066	0.0028
36.40	0.0068	0.0029
33.60	0.0068	0.0028
30.80	0.0067	0.0028
28.00	0.0066	0.0027
25.20	0.0064	0.0025
22.40	0.0060	0.0023
19.60	0.0054	0.0020
14.70	0.0032	0.0013
9.80	0.0000	0.0000



Fuerzas Cortantes en la base (Modelo-01 Apoyos fijos, S2,Z=0.35)

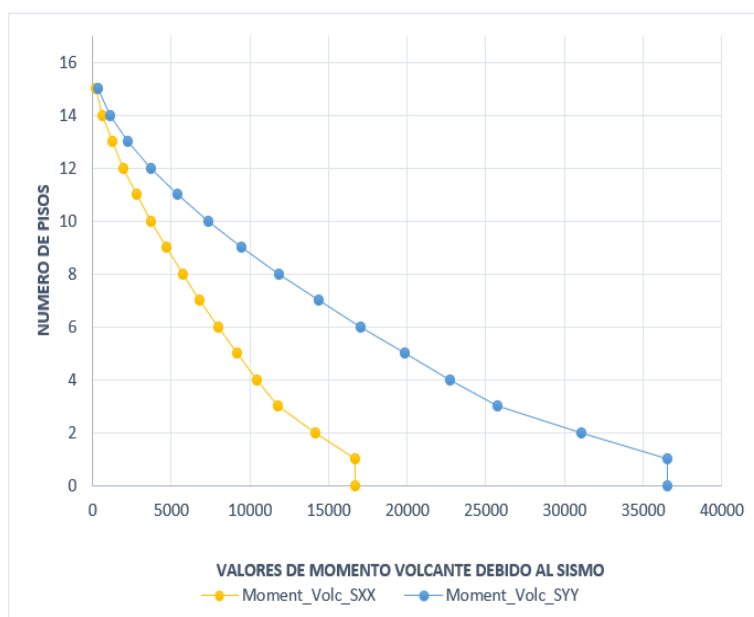
Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 2 Y Z=3



Momentos de volteo (Modelo-01 Apoyos fijos, S2,Z=0.35)

Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 2 Y Z=3

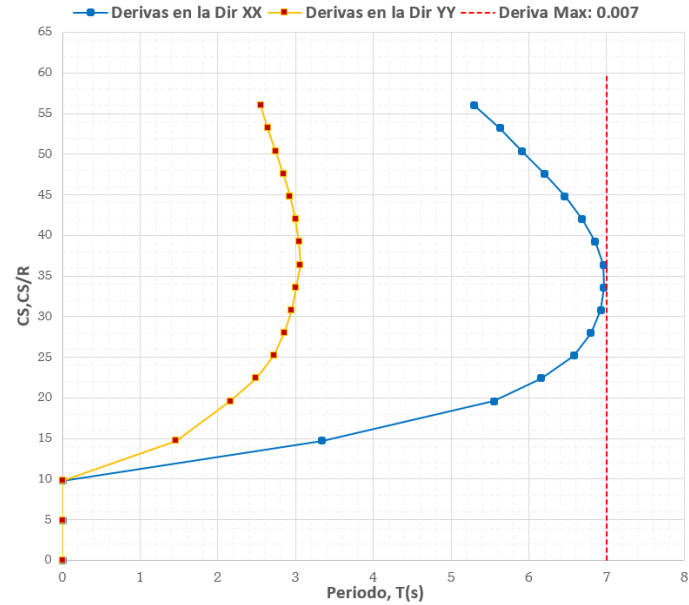
N° de Pisos	MX(Ton-m)	MY(Ton-m)
	SISYY_MX-	SISXX_MY-
15	368.5	220.1
14	1136.7	651.4
13	2256.2	1248.2
12	3685.7	1975.6
11	5389.6	2806.0
10	7336.5	3718.8
9	9498.9	4699.3
8	11851.7	5738.8
7	14371.9	6832.7
6	17038.5	7980.0
5	19831.3	9181.2
4	22730.8	10437.2
3	25717.8	11748.1
2	31091.1	14162.2
1	36559.1	16685.4
0	36559.1	16685.4



Control de derivas de entrepiso (Modelo-02 Apoyos fijos, S3,Z=0.35)

Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura para suelo 3 Y Z=3

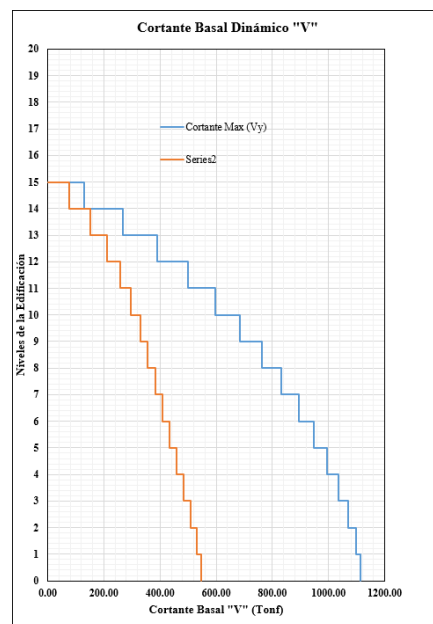
Nº Pisos	Derivas de Entrepiso	
	X-Dir	Y-Dir
2.554	0.0053	0.0026
2.644	0.0056	0.0026
2.742	0.0059	0.0027
2.84	0.0062	0.0028
2.928	0.0065	0.0029
2.999	0.0067	0.0030
3.047	0.0069	0.0030
3.061	0.0070	0.0031
3.005	0.0070	0.0030
2.951	0.0069	0.0030
2.856	0.0068	0.0029
2.717	0.0066	0.0027
2.491	0.0062	0.0025
2.16	0.0055	0.0022
1.463	0.0033	0.0015



Máximas Fuerzas Corte en la base (Modelo-02 Apoyos fijos, S3,Z=0.35)

Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y suelo 3 Y Z=3

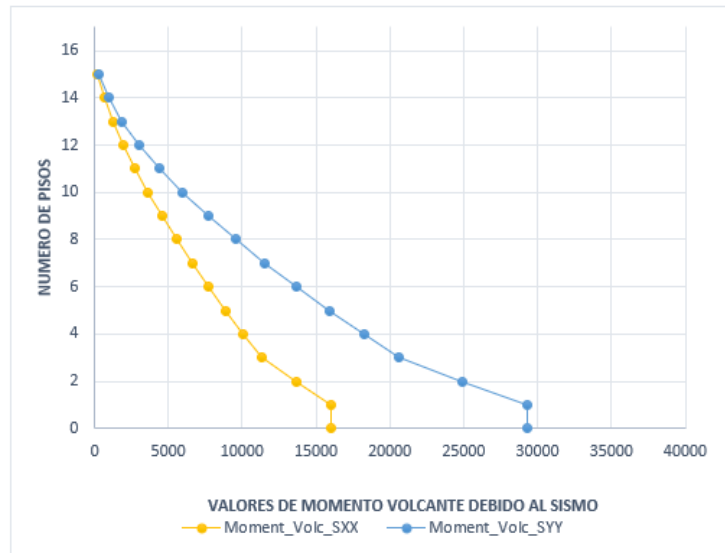
Nº de Piso	Cortante Basal	
	Vx (Tonf)	Vy (Tonf)
15	0	0.00
15	78.0	128.4
14	78.0	128.4
14	152.9	267.8
13	152.9	267.8
13	212.1	390.7
12	212.1	390.7
12	259.2	499.8
11	259.2	499.8
11	297.3	596.9
10	297.3	596.9
10	329.0	683.8
9	329.0	683.8
9	356.8	761.6
8	356.8	761.6
8	382.6	831.1
7	382.6	831.1
7	407.9	893.0
6	407.9	893.0
6	433.3	947.7
5	433.3	947.7
5	458.9	995.3
4	458.9	995.3
4	484.2	1035.8
3	484.2	1035.8
3	507.8	1069.0
2	507.8	1069.0
2	531.8	1098.7
1	531.8	1098.7
1	545.3	1114.1
0	545.3	1114.1



Momentos de volteo (Modelo-02 Apoyos fijos, S3,Z=0.35)

Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 2 Y Z=3

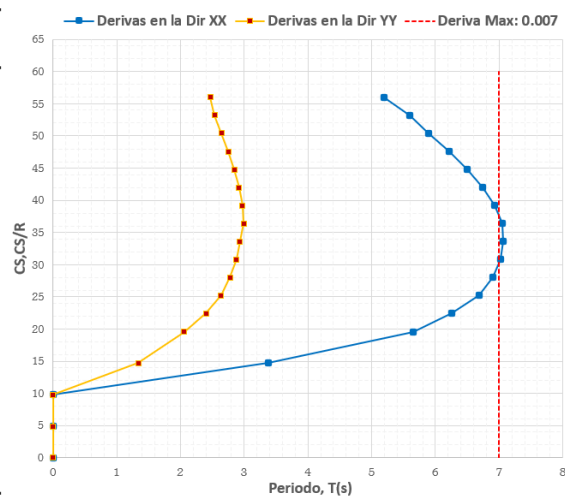
Nº de Pisos	MX(Ton-m) SISYY_MX-	MY(Ton-m) SISXX_MY-
15	305.6	217.6
14	937.1	641.9
13	1849.8	1226.7
12	3007.5	1936.7
11	4379.9	2743.5
10	5941.2	3626.2
9	7669.6	4570.2
8	9546.2	5567.0
7	11554.0	6612.8
6	13677.8	7707.5
5	15903.2	8852.9
4	18216.3	10051.1
3	20603.0	11303.5
2	24907.7	13616.5
1	29301.5	16042.6
0	29301.5	16042.6



Control de derivas de entrepiso (Modelo-03 Apoyos flexibles, S2,Z=0.35)

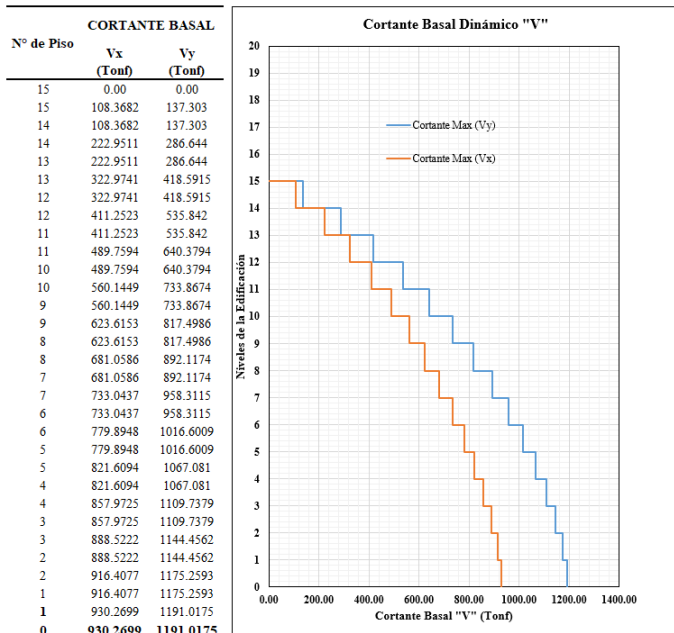
Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 3 Y Z=3

Nº de pisos	DERIVAS DE ENTREPISO	
	X-Dir	Y-Dir
T15	0.0052	0.0025
T14	0.0056	0.0025
T13	0.0059	0.0026
T12	0.0062	0.0027
T11	0.0065	0.0028
T10	0.0067	0.0029
T9	0.0069	0.0030
T8	0.0071	0.0030
T7	0.0071	0.0029
T6	0.0070	0.0029
T5	0.0069	0.0028
T4	0.0067	0.0026
T3	0.0063	0.0024
T2	0.0057	0.0021
T1	0.0034	0.0013



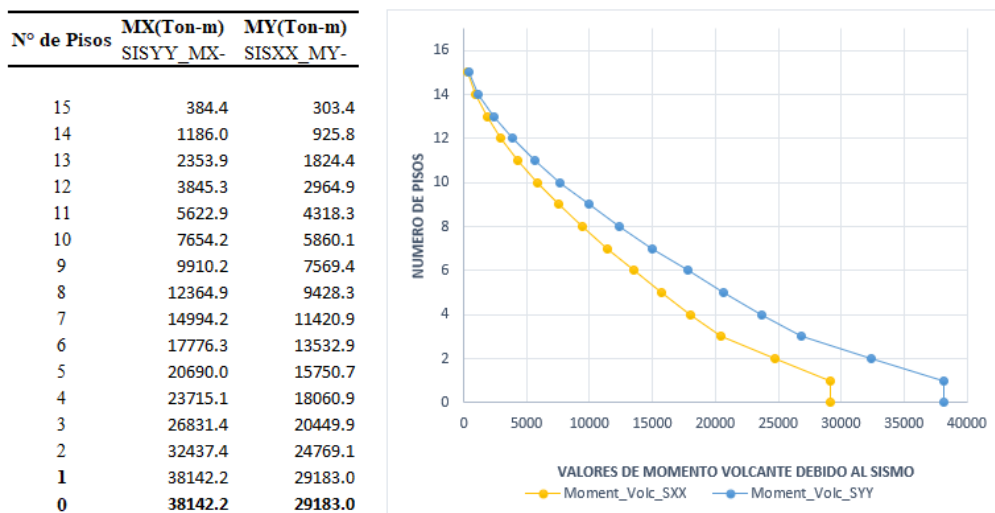
Fuerzas Cortantes en la base (Modelo-03 Apoyos flexibles, S2,Z=0.35)

Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 3 Y Z=3



Momentos de volteo (Modelo-03 Apoyos flexibles, S2,Z=0.35)

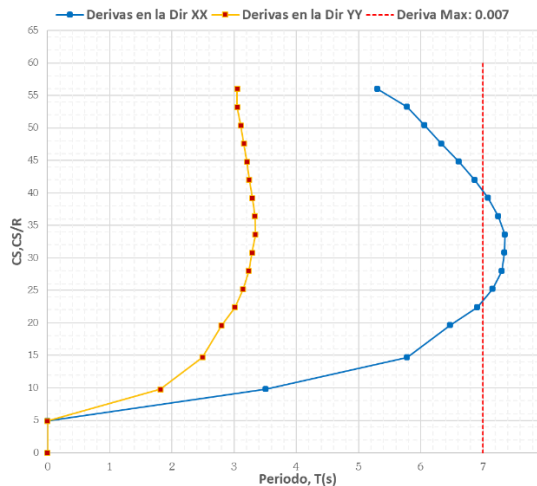
Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de apoyos empotrados y para el tipo de suelo 3 Y Z=3



Control de derivas de entrepiso (Modelo-04 Apoyos flexibles, S3,Z=0.35)

Derivas de entrepiso para las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 3 Y Z=3

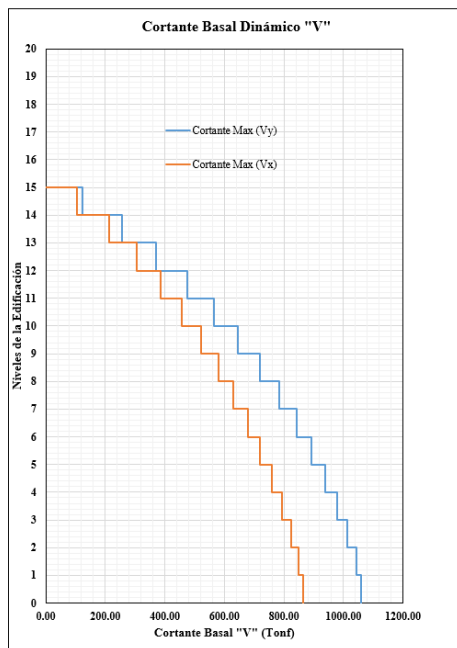
Nº de pisos	DERIVAS DE ENTREPISO	
	X-Dir	Y-Dir
T15	0.0053	0.0030
T14	0.0058	0.0030
T13	0.0061	0.0031
T12	0.0063	0.0032
T11	0.0066	0.0032
T10	0.0069	0.0032
T9	0.0071	0.0033
T8	0.0073	0.0033
T7	0.0074	0.0033
T6	0.0073	0.0033
T5	0.0073	0.0032
T4	0.0072	0.0031
T3	0.0069	0.0030
T2	0.0065	0.0028
T1	0.0058	0.0025
0	0.0035	0.0018



Fuerzas Cortantes en la base (Modelo-04 Apoyos flexibles, S3,Z=0.35)

Fuerzas cortantes en la base para las direcciones XX e YY para una condición interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 3 Y Z=3

Nº de Piso	CORTANTE BASAL	
	Vx (Tonf)	Vy (Tonf)
15	0.00	0.00
15	104.0	123.1
14	104.0	123.1
14	212.3	255.9
13	212.3	255.9
13	305.6	371.9
12	305.6	371.9
12	386.9	474.2
11	386.9	474.2
11	458.3	564.8
10	458.3	564.8
10	521.9	645.6
9	521.9	645.6
9	579.0	718.0
8	579.0	718.0
8	630.7	783.0
7	630.7	783.0
7	677.9	841.5
6	677.9	841.5
6	720.9	893.8
5	720.9	893.8
5	759.7	940.0
4	759.7	940.0
4	794.1	980.0
3	794.1	980.0
3	823.4	1013.4
2	823.4	1013.4
2	850.6	1043.7
1	850.6	1043.7
1	864.5	1060.1
0	864.5	1060.1

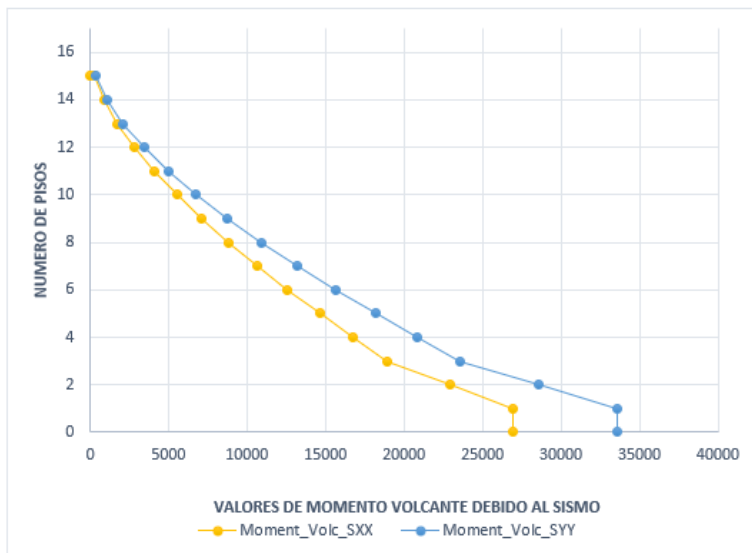




Momentos de volteo (Modelo-04 Apoyos flexibles, S3,Z=0.35)

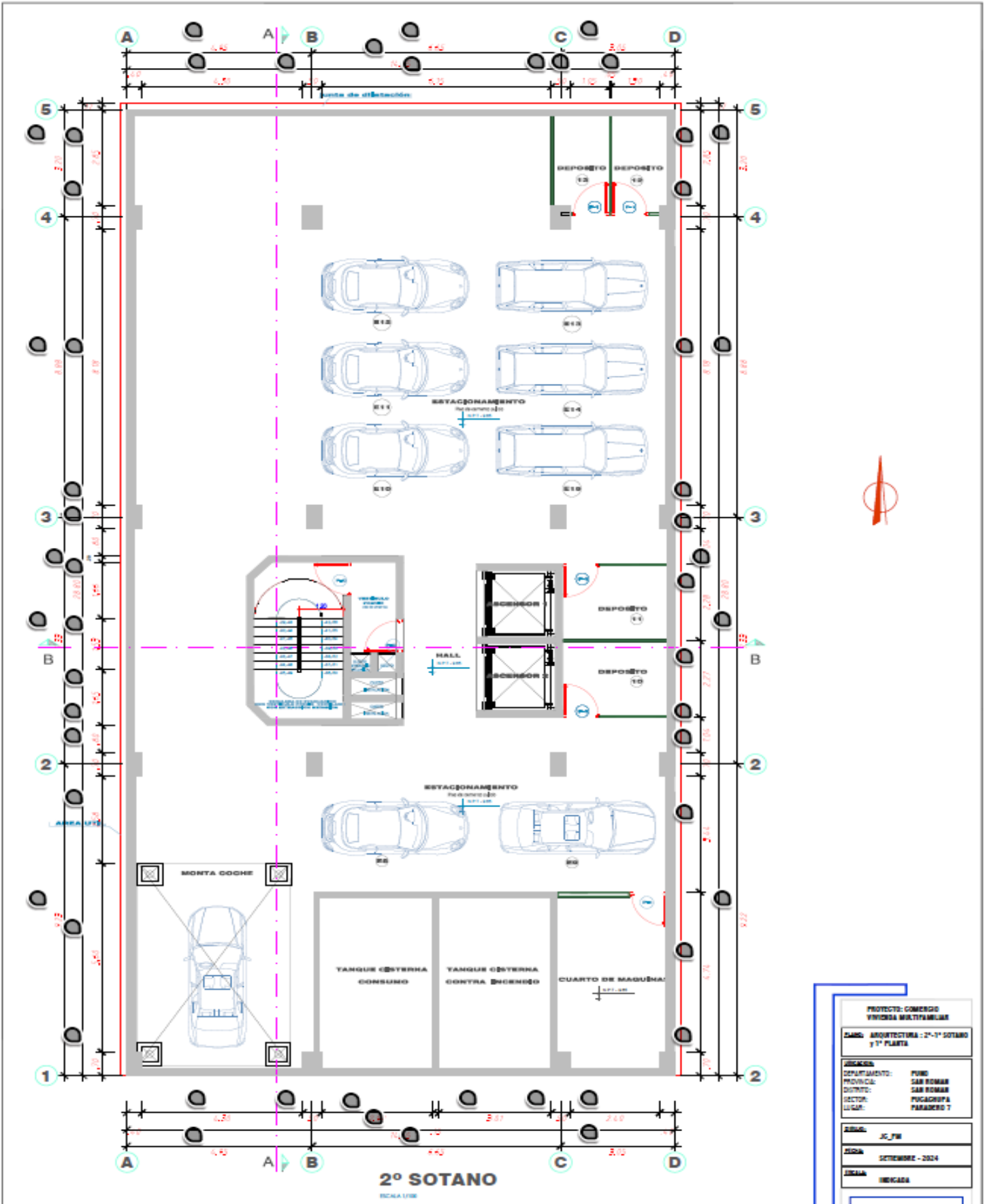
Momentos de volteo en las direcciones XX e YY para una condición de interacción suelo estructura y para el tipo de suelo 3 Y Z=3

N° de Pisos	MX(Ton-m)	MY(Ton-m)
	SISYY_MX-	SISXX_MY-
15		0
15	344.6	291.2
14	1060.1	883.9
13	2097.6	1733.3
12	3416.4	2804.9
11	4982.3	4069.3
10	6766.0	5502.2
9	8742.3	7083.7
8	10889.6	8797.4
7	13188.9	10629.8
6	15622.9	12569.0
5	18175.7	14604.2
4	20831.2	16724.9
3	23573.9	18919.9
2	28524.1	22896.2
1	33578.6	26970.6
0	33578.6	26970.6





ANEXO_03
PLANOS



PROYECTO: COMERCIO
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

CARGO: ARQUITECTURA - 2º-1º SOTANO
y 1ª PLANTA

UBICACION:
DEPARTAMENTO: PUNO
PROVINCIA: SAN ROMAN
DISTRITO: SAN ROMAN
SECTOR: PISCACOPA
LUGAR: PARADERO 7

INGENIERO:
J.C. F.W.

FECHA:
SEPTIEMBRE - 2024

CIUDAD:
MERCADA

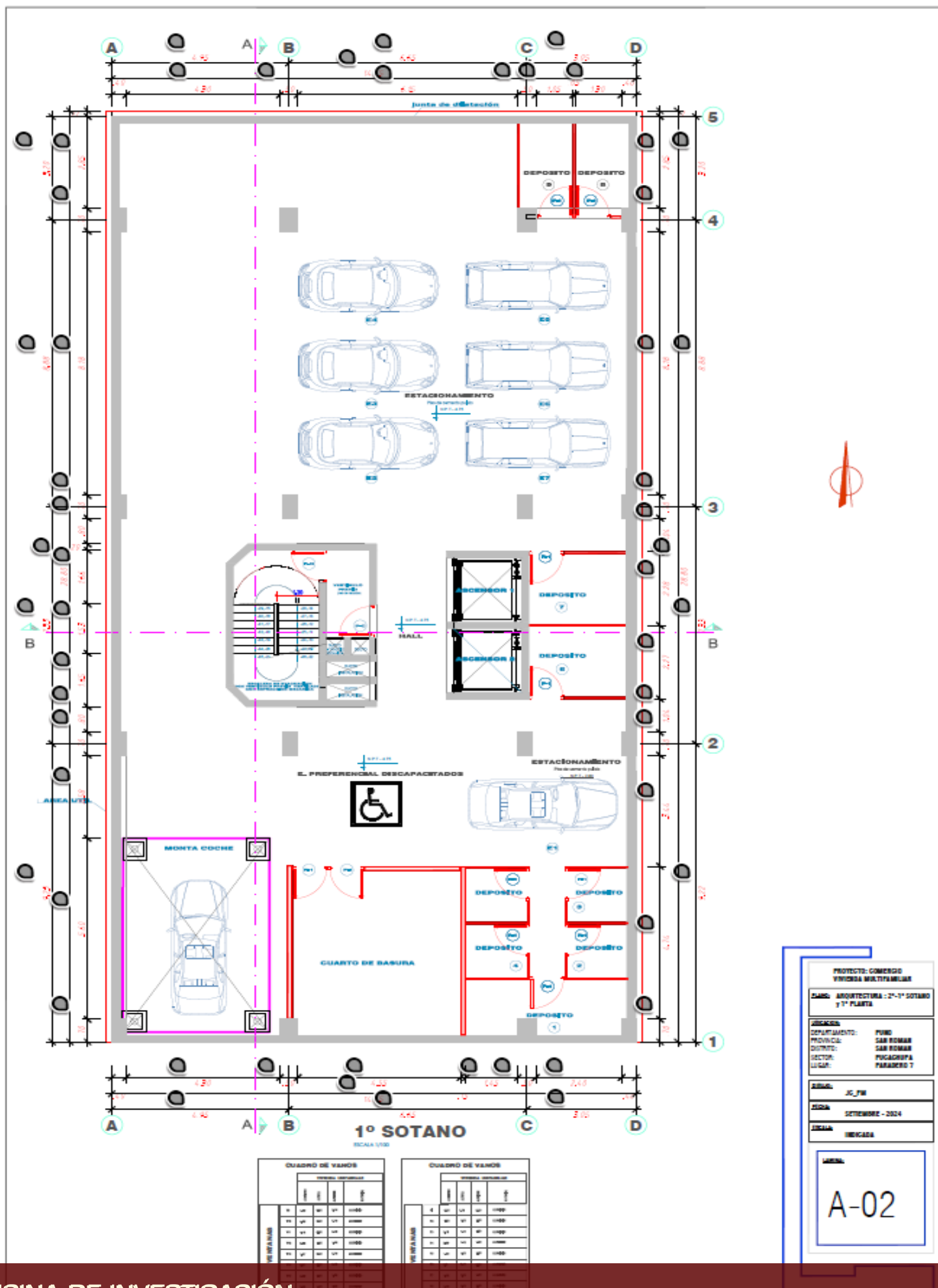
LIBRILLA:
A-01

CUADRO DE VANOS

VANO		TIPO		MATERIALES	
Nº	DESCRIPCIÓN	TIPO	ESPECIFICACIONES	TIPO	ESPECIFICACIONES
1
2
3
4
5

CUADRO DE VANOS

VANO		TIPO		MATERIALES	
Nº	DESCRIPCIÓN	TIPO	ESPECIFICACIONES	TIPO	ESPECIFICACIONES
1
2
3
4
5



PROYECTO: COMERCIO
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

CARGO: ARQUITECTURA - 2º-1º SOTANO
Y 1ª PLANTA

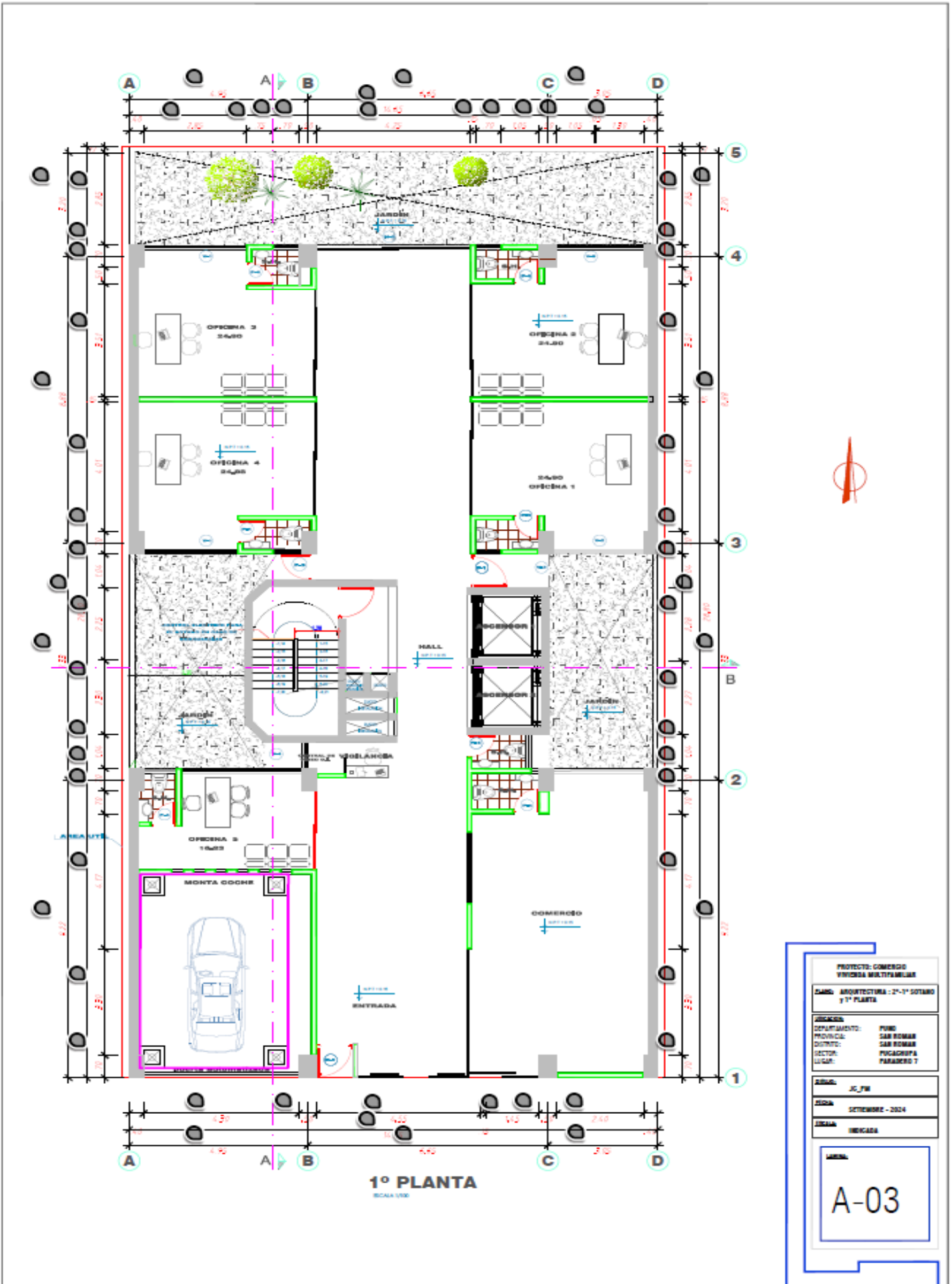
UBICACIÓN:
DEPARTAMENTO: PUNO
PROVINCIA: SAN ROMÁN
DISTRITO: SAN ROMÁN
SECTOR: PUCACROPA
PARADERO 7

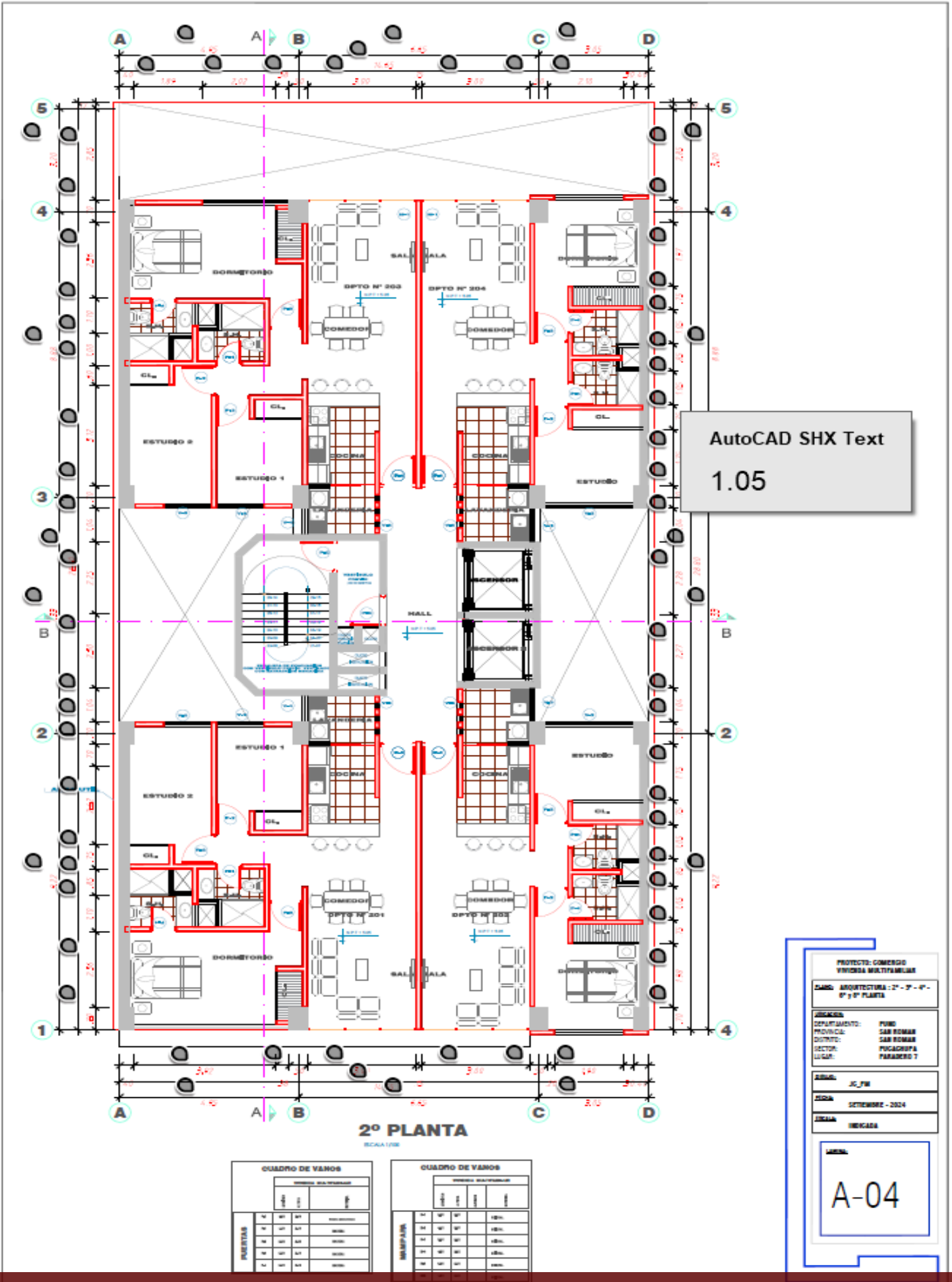
ESCALA: 1/20

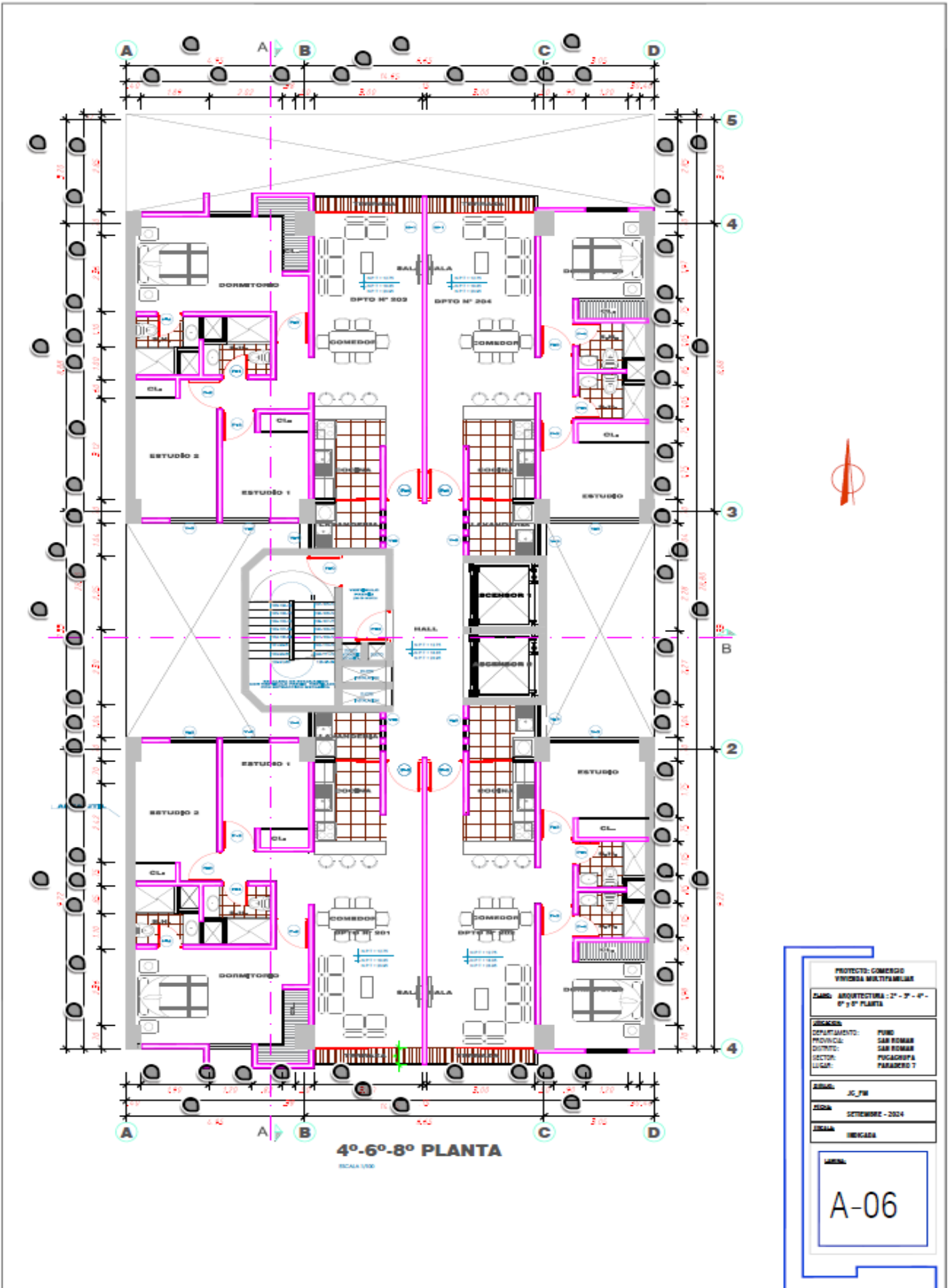
FECHA: SETIEMBRE - 2024

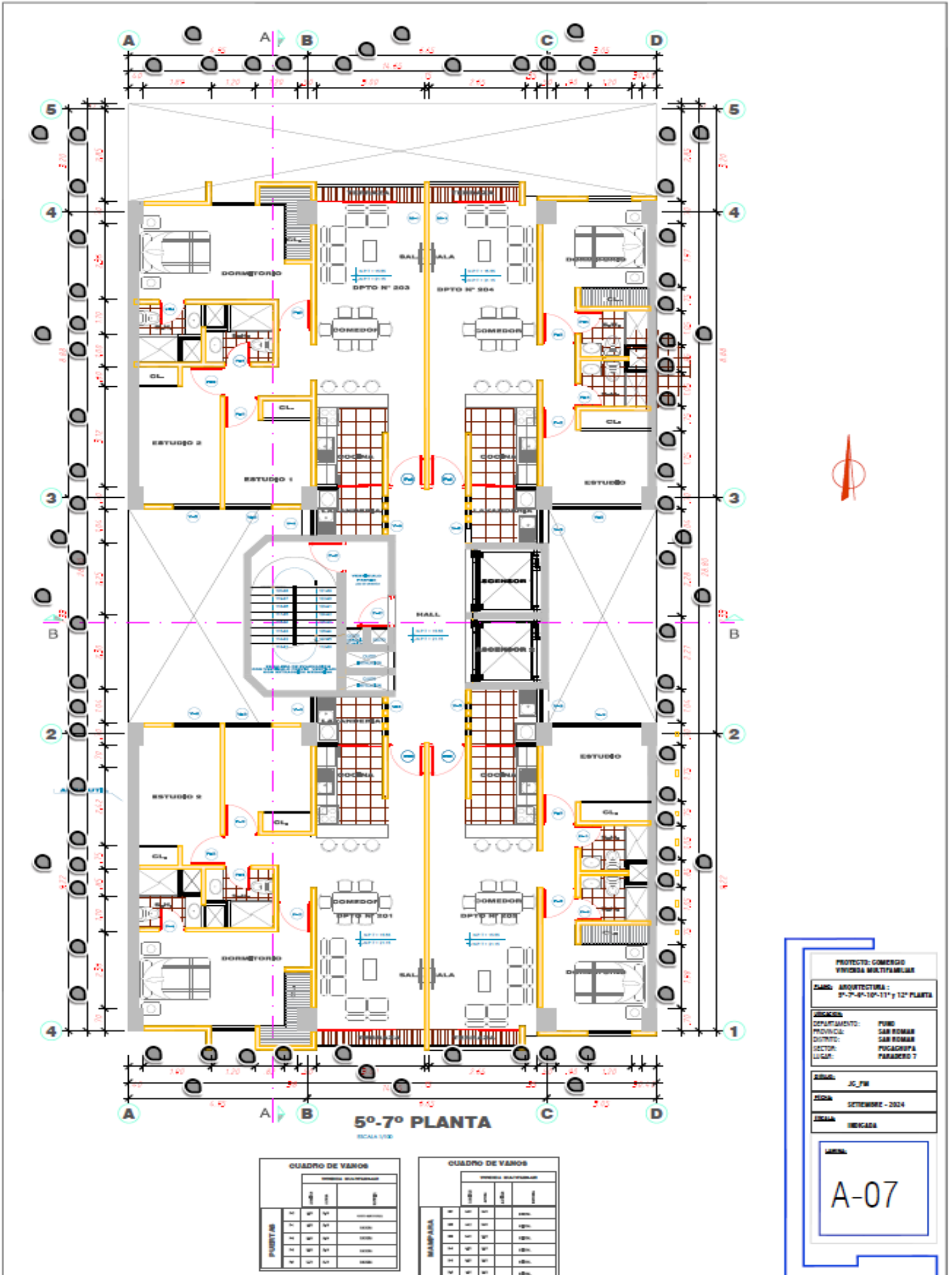
LEGENDA:
MECADAS

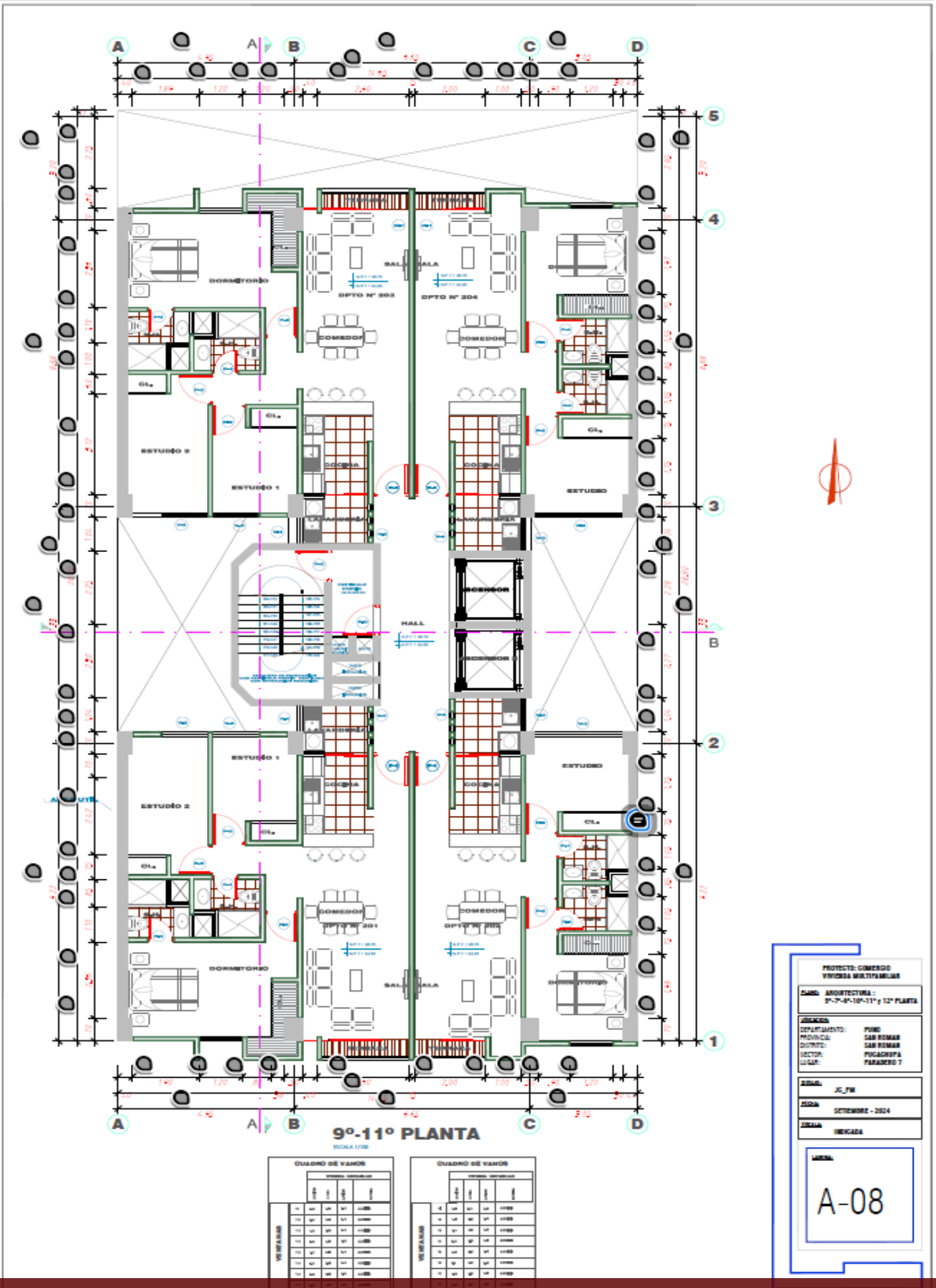
LIBELA:
A-02











PROYECTO: COMERCIO VEHICULAR MULTIFAMILIAR	
CARGO: ARQUITECTURA: 9º-7º-4º-10º-11º y 12ª PLANTA	
AGENCIA:	FUND. SAN ROMÁN
DEPARTAMENTO:	SAN ROMÁN
PROVINCIA:	SAN ROMÁN
DISTRITO:	FOGACHUPA
SECTOR:	PARADERO 7
LUGAR:	
ASISTENTE:	JC, JW
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2024
ESCALA:	INDICADA

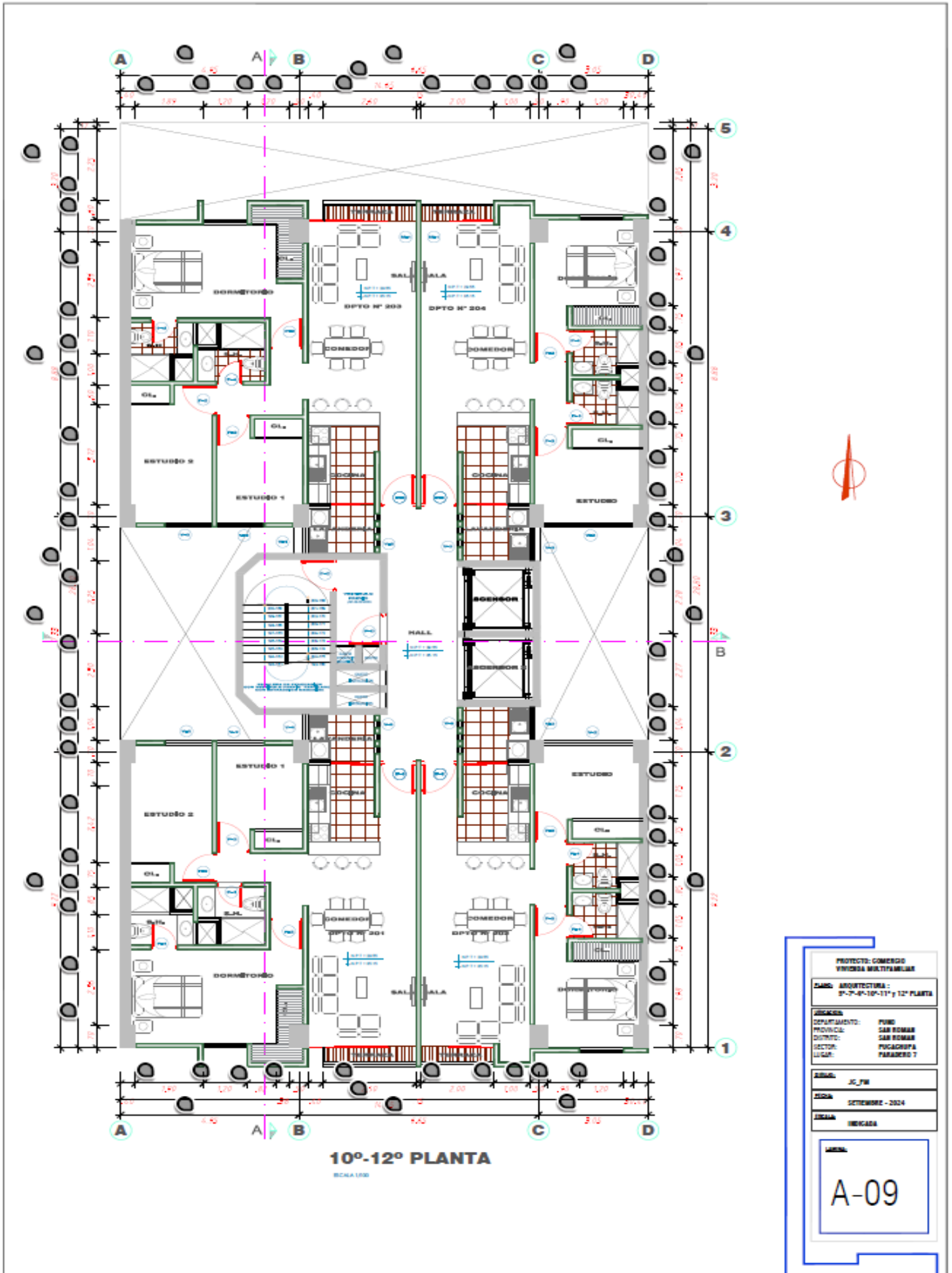
A-08

CUADRO DE VANOS

PANEL INTERIOR	
TIPO	CANTIDAD
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	1
16	1
17	1
18	1
19	1
20	1
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	1
27	1
28	1
29	1
30	1
31	1
32	1
33	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1
41	1
42	1
43	1
44	1
45	1
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
51	1
52	1
53	1
54	1
55	1
56	1
57	1
58	1
59	1
60	1
61	1
62	1
63	1
64	1
65	1
66	1
67	1
68	1
69	1
70	1
71	1
72	1
73	1
74	1
75	1
76	1
77	1
78	1
79	1
80	1
81	1
82	1
83	1
84	1
85	1
86	1
87	1
88	1
89	1
90	1
91	1
92	1
93	1
94	1
95	1
96	1
97	1
98	1
99	1
100	1

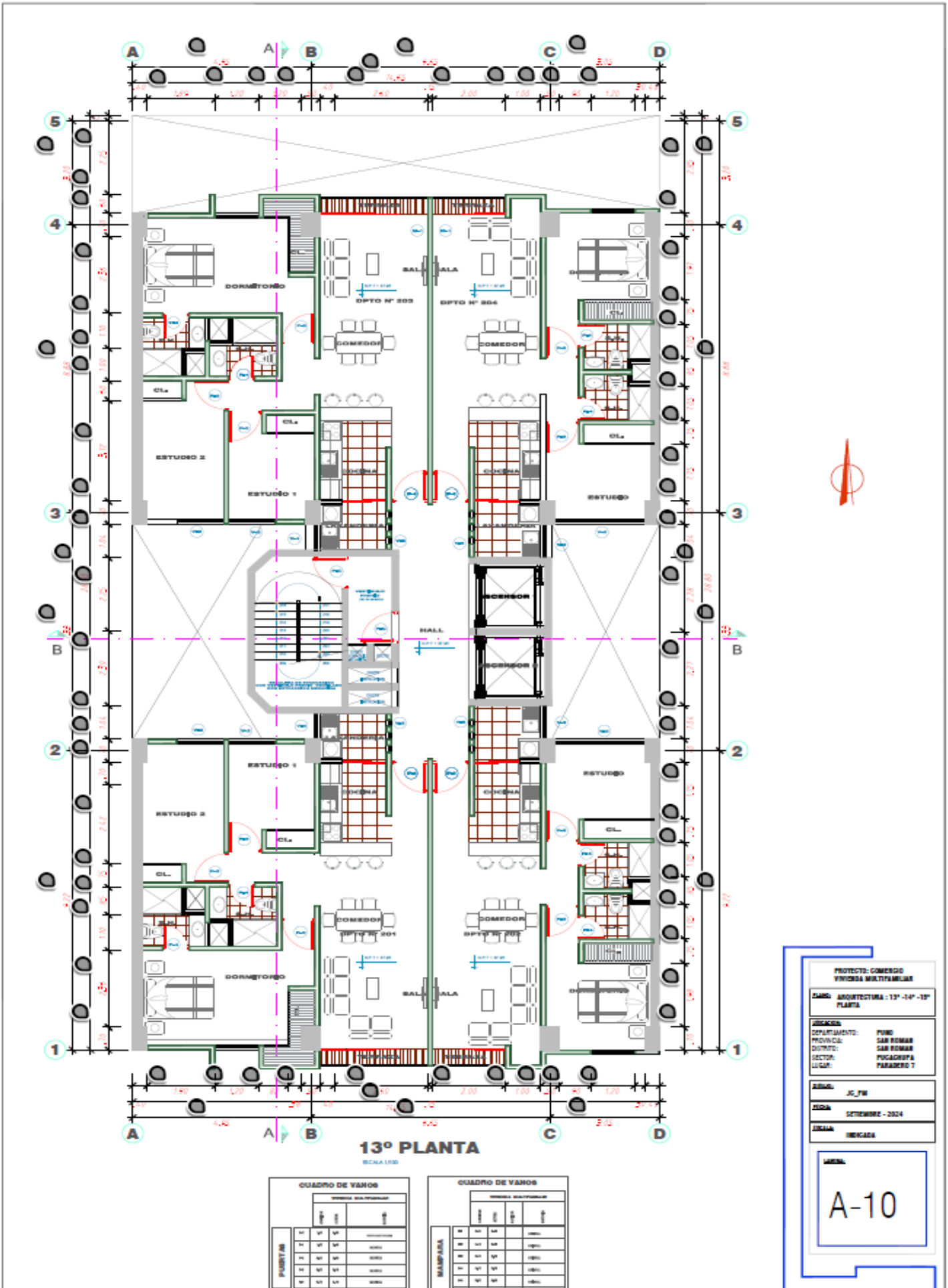
CUADRO DE VANOS

PANEL EXTERIOR	
TIPO	CANTIDAD
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	1
16	1
17	1
18	1
19	1
20	1
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	1
27	1
28	1
29	1
30	1
31	1
32	1
33	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1
41	1
42	1
43	1
44	1
45	1
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
51	1
52	1
53	1
54	1
55	1
56	1
57	1
58	1
59	1
60	1
61	1
62	1
63	1
64	1
65	1
66	1
67	1
68	1
69	1
70	1
71	1
72	1
73	1
74	1
75	1
76	1
77	1
78	1
79	1
80	1
81	1
82	1
83	1
84	1
85	1
86	1
87	1
88	1
89	1
90	1
91	1
92	1
93	1
94	1
95	1
96	1
97	1
98	1
99	1
100	1



10º-12º PLANTA
SOLTA LIBRE

PROYECTO: COMERCIO VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
CARGO: ARQUITECTURA: 10º-11º-12º PLANTA	
AREA: DEPARTAMENTO: PUNO PROVINCIA: SAN ROMAN DISTRITO: SAN ROMAN SECTOR: PUGACHIPPA LUGAR: PARADERO 7	
AREA:	J.C. F.W.
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2024
UBICACION:	MEGACASA
AREA: <div style="font-size: 2em; text-align: center;">A-09</div>	



13ª PLANTA

ESCALA 1:50

CUADRO DE VANGOS

VENTANA MULTIFAMILIAR

VENTANA	W	V	SP	OTRO
1	W	V	SP	OTRO
2	W	V	SP	OTRO
3	W	V	SP	OTRO
4	W	V	SP	OTRO

CUADRO DE VANGOS

VENTANA MULTIFAMILIAR

VENTANA	W	V	SP	OTRO
1	W	V	SP	OTRO
2	W	V	SP	OTRO
3	W	V	SP	OTRO
4	W	V	SP	OTRO

PROYECTO: COMERCIO
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

SABO: ARQUITECTURA - 13ª - 14ª - 15ª PLANTA

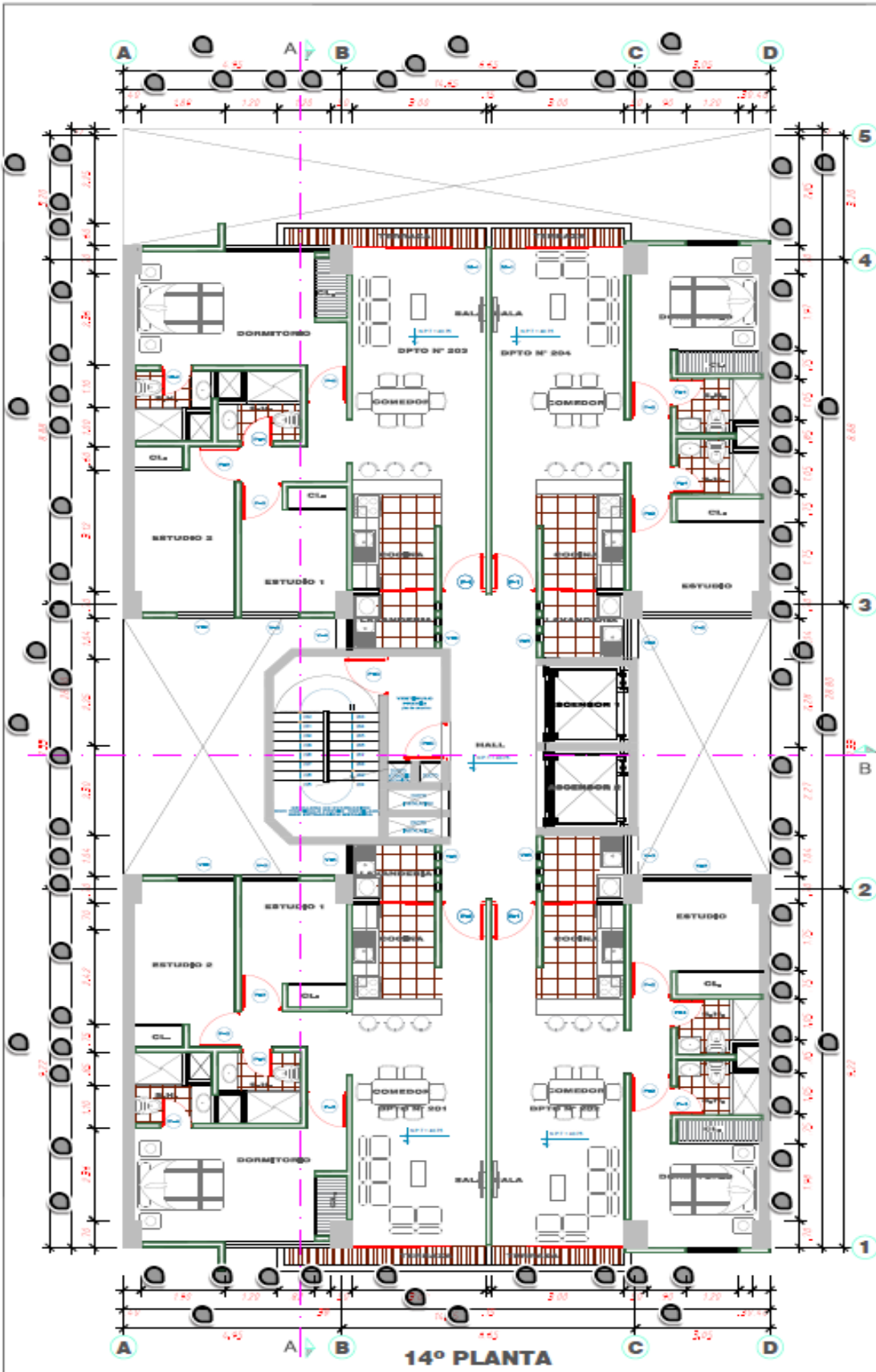
UBICACION:
DEPARTAMENTO: PUÑO
PROVINCIA: SAN ROMAN
DISTRITO: SAN ROMAN
SECTOR: PUGACHIPPA
LUGAR: PARADERO 7

ARQUITECTO: JC_FW

FECHA: SETIEMBRE - 2024

OTRO: INGENIERIA

A-10



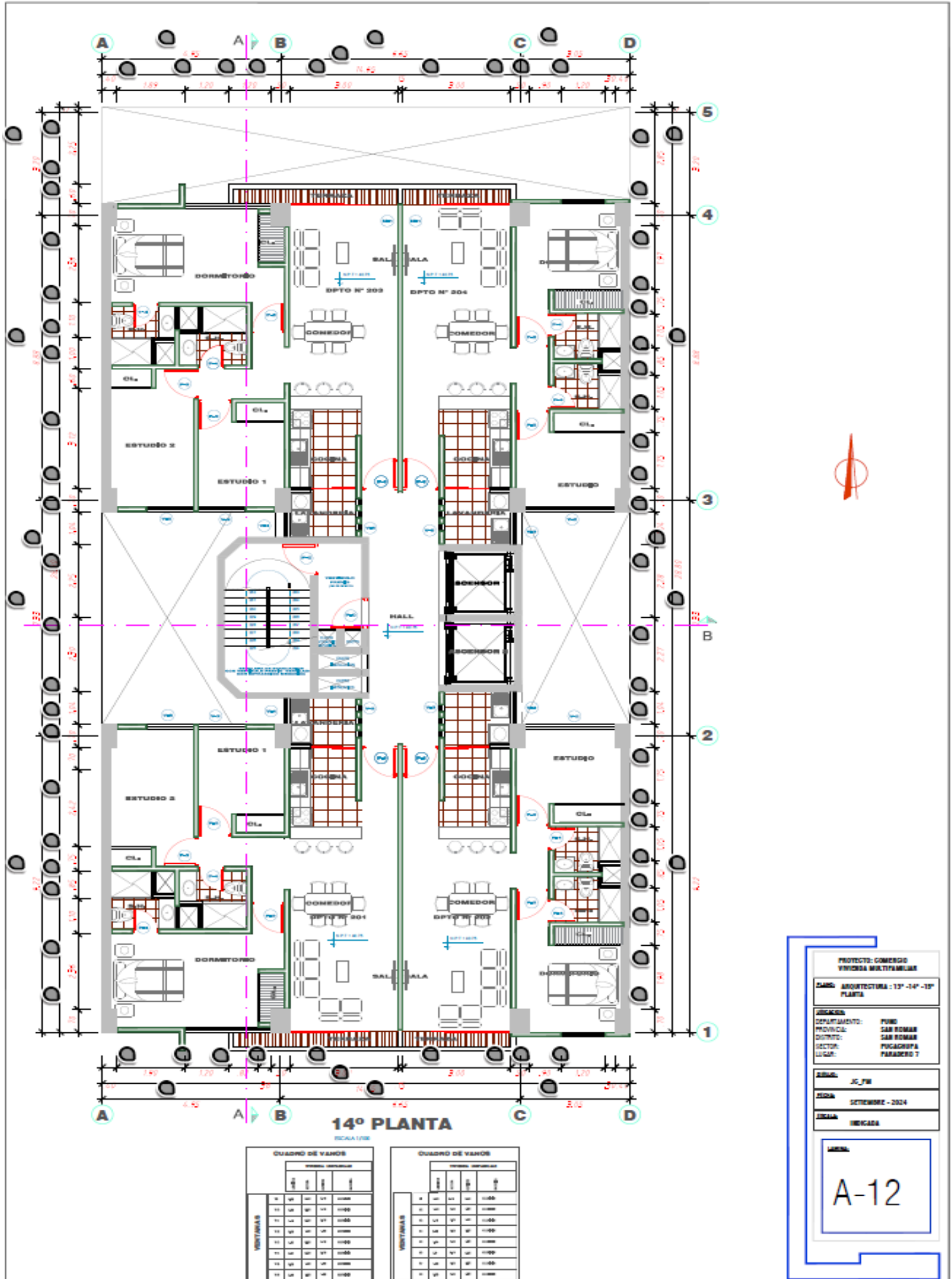
14° PLANTA

ESCALA 1:100

VENTANAS	VENTANAS			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	1

VENTANAS	VENTANAS			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	1

PROYECTO: COMERCIO VIVIENDA MULTIFAMILIAR			
CARGO: ARQUITECTURA - 13° - 14° - 15° PLANTA			
UBICACION:	PUNO		
DEPARTAMENTO:	SAN ROMAN		
PROVINCIA:	SAN ROMAN		
DISTRITO:	PIGASOPIA		
SECTOR:	PARADISO 1		
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2024		
ESCALA:	1:100		
<table border="1"> <tr> <td>LIBEL:</td> <td>A-11</td> </tr> </table>		LIBEL:	A-11
LIBEL:	A-11		



PROYECTO: COMERCIO
FINANCIAMIENTO MULTIFAMILIAR

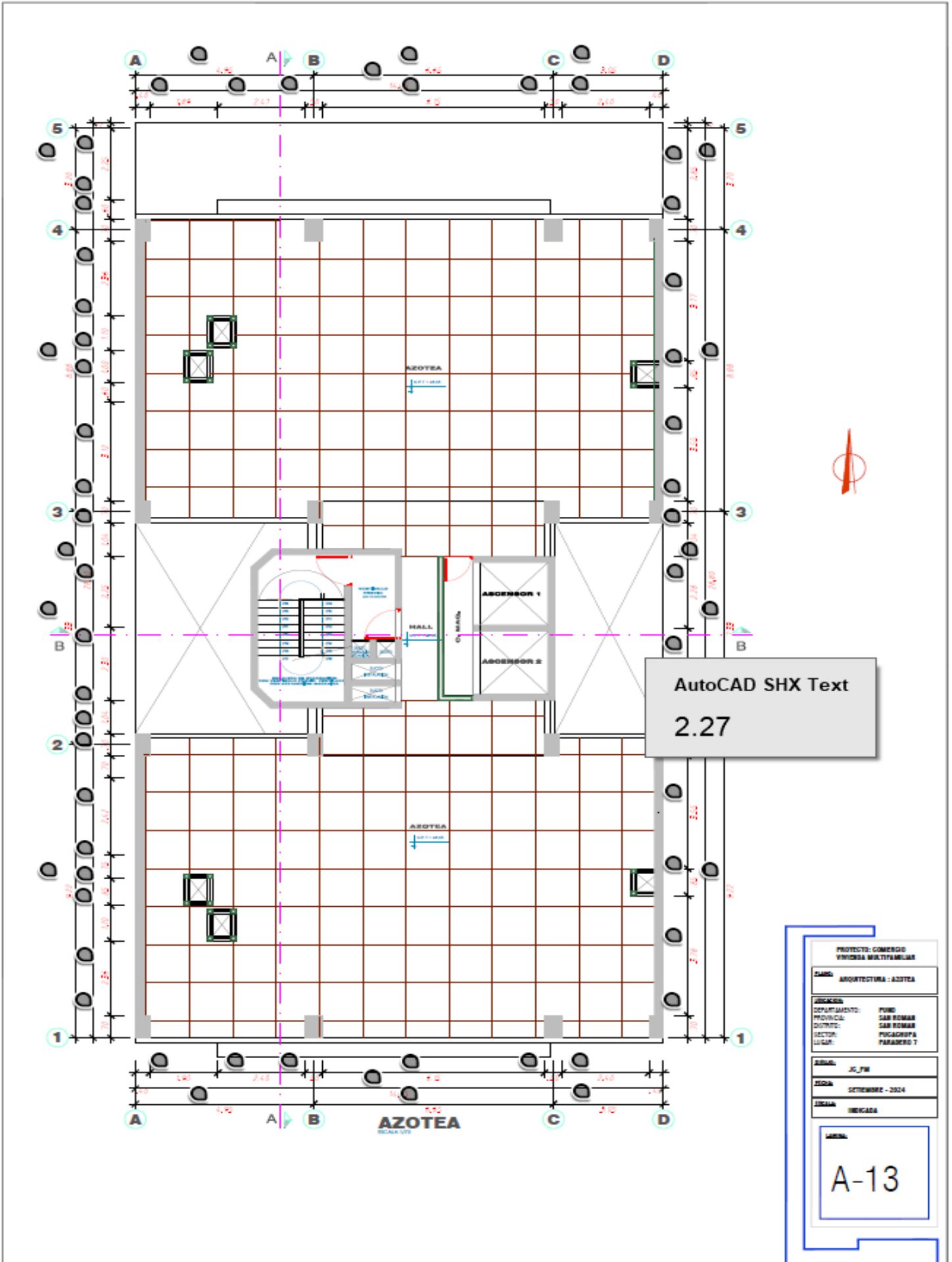
CARGO: ARQUITECTURA : 13° - 14° - 15°
PLANTA

UBICACIÓN:
DEPARTAMENTO: PUNO
PROVINCIA: SAN ROMÁN
DISTRITO: SAN ROMÁN
SECTOR: PUCAGROPA
PARQUEO 1

FECHA: 15 JUN 2024

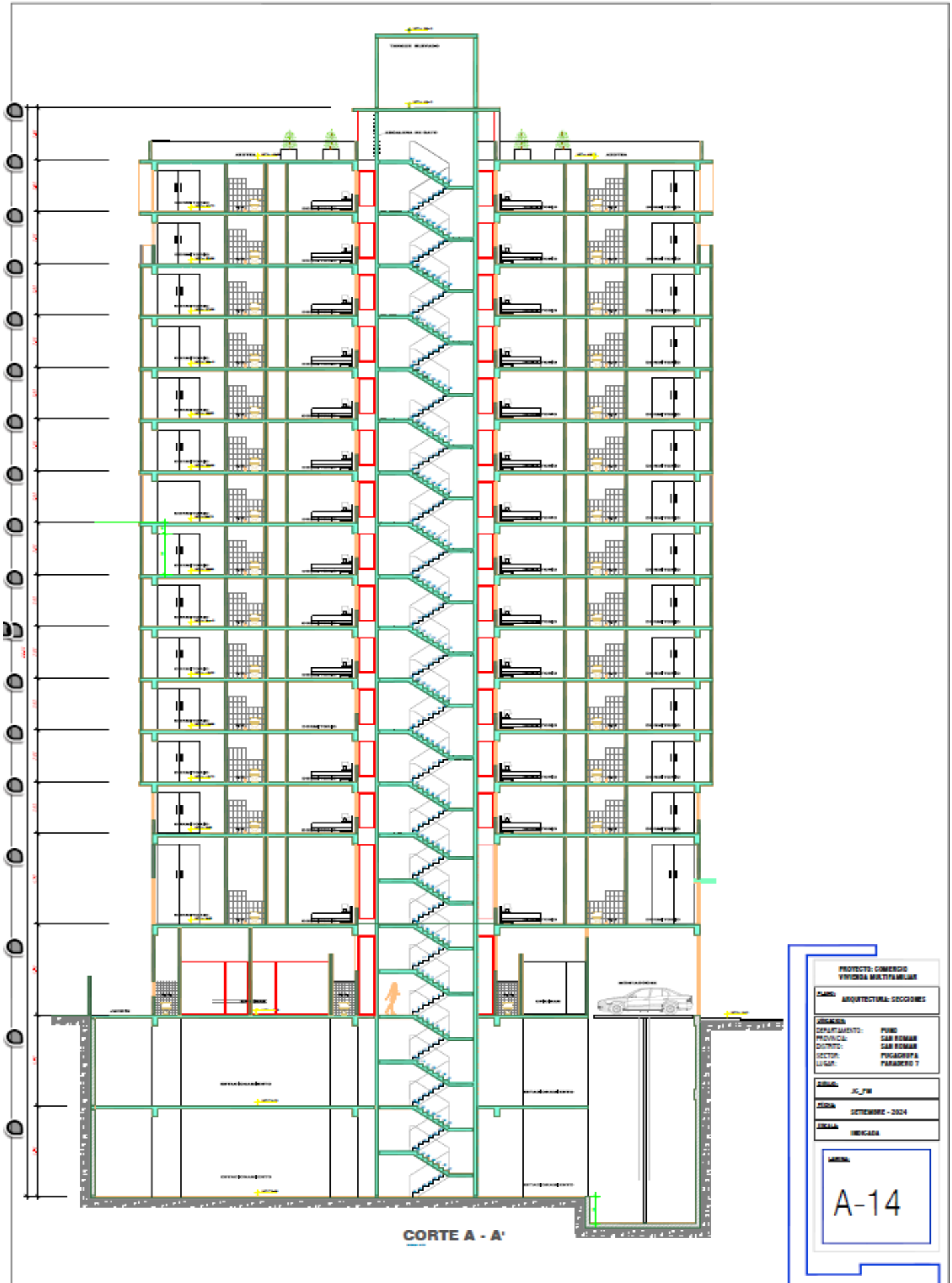
ESCALA: 1:500

A-12

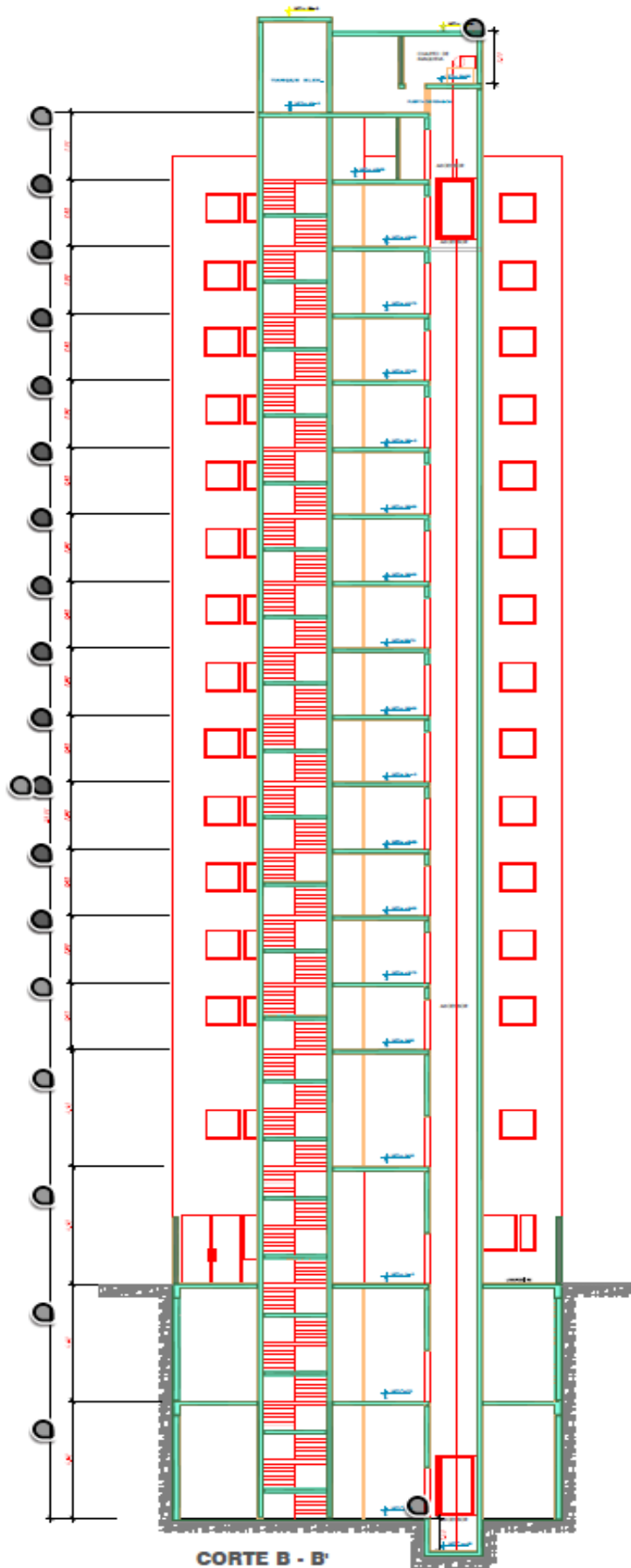


AutoCAD SHX Text
2.27

PROYECTO: COMERCIO VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
CARGO:	ARQUITECTURA - AZOTEA
UBICACIÓN:	PROVINCIA: PUNO DEPARTAMENTO: SAN ROMÁN DISTRITO: PUCACROPÁ SECTOR: PARASERO 7 LUGAR:
ALUMNO:	JC_FM
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2024
ESCALA:	INDICADA
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <h2 style="margin: 0;">A-13</h2> </div>	



PROYECTO: COMERCIO VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
CARGO:	ARQUITECTURA: SECCIONES
ASESOR:	
DEPARTAMENTO:	PUNO
PROVINCIA:	SAB. ROMAN
DISTRITO:	SAB. ROMAN
SECTOR:	PUCACAYAN
LUGAR:	PANAMBO 7
ALUMNO:	JC_FM
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2024
CIUDAD:	HECAGUA
LABOR:	
A-14	

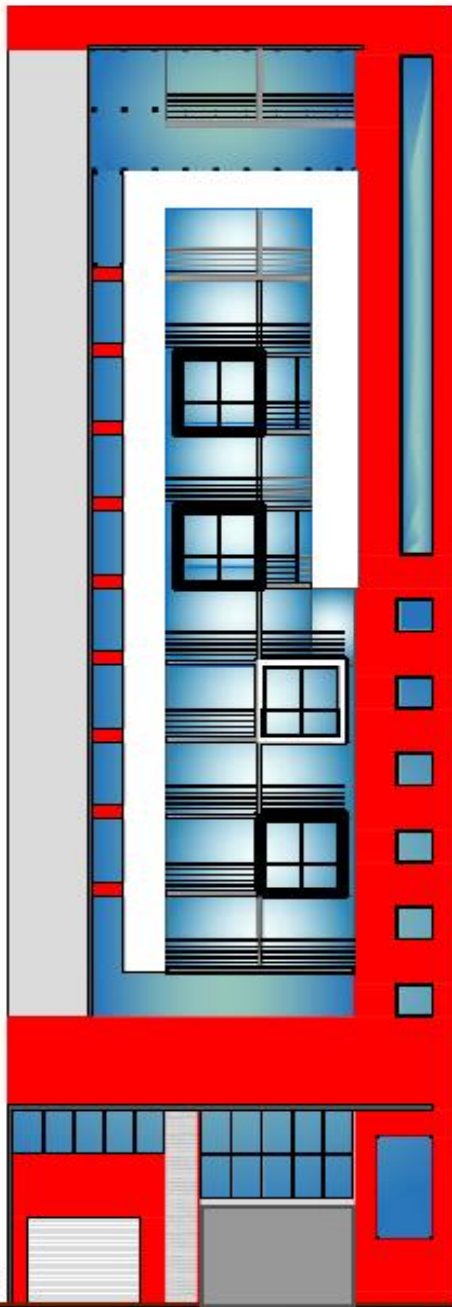


CORTE B - B'

PROYECTO: COMERCIO VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
TIPO:	ARQUITECTURA: SECCIONES
UBICACION:	
DEPARTAMENTO:	PUNO
PROVINCIA:	SAN ROMAN
DISTRITO:	SAN ROMAN
SECTOR:	PIGACROCHA
LUGAR:	PARADERO 7
ALUMNO:	JC_FM
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2024
CIUDAD:	PERU
AREA:	A-15



PERSPECTIVAS



ELEVACION PRINCIPAL

PROYECTO: COMERCIO VIVIENDA MULTIFAMILIAR	
TIPO:	ARQUITECTURA: ELEVACION PRINCIPAL
JUBILADO:	
DEPARTAMENTO:	PUNO
PROVINCIA:	SAN ROMAN
DISTRITO:	SAN ROMAN
SECTOR:	PUCACABITA
LUGAR:	PARADERO 7
FECHA:	JL_20
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2024
FECHA:	INICIADA
LABOR:	
A-16	



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 10-12-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Juan Carlos Figueroa Mucha
Dirección: CP. Catarata
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73688285
Teléfono: 942537827 email: Juan.C.figueroamucha@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL
Asesor: Mgtr. Fritz Willy Mamani Apaza

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: Influencia de la interacción suelo - estructura en el comportamiento estructural de edificios altos de concreto armado en Puno, Perú.

Palabras claves, (3 a 5 términos): Suelo, estructura, concreto.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2?}
1, 2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: Tecnología de la construcción -PI7

Firma de Autor



huella digital

10 de diciembre del 2024

Fecha