



Colpa Matara, 05 de noviembre del 2024.

C.O. N° 39-2024-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO “A” DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023.”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **WÍLDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ y OMER ANGASPILCO DÁVILA.**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 16% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

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

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

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

# WÍLDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ OMER ANGASPILCO D...

## EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO “A” DE LA ...

 INFORME FINAL DE TESIS ESTUDIANTES

 UNIDAD DE INVESTIGACION FIC

 Universidad Nacional Autonoma de Chota

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3066279029

Fecha de entrega

4 nov 2024, 1:26 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

4 nov 2024, 1:29 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_2024\_ok.docx

Tamaño de archivo

7.2 MB

107 Páginas

16,737 Palabras

97,538 Caracteres




# 16% Similitud general

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

## Filtrado desde el informe

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

## Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

## Fuentes principales

- 16% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

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

1	Internet	<b>hdl.handle.net</b>	4%
2	Internet	<b>repositorio.unc.edu.pe</b>	2%
3	Internet	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b>	2%
4	Internet	<b>repositorio.upla.edu.pe</b>	1%
5	Trabajos del estudiante	<b>Universidad Nacional Autonoma de Chota</b>	1%
6	Trabajos del estudiante	<b>Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b>	1%
7	Internet	<b>repositorio.unach.edu.pe</b>	1%
8	Internet	<b>www.repositorio.unach.edu.pe</b>	0%
9	Internet	<b>www.greenworldjournal.com</b>	0%
10	Internet	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b>	0%
11	Internet	<b>upc.aws.openrepository.com</b>	0%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	0%
13	Internet	repositorio.udh.edu.pe	0%
14	Internet	repositorio.upt.edu.pe	0%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	0%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica del Peru	0%
17	Internet	repositorio.unh.edu.pe	0%
18	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma	0%
19	Internet	bdigital.unal.edu.co	0%
20	Internet	repositorio.upao.edu.pe	0%
21	Internet	repositorio.unap.edu.pe	0%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes	0%
23	Internet	repositorio.uap.edu.pe	0%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru	0%
25	Internet	www.slideshare.net	0%

26	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	0%
27	Internet	1library.co	0%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Piura	0%
29	Internet	repositorio.unac.edu.pe	0%
30	Trabajos del estudiante	uncedu	0%
31	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego	0%
32	Internet	idoc.pub	0%
33	Internet	tesis.pucp.edu.pe	0%
34	Publicación	Ancasi Huayra, Ruben. "Propuesta de un metodo para el diseno de edificios con ...	0%
35	Internet	dspace.utpl.edu.ec	0%
36	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	0%
37	Internet	kupdf.net	0%
38	Internet	repositorio.uancv.edu.pe	0%
39	Internet	repositorio.unsa.edu.pe	0%

40	Trabajos del estudiante	Universidad Privada de Tacna	0%
41	Internet	repositorio.uchile.cl	0%
42	Internet	repositorio.unasam.edu.pe	0%
43	Internet	repositorio.uniandes.edu.co	0%
44	Internet	repositorio.upn.edu.pe	0%
45	Internet	repositorio.uss.edu.pe	0%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

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



**EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO  
ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO “A” DE LA  
GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:**

**WÍLDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ**

**OMER ANGASPILCO DÁVILA**

**Asesor: MCs. KARINA DEL ROCIO SILVA TARRILLO**

**Chota – Perú**

**2024**

**EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL  
DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES  
DEL MÓDULO “A” DE LA GERENCIA SUB REGIONAL  
DE CHOTA, 2023.**

**POR:**

**WÍLDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ**

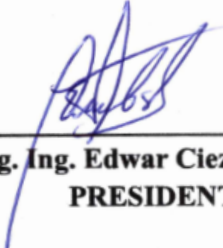
**OMER ANGASPILCO DÁVILA**

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

**de**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**



---

**Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez**  
**PRESIDENTE**



---

**Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo**  
**SECRETARIO**



---

**Msc. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilín**  
**VOCAL**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

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

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del jurado de tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación presentado por los Bachilleres en Ingeniería Civil **WÍLDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ** y **OMER ANGASPILCO DÁVILA.**, denominado: “**EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO “A” DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023.**”; escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

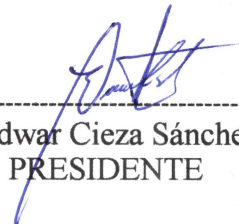
Aprobada con mención honrosa

CON EL CALIFICATIVO (\*)

16 (dieciséis)

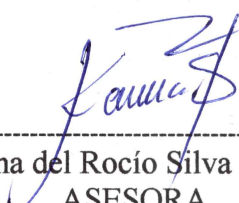
En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo., en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 13 de noviembre del 2024

  
-----  
Dr. Edwar Cieza Sánchez  
PRESIDENTE

  
-----  
Mg. Miguel Angel Silva Tarrillo  
SECRETARIO

  
-----  
Msc. Luis Fernando Romero Chuquilín.  
VOCAL

  
-----  
Mg. Karina del Rocío Silva Tarrillo  
ASESORA

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



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

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

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: “EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO “A” DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023”; presentado por los Bachilleres: **Wilder Sánchez Vásquez** y **Omer Angaspilco Dávila**, sustentada el día 13 de noviembre del 2024, por Resolución de Coordinación N°309- 2024-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 19 de noviembre del 2024

  
-----  
Dr. Edwar Cieza Sánchez.  
PRESIDENTE

  
-----  
Mg. Miguel Ángel Silva Tarrillo.  
SECRETARIO

  
-----  
Msc. Luis Fernando Romero Chuquilin  
VOCAL

  
-----  
Mg. Karina del Rocio Silva Tarrillo  
Asesor

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo con mucho amor a nuestros queridos padres, hermanos y familiares por su apoyo incondicional en esta travesía académica de formación en donde fueron esa fuente inagotable de motivación y amor constante para que nuestras metas y objetivos se hagan realidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos este profundo agradecimiento a Dios, a nuestros padres, hermanos quienes fueron los pilares fundamentales de sostén para llegar a concluir la carrera profesional de Ingeniería Civil, quienes caminaron junto a nosotros en cada momento siendo fuentes de inspiración, apoyo y fortaleza, para que día a día los sueños de ser profesionales se haga realidad; asimismo hacer una mención especial para nuestros docentes y asesor MCs. Karina del Rocio Silva Tarrillo, quienes inculcaron en nosotros ese bello conocimiento de la ingeniería.

Los Autores.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3. Justificación.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4. Delimitación de la investigación .....</b>	<b>21</b>
<b>1.5. Limitaciones .....</b>	<b>22</b>
<b>1.6. Objetivos .....</b>	<b>22</b>
1.6.1. Objetivo general.....	22
1.6.2. Objetivos específicos .....	22
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Antecedentes .....</b>	<b>23</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	25
2.1.3. Antecedentes regionales .....	26
<b>2.2. Bases teórico – científicas .....</b>	<b>28</b>
2.2.1. Método estático no lineal Pushover.....	28
<b>2.3. Marco conceptual.....</b>	<b>29</b>
2.3.1. Sismo .....	29
2.3.2. Sismicidad en Perú.....	29
2.3.3. Parámetros sísmicos y estructurales de la norma E.030 .....	29

2.3.4.	Estudio de mecánica de suelos.....	33
2.3.5.	Metrado de cargas.....	39
2.3.6.	Análisis estático y dinámico según norma E.030.....	40
2.3.7.	Desempeño sísmico de las edificaciones.....	41
2.3.8.	Análisis estático no lineal Pushover.....	46
2.3.9.	Daño sísmico.....	54
2.3.10.	Programa para el análisis sísmico.....	57
<b>2.4.</b>	<b>Hipótesis.....</b>	<b>58</b>
<b>2.5.</b>	<b>Operacionalización de variables.....</b>	<b>59</b>
2.5.1.	Variable independiente.....	59
2.5.2.	Variable dependiente.....	59
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>		<b>62</b>
<b>3.1.</b>	<b>Tipo y nivel de investigación.....</b>	<b>62</b>
<b>3.2.</b>	<b>Diseño de investigación.....</b>	<b>63</b>
<b>3.3.</b>	<b>Población, muestra y muestreo.....</b>	<b>64</b>
3.3.1.	Población.....	64
3.3.2.	Muestra.....	66
3.3.3.	Muestreo.....	67
<b>3.4.</b>	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>67</b>
3.4.1.	Técnicas de recolección de los datos.....	67
3.4.2.	Instrumentos para la recolección de los datos.....	68
<b>3.5.</b>	<b>Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....</b>	<b>68</b>
3.5.1.	Proceso de obtención de los datos.....	68
3.5.2.	Procesamiento de datos.....	69
3.5.3.	Análisis de datos.....	69
<b>3.6.</b>	<b>Aspectos éticos.....</b>	<b>70</b>

<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>71</b>
<b>4.1. Descripción de resultados .....</b>	<b>71</b>
4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de suelos. ....	71
4.1.2. Modelamiento Estructural en OPENSEES .....	72
4.1.3. Desplazamiento de techo vs. Cortante en la base – dirección X. ....	97
4.1.4. Desplazamiento de techo vs. Cortante en la base – dirección Y. ....	98
4.1.5. Representación bilineal de la curva de capacidad en X. ....	99
4.1.6. Representación bilineal de la curva de capacidad en Y. ....	100
4.1.7. Conversión de la Curva de Capacidad a Espectro de Capacidad en X. ....	101
4.1.8. Conversión de la Curva de Capacidad a Espectro de Capacidad en Y. ....	102
4.1.9. Demanda sísmica – dirección X.....	103
4.1.10. Demanda sísmica – Dirección Y.....	106
4.1.11. Punto de desempeño.....	109
4.1.12. Análisis Estático según la norma E. 030. ....	110
<b>4.2. Discusión de resultados.....</b>	<b>111</b>
<b>4.3. Contrastación de hipótesis.....</b>	<b>112</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>5.1. Conclusiones.....</b>	<b>114</b>
<b>5.2. Recomendaciones .....</b>	<b>115</b>
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS .....</b>	<b>116</b>
<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS .....</b>	<b>121</b>
Anexo A. Matriz de consistencia.....	121
Anexo B. Panel fotográfico.....	122
Anexo C. Códigos de Programación en OpenSees .....	123
Anexo D. Resultados de ensayos de laboratorio.....	140
Anexo E. Planos .....	172

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Valores para los Tipos de Perfiles de Suelo</i> .....	30
<b>Tabla 2.</b> <i>Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)</i> .....	31
<b>Tabla 3.</b> <i>Sistemas Estructurales</i> .....	32
<b>Tabla 4.</b> <i>Irregularidades Estructurales en Altura</i> .....	32
<b>Tabla 5.</b> <i>Irregularidades Estructurales en Planta</i> .....	33
<b>Tabla 6.</b> <i>Clasificación SUCS del suelo</i> .....	34
<b>Tabla 7.</b> <i>Factores de forma de Terzaghi</i> .....	38
<b>Tabla 8.</b> <i>Cargas vivas mínimas repartidas</i> .....	39
<b>Tabla 9.</b> <i>Límites para la Distorsión del Entrepiso</i> .....	41
<b>Tabla 10.</b> <i>Niveles de Amenaza Sísmica</i> .....	42
<b>Tabla 11.</b> <i>Límites de Deriva, ATC-40</i> .....	54
<b>Tabla 12.</b> <i>Límites de Deriva, Visión 2000</i> .....	54
<b>Tabla 13.</b> <i>Clasificación de los estados de daño</i> .....	55
<b>Tabla 14.</b> <i>Matriz de Operacionalización de Variables</i> .....	61
<b>Tabla 15.</b> <i>Tipo de investigación según los principales criterios</i> .....	62
<b>Tabla 16.</b> <i>Módulos de la Gerencia Sub Regional de Chota</i> .....	66
<b>Tabla 17.</b> <i>Niveles del Edificio Administrativo</i> .....	67
<b>Tabla 18.</b> <i>Modelos de Análisis por Módulo</i> .....	67
<b>Tabla 19.</b> <i>Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos</i> .....	68
<b>Tabla 20.</b> <i>Resultados del análisis pushover dirección X</i> .....	88

<b>Tabla 21.</b> <i>Resultados del análisis pushover dirección Y.</i> .....	92
<b>Tabla 22.</b> <i>Punto de fluencia efectiva</i> .....	99
<b>Tabla 23.</b> <i>Capacidad de desplazamiento inelástico.</i> .....	99
<b>Tabla 24.</b> <i>Niveles de desempeño en X.</i> .....	99
<b>Tabla 25.</b> <i>Punto de fluencia efectiva.</i> .....	100
<b>Tabla 26.</b> <i>Capacidad de desplazamiento inelástico.</i> .....	100
<b>Tabla 27.</b> <i>Niveles de desempeño en Y.</i> .....	101
<b>Tabla 28.</b> <i>Valores según la norma E. 030.</i> .....	103
<b>Tabla 29.</b> <i>Demanda sísmica según FEMA 356</i> .....	103
<b>Tabla 30.</b> <i>Demanda sísmica según ATC-40.</i> .....	104
<b>Tabla 31.</b> <i>Espectro de demanda dirección X.</i> .....	105
<b>Tabla 32.</b> <i>Demanda sísmica según FEMA 356</i> .....	106
<b>Tabla 33.</b> <i>Demanda sísmica según ATC 40.</i> .....	107
<b>Tabla 34.</b> <i>Espectro de demanda en Y.</i> .....	108
<b>Tabla 35.</b> <i>Características físico mecánicas del suelo natural</i> .....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Mapa de Zonificación Sísmica</i> .....	30
<b>Figura 2.</b> <i>Representación gráfica de la ecuación de Coulomb</i> .....	36
<b>Figura 3.</b> <i>Envolvente de falla de las resistencias pico y residual</i> .....	36
<b>Figura 4.</b> <i>Niveles de Desempeño</i> .....	43
<b>Figura 5.</b> <i>Objetivos de Desempeño según ATC-40</i> .....	45
<b>Figura 6.</b> <i>Objetivos de Desempeño según Comité Visión 2000</i> .....	46
<b>Figura 7.</b> <i>Ilustración del Análisis Pushover</i> .....	46
<b>Figura 8.</b> <i>Representación de la Curva de Capacidad</i> .....	47
<b>Figura 9.</b> <i>Transformación de la Curva Capacidad a un Espectro Capacidad</i> .....	48
<b>Figura 10.</b> <i>Definición de la Fluencia Efectiva o Deformación de Fluencia</i> .....	50
<b>Figura 11.</b> <i>Criterio de las Áreas Iguales</i> .....	50
<b>Figura 12.</b> <i>Representación Bilineal del Espectro de Capacidad</i> .....	51
<b>Figura 13.</b> <i>Espectro de Demanda</i> .....	52
<b>Figura 14.</b> <i>Método para Hallar el Punto de Desempeño</i> .....	53
<b>Figura 15.</b> <i>Curvas de fragilidad en función de los estados de daño</i> .....	57
<b>Figura 16.</b> <i>Diseño de Investigación</i> .....	63
<b>Figura 17.</b> <i>Ubicación de la Gerencia Sub Regional de Chota</i> .....	64
<b>Figura 18.</b> <i>Vista Satelital de la Gerencia Sub Regional de Chota</i> .....	65
<b>Figura 19.</b> <i>Vista 3D Gerencia Sub Regional de Chota</i> .....	65
<b>Figura 20.</b> <i>Módulos del edificio administrativo</i> .....	66

<b>Figura 21.</b> <i>Etapas de Modelación y Simulación</i> .....	69
<b>Figura 22.</b> <i>Importación de paquetes.</i> .....	72
<b>Figura 23.</b> <i>Propiedades generales.</i> .....	72
<b>Figura 24.</b> <i>Iniciar el modelo.</i> .....	73
<b>Figura 25.</b> <i>Propiedades de los materiales.</i> .....	73
<b>Figura 26.</b> <i>Propiedades de las secciones de los muros.</i> .....	75
<b>Figura 27.</b> <i>Propiedades de las secciones de las columnas.</i> .....	76
<b>Figura 28.</b> <i>Propiedades de las secciones de las vigas.</i> .....	76
<b>Figura 29.</b> <i>Creación de nodos.</i> .....	78
<b>Figura 30.</b> <i>Creación de nodos en los marcos 1, 2, 3 y 4.</i> .....	79
<b>Figura 31.</b> <i>Creación de nodos en los marcos T, U, V y W.</i> .....	80
<b>Figura 32.</b> <i>Creación de nodos en los marcos X, Y, Z.</i> .....	82
<b>Figura 33.</b> <i>Creación de muros.</i> .....	83
<b>Figura 34.</b> <i>Condición de soporte.</i> .....	84
<b>Figura 35.</b> <i>Diafragma rígido.</i> .....	84
<b>Figura 36.</b> <i>Plotear modelo.</i> .....	85
<b>Figura 37.</b> <i>Configuración de la Estructura en 3D</i> .....	85
<b>Figura 38.</b> <i>Modo de vibración 1</i> .....	86
<b>Figura 39.</b> <i>Modo de vibración 2.</i> .....	86
<b>Figura 40.</b> <i>Modo de vibración 3.</i> .....	87
<b>Figura 41.</b> <i>Análisis Pushover</i> .....	87

<b>Figura 42.</b> <i>Resultados de Análisis Pushover</i> .....	88
<b>Figura 43.</b> <i>Curva de Capacidad – Dirección X</i> .....	98
<b>Figura 44.</b> <i>Curva de Capacidad – Dirección Y</i> .....	98
<b>Figura 45.</b> <i>Representación bilineal de la curva de capacidad en X.</i> .....	100
<b>Figura 46.</b> <i>Representación bilineal de la curva de capacidad en Y.</i> .....	101
<b>Figura 47.</b> <i>Espectro de capacidad en X.</i> .....	102
<b>Figura 48.</b> <i>Espectro de capacidad en Y</i> .....	102
<b>Figura 49.</b> <i>Gráfica según FEMA 356</i> .....	104
<b>Figura 50.</b> <i>Gráfica según ATC 40</i> .....	105
<b>Figura 51.</b> <i>Gráfica del espectro de demanda en X.</i> .....	106
<b>Figura 52.</b> <i>Gráfica según FEMA - 356.</i> .....	107
<b>Figura 53.</b> <i>Gráfica según ATC 40</i> .....	108
<b>Figura 54.</b> <i>Gráfica del espectro de demanda en Y</i> .....	109
<b>Figura 55.</b> <i>Punto de desempeño en dirección X.</i> .....	109
<b>Figura 56.</b> <i>Punto de desempeño en dirección Y</i> .....	110

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue Evaluar el daño sísmico según desempeño estructural, usando OpenSees del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota según los lineamientos de la norma E.030 (MVCS, 2018). Al realizar el análisis Pushover el comportamiento de la estructura del Módulo “A”, en la Dirección X su desplazamiento máximo es 39.70 cm al aplicar una carga lateral de 2813.77 KN, y en la dirección Y su desplazamiento máximo es 57.50 cm al aplicar una carga lateral de 3387.33 KN. Además, para el registro de un sismo máximo en la dirección X al determinar el punto de desempeño por los valores (32.24; 335.72) y en la dirección Y (27.27; 336.81), la estructura se encuentra en un nivel de daño moderado (seguridad de vida), en donde la edificación presenta agrietamiento severo y algunos desprendimientos de concreto, por lo tanto, ante el efecto de un sismo máximo la infraestructura no llegaría a colapsar y poner en riesgo la vida de los ocupantes del edificio.

**Palabras clave:** Desempeño estructural, análisis Pushover, daño sísmico, OpenSees.

## **ABSTRACT**

The objective of the research was to evaluate the seismic damage according to structural performance, using OpenSees of Module “A” of the Sub Regional Management of Chota, according to the guidelines of the E.030 standard (MVCS, 2018). When performing the Pushover analysis, the behavior of the structure of Module “A”, in the sides of 3387.33 KN. Furthermore, for the recording of a maximum earthquake in the of life), where the building presents severe cracking and some concrete detachments, therefore, in the event of a maximum earthquake, the infrastructure would not collapse and put the lives of the building's occupants at risk.

**Key words:** Structural performance, Pushover analysis, seismic damage, OpenSees

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Los constantes desastres naturales, como los terremotos, han hecho que, las autoridades gubernamentales, busquen aumentar la resiliencia urbana, pero para lograrlo uno de los aspectos influyentes es la capacidad de los edificios para mantener los niveles mínimos de seguridad (Ferreira et al., 2017). Siendo así, los edificios gubernamentales, son estructuras que, deben resistir los abatimientos sísmicos, es decir deben seguir funcionando aún después de ocurrido el evento sísmico, para que, sirvan de refugio a la comunidad urbana (Shendkar et al., 2021); por ello, la evaluación sísmica requiere la consideración de objetivos de seguridad y conservación, tanto del edificio como de sus bienes patrimoniales (Castori et al., 2017), es decir, es fundamental encontrar las vulnerabilidades y defectos que afectan la respuesta sísmica de estas estructuras, para ello, se tiene que realizar un análisis por desempeño, para conocer el nivel de funcionalidad de la edificación luego del evento telúrico, pero también se debe determinar la probabilidad de daño para establecer que, tan posible es que, la edificación tenga el nivel de desempeño estimado, de tal forma que, de ser necesario se planteen el reforzamiento y reestructuración de la edificación (Castori et al., 2019).

En Perú, cuando se diseña una edificación solamente se toman en cuenta los criterios de la norma E.030 (MVCS, 2018), que plantea el análisis estructural para un sismo de diseño, no obstante, la variabilidad sísmica del país al formar parte del cinturón de fuego, hace necesarito, realizar análisis más acertados, en este caso, el Análisis Estático No Lineal Pushover que es un método de estimación del desempeño frente a un sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo,

por tanto, se puede conocer si la edificación cumple con los objetivos de desempeño dados por la normatividad internacional, tal como ATC-40 (Operacional, Ocupación inmediata y seguridad de vida) frente a eventos sísmicos (Tso y Moghadam, 2019). Pero, también es necesario conocer la probabilidad de daño, es decir no basta con saber si la edificación colapsaría frente a un sismo máximo, sino también se debe conocer la probabilidad de que, dicho daño ocurra (Li y Chen, 2020), lo que permitirá establecer estrategias de reforzamiento o contención, para garantizar que la estructura prevalezca y pueda ser utilizada como refugio para las personas que lleguen a perder sus edificaciones (Koçak et al., 2022). Así mismo, se debe verificar la correlación entre el desempeño estructural (desplazamiento cm/ carga kg) y la probabilidad de daño sísmico (%), para buscar una ecuación de regresión óptima que, permita acortar los procesos de cálculo del índice de probabilidad de daño.

La Sede Gerencia Sub Regional de Chota - Cajamarca, consta de tres (3) módulos, el módulo I de tres niveles conformado por las oficinas de administración, el módulo II de tres niveles integrado por las oficinas de gerencia, y el módulo III de tres niveles conformado por las oficinas de turismo, transporte y producción; pero, además, cuenta con un polideportivo de área 1,017.10 m<sup>2</sup>, y un auditorio de área 385.80 m<sup>2</sup>. Estas edificaciones gubernamentales, serán de importancia para la población en un caso fortuito de emergencia ante un evento sísmico o de desastres naturales, debido a que, de esta institución se iniciarán las políticas de rescate y contingencia para las personas más vulnerables.

El diseño estructural de la Gerencia Sub Regional de Chota se desarrolló en julio del año 2012, por lo que en su debido momento sus cálculos de aforo se hicieron solo para temas administrativos y no para servir como lugares de

contingencia en momentos sísmicos o de desastres naturales, dicho estudio se ha realizado teniendo en cuenta, el factor de zonificación sísmica, el factor de suelo, el período para definir el espectro de pseudo aceleración, y el factor de reducción de la respuesta transversal, los mismos que se han podido verificar según el Expediente Técnico y la norma E.030 (MVCS, 2006); la cual ha sido actualizada por el (MVCS, 2018); en la cual presenta variaciones, que pueden servir para determinar un grado de desempeño estructural mayor.

Así mismo, existen metodologías internacionales que, permiten realizar un análisis más crítico de la resistencia sísmica de las edificaciones, tal como la metodología Pushover, que establece el desempeño estructural, y puntos de falla, en una edificación, pero si a eso se le suma el criterio de probabilidad de daño sísmico, ausente en los estudios convencionales, se puede garantizar la seguridad estructural de la edificación, la misma que, según la norma E.030, debe resistir el abatimiento sísmico, para servir de refugio luego del evento telúrico, por tanto, es imprescindible aplicar esta metodología que integra: la probabilidad de daños y el nivel de desempeño sísmico, para asegurar la capacidad sismorresistente de las estructuras, no obstante, existen diversos softwares de cálculo que pueden generar variabilidad en los resultados, por ello, se ha planteado el uso de un Software nuevo de elementos finitos que es el OpenSees, que es un programa de análisis de mallas que permitirá obtener el desempeño estructural de una edificación de una manera más detallada, debido a que se realizara mediante un análisis de programación, que permitirá al investigador realizar análisis de resultados probabilísticos óptimos con la finalidad de poder establecer una base de datos, para que este estudio sirva de base metodológica para futuros estudios sísmicos ya sea en edificaciones, obras viales, puentes, estructuras metálicas, etc.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el daño sísmico según el desempeño estructural, usando OpenSees del módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota, 2023?

## **1.3. Justificación**

El Perú, está enmarcado en el cinturón de fuego del pacífico, es decir, es un país altamente sísmico, lo que ha llevado a que, investigadores busquen, reducir el nivel de riesgo sísmico, a través de la búsqueda de resiliencia en las personas y edificaciones, para ello, el (MVCS, 2018) ha planteado la modificación de la norma E.030 “Diseño sismorresistente” haciéndola más estricta, con lineamientos más rigurosos, que deben cumplirse para garantizar la capacidad estructural de las edificaciones. En dicha norma, la ciudad de Chota, forma parte de la zona 2 de peligro sísmico medio, pero a pesar de que, está en zona sísmica moderada esto ha ido cambiando con la rigurosidad de la norma en el cambio del factor de zona sísmica, así mismo, en los últimos años se han percibido mayor cantidad de eventos telúricos en la región de Cajamarca. Siendo así, es momento de tener mayor interés en la capacidad de las edificaciones para poder resistir los eventos sísmicos, aún más si se habla de estructuras diseñadas y construidas antes de las últimas modificaciones de la norma en el año 2018; tal como, la Gerencia Sub Regional de Chota, cuyas edificaciones gubernamentales son importantes dentro de la jurisdicción, siendo instituciones donde se realizan las políticas de rescate frente a un sismo, pero la edificación fue diseñada y construida con normas anteriores, para su diseño utilizaron el factor de zona 1.3, mientras que, el factor ahora en la norma E.030 (MVCS, 2018) es 1.5, por ello fue importante conocer el desempeño estructural del módulo (A) que es el centro de las actividades gubernamentales.

Pero requieren un análisis estructural más crítico para validar su funcionalidad frente a un evento telúrico, para ello, se propuso utilizar dos métodos codependientes (1) el desempeño sísmico, que permitió establecer el nivel de funcionamiento de la estructura frente a un sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo, y (2) la probabilidad de daño, que a través del índice de nivel de daño, calificó que, tan posible es que se dé el nivel de desempeño encontrado en la edificación, lo que, hicieron que, el análisis sea más eficiente y completo para poder proponer alternativas que puedan servir de contingencia en un momento de carga de servicio máximo de la edificación, en otras palabras, no solo bastó con conocer el nivel de desempeño que, podría tener la edificación, sino que fue necesario conocer que, tan posible o probable es que, se de ese nivel de daño o nivel de desempeño. No obstante, al existir diversos programas de cálculo, en esta investigación se utilizó un programa innovador en la ingeniería estructural denominado OpenSees, con el que se determinó el desempeño estructural, y en función a ello se evaluó el daño sísmico que presentó el Módulo (A), de la Gerencia Sub Regional de Chota.

OpenSees (Open System for Earthquake Engineering Simulation) es un software innovador creado por la Universidad Berkeley de California, para ejecutar el análisis estructural no lineal, prestando principal atención, al uso de cargas recurrentes para realizar un análisis de estructuras y condiciones de modelos geotécnicos bajo cargas muertas y vivas, es un software de uso libre que al ser comoarados con otros softwares posee beneficios como su flexibilidad y amplio enlace con el proceso de investigación, lo que permite su constante actualización con técnicas avanzadas, capaces de ser modificadas por los usuarios de acuerdo a sus necesidades y exigencia de investigación; el código de

Programación de OpenSees se llama TCL (tool command language), que originalmente surgió de la lengua C++ lo que, le permite programar diseños más complejos. No obstante, las necesidades de conocimiento básico del lenguaje TCL para su funcionamiento ha sido desestimado su uso a pesar de que, es un programa más completo que otros, que requieren licencia, pues cuenta con mallas para análisis en elementos finitos, además de que, se puede controlar todo el proceso de cálculo a través de algoritmos iniciales que, se programan con lenguaje TCL, por tanto, la investigación ayudará al conocimiento teórico del programa, pero como base del análisis se utilizará el manual de uso “Introducción al análisis estructural con OpenSees” de Velasco y Guerrero (2020). Así mismo, el estudio servirá de antecedente para el uso del software en otras estructuras como, puentes, naves industriales, obras de infraestructura hidráulica, túneles, autopistas, etc., ya que, el fin práctico del estudio es modelar y evaluar la estructura del Módulo (A) de la Gerencia Sub Regional de Chota.

Por tanto, se eligió este tema como objeto de estudio teniendo en cuenta las siguientes razones: (1) la necesidad de que, los edificios gubernamentales (módulo A) de la Gerencia Sub Regional de Chota, prevalezcan frente a un evento telúrico como lugares de contingencia para personas vulnerables que hayan sufrido pérdidas de sus viviendas, cual con los últimos sucesos que se han registrado en el departamento de Cajamarca y las últimas modificaciones de la norma E.030 - 2018, permitió determinar un nuevo nivel de desempeño estructural ya sea, ocupación inmediata, operacional, seguridad de vida y estabilidad estructural de acuerdo a un sismo de diseño, (2) la ausencia de estudios locales que determinen la probabilidad de daño sísmico, a partir del conocimiento del desempeño estructural del Módulo (A) de la Gerencia Sub Regional Chota, (3)

que existen diversos programas para realizar el análisis estructural, pero que no son actualizados, es por ello que, para obtener mejores resultados se optó para dicha investigación el uso de un programa nuevo e innovador llamado OpenSees, que tiene actualizaciones continuas con técnicas avanzadas de ingeniería estructural.

Siendo así, el estudio es original, resuelve el problema de evaluación de daño sísmico según el desempeño estructural determinado con OpenSees del Módulo (A). Por tanto, es conveniente el desarrollo de la investigación, porque dio paso a la investigación de no solo el desempeño de la edificación, sino también de la evaluación de daño sísmico siendo de trascendencia en la sociedad.

Así mismo, los beneficiados con el desarrollo de la investigación son las autoridades y personal administrativo de la Gerencia Sub Regional de Chota, pero también todos los pobladores de Chota, debido a que, se asegurará la capacidad sísmica de la edificación. Además, servirá para investigadores, científicos y académicos que, deseen plantear un análisis sísmico estructural más completo en otro tipo de obras de ingeniería, no solo se base en el análisis convencional normativo (estático y dinámico), ni en el análisis por desempeño (estático no lineal Pushover), sino que, vaya más allá, buscando los niveles de daño sísmico, para el planteamiento de estrategias de lugares especiales de contingencia y refugio en un caso eventual de sismos o fenómenos naturales.

#### **1.4. Delimitación de la investigación**

Se eligió por conveniencia el Módulo “A” del edificio administrativo de la Gerencia Sub Regional de Chota, donde se excavó una calicata para obtener las muestras de suelo y con ello determinar sus características físicas y mecánicas; además se analizó el comportamiento estructural de dicho módulo en el programa

OpenSees a través del método pushover; asimismo se determinó el punto de desempeño máximo, derivas y el índice de probabilidad de daño sísmico de dicha estructura.

## **1.5. Limitaciones**

El programa OpenSees dentro de nuestra región y nuestro país aún no ha sido muy utilizado ya que es un programa nuevo por lo que no existe mucha información sobre su uso y aplicación en estructuras gubernamentales ya que hoy en día solo se realizan en programas comunes, no obstante, la información que se ha determinado sirve para la evaluación del daño sísmico según desempeño estructural, usando OpenSees del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota.

## **1.6. Objetivos**

### ***1.6.1. Objetivo general***

Evaluar el daño sísmico según desempeño estructural, usando OpenSees del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota.

### ***1.6.2. Objetivos específicos***

Analizar las características físicas y mecánicas del suelo del Módulo “A” del edificio de la Gerencia Sub Regional de Chota.

Analizar el comportamiento de la estructura del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota, en el programa OpenSees.

Determinar el punto desempeño máximo, derivas y el índice de probabilidad de daño sísmico del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota.

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Maza y Guerrero (2022) en su investigación “Análisis no lineal de estructuras regulares de acero con pórticos especiales resistentes a momento utilizando OpenSees y Ceinci-Lab” determinaron las curvas de capacidad, en donde se observó que todos los pórticos colapsaron en alrededor de 4.05 % de desplazamiento respecto al techo y la altura total del edificio (Dt/HT). Además, determinaron el punto de desempeño por el método del espectro de capacidad y se evaluó el desempeño estructural. Así mismo, verificaron la adaptabilidad del software OpenSees observando que el tiempo computacional de trabajo es inferior al de los demás softwares comerciales, dando la posibilidad de realizar cambios de modelos matemáticos más fácilmente, materiales, condiciones del modelo y sollicitación de resultados adicionales, según sea la necesidad del investigador.

Uroš et al. (2020) en su investigación “Seismic performance assessment of existing stone masonry school building in Croatia using nonlinear static procedure” evaluaron el comportamiento sísmico del edificio de una escuela de mampostería de piedra existente en Croacia, utilizando un procedimiento estático no lineal. El edificio está situado en la parte sur del país, que es sísmicamente activa, y para el periodo de retorno de 475 años, la aceleración máxima del suelo es de 0.214 g, por lo que, se realizaron mediciones de la respuesta mecánica del suelo, y la resistencia de la carga lateral de los muros, para luego modelarlos, demostrando que, el principal modo de fallo de los muros de mampostería de piedra en el edificio es el agrietamiento diagonal por corte.

Hysenlliu et al. (2020) en su tesis “Seismic performance assessment of a typified school building damaged during the 2019 Albanian earthquakes” evaluaron el desempeño sísmico de un edificio escolar tipificado, Shkolla 9-Vjeçare “26 Nëntori”, que fue dañado durante los terremotos de Albania 2019. La situación actual del edificio se ha evaluado considerando los códigos modernos, Eurocódigo 6, Eurocódigo 8 y el código de construcción turco. Se realizaron pruebas experimentales de resistencia a las unidades de ladrillo y mortero, para luego efectuar el análisis pushover, determinando que, la escuela está lejos de satisfacer los criterios deseados lo que sugiere que, debe ser reparada.

Zahir et al. (2019) en su artículo científico “Seismic Pushover Analysis of Existing Masonry Structures” analizó el comportamiento no lineal de mampostería confinada, estructuras sometidas a cargas laterales numéricamente para evaluar el desempeño de las mismas, concluyendo que en los resultados de análisis convencional solo se produjo una falla por cizallamiento, mientras que en su estudio actual se produjo el daño por flexión y la falla por cizallamiento; por eso lo que se prefirió el análisis no lineal para sus estructuras.

Mariani et al. (2019) en su disertación realizaron la evaluación sísmica de un edificio de mampostería mediante análisis cinemático y Pushover, con lo que concluyeron que los efectos de la componente sísmica vertical se vuelven más importantes a medida que la aceleración del suelo aumenta, mientras que la mayor calidad de la albañilería puede contrastar y compensar los efectos.

Croce et al. (2019) en su artículo “Probabilistic seismic assessment of existing masonry buildings” evaluaron la probabilidad de daño sísmico en base al desempeño de los edificios de mampostería a partir de un algoritmo simplificado de tipo Pushover no lineal, con lo que los autores concluyeron que el

procedimiento Pushover no lineal les permitió cuantificar la propagación de las incertidumbres relacionadas con los parámetros de mampostería en el índice de riesgo sísmico resultante.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Riva (2021) en trabajo de investigación “Evaluación del desempeño sismorresistente aplicando el método de análisis estático no lineal Pushover en una edificación de 4 niveles en la ciudad de Huánuco 2019” se propuso como objetivo la evaluación del desempeño sismorresistente aplicando el Método de Análisis Estático No Lineal Pushover en una vivienda de 4 pisos, en la Ciudad de Huánuco 2019. Concluyendo que al aplicar el método de análisis estático no lineal pushover se pudo estimar el desempeño sismorresistente de la estructura.

Saldaña (2020) en su investigación “Nivel de desempeño sísmico de las viviendas proyectadas para el año 2017 -2018 en la ciudad de Cajamarca” tuvo como objetivo, comprobar los niveles de desempeño sísmico de las edificaciones construidas en la ciudad de Cajamarca entre 2017 y 2018 con los niveles de desempeño objetivo determinados por el Comité VISION 2000. Llegando a concluir que el valor de desempeño sísmico logrado es distinto según la demanda sísmica atendida. Así mismo, se logró determinar que la hipótesis propuesta por el investigador, es válida, en gran medida, solo para sismos de amplia probabilidad. Los cuales cumplen con las demandas establecidas en el comportamiento de niveles de desempeño objetivos determinados por el comité VISION 2000. Por lo que se concluye que las edificaciones pueden resistir sismos de baja intensidad.

Sánchez (2022) en su investigación “Probabilidad de daño sísmico de los módulos A y B del Centro de Salud Asunción Cajamarca-2021” realizaron el

análisis estático no lineal Pushover para obtener el punto de desempeño, que luego fue transformado en la probabilidad de daño, a través del método RISK-UE, para obtener las curvas de fragilidad, determinando que, el módulo A y B frente a un sismo frecuente tendrían daños moderados, para un sismo ocasional daños severos, y para un sismo raro, daños severos y completos (colapso).

Cerquín (2019) en su tesis de maestría “Nivel de desempeño sísmico de la edificación del Instituto Superior de Educación Público "Hno. Victorino Elorz Goicochea” Cajamarca 2018” estimó el nivel de desempeño sísmico según el comité Vision 2000 y la norma E.030, para lo cual utilizó el software SAP2000. Llegando a concluir que, el desempeño, del módulo B, colapsó; motivo por el cual sugirió el reforzamiento de los muros, del segundo nivel, con vigas de confinamiento.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Urteaga (2019) en su disertación “Nivel de desempeño sísmico del edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón (anexo Chontapaccha) considerando la interacción suelo estructura” analizó la I.E. “San Ramón” mediante el FEMA 420 en el programa Etabs, determinando que el desplazamiento en la base con respecto a la altura de la estructura y fuerzas de cizallamiento aumentan hasta que se presenten fallas considerables en la estructura, por lo que al presentarse un sismo de 6.1 a 6.9 ( en la escala de Richter), genera daños moderados a precolapso.

Fustamante (2021) en su tesis “Nivel de desempeño sísmico de una edificación de 11 pisos en la provincia de Chota usando el método del espectro capacidad-demanda” tuvo como objetivo principal Evaluar y determinar el nivel de desempeño sísmico de la edificación de 11 pisos ubicado en la ciudad de Chota, siguiendo la metodología de ATC-40; método del Espectro Capacidad –

Demanda. Donde los datos del análisis en la dirección X, para un evento sísmico de servicio la edificación presenta un nivel de seguridad de vida, en tanto, para sismo máximo y sismo de diseño, la edificación colapsa. En el sentido Y, la edificación logra su objetivo tanto para sismo de diseño y sismo de servicio, pero no cumple para un sismo máximo, en este nivel la estructura colapsa

Fernández (2021) en su tesis presentada en la Universidad Nacional Autónoma de Chota “Evaluación del desempeño sismorresistente mediante el método no lineal estático Pushover del edificio de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, 2018” evaluó el desempeño sismorresistente mediante el método no lineal estático Pushover del edificio de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, 2018, determinando que, el módulo V del edificio colapsaría frente a un evento sísmico de máxima intensidad, no obstante, los módulos II y IV que, corresponden a las escaleras cumplen en su totalidad con los niveles de desempeño, asegurando la integridad de las rutas de evacuación ante un evento sísmico.

Cabrera (2022) en su tesis presentada en la Universidad Nacional Autónoma de Chota, evaluó el comportamiento estructural con disipadores de energía de fluido viscoso del edificio de enfermería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, determinando que, el uso de los disipadores ayuda a disminuir el desplazamiento y derivas de la edificación según el HAZUS, llegando a cumplir con la normatividad.

## **2.2. Bases teórico – científicas**

### **2.2.1. Método estático no lineal Pushover.**

El empleo del método Pushover tuvo sus orígenes en el año 1970, en sus inicios gozó de muy poca aprobación, no obstante, en la última década, ha logrado posicionarse en uno de los métodos que permite una fácil aplicación y un cálculo de aproximaciones en los resultados obtenidos. Todas las publicaciones iniciales estuvieron enfocadas a discernir las ventajas y desventajas de dicho método, comparándolo con los métodos elásticos lineales y los dinámicos no lineales. consiste en llevar al colapso la estructura ya diseñada, de la cual se conoce su armado; esto se logra mediante la aplicación de un patrón de cargas laterales incrementales y bajo cargas gravitacionales constantes, que se aplican en la misma dirección hasta que la estructura colapse o hasta cierto valor de carga. Con esta técnica es posible evaluar el desempeño esperado de la estructura por medio de la estimación de fuerzas y demanda de deformaciones en el diseño sísmico (Chaves, 2014).

Es un medio de determinación de la respuesta no lineal de una edificación es el análisis de compresión. Se distingue del análisis dinámico de series temporales no lineales, el método de empuje calcula el valor máximo de la respuesta de cualquier edificio. Sienta sus bases en dos definiciones claves: demanda y capacidad. La demanda depende del terremoto específico que se determina por Acelerograma o espectro de diseño, que se refiere a las fuerzas y deformaciones causadas por un terremoto. Mientras que por capacidad se entienden las propiedades del propio edificio, que dependen de varios factores como la geometría de los elementos, la cantidad de refuerzo, las propiedades de los materiales como la rigidez y la ductilidad, etc. (Mora et al, 2006)

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Sismo**

Fenómeno que consiste en una sacudida o vibración repentina y temporal de la corteza terrestre causada por la liberación rápida y espontánea de la energía almacenada y que se propaga desde ella en todas las direcciones, propagándose en todas las direcciones desde la fuente como ondas sísmicas. (Chancay, 2020)

### **2.3.2. Sismicidad en Perú**

En Perú, los movimientos relativos de las placas tectónicas dan lugar a grandes tensiones, concentradas principalmente en sus límites y que deforman el entorno. Esto actúa como un gran resorte, acumulando energía potencial, conocida en sismología como energía sísmica. Se acumulará tanto como lo permita el límite elástico del medio, hasta que se produzca una falla, ruptura o dislocación, es decir, un desplazamiento repentino y rápido que provoque un sismo. Los terremotos se producen por el movimiento, la fricción y la deformación de las placas tectónicas. La primera da energía, la segunda la almacena, y la fricción es una parte importante de este proceso. (Castro y Campos, 2018)

### **2.3.3. Parámetros sísmicos y estructurales de la norma E.030**

**2.3.3.1. Zonificación sísmica.** Se divide en cuatro zonas sísmicas, con factores de 0.45, 0.35, 0.25 y 0.10 para las zonas sísmicas 4, 3, 2 y 1, respectivamente (Norma E.30, 2018).

**2.3.3.2. Perfiles de suelo.** La norma E.030 estipula cinco perfiles de suelo, los que son: So (roca dura), S1 (roca o suelos muy rígidos), S2 (suelos intermedios), S3 (suelos blandos) y S4 (condiciones excepcionales).

**Tabla 1**

*Valores para los Tipos de Perfiles de Suelo*

Perfil	$V_s$	$N_{60}$	$S_u$
$S_0$	> 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: (Norma E. 030).*

**Figura 1**

*Mapa de Zonificación Sísmica*



*Nota: (Norma E.030, MVCS, 2018).*

**2.3.3.3. Categoría de edificaciones.** Las edificaciones se pueden clasificar en edificaciones esenciales (A), importantes (B), comunes (C) y temporales (D), según la norma E.030 (MVC, 2018), así mismo según esta categoría les corresponde un factor de ponderación “U”.

**Tabla 2***Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>FACTOR U</b>
	A1: Establecimientos de salud del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver Nota 1
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> </ul> <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver Nota 2

*Nota: (Norma E.030, 2018)*

**2.3.3.4. Sistema estructural.** Se clasifican según materiales y sistema de estructuración sismorresistente, y se le da un coeficiente básico de reducción  $R_0$  (MVCS, 2018).

**2.3.3.5. Factores de irregularidad.** Representa las irregularidades en planta y altura de la edificación, sino presenta irregularidad este factor es 1, caso contrario se califica según las siguientes tablas: (MVCS, 2018)

**Tabla 3**

*Sistemas Estructurales*

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Nota: (\*) No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido. (\*\*) Para diseño por esfuerzos admisibles. (Norma E.030, MVCS, 2018).

**Tabla 4**

*Irregularidades Estructurales en Altura*

Irregularidades estructurales en altura	Ia
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0.75
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	
Irregularidad Extrema de Rigidez	0.5
Irregularidad Extrema de Resistencia	
Irregularidad de Masa o Peso	0.90
Irregularidad Geométrica Vertical	0.90
Discontinuidad en los Sistemas	0.80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0.60

Nota: (Norma E. 030, MVCS, 2018).

**Tabla 5***Irregularidades Estructurales en Planta*

<b>Irregularidades estructurales en planta</b>	<b>Ip</b>
Irregularidad Torsional	0.75
Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)	0.60
Esquinas Entrantes	0.90
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	0.90

*Nota: (Norma E. 030, MVCS, 2018).*

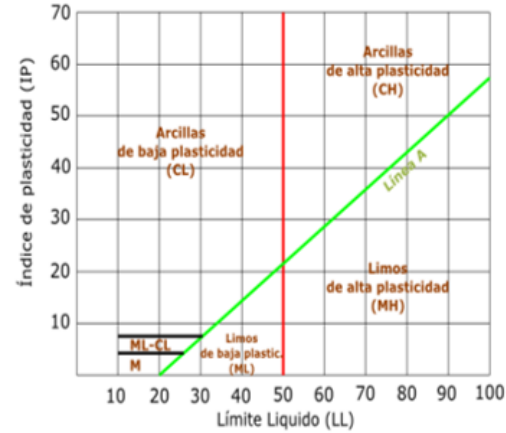
**2.3.4. Estudio de mecánica de suelos**

La composición del suelo está formada por elementos minerales, orgánicos, líquidos y gaseosos que están interrelacionados y forman diferentes clasificaciones del suelo a escala global. Es bien sabido que el suelo es un medio de desarrollo y supervivencia biológica y que su composición está relacionada con el tiempo y el proceso de meteorización de las rocas subyacentes, estando sus principales componentes constituidos por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase líquida es la solución del suelo, la fase gaseosa es el oxígeno presente en el suelo a través de sus poros y la fase sólida es el suelo y sus minerales como componente sólido. (Salazar, 2019)

**Tabla 6**

*Clasificación SUCS del suelo*

Divisiones principales			Simbolos del grupo	Nombres típicos	Identificación de laboratorio		
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: GW, GP, SW, SP. >12% ->GM, GC, SM, SC. 5 al 12% ->casos limite que requieren usar do	Cu=D60/D10 >4 Cc=(D30)2/D10xD60 entre 1 y 3	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
			GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos limite que requieren doble simbolo
		GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.			
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D60/D10 >6 Cc=(D30)2/D10xD60 entre 1 y 3	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Los limites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de simbolo doble
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Limite líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	G= Grava, S=Arena, O=Suelo Orgánico, P=Turba M=Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduada, P=Mal Graduada, L=Baja Compresibilidad, H=Alta Compresibilidad			
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas				
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
	Limos y arcillas: Limite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos				
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.				



Nota: (Palomino, 2016).

#### 2.3.4.1. *Propiedades físicas de los suelos.*

- **Peso específico.** Peso del suelo por unidad de volumen (Palomino, 2016).
- **Granulometría.** Parámetro que mide las dimensiones del suelo, según la gradación del material retenido en cada abertura de tamiz (Palomino, 2016).
- **Contenido de humedad.** Es el contenido de agua en el suelo se define como la relación entre el peso del agua ( $W_w$ ) y el peso de los sólidos ( $W_s$ ) en la muestra. Se expresa en porcentaje. (Palomino, 2016)

$$w(\%) = \frac{M_w}{M_s} * 100 \quad (6)$$

- **Límite líquido.** Está definido como la humedad en la cual una masa de suelo se encuentra entre el estado plástico y el estado líquido. (Palomino, 2016)
- **Límite plástico.** Es el límite tradicional entre los estados plástico y semisólido. Es el contenido de humedad más bajo al que la tierra comienza a romperse cuando se amasa en rollos de 3 mm de diámetro. (Palomino, 2016)
- **Índice de plasticidad.** La plasticidad se define como la propiedad de un material por la que puede soportar una deformación rápida sin rebote elástico, sin cambio significativo de volumen, sin frenar ni agrietarse. (Palomino, 2016)

$$IP = LL - LP \quad (7)$$

IP: índice de plasticidad

LL: límite líquido

LP: límite plástico

#### 2.3.4.2. *Propiedades mecánicas*

- **Cohesión.** La cohesión es el parámetro mecánico que, representa el grado de unión entre las partículas del suelo. (Naranjo y Dranichnikov, 2013).

$$c = 24 * 10^{-4} V_p - 0.63 \quad (8)$$

- **Ángulo de fricción.** Es el ángulo que forma el suelo frente al corte, es un parámetro de fricción interna muy importante, en el cálculo de la capacidad portante última y admisible del suelo. (Naranjo y Dranichnikov, 2013)

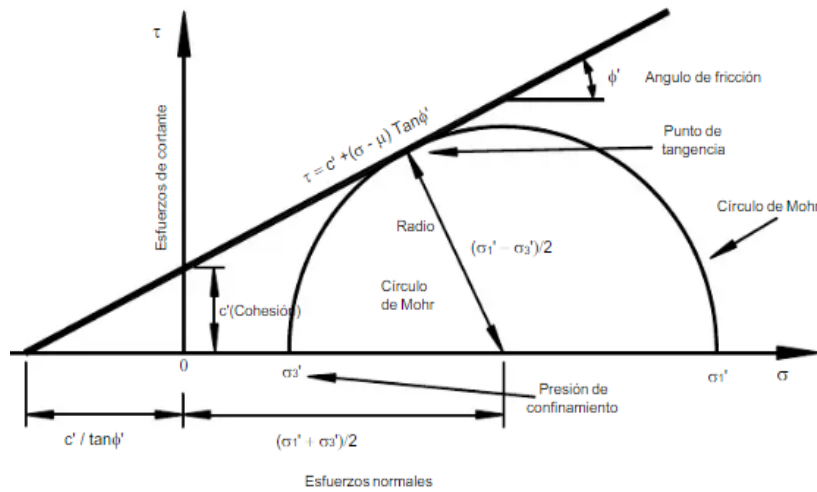
$$\varphi = 46.4 - 9.65 Vp/Vs \quad (9)$$

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física:

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \text{Tan}\phi \quad (10)$$

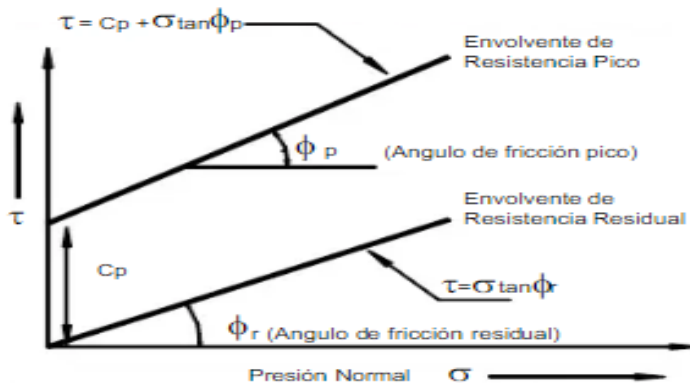
**Figura 2**

*Representación gráfica de la ecuación de Coulomb*



**Figura 3**

*Envolvente de falla de las resistencias pico y residual*



### 2.3.4.3. Capacidad portante.

La capacidad portante es también la máxima presión de contacto entre los cimientos y el suelo para evitar el fallo por cizallamiento o un asentamiento diferencial excesivo del suelo (Ortiz, 2017).

- **Teoría de Terzaghi.** La fórmula desarrollada por Terzaghi para calcular la capacidad portante del suelo en cimentaciones poco profundas (cimentaciones con una profundidad inferior o igual a la anchura de la cimentación) sólo puede aplicarse estrictamente en situaciones en las que el nivel freático es muy profundo (Salome, 2022).

Ecuaciones de capacidad de carga de Terzaghi

#### **Cimiento corrido**

$$qu = c.Nc + q.Nq + 0.5. \gamma. B. Ny \quad (11)$$

Dónde: C = cohesión del suelo.  $\gamma$ , peso específico del suelo,  $q = \gamma. Df$ , siendo  $Df$  la profundidad de desplante de la cimentación,  $Nc$ ,  $Nq$ ,  $N\gamma$  = factores de capacidad de carga (son adimensionales y las encuentran en función del ángulo de fricción del suelo,  $\varphi$ ),

$$Nq = \left( e^2 \left( \frac{3\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \tan\varphi / (2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)) \right) \quad (12)$$

$$Nc = \cot\varphi(Nq - 1) \quad (13)$$

$$Ny = 1/2 \left( \left( \frac{Kpy}{\cos^2\varphi} \right) - 1 \right) \tan\varphi \quad (14)$$

Dónde:  $Kpy = 3 \tan^2 (45 + (\varphi + 33/2))$ : coeficiente de empuje pasivo.

#### **Ecuación para cimiento cuadrado.**

$$qu = 1.3. c.Nc + q.Nq + 0.4. \gamma. B. Ny \quad (15)$$

Dónde: B es la dimensión de cada lado de la cimentación y en el caso de cimientos cuadrados, para cimientos circulares B es el diámetro del cimiento.

### **Ecuación para cimiento circular.**

$$qu = 1.3.c.Nc + q.Nq + 0.3.y.B.Ny \quad (16)$$

### **Tabla 7**

#### *Factores de forma de Terzaghi*

Factores de forma Terzaghi	Continua	Circular	Cuadrada
Sc	1.0	1.3	1.3
Sγ	1.0	0.6	0.8

*Nota: (Salome, 2022)*

Para cimentaciones que presenten falla local por corte en suelos, Terzaghi sugirió modificaciones en las ecuaciones de cimientos corridos, cuadradas y circulares.

### **Ecuación modificada para cimiento corrido**

$$qu = \frac{2}{3}.N'' + q.N'q + 0.5.y.B.N'y \quad (17)$$

### **Ecuación para cimientos cuadrados**

$$qu = 0.867c.N'c + q.N'q + 0.4.y.B.N'y \quad (18)$$

### **Ecuación modificada para cimientos circulares.**

$$qu = 0.67c.N'c + q.N'q + 0.3.y.B.N'y \quad (19)$$

Dónde: “N'c, N'q, N'γ son factores de capacidad de carga modificada. Dichos valores se determinan usando las ecuaciones para el factor de capacidad de carga para (Nc, Nq, Ny) reemplazando φ por φ' = tan<sup>-1</sup> (2/3 tan φ). Las ecuaciones de capacidad de carga de Terzaghi han sido modificadas para tomar en cuenta la forma de cimentación (B/L), profundidad (Df), e inclinación de la carga.

### **Cálculo de la capacidad portante**

- Capacidad de carga limite (Qd). Es la presión máxima que puede ejercerse sobre los cimientos sin afectar al suelo. (Ortiz, 2017)

- Capacidad de carga admisible ( $Q_{adm}$ ). Mencionada como la carga límite dividido entre un factor de seguridad (FS), llamada capacidad portante (Ortiz, 2017)
- Esfuerzo neto ( $Q_{neto}$ ). La tensión útil que sigue siendo útil para la estructura portante después de haber eliminado la tensión ejercida por el peso de la estructura portante. (Ortiz, 2017)
- $Q_{neto} = Q_{adm} - \gamma * D_f$  – sobrecarga de piso, ( $\gamma$  peso específico del suelo).
- Factor de seguridad (Fs). Recomienda que no sea menor que 3.00 (Ortiz, 2017).

### 2.3.5. *Metrado de cargas*

Las cargas muertas son el peso de los materiales, servicios, aparatos, equipos, tabiques y otros elementos portantes de un edificio, incluido su propio peso, que es constante o cambia de forma insignificante con el tiempo (Norma E.020, MVCS, 2006). Las cargas vivas del piso representan las personas que, ocupan los ambientes, estos se dan según la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Cargas vivas mínimas repartidas*

Ocupación o uso	Cargas repartidas kpa ( $kgf/m^2$ )
Almacenaje	5.0 (500) Ver 6.4
Baños	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
Bibliotecas	Ver 6.4
Salas de lectura	3.0 (300)
Salas de almacenaje con estantes	
fijos (no apilables)	7.5 (750)
Corredores y escaleras	4.0 (400)
<b>Centros de Educación</b>	
Aulas	2.5 (250)
Talleres	3.5 (350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3.0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4.0 (400)

<b>Garajes</b>	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2.40 m	2.5 (250)
<b>Lugares de Asamblea</b>	
Con asientos fijos	3.0 (300)
Con asientos móviles	4.0 (400)
Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatros y cines.	4.0 (400)
Graderías y tribunas	5,0 (500)
Corredores y escaleras	5,0 (500)
<b>Oficinas (*)</b>	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0 (500)
Salas de computación	2.5 (250) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4.0 (400)
<b>Teatros</b>	
Vestidores	2.0 (200)
Cuarto de proyección	3.0 (300) Ver 6.4
Escenario	7.5 (750)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
<b>Tiendas</b>	
Corredores y escaleras	5.0 (500) Ver 6.4
<b>Viviendas</b>	
Corredores y escaleras	2.0 (200)
Corredores y escaleras	2.0 (200)

*Nota: (\*) Estas cargas no incluyen la posible tabiquería móvil. Norma (E.020, 2006)*

### 2.3.6. Análisis estático y dinámico según norma E.030

**2.3.6.1. Análisis estático.** Este método representa las cargas sísmicas mediante un conjunto de fuerzas que actúan sobre el centro de masa en cada nivel del edificio. Este procedimiento puede analizar todas las estructuras, regulares o irregulares, situadas en zonas sísmicas. En otras zonas sísmicas, este procedimiento puede utilizarse para las estructuras clasificadas como regulares de acuerdo con el artículo 19 y que no superen los 30 metros de altura y para las estructuras portantes de hormigón armado y los muros de contención de hormigón armado o de mampostería que no superen los 15 metros de altura, aunque sean irregulares. (Norma E.030, 2006)

$$v = \frac{Z.u.c.s}{R} \cdot P \quad (24)$$

$$\frac{c}{R} \geq 0,11 \quad (25)$$

En las ecuaciones se muestra, la fuerza cortante en la base (v).

**2.3.6.2. Análisis dinámico.** Cualquier diseño puede ser concebido utilizando los resultados del análisis dinámico de la combinación modal espectral. (Norma E.030, 2006)

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \quad (26)$$

Para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales, considerando los valores de C, definidos en el artículo 14, excepto para la zona de períodos muy cortos ( $T < 0,2 T_p$ ) en la que se considera:

$$T < 0,2T_p \quad (27)$$

$$C = 1 + 7,5\left(\frac{T}{T_p}\right) \quad (28)$$

### Tabla 9

*Límites para la Distorsión del Entrepiso*

Material Predominante	$(\Delta_i/h_{ei})$
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: (Norma E.030, MVCS, 2018).*

### 2.3.7. Desempeño sísmico de las edificaciones

Se determina como un criterio de diseño, un sistema estructural óptimo, donde se determina a detalle una estructura y sus componentes no estructurales; para un adecuado sistema constructivo y mantenimiento; para cada piso según la intensidad sísmica determinando para ello los niveles de confiabilidad, la estructura no deberá presentar daños ante ciertos estados límites u otros límites inusuales. Los estados límites referido, se denominan niveles de desempeño. Así mismo se

define como una serie de procedimientos para que las edificaciones tengan un desempeño sismorresistente controlable y predecible, cuando responden a niveles definidos de sismo, dentro de niveles de confiabilidad definidos. (Soto, 2015)

**2.3.7.1. Niveles de amenaza sísmica.** Se definen tres niveles de terremoto: Sismo de Servicio (SE): sismo con 50% de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años; Sismo de Diseño (DE): sismo con 10% de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años; Sismo Máximo (ME): máximo nivel de sismo esperado dentro del marco geológico conocido, o el movimiento del suelo con 5% de probabilidad de ser excedido en 50 años. (Paredes, 2016)

**Tabla 10**

*Niveles de Amenaza Sísmica*

Propuesta	Sismo	Vida útil (años)	Probabilidad de excedencia (%)	Período de retorno (años)
Según el Comité Visión 2000	Frecuente	30	50	43
	Ocasional	50	50	72
	Raro	50	10	475
	Muy raro	100	10	970
Según el ATC-40	Sismo de servicio, SE	50	50	72
	Sismo de diseño, DE	50	10	475
	Sismo máximo, ME	50	5	975
Según FEMA 356	Frecuente	50	50	72
	Ocasional	50	20	225
	Raro	50	10	474
	Muy raro	50	2	2475

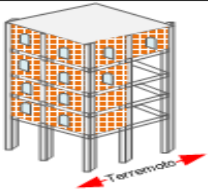
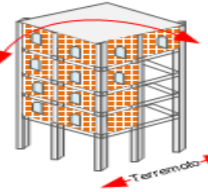
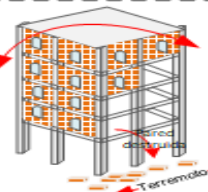
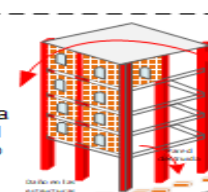
*Nota: (Fernández, 2018).*

**2.3.7.2. Niveles de desempeño sísmico.** Determina un estado límite de daño. Establece una condición límite o tolerable en relación de los probables daños físicos que resente la estructura, el riesgo de seguridad de los habitantes de la vivienda incitados por los daños y la utilización de la estructura después del sismo. El nivel de desempeño es una señal de la mayor dimensión del daño, donde se tienen en cuenta los elementos estructurales y no estructurales, relacionado con la función de la edificación. Los niveles de desempeño suelen expresarse en

términos cualitativos de significación pública (impacto en ocupantes, usuarios, etc.) y en términos técnicos ingenieriles para el diseño o evaluación de edificaciones existentes (extensión del deterioro, degradación de los elementos estructurales o no estructurales, etc.). (Bolaños, 2015)

**Figura 4**

*Niveles de Desempeño*

VISION 2000	ATC-40		
completamente operacional	Operacional		Daño estructural y no estructural despreciable o nulo.  Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
Ocupacional	Ocupación inmediata	Daños ligeros. 	Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
Seguridad de vida	Seguridad de vida	Daños moderados. 	La estructura sufre daños pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.
Cerca al colapso	Estabilidad estructural	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. 	Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.

Nota: (Fernández, 2021).

El nivel de desempeño describe un estado límite de daño. Representa una condición límite o tolerable establecida en función de los posibles daños físicos sobre la edificación, la amenaza sobre la seguridad de los ocupantes de la edificación inducidos por estos daños y la funcionalidad de la edificación posterior al terremoto. Los niveles de desempeño suelen expresarse en términos cualitativos de significación pública (impacto en ocupantes, usuarios, etc.) y en

términos técnicos ingenieriles para el diseño o evaluación de edificaciones existentes (Orrillo, 2014).

- ✓ **Operacional.** E un nivel de desempeño en el que no se generan daños. Las implicaciones sobre los habitantes son despreciables. La estructura continúa íntegra y segura para sus ocupantes. Todos los componentes de la estructura después de un sismo continúan funcionando y están disponibles para ser usadas. En general no se requieren reparaciones. (Merino, 2014)
- ✓ **Funcional.** En este nivel de desempeño se presentan daños moderados en elementos no estructurales y algunos daños ligeros en elementos estructurales. El nivel de daño es pequeño y no limita la seguridad de la estructura la misma que permanece en estado normal luego del sismo, sin embargo, los elementos no estructurales y contenido pueden tener daños e interrumpir parcialmente algunas funciones. En general, se requieren algunas reparaciones menores necesarias para el reinicio de las actividades en la estructura. (Merino, 2014)
- ✓ **Seguridad o Supervivencia.** En este nivel de desempeño se presentan daños moderados en los elementos no estructurales, estructurales y el contenido de la estructura, degradación de la rigidez lateral y la capacidad resistente del sistema, lo que puede generar la interrupción de las especialidades de eléctricas, mecánicas y perturbación de las vías de escape de la vivienda. Las instalaciones quedan fuera de servicio y el edificio probablemente requerirá reparaciones importantes. (Merino, 2014)
- ✓ **Cerca al Colapso.** En este nivel de desempeño la degradación de la rigidez lateral y la capacidad resistente del sistema afecta la estabilidad de la edificación acercándose al punto de colapso estructural. En este nivel se

aberrían los servicios y vías de escape. La edificación es completamente insegura para sus ocupantes y la extensión de las reparaciones puede resultar no factible técnica y/o económicamente. (Merino, 2014)

- ✓ **Objetivos de desempeño.** Es el nivel de desempeño requerido para la estructura según la complejidad del sismo de diseño. Estos objetivos se pueden seleccionar según la ocupación, importancia, o funciones de la edificación; también teniendo en cuenta consideraciones económicas incluyendo costo relacionado a la reparación de daños e interrupción del servicio, y consideraciones de la importancia potencial de la edificación como un lugar histórico y cultural. Es decir, el movimiento del suelo debido a un terremoto se combina con un deseado nivel de desempeño del edificio y se forma un Objetivo de Desempeño. (Paredes, 2016).

En conclusión, un objetivo de desempeño se define seleccionando un nivel de desempeño del edificio deseado para un nivel dado de sismo, tal como se muestra:

**Figura 5**

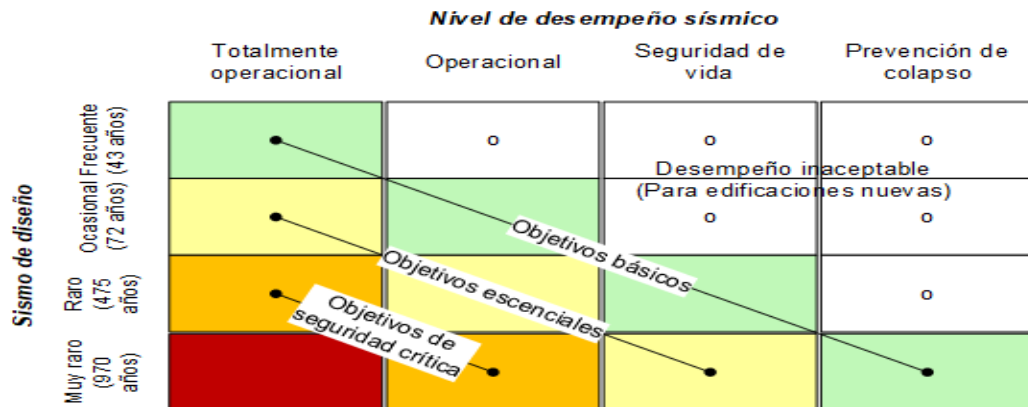
*Objetivos de Desempeño según ATC-40*

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

Nota: (ATC-40, 1996)

**Figura 6**

*Objetivos de Desempeño según Comité Visión 2000*



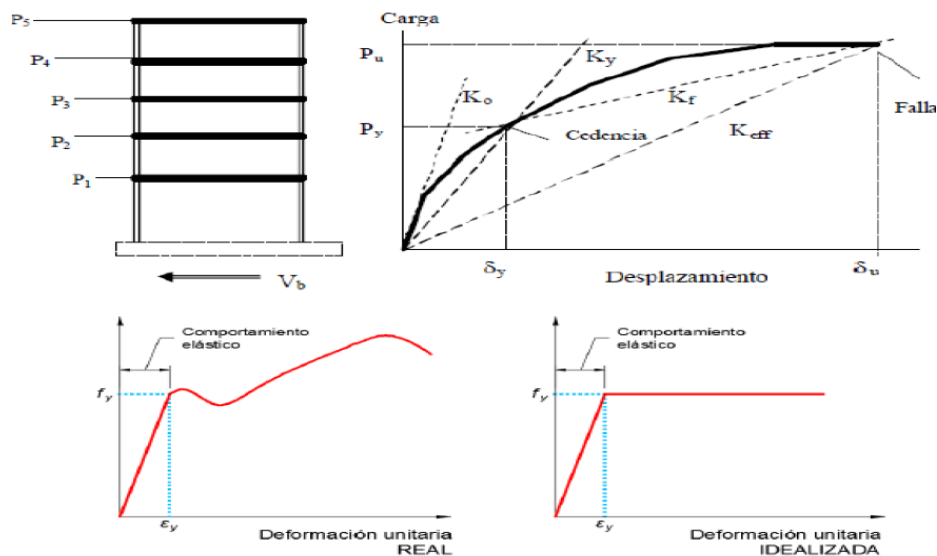
Nota: (SEAOC, 1995)

**2.3.8. Análisis estático no lineal Pushover**

Con este método se aplica un patrón de cargas laterales a la estructura en forma constante, considerando las cargas de gravedad permanentes de la estructura. Una ilustración del Pushover se puede observar en la siguiente figura: Como se puede observar en la figura 7, la curva de capacidad obtenida mediante el análisis Pushover se va generando debido a las rótulas plásticas que van apareciendo en la estructura, generadas por el empuje lateral monotónico impuesto. (Paredes, 2016)

**Figura 7**

*Ilustración del Análisis Pushover*

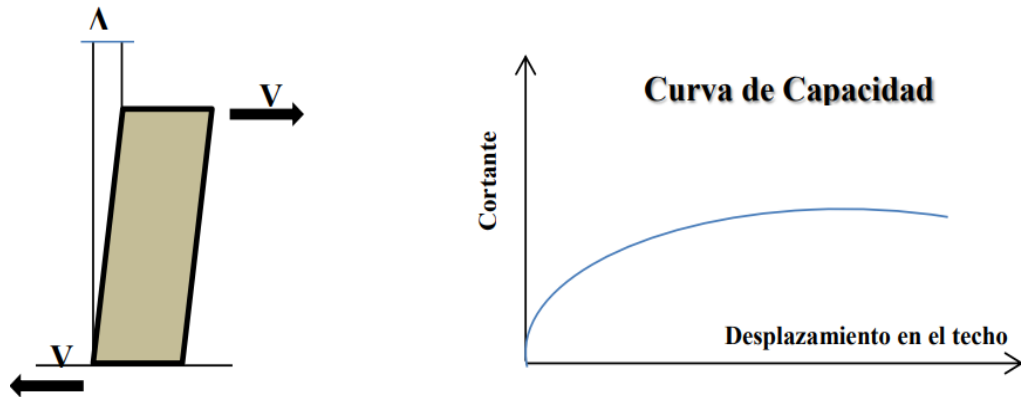


Nota: (Urteaga, 2019).

**2.3.8.1. Curva de capacidad.** La curva de Capacidad es aquella gráfica que relaciona la resistencia a carga lateral del edificio versus el desplazamiento lateral en el último piso, tal como se muestra en la siguiente figura. (Paredes, 2016)

**Figura 8**

*Representación de la Curva de Capacidad*



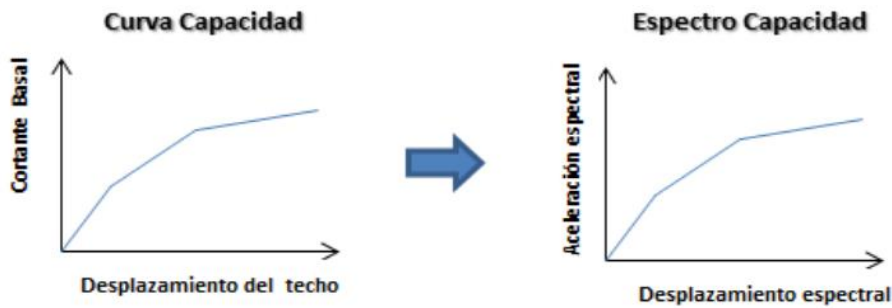
*Nota: (Paredes, 2016).*

La resistencia y capacidades de deformación de sus componentes individuales determinan la capacidad total de una estructura, es decir, el confinamiento del acero y concreto. También, la obtención de la curva de capacidad se realiza a fin de reconocer la capacidad última de la estructura. El análisis de la curva de capacidad es parte del diseño por capacidad, cuyo objetivo diseñar una estructura tolerante a los sismos severos cumpliendo las condiciones óptimas de seguridad de vida a pesar de haber excedido su resistencia. Para lograr esto, se prevee deformar a la estructura inelásticamente. “Para asegurar la supervivencia estructural a un gran terremoto, se necesita escoger un mecanismo plástico racional y cinemáticamente admisible. Esto se hace necesario para asegurar que todos los lugares donde tendrá lugar la disipación de energía por deformación inelástica estén claramente identificados, Para determinar la capacidad más allá de los límites elásticos, se requiere aplicar alguna metodología de análisis no lineal. (Paredes, 2016)

**2.3.8.2. Conversión de curva de capacidad a espectro de capacidad.** Para poder utilizar cualquier método de desempeño existente es necesario convertir la Curva de Capacidad, que está en términos del cortante basal y desplazamiento del último piso, a un Espectro de Capacidad, que está en términos de aceleración espectral versus desplazamiento espectral ( $S_a$  vs.  $S_d$ ), tal como se muestra en la siguiente figura: (Paredes, 2016)

**Figura 9**

*Transformación de la Curva Capacidad a un Espectro Capacidad*



Nota: (Paredes, 2016).

Las ecuaciones necesarias para poder lograr esta transformación se muestran a continuación:

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{W_i \phi_{i1}}{g}}{\sum_{i=1}^N (W_i \phi_{i1}^2) / g} \quad (29)$$

$$\alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^N \frac{W_i \phi_{i1}}{g}]^2}{[\sum_{i=1}^N W_i / g] [\sum_{i=1}^N (W_i \phi_{i1}^2) / g]} \quad (30)$$

$$S_{ai} = \frac{v_i / w}{\alpha_1} \quad (31)$$

$$S_{di} = \frac{\Delta_{techo}}{PF_1 \phi_{techo,1}} \quad (32)$$

Donde se obtiene que:  $PF_1$  = Factor de participación modal para el primer modo natural,  $\Phi_{i1}$  = Amplitud del modo 1 en el nivel  $i$ ,  $\alpha_1$  = Coeficiente modal de masa para el primer modo natural,  $N$  = Nivel  $N$ ,  $W_i/g$  = Masa asignada al nivel  $i$ , el nivel más alto de la estructura,  $W$  = Peso del edificio,  $V$  = Cortante basal,

$\Delta_{techo}$  = Desplazamiento del techo.  $S_a$  = Aceleración espectral.  $S_d$  = Desplazamiento espectral.

Con la lista de ecuaciones definidas se realiza el siguiente procedimiento para convertir la curva de capacidad a un espectro de capacidad:

Primero se halla el factor de participación modal (PF1) y el coeficiente modal de masa ( $\alpha_1$ ).

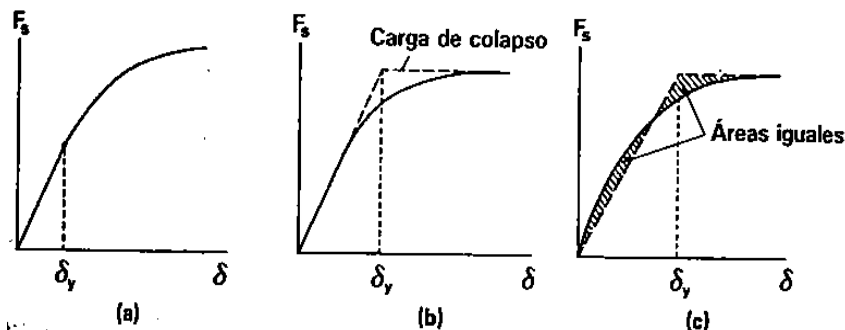
Luego, para el punto V (cortante basal) y  $\Delta_{techo}$  (desplazamiento del techo) se calcula el valor respectivo de  $S_a$  y  $S_d$  usando las ecuaciones brindadas antes mencionadas. En una última instancia, se hace mención que el procedimiento adoptado se realiza con la finalidad de representar la respuesta estructural del primer modo de vibración de la estructura, basado en la hipótesis que el primer modo fundamental de vibración corresponde a la respuesta más predominante ante una sollicitación sísmica. Sin embargo, si se analiza estructuras más flexibles, entonces se debe considerar los demás modos de vibración; esta tarea resulta más sencilla y más realista utilizando algún software. (Paredes, 2016)

**2.3.8.3. Espectro de capacidad.** Tal como se describió en el estudio del modelo esfuerzo - deformación de los insumos del concreto armado, es también común representar la curva de capacidad en forma bilineal para facilitar el estudio de diversas propiedades que se obtienen de aplicar esta metodología. Para poder realizar la representación bilineal, es necesario conocer en qué punto la curva capacidad pasa de ser lineal a ser no lineal. Como se sabe, en un análisis por capacidad la formación de la primera rótula plástica da inicio al comportamiento no-lineal de la edificación, sin embargo, éste hecho no está relacionado con algún cambio brusco o notorio en la pendiente de la curva capacidad, que es la que representa la rigidez de la estructura. Por tanto, resulta necesario encontrar

un punto de fluencia en el cual se haya producido un cambio notorio en el comportamiento del edificio y por tanto en la pendiente de la curva capacidad, este punto se denomina de “fluencia efectiva”. Una vez hallado dicho punto, es posible simplificar la curva de capacidad en un modelo bilineal. La fluencia efectiva, también llamada deflexión de fluencia  $\delta_y$  se puede definir de muchas maneras como se muestra en la siguiente figura. (Paredes, 2016)

**Figura 10**

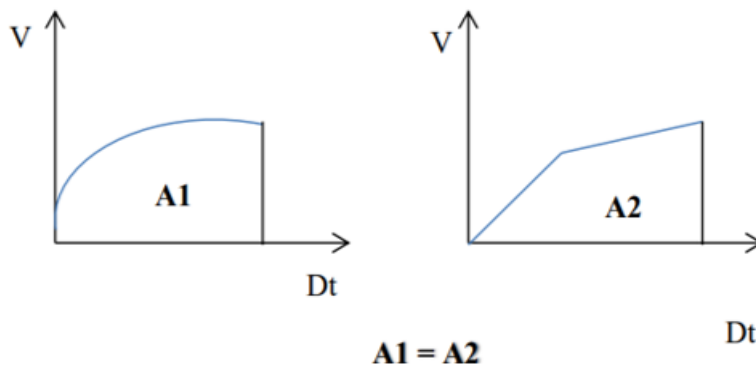
*Definición de la Fluencia Efectiva o Deformación de Fluencia*



Nota: (Paredes, 2016).

**Figura 11**

*Criterio de las Áreas Iguales*



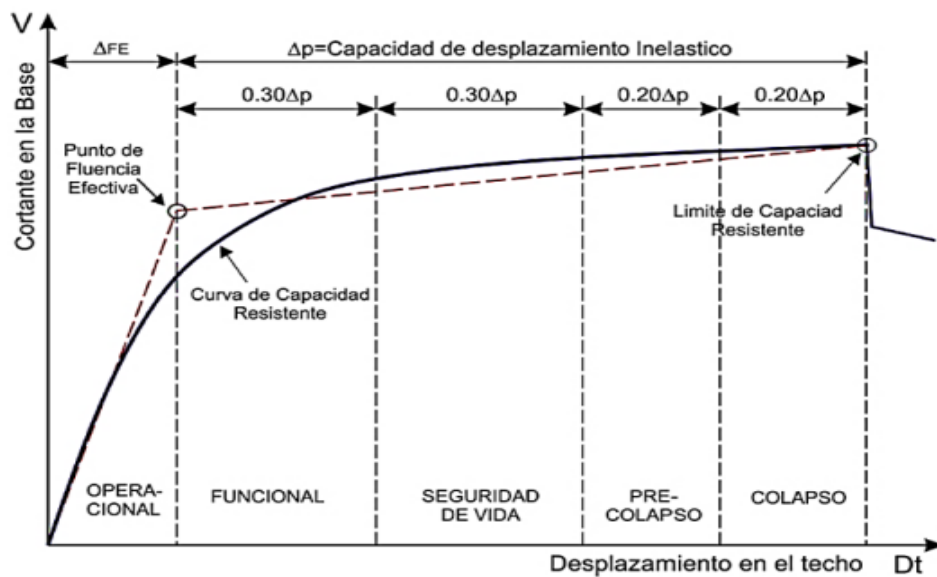
Nota: Criterio de las áreas iguales: El criterio de esta alternativa, mostrada en la última parte de la figura anterior, se basa en la absorción de energía y consiste en igualar el área bajo la curva de capacidad con el área bajo la curva del modelo bilineal (Paredes, 2016).

Para poder obtener el punto de fluencia efectiva descrito anteriormente, se tubo que desarrollar el siguiente procedimiento:

Se realizó el trazo una línea siguiendo la curva capacidad de la estructura, la cual representa la rigidez inicial, generando una tangente desde el origen. Se dispone a ubicar el punto del desplazamiento del colapso, denominado punto de desempeño ensayo, que es determinado por el modelador para desarrollar un espectro de respuesta de demanda reducido. En este punto, se grafica otra línea que interseca con la línea tangente, con el consepcción que el área A1 sea proporcional o igual al área A2 (ver figura 11), de tam manera que cumple el criterio de las áreas iguales. El punto de fluencia efectiva es la intersección de las dos líneas trazadas, este cálculo se determina en forma iterativa hasta conseguir igualar las áreas. (Paredes, 2016)

**Figura 12**

*Representación Bilineal del Espectro de Capacidad*



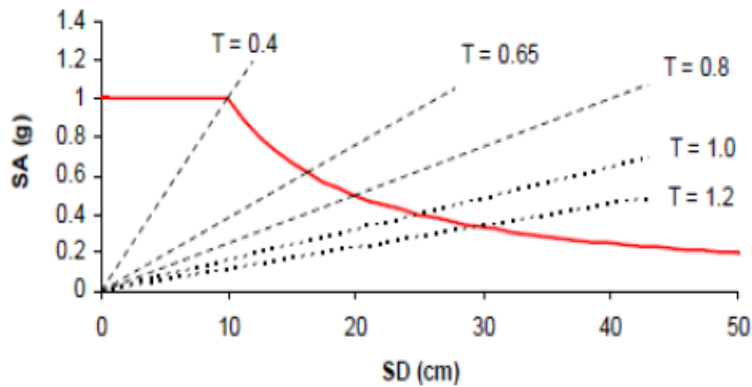
Nota: (Vega, 2020, p. 42).

Una vez definido el punto de fluencia efectiva quedan definidos los rangos de desplazamientos elásticos e inelásticos de la estructura en su conjunto, siendo el rango elástico desde el origen hasta el punto de fluencia efectiva, y el rango inelástico, desde el punto de fluencia efectiva hasta el punto de desempeño tentativo. (Paredes, 2016)

**2.3.8.4. Espectro de demanda.** Está en el formato aceleración versus periodo, por tanto, al igual que la curva de capacidad, se debe hacer la conversión a un formato  $S_a$  vs  $S_d$  (aceleración versus desplazamiento espectral). (Paredes, 2016)

**Figura 13**

*Espectro de Demanda*



*Nota: (Toledo, 2021, p. 8).*

**2.3.8.5. Punto de desempeño.** La ubicación del punto de desempeño, ha sido determinante en el estudio de investigación como el punto de intersección del Espectro de Capacidad con el Espectro de Demanda de la Norma Peruana E-030. Asimismo, la importancia de encontrar dicho punto radica en que se tendrá un nivel esperado de desempeño de la estructura ante una demanda sísmica específica. Los pasos para hallar el punto de desempeño son los siguientes. (Paredes, 2016)

El objetivo es determinar la relación entre el corte basal y el desplazamiento del último piso, es decir, la curva Pushover. Convertir la curva Pushover en un diagrama de capacidad, donde  $m_j$  es la masa concentrada en el  $j$ -ésimo nivel de piso;  $\phi_{jl}$  es el  $j$ -ésimo elemento de piso del modo fundamental  $\Phi_1$ ;  $n$  es el número de pisos y  $M^* 1$  es la masa modal efectiva para el modo de vibrar fundamental: (Paredes, 2016)

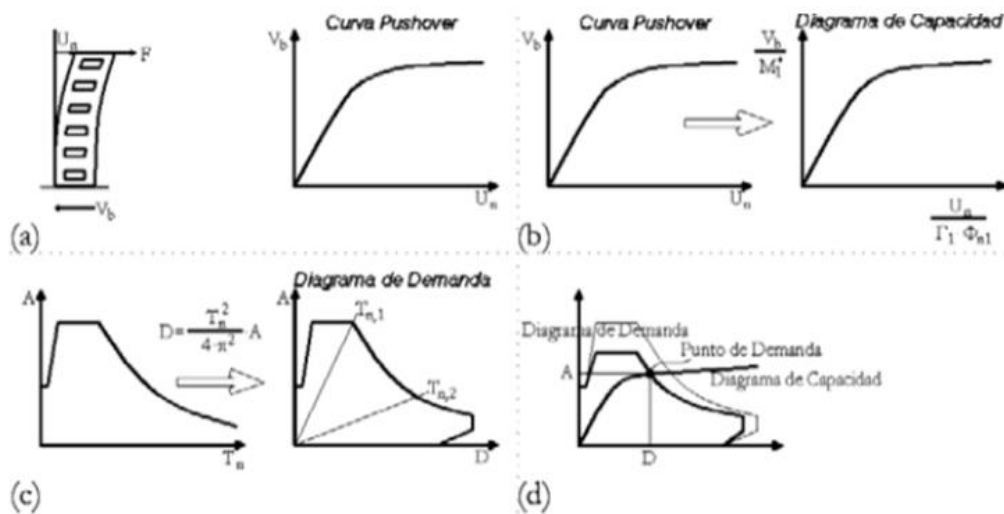
$$r_1 = \frac{\sum_{j=1}^n m_j \phi_{j1}}{\sum_{j=1}^n m_j \phi_{j1}^2} \quad (33)$$

$$M_{1=}^* = \frac{(\sum_{j=1}^n m_j \phi_{j1})^2}{\sum_{j=1}^n m_j \phi_{j1}^2} \quad (34)$$

Convertir el espectro de respuesta o de demanda del formado pseudo aceleración versus periodo natural al formato pseudo aceleración versus deformación espectral. Interseca el diagrama de demanda y el diagrama de capacidad y determino la demanda de desplazamiento. Convertir la demanda de desplazamiento determinada en el punto anterior a desplazamiento global (de piso) y la componente de deformación individual compararlas con los valores límites para el desempeño objetivo. (Paredes, 2016)

**Figura 14**

*Método para Hallar el Punto de Desempeño*



Nota: (Paredes, 2016).

**2.3.8.6. Límites de desempeño.** Según Cabrera (2022), son los límites de respuesta de una edificación o límites de aceptabilidad global del edificio (deriva lateral), o límites de aceptabilidad de componentes (muro, pórtico, u otros elementos estructurales, deben analizarse para determinar si están dentro de los límites aceptables).

**Tabla 11***Límites de Deriva, ATC-40*

Deriva límite de entrespiso	Nivel de desempeño			
	Ocupación inmediata	Control de daño	Seguridad de vida	Estabilidad, estructural
Deriva total máxima	0.01	0.001 a 0.002	0.02	$0.33 \times \frac{V_i}{P_i}$
Deriva inelástica máxima	0.005	0.005 a 0.015	Sin límite	Sin límite

*Nota:  $V_i$  es el cortante total,  $P_i$  es la carga de gravedad total en el piso  $i$  (ATC-40, 1996).*

**Tabla 12***Límites de Deriva, Visión 2000*

Deriva	Nivel de desempeño				
	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad de vida	Prevención de colapso	Colapso
Deriva total máxima	Menor a 0.002	Menor a 0.005	Menor a 0.005	Menor a 0.025	Mayor a 0.025
Deriva inelástica máxima	Nimio	Nimio	Menor a 0.005	Menor a 0.025	Mayor a 0.025

*Nota: (SEAOC, 1995).*

### 2.3.9. Daño sísmico

Es un aspecto destructivo que se ocasionan inoportunamente por un fenómeno que afecta a las cargas vivas, cargas muertas y abarcan los servicios de las especialidades de instalaciones eléctricas y sanitarias. Desde el punto de vista estructural se relaciona generalmente con deformaciones irreversibles, por lo tanto, cualquier variable de daño debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de deformación (Sánchez, 2022).

**2.3.9.1. Estados de daño.** Es la correlación de costos de mantenimiento del edificio y el costo de reposición (reposición integral). Los elementos estructurales y no estructurales son sensibles a los desplazamientos relativos entre plantas, en este estudio se utiliza como PID el desplazamiento máximo entre plantas,  $\delta_{\max}$ . El rango de  $\delta_{\max}$  asociado a la condición de fallo está definido por la curva de

capacidad de carga de la estructura (Velásquez y Blondet, 2005). Los estados de daños están vinculados con los umbrales, que nos ofrece una descripción cualitativa de la funcionalidad de la estructura y de los daños físicos que actúan en una edificación causados por un movimiento sísmico (Sánchez, 2022).

**Tabla 13**

*Clasificación de los estados de daño*

<b>Grado de daño</b>	<b>Estado de daño</b>
Sin daño	Pequeñas fisuras en concreto
Ligero	Grietas en varios elementos estructurales
Moderado	Agrietamiento severo y algunos desprendimientos de concreto
Severo	Aplastamiento del concreto y pandeo de refuerzo longitudinal
Colapso	Colapso parcial o total de la estructura

*Nota: Propuesto por Park et al. y citado por ((Sánchez, 2002)*

Para determinar los valores de los umbrales de daño basado en el desplazamiento espectral correspondiente a la capacidad de cedencia ( $D_y$ ) y capacidad última ( $D_u$ ), se usará la metodología de Lagomarsino y Penna (tomado de Moreno y Bairán, 2010, citado por Sánchez, 2022).

✓ ***Daño leve:*** se determina antes de alcanzar el punto de cedencia.

$$d_{s1} = 0.7D_y \quad (35)$$

✓ ***Daño moderado:*** se determina en el punto de la capacidad de cedencia.

$$d_{s2} = D_y \quad (36)$$

✓ ***Daño severo:*** se determina después del punto de cedencia, pero no mucho más allá de este.

$$d_{s3} = D_y + 0.25(D_u - D_y) \quad (37)$$

✓ ***Daño completo:*** Es considerado un daño muy severo donde la edificación es inhabitable pero su elemento estructural no colapsa. Es el punto de capacidad última.

$$d_{s1} = D_u \quad (38)$$

**2.3.9.2. Curvas de fragilidad.** Salguera (2015) indica que “La fragilidad sísmica de un edificio está relacionado con su vulnerabilidad sísmica y se cuantifica mediante curvas de fragilidad” (citado por Sánchez, 2022).

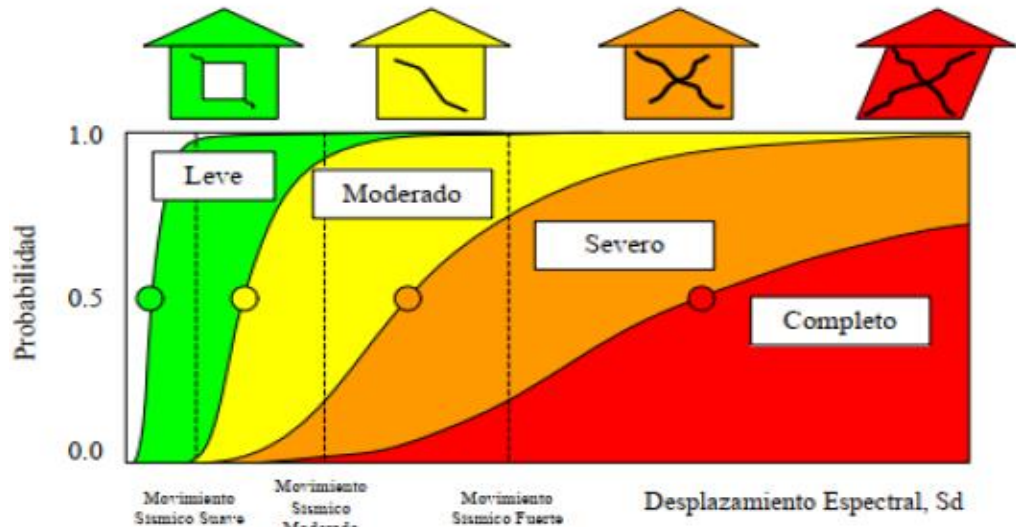
Las curvas de fragilidad es la representación gráfica de la función de distribución acumulada, de la probabilidad que se alcance o exceda un estado límite de daño cuando se produce una determinada acción sísmica, definida mediante desplazamientos, velocidades o aceleraciones (Sánchez, 2022)

Permite expresar en el eje vertical la probabilidad de superación o de fallo asociada a una condición de fallo admisible en función del parámetro que describe la fuerza del terremoto o movimiento sísmico (aceleración, fondo horizontal). (Rojas, 2010)

Expresa la probabilidad de que una estructura supere una determinada condición de fallo y es función de los parámetros que se definen la intensidad del sismo. Estas líneas curvas se utilizan determinar el nivel de riesgo del sismo y su complejidad; asimismo se determinará las estructuras importantes con características estructurales similares (puentes, centrales nucleares, aeropuertos, líneas de vida). Pueden basarse en observaciones sobre el terreno, opiniones de expertos y métodos analíticos. (Velásquez y Blondet, 2005)

**Figura 15**

*Curvas de fragilidad en función de los estados de daño*



Nota: (Sánchez, 2022).

### **2.3.10. Programa para el análisis sísmico**

Existen diversos programas de análisis sísmico que, permiten demostrar la resistencia estructural frente a un evento sísmico, para nuestra investigación utilizaremos el programa OpenSees, tal como se describe a continuación:

**2.3.10.1. OPENSEES.** Es un software que se utiliza para desarrollar modelamientos de sistemas estructurales y geotécnicos, con capacidades avanzadas de modelización y análisis de la respuesta no lineal de sistemas estructurales ante eventos sísmicos, se utiliza mediante un sistema de programación donde se determina modelos de materiales, elementos y algoritmos de solución, para ser procesados y finalmente generar respuestas de análisis. Es un software gratuito con licencia que permite el análisis de elementos estructurales y modelos de geotécnia bajo cargas puntuales y dinámicas. OpenSees dispone de una amplia gama de códigos para definir materiales, elementos y procedimientos de análisis. Aunque el código de OpenSees se definió originalmente en C++, los usuarios tienen que utilizar una combinación de comandos predefinidos, que

llaman "procedimientos", para definir y analizar los modelos (Enríquez y Bobadilla, 2020).

Es muy útil determinar modelos que se han construido y ejecutado para modelar diferentes sistemas estructurales. El código de cada modelo se puede encontrar junto con una explicación detallada. (Patiño, 2019)

***Ventajas.*** Facilita lo siguiente: (Guzmán y Pérez, 2017)

- Permite mejora de la modelización y simulación computacional en ingeniería sísmica mediante el desarrollo de código abierto y el uso de elementos finitos.
- Programa principal para el desarrollo de la herramienta.
- Permite simular la calidad del suelo cambiando sus propiedades.
- El código se proporciona gratuitamente a todos los que lo necesiten, lo que implica de forma significativa a la comunidad de investigación en ingeniería responsable del desarrollo de nuevos materiales, elementos y otras soluciones. (Mesa, 2021)

***Desventajas.*** Aquellos programas de código cerrado, están en constante mantenimiento y desarrollo por parte de un equipo especializado, lo cual de todas maneras entrega garantías para que empresas lo utilicen con el suficiente resguardo. (Mesa, 2021)

#### **2.4. Hipótesis**

Ho: El daño sísmico en el módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota es moderado ante un sismo máximo.

H1: El daño sísmico en el módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota es superior a moderado ante un sismo máximo.

## 2.5. Operacionalización de variables

### 2.5.1. *Variable independiente*

“**Desempeño Estructural**”, habilidad de la estructura de soportar un movimiento sísmico. Para este trabajo se consideró operacionalizar la variable independiente teniendo en cuenta los siguientes indicadores:

- Parámetros sísmicos y estructurales.
- Propiedades de los materiales.
- Metrado de cargas.
- Análisis sísmico norma E.030.
- Análisis Pushover para determinar el desempeño estructural. Representa una condición límite o tolerable establecida en función de los posibles daños físicos sobre la edificación, la amenaza sobre la seguridad de los ocupantes de la edificación inducidos por estos daños y la funcionalidad de la edificación posterior al terremoto. Por tanto, representa el nivel máximo tolerable de daño que, puede resistir la edificación y seguir cumpliendo con los objetivos de desempeño estructurales frente a un evento sísmico frecuente, de diseño o máximo.

### 2.5.2. *Variable dependiente.*

“**Daño sísmico**”, un daño es el grado de destrucción causado por un fenómeno peligroso sobre las personas, los bienes y sistemas de prestación de servicios. Desde el punto de vista estructural se relaciona generalmente con deformaciones irreversibles, por lo tanto, cualquier variable de daño debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de deformación. Para este trabajo se consideró operacionalizar la variable dependiente teniendo en cuenta los siguientes indicadores:

- Estados de daño. Es la descripción cualitativa del comportamiento y de los daños físicos que actúan en una edificación o elemento estructural causados por una acción sísmica y la funcionalidad de la estructura.
- Curvas de fragilidad. Las curvas de fragilidad es la representación gráfica de la función de distribución acumulada, de la probabilidad que se alcance o exceda un estado límite de daño cuando se produce una determinada acción sísmica, definida mediante desplazamientos, velocidades o aceleraciones.

**Tabla 14**

*Matriz de Operacionalización de Variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición conceptual	Definición Operacional	
				Indicadores	Ítem
Desempeño Estructural	Habilidad de la estructura de soportar un movimiento sísmico	Parámetros estructurales y sísmicos	Características de la ubicación y de la edificación en sí	Zona sísmica	
				Uso de la edificación	
				Tipo de suelo	
		Propiedades de los materiales	Características de los materiales utilizados en la construcción	Concreto	Kg/cm <sup>2</sup>
				Acero	Kg/cm <sup>2</sup>
				Albañilería	Kg/cm <sup>2</sup>
		Metrado de cargas	Es la cuantificación de cargas	Carga viva	Kg/cm <sup>2</sup>
				Carga muerta	Kg/cm <sup>2</sup>
				Carga unitaria	Kg/cm <sup>2</sup>
		Análisis sísmico norma E.030	Análisis estático y dinámico especificado por la norma E.030 "Diseño sismorresistente"	Cortante estática	
				Cortante dinámica	
				Desplazamientos	mm
				Derivas	mm
		Análisis Pushover	Análisis por desempeño para verificar si la edificación cumple con los objetivos de desempeño.	Curva de capacidad	
Espectro de demanda	m/kg				
Espectro de capacidad	m/kg				
Punto de desempeño	m/kg				
Daño Sísmico	Deformaciones irreversibles, por lo tanto, cualquier variable de daño debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de deformación.	Estados de daño	Es la descripción cualitativa del comportamiento y de los daños físicos que actúan en una edificación.	Leve	%
				Moderado	%
				Severo	%
				Completo	%

## CAPÍTULO III.

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativa debido a que, según (Hernández, et al., 2014, p. 10), se cuantifica la capacidad portante del suelo, la calidad de los materiales las cargas y dimensiones de la edificación, para luego procesar los datos mediante el programa OpenSees, para determinar deformaciones, desplazamientos e identificar el punto de desempeño sismorresistente de la edificación.

El tipo de investigación es aplicada, se aplicará el método estático no lineal Pushover para determinar el desempeño sísmico del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota.

El diseño de investigación es no experimental descriptivo, se describirán los resultados alcanzados en la investigación, y se evaluarán los datos que, se alcancen de los mismos, con el uso del programa OpenSees.

#### Tabla 15

*Tipo de investigación según los principales criterios*

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Descriptiva
Fuente de datos	Mixta
Control de diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Campo, gabinete y laboratorio
Intervención disciplinaria	Interdisciplinaria.

Nota: (Grajales, 2000).

### 3.2. Diseño de investigación

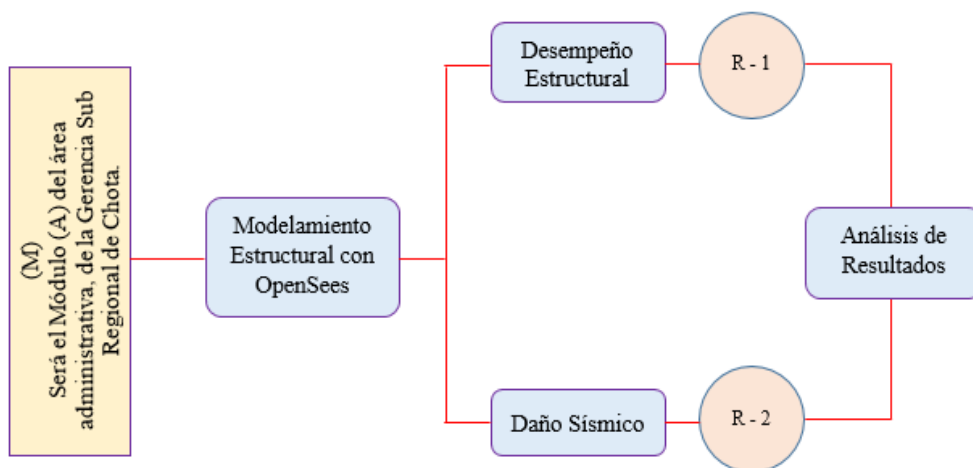
La investigación, debe responder a algunas preguntas como: ¿Cuáles son las etapas de investigación?

Si el estudio es experimental. Es recomendable desarrollar lo relacionado a materiales y métodos, siguiendo las pautas que tradicionalmente se usan en este tipo de investigaciones.

Si la investigación es no experimental, se recomienda hacer la definición operacional medida de las variables.

**Figura 16**

*Diseño de Investigación*



En la ecuación 39, la muestra (M) es el Módulo (A) de la edificación administrativa de la Gerencia Sub Regional de Chota, la cual, al ser un diseño descriptivo, pasarán por observación y análisis para obtener los datos necesarios para el procesamiento en el programa OpenSees, para evaluar el daño sísmico según el desempeño estructural entre estos resultados (R1, R2), por medio del análisis de resultados.

## Métodos de investigación

El método de investigación que se seguirá es el método del enfoque cuantitativo, enmarcado en métodos computacionales por el uso del programa OpenSees, para evaluar el daño sísmico según el desempeño estructural.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

Las edificaciones de la Gerencia Sub Regional de Chota, ubicada en las coordenadas UTM WGS84 17 S 759874.66 m E, 9273202.65 m S, a 2315 msnm, en la ciudad de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca, en la calle S/N. El terreno presenta un área total de 9,016.12 m<sup>2</sup>, en el que, se distribuyen tres módulos, el módulo I de tres niveles conformado por las oficinas de administración, el módulo II de tres niveles integrado por las oficinas de gerencia, y el módulo III de tres niveles conformado por las oficinas de turismo, transporte y producción, además cuenta con un auditorio y un polideportivo.

### Figura 17

*Ubicación de la Gerencia Sub Regional de Chota*



Nota: (Google Earth, 2024).

## Figura 18

### Vista Satelital de la Gerencia Sub Regional de Chota



Nota: (Google Earth, 2024).

## Figura 19

### Vista 3D Gerencia Sub Regional de Chota



Nota: (Expediente técnico, 2012).

**Tabla 16**

*Módulos de la Gerencia Sub Regional de Chota*

<b>Módulo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nº de Niveles</b>
01	Oficinas de administración la Gerencia Sub Regional de Chota.	2 niveles
02	Oficinas – Gerencia Sub Regional de Chota	2 niveles
03	Oficinas – Turismo, Transporte y Producción	2 niveles
04	Polideportivo	1 nivel
05	Auditorio	1 nivel

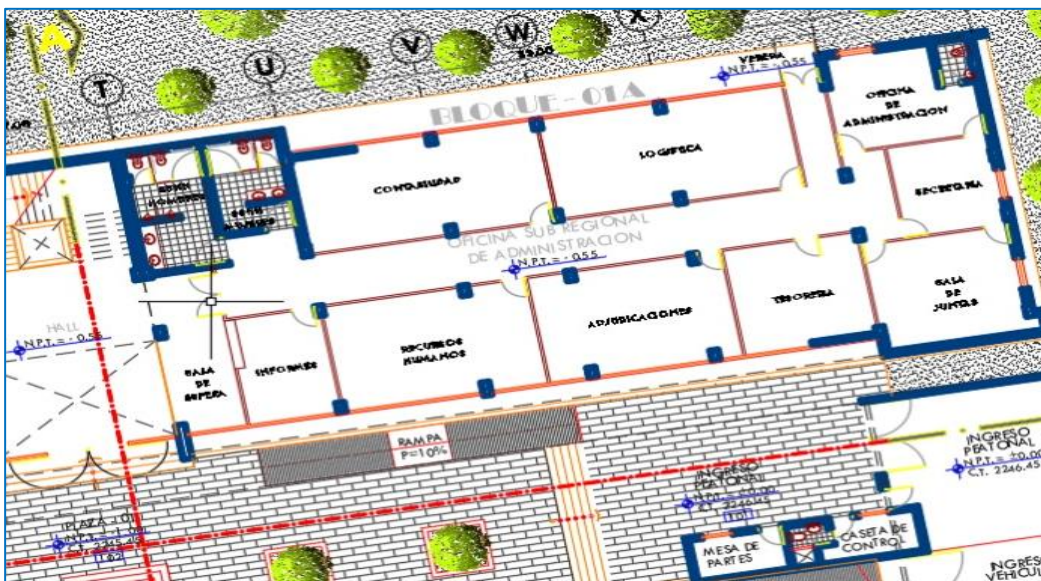
*Nota: (Expediente técnico, 2012).*

**3.3.2. Muestra**

Se trabajará con la muestra por conveniencia, tomando como criterio la edificación que, presente rasgos patológicos, siendo esta el edificio administrativo, módulo A (Fig. 20), de las cuales se analizará el desempeño sísmico y la probabilidad de daño, para un sismo de servicio, sismo de diseño, y sismo máximo, en los ejes X e Y, con el programa OpenSees, dando un número de 6 modelos de análisis.

**Figura 20.**

*Módulos del edificio administrativo*



*Nota: (Expediente técnico, 2012).*

**Tabla 17***Niveles del Edificio Administrativo*

<b>Módulo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nº De Niveles</b>
01	Oficinas de administración la Gerencia Sub Regional de Chota.	2 niveles
02	Oficinas – Gerencia Sub Regional de Chota	2 niveles

*Nota: (Expediente técnico, 2012).*

**Tabla 18***Modelos de Análisis por Módulo*

Desempeño sísmico y probabilidad de daño según tipo de sismo	Programa de análisis	Total
	OPENSEESS	
De servicio	2	2
De diseño	2	2
Máximo	2	2
Total	6	6

*Nota: Modelos de análisis en dos direcciones x e y.*

**3.3.3. Muestreo**

El muestreo realizado para el desarrollo del estudio de investigación es de tipo no probabilístico por conveniencia.

**3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos****3.4.1. Técnicas de recolección de los datos**

**3.4.1.1. Observación.** Se realizó la inspección In Situ del Módulo administrativo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota, en donde se verifico los componentes estructurales que lo componen a la infraestructura; asimismo se definió el punto de inspección para la toma de muestras para los ensayos de mecánica de suelos, tomas fotográficas que fueron representativas para la investigación.

**3.4.1.2. Revisión documental y normativa vigente.** En la presente investigación se recurrió a la revisión de diferentes fuentes y/o documentos de Ingeniería tales como la Norma E.030, Norma E. 020, Norma E. 050, Reglamento Nacional de Edificaciones 2018, ATC - 40, manual del software OpenSees, manual de

Mecánica de Suelos y la revisión del Expediente Técnico para recolectar datos relevantes para el desarrollo de la investigación.

### 3.4.2. Instrumentos para la recolección de los datos

3.4.2.1. *Cuaderno de campo.* Fue un medio de registro de datos como ubicación de la muestra, características de los elementos estructurales y descripción de las condiciones actuales de la edificación.

3.4.2.2. *Fichas de identificación.* Este medio sirvió para el registro de los datos In Situ de la toma de muestra del estudio de mecánica de suelos.

3.4.2.3. *Formatos de ensayos.* Medios donde se registró los resultados de los ensayos de mecánica de suelos.

3.4.2.4. *Guías de revisión de datos.* Para analizar la información del expediente técnico.

3.4.2.5. *Matriz de comparación.* Medio de cotejo de los resultados.

**Tabla 19**

*Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos*

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
Desempeño estructural	Primaria	Observación	Cuaderno de campo, ficha de identificación y formatos de ensayo.
		Revisión documental y normativa vigente	Guías de revisión de datos
Daño sísmico	Secundaria	Análisis de daño	Matriz de comparación
	Secundaria	Comparación	

### 3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

#### 3.5.1. Proceso de obtención de los datos

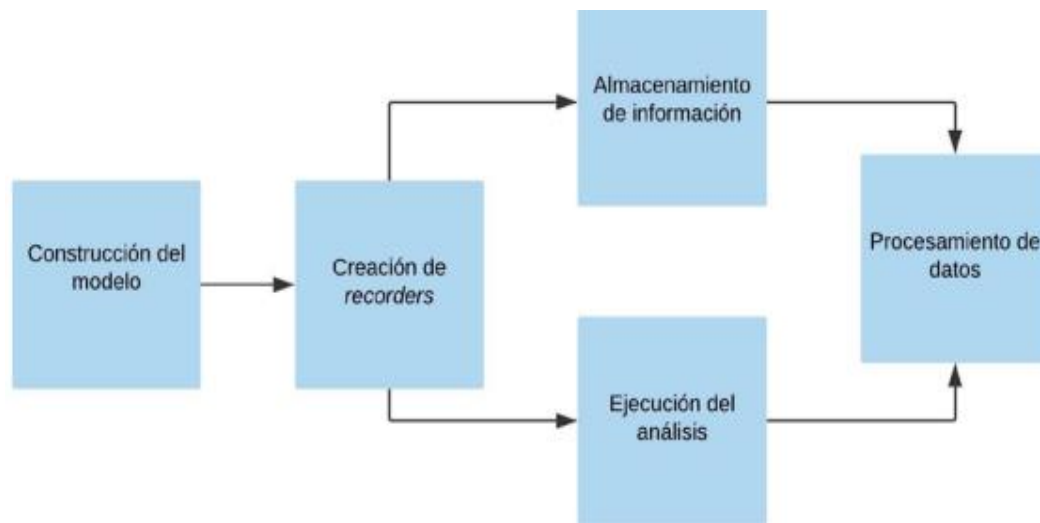
**Modelamiento de la edificación.** Se utilizó el Software OpenSees para el modelamiento de la edificación y realizar el análisis sísmico según la Norma E.

030, asimismo se realizó el método estático no lineal Pushover, para determinar el nivel de desempeño de la estructura.

Según Patiño (2019) Antes de empezar a usar OpenSees es necesario conocer que existen diferentes etapas en la modelación de una estructura y su simulación, las cuales se muestran en la Figura.

**Figura 21**

*Etapas de Modelación y Simulación*



Nota: (Patiño, 2019).

### 3.5.2. *Procesamiento de datos*

El procesamiento se realizó en los softwares computacionales Microsoft Excel 2016 y OpenSees, según la norma E.030 - 2018, ATC - 40, SEAOC 1995, y FEMA 356, para el análisis estático no lineal Pushover, y de esta manera se determinó el punto de desempeño, el cual permitió obtener el nivel de daño para un sismo máximo.

### 3.5.3. *Análisis de datos*

Para determinar el daño sísmico se tuvo en cuenta el registro de un sismo máximo en la dirección X, Y; con los cuales se ha determinado el nivel de desempeño máximo en la estructura.

### **3.6. Aspectos éticos**

El ejercicio de la investigación científica y el uso del conocimiento producido por la ciencia demandan conductas éticas en el investigador y el maestro. Los criterios éticos que, se distinguen en la investigación cuantitativa son (Ann, 2017).

- La investigación debe plantear una intervención que conduzca a mejoras en las condiciones de vida o el bienestar de la población o que produzca conocimiento que pueda abrir oportunidades de superación o solución a problemas, aunque no sea en forma inmediata.
- El valor social o científico debe ser un requisito ético, entre otras razones, por el uso responsable de recursos limitados (esfuerzo, dinero, espacio, tiempo) y el evitar la explotación.
- El contexto en el cual se conducen las investigaciones debe ser respetado obteniendo los debidos permisos para observar y cumplir con acceder al lugar de las reglas del sitio parte de personas autorizadas. En este caso autorización del gerente de la Gerencia Sub Regional de Chota, para el análisis de la edificación.
- Es fundamental reconocer las limitaciones de la investigación y las nuestras propias.
- Los resultados deben reportarse con honestidad.

## CAPÍTULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción de resultados

##### 4.1.1. *Propiedades físicas y mecánicas de suelos.*

**4.1.1.1. Clasificación del suelo.** El suelo de la calicata 1, se describe como una grava arcillosa con 13.84% de humedad, está integrado por 31.21% de arena fina a gruesa y 21.01% de finos de mediana plasticidad, su límite líquido es 40%, límite plástico es 28% y su índice de plasticidad es 14%, se clasifica según AASHTO como A-2-6 (0) y según SUCS como arcilla de mediana plasticidad (GC).

**4.1.1.2. Análisis granulométrico.** Del ensayo granulométrico practicado al suelo de la calicata N° 01 observamos que se trata de una grava arcillosa con apreciable proporción de arena fina a gruesa (31.21%), y una cantidad de finos (21.01%) de mediana plasticidad.

**4.1.1.3. Límite líquido.** Del ensayo de límite líquido practicado al suelo observamos que éste posee un valor de 40%.

**4.1.1.4. Límite plástico.** Del ensayo de límite plástico practicado al suelo observamos que éste posee un valor de 26%.

**4.1.1.5. Índice de plasticidad.** Del ensayo de índice de plasticidad practicado al suelo observamos que éste posee un valor de 14 %.

**4.1.1.6. Contenido de humedad.** Del ensayo de contenido de humedad practicado al suelo observamos que éste posee un valor promedio de 13.84%.

**4.1.1.7. Corte directo.** Las muestras de suelo donde se fundó la infraestructura de la Gerencia Sub Regional de Chota que fueron sometidas al ensayo de corte directo arrojan valores de cohesión 0.28 y ángulo de fricción interna 32.47°.

**4.1.1.8. Capacidad Portante.** La capacidad portante obtenida en el estudio de mecánica de suelos es de 1.85 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### **4.1.2. Modelamiento Estructural en OPENSEES**

**4.1.2.1. Importación de paquetes.** Dado que el Software OPENSEES trabaja con una serie de paquetes que se desarrollan en extensiones, es necesario hacer la importación de éstos ya que son necesarios para el análisis.

### **Figura 22**

*Importación de paquetes.*

```
#####  
#      Import required packages  
#####  
import os  
os.environ['FOR_DISABLE_CONSOLE_CTRL_HANDLER'] = '1'  
import openseespy.opensees as ops  
# import opssection.fibersection as ofs  
import fibersection as ofs  
import numpy as np  
import matplotlib  
matplotlib.use('TkAgg')  
import matplotlib.pyplot as plt  
import opsanalyze.analyze as opa  
import opsvis
```

**4.1.2.2. Propiedades generales.** Antes del modelamiento se definió el nombre del proyecto, unidades para las direcciones “x”, “y”; así como también la altura típica de los niveles, longitud de los ambientes.

### **Figura 23**

*Propiedades generales.*

```
#####  
#      General Properties  
#####  
name_project_ = 'MyProject_xy_'  
# Unit: N-m  
unitconvert = 0.0254 # convert in to m  
# Direction in pushover analysis  
dir_push = 2 # 1: x ; 2: y  
#####  
#      General Properties  
#####  
  
h_story = [3.6, 3.6] # Typical story height(m)
```

```

w_span_x = [6.28, 5.6, 4.08, 4.75, 6.38, 5.9] # Span length(m)
w_span_y = [4.45, 2.9, 4.7] # Span length(m)

D_h = [0.0]
D_span_x = [0.0]
D_span_y = [0.0]

D_h.extend(h_story)
D_span_x.extend(w_span_x)
D_span_y.extend(w_span_y)

D_span_x = np.cumsum(D_span_x)
D_span_y = np.cumsum(D_span_y)
D_h = np.cumsum(D_h)

# exit()

```

**4.1.2.3. Iniciar el modelo.** Esta fase se inicia creando el nuevo modelo y creando el generador de modelos.

**Figura 24**

*Iniciar el modelo.*

```

#####
# Start New Model
#####
ops.wipe()

#####
# Create ModelBuilder (with two-dimensions and 3 DOF/node)
#####
ops.model('basic', '-ndm', 3, '-ndf', 6)

```

**4.1.2.4. Propiedades de los materiales.** Se define las propiedades de los materiales tanto para el muro, para las vigas y columnas.

**Figura 25**

*Propiedades de los materiales.*

```

#####
# Material Properties
#####

# ----- Wall
# Multi-dimensional concrete model.
nStatevs = 40
nProps = 7
matTag_PlaneStress = 1
fc, ft, fcu, epsc0, epscu, epstu, stc = 21e6, 1.75e6, -7.2e6, -0.002, -0.0048, 0.0012, 0.05

```

```
ops.nDMaterial('PlaneStressUserMaterial', matTag_PlaneStress, nStatevs, nProps, fc, ft, fcu,
epsc0, epscu, epstu, stc)
```

```
matTag_Plate = 2
Ec = -2 * fc / epsc0
nu = 0.2
G = Ec / (2 * (1 + nu))
OutOfPlaneShearModulus = G
ops.nDMaterial('PlateFromPlaneStress', matTag_Plate, matTag_PlaneStress,
OutOfPlaneShearModulus)
```

```
matTag_PlaneStress_C = 3 # Confined concrete
fc, ft, fcu, epsc0, epscu, epstu, stc = 21e6, 1.75e6, -7.2e6, -0.0024, -0.024, 0.0012, 0.05
ops.nDMaterial('PlaneStressUserMaterial', matTag_PlaneStress_C, nStatevs, nProps, fc, ft, fcu,
epsc0, epscu, epstu, stc)
```

```
matTag_Plate_C = 4 # Confined concrete
Ec = -2 * fc / epsc0
nu = 0.2
G = Ec / (2 * (1 + nu))
OutOfPlaneShearModulus = G
ops.nDMaterial('PlateFromPlaneStress', matTag_Plate_C, matTag_PlaneStress_C,
OutOfPlaneShearModulus)
```

```
fy = 420e6 #
fu = 580e6 #
Es = 2e11 #
b = 0.01
```

```
R0, cR1, cR2, a1, a2, a3, a4 = 18.0, 0.925, 0.15, 0.0, 1.0, 0.0, 1.0
matTag_Rebar_long = 5
matTag_Rebar_long_ = 50
ops.uniaxialMaterial('Steel02', matTag_Rebar_long_, fy, Es, b, R0, cR1, cR2, a1, a2, a3, a4)
ops.uniaxialMaterial('MinMax', matTag_Rebar_long, matTag_Rebar_long_, '-min', -0.15, '-
max', 0.15)
```

```
matTag_Rebar_trans = 6
matTag_Rebar_trans_ = 60
ops.uniaxialMaterial('Steel02', matTag_Rebar_trans_, fy, Es, b, R0, cR1, cR2, a1, a2, a3, a4)
ops.uniaxialMaterial('MinMax', matTag_Rebar_trans, matTag_Rebar_trans_, '-min', -0.15, '-
max', 0.15)
```

```
# longitudinal reinforced steel angle=90
matTag_PlateRebar_long = 7
sita = 90.0
ops.nDMaterial('PlateRebar', matTag_PlateRebar_long, matTag_Rebar_long, sita)
```

```
# transverse reinforced steel angle=0
matTag_PlateRebar_trans = 8
sita = 0.0
ops.nDMaterial('PlateRebar', matTag_PlateRebar_trans, matTag_Rebar_trans, sita)
```

```
# ----- Beam & Columns
matTag_conc = 9 # UnConfined concrete
fc, epsc, epscu, fct, et, beta = -21e6, -0.002, -0.0048, 1.81e6, 0.0012, 0.85
Ec = 2 * fc / epsc
ops.uniaxialMaterial('Concrete04', matTag_conc, fc, epsc, epscu, Ec, fct, et, beta)
```

```
matTag_conc_c = 10 # Confined concrete
fc, epsc, epscu, fct, et, beta = -21e6, -0.0024, -0.024, 1.81e6, 0.0012, 0.85
```

$E_c = 2 * f_c / \epsilon_{psc}$

ops.uniaxialMaterial('Concrete04', matTag\_conc\_c, fc, epsc, epscu, Ec, fct, et, beta)

**4.1.2.5. Propiedades de las secciones.** En este paso se realiza la codificación de las propiedades de las secciones de: muros, vigas y columnas, teniendo en cuenta las dimensiones detalladas en los planos del expediente técnico.

### Figura 26

*Propiedades de las secciones de los muros.*

```
#####
#           Section Properties
#####
# ----- Wall [Multi-layer Shell element]

# Thickness is divided into n layers (Total thickness = 0.13 m)
#                               layers
# -----
---
# material                      absolute thickness  angle(steel)      material tag
# -----
---
# horizontal reinforcement(0.35%)  0.4e-3           0.0               matTag_PlateRebar_trans
# vertical reinforcement(0.7%)     0.4e-3           90                matTag_PlateRebar_long

t_wall = 0.13 # m
t_v = 0.4e-3
t_h = 0.3e-3
cover = t_wall - t_v - t_h # m
n_cover = 5
t_cover = cover / n_cover
mats = []
for i in range(n_cover):
    mats.extend([matTag_Plate_C, t_cover])

mats.extend(
    [matTag_PlateRebar_long, t_v, matTag_PlateRebar_trans, t_h])

for i in range(n_cover):
    mats.extend([matTag_Plate_C, t_cover])

secTag_wall = 1000
nLayers = n_cover * 2 + 2
ops.section('LayeredShell', secTag_wall, nLayers, *mats)
#

framesectios = []
```

## Figura 27

*Propiedades de las secciones de las columnas.*

```
# ----- Columns
secTag_col_C = 1
h_ = 0.5 # m
w_ = 0.3 # m
cover = 0.04 # m
Col_C = ofs.RcRectColumn('Column_C1', secTag_col_C, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc,
barmat=matTag_Rebar_long, h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert
* 5 / 8,
ybarnum=1, zbard=unitconvert * 5 / 8, zbarnum=1, cbard=unitconvert * 5 /
8, Nh=25,
Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Col_C)

secTag_col_M = 2
h_ = 0.5 # m
w_ = 0.3 # m
cover = 0.04 # m
Col_M = ofs.RcRectColumn('Column_M', secTag_col_M, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc,
barmat=matTag_Rebar_long, h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert
* 5 / 8,
ybarnum=1, zbard=unitconvert * 1 / 2, zbarnum=1, cbard=unitconvert * 5 /
8, h=25,
Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Col_M)

secTag_col_wall = 2000
h_ = 0.25 # m
w_ = 0.13 # m
cover = 0.04 # m
col_wall = ofs.RcRectColumn('Column_wall', secTag_col_wall, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc,
barmat=matTag_Rebar_long, h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=0.01,
ybarnum=0, zbard=0.01, zbarnum=0, cbard=unitconvert * 1 / 2, Nh=20,
Nw=10, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(col_wall)
#
```

## Figura 28

*Propiedades de las secciones de las vigas.*

```
## ----- Beams
h_ = 0.45 # m
w_ = 0.3 # m
cover = 0.04 # m
#
secTag_beam_1 = 3
Beam_frame_1 = ofs.RcRectBeam('Beam_frame_1', secTag_beam_1,
coremat=matTag_conc_c, covermat=matTag_conc, barmat=matTag_Rebar_long,
h=h_, w=w_, cover=cover, topbard=unitconvert * 5 / 8, topbarnum=4,
```

```
botbard=unitconvert * 3 / 4, botbarnum=2, Nh=25, Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Beam_frame_1)
```

```
secTag_beam_2 = 4
Beam_frame_2 = ofs.RcRectBeam('Beam_frame_2', secTag_beam_2,
coremat=matTag_conc_c, covermat=matTag_conc, barmat=matTag_Rebar_long,
h=h_, w=w_, cover=cover, topbard=unitconvert * 3 / 4, topbarnum=4,
botbard=unitconvert * 17 / 24, botbarnum=3, Nh=25, Nw=20, gj=0.0025 *
G)
framesectios.append(Beam_frame_2)
```

```
secTag_beam_3 = 5
Beam_frame_3 = ofs.RcRectBeam('Beam_frame_3', secTag_beam_3,
coremat=matTag_conc_c, covermat=matTag_conc, barmat=matTag_Rebar_long,
h=h_, w=w_, cover=cover, topbard=unitconvert * 17 / 24, topbarnum=3,
botbard=unitconvert * 17 / 24, botbarnum=3, Nh=25, Nw=20, gj=0.0025 *
G)
framesectios.append(Beam_frame_3)
```

```
secTag_beam_4 = 6
Beam_frame_4 = ofs.RcRectBeam('Beam_frame_4', secTag_beam_4,
coremat=matTag_conc_c, covermat=matTag_conc, barmat=matTag_Rebar_long,
h=h_, w=w_, cover=cover, topbard=unitconvert * 11 / 16, topbarnum=4,
botbard=unitconvert * 3 / 4, botbarnum=2, Nh=25, Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Beam_frame_4)
```

```
secTag_beam_T = 7
Beam_frame_T = ofs.RcRectColumn('Beam_frame_T', secTag_beam_T,
coremat=matTag_conc_c, covermat=matTag_conc,
barmat=matTag_Rebar_long,
h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert * 3/8, ybarnum=1, zbard=1,
zbarnum=0, cbard=unitconvert * 5/8,
Nh=25, Nw=20
, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Beam_frame_T)
```

```
secTag_beam_U = 8
Beam_frame_U = ofs.RcRectColumn('Beam_frame_U', secTag_beam_U,
coremat=matTag_conc_c, covermat=matTag_conc,
barmat=matTag_Rebar_long,
h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert * 3/8, ybarnum=1,
zbard=unitconvert * 1/2, zbarnum=1, cbard=unitconvert * 5/8,
Nh=25, Nw=20
, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Beam_frame_U)
```

```
secTag_beam_VWXZ = 9
Beam_frame_VWXZ = ofs.RcRectColumn('Beam_frame_VWXZ', secTag_beam_VWXZ,
coremat=matTag_conc_c, covermat=matTag_conc,
barmat=matTag_Rebar_long,
h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert * 3/8, ybarnum=1, zbard=1,
zbarnum=0, cbard=unitconvert * 5/8,
Nh=25, Nw=20
, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Beam_frame_VWXZ)
```

```
for sec in framesectios:
```

```

ofs.CreateOpsSection(sec, ops)
# sec.PrintCommand()

# plot_frsections:
# ofs.setmatcolors(matTag_Rebar_long, 'm', matTag_conc, '0.9', matTag_conc_c, '0.7')
# for sec in framesections:
#   ofs.DrawSection(sec)
#   plt.show()
# #
# exit()

```

**4.1.2.6. Creación de nodos.** Seguidamente se realizó la creación de los nodos teniendo en cuenta los marcos que se generan al unir vigas y columnas.

### Figura 29

*Creación de nodos.*

```

#####
#       Create nodes
#####
nodes_base = []
nodes_story1_all = []
nodes_story2_all = []
nodetag = 1
for h in D_h:
    for y in D_span_y:
        for x in D_span_x:
            ops.node(nodetag, x, y, h)
            if h == D_h[0]:
                nodes_base.append(nodetag)
            elif h == D_h[1]:
                nodes_story1_all.append(nodetag)
            else:
                nodes_story2_all.append(nodetag)

        nodetag += 1

#####
# Columns
#####
numIntgrPts = 5
transfTag = 1
vecxz = [-1.0, 0.0, 0.0]
ops.geomTransf('PDelta', transfTag, *vecxz)
eleTag = 1

for i in range(len(nodes_base)):
    node_i = nodes_base[i]
    node_j = nodes_story1_all[i]
    if node_i in [6, 7, 22, 23]:
        continue
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_col_C,
transfTag)
    eleTag = eleTag + 1

```

```

for i in range(len(nodes_story1_all)):
    node_i = nodes_story1_all[i]
    node_j = nodes_story2_all[i]
    if node_i in [6+28, 7+28, 22+28, 23+28]:
        continue
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_col_C,
transfTag)
    eleTag = eleTag + 1

#####
# Beams
#####
frame_14_story1 = []
frame_14_story2 = []
frame_23_story1 = []
frame_23_story2 = []
frame_TZ_story1 = []
frame_TZ_story2 = []
frame_UVWXY_story1 = []
frame_UVWXY_story2 = []

numIntgrPts = 5
transfTag_beam_x = 2
vecxz = [0.0, 1.0, 0.0]
ops.geomTransf('Linear', transfTag_beam_x, *vecxz)

```

### Figura 30

*Creación de nodos en los marcos 1, 2, 3 y 4.*

```

# Frame 1 ; section: Beam_frame_1

nodes_story1 = range(29,36)
nodes_story2 = range(57,64)
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    if node_i != 33:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_1, transfTag_beam_x)
        frame_14_story1.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    if node_i != 61:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_1, transfTag_beam_x)
        frame_14_story2.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1

# Frame 2 ; section: Beam_frame_2
nodes_story1 = range(8+28,15+28)
nodes_story2 = range(8+28+28,15+28+28)
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_3,
transfTag_beam_x)
    frame_23_story1.append(eleTag)

```

```

    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_3,
transfTag_beam_x)
    frame_23_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

# Frame 3 ; section: Beam_frame_3
nodes_story1 = range(15+28,22+28)
nodes_story2 = range(15+28+28,22+28+28)
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_3,
transfTag_beam_x)
    frame_23_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_3,
transfTag_beam_x)
    frame_23_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

# Frame 4 ; section: Beam_frame_4
nodes_story1 = range(22+28,29+28)
nodes_story2 = range(22+28+28,29+28+28)
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    if node_i != 51:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_4, transfTag_beam_x)
        frame_14_story1.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    if node_i != 51+28:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_4, transfTag_beam_x)
        frame_14_story2.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1

```

### Figura 31

*Creación de nodos en los marcos T, U, V y W.*

```

# Frame T ; section: Beam_frame_T
numIntgrPts = 5
transfTag_beam_z = 3
vecxz = [-1.0, 0.0, 0.0]
ops.geomTransf('Linear', transfTag_beam_z, *vecxz)
nodes_story1 = [1 + 28, 8 + 28, 15 + 28, 22 + 28]
nodes_story2 = [1 + 56, 8 + 56, 15 + 56, 22 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    if node_i != 15 + 28:

```

```

ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_T, transfTag_beam_z)
frame_TZ_story1.append(eleTag)
eleTag = eleTag + 1

node_i = nodes_story2[i]
node_j = nodes_story2[i + 1]
if node_i != 15 + 28 + 28:
ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_T, transfTag_beam_z)
frame_TZ_story2.append(eleTag)
eleTag = eleTag + 1

# Frame U ; section: Beam_frame_U
nodes_story1 = [2 + 28, 9 + 28, 16 + 28, 23 + 28]
nodes_story2 = [2 + 56, 9 + 56, 16 + 56, 23 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
node_i = nodes_story1[i]
node_j = nodes_story1[i + 1]
ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_U,
transfTag_beam_z)
frame_UVWXYZ_story1.append(eleTag)
eleTag = eleTag + 1
node_i = nodes_story2[i]
node_j = nodes_story2[i + 1]
ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_U,
transfTag_beam_z)
frame_UVWXYZ_story2.append(eleTag)
eleTag = eleTag + 1

# Frame V ; section: Beam_frame_V
nodes_story1 = [3 + 28, 10 + 28, 17 + 28, 24 + 28]
nodes_story2 = [3 + 56, 10 + 56, 17 + 56, 24 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
node_i = nodes_story1[i]
node_j = nodes_story1[i + 1]
ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXYZ, transfTag_beam_z)
frame_UVWXYZ_story1.append(eleTag)
eleTag = eleTag + 1
node_i = nodes_story2[i]
node_j = nodes_story2[i + 1]
ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXYZ, transfTag_beam_z)
frame_UVWXYZ_story2.append(eleTag)
eleTag = eleTag + 1

# Frame W ; section: Beam_frame_W
nodes_story1 = [4 + 28, 11 + 28, 18 + 28, 25 + 28]
nodes_story2 = [4 + 56, 11 + 56, 18 + 56, 25 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
node_i = nodes_story1[i]
node_j = nodes_story1[i + 1]
ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXYZ, transfTag_beam_z)
frame_UVWXYZ_story1.append(eleTag)
eleTag = eleTag + 1
node_i = nodes_story2[i]
node_j = nodes_story2[i + 1]

```

```

ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXZ, transfTag_beam_z)
frame_UVWXY_story2.append(eleTag)
eleTag = eleTag + 1

```

### Figura 32

*Creación de nodos en los marcos X, Y, Z.*

```

# Frame X ; section: Beam_frame_X
nodes_story1 = [5 + 28, 12 + 28, 19 + 28, 26 + 28]
nodes_story2 = [5 + 56, 12 + 56, 19 + 56, 26 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXZ, transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXZ, transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

```

```

# Frame Y ; section: Beam_frame_Y
nodes_story1 = [6 + 28, 13 + 28, 20 + 28, 27 + 28]
nodes_story2 = [6 + 56, 13 + 56, 20 + 56, 27 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXZ, transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXZ, transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

```

```

# Frame Z ; section: Beam_frame_Z
nodes_story1 = [7 + 28, 14 + 28, 21 + 28, 28 + 28]
nodes_story2 = [7 + 56, 14 + 56, 21 + 56, 28 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    if node_i != 7 + 28:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXZ, transfTag_beam_z)
        frame_TZ_story1.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    if node_i != 7 + 28 + 28:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts,
secTag_beam_VWXZ, transfTag_beam_z)
        frame_TZ_story2.append(eleTag)

```

eleTag = eleTag + 1

**4.1.2.7. Creación de los muros.** Para la creación de los muros se trabajó en un archivo nuevo teniendo en cuenta los planos del expediente técnico, luego se importó al modelo principal.

### Figura 33

*Creación de muros.*

```
#####  
# Create walls  
#####  
import Wall_xy  
Nh, Nl = 12, 6  
xyzi, xyzj, xyzk, xyzl = [0.0, 12.05 - 3.25, 0.0], [0.0, 12.05, 0.0], [0.0, 12.05, D_h[2]], [0.0, 12.05  
- 3.25, D_h[2]]  
node_col_i, node_col_m, node_col_j = 22, 22+28, 22+28 +28  
node_beam_1,node_beam_2 = 15+28, 15+28+28  
sec_wall, sec_col, sec_beam = secTag_wall, secTag_col_M, secTag_beam_T  
transfTag_col, transfTag_beam = transfTag, transfTag_beam_z  
numIntgrPts = 5  
  
nodes_base_, nodes_story1, nodes_story2 = Wall_xy.createwall(ops, xyzi, xyzj, xyzk, xyzl, Nh,  
Nl, node_col_i, node_col_m, node_col_j,node_beam_1,node_beam_2,  
sec_wall, sec_col, secTag_col_wall, sec_beam, transfTag_col, transfTag_beam,  
numIntgrPts, createwall=True)  
nodes_base.extend(nodes_base_)  
nodes_story1_all.extend(nodes_story1)  
nodes_story2_all.extend(nodes_story2)  
  
xyzi, xyzj, xyzk, xyzl = [8.93, 12.05, 0.0], [6.28, 12.05, 0.0], [6.28, 12.05, D_h[2]], [68.93, 12.05,  
D_h[2]]  
node_col_i, node_col_m, node_col_j = 23, 23+28, 23+28+28  
node_beam_1,node_beam_2 = 24+28, 24+28+28  
sec_wall, sec_col, sec_beam = secTag_wall, secTag_col_M, secTag_beam_4  
transfTag_col, transfTag_beam = transfTag, transfTag_beam_x  
numIntgrPts = 5  
  
nodes_base_, nodes_story1, nodes_story2 = Wall_xy.createwall(ops, xyzi, xyzj, xyzk, xyzl, Nh,  
Nl, node_col_i, node_col_m, node_col_j,node_beam_1,node_beam_2,  
sec_wall, sec_col, secTag_col_wall, sec_beam, transfTag_col, transfTag_beam,  
numIntgrPts, createwall=True)  
nodes_base.extend(nodes_base_)  
nodes_story1_all.extend(nodes_story1)  
nodes_story2_all.extend(nodes_story2)  
  
xyzi, xyzj, xyzk, xyzl = [24.3, 0.0, 0.0], [D_span_x[-2], 0.0, 0.0], [D_span_x[-2], 0.0, D_h[2]],  
[24.3, 0.0, D_h[2]]  
node_col_i, node_col_m, node_col_j = 6, 6+28, 6+2*28  
node_beam_1,node_beam_2 = 5+28, 5+2*28  
sec_wall, sec_col, sec_beam = secTag_wall, secTag_col_M, secTag_beam_1  
transfTag_col, transfTag_beam = transfTag, transfTag_beam_x  
numIntgrPts = 5
```

```

nodes_base_, nodes_story1, nodes_story2 = Wall_xy.createwall(ops, xyzi, xyzj, xyzk, xyzl, Nh,
Nl, node_col_i, node_col_m, node_col_j, node_beam_1, node_beam_2,
sec_wall, sec_col, secTag_col_wall, sec_beam, transfTag_col, transfTag_beam,
numIntgrPts, createwall=True)
nodes_base.extend(nodes_base_)
nodes_story1_all.extend(nodes_story1)
nodes_story2_all.extend(nodes_story2)

```

```

xyzi, xyzj, xyzk, xyzl = [D_span_x[-1], 3.25, 0.0], [D_span_x[-1], 0.0, 0.0], [D_span_x[-1], 0.0,
D_h[2]], [D_span_x[-1], 3.25, D_h[2]]
node_col_i, node_col_m, node_col_j = 7, 7+28, 7+2*28
node_beam_1, node_beam_2 = 14+28, 14+2*28
sec_wall, sec_col, sec_beam = secTag_wall, secTag_col_M, secTag_beam_VWXZ
transfTag_col, transfTag_beam = transfTag, transfTag_beam_z
numIntgrPts = 5

```

```

nodes_base_, nodes_story1, nodes_story2 = Wall_xy.createwall(ops, xyzi, xyzj, xyzk, xyzl, Nh,
Nl, node_col_i, node_col_m, node_col_j, node_beam_1, node_beam_2,
sec_wall, sec_col, secTag_col_wall, sec_beam, transfTag_col, transfTag_beam,
numIntgrPts, createwall=True)
nodes_base.extend(nodes_base_)
nodes_story1_all.extend(nodes_story1)
nodes_story2_all.extend(nodes_story2)

```

**4.1.2.8. Condición de soporte.** Se realizó la configuración para la condición de soporte.

**Figura 34**

*Condición de soporte.*

```

#####
# Support Condition
#####
ops.fixZ(0.0, 1, 1, 1, 1, 1)

```

**4.1.2.9. Diafragma rígido.** Seguidamente se realizó la programación del diafragma

rígido tanto para el piso 1 y para el piso 2.

**Figura 35**

*Diafragma rígido.*

```

#####
# Rigid diaphragm
#####
# Story 1
xc = D_span_x[-1] / 2
yc = D_span_y[-1] / 2
zc = D_h[1]
rNodeTag_1 = 50000
ops.node(rNodeTag_1, xc, yc, zc)
ops.fix(rNodeTag_1, 0, 0, 1, 1, 1, 0)
perpDirn = 3
ops.rigidDiaphragm(perpDirn, rNodeTag_1, *nodes_story1_all)

```

```

# Story 2
xc = D_span_x[-1] / 2
yc = D_span_y[-1] / 2
zc = D_h[2]
rNodeTag_2 = 100000
ops.node(rNodeTag_2, xc, yc, zc)
ops.fix(rNodeTag_2, 0, 0, 1, 1, 1, 0)
perpDirn = 3
ops.rigidDiaphragm(perpDirn, rNodeTag_2, *nodes_story2_all)

```

**4.1.2.10. Plotear o visualizar el modelo.** Una vez realizado todos los pasos anteriores se corre el programa y con ello obtenemos la configuración de la estructura en 3D.

**Figura 36**

*Plotear modelo.*

```

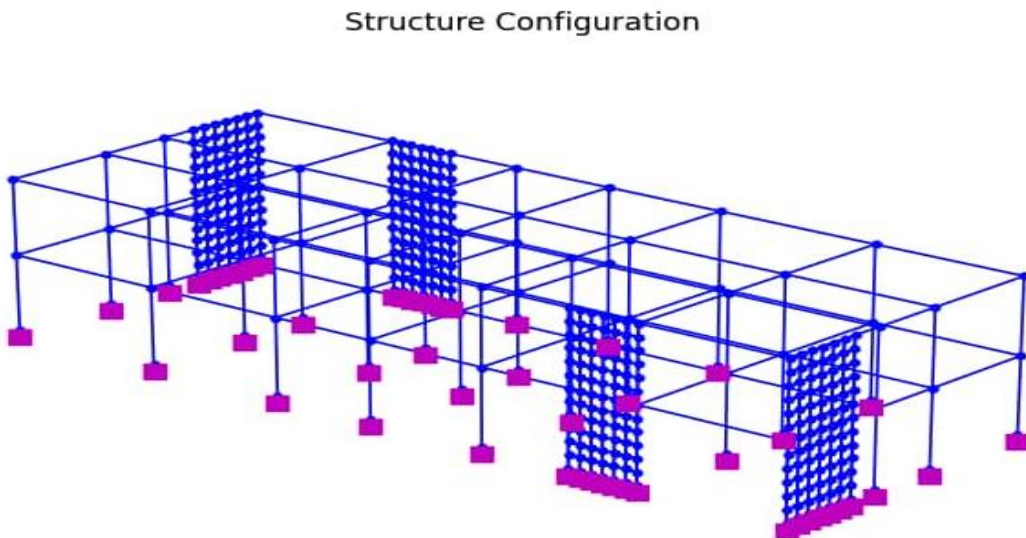
#####
#          plot model
#####
opsvis.plot_model(node_labels=0, element_labels=0, axis_off=1, gauss_points=False,
local_axes=False)
plt.axis('equal')
plt.axis('off')
plt.title('Structure Configuration')
plt.show()
exit()

```

**4.1.2.11. Modelo en 3D.** Vista del modelo de la configuración de la estructura en 3D.

**Figura 37**

*Configuración de la Estructura en 3D*

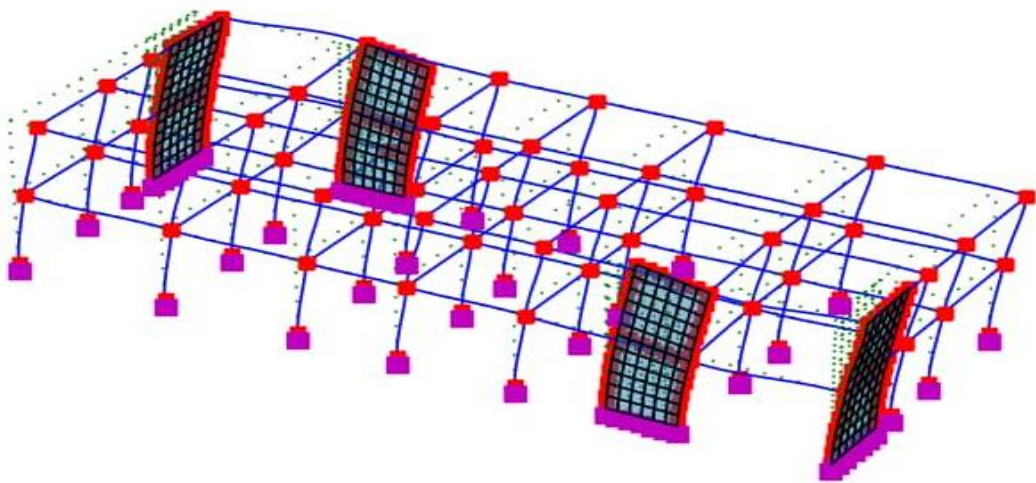


**4.1.2.12. Análisis modal.** Se realizó, la asignación de cargas a los elementos estructurales y asignación de masa a la estructura, de donde se hizo el análisis modal para tres modos de vibración de la estructura: modo 1 tiempo = 0.237, modo 2 tiempo = 0.191 y modo 3 tiempo = 0.065 minutos. Se aprecia en las figuras 38, 39 y 40.

**Figura 38**

*Modo de vibración 1*

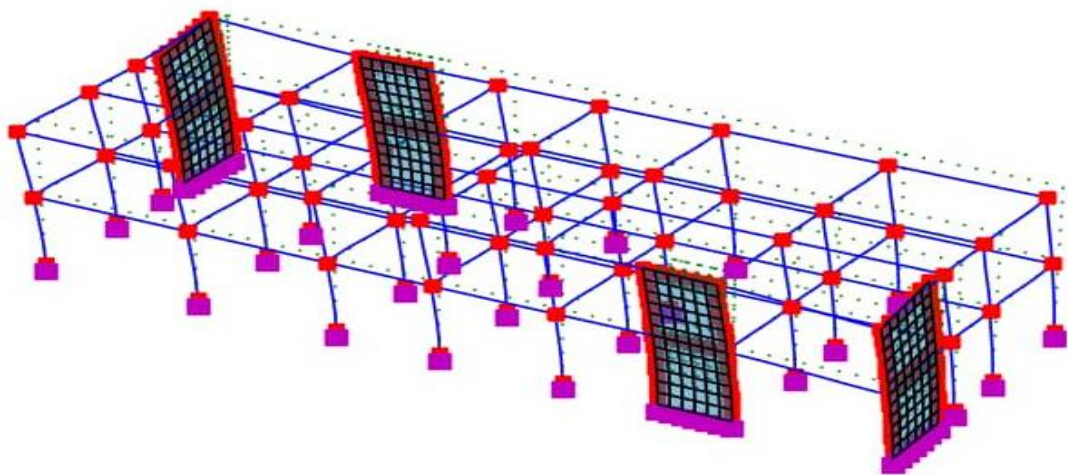
Mode: 1 T = 0.237



**Figura 39**

*Modo de vibración 2.*

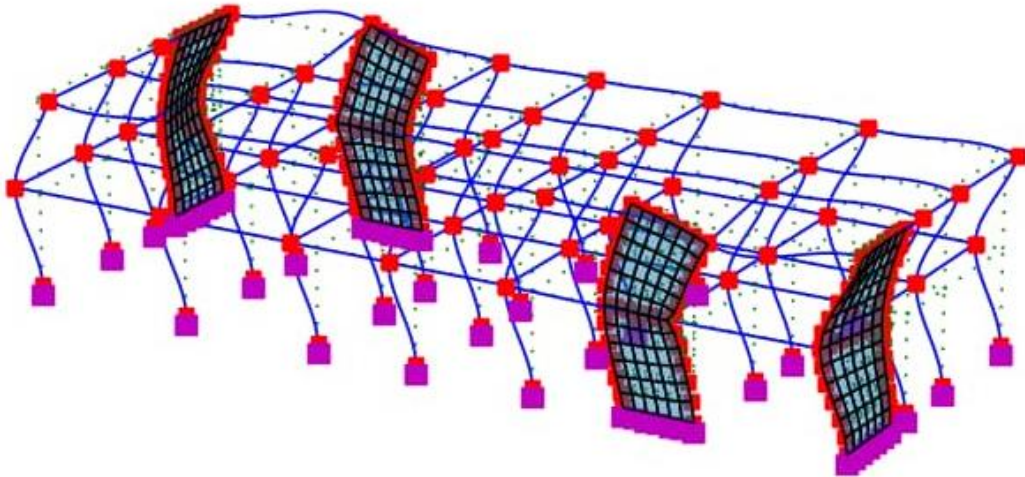
Mode: 2 T = 0.191



**Figura 40**

*Modo de vibración 3.*

Mode: 3 T = 0.065



**4.1.2.13. Análisis Pushover.** Se realizó el análisis gravitacional seguidamente la asignación de cargas laterales monótonicamente programadas en OpenSees, hasta que la estructura llegue al colapso.

**Figura 41**

*Análisis Pushover*

```
#####  
# Pushover Analysis  
#####  
# Lateral lading  
F = [30000, 60000]  
  
ops.timeSeries('Linear', 3)  
ops.pattern('Plain', 3, 3)  
  
if dir_push == 1:  
  ops.load(rNodeTag_1, F[0], 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)  
  ops.load(rNodeTag_2, F[1], 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)  
  cdof = 1  
else:  
  ops.load(rNodeTag_1, 0.0, F[0], 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)  
  ops.load(rNodeTag_2, 0.0, F[1], 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)  
  cdof = 2
```

**4.1.2.14. Resultados del Análisis Pushover.** Una vez analizada la estructura, el resultado es la curva de capacidad de dicha estructura, la cual relaciona desplazamiento en

el techo versus cortante en la base, para la dirección X se obtuvo 225 pasos con sus respectivos valores lo cual se aprecia en la tabla 20 y para la dirección Y se obtuvo 284 pasos lo cual se aprecia en la tabla 21; con dichos datos se realizará el análisis para ubicar el punto y con ello ver el desempeño estructural de dicha estructura.

## Figura 42

### Resultados de Análisis Pushover

```
#####
###      Pushover Monotonic
#####
dir_push =2 # 1: x ; 2: y
name_project = 'MyProject_xy'
output = 'output_push' + '_' + str(dir_push) + 'withwall'
file_excel = 'Push.xlsx'
sheet_name = 'Push_Mono' + '_' + str(dir_push)

file_Displacement = name_project + "\\" + output + "\\" + "Disp.feather"
file_Reaction = name_project + "\\" + output + "\\" + "Reaction.feather"
tag_floor = 100000
tags_base = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,
26, 27, 28, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2330, 2331, 2332,
2333, 2334, 2335, 4393, 4394, 4395, 4396, 4397, 4398]
df_push      =      opa.resp_baseshear(file_resp=file_Displacement,      file_reaction=file_Reaction,
tag_resp=tag_floor, tags_base=tags_base,
                                dof_resp=dir_push, dof_force=dir_push, scfactor_resp=100,
scfactor_force=0.001, sendtoexcel='y',
                                file_path=file_excel, sheet_name=sheet_name)

# print(df_push)
fig_Push_Mono = plt.figure(dpi=200)
ax_Push_Mono = plt.axes()
opa.plot_resp_baseshear(ax=ax_Push_Mono, df_resp_base=df_push, xlabel='Roof Disp[cm]',
ylabel='Base Shear[KN]',
                        title='Pushover Monotonic[y]', linewidth=2.0, color='k', grid=True)

#
plt.show()
exit()
```

## Tabla 20

### Resultados del análisis pushover dirección X.

PASO	DESPLAZAMIENTO (CM)	CORTANTE BASAL (TNF)
0	0	0
1	0.251725633	54.63738118
2	0.501725633	85.69702463
3	0.751725633	90.98619387
4	1.001725633	95.70857216
5	1.251725633	106.437532

6	1.501725633	114.0482792
7	1.751725633	122.877307
8	2.001725633	126.7002893
9	2.251725633	128.2221336
10	2.501725633	135.4403395
11	2.751725633	141.7788962
12	3.001725633	147.5454629
13	3.251725633	153.2504025
14	3.501725633	157.965649
15	3.751725633	162.3452426
16	4.001725633	164.9151376
17	4.251725633	166.2568085
18	4.501725633	170.2795715
19	4.751725633	172.9859797
20	5.001725633	177.7824618
21	5.251725633	181.3719395
22	5.501725633	184.5468554
23	5.751725633	187.6182854
24	6.001725633	190.8103829
25	6.251725633	193.3480976
26	6.501725633	196.2058514
27	6.751725633	198.9927184
28	7.001725633	200.9834582
29	7.251725633	202.7278996
30	7.501725633	204.7421411
31	7.751725633	206.6769592
32	8.001725633	208.5269127
33	8.251725633	210.3476949
34	8.501725633	212.0659724
35	8.751725633	213.6644064
36	9.001725633	215.2437645
37	9.251725633	216.8291116
38	9.501725633	218.2123
39	9.751725633	219.6238461
40	10.00172563	218.7953482
41	10.25172563	220.1005431
42	10.50172563	221.2293587
43	10.75172563	224.3931169
44	11.00172563	223.3922091
45	11.25172563	224.9116901
46	11.50172563	225.6287246
47	11.75172563	226.97797
48	12.00172563	227.3062608
49	12.25172563	228.3336746
50	12.50172563	229.3129622
51	12.75172563	230.3226638
52	13.00172563	231.2689239
53	13.25172563	232.4919186
54	13.50172563	233.2487953
55	13.75172563	234.2539333
56	14.00172563	235.3654625
57	14.25172563	236.3880546
58	14.50172563	237.4676095
59	14.75172563	238.1278846
60	15.00172563	239.0960601
61	15.25172563	240.2694097
62	15.50172563	241.1434081
63	15.75172563	241.6534713
64	16.00172563	242.5937602

65	16.25172563	243.3551545
66	16.50172563	243.7800207
67	16.75172563	244.7548149
68	17.00172563	245.4971213
69	17.25172563	246.2653458
70	17.50172563	246.8205397
71	17.75172563	247.5292006
72	18.00172563	248.3066783
73	18.25172563	248.9123789
74	18.50172563	249.7072826
75	18.75172563	250.2569735
76	19.00172563	250.7952434
77	19.25172563	251.4695916
78	19.50172563	251.9967578
79	19.75172563	252.2381379
80	20.00172563	252.1961636
81	20.25172563	252.4823638
82	20.37672563	255.7413553
83	20.50172563	249.9994452
84	20.62672563	253.2735592
85	20.75172563	255.3392862
86	20.87672563	250.7947652
87	21.00172563	254.6490135
88	21.12672563	252.5893668
89	21.18922563	254.2630555
90	21.25172563	255.0811382
91	21.31422563	255.77298
92	21.37672563	256.183382
93	21.43922563	256.5207449
94	21.50172563	250.7754216
95	21.56422563	253.6953192
96	21.62672563	255.3558159
97	21.68922563	256.2617649
98	21.75172563	256.4252333
99	21.87672563	254.0710116
100	22.00172563	252.7642307
101	22.12672563	256.1757802
102	22.25172563	251.7000713
103	22.37672563	255.4893519
104	22.50172563	257.9243928
105	22.62672563	252.3869352
106	22.75172563	256.4563437
107	22.87672563	259.0210306
108	23.00172563	254.9283488
109	23.25172563	255.449862
110	23.50172563	256.1691747
111	23.75172563	257.2158645
112	24.00172563	255.8411501
113	24.25172563	256.0084786
114	24.37672563	259.966827
115	24.39235063	258.8333922
116	24.40797563	258.5127784
117	24.42360063	258.430596
118	24.43922563	258.3064194
119	24.45485063	258.0617365
120	24.47047563	257.8195974
121	24.48610063	257.6099156
122	24.50172563	257.4257912
123	24.51735063	257.2566151

124	24.53297563	257.1536941
125	24.56422563	257.7210423
126	24.59547563	258.0839149
127	24.62672563	258.3238141
128	24.65797563	258.6369474
129	24.68922563	258.7141622
130	24.72047563	258.9285672
131	24.75172563	258.9881589
132	24.78297563	259.0436013
133	24.81422563	259.1373925
134	24.84547563	259.1995392
135	24.90797563	259.7719151
136	24.97047563	260.5786665
137	25.03297563	260.9883859
138	25.09547563	261.4073006
139	25.15797563	261.8580764
140	25.22047563	262.1674831
141	25.28297563	262.5222575
142	25.34547563	262.5065231
143	25.40797563	254.7799461
144	25.47047563	256.3174437
145	25.59547563	259.9836811
146	25.72047563	256.2851331
147	25.84547563	259.7522867
148	25.97047563	258.0033265
149	26.09547563	261.418213
150	26.22047563	257.9095711
151	26.34547563	261.2853047
152	26.47047563	259.5599851
153	26.59547563	262.9213494
154	26.72047563	260.9369503
155	26.97047563	261.0148716
156	27.22047563	259.2349968
157	27.47047563	260.1667142
158	27.72047563	261.4147798
159	27.97047563	262.0247385
160	28.22047563	262.2322058
161	28.47047563	262.8789384
162	28.72047563	265.0391549
163	28.97047563	264.5420859
164	29.22047563	264.1615139
165	29.47047563	263.739092
166	29.72047563	264.1794888
167	29.97047563	264.9062253
168	30.09547563	267.7626778
169	30.22047563	265.9663923
170	30.34547563	268.5277296
171	30.47047563	264.649914
172	30.59547563	268.2364666
173	30.72047563	266.2813824
174	30.84547563	269.1688456
175	30.97047563	267.3351318
176	31.09547563	270.0806506
177	31.22047563	267.7561438
178	31.47047563	268.0726133
179	31.72047563	267.2061869
180	31.97047563	267.5583081
181	32.22047563	269.1244492
182	32.47047563	267.9665146

183	32.72047563	264.5167594
184	32.97047563	268.3548855
185	33.22047563	269.7123291
186	33.47047563	269.6165677
187	33.72047563	270.4289969
188	33.97047563	269.7111883
189	34.22047563	270.3662237
190	34.47047563	270.695477
191	34.72047563	273.8346214
192	34.97047563	272.5000747
193	35.22047563	270.7902764
194	35.47047563	274.727712
195	35.72047563	272.5258766
196	35.97047563	269.834326
197	36.22047563	274.3048537
198	36.47047563	274.2850083
199	36.72047563	273.4345531
200	36.97047563	276.8108909
201	37.22047563	276.8075612
202	37.47047563	278.7035425
203	37.72047563	279.6683837
204	37.97047563	278.0175421
205	38.22047563	277.3387144
206	38.47047563	277.9522625
207	38.72047563	279.9466113
208	38.97047563	279.0735198
209	39.22047563	277.7187538
210	39.47047563	278.8533828
211	39.72047563	286.9260572
212	39.97047563	257.0818251
213	40.22047563	249.5571535
214	40.47047563	252.2436666
215	40.72047563	251.576562
216	40.97047563	256.175639
217	41.22047563	255.3421888
218	41.47047563	257.9787525
219	41.72047563	256.3674161
220	41.97047563	260.4287845
221	42.22047563	258.4817816
222	42.47047563	259.2535993
223	42.72047563	259.5492178
224	42.97047563	250.4303978
225	43.20172563	250.0402216

**Tabla 21**

*Resultados del análisis pushover dirección Y.*

PASO	DESPLAZAMIENTO (CM)	CORTANTE BASAL (TNF)
1	0	0
2	0.123823294	55.46560775
3	0.248823294	93.43043377
4	0.373823294	94.02696062
5	0.498823294	99.32791087
6	0.623823294	107.0934289
7	0.748823294	116.9887724
8	0.873823294	127.6224566

9	0.998823294	134.2389058
10	1.123823294	141.88087
11	1.248823294	148.6831026
12	1.498823294	168.8749517
13	1.748823294	179.1675769
14	1.998823294	190.2473185
15	2.248823294	197.9752723
16	2.373823294	197.44027
17	2.498823294	202.2668378
18	2.623823294	206.9580516
19	2.748823294	210.934375
20	2.873823294	214.4982229
21	2.998823294	217.7176342
22	3.123823294	220.6647242
23	3.248823294	223.2975903
24	3.373823294	225.8732886
25	3.498823294	230.4106265
26	3.748823294	232.3757675
27	3.811323294	238.4343164
28	3.873823294	242.417491
29	3.936323294	236.1754032
30	3.998823294	242.1445386
31	4.061323294	245.8472464
32	4.123823294	248.3769821
33	4.186323294	240.7418296
34	4.248823294	245.8070173
35	4.311323294	249.580329
36	4.373823294	242.9567175
37	4.498823294	245.4005899
38	4.623823294	247.2824952
39	4.748823294	249.3347448
40	4.873823294	250.9029744
41	4.998823294	252.6599745
42	5.123823294	254.3541465
43	5.248823294	255.983042
44	5.373823294	257.225124
45	5.498823294	259.0671999
46	5.623823294	260.2785118
47	5.873823294	261.9330952
48	6.123823294	265.0586935
49	6.248823294	266.3021917
50	6.373823294	274.6449141
51	6.498823294	270.7936334
52	6.623823294	271.2550613
53	6.748823294	279.3714142
54	6.873823294	274.6708075
55	6.998823294	275.788568
56	7.123823294	275.997487
57	7.248823294	277.2189076
58	7.373823294	276.8621538
59	7.623823294	280.9862692
60	7.873823294	283.0096902
61	8.123823294	283.1641862
62	8.373823294	283.4620359
63	8.623823294	286.5679642
64	8.873823294	287.125184
65	9.123823294	289.9105015
66	9.373823294	290.6851596
67	9.623823294	291.0299063

68	9.873823294	291.4676985
69	10.12382329	294.307664
70	10.37382329	294.3720657
71	10.62382329	294.809539
72	10.87382329	296.267571
73	11.12382329	293.5183141
74	11.37382329	297.5931108
75	11.62382329	299.0788813
76	11.87382329	303.7385133
77	12.12382329	298.7270006
78	12.37382329	303.4994777
79	12.62382329	297.9202306
80	12.87382329	305.3658221
81	13.12382329	303.0567695
82	13.37382329	307.9698917
83	13.62382329	300.8240573
84	13.87382329	306.141448
85	14.12382329	310.9287042
86	14.37382329	305.1828489
87	14.62382329	309.1193797
88	14.87382329	304.5956754
89	15.12382329	310.5622129
90	15.37382329	315.9191502
91	15.62382329	318.2954113
92	15.87382329	319.8662842
93	16.12382329	307.335049
94	16.37382329	316.1392427
95	16.62382329	321.5206283
96	16.87382329	313.2125686
97	17.12382329	320.2590906
98	17.37382329	322.7353294
99	17.62382329	322.0622945
100	17.87382329	322.3939921
101	18.12382329	321.8317789
102	18.37382329	323.3944366
103	18.62382329	325.0065718
104	18.87382329	319.3386978
105	19.12382329	325.4626224
106	19.37382329	329.6323086
107	19.62382329	321.8031826
108	19.87382329	328.0351695
109	20.12382329	332.4042048
110	20.37382329	321.2890019
111	20.62382329	323.3737854
112	20.87382329	321.13895
113	21.12382329	329.507028
114	21.37382329	333.6847033
115	21.62382329	335.7358074
116	21.87382329	324.8221185
117	22.12382329	333.1967456
118	22.24882329	333.8686322
119	22.37382329	327.1129743
120	22.49882329	329.2331569
121	22.62382329	326.5017603
122	22.74882329	329.1036969
123	22.87382329	325.042874
124	22.99882329	329.5949424
125	23.12382329	331.7612615
126	23.24882329	333.8216245

127	23.37382329	327.7983741
128	23.62382329	329.843989
129	23.87382329	328.0638838
130	24.12382329	332.4638168
131	24.37382329	332.7839289
132	24.62382329	335.704702
133	24.87382329	339.7766036
134	25.12382329	335.9790706
135	25.37382329	339.2657689
136	25.62382329	339.0841251
137	25.87382329	333.4401968
138	26.12382329	337.727427
139	26.37382329	336.5970503
140	26.62382329	339.1260903
141	26.74882329	342.0586062
142	26.87382329	342.2956283
143	26.99882329	344.011585
144	27.12382329	342.760104
145	27.18632329	333.9268931
146	27.24882329	336.8151901
147	27.31132329	332.3969005
148	27.37382329	335.6583349
149	27.43632329	329.2170646
150	27.49882329	332.3299508
151	27.56132329	328.7387646
152	27.62382329	331.521273
153	27.68632329	334.1353636
154	27.74882329	330.3842578
155	27.87382329	332.8427456
156	27.99882329	331.6761663
157	28.12382329	332.1636953
158	28.24882329	332.0822548
159	28.37382329	332.537001
160	28.49882329	333.1489024
161	28.62382329	333.9577484
162	28.74882329	333.8015969
163	28.87382329	337.7882704
164	28.99882329	336.2385515
165	29.24882329	340.526452
166	29.49882329	334.0001663
167	29.74882329	340.8158905
168	29.99882329	345.5159068
169	30.24882329	345.5987154
170	30.49882329	333.8333395
171	30.74882329	343.5012323
172	30.99882329	346.4907497
173	31.24882329	348.9259008
174	31.49882329	343.0145512
175	31.74882329	335.8359357
176	31.99882329	340.4179866
177	32.24882329	324.9359903
178	32.49882329	335.7225783
179	32.74882329	336.0946449
180	32.99882329	343.1225525
181	33.24882329	342.9598964
182	33.49882329	334.5846262
183	33.74882329	339.2531855
184	33.99882329	338.0536076
185	34.24882329	343.642764

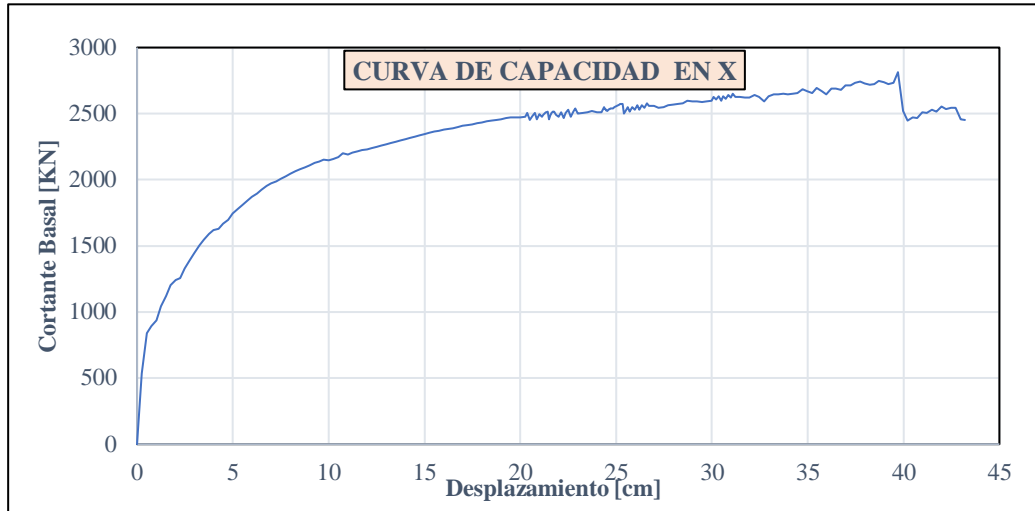
186	34.49882329	338.6218969
187	34.74882329	335.5725887
188	34.99882329	331.652545
189	35.24882329	341.4816046
190	35.49882329	335.9413763
191	35.74882329	341.1200281
192	35.99882329	344.9333243
193	36.24882329	346.9052345
194	36.49882329	346.4874724
195	36.74882329	338.2524901
196	36.99882329	343.0882152
197	37.24882329	339.9854607
198	37.49882329	343.3528145
199	37.74882329	339.1751184
200	37.99882329	345.3108146
201	38.24882329	329.6904138
202	38.49882329	342.5974106
203	38.74882329	346.9414548
204	38.99882329	348.8693504
205	39.24882329	349.3318938
206	39.49882329	341.4030137
207	39.74882329	343.0701253
208	39.99882329	343.5420839
209	40.24882329	345.1333759
210	40.49882329	343.5252765
211	40.74882329	347.2436918
212	40.99882329	344.0448009
213	41.24882329	349.7280139
214	41.49882329	339.9389633
215	41.74882329	350.9090582
216	41.99882329	353.3221103
217	42.24882329	346.0309924
218	42.49882329	349.5064915
219	42.74882329	355.2894654
220	42.87382329	343.1237741
221	42.99882329	345.1341188
222	43.12382329	347.8438464
223	43.24882329	349.3405664
224	43.37382329	351.1525373
225	43.49882329	351.3656626
226	43.62382329	348.5186669
227	43.74882329	350.4814913
228	43.87382329	346.4103379
229	43.99882329	347.7844568
230	44.24882329	347.0516747
231	44.49882329	339.359821
232	44.74882329	340.0269083
233	44.99882329	346.8765393
234	45.24882329	349.7439863
235	45.49882329	349.5528917
236	45.74882329	347.5840198
237	45.99882329	335.4499929
238	46.24882329	339.4980139
239	46.49882329	331.3434748
240	46.74882329	337.3361457
241	46.99882329	339.3197579
242	47.24882329	341.3403028
243	47.49882329	334.278089
244	47.74882329	338.4867641

245	47.99882329	335.0309676
246	48.24882329	341.2912852
247	48.49882329	344.7988286
248	48.74882329	337.4308219
249	48.99882329	341.1984549
250	49.24882329	346.705805
251	49.49882329	348.4767496
252	49.74882329	350.6728189
253	49.99882329	351.6597564
254	50.24882329	352.3739021
255	50.49882329	363.3242099
256	50.74882329	343.4419687
257	50.99882329	342.3183455
258	51.24882329	346.9058889
259	51.49882329	344.1656332
260	51.74882329	351.8111292
261	51.99882329	353.9356976
262	52.24882329	355.7548649
263	52.49882329	355.2139392
264	52.74882329	351.5737319
265	52.99882329	350.8198843
266	53.24882329	347.255182
267	53.49882329	345.7389023
268	53.74882329	346.1775346
269	53.99882329	349.9549096
270	54.24882329	345.0203828
271	54.49882329	347.6381236
272	54.74882329	350.2248296
273	54.99882329	347.3088142
274	55.24882329	338.3510574
275	55.49882329	335.4841171
276	55.74882329	341.8563441
277	55.99882329	337.6169468
278	56.24882329	354.0509365
279	56.49882329	347.7023619
280	56.74882329	358.258214
281	56.99882329	350.4435318
282	57.24882329	348.9612015
283	57.49882329	345.4132156
284	57.59882329	306.4487465

**4.1.3. Desplazamiento de techo vs. Cortante en la base – dirección X.** Para la dirección X la estructura soporta un desplazamiento máximo de 39.70 cm al aplicar una carga lateral de 2813.77 KN.

**Figura 43**

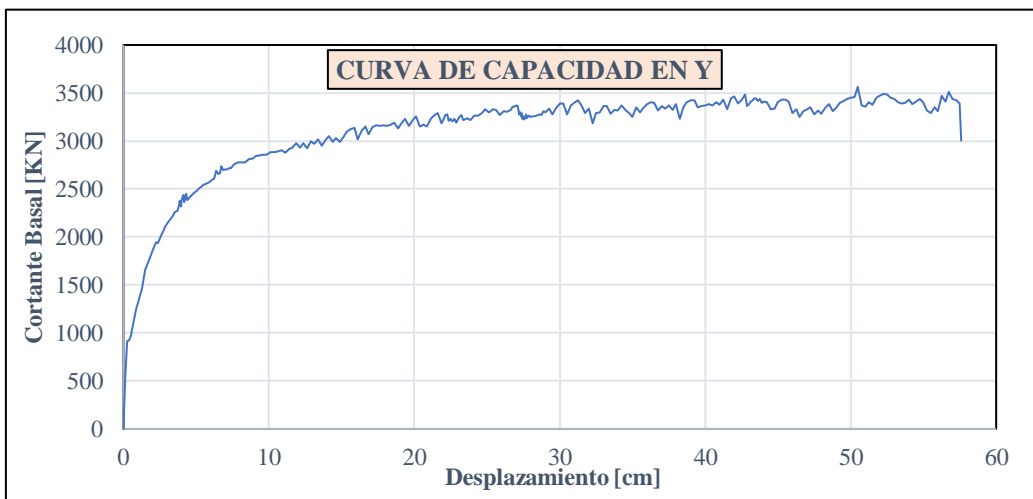
*Curva de Capacidad – Dirección X*



**4.1.4. Desplazamiento de techo vs. Cortante en la base – dirección Y.** Para la dirección Y la estructura soporta un desplazamiento máximo de 57.50 cm al aplicar una carga lateral de 3387.33 KN.

**Figura 44**

*Curva de Capacidad – Dirección Y*



**4.1.5. Representación bilineal de la curva de capacidad en X.** Teniendo la curva de capacidad se realiza la representación bilineal de esta. Para ello se ubicó el punto de fluencia efectiva  $DY=2.85$ ;  $FY=247$ , se calculó la capacidad de desplazamiento inelástico con ello obteniendo los niveles de desempeño tal como se muestra en la figura 45.

**Tabla 22**

*Punto de fluencia efectiva*

<b>PUNTO DE FLUENCIA EFECTIVA</b>	
DY =	2.85
FY =	247.00

**Tabla 23**

*Capacidad de desplazamiento inelástico.*

<b>CAPACIDAD DE DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO</b>	
$\Delta p =$	36.850
$0.30\Delta p :$	11.055
$0.30\Delta p$	11.055
$0.20\Delta p$	7.370
$0.20\Delta p :$	7.370

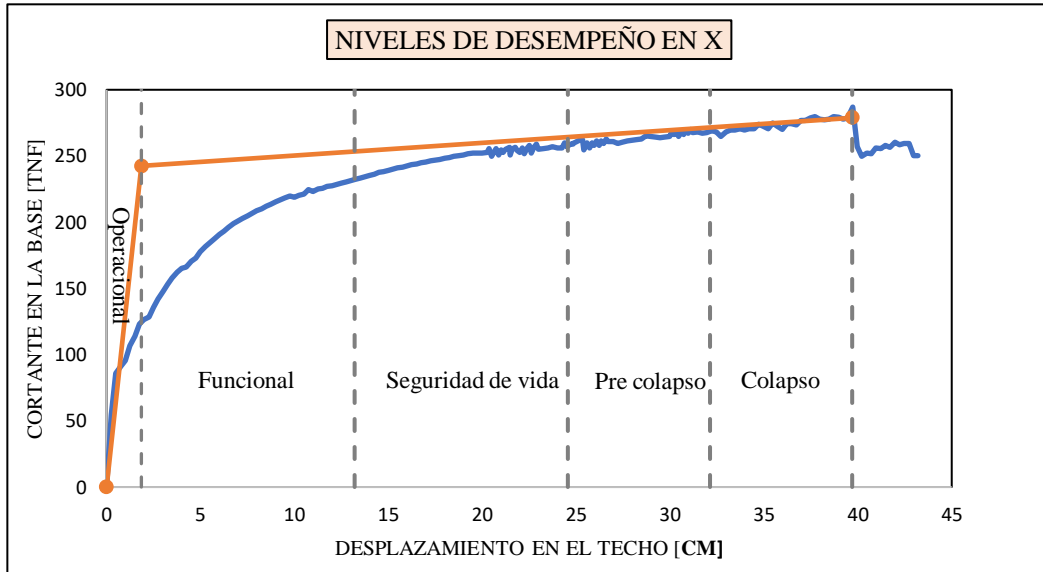
**Tabla 24**

*Niveles de desempeño en X.*

<b>NIVELES DE DESEMPEÑO EN X</b>		
0.00	2.850	OPERACIONAL
2.85	13.905	FUNCIONAL
13.905	24.960	SEGURIDAD DE VIDA
24.96	32.330	PRE COLAPSO
32.33	39.700	COLAPSO

**Figura 45**

*Representación bilineal de la curva de capacidad en X.*



**4.1.6. Representación bilineal de la curva de capacidad en Y.** Teniendo la curva de capacidad se realiza la representación bilineal de esta. Para ello se ubicó el punto de fluencia efectiva  $DY=3.25$ ;  $FY=296.59$ , luego se calculó la capacidad de desplazamiento inelástico con ello obteniendo los niveles de desempeño tal como se muestra en la figura 46.

**Tabla 25**

*Punto de fluencia efectiva.*

PUNTO DE FLUENCIA EFECTIVA	
DY =	3.25
FY =	296.59

**Tabla 26**

*Capacidad de desplazamiento inelástico.*

CAPACIDAD DE DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO	
$\Delta p =$	54.25
$0.30\Delta p$	16.275
$0.30\Delta p$	16.275
$0.20\Delta p$	10.85
$0.20\Delta p :$	10.85

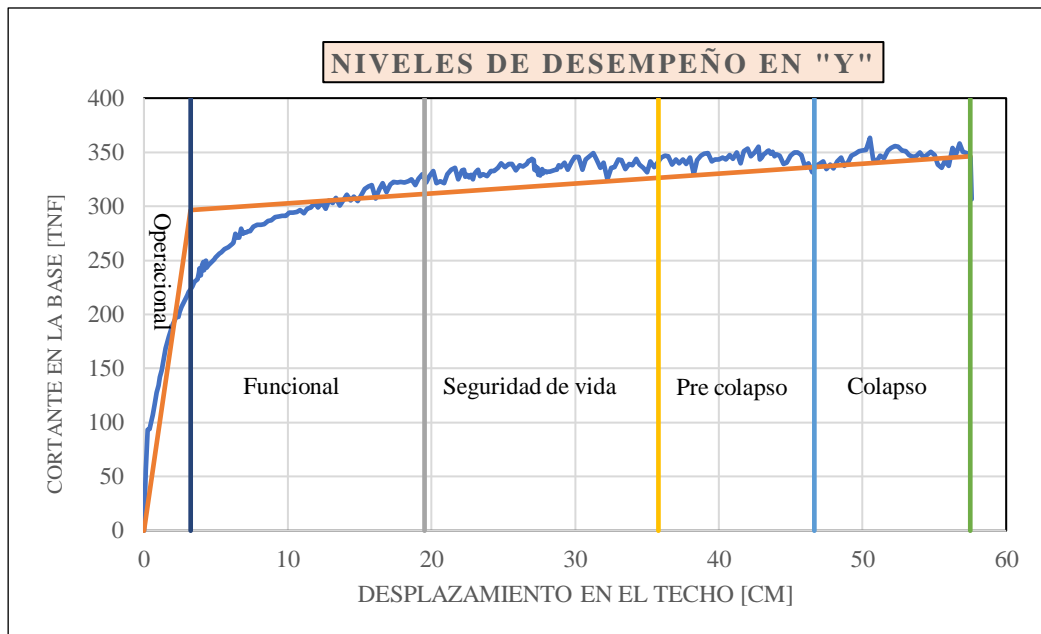
**Tabla 27**

*Niveles de desempeño en Y.*

NIVELES DE DESEMPEÑO EN Y		
0	3.25	OPERACIONAL
3.25	19.525	FUNCIONAL
19.525	35.8	SEGURIDAD DE VIDA
35.8	46.65	PRE COLAPSO
46.65	57.50	COLAPSO

**Figura 46**

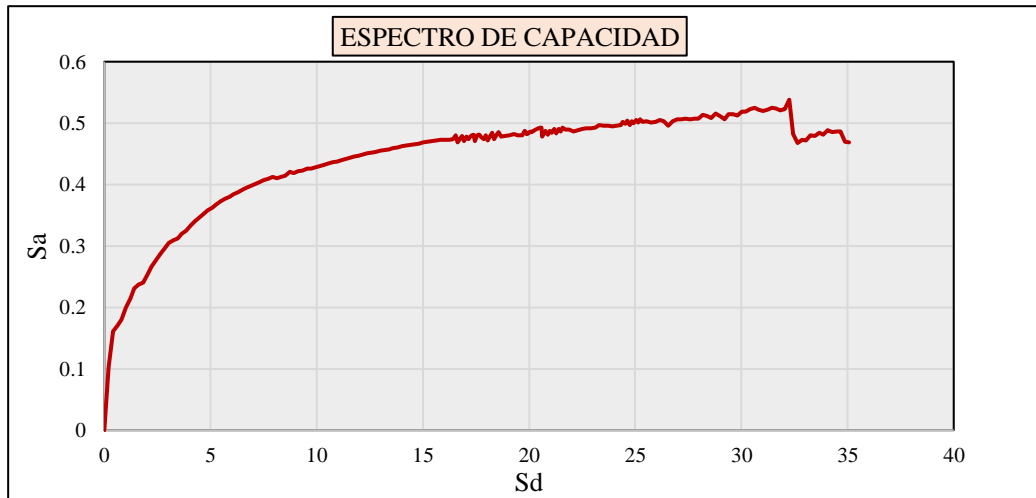
*Representación bilineal de la curva de capacidad en Y.*



**4.1.7. Conversión de la Curva de Capacidad a Espectro de Capacidad en X.** Para la conversión de la curva de capacidad a espectro de capacidad se tomo los datos de los resultados del análisis pushover.

**Figura 47**

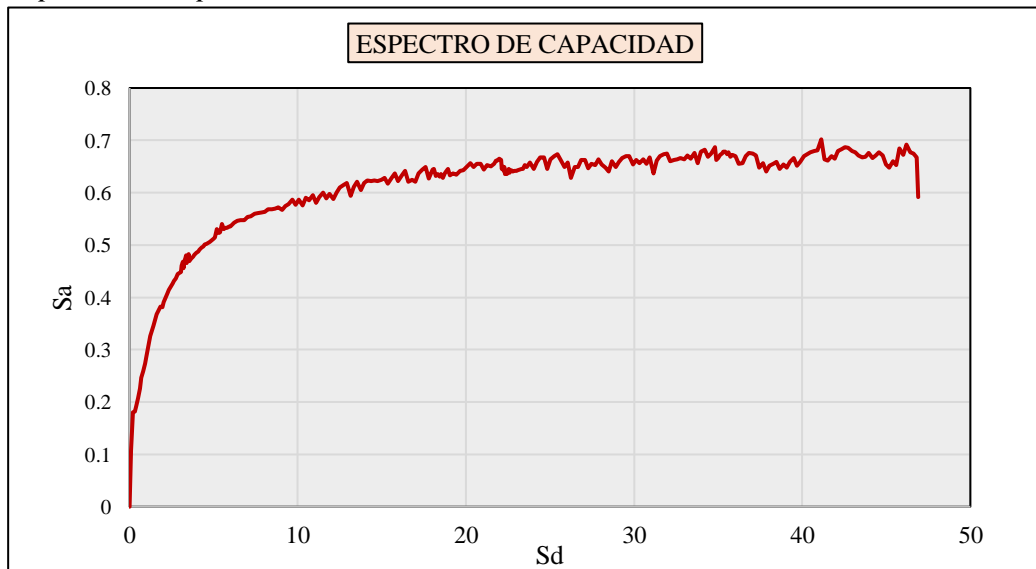
*Espectro de capacidad en X.*



**4.1.8. Conversión de la Curva de Capacidad a Espectro de Capacidad en Y.** Para la conversión de la curva de capacidad a espectro de capacidad se tomó los datos de los resultados del análisis pushover.

**Figura 48**

*Espectro de capacidad en Y.*



#### 4.1.9. Demanda sísmica – dirección X.

Para poder calcular la demanda sísmica se realizó el análisis bajo los lineamientos de la norma E030, FEMA 356 y ATC-40, para ello se tuvo en cuenta la ubicación de la estructura en estudio de acuerdo al mapa de zonificación del Perú. Dichos valores se detallan en la tabla 28.

**Tabla 28**

*Valores según la norma E. 030.*

FACTOR DE ZONA	Z =	0.25
FACTOR DE USO	U =	1.5
FACTOR DE SUELO	S =	1.2
	TP =	0.6
	TL =	2
	R =	8

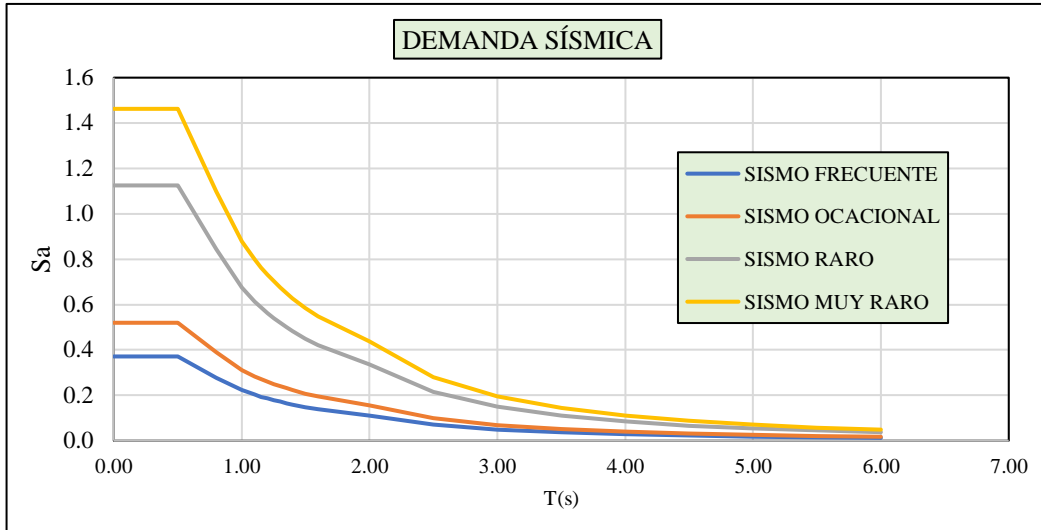
**Tabla 29**

*Demanda sísmica según FEMA 356*

T (s)	C	Norma E.030 Sa	FEMA 356			
			FRECUENTE Sa1	OCACIONAL Sa2	RARO Sa3	MUY RARO Sa4
0.00	2.5	1.125	0.3712500	0.51975	1.125	1.4625
0.40	2.5	1.125	0.3712500	0.51975	1.125	1.4625
0.50	2.5	1.125	0.3712500	0.51975	1.125	1.4625
0.80	1.875	0.84375	0.2784375	0.3898125	0.84375	1.096875
1.00	1.5	0.675	0.2227500	0.31185	0.675	0.8775
1.10	1.363636364	0.613636364	0.2025000	0.2835	0.613636364	0.797727273
1.15	1.304347826	0.586956522	0.1936957	0.271173913	0.586956522	0.763043478
1.20	1.25	0.5625	0.1856250	0.259875	0.5625	0.73125
1.25	1.2	0.54	0.1782000	0.24948	0.54	0.702
1.30	1.153846154	0.519230769	0.1713462	0.239884615	0.519230769	0.675
1.35	1.111111111	0.5	0.1650000	0.231	0.5	0.65
1.40	1.071428571	0.482142857	0.1591071	0.22275	0.482142857	0.626785714
1.50	1	0.45	0.1485000	0.2079	0.45	0.585
1.60	0.9375	0.421875	0.1392188	0.19490625	0.421875	0.5484375
2.00	0.75	0.3375	0.1113750	0.155925	0.3375	0.43875
2.50	0.48	0.216	0.0712800	0.099792	0.216	0.2808
3.00	0.333333333	0.15	0.0495000	0.0693	0.15	0.195
3.50	0.244897959	0.110204082	0.0363673	0.050914286	0.110204082	0.143265306
4.00	0.1875	0.084375	0.0278438	0.03898125	0.084375	0.1096875
4.50	0.148148148	0.066666667	0.0220000	0.0308	0.066666667	0.086666667
5.00	0.12	0.054	0.0178200	0.024948	0.054	0.0702
5.50	0.099173554	0.044628099	0.0147273	0.020618182	0.044628099	0.058016529
6.00	0.083333333	0.0375	0.0123750	0.017325	0.0375	0.04875

**Figura 49**

Gráfica según FEMA 356.



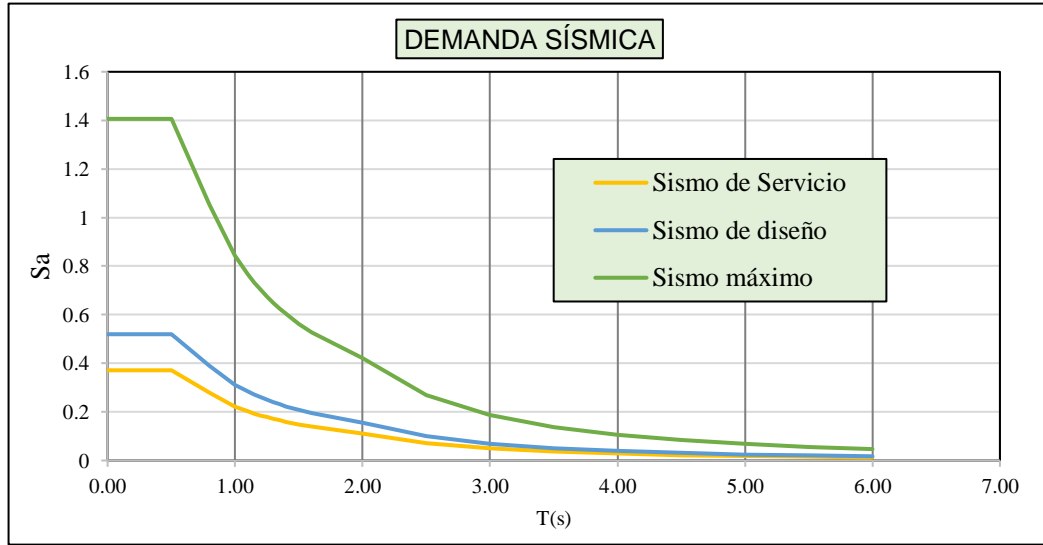
**Tabla 30**

Demanda sísmica según ATC-40.

T (s)	ATC-40		
	Sismo de Servicio Sas	Sismo de diseño Sap	Sismo máximo Sam
0.00	0.37125	0.51975	1.40625
0.40	0.37125	0.51975	1.40625
0.50	0.37125	0.51975	1.40625
0.80	0.2784375	0.3898125	1.0546875
1.00	0.22275	0.31185	0.84375
1.10	0.2025	0.2835	0.767045455
1.15	0.193695652	0.271173913	0.733695652
1.20	0.185625	0.259875	0.703125
1.25	0.1782	0.24948	0.675
1.30	0.171346154	0.239884615	0.649038462
1.35	0.165	0.231	0.625
1.40	0.159107143	0.22275	0.602678571
1.50	0.1485	0.2079	0.5625
1.60	0.13921875	0.19490625	0.52734375
2.00	0.111375	0.155925	0.421875
2.50	0.07128	0.099792	0.27
3.00	0.0495	0.0693	0.1875
3.50	0.036367347	0.050914286	0.137755102
4.00	0.02784375	0.03898125	0.10546875
4.50	0.022	0.0308	0.083333333
5.00	0.01782	0.024948	0.0675
5.50	0.014727273	0.020618182	0.055785124
6.00	0.012375	0.017325	0.046875

**Figura 50**

Gráfica según ATC 40.



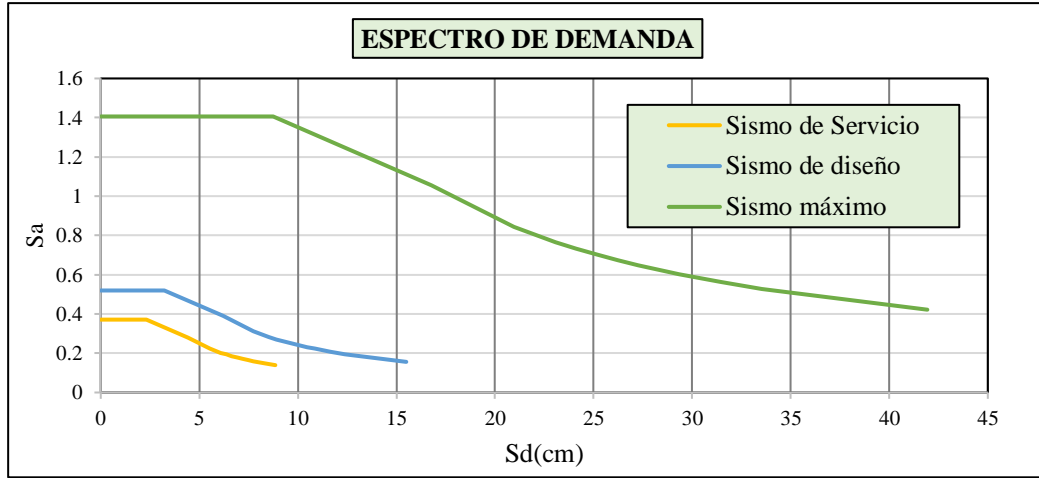
**Tabla 31**

Espectro de demanda dirección X.

	Sismo de Servicio	Sismo de diseño	Sismo máximo
T (s)	Sds	Sdp	Sdm
0.00	0	0	0
0.40	1.476031805	2.066444527	5.591029565
0.50	2.306299696	3.228819574	8.735983695
0.80	4.428095415	6.199333582	16.77308869
1.00	5.535119269	7.749166977	20.96636087
1.10	6.088631196	8.524083675	23.06299696
1.15	6.36538716	8.911542023	24.111315
1.20	6.642143123	9.299000372	25.15963304
1.25	6.918899087	9.686458721	26.20795109
1.30	7.19565505	10.07391707	27.25626913
1.35	7.472411013	10.46137542	28.30458717
1.40	7.749166977	10.84883377	29.35290522
1.50	8.302678904	11.62375047	31.4495413
1.60	8.856190831	12.39866716	33.54617739
2.00	11.07023854	15.49833395	41.93272174
2.50	11.07023854	15.49833395	41.93272174
3.00	11.07023854	15.49833395	41.93272174
3.50	11.07023854	15.49833395	41.93272174
4.00	11.07023854	15.49833395	41.93272174
4.50	11.07023854	15.49833395	41.93272174
5.00	11.07023854	15.49833395	41.93272174
5.50	11.07023854	15.49833395	41.93272174
6.00	11.07023854	15.49833395	41.93272174

**Figura 51**

Gráfica del espectro de demanda en X.



**4.1.10. Demanda sísmica – Dirección Y.**

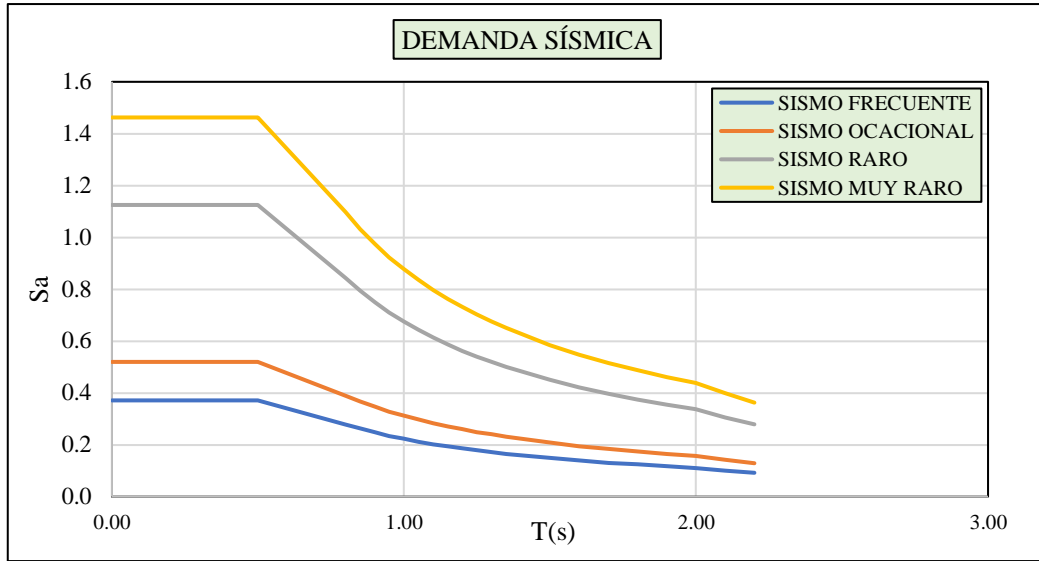
**Tabla 32**

Demanda sísmica según FEMA 356

			FEMA 356			
		Norma E.030	FRECUENTE	OCACIONAL	RARO	MUY RARO
T (s)	C	Sa	Sa1	Sa2	Sa3	Sa4
0.00	2.5	1.125	0.3712500	0.51975	1.125	1.4625
0.40	2.5	1.125	0.3712500	0.51975	1.125	1.4625
0.50	2.5	1.125	0.3712500	0.51975	1.125	1.4625
0.80	1.875	0.84375	0.2784375	0.3898125	0.84375	1.096875
0.85	1.764705882	0.794117647	0.2620588	0.366882353	0.794117647	1.032352941
0.90	1.666666667	0.75	0.2475000	0.3465	0.75	0.975
0.95	1.578947368	0.710526316	0.2344737	0.328263158	0.710526316	0.923684211
1.00	1.5	0.675	0.2227500	0.31185	0.675	0.8775
1.05	1.428571429	0.642857143	0.2121429	0.297	0.642857143	0.835714286
1.10	1.363636364	0.613636364	0.2025000	0.2835	0.613636364	0.797727273
1.15	1.304347826	0.586956522	0.1936957	0.271173913	0.586956522	0.763043478
1.20	1.25	0.5625	0.1856250	0.259875	0.5625	0.73125
1.25	1.2	0.54	0.1782000	0.24948	0.54	0.702
1.30	1.153846154	0.519230769	0.1713462	0.239884615	0.519230769	0.675
1.35	1.111111111	0.5	0.1650000	0.231	0.5	0.65
1.50	1	0.45	0.1485000	0.2079	0.45	0.585
1.60	0.9375	0.421875	0.1392188	0.19490625	0.421875	0.5484375
1.70	0.882352941	0.397058824	0.1310294	0.183441176	0.397058824	0.516176471
1.80	0.833333333	0.375	0.1237500	0.17325	0.375	0.4875
1.90	0.789473684	0.355263158	0.1172368	0.164131579	0.355263158	0.461842105
2.00	0.75	0.3375	0.1113750	0.155925	0.3375	0.43875
2.10	0.680272109	0.306122449	0.1010204	0.141428571	0.306122449	0.397959184
2.20	0.619834711	0.27892562	0.0920455	0.128863636	0.27892562	0.362603306

**Figura 52**

Gráfica según FEMA - 356.



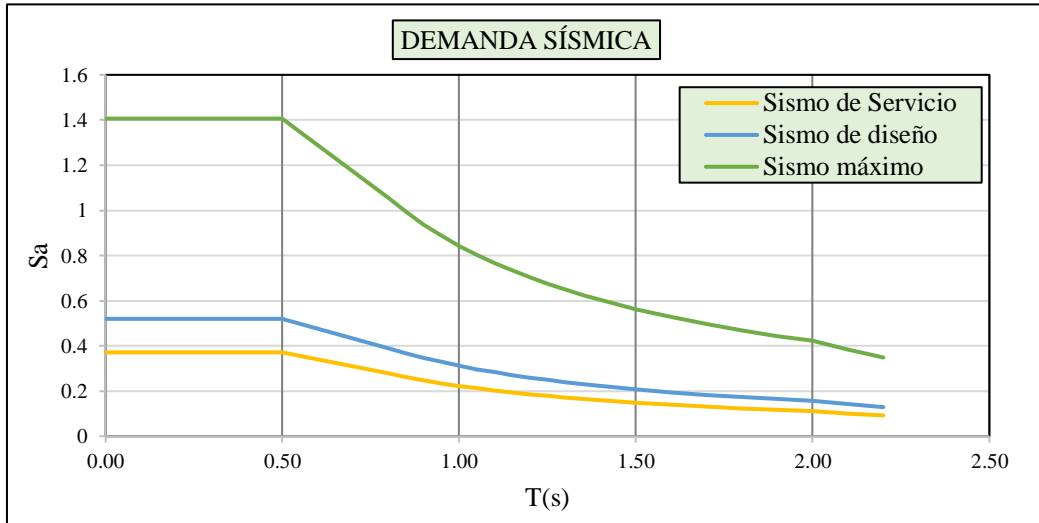
**Tabla 33**

Demanda sísmica según ATC 40.

T (s)	ATC-40		
	Sismo de Servicio Sas	Sismo de diseño Sap	Sismo máximo Sam
0.00	0.37125	0.51975	1.40625
0.40	0.37125	0.51975	1.40625
0.50	0.37125	0.51975	1.40625
0.80	0.2784375	0.3898125	1.0546875
0.85	0.262058824	0.366882353	0.992647059
0.90	0.2475	0.3465	0.9375
0.95	0.234473684	0.328263158	0.888157895
1.00	0.22275	0.31185	0.84375
1.05	0.212142857	0.297	0.803571429
1.10	0.2025	0.2835	0.767045455
1.15	0.193695652	0.271173913	0.733695652
1.20	0.185625	0.259875	0.703125
1.25	0.1782	0.24948	0.675
1.30	0.171346154	0.239884615	0.649038462
1.35	0.165	0.231	0.625
1.50	0.1485	0.2079	0.5625
1.60	0.13921875	0.19490625	0.52734375
1.70	0.131029412	0.183441176	0.496323529
1.80	0.12375	0.17325	0.46875
1.90	0.117236842	0.164131579	0.444078947
2.00	0.111375	0.155925	0.421875
2.10	0.101020408	0.141428571	0.382653061
2.20	0.092045455	0.128863636	0.348657025

**Figura 53**

Gráfica según ATC 40.



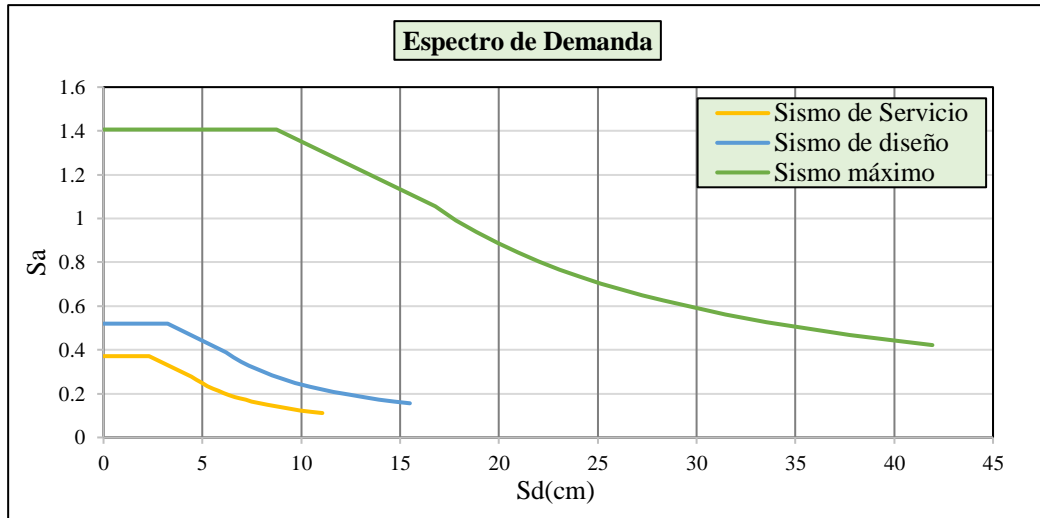
**Tabla 34**

Espectro de demanda en Y.

	Sismo de Servicio	Sismo de diseño	Sismo máximo
T (s)	Sds	Sdp	Sdm
0.00	0	0	0
0.40	1.476031805	2.066444527	5.591029565
0.50	2.306299696	3.228819574	8.735983695
0.80	4.428095415	6.199333582	16.77308869
0.85	4.704851379	6.58679193	17.82140674
0.90	4.981607342	6.974250279	18.86972478
0.95	5.258363306	7.361708628	19.91804282
1.00	5.535119269	7.749166977	20.96636087
1.05	5.811875233	8.136625326	22.01467891
1.10	6.088631196	8.524083675	23.06299696
1.15	6.36538716	8.911542023	24.111315
1.20	6.642143123	9.299000372	25.15963304
1.25	6.918899087	9.686458721	26.20795109
1.30	7.19565505	10.07391707	27.25626913
1.35	7.472411013	10.46137542	28.30458717
1.50	8.302678904	11.62375047	31.4495413
1.60	8.856190831	12.39866716	33.54617739
1.70	9.409702758	13.17358386	35.64281348
1.80	9.963214685	13.94850056	37.73944956
1.90	10.51672661	14.72341726	39.83608565
2.00	11.07023854	15.49833395	41.93272174
2.10	11.07023854	15.49833395	41.93272174
2.20	11.07023854	15.49833395	41.93272174

**Figura 54**

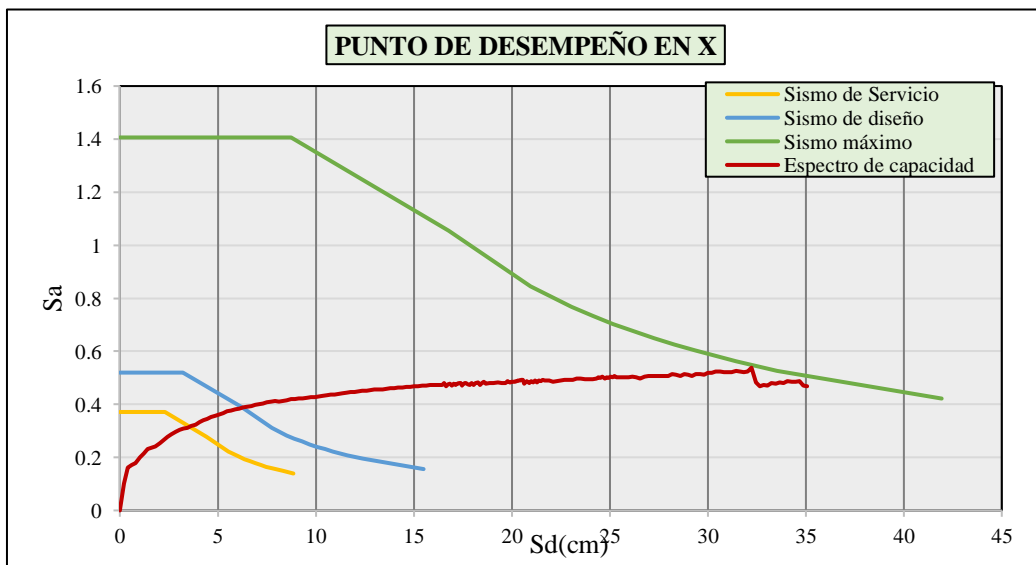
*Gráfica del espectro de demanda en Y.*



**4.1.11. Punto de desempeño.** Una vez obtenido el espectro de capacidad y el espectro de demanda tanto para sismo de servicio, de diseño y máximo al juntar ambas graficas se obtiene el punto de desempeño, para un sismo máximo el punto de desempeño en dirección X es (32.24; 335.72) y para la dirección Y es (27.27; 336.81)

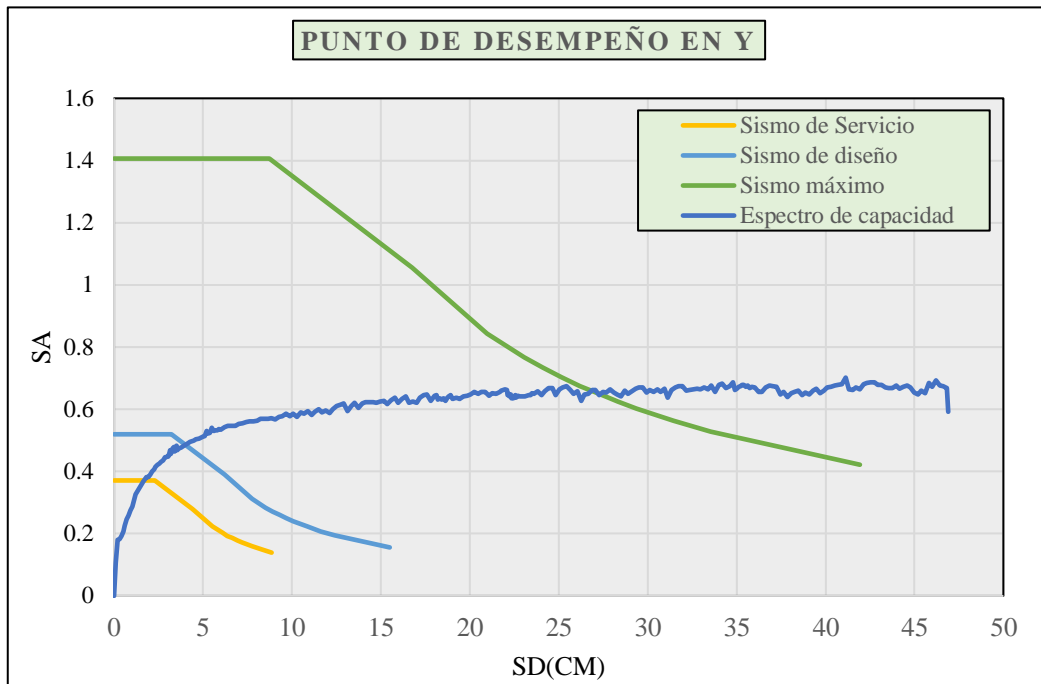
**Figura 55**

*Punto de desempeño en dirección X.*



**Figura 56**

*Punto de desempeño en dirección Y.*



**4.1.12. Análisis Estático según la norma E. 030.**

<b>Factor de zona Z:</b>	Z = 0,25	Zona : 2
<b>Factor de uso U:</b>	U = 1,50	Categoría : A
<b>Factor de suelo S:</b>	T <sub>p</sub> = 0,60	Tipo : S2
	S = 1,20	

**Factor de amplificación sísmica C**

$$C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right); C \leq 2.5$$

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

h<sub>n</sub> = 6,40 m

Cortante Basal dirección X-X (Pórticos de concreto)  
 Periodo fundamental de la estructura

C<sub>T</sub> = 60  
 T = 6.4/60 = 0.11  
 C = 2.50x(0.6/0.11) = 13.64 > 2.5      C = 2,50

Cortante Basal dirección Y-Y (pórticos y muros de alb)  
 Periodo fundamental de la estructura

C<sub>T</sub> = 60  
 T = 6.4/60 = 0.11  
 C = 2.50x(0.6/0.11) = 13.64 > 2.5      C = 2,50

**Coefficiente de Reducción R (Irregular 3/4R)**

R<sub>x</sub> = 8,00      R<sub>y</sub> = 8,00

$$V = \frac{ZUSC}{R} \cdot P$$

CORTANTE BASAL:

$$V_x = 0.25 \times 1.5 \times 1.2 \times 2.5 \times P / 8 \quad V_x = 0,14 P$$

$$V_y = 0.25 \times 1.5 \times 1.2 \times 2.5 \times P / 8 \quad V_y = 0,14 P$$

Distribución del cortante Basal X-X:

$$V = 96,06 \text{ Tn}$$

Nivel	Pesos (Tn)	Alturas (m)	W x h	W.h /Suma(W.h)	Fi(Tn)	Qi(Tn)
2	331,8	6,40	22123,6	0,654	62,81	62,81
1	351,3	3,20	1124,1	0,346	33,25	96,06
	683,1	Σ	3247,7			

Distribución del cortante Basal Y-Y:

$$V = 96,06 \text{ Tn}$$

Nivel	Pesos (Tn)	Alturas (m)	W x h	W.h /Suma(W.h)	Fi(Tn)	Qi(Tn)
2	331,8	6,40	2123,6	0,654	62,81	62,81
1	351,3	3,20	1124,1	0,346	33,25	96,06
	683,1	Σ	3247,7			

## 4.2. Discusión de resultados

Para determinar las características físico – mecánicas del suelo natural del módulo A de la gerencia sub regional de chota, se excavó una calicata de tres metros de profundidad ubicada en la parte posterior del módulo en estudio, verificando que se trata de una grava arcillosa con apreciable proporción de arena fina a gruesa (31.21%), y una cantidad de finos (21.01%) de mediana plasticidad, dichos resultados son similares a los autores Urtega (2019), Fustamante (2021), Fernández (2021) y Cabrera (2022), quienes también trabajaron en suelos arcillosos blandos y expansivos.

**Tabla 35**

*Características físico mecánicas del suelo natural*

Calicata	1
Humedad (%)	13.86
Grava (%)	0
Arena (%)	31.21

Finos (%)	21.01
LL (%)	40
LP (%)	26
IP (%)	14
AASHTO	A-2-6 (0)
SUCS	GC
Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.53
Óptimo contenido de humedad (%)	13.84
Capacidad Portante	1.85

Al realizar el análisis Pushover el comportamiento de la estructura del Módulo “A”, en la Dirección X su desplazamiento máximo es 39.70 cm al aplicar una carga lateral de 2813.77 KN, y en la dirección Y su desplazamiento máximo es 57.50 cm al aplicar una carga lateral de 3387.33 KN.

Que para el registro de un sismo máximo en la dirección X al determinar el punto de desempeño por los valores (32.24; 335.72) y en la dirección Y (27.27; 336.81), la estructura se encuentra en un nivel de daño moderado (seguridad de vida), en donde la edificación presenta agrietamiento severo y algunos desprendimientos de concreto, por lo tanto, ante el efecto de un sismo máximo la infraestructura no llegaría a colapsar y poner en riesgo la vida de los ocupantes del edificio, lo cual es concordante con Sánchez (2022) que en su investigación determino que para un sismo raro el centro de salud Asunción Cajamarca tendría daños severos, así como también Urteaga (2019) en su disertación concluyo que la I. E. San Ramón ante un evento telúrico de 6.1 a 6.9 (Richter) generaría daños moderados a pre colapso de dicha estructura.

#### **4.3. Contrastación de hipótesis**

- Ho: El daño sísmico en el módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota es moderado ante un sismo máximo.

- H1: El daño sísmico en el módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota es superior a moderado ante un sismo máximo.

Que para el registro de un sismo máximo en la dirección X al determinar el punto de desempeño por los valores (32.24; 335.72) y en la dirección Y (27.27; 336.81), la estructura se encuentra en un nivel de daño moderado (Seguridad de vida), en donde la edificación presentara agrietamiento severo y algunos desprendimientos de concreto.

Por lo tanto, haciendo un análisis de los niveles de desempeño los cuales arrojan datos numéricos precisos se desestima el cumplimiento de la hipótesis H1.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Se concluye que, al evaluar el daño sísmico según desempeño estructural, usando OpenSees del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota, es moderado ante un sismo máximo.

Al analizar las características físicas y mecánicas del suelo se concluye que se trata de una grava arcillosa con apreciable proporción de arena fina a gruesa (31.21%), y una cantidad de finos (21.01%) de mediana plasticidad; asimismo se determinó la capacidad portante del suelo que es 1.85 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se concluye que al realizar el análisis del comportamiento de la estructura del Módulo “A”, en la Dirección X, el desplazamiento máximo es 39.70 cm al aplicar una carga lateral de 2813.77 KN, y en la dirección Y el desplazamiento máximo es 57.50 cm al aplicar una carga lateral de 3387.33 KN.

Se concluye que para el registro de un sismo máximo en la dirección X se determinó el punto de desempeño (32.24; 335.72) y en la dirección Y (27.27; 336.81), ante lo cual se puede afirmar que la estructura, se encuentra en un nivel de daño moderado (seguridad de vida), en donde la edificación presenta agrietamiento severo y algunos desprendimientos de concreto, por lo tanto, ante el efecto de un sismo máximo la infraestructura no llegaría a colapsar y poner en riesgo la vida de los ocupantes del edificio.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda evaluar el desempeño estructural de las edificaciones, de tal manera que en un evento sísmico máximo estas no colapsen estructuralmente y de esta manera evitar pérdidas materiales y humanas.

Se recomienda para futuras investigaciones tener en cuenta los criterios de ingeniería sísmica basada en el desempeño estructural de una edificación de diferentes tipos de uso, y de esta manera proponer un diseño estructural más seguro y eficiente.

Se recomienda incorporar el análisis estático no lineal en edificaciones nuevas desde su etapa de diseño y en edificaciones existentes para realizar su evaluación de desempeño ya que de esta manera se determinaría la eficiencia de las estructuras y su comportamiento ante la presencia de un evento sísmico.

Se recomienda tener en cuenta para la evaluación de desempeño estructural el programa OpenSees debido a que es un programa de análisis de elementos finitos de programación que permite realizar un análisis más detallado de las estructuras.

## CAPÍTULO VI.

### REFERENCIAS

- ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings, vol. 1*. Applied Technology Council.
- Bolaños Tauma, M. I. (2015). *Desempeño sismo resistente del edificio 4F de la universidad nacional de Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/367>
- Castro, V. H. E., & Campos, X. P. (2018). ¿Qué son los SISMOS, dónde ocurren y cómo se miden? *Revista Ciencia*, 69(3).
- Cabrera, E.T. (2022). *Evaluación del comportamiento estructural con disipadores de energía de fluido viscoso del edificio de enfermería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Castori, G., Corradi, M., Borri, A., Sisti, R., & Maria, A. D. (2019). Macro element and dynamic seismic analysis of the medieval government building of Perugia, Italy. *International Journal of Masonry Research and Innovation*, 4(4), 297-311. <https://doi.org/10.1504/IJMRI.2019.102529>
- Castori, G., Borri, A., De Maria, A., Corradi, M., & Sisti, R. (2017). Seismic vulnerability assessment of a monumental masonry building. *Engineering Structures*, 136, 454-465. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.01.035>
- Chancay Mesa, A. J. (2020). *Estudio estadístico de la peligrosidad sísmica del ecuador mediante la teoría de valores extremos*. [Tesis para obtener el título de ingeniero estadista]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/48894>
- Croce, P., Landi, F., y Formichi, P. (2019). Probabilistic Seismic Assessment of Existing Masonry Buildings. *Buildings*, 9(12), 237. <https://doi.org/10.3390/buildings9120237>
- FEMA 356. (2000). *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*. Federal Emergency Management Agency.
- FEMA 440. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Federal Emergency Management Agency.
- Fernández, R. (2021). *Evaluación del desempeño sismorresistente mediante el método no lineal estático Pushover del edificio de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, 2018*. [Tesis para optar el título profesional de

- ingeniero civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/239>
- Ferreira, T. M., Maio, R., & Vicente, R. (2017). Analysis of the impact of large-scale seismic retrofitting strategies through the application of a vulnerability-based approach on traditional masonry buildings. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 16(2), 329-348. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11803-017-0385-x>
- Fustamante, D. (2022). *Nivel de desempeño sísmico de una edificación de 11 pisos en la provincia de Chota usando el método del espectro capacidad-demanda*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4612>
- Hernández, C., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGrill Hill.
- Hysenlliu, M., & Bilgin, H. (2020). Seismic performance assessment of a typified school building damaged during the 2019 Albanian earthquakes. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 989(1), 012030. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/989/1/012030/meta>
- Koçak, Ö., Levinthal, D. A., & Puranam, P. (2022). The dual challenge of search and coordination for organizational adaptation: how structures of influence matter. *Organization Science*. <https://doi.org/10.1287/orsc.2022.1601>
- Mariani, M., Pugi, F. y Francioso, A. (2019). Vertical component of the seismic action: amplified vulnerability of existing masonry buildings. *7th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, 3807-3835.
- Mesa Peña, Á. F. P. (2021). *Implementación de un modelo de refuerzo de acero con pandeo en OpenSees*. [Tesis para optar el título profesional del ingeniero civil, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/182784>
- Merino, L. E. (2014). *Desempeño sismorresistente del edificio 4J de la Universidad Nacional de Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/85>
- Mora, M. A., Villalba, J. D., & Maldonado, E. (2006). *Deficiencias, limitaciones, ventajas y desventajas de las metodologías de análisis sísmico no lineal*. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(9), 59-74.

- Naranjo Aguay, H., & Dranichnikov, T. (2013). *Cálculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6133>
- Orrillo, J. D. (2014). *Desempeño sismorresistente del edificio " 2H" de la Universidad Nacional de Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/88>
- Paredes, M. Á. (2016). *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/620673>
- Patiño López, A.M. (2019). *Guía para la modelación y análisis no lineal de muros de concreto reforzado con OpenSees*. [Trabajo de grado, Universidad de Los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/44609/u830315.pdf?sequence=1>
- Riva, D. V. (2021). *Evaluación del desempeño sismorresistente aplicando el método de análisis estático no lineal pushover en una edificación de 4 niveles en la ciudad de Huánuco 2019*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3196>
- Rojas, R. (2010). Curvas de fragilidad sísmica para edificios aporticados de concreto reforzado de poca altura. *Undergraduate Thesis, Universidad Central de Venezuela*.
- Saldaña, R. P. (2020) *Nivel de desempeño sísmico de las viviendas proyectadas para el año 2017-2018 en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3716>
- Sánchez (2022). *Probabilidad de daño sísmico de los módulos A y B del centro de salud asunción Cajamarca-2021*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4753>
- Salome Lavado, E. W. (2022). *Análisis Comparativo de las Teorías de Capacidad de Carga en Cimentaciones Superficiales, Cullpa Alta El Tambo–Huancayo 2021*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Peruana los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/4121>
- Salazar Carranza, L. F. (2019). *Caracterización y georreferenciación espacial de las propiedades físicas en los suelos eutric fluvisols de uso agropecuario en la finca*

- experimental La Maria del canton Mocache* (Bachelor's thesis). [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3234>
- SEAOC (1995). *Conceptual framework for performance based seismic engineering of buildings*. Vision 2000 Committee and California Office of Emergency Services, Sacramento, USA.
- Shendkar, M. R., Pradeep Kumar, R., Mandal, S., Maiti, P. R., & Kontoni, D. P. N. (2021). Seismic risk assessment of reinforced concrete buildings in Koyna-Warna region through EDRI method. *Innovative Infrastructure Solutions*, 6(3), 1-25.
- Soto, J. T. (2015). *Evaluación del desempeño sismorresistente del edificio del Centro Pre Universitario de la Universidad Nacional de Cajamarca*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/95>
- Toledo, V. (2011). *Ingeniería sísmica basada en desempeño, 1ª ed.* Comunidad para Ingeniería Civil.
- Tso, W. K., & Moghadam, A. S. (2019). Seismic response of asymmetrical buildings using pushover analysis. In *Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes*, 1(1), 311-321. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203740019-28/seismic-response-asymmetrical-buildings-using-pushover-analysis-tso-moghadam>
- Uroš, M., Atalić, J., Novak, M. Š. M. Š., & Kuk, K. (2020). Seismic performance assessment of existing stone masonry school building in Croatia using nonlinear static procedure. In *Brick and Block Masonry-From Historical to Sustainable Masonry*, 1(1), 517-524. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003098508-70/seismic-performance-assessment-existing-stone-masonry-school-building-croatia-using-nonlinear-static-procedure-uro%C5%A1-atali%C4%87-%C5%A1avor-%C5%A1avor-novak-kuk>
- Urteaga, W.M. (2019). *Nivel de desempeño sísmico del edificio N° 01 de la institución educativa San Ramón (anexo Chontapaccha) considerando la interacción suelo estructura*. [Tesis de maestría en ciencias, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Vega, G. (2020). *Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal, vivienda-comercio Miura Grill, Chiclayo*. [Tesis de grado en Ingeniería

Civil, Universidad Señor de Sipán].

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8587522>

Velasco, L.I., Guerrero, H. (2020). *Introducción al análisis estructural con OpenSees*.

SerieDocencia 61. Instituto de Ingeniería UNAM.

[https://www.researchgate.net/profile/Luis-Velasco-](https://www.researchgate.net/profile/Luis-Velasco-4/publication/357575931_Introduccion_al_analisis_estructural_con_OpenSees/links/61d50276d4500608168cfab4/Introduccion-al-analisis-estructural-con-OpenSees.pdf)

[4/publication/357575931\\_Introduccion\\_al\\_analisis\\_estructural\\_con\\_OpenSees/li](https://www.researchgate.net/profile/Luis-Velasco-4/publication/357575931_Introduccion_al_analisis_estructural_con_OpenSees/links/61d50276d4500608168cfab4/Introduccion-al-analisis-estructural-con-OpenSees.pdf)

[nks/61d50276d4500608168cfab4/Introduccion-al-analisis-estructural-con-](https://www.researchgate.net/profile/Luis-Velasco-4/publication/357575931_Introduccion_al_analisis_estructural_con_OpenSees/links/61d50276d4500608168cfab4/Introduccion-al-analisis-estructural-con-OpenSees.pdf)

[OpenSees.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luis-Velasco-4/publication/357575931_Introduccion_al_analisis_estructural_con_OpenSees/links/61d50276d4500608168cfab4/Introduccion-al-analisis-estructural-con-OpenSees.pdf)

Velásquez, J., & Blondet, M. (2005, November). Estimación de pérdidas sísmicas mediante curvas de fragilidad analíticas. In *Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Novenas Jornadas, Concepción, Chile* (pp. 16-19).

Zahir, A., Rizzo, S., Celebi, E., y Stempniewski, L. (2019). Seismic Pushover Analysis of Existing Masonry Structures. *VI International Earthquake Symposium Kocaeli*, 25(27), 423-428.

[https://www.imb.kit.edu/mb/download/iesko\\_Paper\\_fulltext.pdf](https://www.imb.kit.edu/mb/download/iesko_Paper_fulltext.pdf)

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

### *Anexo A. Matriz de consistencia*

**Título de tesis:** Evaluación del daño sísmico según el desempeño estructural, usando OpenSees del módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota, 2023.

**Tesistas:** Omer Angaspilco Dávila - Wílder Sánchez Vásquez

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál es el daño sísmico según el desempeño estructural, usando OpenSees del módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota, 2023?	<p><b>Objetivo general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Evaluar el daño sísmico según desempeño estructural, usando OpenSees del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Analizar las características físicas y mecánicas del suelo del Módulo “A” del edificio de la Gerencia Sub Regional de Chota.</li> <li>– Analizar el comportamiento de la estructura del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota, en el programa OpenSees.</li> <li>– Determinar el punto desempeño máximo, derivas y el índice de probabilidad de daño sísmico del Módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota.</li> </ul>	Ho: El daño sísmico en el módulo “A” de la Gerencia Sub Regional de Chota es moderado ante un sismo máximo	VI Desempeño Estructural	Parámetros estructurales y sísmicos	Zona sísmica	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Tipo de investigación:</b> Aplicada <b>Diseño de investigación:</b> No experimental, Descriptivo <b>Población:</b> Las edificaciones de la Gerencia Sub Regional de Chota <b>Muestra:</b> el edificio administrativo, módulo A de la Gerencia Sub Regional de Chota</p>
					Uso de la edificación	
					Tipo de suelo	
				Propiedades de los materiales	Concreto	
					Acero	
					Albañilería	
				Metrado de cargas	Carga viva	
					Carga muerta	
					Carga unitaria	
				Análisis sísmico norma E.030	Cortante estática	
					Cortante dinámica	
					Desplazamientos	
			Derivas			
			Análisis Pushover	Curva de capacidad		
				Espectro de demanda		
				Espectro de capacidad		
Punto de desempeño						
VD Daño Sísmico	stados de daño	Leve				
		Moderado				
		Severo				
		Completo				

## Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1. Extracción de muestras de suelo.



Fotografía 2. Vista 3D modulo "A".



## Anexo C. Códigos de Programación en OpenSees

```
#####
#      Import required packages
#####
import os
os.environ['FOR_DISABLE_CONSOLE_CTRL_HANDLER'] = '1'
import openseespy.opensees as ops
# import opssection.fibersection as ofs
import fibersection as ofs
import numpy as np
import matplotlib
matplotlib.use("TkAgg")
import matplotlib.pyplot as plt
import opsanalyze.analyze as opa
import opsvis
#####
#      General Properties
#####
name_project_ = 'MyProject_xy_'
# Unit: N-m
unitconvert = 0.0254 # convert in to m
# Direction in pushover analysis
dir_push = 2 # 1: x ; 2: y
#####
#      General Properties
#####

h_story = [3.6, 3.6] # Typical story height(m)
w_span_x = [6.28, 5.6, 4.08, 4.75, 6.38, 5.9] # Span length(m)
w_span_y = [4.45, 2.9, 4.7] # Span length(m)

D_h = [0.0]
D_span_x = [0.0]
D_span_y = [0.0]

D_h.extend(h_story)
D_span_x.extend(w_span_x)
D_span_y.extend(w_span_y)

D_span_x = np.cumsum(D_span_x)
D_span_y = np.cumsum(D_span_y)
D_h = np.cumsum(D_h)

# exit()
#####
# Start New Model
#####
ops.wipe()

#####
# Create ModelBuilder (with two-dimensions and 3 DOF/node)
#####
ops.model('basic', '-ndm', 3, '-ndf', 6)

#####
#      Material Properties
#####

# ----- Wall
```

```

# Multi-dimensional concrete model.

nStatevs = 40
nProps = 7
matTag_PlaneStress = 1
fc, ft, fcu, epsc0, epscu, epstu, stc = 21e6, 1.75e6, -7.2e6, -0.002, -0.0048, 0.0012, 0.05
ops.nDMaterial('PlaneStressUserMaterial', matTag_PlaneStress, nStatevs, nProps, fc, ft, fcu, epsc0, epscu,
epstu, stc)

matTag_Plate = 2
Ec = -2 * fc / epsc0
nu = 0.2
G = Ec / (2 * (1 + nu))
OutOfPlaneShearModulus = G
ops.nDMaterial('PlateFromPlaneStress', matTag_Plate, matTag_PlaneStress, OutOfPlaneShearModulus)

matTag_PlaneStress_C = 3 # Confined concrete
fc, ft, fcu, epsc0, epscu, epstu, stc = 21e6, 1.75e6, -7.2e6, -0.0024, -0.024, 0.0012, 0.05
ops.nDMaterial('PlaneStressUserMaterial', matTag_PlaneStress_C, nStatevs, nProps, fc, ft, fcu, epsc0,
epscu, epstu, stc)

matTag_Plate_C = 4 # Confined concrete
Ec = -2 * fc / epsc0
nu = 0.2
G = Ec / (2 * (1 + nu))
OutOfPlaneShearModulus = G
ops.nDMaterial('PlateFromPlaneStress', matTag_Plate_C, matTag_PlaneStress_C,
OutOfPlaneShearModulus)

fy = 420e6 #
fu = 580e6 #
Es = 2e11 #
b = 0.01

R0, cR1, cR2, a1, a2, a3, a4 = 18.0, 0.925, 0.15, 0.0, 1.0, 0.0, 1.0
matTag_Rebar_long = 5
matTag_Rebar_long_ = 50
ops.uniaxialMaterial('Steel02', matTag_Rebar_long_, fy, Es, b, R0, cR1, cR2, a1, a2, a3, a4)
ops.uniaxialMaterial('MinMax', matTag_Rebar_long, matTag_Rebar_long_, '-min', -0.15, '-max', 0.15)

matTag_Rebar_trans = 6
matTag_Rebar_trans_ = 60
ops.uniaxialMaterial('Steel02', matTag_Rebar_trans_, fy, Es, b, R0, cR1, cR2, a1, a2, a3, a4)
ops.uniaxialMaterial('MinMax', matTag_Rebar_trans, matTag_Rebar_trans_, '-min', -0.15, '-max', 0.15)

# longitudinal reinforced steel angle=90
matTag_PlateRebar_long = 7
sita = 90.0
ops.nDMaterial('PlateRebar', matTag_PlateRebar_long, matTag_Rebar_long, sita)

# transverse reinforced steel angle=0
matTag_PlateRebar_trans = 8
sita = 0.0
ops.nDMaterial('PlateRebar', matTag_PlateRebar_trans, matTag_Rebar_trans, sita)

# ----- Beam & Columns
matTag_conc = 9 # UnConfined concrete
fc, epsc, epscu, fct, et, beta = -21e6, -0.002, -0.0048, 1.81e6, 0.0012, 0.85
Ec = 2 * fc / epsc
ops.uniaxialMaterial('Concrete04', matTag_conc, fc, epsc, epscu, Ec, fct, et, beta)

```

```

matTag_conc_c = 10 # Confined concrete
fc, epsc, epscu, fct, et, beta = -21e6, -0.0024, -0.024, 1.81e6, 0.0012, 0.85
Ec = 2 * fc / epsc

ops.uniaxialMaterial('Concrete04', matTag_conc_c, fc, epsc, epscu, Ec, fct, et, beta)

#####
#           Section Properties
#####
# ----- Wall [Multi-layer Shell element]

# Thickness is divided into n layers (Total thickness = 0.13 m)
#           layers
# -----
# material          absolute thickness  angle(steel)    material tag
# -----
# horizontal reinforcement(0.35%)      0.4e-3         0.0             matTag_PlateRebar_trans
# vertical reinforcement(0.7%)         0.4e-3         90              matTag_PlateRebar_long

t_wall = 0.13 # m
t_v = 0.4e-3
t_h = 0.3e-3
cover = t_wall - t_v - t_h # m
n_cover = 5
t_cover = cover / n_cover
mats = []
for i in range(n_cover):
    mats.extend([matTag_Plate_C, t_cover])

mats.extend(
    [matTag_PlateRebar_long, t_v, matTag_PlateRebar_trans, t_h])

for i in range(n_cover):
    mats.extend([matTag_Plate_C, t_cover])

secTag_wall = 1000
nLayers = n_cover * 2 + 2
ops.section('LayeredShell', secTag_wall, nLayers, *mats)
#

framesectios = []

# ----- Columns
secTag_col_C = 1
h_ = 0.5 # m
w_ = 0.3 # m
cover = 0.04 # m
Col_C = ofs.RcRectColumn('Column_C1', secTag_col_C, coremat=matTag_conc_c,
    covermat=matTag_conc,
    barmat=matTag_Rebar_long, h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert * 5 / 8,
    ybarnum=1, zbard=unitconvert * 5 / 8, zbarnum=1, cbard=unitconvert * 5 / 8, Nh=25,
    Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Col_C)

secTag_col_M = 2
h_ = 0.5 # m
w_ = 0.3 # m
cover = 0.04 # m

```

```

Col_M = ofs.RcRectColumn('Column_M', secTag_col_M, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc,
    barmat=matTag_Rebar_long, h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert * 5 / 8,
    ybarnum=1, zbard=unitconvert * 1 / 2, zbarnum=1, cbard=unitconvert * 5 / 8, h=25,
    Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Col_M)

secTag_col_wall = 2000
h_ = 0.25 # m
w_ = 0.13 # m
cover = 0.04 # m
col_wall = ofs.RcRectColumn('Column_wall', secTag_col_wall, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc,
    barmat=matTag_Rebar_long, h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=0.01,
    ybarnum=0, zbard=0.01, zbarnum=0, cbard=unitconvert * 1 / 2, Nh=20,
    Nw=10, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(col_wall)
#
## ----- Beams
h_ = 0.45 # m
w_ = 0.3 # m
cover = 0.04 # m
#
secTag_beam_1 = 3
Beam_frame_1 = ofs.RcRectBeam('Beam_frame_1', secTag_beam_1, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc, barmat=matTag_Rebar_long,
    h=h_, w=w_, cover=cover, topbard=unitconvert * 5 / 8, topbarnum=4,
    botbard=unitconvert * 3 / 4, botbarnum=2, Nh=25, Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Beam_frame_1)

secTag_beam_2 = 4
Beam_frame_2 = ofs.RcRectBeam('Beam_frame_2', secTag_beam_2, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc, barmat=matTag_Rebar_long,
    h=h_, w=w_, cover=cover, topbard=unitconvert * 3 / 4, topbarnum=4,
    botbard=unitconvert * 17 / 24, botbarnum=3, Nh=25, Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Beam_frame_2)

secTag_beam_3 = 5
Beam_frame_3 = ofs.RcRectBeam('Beam_frame_3', secTag_beam_3, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc, barmat=matTag_Rebar_long,
    h=h_, w=w_, cover=cover, topbard=unitconvert * 17 / 24, topbarnum=3,
    botbard=unitconvert * 17 / 24, botbarnum=3, Nh=25, Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Beam_frame_3)

secTag_beam_4 = 6
Beam_frame_4 = ofs.RcRectBeam('Beam_frame_4', secTag_beam_4, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc, barmat=matTag_Rebar_long,
    h=h_, w=w_, cover=cover, topbard=unitconvert * 11 / 16, topbarnum=4,
    botbard=unitconvert * 3 / 4, botbarnum=2, Nh=25, Nw=20, gj=0.0025 * G)
framesectios.append(Beam_frame_4)

secTag_beam_T = 7
Beam_frame_T = ofs.RcRectColumn('Beam_frame_T', secTag_beam_T, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc,
    barmat=matTag_Rebar_long,
    h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert * 3/8, ybarnum=1, zbard=1, zbarnum=0,
    cbard=unitconvert * 5/8,
    Nh=25, Nw=20
    , gj=0.0025 * G)

```

```

framesectios.append(Beam_frame_T)

secTag_beam_U = 8
Beam_frame_U = ofs.RcRectColumn('Beam_frame_U', secTag_beam_U, coremat=matTag_conc_c,
covermat=matTag_conc,
    barmat=matTag_Rebar_long,
    h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert * 3/8, ybarnum=1, zbard=unitconvert * 1/2,
zbarnum=1, cbard=unitconvert * 5/8,
    Nh=25, Nw=20
    , gj=0.0025 * G)

framesectios.append(Beam_frame_U)

secTag_beam_VWXZ = 9
Beam_frame_VWXZ = ofs.RcRectColumn('Beam_frame_VWXZ', secTag_beam_VWXZ,
coremat=matTag_conc_c, covermat=matTag_conc,
    barmat=matTag_Rebar_long,
    h=h_, w=w_, cover=cover, ybard=unitconvert * 3/8, ybarnum=1, zbard=1, zbarnum=0,
cbard=unitconvert * 5/8,
    Nh=25, Nw=20
    , gj=0.0025 * G)

framesectios.append(Beam_frame_VWXZ)

for sec in framesectios:
    ofs.CreateOpsSection(sec, ops)
    # sec.PrintCommand()

# plot_frsections:
# ofs.setmatcolors(matTag_Rebar_long, 'm', matTag_conc, '0.9', matTag_conc_c, '0.7')
# for sec in framesectios:
#     ofs.DrawSection(sec)
#     plt.show()
# #
# exit()
#####
#         Create nodes
#####
nodes_base = []
nodes_story1_all = []
nodes_story2_all = []
nodetag = 1
for h in D_h:
    for y in D_span_y:
        for x in D_span_x:
            ops.node(nodetag, x, y, h)
            if h == D_h[0]:
                nodes_base.append(nodetag)
            elif h == D_h[1]:
                nodes_story1_all.append(nodetag)
            else:
                nodes_story2_all.append(nodetag)

        nodetag += 1

#####
# Columns
#####
numIntgrPts = 5
transfTag = 1

```

```

vecxz = [-1.0, 0.0, 0.0]
ops.geomTransf('PDelta', transfTag, *vecxz)
eleTag = 1

for i in range(len(nodes_base)):
    node_i = nodes_base[i]
    node_j = nodes_story1_all[i]
    if node_i in [6, 7, 22, 23]:
        continue
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_col_C, transfTag)
    eleTag = eleTag + 1

for i in range(len(nodes_story1_all)):
    node_i = nodes_story1_all[i]
    node_j = nodes_story2_all[i]
    if node_i in [6+28, 7+28, 22+28, 23+28]:
        continue
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_col_C, transfTag)
    eleTag = eleTag + 1

#####
# Beams
#####
frame_14_story1 = []
frame_14_story2 = []
frame_23_story1 = []
frame_23_story2 = []
frame_TZ_story1 = []
frame_TZ_story2 = []
frame_UVWXY_story1 = []
frame_UVWXY_story2 = []

numIntgrPts = 5
transfTag_beam_x = 2
vecxz = [0.0, 1.0, 0.0]
ops.geomTransf('Linear', transfTag_beam_x, *vecxz)

# Frame 1 ; section: Beam_frame_1

nodes_story1 = range(29,36)
nodes_story2 = range(57,64)
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    if node_i != 33:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_1,
transfTag_beam_x)
        frame_14_story1.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    if node_i != 61:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_1,
transfTag_beam_x)
        frame_14_story2.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1

# Frame 2 ; section: Beam_frame_2
nodes_story1 = range(8+28,15+28)
nodes_story2 = range(8+28+28,15+28+28)

```

```

for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_3,
transfTag_beam_x)
    frame_23_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_3,
transfTag_beam_x)
    frame_23_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

# Frame 3 ; section: Beam_frame_3
nodes_story1 = range(15+28,22+28)
nodes_story2 = range(15+28+28,22+28+28)
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_3,
transfTag_beam_x)
    frame_23_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_3,
transfTag_beam_x)
    frame_23_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

# Frame 4 ; section: Beam_frame_4
nodes_story1 = range(22+28,29+28)
nodes_story2 = range(22+28+28,29+28+28)
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    if node_i != 51:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_4,
transfTag_beam_x)
        frame_14_story1.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    if node_i != 51+28:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_4,
transfTag_beam_x)
        frame_14_story2.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1

# Frame T ; section: Beam_frame_T
numIntgrPts = 5
transfTag_beam_z = 3
vecxz = [-1.0, 0.0, 0.0]
ops.geomTransf('Linear', transfTag_beam_z, *vecxz)
nodes_story1 = [1 + 28, 8 + 28, 15 + 28, 22 + 28]
nodes_story2 = [1 + 56, 8 + 56, 15 + 56, 22 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]

```

```

if node_i != 15 + 28:
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_T,
transfTag_beam_z)
    frame_TZ_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

node_i = nodes_story2[i]
node_j = nodes_story2[i + 1]
if node_i != 15 + 28 + 28:
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_T,
transfTag_beam_z)
    frame_TZ_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

# Frame U ; section: Beam_frame_U
nodes_story1 = [2 + 28, 9 + 28, 16 + 28, 23 + 28]
nodes_story2 = [2 + 56, 9 + 56, 16 + 56, 23 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_U,
transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_U,
transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

# Frame V ; section: Beam_frame_V
nodes_story1 = [3 + 28, 10 + 28, 17 + 28, 24 + 28]
nodes_story2 = [3 + 56, 10 + 56, 17 + 56, 24 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXZ,
transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXZ,
transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

# Frame W ; section: Beam_frame_W
nodes_story1 = [4 + 28, 11 + 28, 18 + 28, 25 + 28]
nodes_story2 = [4 + 56, 11 + 56, 18 + 56, 25 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXZ,
transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]

```

```

ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXX,
transfTag_beam_z)
frame_UVWXY_story2.append(eleTag)
eleTag = eleTag + 1

# Frame X ; section: Beam_frame_X
nodes_story1 = [5 + 28, 12 + 28, 19 + 28, 26 + 28]
nodes_story2 = [5 + 56, 12 + 56, 19 + 56, 26 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXX,
transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXX,
transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

# Frame Y ; section: Beam_frame_Y
nodes_story1 = [6 + 28, 13 + 28, 20 + 28, 27 + 28]
nodes_story2 = [6 + 56, 13 + 56, 20 + 56, 27 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXX,
transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story1.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXX,
transfTag_beam_z)
    frame_UVWXY_story2.append(eleTag)
    eleTag = eleTag + 1

# Frame Z ; section: Beam_frame_Z
nodes_story1 = [7 + 28, 14 + 28, 21 + 28, 28 + 28]
nodes_story2 = [7 + 56, 14 + 56, 21 + 56, 28 + 56]
for i in range(len(nodes_story1) - 1):
    node_i = nodes_story1[i]
    node_j = nodes_story1[i + 1]
    if node_i != 7 + 28:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXX,
transfTag_beam_z)
        frame_TZ_story1.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1
    node_i = nodes_story2[i]
    node_j = nodes_story2[i + 1]
    if node_i != 7 + 28 + 28:
        ops.element('nonlinearBeamColumn', eleTag, node_i, node_j, numIntgrPts, secTag_beam_VWXX,
transfTag_beam_z)
        frame_TZ_story2.append(eleTag)
        eleTag = eleTag + 1

```

```

#####
# Create walls
#####
import Wall_xy
Nh, Nl = 12, 6
xyzi, xyzj, xyzk, xyzl = [0.0, 12.05 - 3.25, 0.0], [0.0, 12.05, 0.0], [0.0, 12.05, D_h[2]], [0.0, 12.05 - 3.25,
D_h[2]]
node_col_i, node_col_m, node_col_j = 22, 22+28, 22+28+28
node_beam_1, node_beam_2 = 15+28, 15+28+28
sec_wall, sec_col, sec_beam = secTag_wall, secTag_col_M, secTag_beam_T
transfTag_col, transfTag_beam = transfTag, transfTag_beam_z
numIntgrPts = 5

nodes_base_, nodes_story1, nodes_story2 = Wall_xy.createwall(ops, xyzi, xyzj, xyzk, xyzl, Nh, Nl,
node_col_i, node_col_m, node_col_j, node_beam_1, node_beam_2,
sec_wall, sec_col, secTag_col_wall, sec_beam, transfTag_col, transfTag_beam, numIntgrPts,
createwall=True)
nodes_base.extend(nodes_base_)
nodes_story1_all.extend(nodes_story1)
nodes_story2_all.extend(nodes_story2)

xyzi, xyzj, xyzk, xyzl = [8.93, 12.05, 0.0], [6.28, 12.05, 0.0], [6.28, 12.05, D_h[2]], [68.93, 12.05, D_h[2]]
node_col_i, node_col_m, node_col_j = 23, 23+28, 23+28+28
node_beam_1, node_beam_2 = 24+28, 24+28+28
sec_wall, sec_col, sec_beam = secTag_wall, secTag_col_M, secTag_beam_4
transfTag_col, transfTag_beam = transfTag, transfTag_beam_x
numIntgrPts = 5

nodes_base_, nodes_story1, nodes_story2 = Wall_xy.createwall(ops, xyzi, xyzj, xyzk, xyzl, Nh, Nl,
node_col_i, node_col_m, node_col_j, node_beam_1, node_beam_2,
sec_wall, sec_col, secTag_col_wall, sec_beam, transfTag_col, transfTag_beam, numIntgrPts,
createwall=True)
nodes_base.extend(nodes_base_)
nodes_story1_all.extend(nodes_story1)
nodes_story2_all.extend(nodes_story2)

xyzi, xyzj, xyzk, xyzl = [24.3, 0.0, 0.0], [D_span_x[-2], 0.0, 0.0], [D_span_x[-2], 0.0, D_h[2]], [24.3, 0.0,
D_h[2]]
node_col_i, node_col_m, node_col_j = 6, 6+28, 6+2*28
node_beam_1, node_beam_2 = 5+28, 5+2*28
sec_wall, sec_col, sec_beam = secTag_wall, secTag_col_M, secTag_beam_1
transfTag_col, transfTag_beam = transfTag, transfTag_beam_x
numIntgrPts = 5

nodes_base_, nodes_story1, nodes_story2 = Wall_xy.createwall(ops, xyzi, xyzj, xyzk, xyzl, Nh, Nl,
node_col_i, node_col_m, node_col_j, node_beam_1, node_beam_2,
sec_wall, sec_col, secTag_col_wall, sec_beam, transfTag_col, transfTag_beam, numIntgrPts,
createwall=True)
nodes_base.extend(nodes_base_)
nodes_story1_all.extend(nodes_story1)
nodes_story2_all.extend(nodes_story2)

xyzi, xyzj, xyzk, xyzl = [D_span_x[-1], 3.25, 0.0], [D_span_x[-1], 0.0, 0.0], [D_span_x[-1], 0.0, D_h[2]],
[D_span_x[-1], 3.25, D_h[2]]
node_col_i, node_col_m, node_col_j = 7, 7+28, 7+2*28
node_beam_1, node_beam_2 = 14+28, 14+2*28
sec_wall, sec_col, sec_beam = secTag_wall, secTag_col_M, secTag_beam_VWXZ
transfTag_col, transfTag_beam = transfTag, transfTag_beam_z
numIntgrPts = 5

```

```

nodes_base_, nodes_story1, nodes_story2 = Wall_xy.createwall(ops, xyzi, xyzj, xyzk, xyzl, Nh, Nl,
node_col_i, node_col_m, node_col_j, node_beam_1, node_beam_2,
sec_wall, sec_col, secTag_col_wall, sec_beam, transfTag_col, transfTag_beam, numIntgrPts,
createwall=True)
nodes_base.extend(nodes_base_)
nodes_story1_all.extend(nodes_story1)
nodes_story2_all.extend(nodes_story2)

#####
# Support Condition
#####
ops.fixZ(0.0, 1, 1, 1, 1, 1)

#####
# Rigid diaphragm
#####
# Story 1
xc = D_span_x[-1] / 2
yc = D_span_y[-1] / 2
zc = D_h[1]
rNodeTag_1 = 50000
ops.node(rNodeTag_1, xc, yc, zc)
ops.fix(rNodeTag_1, 0, 0, 1, 1, 1, 0)
perpDirn = 3
ops.rigidDiaphragm(perpDirn, rNodeTag_1, *nodes_story1_all)

# Story 2
xc = D_span_x[-1] / 2
yc = D_span_y[-1] / 2
zc = D_h[2]
rNodeTag_2 = 100000
ops.node(rNodeTag_2, xc, yc, zc)
ops.fix(rNodeTag_2, 0, 0, 1, 1, 1, 0)
perpDirn = 3
ops.rigidDiaphragm(perpDirn, rNodeTag_2, *nodes_story2_all)

#####
# plot model
#####
opsvis.plot_model(node_labels=0, element_labels=0, axis_off=1, gauss_points=False, local_axes=False)
plt.axis('equal')
plt.axis('off')
plt.title('Structure Configuration')
plt.show()
exit()
#####
# Loading
#####
# Loadings
w_concrete = 25000 # N/m^3
floor_live_story1 = 2500 # N/m^2
floor_dead_story1 = 5000 # N/m^2
floor_live_story2 = 1500 # N/m^2
floor_dead_story2 = 5000 # N/m^2
wall_external_story1 = 5000 # N/m
wall_external_story2 = 1000 # N/m
w_beam = w_concrete * 0.3 * 0.45 # N/m
#####
# Mass
#####

```

```

g = 9.81
Area = 405.7 # m^2
Per = 90.6 # m
beam_length_total = 32.7 * 4 + 12 * 7
mass_story1 = ((floor_live_story1* 0.2 + floor_dead_story1) * Area + wall_external_story1 * Per +
beam_length_total * w_beam) / g
mass_story2 = ((floor_live_story2* 0.2 + floor_dead_story2) * Area + wall_external_story2 * Per +
beam_length_total * w_beam) / g

ops.mass(rNodeTag_1, *[mass_story1, mass_story1, 1e-9, 1e-9, 1e-9, 1e-9])
ops.mass(rNodeTag_2, *[mass_story2, mass_story2, 1e-9, 1e-9, 1e-9, 1e-9])
#####
# Modal Analysis
#####
opa.eigen(ops,name_project=name_project_, name_analysis='eigen', num_Modes=3)
opsvis.plot_mode_shape(3, sfac=700)
plt.axis('equal')
plt.axis('off')
plt.title('Mode: ' + str(3) + ' T = 0.065')
plt.show()
exit()
#####
# Gravity Analysis
#####

# frame 1 & 4 ; story: 1
w_1 = (floor_live_story1 + floor_dead_story1) * 4.7 / 2 + wall_external_story1 + w_beam

# frame 1 & 4 ; story: 2
w_2 = (floor_live_story2 + floor_dead_story2) * 4.7 / 2 + wall_external_story2 + w_beam

# frame 2 & 3 ; story: 1
w_3 = (floor_live_story1 + floor_dead_story1) * (4.7 + 2.7) / 2 + w_beam

# frame 2 & 3 ; story: 2
w_4 = (floor_live_story2 + floor_dead_story2) * (4.7 + 2.7) / 2 + w_beam

# frame T & Z ; story: 1
w_5 = wall_external_story1 + w_beam

# frame T & Z ; story: 2
w_6 = wall_external_story2 + w_beam

# frame U & V & W & X & Y ; story: 1
w_7 = w_beam

# frame U & V & W & X & Y ; story: 2
w_8 = w_beam

ops.timeSeries('Linear', 1)
ops.pattern('Plain', 1, 1)
for ele in frame_14_story1:
    ops.eleLoad('-ele', ele, '-type', '-beamUniform', -w_1, 0.0)

for ele in frame_14_story2:
    ops.eleLoad('-ele', ele, '-type', '-beamUniform', -w_2, 0.0)

for ele in frame_23_story1:
    ops.eleLoad('-ele', ele, '-type', '-beamUniform', -w_3, 0.0)

```

```

for ele in frame_23_story2:
    ops.eleLoad('-ele', ele, '-type', '-beamUniform', -w_4, 0.0)

for ele in frame_TZ_story1:
    ops.eleLoad('-ele', ele, '-type', '-beamUniform', -w_5, 0.0)

for ele in frame_TZ_story2:
    ops.eleLoad('-ele', ele, '-type', '-beamUniform', -w_6, 0.0)

for ele in frame_UVWXY_story1:
    ops.eleLoad('-ele', ele, '-type', '-beamUniform', -w_7, 0.0)

for ele in frame_UVWXY_story2:
    ops.eleLoad('-ele', ele, '-type', '-beamUniform', -w_8, 0.0)

# Set Gravity analysis parameters
analysis_option = {'constraints': ['Transformation'],
                  'numberer': ['Plain'],
                  'system': ['BandGeneral'],
                  'test': ['EnergyIncr', 1.0e-5, 250],
                  'algorithm': ['Linear']}

# Perform the analysis

opa.analyze_static(ops, name_project=name_project_, name_analysis='gravity',
                  analysis_option=analysis_option,
                  everynstep=1, num_steps=10, loadConst='y', time=0.0, resp_nodes=[], resp_elements=[],
                  resp_sections=[], nodes=nodes_base, elements=[], elements_section=[])

print('Gravity done!')
# print(ops.nodeDisp(46))
# opsvis.plot_defo(200)
# plt.title("Deformed shape under gravity loads")
# plt.show()

#####
# Pushover Analysis
#####
# Lateral lading
F = [30000, 60000]

ops.timeSeries('Linear', 3)
ops.pattern('Plain', 3, 3)

if dir_push == 1:
    ops.load(rNodeTag_1, F[0], 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
    ops.load(rNodeTag_2, F[1], 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
    cdof = 1
else:
    ops.load(rNodeTag_1, 0.0, F[0], 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
    ops.load(rNodeTag_2, 0.0, F[1], 0.0, 0.0, 0.0, 0.0)
    cdof = 2

# ops.recorder('Element', '-file', 'stresses.out', '-time', '-ele', 1, 'stresses')
# ops.recorder('Element', '-file', 'strains.out', '-time', '-ele', 1, 'strains')
# ops.recorder('Element', '-file', 'force.out', '-time', '-ele', 1, 'force')

# NormDispIncr

# Newton

```

```

# KrylovNewton
# NewtonLineSearch
analysis_option = {'constraints': ['Transformation'],
                  'numberer': ['RCM'],
                  'system': ['BandGeneral'],
                  'test': ['NormDispIncr', 1.0e-3, 500],
                  'algorithm': ['KrylovNewton']}

name_analysis_ = "push" + '_' + str(dir_push) + 'withwall'
TargetDisp = 4.0 * 0.02 * D_h[-1]
cnodeTag = rNodeTag_2

DUmin = 1e-8
DUmax = 0.0025
re_nodes = nodes_base
re_nodes.append(rNodeTag_1)
re_nodes.append(rNodeTag_2)
# print(re_nodes)
opa.analyze_push_mono(ops, name_project=name_project_, name_analysis=name_analysis_,
analysis_option=analysis_option,
TargetDisp=TargetDisp, cnodeTag=cnodeTag, cdof=cdof, du_min=DUmin, du_max=DUmax,
duDiv=2, resp_nodes=['Disp', 'Reaction'], resp_elements=[],
resp_sections=[], nodes=re_nodes, elements=[], elements_section=[],
everystep=1, numIter=50)

# opsv.plot_defo(15)
# plt.show()

import numpy as np
def createwall(ops, xyzi, xyzj, xyzk, xyzl, Nh, Nl, node_col_i, node_col_m,
node_col_j, node_beam_1, node_beam_2,
sec_wall, sec_col, secTag_col_wall, sec_beam, transfTag_col, transfTag_beam, numIntgrPts,
creataewall=True):
    tag_node = max(list(ops.getEleTags()))
    tag_ele = max(list(ops.getNodeTags()))
    h1 = ops.nodeCoord(node_col_m)[1]
    h2 = ops.nodeCoord(node_col_j)[1]
    xyzi = np.array(xyzi)
    xyzj = np.array(xyzj)
    xyzk = np.array(xyzk)
    xyzl = np.array(xyzl)
    xvals = np.linspace(xyzi[0], xyzj[0], Nl + 1)
    yvals = np.linspace(xyzi[1], xyzj[1], Nl + 1)
    zvals = np.linspace(xyzi[2], xyzl[2], Nh + 1)

    tags_base = np.arange(1, Nl + 2)
    nodes_top = tags_base + (Nh) * (Nl + 1)
    nodes_mid = tags_base + (Nh/2) * (Nl + 1)
    nodes_left = np.arange(1, (Nh + 1) * (Nl + 1), Nl + 1)
    nodes_right = nodes_left + Nl

    nodes_base = []
    nodes_story1 = []
    nodes_story2 = []

    nodes = {}
    node_count = 1
    for z in zvals:
        for i in range(len(xvals)):

```

```

x = xvals[i]
y = yvals[i]
if node_count == tags_base[-1]:
    nodes[node_count] = [node_col_i, x, y, z]

elif node_count == nodes_mid[-1]:
    nodes[node_count] = [node_col_m, x, y, z]

elif node_count == nodes_top[-1]:
    nodes[node_count] = [node_col_j, x, y, z]

else:
    nodes[node_count] = [node_count + tag_node, x, y, z]
    ops.node(node_count + tag_node, x, y, z)

    if z == 0.0:
        nodes_base.append(node_count + tag_node)
    elif z == h1:
        nodes_story1.append(node_count + tag_node)
    elif z == h2:
        nodes_story2.append(node_count + tag_node)

node_count += 1

elements = {}
ele_count = tag_ele + 1
for i in range(Nh):
    for j in range(Nl):
        ni = tags_base[j] + i * (Nl + 1)
        nj = tags_base[j + 1] + i * (Nl + 1)
        nk = nj + Nl + 1
        nl = ni + Nl + 1
        elements[ele_count] = [nodes[ni][0], nodes[nj][0], nodes[nk][0], nodes[nl][0]]
        ele_count += 1

tags_base = [nodes[x][0] for x in tags_base]
nodes_top = [nodes[x][0] for x in nodes_top]
nodes_mid = [nodes[x][0] for x in nodes_mid]
nodes_left = [nodes[x][0] for x in nodes_left]
nodes_right = [nodes[x][0] for x in nodes_right]
eletag = tag_ele + 2000
if cretewall is False:
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, node_col_i, node_col_m, numIntgrPts, sec_col,
transfTag_col)
    eletag += 1
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, node_col_m, node_col_j, numIntgrPts, sec_col,
transfTag_col)
    eletag += 1
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, node_beam_1, node_col_m, numIntgrPts, sec_beam,
transfTag_beam)
    eletag += 1
    ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, node_beam_2, node_col_j, numIntgrPts, sec_beam,
transfTag_beam)
else:
    # element('dispBeamColumn', eleTag, *eleNodes, transfTag, integrationTag, '-cMass', '-mass',
mass=0.0)
    # beamIntegration('Legendre', tag, secTag, N)
    inttaqg_col = tag_ele + 1000
    inttaqg_beam = tag_ele + 2000
    inttaqg_col_wall = tag_ele + 3000

```

```

ops.beamIntegration('Legendre', inttaqg_col, sec_col, 2)
ops.beamIntegration('Legendre', inttaqg_beam, sec_beam, 2)
ops.beamIntegration('Legendre', inttaqg_col_wall, sec_wall, 2)
for i in range(len(nodes_left) - 1):
    nodei = nodes_left[i]
    nodej = nodes_left[i + 1]
    ops.element('dispBeamColumn', eletag, nodei, nodej, transfTag_col, inttaqg_col)
    # ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, nodei, nodej, 2, sec_col, transfTag_col)
    eletag += 1

for i in range(len(nodes_right) - 1):
    nodei = nodes_right[i]
    nodej = nodes_right[i + 1]
    ops.element('dispBeamColumn', eletag, nodei, nodej, transfTag_col, inttaqg_col_wall)
    # ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, nodei, nodej, 2, sec_col, transfTag_col)
    eletag += 1

for i in range(len(nodes_mid) - 1):
    nodei = nodes_mid[i]
    nodej = nodes_mid[i + 1]
    ops.element('dispBeamColumn', eletag, nodei, nodej, transfTag_beam, inttaqg_beam)
    # ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, nodei, nodej, 2, sec_beam, transfTag_beam)
    eletag += 1

    ops.element('dispBeamColumn', eletag, nodes_mid[-1], node_beam_1, transfTag_beam,
inttaqg_beam)
    # ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, node_beam_1, nodes_mid[0], numIntgrPts, sec_beam,
transfTag_beam)
    eletag += 1

for i in range(len(nodes_top) - 1):
    nodei = nodes_top[i]
    nodej = nodes_top[i + 1]
    ops.element('dispBeamColumn', eletag, nodei, nodej, transfTag_beam, inttaqg_beam)
    # ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, nodei, nodej, 2, sec_beam, transfTag_beam)
    eletag += 1

    ops.element('dispBeamColumn', eletag, nodes_top[-1], node_beam_2, transfTag_beam,
inttaqg_beam)
    # ops.element('nonlinearBeamColumn', eletag, node_beam_2, nodes_top[0], numIntgrPts, sec_beam,
transfTag_beam)
    eletag += 1

# element('ShellMITC4', eleTag, *eleNodes, secTag)
for eleNodes in elements.values():
    ops.element('ShellDKGQ', eletag, *eleNodes, sec_wall)
    eletag += 1

return nodes_base, nodes_story1, nodes_story2

import matplotlib.pyplot as plt
import opsanalyze.analyze as opa

# #####
# ###      Pushover Monotonic
# #####
dir_push =2 # 1: x ; 2: y
name_project = 'MyProject_xy'
output = 'output_push' + '_' + str(dir_push) + 'withwall'
file_excel = 'Push.xlsx'

```

```

sheet_name = 'Push_Mono' + '_' + str(dir_push)

file_Displacement = name_project + "\\ " + output + "\\ " + "Disp.feather"
file_Reaction = name_project + "\\ " + output + "\\ " + "Reaction.feather"
tag_floor = 100000
tags_base = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28,
131, 132, 133, 134, 135, 136, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335,
4393, 4394, 4395, 4396, 4397, 4398]
df_push = opa.resp_baseshear(file_resp=file_Displacement, file_reaction=file_Reaction, tag_resp=tag_floor,
tags_base=tags_base,
dof_resp=dir_push, dof_force=dir_push, scfactor_resp=100, scfactor_force=0.001,
sendtoexcel='y',
file_path=file_excel, sheet_name=sheet_name)

# print(df_push)
fig_Push_Mono = plt.figure(dpi=200)
ax_Push_Mono = plt.axes()
opa.plot_resp_baseshear(ax=ax_Push_Mono, df_resp_base=df_push, xlabel='Roof Disp[cm]',
ylabel='Base Shear[KN]',
title='Pushover Monotonic[y]', linewidth=2.0, color='k', grid=True)
#
plt.show()
exit()

```

*Anexo D. Resultados de ensayos de laboratorio*



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

# ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN.



## PROYECTO:

"EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023"

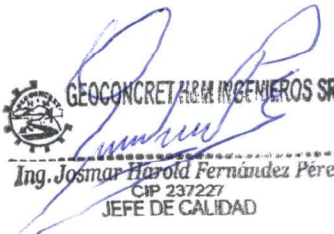
## UBICACIÓN:

DISTRITO : CHOTA  
PROVINCIA : CHOTA  
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

## SOLICITA:

WÍLDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ Y  
OMER ANGASPILCO DÁVILA

**CHOTA, MARZO 2024.**

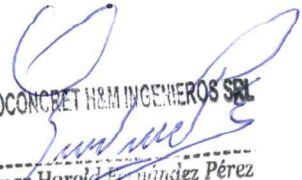
  
GEOCONCRET H&M INGENIEROS SRL  
Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

## INDICE

1.	GENERALIDADES.....	2
1.1.	OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	2
1.2.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	2
1.3.	CONDICIÓN CLIMÁTICA.....	2
2.	TRABAJOS DE LABORATORIO.....	3
2.1.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	3
2.1.1.	Ensayos Estándar y Especiales.....	3
2.1.2.	Ensayos Especiales.....	3
2.2.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL TERRENO PARA CIMENTACIÓN.....	3
3.	PERFIL ESTRATIGRÁFICO.....	1
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO.....	1
4.	ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....	1
4.1.	TIPO Y PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.....	1
4.2.	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA (CORTE DIRECTO EN SUELOS).....	1
5.	RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.....	3
6.	CONTENIDO DE SALES Y OTROS.....	3
7.	CLASIFICACIÓN SUCS.....	4
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	4

  
GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.  
Ing. Josmar Haroldo Hernández Pérez  
CIP 237221  
JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

## **INFORME TÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS** **CON FINES DE CIMENTACIÓN.**

### **1. GENERALIDADES.**

#### **1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO.**

El presente informe Técnico tiene por finalidad dar a conocer a los tesisistas Wilder Sánchez Vásquez y Omer Angaspilco Dávila, los resultados de la investigación del suelo de cimentación donde del proyecto de tesis denominado: "EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023"; por medio de ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del subsuelo, finalmente se dará conclusiones y recomendaciones generales para la cimentación.

El programa de trabajo realizado con este propósito ha consistido en:

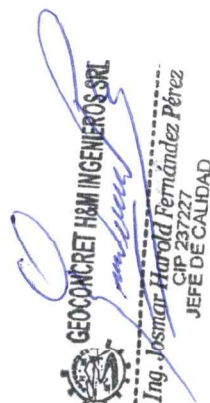
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Perfiles estratigráficos.
- Análisis de la Capacidad Portante del Suelo, con fines de Cimentación.
- Análisis del Valor Soporte del Terreno de Fundación.
- Conclusiones y Recomendaciones.

#### **1.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.**

El terreno destinado para la ejecución del Proyecto: "EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023", se encuentra ubicado en el Distrito de Chota, Provincia: Chota, Departamento: Cajamarca.

#### **1.3. CONDICIÓN CLIMÁTICA.**

El clima es generalmente cálido, con una temperatura máxima de 28°C (Junio - Noviembre), y una mínima de 18°C (Febrero- Marzo), y con mayor

  
GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.  
Ing. Harold Fernández Pérez  
CIP 23727  
JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

precipitación pluvial durante los meses de enero - abril y la época de sequía durante los meses de Junio a Noviembre.

## **2. TRABAJOS DE LABORATORIO.**

### **2.1. ENSAYOS DE LABORATORIO.**

Los ensayos estándar y especiales de laboratorio, se realizaron en el Laboratorio de suelos, Tecnología del concreto y Tecnología del asfalto GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

#### **2.1.1. Ensayos Estándar y Especiales.**

Se realizaron los siguientes ensayos:

- 01 Ensayo de Análisis Granulométrico. ASTM D-422.
- 01 Ensayo de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos. ASTM D-4318.
- 01 Ensayo de Contenido de humedad. ASTM D-2216.

#### **2.1.2. Ensayos Especiales.**

Fueron realizados los siguientes ensayos especiales:

- Con la Muestra M - 1, de las Calicatas C - 1 se realizó el ensayo de Corte Directo en Suelos, (A.S.T.M. D 3080), con la finalidad de poder determinar la capacidad portante del suelo.

### **2.2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL TERRENO PARA CIMENTACIÓN.**

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), bajo la Norma A.S.T.M. D 2487.

  
GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.  
Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD




**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

**CUADRO DE CLASIFICACIÓN.**

CALICATA Nº	MUESTRA	PROFUNDIDAD m.	CLASIFICACION DEL SUELO A.A.S.H.T.O M 145	INDICE DE GRUPO A.A.S.H.T.O M 145 IG	CLASIFICACION DEL SUELO S.U.C.S. A.S.T.M. D 2487	A. GRANULOMETRICO A.A.S.H.T.O. T 88 PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA				LIMITES DE ATTERBERG A.A.S.H.T.O. T 89			CONTENIDO DE HUMEDAD A.A.S.H.T.O. T 265 W (%)
						Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
C - 1	M - 1	0.35 m. A 3.00m.	A - 2 - 5 (0)	0	GC	52.22	44.37	32.41	21.01	40	26	14	13.84%

  
**GEOCONCRET H&M INGENIEROS SRL**  
 Ing. Harold Fernández Pérez  
 OIP 237227  
 JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

### **3. PERFIL ESTRATIGRÁFICO.**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO.**

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación:

##### **La Calicata C - 1**

**De 0.00 m. a 0.35 m.,** presenta un estrato conformado por pastos y raíces.

**De 0.35 m. a 3.00 m.,** grava arcillosa (GC), de mediana plasticidad, mezclado con una proporción de gravilla y finos, de color marrón claro a oscuro, baja resistencia en seco, lenta dilatancia, nula tenacidad, consistencia suave. El estrato se encuentra húmedo; presenta una compresibilidad baja, y sin olor.

### **4. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN**

#### **4.1. TIPO Y PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.**

De acuerdo a las características del sub suelo descrito anteriormente, se recomienda que la profundidad de cimentación sea a una profundidad mínima de - 1.50 m., con respecto al nivel del terreno, previamente nivelado y eliminando la capa de material inadecuado (rellenos o terreno suelto); apoyado sobre un material de afirmado con un mínimo de espesor de 0.30 m debidamente compactado hasta alcanzar el máxima densidad obtenida en el ensayo de Proctor modificado; por medio de zapatas de concreto armado y con vigas de arriostre o conexión, considerando un adecuado sistema de drenaje.

#### **4.2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA (CORTE DIRECTO EN SUELOS).**

Para la determinación de la Capacidad Admisible de carga, según el ensayo de Corte Directo de suelos, bajo la Norma A.S.T.M. D 3080, cuantifica de la siguiente manera.



## GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

### A. CALICATA C-1

Calicata	:	C - 1
Muestra	:	M - 1
Tipo de Suelo	:	GC
Ángulo de fricción interna	$\phi =$	32.47°
Cohesión	=	0.28 Kg/cm <sup>2</sup>

Luego, aplicando la Teoría de Karl Terzaghi (falla por corte local), aplicando los factores de forma de Vesic, la Capacidad Portante Admisible será de:  
Cimentación Cuadrada:

$$q_{ult} = c N_c F_{cs} F_{cd} + q N_q F_{qs} F_{qd} + 0.5 \gamma_t B N_{\gamma} F_{\gamma s} F_{\gamma d}$$

Donde:

Profundidad de cimentación	Df	= 1.50 m.
Ancho	B	= 1.00 m.
Largo	L	= 1.00 m.
Factor de Seguridad	F.S.	= 3

Reemplazando valores se obtiene:  $q_{ad} = 1.85 \text{ kg/cm}^2$

  
GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.  
Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

## 5. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.

### 5.1. PARA LA C-1

<b>TIPO DE CIMENTACIÓN:</b> ZAPATAS CONECTADAS DE CONCRETO ARMADO	
<b>ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN:</b> CAPA DE AFIRMADO COMPACTADO QUE SE COLOCARA SOBRE GRAVA ARCILLOSA	
<b>PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN</b>	
<b>PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:</b> - 1.50m. SOBRE EL ESTRATO DE GRAVA ARCILLOSA.	
<b>PRESIÓN ADMISIBLE:</b>	1.85 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD:</b>	3
<b>RECOMENDACIONES ADICIONALES:</b> NO DEBE CIMENTARSE SOBRE TURBA, SUELO ORGANICO, TIERRA VEGETAL, DESMONTE O RELLENO SANITARIO Y QUE ESTOS MATERIALES INADECUADOS DEBERAN SER REMOVIDOS EN SU TOTALIDAD, ANTES DE CONSTRUIR LA CIMENTACIÓN Y SER REEMPLAZADOS CON MATERIALES SELECCIONADOS.	

## 6. CONTENIDO DE SALES Y OTROS

El resultado del Análisis Físico Químico efectuado con muestras representativas del estrato que conforma el subsuelo del terreno de fundación, presenta los siguientes valores:

  
 **GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	pH	SULTATOS COMO BaSO4 (p.p.m)	Cl <sup>-1</sup>	SALES SOLUBLES TOTALES (p.p.m)
C - 1	M - 1	0.30 - 3.00	7.00	68.25	32.15	0.012

Dichos valores se encuentran por debajo de los límites mínimos permisibles de agresividad al concreto, en lo que respecta a sulfatos, debiéndose utilizar por consiguiente Cemento Portland Tipo I ó ICo, en la preparación del concreto de la cimentación (proporción de sulfatos menor de 150 p.p.m.).

## 7. CLASIFICACIÓN A.A.S.H.T.O.

Se determinó el tipo de suelo, de acuerdo a la Norma A.A.S.H.T.O. M 145, teniendo como estratos de suelos, más desfavorable a las siguientes Calicatas; obteniéndose los siguientes resultados, después de realizar los ensayos especiales:

Calicata Nº	Muestra Nº	Profundidad (m)	Tipo de Suelo A.A.S.H.T.O.
C - 1	M - 1	0.35 - 1.50	A - 2 - 6 (0)

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Correlacionando la investigación de los ensayos de laboratorio y según el análisis efectuado en el transcurso del informe, establecemos las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El terreno en estudio se encuentra ubicado en el Distrito de Chota, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca y presenta una superficie relativamente ondulada y geometría irregular.



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

- El subsuelo del terreno en estudio, del proyecto: ""EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023", presenta estratos conformados gravas arcillosas de mediana plasticidad. Se encuentran medianamente consolidados y húmedos.
- Se recomienda que antes de la construcción de las estructuras, eliminar la capa conformada por materia orgánica, material como pastos o raíces, en un espesor mínimo de 0.35 m y materiales sueltos o rellenos.
- Se cimentará sobre zapatas conectadas de concreto armado, para una capacidad portante admisible (valor que decrece con el incremento de humedad del suelo); para el cálculo de la cimentación se ha trabajado con el valor más desfavorable obtenido, por lo que la capacidad portante es de:

$$q_{ad} = 1.85 \text{ Kg/cm}^2$$

- El ingeniero estructural estará a cargo de determinar la sección y el tipo de cimentación, acorde a la capacidad portante del terreno de fundación compatible con las cargas transmitidas y la Norma Técnica E - 060.
- El concreto a utilizar en la cimentación debe ser diseñado por un especialista en Tecnología del Concreto, empleando agregados que deben cumplir con la Norma A.S.T.M. C 33-99a. Además, el agua a ser utilizada para las mezclas de concreto, debe cumplir con la Norma N.T.P. 339.088. Asimismo, se debe utilizar en el concreto de la cimentación Cemento Portland Tipo I (proporción de sulfatos menor de 1500 p.p.m.). Asimismo, utilizar agregados lavados, por cuanto pueden contener sales sulfatadas que influyen negativamente en las propiedades del concreto.



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
*Josmar Haroldo Fernández Pérez*  
Ing. Josmar Haroldo Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L**

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

- Es preciso recomendar que las construcciones a realizarse en el proyecto, se ejecute en épocas de estiaje para evitar en lo posible la saturación del suelo de cimentación.



GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L

Ing. Josmar Hureta Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

# ANEXO I

## ENSAYOS DE LABORATORIO ESTÁNDAR



GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

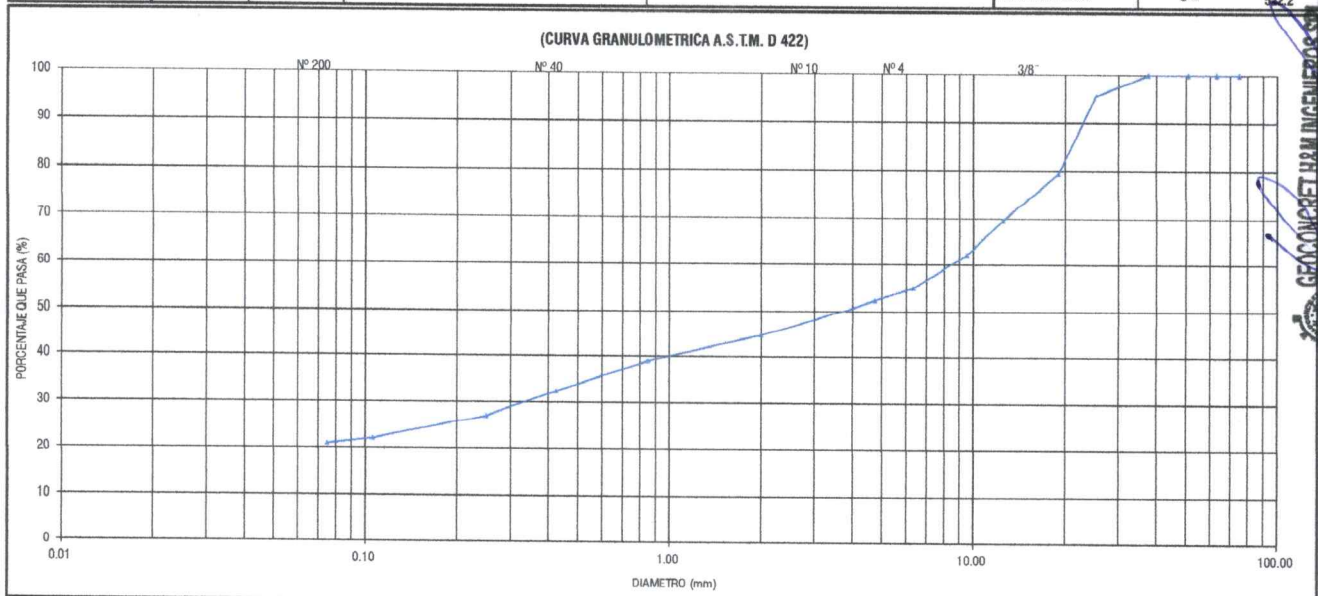
Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD

*Dirección: Prolongación los Nogales N° 125, Chola - Cajamarca*

	<b>GEOCONCRET H&amp;M - INGENIEROS S.R.L.</b>		<b>OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD</b>				
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO			
	<b>HM-01</b>		CODIGO:	012-2024-MS-001			
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL				
PROYECTO :	TESIS: "EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023"		GERENTE GENERAL :	BIANCA PRICILA ODAR SALAS			
UBICACIÓN :	DISTRITO: CHOTA; PROVINCIA : CHOTA; DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. JOSMAR HAROLD FERNÁNDEZ			
SOLICITANTE :	WILDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ y OMER ANGASPILCO DÁVILA		TECNICO DE LAB :	ING. FERNANDO RAFAEL GARCIA			
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION				
CALICATA :	C - 1	CODIGO MUESTRA:	MS-001	PROFUNDIDAD :	0.30 m. A 3.00 m.	CLASIFICACION DEL SUELO	
MUESTRA :	M - 1			FECHA :	MARZO 2024	NORMA A.S.T.M. D 2487	<b>GC</b>

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.S.T.M. D 422**  
**METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

	TAMIZ		P.RET	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	MUESTRA TOTAL HUMEDA		
	Nº	ABERTURA(mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RET. ACUMULADO	QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110° C
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)	1148	
	2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00			
	2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00			
	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00			
	1"	25.40	40.41	40.41	4.04	95.96			
	3/4"	19.00	166.10	206.51	20.65	79.35			
	1/2"	12.50	97.11	303.62	30.36	69.64			
	3/8"	9.50	75.50	379.12	37.91	62.09			
	1/4"	6.35	72.52	451.64	45.16	54.84			
	Nº4	4.75	26.15	477.79	47.78	52.22			
FRACCION FINA	Nº 10	2.00	78.51	556.30	55.63	44.37	PESO TOTAL MUESTRA SECA < Nº 4 (gr)	522.2	
	Nº 20	0.85	53.72	610.02	61.00	39.00			
	Nº 40	0.43	65.88	675.90	67.59	32.41			
	Nº 60	0.25	62.14	728.04	72.80	27.20			
	Nº 140	0.11	50.60	778.64	77.86	22.14			
	Nº 200	0.08	11.27	789.91	78.99	21.01			
	CAZOLETA	--	210.09	1000.0					
	TOTAL			1000.0					
							PESO TOTAL MUESTRA SECA > Nº 4 (gr)	477.8	
							PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	1000.0	
ANALISIS FRACCION GRUESA							TOTAL	W G =	477.79
ANALISIS FRACCION FINA							CORRECCION CUARTERO :	SAWG	1.00
							PESO PORCION SECA :	S =	522.2



<b>D60 =</b>	8.20	<b>D30 =</b>	0.32	<b>D10 =</b>	
<b>Cu =</b>				<b>Cc =</b>	

**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGÚN LA NORMA ( A.S.T.M. D 2487 - STANDARD CLASSIFICATION OF SOILS FOR ENGINEERING PURPOSES ), Y SE DESCRIBE COMO UNA GRAVA ARCILLOSA, CON APRECIABLE PROPORCIÓN DE ARENA FINA A GRUESA (31.21 %), Y UNA CANTIDAD DE FINOS (21.01 %), DE MEDIANA PLASTICIDAD.

CLASIFICACION GENERAL: REGULAR

TERRENO DE FUNDACION:

**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
 Ing. Josmar Harold Ferrnández Pérez  
 CIP: 231727  
 JEFE DE CALIDAD

	<b>GEOCONCRET H&amp;M - INGENIEROS S.R.L.</b>				<b>OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD</b>		
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>				<b>SECTOR :</b>	<b>LABORATORIO</b>	
	<b>HM-02</b>				<b>CODIGO:</b>	<b>012-2024 - MS-002</b>	
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>				<b>DATOS DEL PERSONAL</b>			
<b>PROYECTO :</b>	TESIS: "EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023"				<b>GERENTE GENERAL :</b>	BIANCA PRICILA ODAR SALAS	
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO: CHOTA; PROVINCIA: CHOTA; DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.				<b>JEFE DE CALIDAD :</b>	ING. JOSMAR HAROLD FERNÁNDEZ PÉREZ	
<b>SOLICITANTE :</b>	WÍLDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ y OMER ANGASPILCO DÁVILA				<b>TECNICO DE LAB :</b>	ING. FERNANDO RAFAEL GARCIA	
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>				<b>CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION</b>			
<b>CALICATA :</b>	C - 1	<b>CODIGO MUESTRA:</b>	M1-001	<b>PROFUNDIDAD :</b>	0.30 m. A 3.00 m.	<b>CLASIFICACION DEL SUELO</b>	GC
<b>MUESTRA :</b>	M - 1						

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINACION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK - A.S.T.M. D 2216**  
**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

<b>CALICATA :</b>	<b>C - 2</b>		
<b>MUESTRA :</b>	<b>M - 1</b>		
<b>ENSAYO :</b>	1	2	3
W (tara + M Húmeda) gr	<b>192.00</b>	<b>196.00</b>	<b>188.00</b>
W (tara + M Seca) gr	<b>170.00</b>	<b>173.00</b>	<b>171.00</b>
W agua (gr)	22.00	22.00	17.00
W tara (gr)	<b>25.40</b>	<b>24.03</b>	<b>23.50</b>
W Muestra Seca (gr)	144.60	148.97	147.50
W(%)	15.21%	14.77%	11.53%
<b>W (%) Promedio :</b>	<b>13.84%</b>		

<b>OBSERVACIONES:</b>	
-----------------------	--

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados HM - GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

  
 **GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
 Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
 CIP 237227  
 JEFE DE CALIDAD

	GEOCONCRET H&M - INGENIEROS S.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD		
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO	
	HM-03		CODIGO:	012-2024-MS-003	
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL		
PROYECTO :	TESIS: "EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023"			GERENTE GENERAL :	BIANCA PRICILA ODAR SALAS
UBICACIÓN :	DISTRITO: CHOTA; PROVINCIA: CHOTA; DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.			JEFE DE CALIDAD :	ING. JOSMAR HAROLD FERNÁNDEZ PÉREZ
SOLICITANTE :	WILDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ y OMER ANGASPILCO DÁVILA			TECNICO DE LAB :	ING. FERNANDO RAFAEL GARCIA
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE ORIENTACION		
CALIGATA :	C - 1	PROFUNDIDAD :	0.30 m. A 3.00 m.		CLASIFICACION DEL SUELO NORMA A.S.T.M. D 2487
MUESTRA :	M - 1	FECHA :	MARZO 2024		
CODIGO MUESTRA:	M1-001				

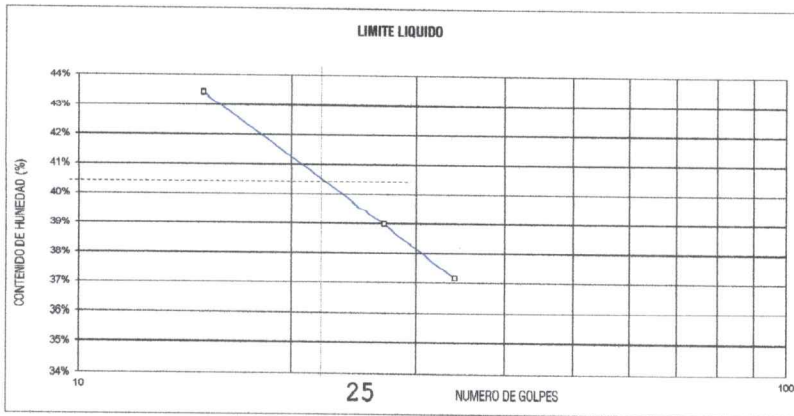
**STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - A.S.T.M. D 4318**  
**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

LIMITE LIQUIDO			
TARA Nº	115	109	102
Wt + M.Húmeda (gr)	31.74	32.90	34.58
Wt + M. Seca (gr)	29.59	29.96	31.67
W agua (gr)	2.15	2.94	2.91
W tara (gr)	24.64	22.42	23.84
W M.Seca (gr)	4.96	7.54	7.83
W(%)	43.43%	38.99%	37.16%
N.GOLPES	15	27	34

LIMITE PLASTICO			
TARA Nº	103	105	Promedio
Wt + M.Húmeda (gr)	22.96	23.02	
Wt + M. Seca (gr)	22.82	22.89	
W agua (gr)	0.14	0.13	
W tara (gr)	22.29	22.38	
W M.Seca (gr)	0.53	0.51	
W(%)	26.42%	25.49%	25.95%

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACION DE MUESTRA	
60°C	110° C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60°C	110° C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LIMITE LIQUIDO (%)	40
LIMITE PLASTICO (%)	26
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	14



UNIPUNTO	
Nº GOLPES	FACTOR
N	K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

**OBSERVACIONES:** EL CALCULO Y REPORTE DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACION AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SIMBOLO DE PORCENTAJE, DE ACUERDO A LA NORMA A.A.S.H.T.O. T 89.

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados HM - GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
 Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
 CIP 237227  
 JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

# ANEXO II

## ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

  
GEOCONCRET H&M INGENIEROS SRL  
Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD

*Dirección: Prolongación los Nogales N° 125, Chola - Cajamarca*

	<b>GEOCONCRET H&amp;M - INGENIEROS S.R.L.</b>		<b>OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD</b>	
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>		<b>SECTOR :</b>	<b>LABORATORIO</b>
	<b>HM-CD-01</b>		<b>CODIGO:</b>	<b>012-24-MS-MC-001</b>
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			<b>DATOS DEL PERSONAL</b>	
<b>PROYECTO :</b>	TESIS "EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023"		<b>GERENTE GENERAL :</b>	BIANCA PRICILA ODAR SALAS
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO: CHOTA; PROVINCIA: CHOTA; DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.		<b>JEFE DE CALIDAD :</b>	ING. JOSMAR H. FERNÁNDEZ PÉREZ
<b>SOLICITANTE :</b>	WILDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ y OMER ANGASPILCO DÁVILA		<b>TECNICO DE LAB :</b>	ING. FERNANDO RAFAEL GARGA

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS  
A.S.T.M. D 3080 - 2004**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA	
<b>CALICATA :</b>	C - 1
<b>MUESTRA :</b>	M - 1
<b>PROFUNDIDAD (m) :</b>	0.30 m - 3.00 m.
<b>CLASIFICACION (S.U.C.S.) :</b>	GC
<b>CONDICION :</b>	INALTERADA

DENSIDAD HUMEDA INICIAL (A.S.T.M. D 2937)					
PESO MUESTREADOR + M HUMEDA INICIAL	169.35	gr	PESO MUESTREADOR + M HUMEDA INICIAL	170.8	gr
PESO MUESTREADOR	42.09	gr	PESO MUESTREADOR	42.09	gr
PESO MUESTRA HUMEDA	127.26	gr	PESO MUESTRA HUMEDA	128.71	gr
VOLUMEN MUESTREADOR	60.05	cm <sup>3</sup>	VOLUMEN MUESTREADOR	60.05	cm <sup>3</sup>
DENSIDAD HUMEDA	2.12	gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD HUMEDA	2.14	gr/cm <sup>3</sup>

CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL (A.S.T.M. D 2216)					
MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03	
NUMERO DE TARA	417	NUMERO DE TARA	126	NUMERO DE TARA	415
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	112.67	gr	PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	90.44	gr
PESO MUESTRA SECA + TARA	97.32	gr	PESO MUESTRA SECA + TARA	86.06	gr
PESO TARA	22.93	gr	PESO TARA	23.23	gr
PESO MUESTRA SECA	74.39	gr	PESO MUESTRA SECA	62.83	gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	20.63	%	CONTENIDO DE HUMEDAD	16.52	%


VELOCIDAD DE CORTE : 0.25 mm/min					
ESPECIMEN : 1		ESPECIMEN : 2		ESPECIMEN : 3	
ALTURA INICIAL :	20.02	mm	ALTURA INICIAL :	20.02	mm
DIAMETRO :	61.80	mm	DIAMETRO :	61.80	mm
AREA INICIAL :	30.00	cm <sup>2</sup>	AREA INICIAL :	30.00	cm <sup>2</sup>
DENSIDAD HUMEDA :	2.12	gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD HUMEDA :	2.15	gr/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD INICIAL :	20.63	%	HUMEDAD INICIAL :	17.28	%
W PESAS	1275	gr	W PESAS	3825	gr
ESFUERZO NORMAL :	0.425	Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO NORMAL :	0.850	Kg/cm <sup>2</sup>
ESFUERZO DE CORTE :	0.53	Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DE CORTE :	0.857	Kg/cm <sup>2</sup>

DEFORMACION LATERAL (mm)	CARGA N	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (ε/δ)	DEFORMACION LATERAL (mm)	CARGA N	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (ε/δ)	DEFORMACION LATERAL (mm)	CARGA N	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (ε/δ)
0.00	0.0	0.000	0.000	0.00	0.0	0.000	0.000	0.00	0.0	0.000	0.000
0.25	69.0	0.235	0.552	0.25	130.0	0.408	0.480	0.25	130.0	0.408	0.320
0.50	80.0	0.272	0.640	0.50	135.0	0.459	0.540	0.50	140.0	0.476	0.373
0.75	90.0	0.306	0.720	0.75	144.0	0.490	0.576	0.75	176.0	0.598	0.469
1.00	98.0	0.333	0.784	1.00	156.0	0.530	0.624	1.00	190.0	0.646	0.507
1.25	104.0	0.354	0.832	1.25	171.0	0.581	0.684	1.25	191.0	0.649	0.509
1.50	112.0	0.381	0.896	1.50	180.0	0.612	0.720	1.50	199.0	0.676	0.531
1.75	118.0	0.401	0.944	1.75	193.0	0.656	0.772	1.75	204.0	0.693	0.544
2.00	126.0	0.428	1.008	2.00	203.0	0.690	0.812	2.00	218.0	0.741	0.581
2.25	130.0	0.442	1.040	2.25	212.0	0.721	0.848	2.25	230.0	0.782	0.613
2.50	137.0	0.466	1.096	2.50	221.0	0.751	0.884	2.50	236.0	0.802	0.629
2.75	139.0	0.473	1.112	2.75	231.0	0.785	0.924	2.75	240.0	0.816	0.640
3.00	142.0	0.483	1.136	3.00	235.0	0.799	0.940	3.00	248.0	0.843	0.661
3.50	147.0	0.500	1.176	3.50	243.0	0.826	0.972	3.50	256.0	0.870	0.682
4.00	152.0	0.517	1.216	4.00	250.0	0.850	1.000	4.00	262.0	0.891	0.698
4.50	152.0	0.517	1.216	4.50	252.0	0.857	1.008	4.50	270.0	0.918	0.720
5.00	153.0	0.520	1.224	5.00	251.0	0.853	1.004	5.00	278.0	0.945	0.741
5.50	156.0	0.530	1.240	5.50	250.0	0.850	1.000	5.50	294.0	0.990	0.797
6.00	154.0	0.524	1.232	6.00	250.0	0.850	1.000	6.00	289.0	0.982	0.770
6.50	151.0	0.513	1.208	6.50	245.0	0.833	0.980	6.50	292.0	0.993	0.778
7.00	149.0	0.507	1.192	7.00	243.0	0.826	0.972	7.00	296.0	1.006	0.789
7.50	147.0	0.500	1.176	7.50	240.0	0.816	0.960	7.50	305.0	1.037	0.813
8.00				8.00	239.0	0.812	0.956	8.00	300.0	1.050	0.824
8.50				8.50	243.0	0.826	0.972	8.50	315.0	1.071	0.840
9.00				9.00				9.00	314.0	1.067	0.837
9.50				9.50				9.50			
10.00				10.00				10.00			

OBSERVACIONES : MUESTRA PROVISTA E IDENTIFICADA POR EL SOLICITANTE

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
 Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
 CIP 237227  
 JEFE DE CALIDAD

	<b>GEOCONCRET H&amp;M - INGENIEROS S.R.L.</b>		<b>OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD</b>	
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>		<b>SECTOR :</b>	<b>LABORATORIO</b>
	<b>HM-CD-01</b>		<b>CODIGO:</b>	<b>012-24-MS-MC-002</b>
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			<b>DATOS DEL PERSONAL</b>	
<b>PROYECTO :</b>	TESIS: "EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023"		<b>GERENTE GENERAL :</b>	BIANCA PRICILA ODAR SALAS
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO: CHOTA; PROVINCIA: CHOTA; DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.		<b>JEFE DE CALIDAD :</b>	ING. JOSMAR H. FERNÁNDEZ PÉREZ
<b>SOLICITANTE :</b>	WILDER SÁNCHEZ VÁSQUEZ y OMER ANGASPILCO DÁVILA		<b>TECNICO DE LAB :</b>	ING. FERNANDO RAFAEL GARCÍA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA	
<b>CALICATA :</b>	C-1
<b>MUESTRA :</b>	M-1
<b>PROFUNDIDAD (m) :</b>	0,30 m - 3,00 m.
<b>CLASIFICACION (S.U.C.S) :</b>	GC
<b>CONDICION :</b>	INALTERADA

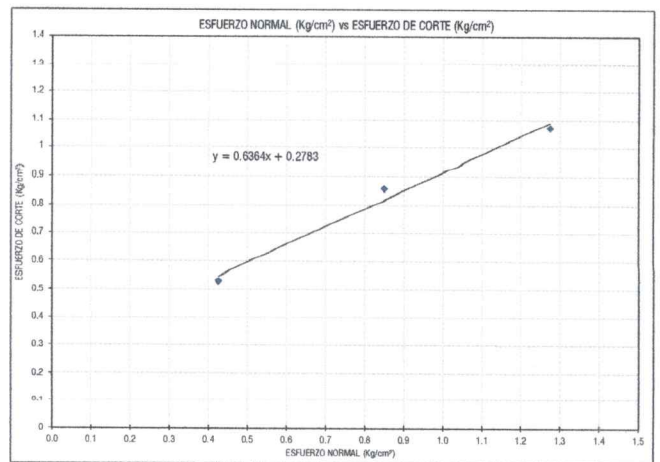
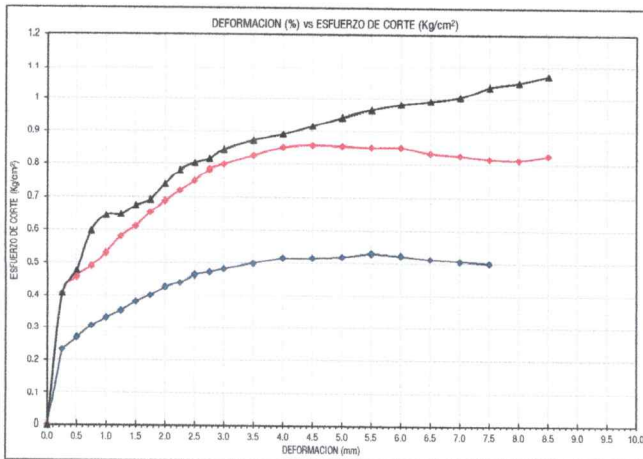
INICIAL					
<b>ESPECIMEN :</b>	1		<b>ESPECIMEN :</b>	2	
ALTURA INICIAL :	20.02	mm	ALTURA INICIAL :	20.02	mm
DIAMETRO :	61.80	mm	DIAMETRO :	61.80	mm
AREA INICIAL :	30.00	cm <sup>2</sup>	AREA INICIAL :	30.00	cm <sup>2</sup>
DENSIDAD HUMEDA INICIAL :	2.12	gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD HUMEDA :	2.14	gr/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD INICIAL :	20.63		HUMEDAD INICIAL :	16.52	
DENSIDAD SECA INICIAL :	1.76	gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD SECA INICIAL :	1.84	gr/cm <sup>3</sup>

APLICANDO EL ESFUERZO NORMAL Y SATURANDO LA MUESTRA (CONSOLIDACION PRIMARIA)					
<b>ESPECIMEN :</b>	1		<b>ESPECIMEN :</b>	2	
W PESAS :	1275	gr	W PESAS :	1275	gr
ESFUERZO NORMAL :	0.425	Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO NORMAL :	0.850	Kg/cm <sup>2</sup>
LECTURA DEL DEFORMIMETRO :	-0.34	mm	LECTURA DEL DEFORMIMETRO :	-0.32	mm
ALT ANTES EC = ALT INICIAL - LECTURA DEF :	20.36	mm	ALT FINAL = ALT INICIAL - LECTURA DEF :	20.34	mm

APLICANDO EL ESFUERZO DE CORTE					
<b>ESPECIMEN :</b>	1		<b>ESPECIMEN :</b>	2	
LECTURA DEL DEFORMIMETRO :	-0.300	mm	LECTURA DEL DEFORMIMETRO :	-0.300	mm
ALT FINAL = ALT ANTES EC - LECTURA DEF :	20.66	mm	ALT FINAL = ALT ANTES EC - LECTURA DEF :	20.640	mm



CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL (A.S.T.M. D 2216)					
MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03	
NUMERO DE TARA	418	NUMERO DE TARA	174	NUMERO DE TARA	129
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	147.28 gr	PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	150.87 gr	PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	155.57 gr
PESO MUESTRA SECA + TARA	127.68 gr	PESO MUESTRA SECA + TARA	131.14 gr	PESO MUESTRA SECA + TARA	136.28 gr
PESO TARA	23.04 gr	PESO TARA	25.42 gr	PESO TARA	24.90 gr
PESO MUESTRA SECA	104.64 gr	PESO MUESTRA SECA	105.72 gr	PESO MUESTRA SECA	111.38 gr
CONTENIDO DE HUMEDAD	18.73 %	CONTENIDO DE HUMEDAD	18.66 %	CONTENIDO DE HUMEDAD	17.32 %

DENSIDAD HUMEDA FINAL (A.S.T.M. D 2937)					
PESO MUESTREADOR + M HUMEDA	156.15 gr	PESO MUESTREADOR + M HUMEDA	155.85 gr	PESO MUESTREADOR + M HUMEDA	156.85 gr
PESO MUESTREADOR	42.09 gr	PESO MUESTREADOR	42.09 gr	PESO MUESTREADOR	42.09 gr
PESO MUESTRA HUMEDA	114.06 gr	PESO MUESTRA HUMEDA	113.76 gr	PESO MUESTRA HUMEDA	114.76 gr
VOLUMEN MUESTREADOR	60.05 cm <sup>3</sup>	VOLUMEN MUESTREADOR	60.05 cm <sup>3</sup>	VOLUMEN MUESTREADOR	60.05 cm <sup>3</sup>
DENSIDAD HUMEDA FINAL	1.90 gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD HUMEDA FINAL	1.89 gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD HUMEDA FINAL	1.91 gr/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD FINAL :	18.73 %	HUMEDAD FINAL :	18.66 %	HUMEDAD FINAL :	17.32 %
DENSIDAD SECA FINAL :	1.60 gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD SECA FINAL :	1.60 gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD SECA FINAL :	1.63 gr/cm <sup>3</sup>



**RESULTADOS :** COHESIÓN (C) : 0.28  
 ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ) : 32.47 °

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

  
**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
  
**Ing. Josmar Harold Fernández Pérez**  
 CIP 237227  
 JEFE DE CALIDAD



## GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

# ANEXO III

## CAPACIDAD PORTANTE



GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD

*Dirección: Prolongación los Nogales N° 125, Chota - Cajamarca*

**CIMENTACIÓN**

**CAPACIDAD DE CARGA PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES**

Ecuación de Terzaghi (1943) con factores de forma de Vesic (1973)

**Datos**

Tipo de suelo	<b>GC</b>
IP	14
LL	40

**Sistema de unidades**

SI SI or E

**Información de la fundación**

SQ, CI, CO, or RE

Forma	SQ Cimentación Cuadrada
B =	1.00 m
L =	1.00 m
Df =	1.50 m

**Información del suelo**

Parámetros de resistencia por corte general

c =	0.28 kPa
f =	32.47 °

Parámetros por corte local

c' =	0.187 kPa
f' =	22.99 °

Peso unitario y profundidad del nivel freático c/r a la superficie

g =	20.10 kN/m <sup>3</sup>
Dwater =	10.00 m

**Factor de seguridad**

F =	3
-----	---

**Resultados**

	Vesic			
	Valor	Und	Valor	Und
Capacidad de carga (corte local)				
q ult =	542.81	kPa	5.54	Kg/cm <sup>2</sup>
q adm =	180.94	kPa	<b>1.85</b>	Kg/cm <sup>2</sup>
Capacidad de carga (corte general)				
q ult =	1,752.47	kPa	17.88	Kg/cm <sup>2</sup>
q adm =	584.16	kPa	5.96	Kg/cm <sup>2</sup>

**Resultados**

	Terzaghi			
	Valor	Und	Valor	Und
Capacidad de carga (corte local)				
q ult =	367.99	kPa	3.75	Kg/cm <sup>2</sup>
q adm =	122.66	kPa	1.25	Kg/cm <sup>2</sup>
Capacidad de carga (corte general)				
q ult =	1,171.41	kPa	11.95	Kg/cm <sup>2</sup>
q adm =	390.47	kPa	3.98	Kg/cm <sup>2</sup>

$$q_{ult} = cN_c F_{cs} F_{cd} + qN_q F_{qs} F_{qd} + 0.5\gamma_t B N_{\gamma} F_{\gamma s} F_{\gamma d}$$

**CÁLCULO DEL ASENTAMIENTO ELÁSTICO (Si)**

Presión neta aplicada	<b>qest</b>	=	1.85	Kg/cm <sup>2</sup>
Relación de Poisson	<b>m</b>	=	0.25	
Módulo de Elasticidad	<b>E<sub>s</sub></b>	=	450	Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento permisible	<b>S<sub>i(max)</sub></b>	=	2.54	cm
Ancho de la cimentación	<b>B</b>	=	1.00	m
Factor de forma	<b>I<sub>s</sub></b>	=	0.495	m/m
Factor de profundidad	<b>I<sub>f</sub></b>	=	0.61	

$$S_i = \frac{q(\alpha B')(1 - \mu^2)}{E_s} I_s I_f$$

Asentamiento en centro de Zapata flex	<b>S<sub>i</sub></b>	=	0.002	m
Asentamiento en centro de Zapata flex	<b>S<sub>i</sub></b>	=	0.23	cm
Asentamiento para Zapata rígida	<b>S<sub>er</sub></b>	=	0.22	cm

**Correcto**

Ref. Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das, 5ta.ed.

Parámetros elásticos asumidos de tablas

**NOTA:** Dwater = Es la distancia de la superficie al nivel freático


**GEOCONCRET H&M INGENIEROS SRL**  
  
**Ing. Josmar Harold Fernández Pérez**  
 CIP 237227  
**JEFE DE CALIDAD**



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**


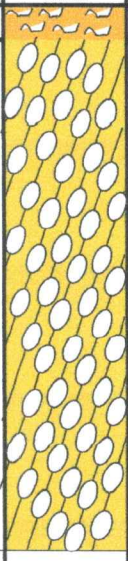
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

# ANEXO IV

## PERFILES ESTRATIGRAFICOS

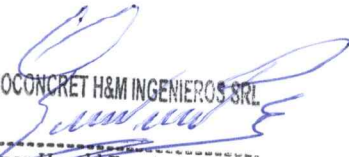
  
GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.  
Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD

*Dirección: Prolongación los Nogales N° 125, Chota - Cajamarca*

	<b>GEOCONCRET H&amp;M - INGENIEROS S.R.L.</b>		<b>OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD</b>				
	<b>FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD</b>		SECTOR :	LABORATORIO			
	<b>HM-MS</b>		CODIGO:	012-24-MS-PE-001 2			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			<b>DATOS DEL PERSONAL</b>				
PROYECTO :	TESIS: "EVALUACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO SEGÚN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL, USANDO OPENSEES DEL MÓDULO "A" DE LA GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA, 2023"		GERENTE GENERAL :	BIANCA PRICILA ODAR SALAS			
UBICACIÓN :	DISTRITO: CHOTA; PROVINCIA: CHOTA; DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. J HAROLD FERNÁNDEZ PÉREZ			
SOLICITANTE :	Wilder Sánchez Vásquez y Omer Angaspilco Dávila		TECNICO DE LAB :	ING. FERNANDO RAFAEL GARCIA			
<b>DATOS DE CAMPO</b>							
CALICATA :	C - 1	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	3.00	PROF. NIVEL FREATTTCO :	N/A		
PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRAS	W (%)	LIMITES	
	SIMBOLO (S.U.C.S.)	SIMBOLO GRAFICO				LL (%)	IP (%)
0.20			MATERIA ORGÁNICA (PASTOS Y RAÍCES)	S/M	-	-	-
0.50							
1.00							
1.50	GC		LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGÚN LA NORMA ( S.U.C.S - A.S.T.M. - D 2487)Y SE DESCRIBE COMO UNA GRAVA LIMOSA, CON APRECIABLE PROPORCIÓN DE ARENA MEDIA A GRUESA (31.21 %), Y DE BAJA PLASTICIDAD.	M - 1	13.84	40	14
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							
4.00							

OBSERVACIONES:

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados HM - GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L



  
**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
 Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
 CIP 237227  
 JEFE DE CALIDAD



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

# ANEXO V

## PANEL FOTOGRÁFICO

 **GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
  
Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD

*Dirección: Prolongación los Nogales N° 125, Chota - Cajamarca*



## GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L

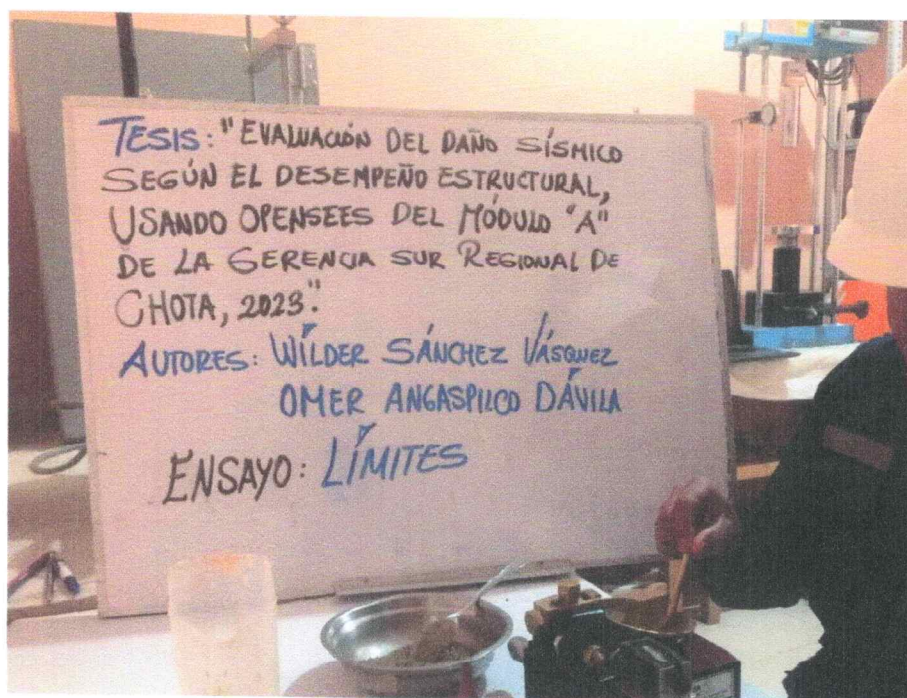
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

### PANEL FOTOGRAFICO



**FOTOGRAFIA 01:**

Muestra el ensayo de análisis granulométrico, según la Norma (A.S.T.M. D 422)



**FOTOGRAFIA 02:**

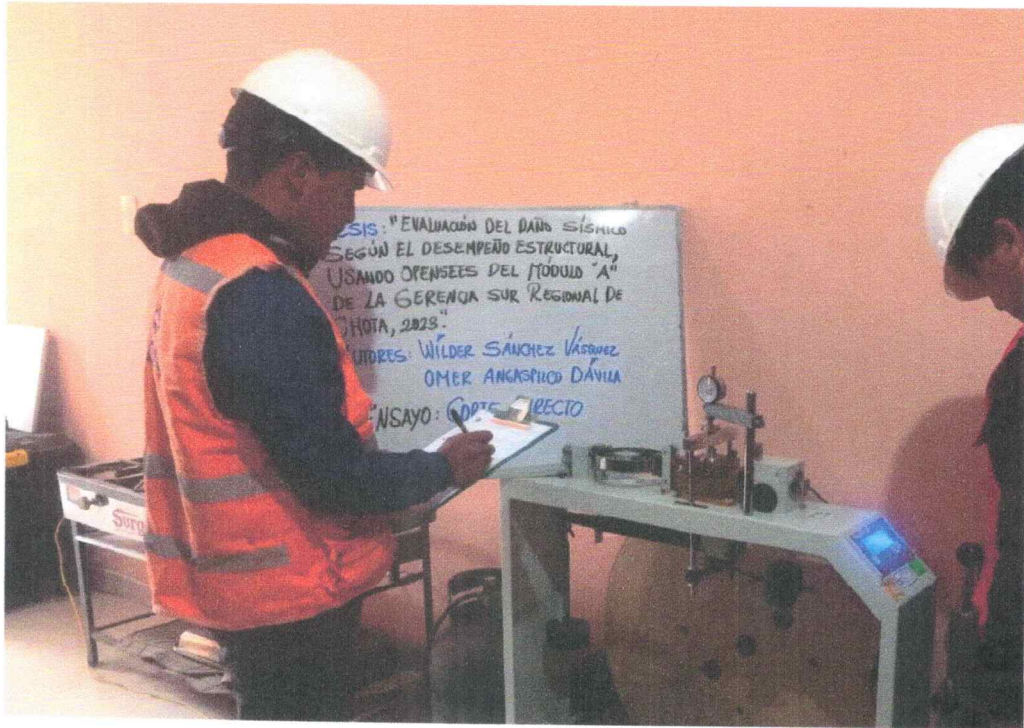
Muestra el ensayo de límite líquido, según la Norma (A.S.T.M. D 4318)

*Dirección: Prolongación los Nogales, N° 125, Chota - Cajamarca*

  
GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.  
Ing. **Harold Fernández Pérez**  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD




**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.



**FOTOGRAFIA 3:** Muestra el ensayo de corte directo 1, según la Norma (A.S.T.M. D 3080)



**FOTOGRAFIA 4:** Excavación de calicata

  
GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.  
Ing. **Harold Fernández Pérez**  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD

*Dirección: Prolongación los Nogales, N° 125, Chota - Cajamarca*



**GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L**  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS,  
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO  
DE PAVIMENTOS Y ALQUILER DE EQUIPOS.

# ANEXO VI

## CERTIFICADO DE INDECOPI Y CALIBRACIÓN



GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

*Josmar Harold Fernández Pérez*  
Ing. Josmar Harold Fernández Pérez  
CIP 237227  
JEFE DE CALIDAD

*Dirección: Prolongación los Nogales N° 125, Chota - Cajamarca*



PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI



Firmado digitalmente por:  
CHUEZ SALAZAR Sergio Jean Pierre FAU  
20133840533 hard  
Fecha: 15/06/2023 14:41:53-0500

# Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

## CERTIFICADO N° 00148026

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 014480-2023/DSD - INDECOPI de fecha 09 de junio de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L. y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Clase : 42 de la clasificación Internacional.

Solicitud : 0015100-2023

Titular : GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.

País : Perú

Vigencia : 09 de junio de 2033

Distingue : Servicios de laboratorios científicos: análisis del agua; servicios de arquitectura, investigación técnica; ensayo de materiales; peritajes geológicos; ingeniería; investigación geológica; control de calidad; peritajes [trabajos de ingenieros]



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento:33b226wdsv

Pág. 1 de 1

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-077-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0367		
2. Solicitante	GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L.		
3. Dirección	PASAJE LOS NOGALES 125 - CHOTA - CAJAMARCA		
4. Instrumento calibrado	<b>MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (CORTE DIRECTO)</b>		
Marca	PYS EQUIPOS		
Modelo	EDJ-1		
N° de serie	200		
Identificación	No indica		
Procedencia	China		
Intervalo de indicación	0 kN a 2000 kN		
Resolución	1 unidad		
Clase de exactitud	No indica		
Modo de fuerza	Compresion		
Indicador Analógico			
Marca	No indica	Serie	K6430
Modelo	No indica	Resolución	0,01 mm
Anillo de Carga			
Marca	No indica	Serie	No indica
Modelo	No indica		
5. Fecha de calibración	2023-07-15		

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-07-21



Jefe de Laboratorio

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### CA-F-077-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

#### 6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

#### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de Suelo y Concreto de GEOCONCRET H&M INGENIEROS S.R.L. ubicado en Pasaje Los Nogales 125 - Chota - Cajamarca

#### 8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	18,5 °C	18,4 °C
Humedad relativa	59 %	59 %

#### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSOMET	Celda de carga de 500 kg con una incertidumbre relativa de 0,02 %	KS23-0124

#### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-077-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

### 11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Promedio
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios	
		Ascenso kN	Ascenso kN	Ascenso kN	Descenso kN	Ascenso kN	
%	Unidades						kN
10	20	0,13	0,13	0,13	--	--	0,13
20	40	0,24	0,24	0,24	--	--	0,24
30	60	0,36	0,36	0,36	--	--	0,36
40	80	0,48	0,48	0,47	--	--	0,48
50	100	0,59	0,59	0,59	--	--	0,59
60	120	0,72	0,71	0,71	--	--	0,71
70	140	0,83	0,83	0,82	--	--	0,83
80	160	0,94	0,94	0,94	--	--	0,94
90	180	1,06	1,06	1,06	--	--	1,06
100	200	1,17	1,17	1,17	--	--	1,17

Lectura de la máquina es:  $A \times \text{INDICACIÓN}^2 + B \times \text{INDICACIÓN} + C$

Donde:

A = -0,0000003626  
B = 0,00590  
C = 0,0072

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición				Incertidumbre de medición relativa	
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa		Error con accesorios
		q %	b %	v %	a %		%
%	Unidades					%	
10	20	0,05	0,15	--	0,05	--	1,55
20	40	0,33	0,53	--	0,05	--	1,00
30	60	0,07	0,19	--	0,03	--	0,58
40	80	0,25	0,41	--	0,02	--	0,61
50	100	0,25	0,40	--	0,02	--	0,56
60	120	0,19	0,47	--	0,02	--	0,48
70	140	0,23	0,34	--	0,01	--	0,46
80	160	0,11	0,30	--	0,01	--	0,33
90	180	0,24	0,50	--	0,01	--	0,48
100	200	0,13	0,21	--	0,01	--	0,28

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### CA-F-077-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

Clase de la escala de la maquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %	Resolución relativa a %	Cero f <sub>0</sub> %
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( f <sub>0</sub> )	0,00 %
--	--------

#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

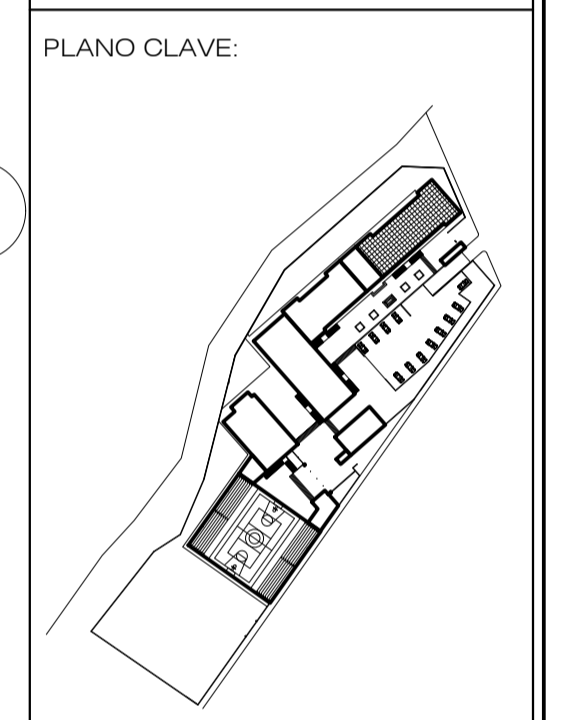
FIN DEL DOCUMENTO

*Anexo E. Planos*



REGION CAJAMARCA  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA

PROYECTO:  
"CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"



ESPECIALIDAD:  
ARQUITECTURA

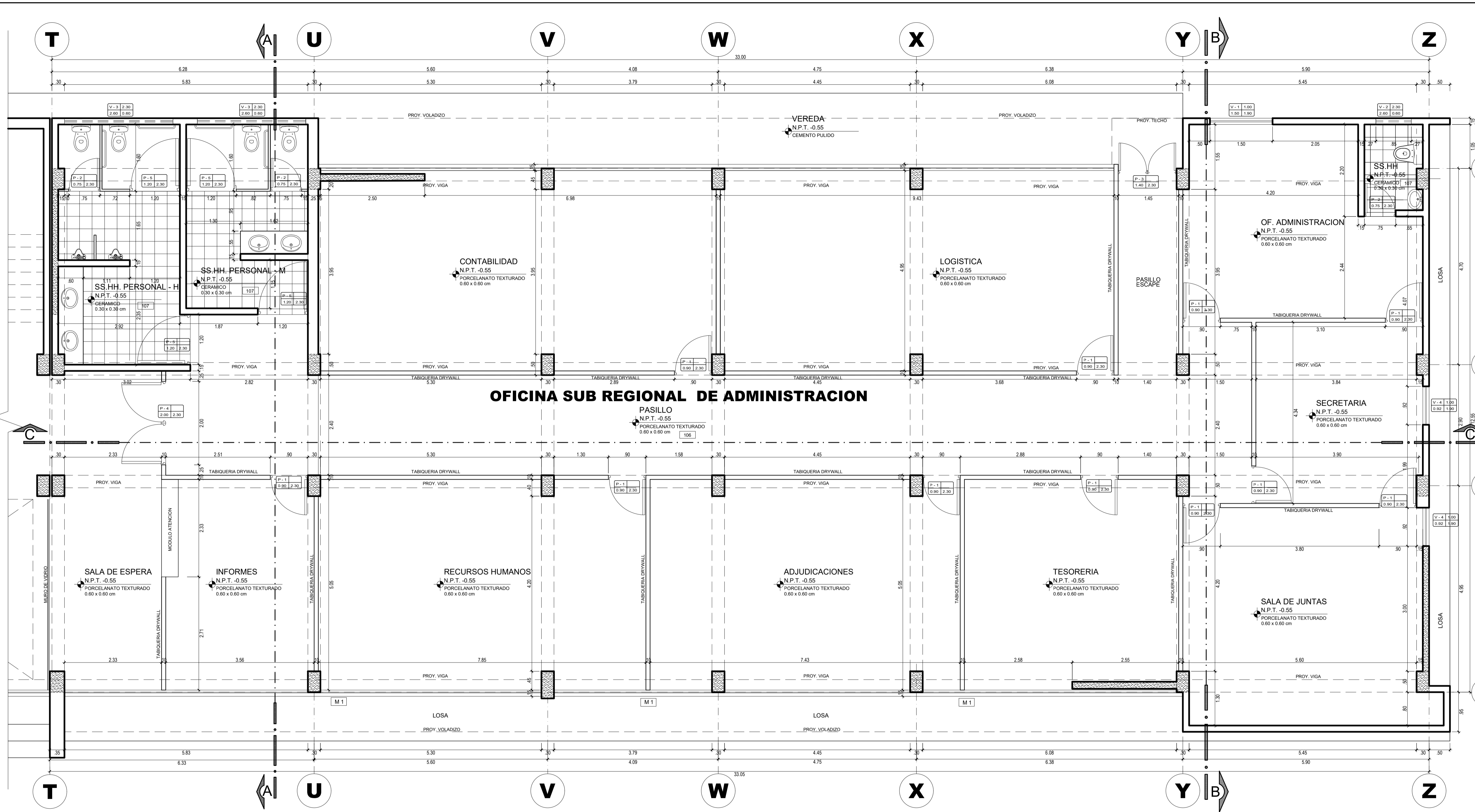
PLANO:  
DISTRIBUCION DE OFICINAS BLOQUE 01-A 1° PISO

CONSULTOR:  
ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA  
REG. C.I.P. Nº 47470

DISEÑO:  
REGION: CAJAMARCA ESCALA: 1/50  
DPTO: CAJAMARCA  
PROV: CHOTA FECHA: MAYO 2012  
DISEÑO: CHOTA  
LOCALIDAD: CHOTA

REVISIONES:  
COORDINADOR:  
COORDINADOR:  
SUPERVISOR:

LAMINA:  
A-07



PRIMER NIVEL BLOQUE 1A  
ESC. 1/250

N°	AMBIENTES	CATEGORIAS DE ACABADOS																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
101	INGRESO PEATONAL																		
102	RECORRIDO INTERNO																		
103	CAJETA DE CONTROL																		
104	MESA DE PARTES																		
105	PLAZA N° 01																		
106	OFICINAS																		
107	SSHH																		
108	ESCALERA + HALL																		
109	PASILLO PEATONAL																		
110	PLAZA N° 02																		
111	ARCHIVO																		
112	ALMACEN																		
113	PLAZA N° 03																		
114	EXPLORACION ZONA DE EVENTOS																		
115	AUDITORIO																		
116	POLIDEPORTIVO																		
201	OFICINAS																		
202	SSHH																		
203	ESCALERA + HALL																		
204	CAFETERIA																		
205	MEZZANINE AUDITORIO																		

TIPO	ANCHO (METROS)	ALTURA (METROS)	CANTIDAD (UNID.)	OBSERVACIONES
P1	0.90	2.30	56	BATIENTE, UNA HOJA MADERA CONTRAPLACADA
P2	0.75	2.30	34	BATIENTE, UNA HOJA MADERA CONTRAPLACADA
P3	1.40	2.30	4	BATIENTE, DOS HOJAS MADERA CONTRAPLACADA
P4	2.00	3.10	8	BATIENTE, DOS HOJAS MADERA CONTRAPLACADA
P5	1.20	3.10	28	BATIENTE, UNA HOJA MADERA CONTRAPLACADA
P6	3.50	2.80	1	PORTON DE METAL Y MADERA
P7	4.75	2.80	1	PORTON DE METAL Y MADERA
P8	4.50	2.80	1	PORTON DE METAL Y MADERA
P9	1.10	---	1	PUERTA VAIVEN, MADERA CONTRAPLACADA

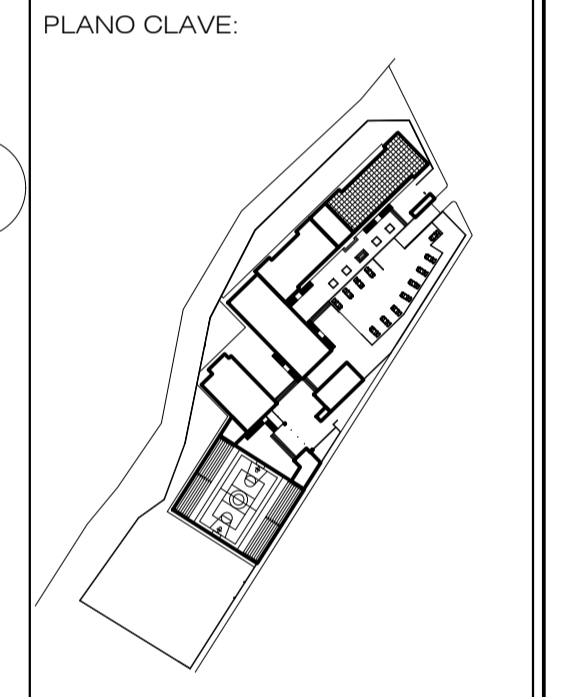
TIPO	ANCHO (METROS)	ALTURA (METROS)	ALFEDAZAR (METROS)	CANTIDAD (UNID.)	OBSERVACIONES
V1	1.50	1.90	1.00	04	VENTANAS PIVOTANTES VIDRIO CRUDO INCOLORO e=6mm
V2	0.85	0.60	2.30	19	VENTANAS PIVOTANTES VIDRIO CRUDO INCOLORO e=6mm
V3	2.60	0.60	2.30	17	VENTANAS PIVOTANTES VIDRIO CRUDO INCOLORO e=6mm
V4	0.92	1.90	1.00	05	VENTANAS PIVOTANTES VIDRIO CRUDO INCOLORO e=6mm

TIPO	ANCHO (METROS)	ALTURA (METROS)	CANTIDAD (UNID.)	OBSERVACIONES
M1	---	---	1	VIDRIO TEMPLADO VENTANAS BATIENTES
M2	---	---	1	VIDRIO TEMPLADO VENTANAS BATIENTES
M3	5.90	2.65	1	VIDRIO TEMPLADO VENTANAS BATIENTES



REGION CAJAMARCA  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA

PROYECTO:  
"CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"



ESPECIALIDAD:  
**ARQUITECTURA**

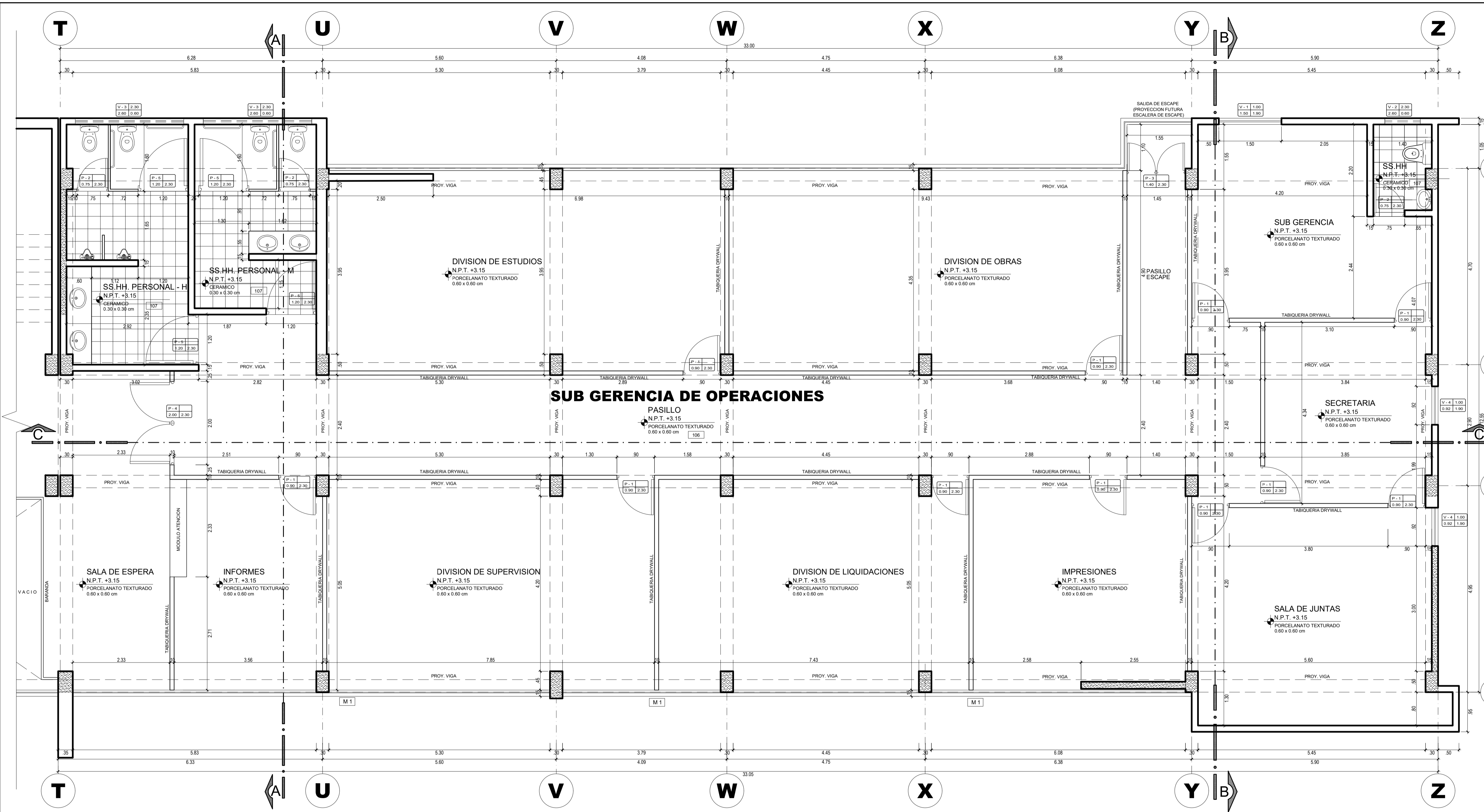
PLANO:  
**DISTRIBUCION DE OFICINAS BLOQUE 01-A 2° PISO**

CONSULTOR:  
ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA  
REG. C.I.P. Nº 47470

DISEÑO:  
REGION: CAJAMARCA  
DPTO: CAJAMARCA  
PROV: CHOTA  
DISEÑO: CHOTA  
LOCALIDAD: CHOTA  
ESCALA: 1/50  
FECHA: MAYO 2012

REVISIONES:  
COORDINADOR:  
COORDINADOR:  
SUPERVISOR:

LAMINA:  
**A-08**



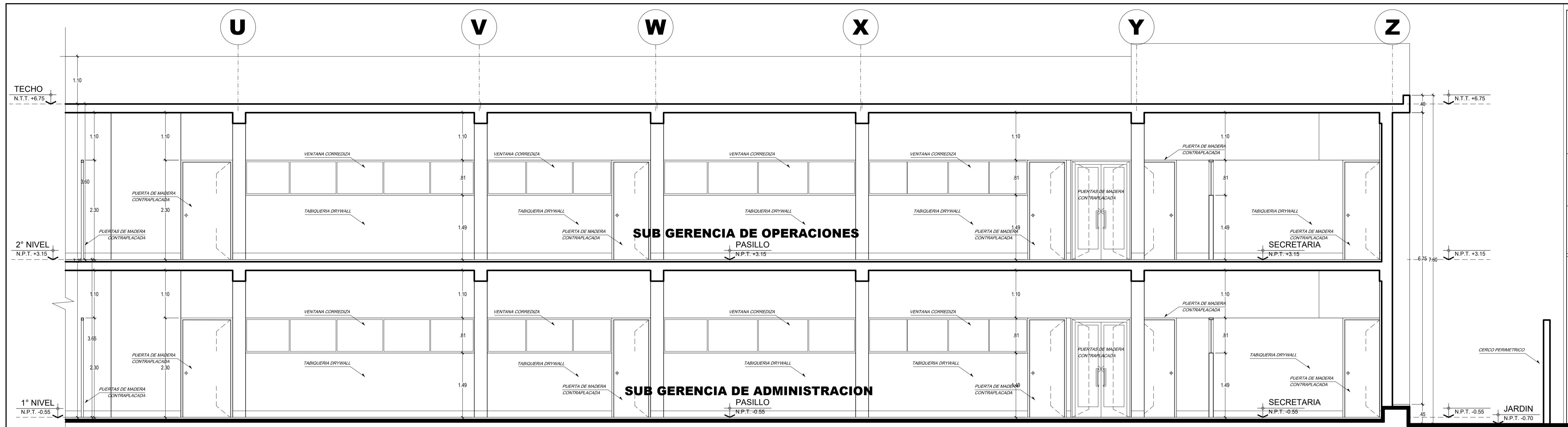
**SEGUNDO NIVEL BLOQUE 1A**  
ESC. 1/250

N°	AMBIENTES	ACABADOS																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
101	INGRESO PEATONAL																														
102	PARQUEO VEHICULOS EN COORDINACION																														
103	CAJETA DE CONTROL																														
104	MESA DE PARTES																														
105	PLAZA N° 01																														
106	OFICINAS																														
107	ISSH																														
108	ESCALERA + HALL																														
109	PASILLO PEATONAL																														
110	PLAZA N° 02																														
111	ARCHIVO																														
112	ALMACEN																														
113	PLAZA N° 03																														
114	EXPLORACION ZONA DE EVENTOS																														
115	AUDITORIO																														
116	POLIDEPORTIVO																														
201	OFICINAS																														
202	ISSH																														
203	ESCALERA + HALL																														
204	CAFETERIA																														
205	MEZZANINE AUDITORIO																														

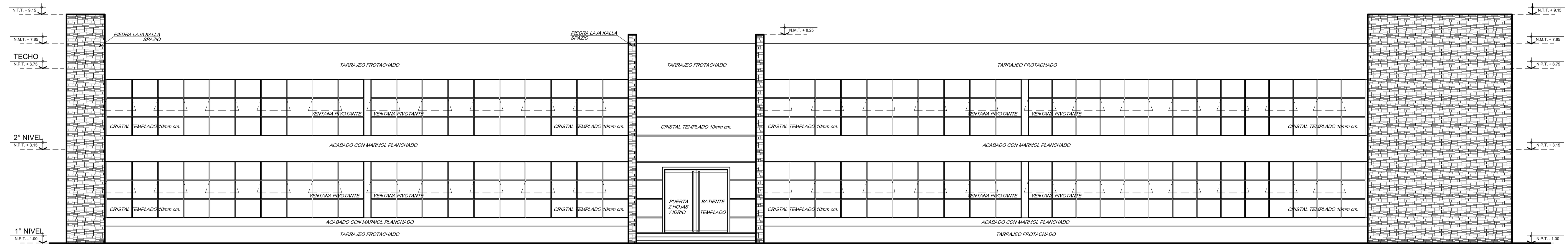
CUADRO DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO (METROS)	ALTURA (METROS)	CANTIDAD (UNID.)	OBSERVACIONES
P1	0.90	2.30	56	BATIENTE, UNA HOJA MADERA CONTRAPLACADA
P2	0.75	2.30	34	BATIENTE, UNA HOJA MADERA CONTRAPLACADA
P3	1.40	2.30	4	BATIENTE, DOS HOJAS MADERA CONTRAPLACADA
P4	2.00	3.10	8	BATIENTE, DOS HOJAS MADERA CONTRAPLACADA
P5	1.20	3.10	28	BATIENTE, UNA HOJA MADERA CONTRAPLACADA
P6	3.50	2.80	1	PORTON DE METAL Y MADERA
P7	4.75	2.80	1	PORTON DE METAL Y MADERA
P8	4.50	2.80	1	PORTON DE METAL Y MADERA
P9	1.10	---	1	PUERTA VAIVEN, MADERA CONTRAPLACADA

CUADRO DE VENTANAS					
TIPO	ANCHO (METROS)	ALTURA (METROS)	ALFEDAZAR (METROS)	CANTIDAD (UNID.)	OBSERVACIONES
V1	1.50	1.90	1.00	04	VENTANAS PIVOTANTES VIDRIO CRUDO INCOLORO e=6mm
V2	0.85	0.60	2.30	19	VENTANAS PIVOTANTES VIDRIO CRUDO INCOLORO e=6mm
V3	2.60	0.60	2.30	17	VENTANAS PIVOTANTES VIDRIO CRUDO INCOLORO e=6mm
V4	0.92	1.90	1.00	05	VENTANAS PIVOTANTES VIDRIO CRUDO INCOLORO e=6mm

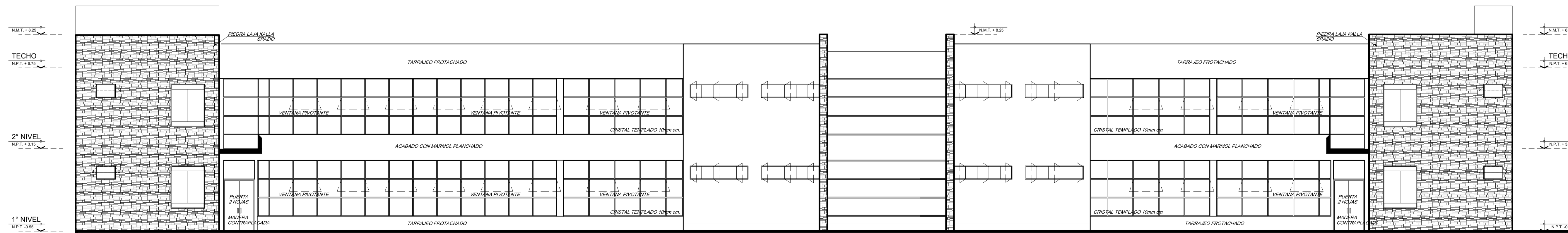
CUADRO CORTINA DE VIDRIO Y DE MAMPARA				
TIPO	ANCHO (METROS)	ALTURA (METROS)	CANTIDAD (UNID.)	OBSERVACIONES
M1	---	---	1	VIDRIO TEMPLADO VENTANAS BATIENTES
M2	---	---	1	VIDRIO TEMPLADO VENTANAS BATIENTES
M3	5.90	2.65	1	VIDRIO TEMPLADO VENTANAS BATIENTES



**CORTE C - C**  
ESC 1/50



**ELEVACION PRINCIPAL**  
ESC 1/100



**ELEVACION POSTERIOR**  
ESC 1/100



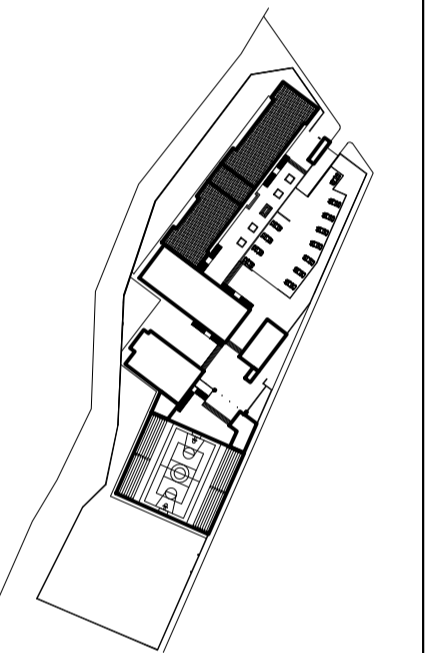
REGION CAJAMARCA

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA

PROYECTO:  
"CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:  
**ARQUITECTURA**

PLANO:  
**ELEVACION Y CORTES OFICINAS BLOQUE 01**

CONSULTOR:  
ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA  
REG. C.I.P. N° 47470

DISEÑO:

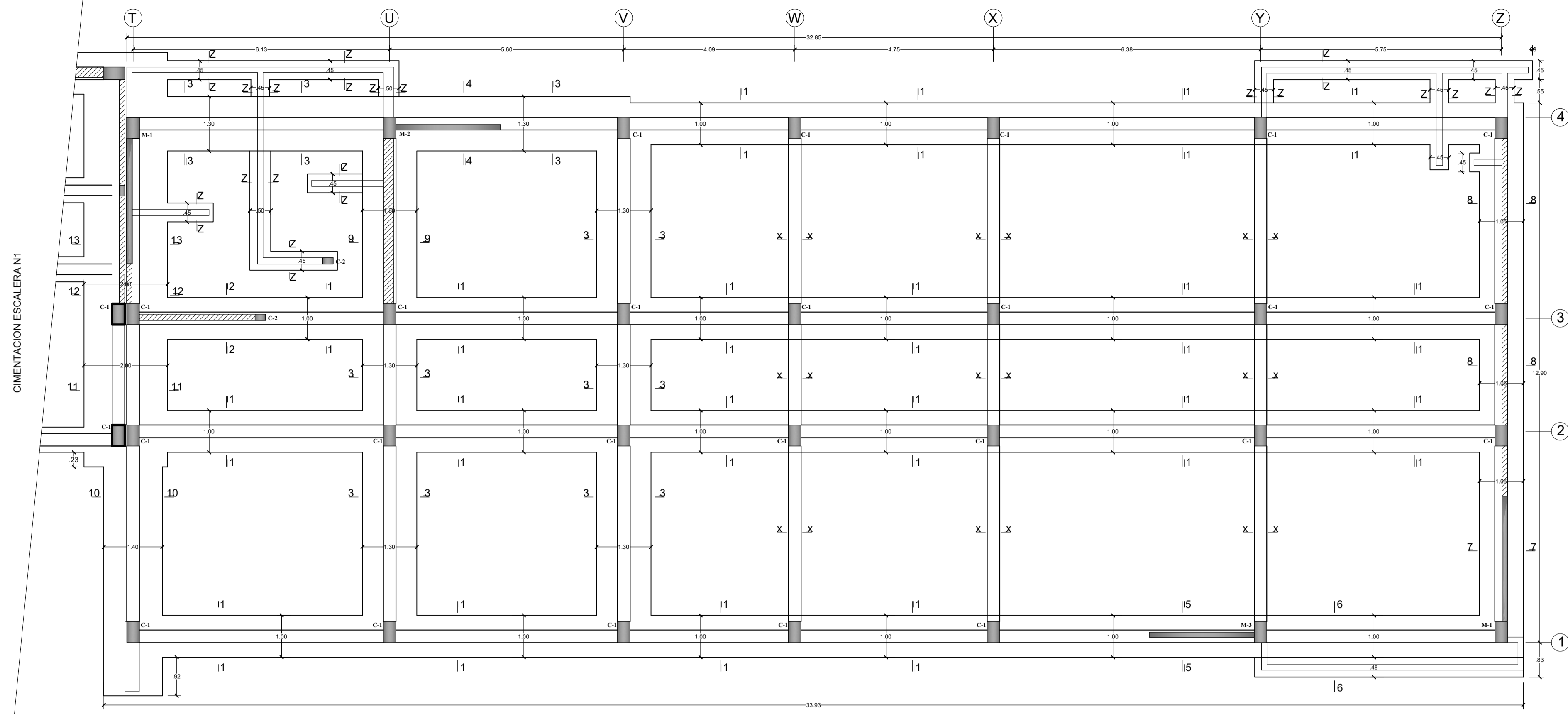
REGION: CAJAMARCA	ESCALA: 1/100
DPTO: CAJAMARCA	FECHA: ABRIL 2012
PROV: CHOTA	DIBUJO:
DIST: CHOTA	
LOCALIDAD: CHOTA	

REVISIONES

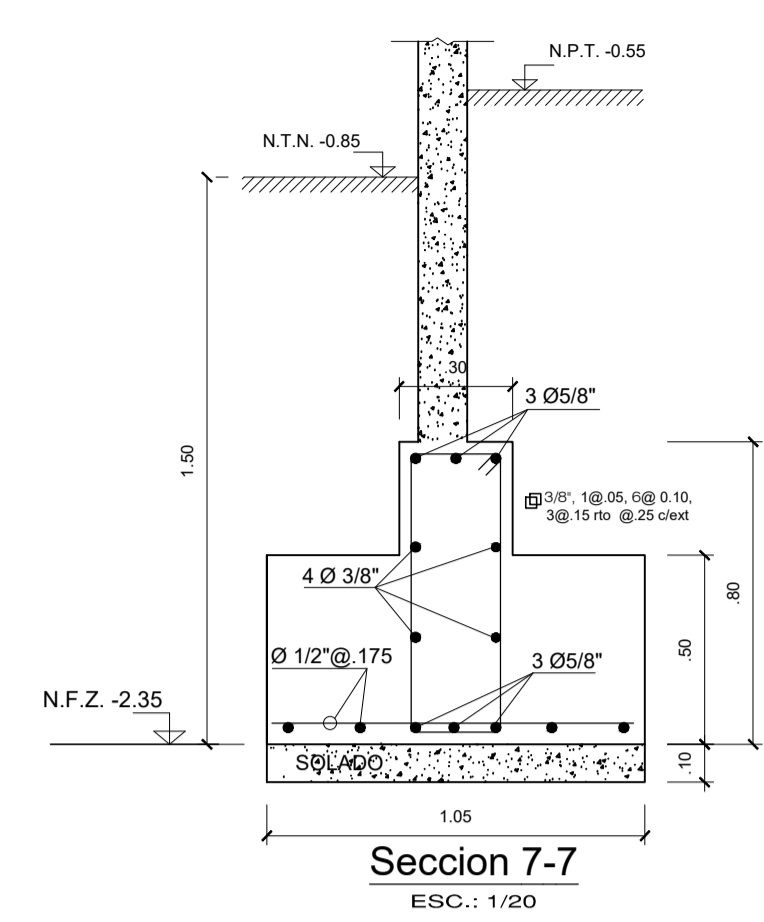
COORDINADOR:	
COORDINADOR:	
SUPERVISOR:	

LAMINA:

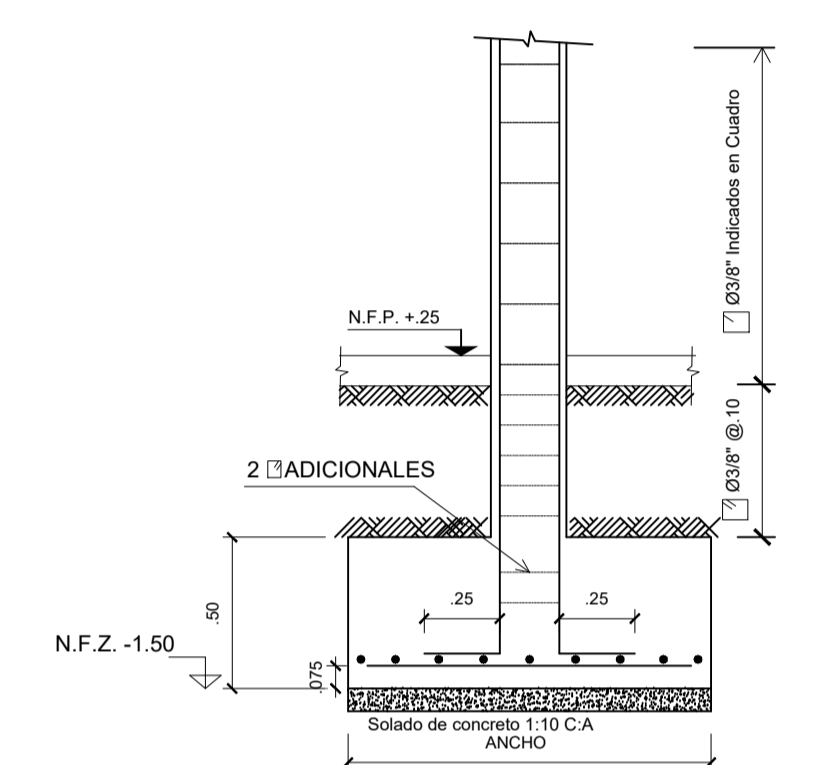
**A-12**



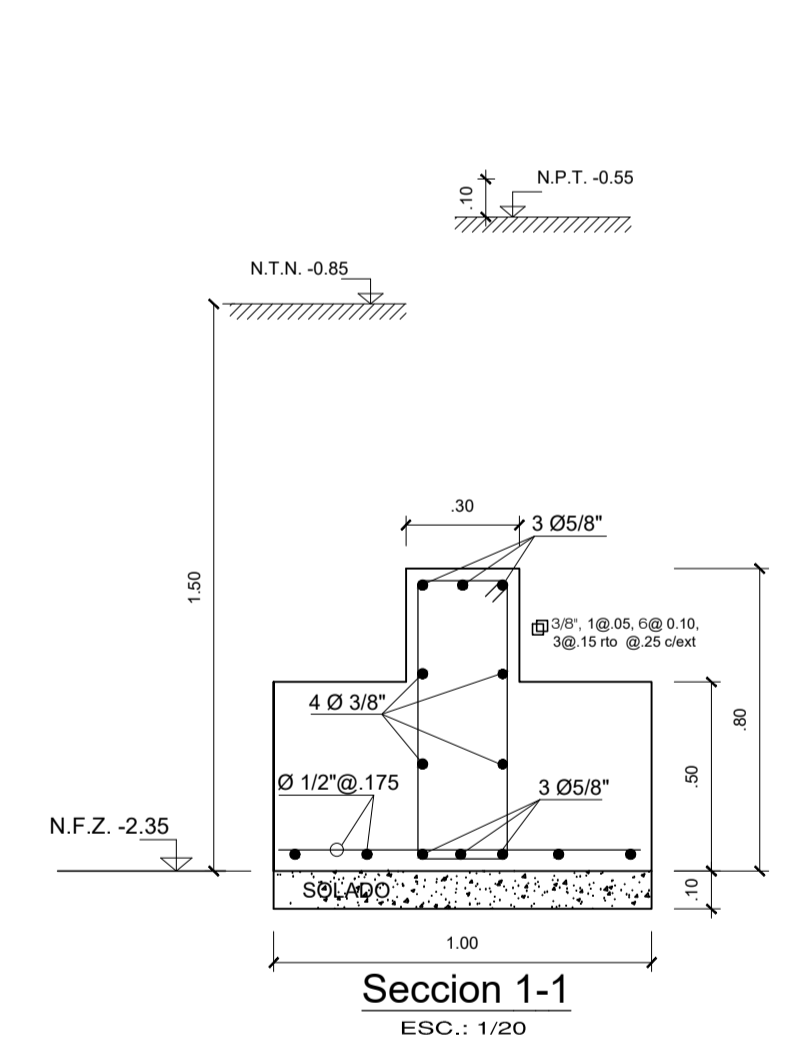
CIMENTACION  
S/C : 300 Kg/m2  
ESC.: 1/75



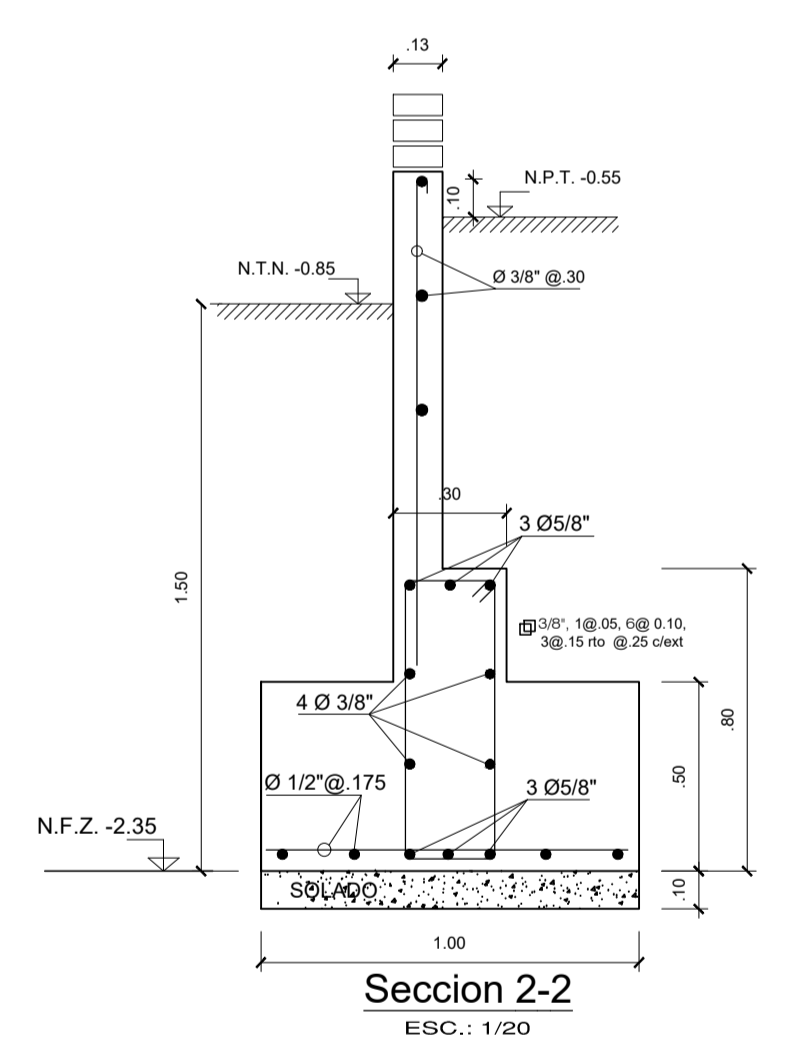
Seccion 7-7  
ESC.: 1/20



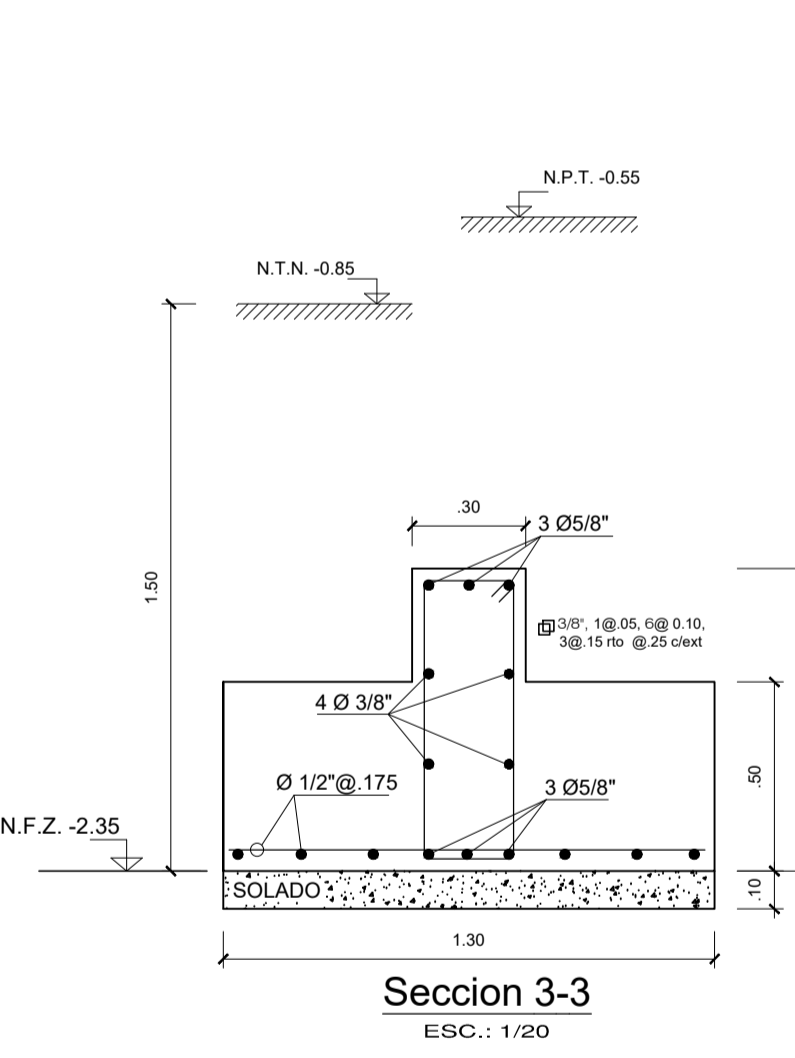
CORTE TÍPICO DE ZAPATA



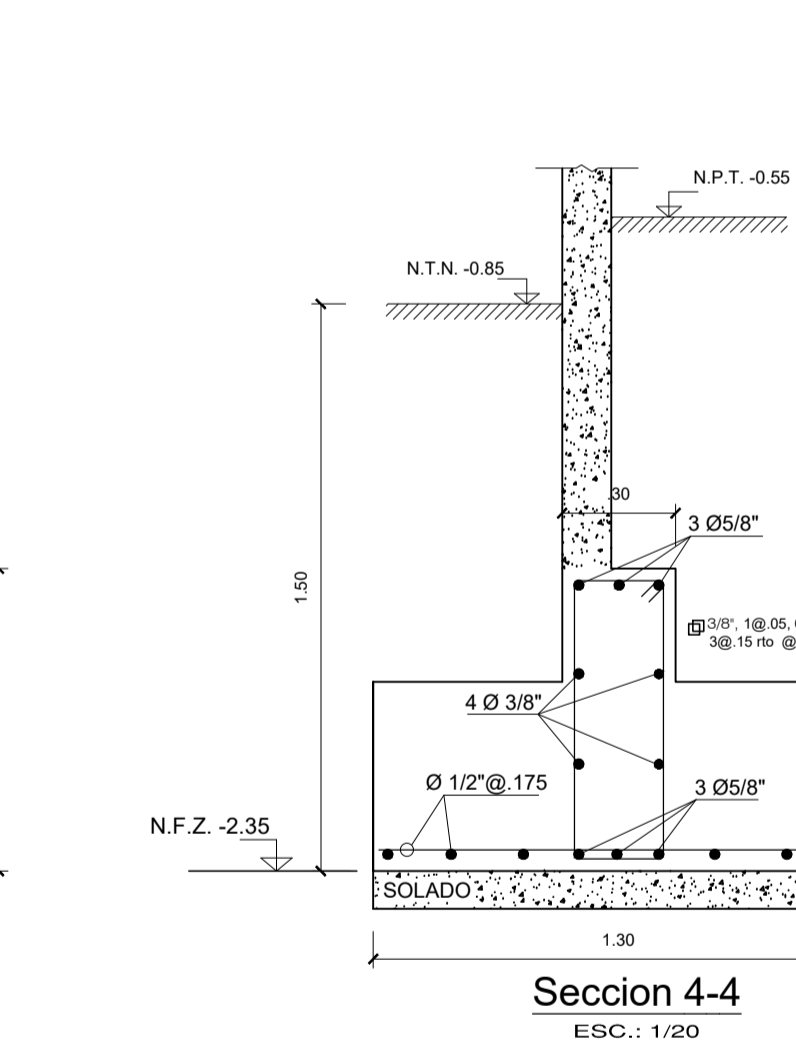
Seccion 1-1  
ESC.: 1/20



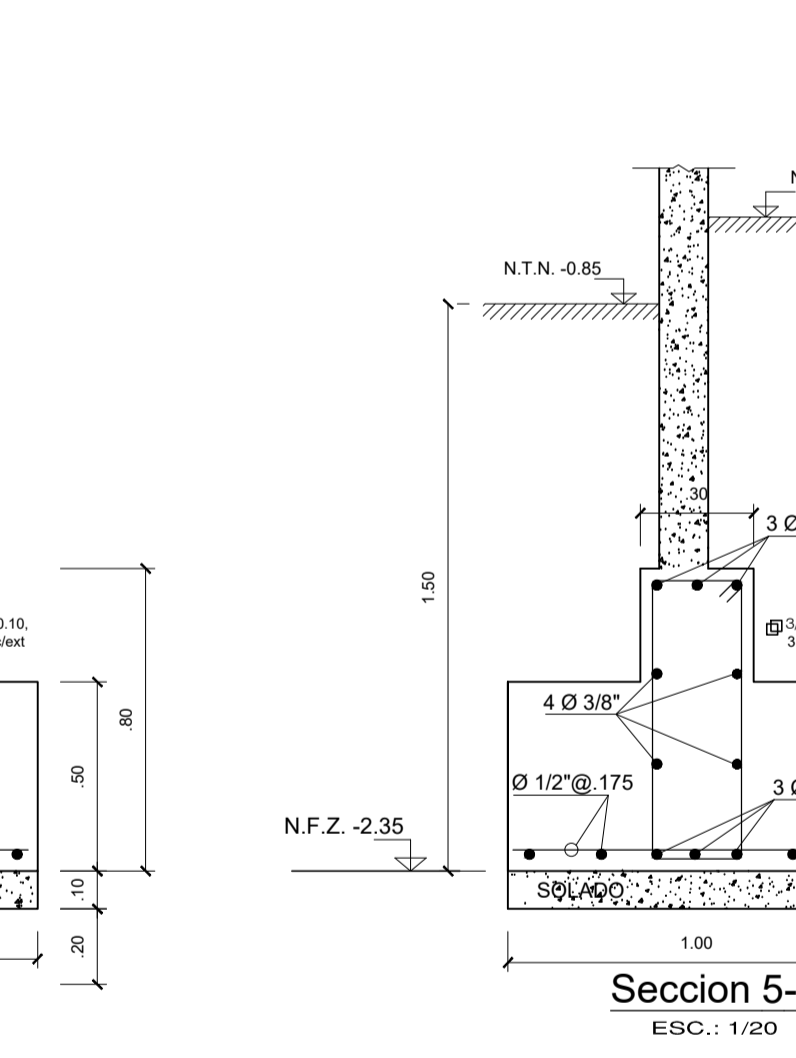
Seccion 2-2  
ESC.: 1/20



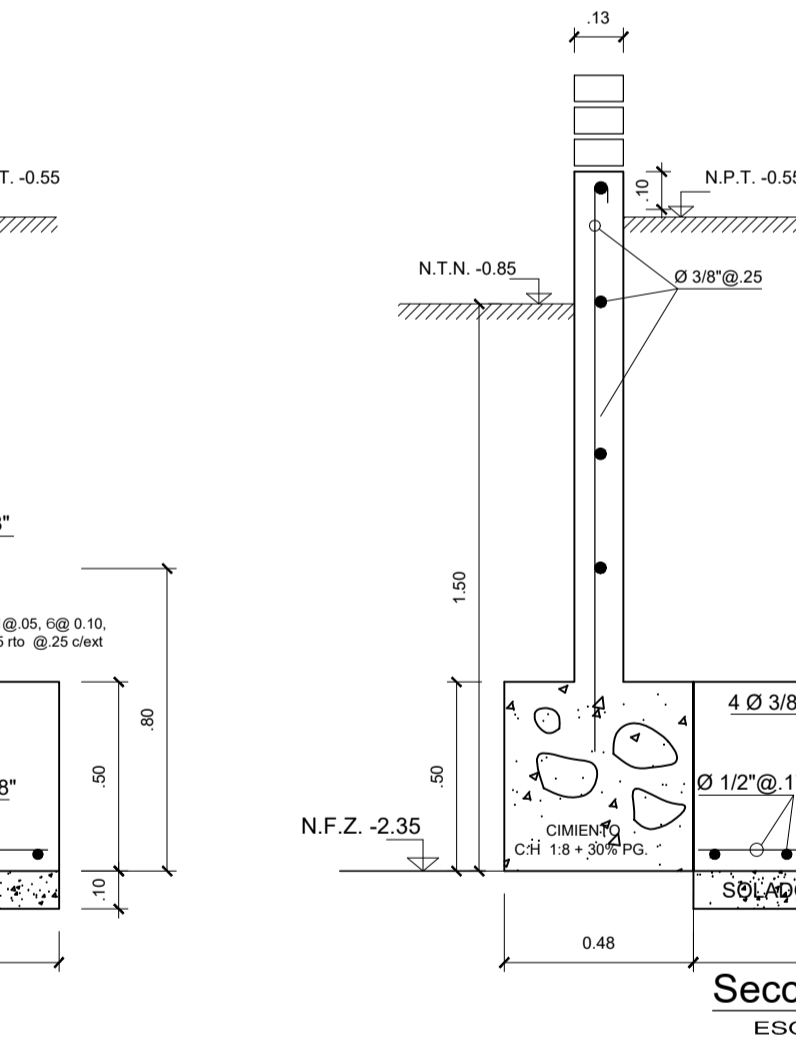
Seccion 3-3  
ESC.: 1/20



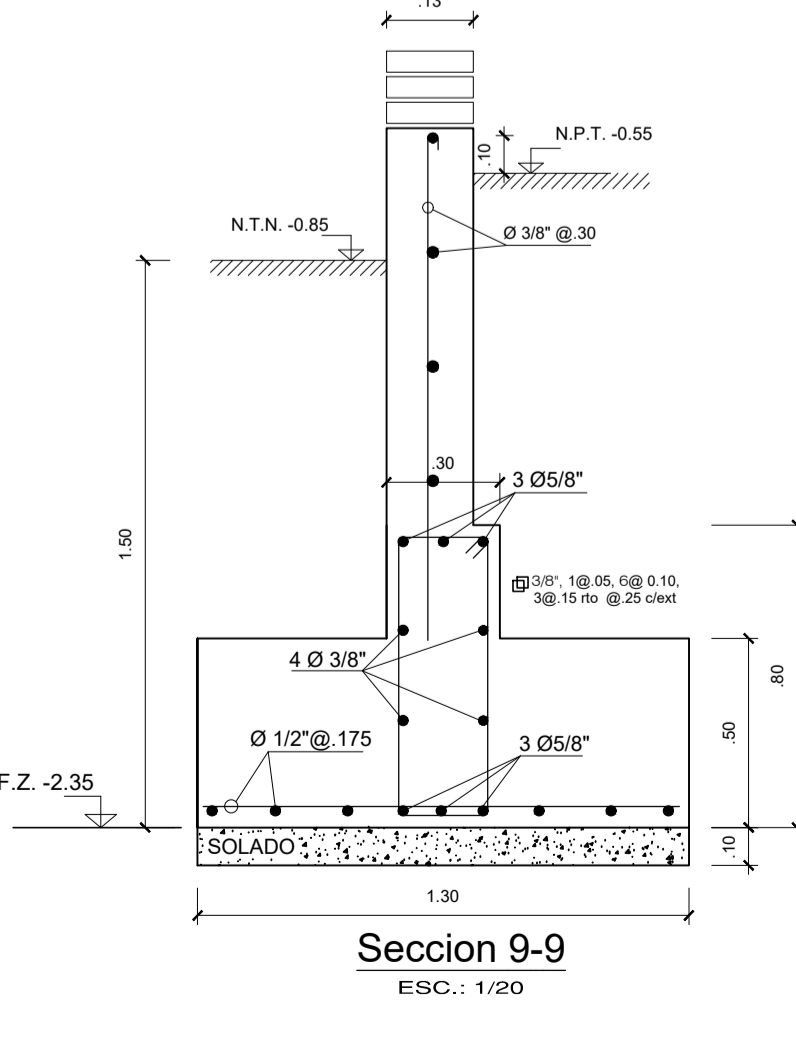
Seccion 4-4  
ESC.: 1/20



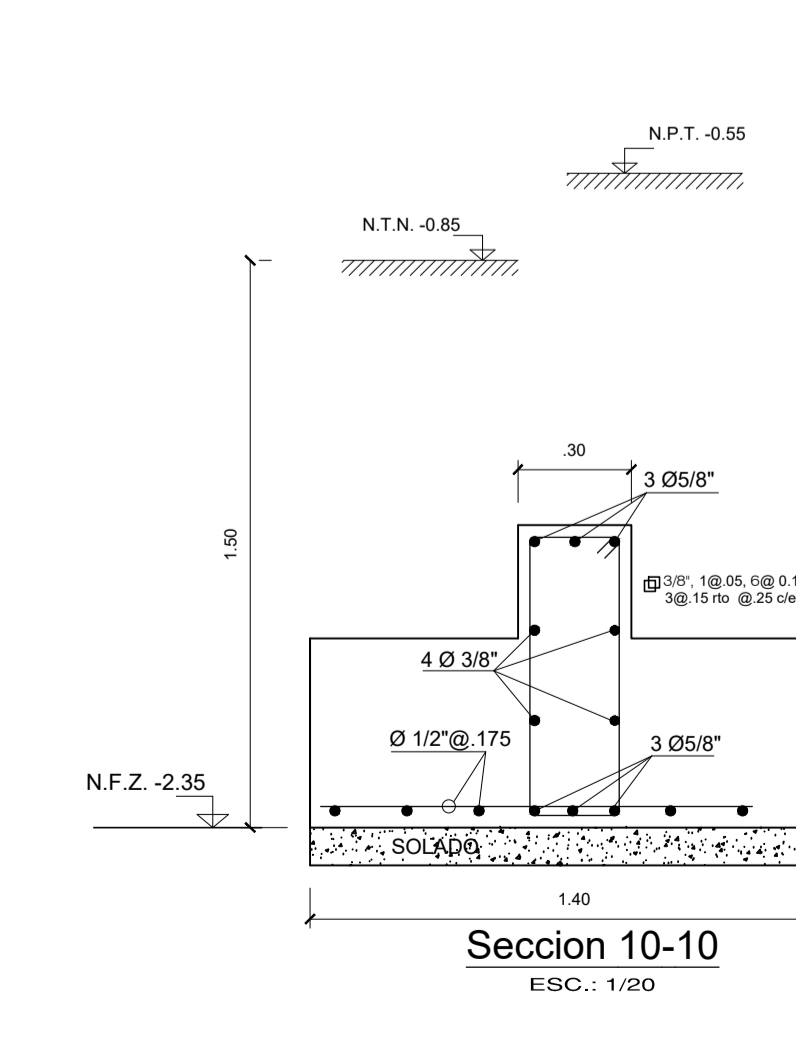
Seccion 5-5  
ESC.: 1/20



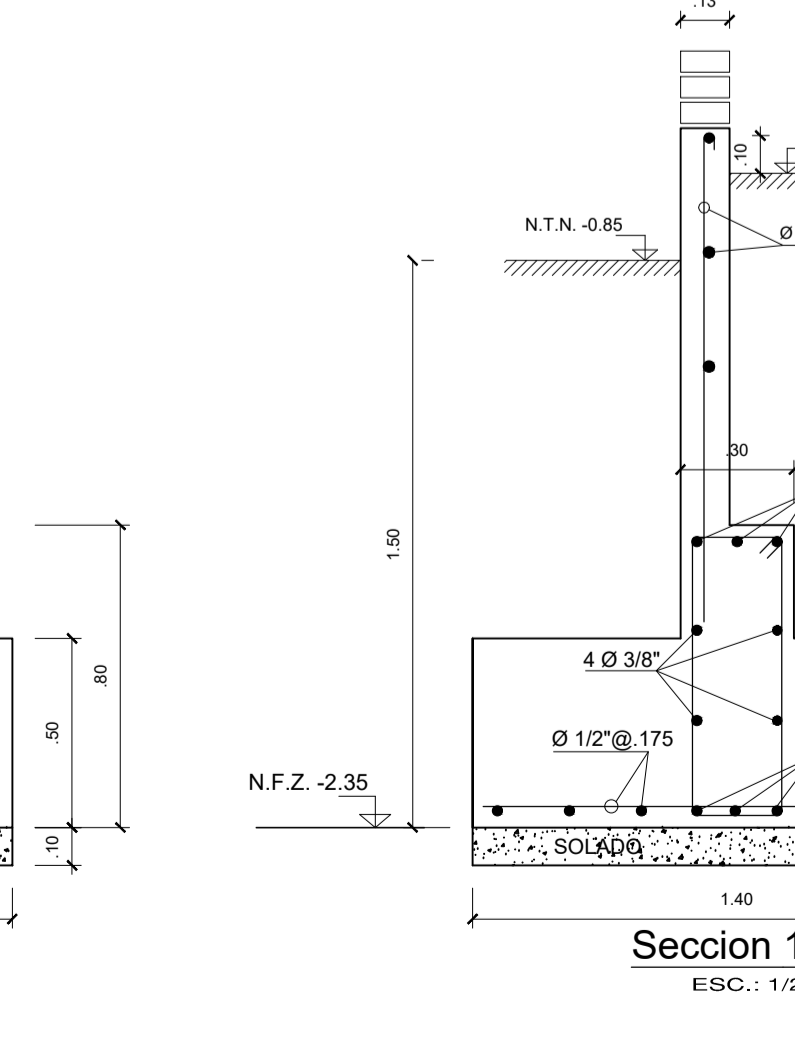
Seccion 6-6  
ESC.: 1/20



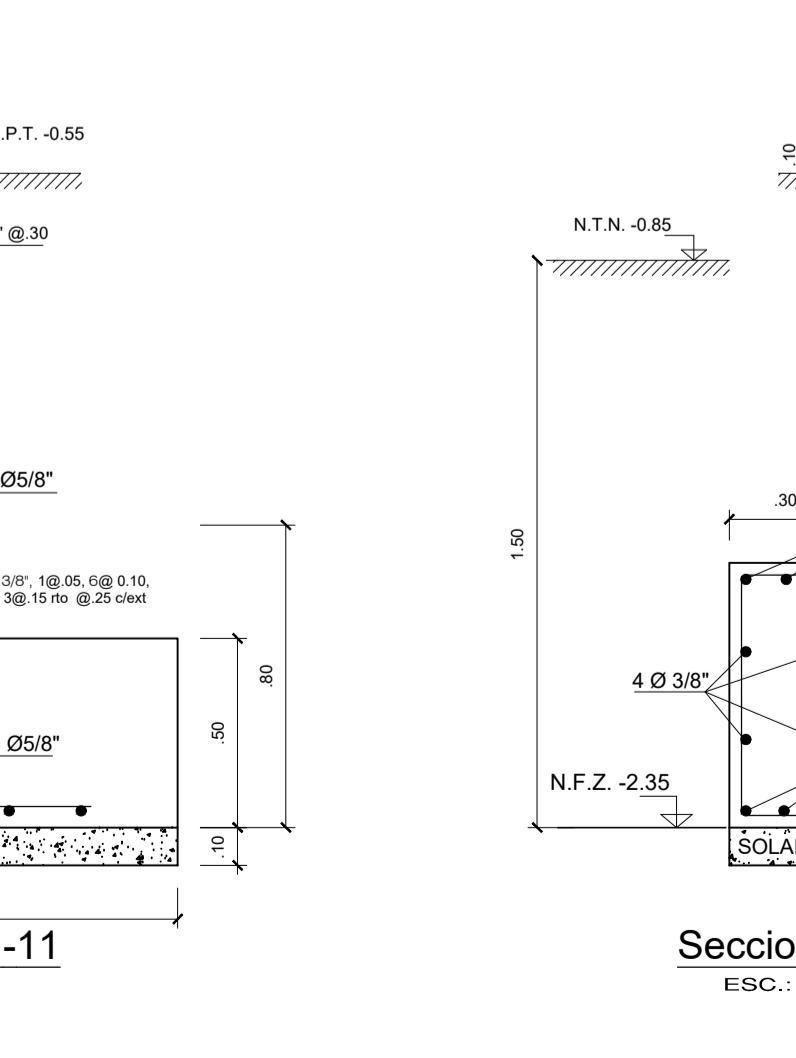
Seccion 9-9  
ESC.: 1/20



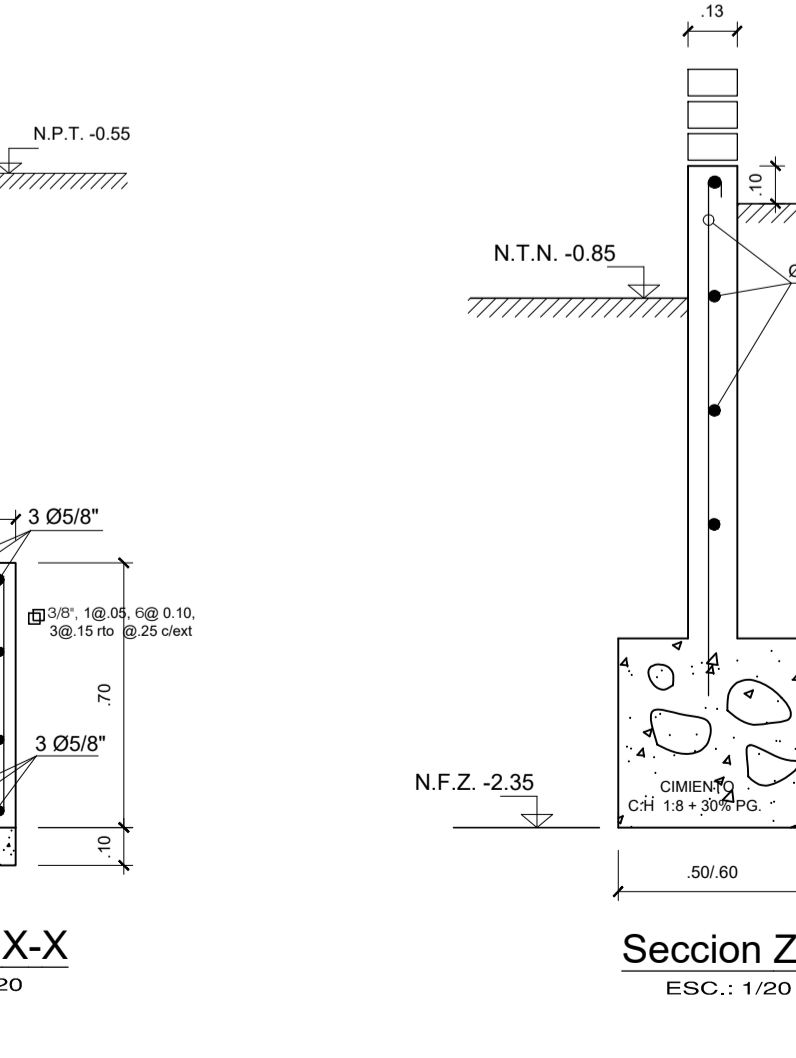
Seccion 10-10  
ESC.: 1/20



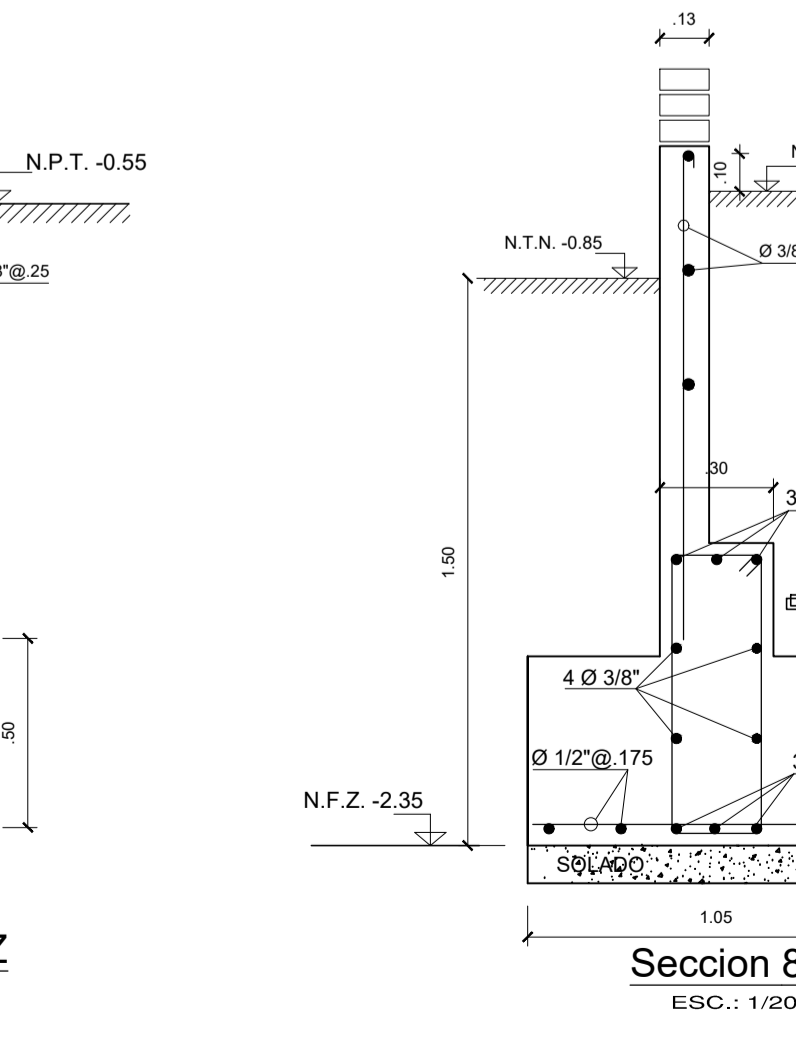
Seccion 11-11  
ESC.: 1/20



Seccion X-X  
ESC.: 1/20



Seccion Z-Z  
ESC.: 1/20



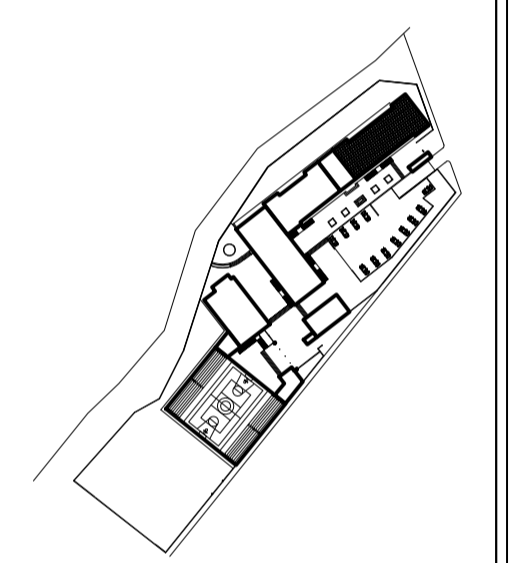
Seccion 8-8  
ESC.: 1/20



REGION  
CAJAMARCA  
  
GOBIERNO REGIONAL  
DE CAJAMARCA  
  
GERENCIA  
SUB REGIONAL  
DE CHOTA

PROYECTO :  
"CONSTRUCCION  
DE SEDE  
GERENCIA  
SUB  
REGIONAL  
CHOTA"

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:  
**ESTRUCTURAS**

PLANO :  
**CIMENTACIÓN  
BLOQUE 1A**

CONSULTOR:  
ING. FERNANDO ARTURO  
ELIAS ZULOETA  
REG. C.I.P. Nº 47470

DISEÑO:

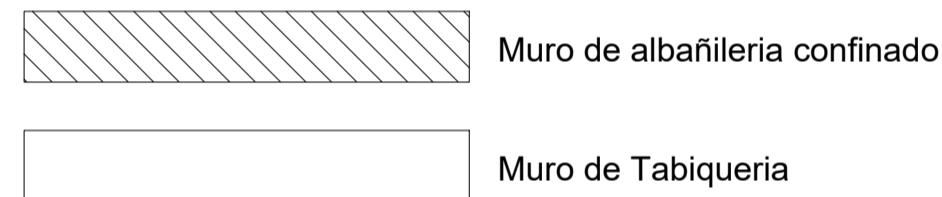
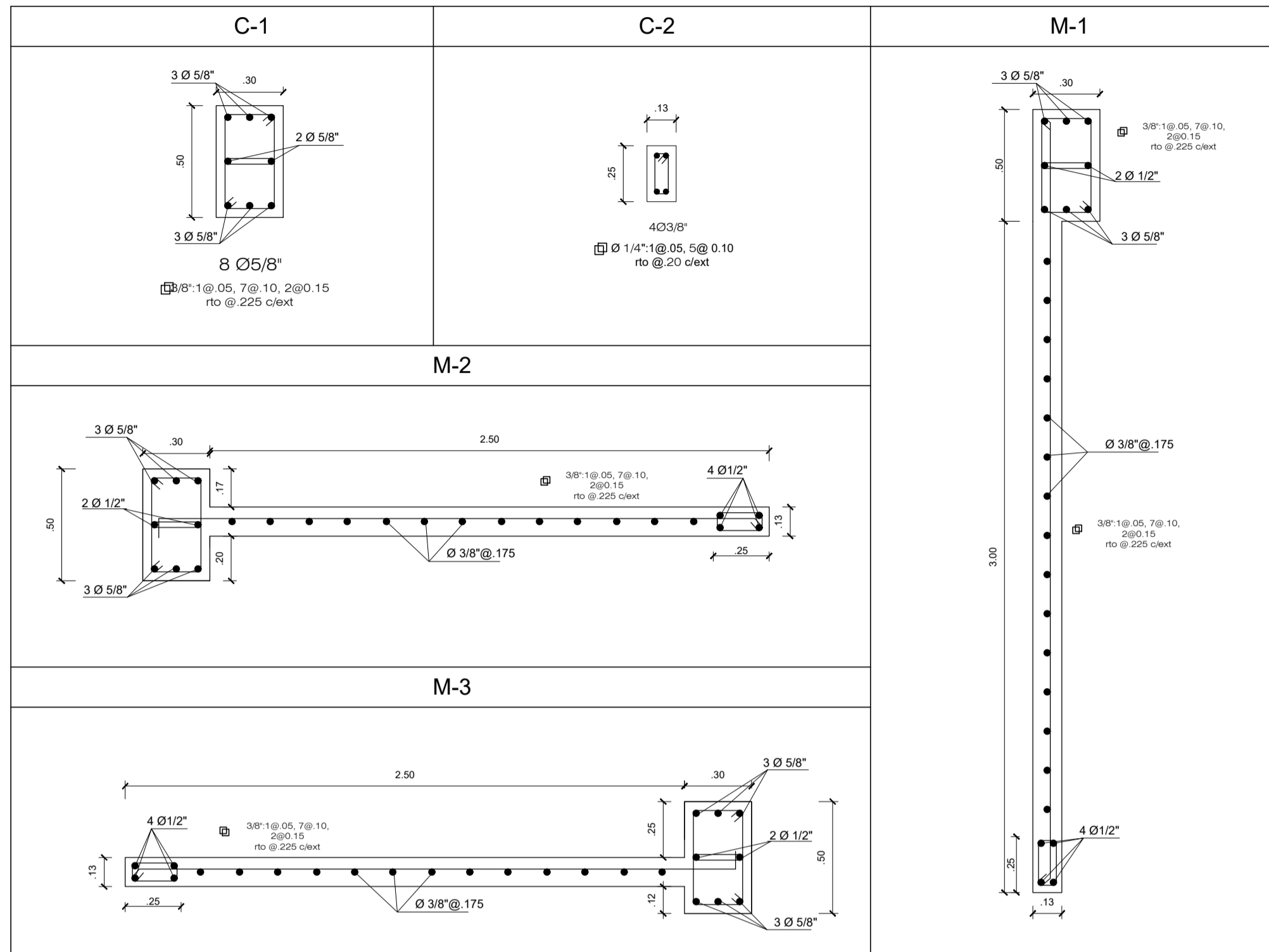
REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	INDICADA
DPTO:	CAJAMARCA	FECHA:	ABRIL 2012
PROV:	CHOTA	DIBUJO:	
DIST:	CHOTA		
LOCALIDAD:	CHOTA		

COORDINADOR:	
COORDINADOR:	
SUPERVISOR:	

LAMINA:

**E-01**

**CUADRO DE COLUMNAS**  
ESCALA 1/20



**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO**  
 $\sigma = 0.88 \text{ Kg/cm}^2$  (VER ESTUDIO DE SUELOS)  
 $D_f = 1.50 \text{ m}$

**CONCRETO**  
 SOLADO 4" 1:8 (CEMENTO : HORMIGON)  
 CIMENTO CORRIDOS 1:8 (CEMENTO:HORMIGON) + 30% PG (4" max.)  
 SOBRECIMENTOS 1:8 (CEMENTO : HORMIGON) + 25% P.M.  
 RESTO DE ELEMENTOS  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

**ACERO**  
 ASTM A - 615 GRADO 60 CORRUGADO  $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$

**CEMENTO PORTLAND TIPO I: EN GENERAL**  
**CEMENTO PORTLAND TIPO MS:**  
 PARA ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO

**RECUBRIMIENTOS**  
 COLUMNAS, PLACAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO 2.5 cm  
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS 4.0 cm.  
 ALIGERADO Y VIGAS CHATAS 2.0 cm.  
 ESCALERAS 2.0 cm.  
 CIMENTACION 7.5 cm.

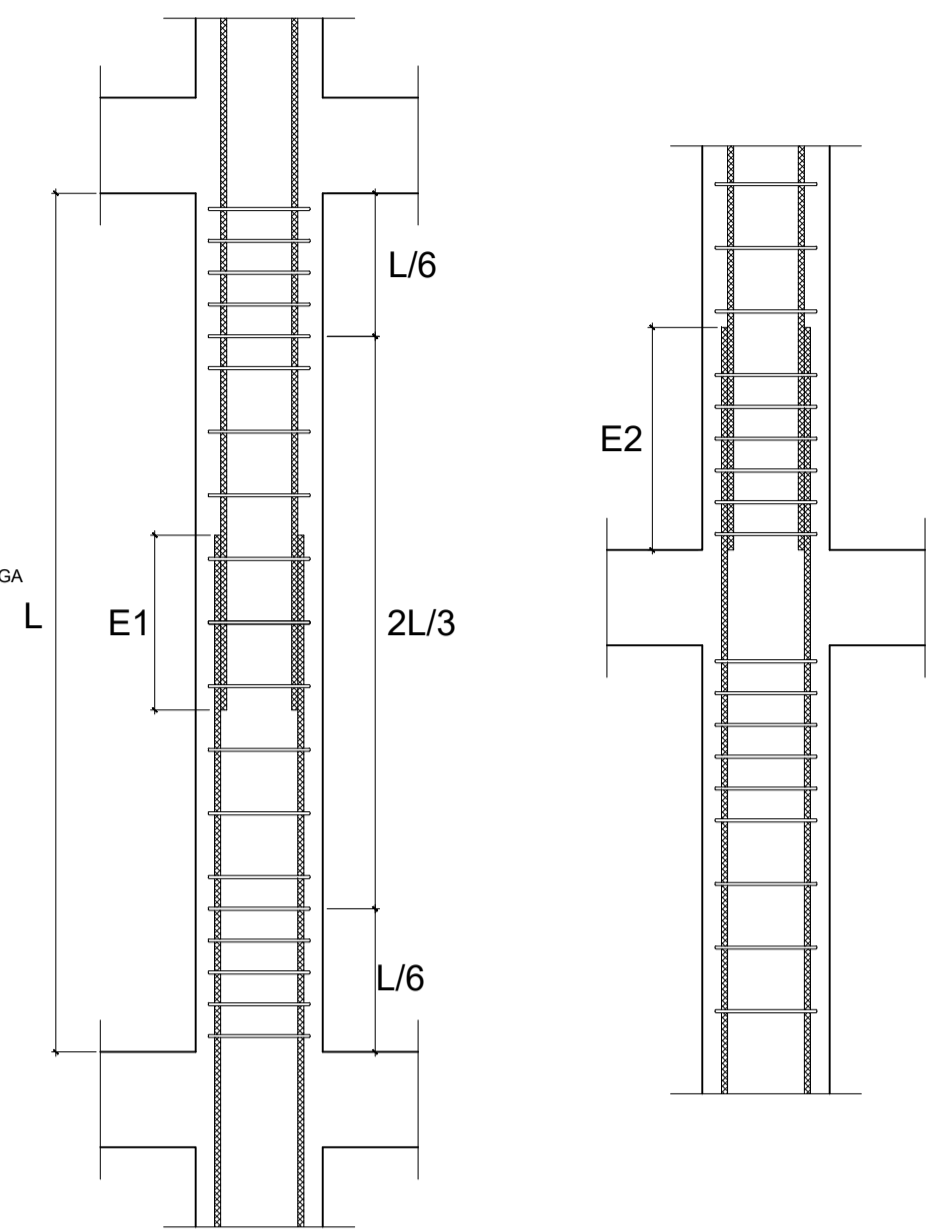
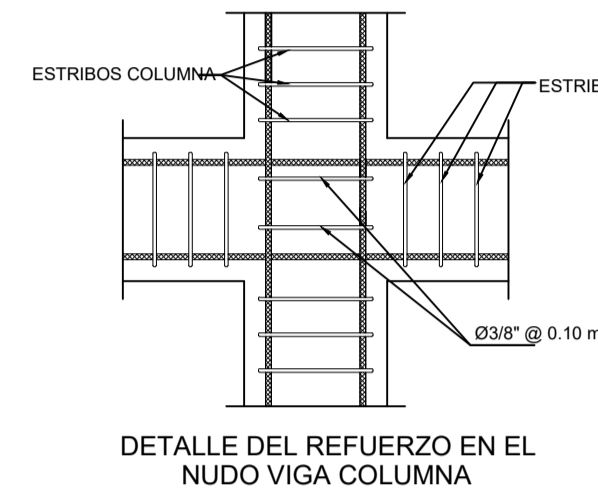
**ALBAÑILERIA**  
 $f_m$  (minimo) 65 Kg/cm2  
 LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA SERAN DE 9x13x23 cm  
 "TODAS LAS UNIDADES QUE CONFORMAN LA TABIQUERIA, DEBERAN USAR LADRILLO PANDERETA"

**NORMAS DE DISEÑO**  
 CARGAS E-020  
 DISEÑO SISMO RESISTENTE E-030  
 DISEÑO DE CONCRETO ARMADO E-060  
 SUELOS Y CIMENTACIONES E-050  
 ALBAÑILERIA E-070

**PARAMETROS DE DISEÑO SISMORESISTENTE**

FACTOR DE ZONA	Z=0.40
FACTOR DE USO	U=1.00
FACTOR DE SUELO	S=1.40 Tp=0.9
COEFICIENTE DE REDUCCION	Rx=7.00 Ry=7.00

DIRECCION	DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL ULTIMO NIVEL	DESPLAZAMIENTO MAXIMO RELATIVO ENTREPISO	MAXIMA DISTORSION DE ENTREPISO
X - X	5.27 cm	2.00 cm	0.006259
Y - Y	3.17 cm	1.17 cm	0.003669

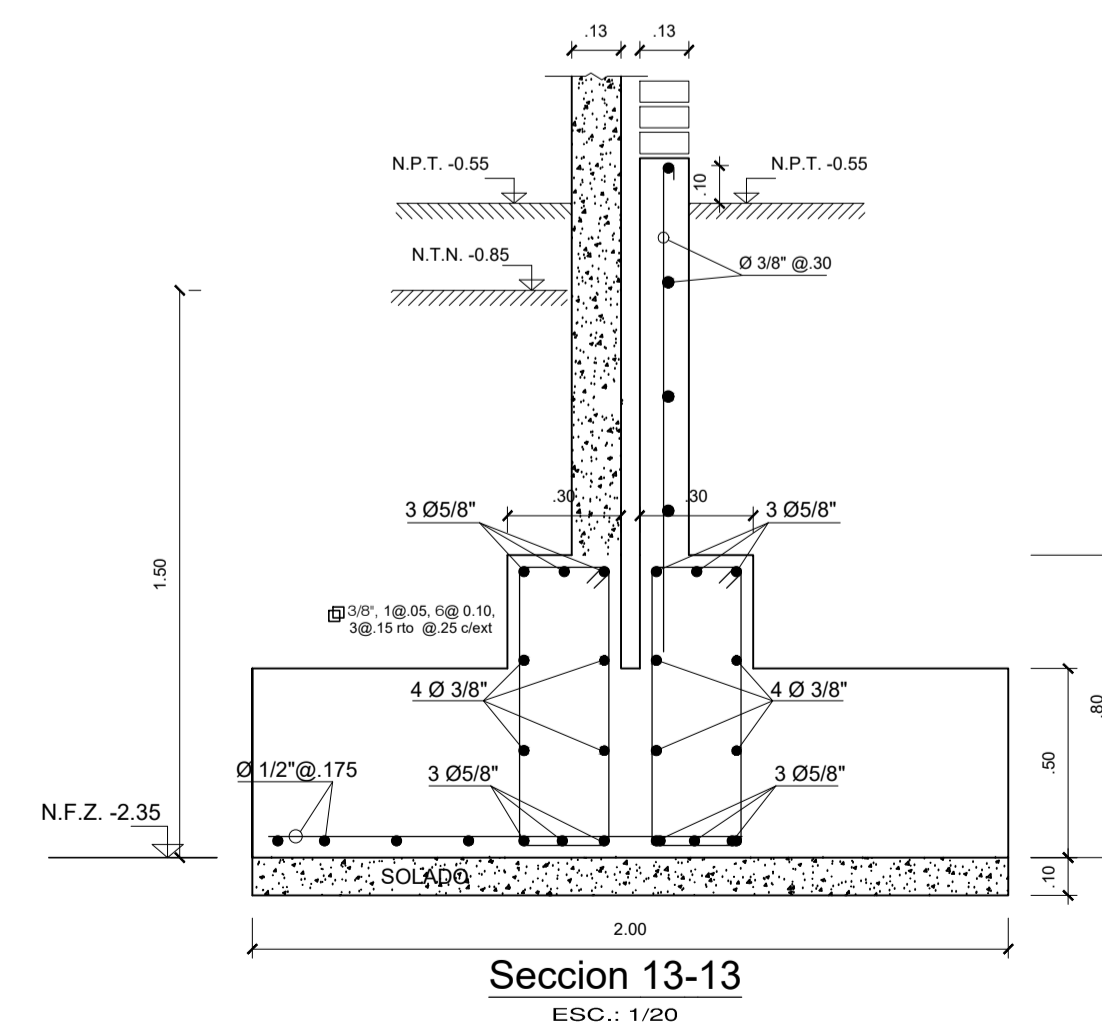
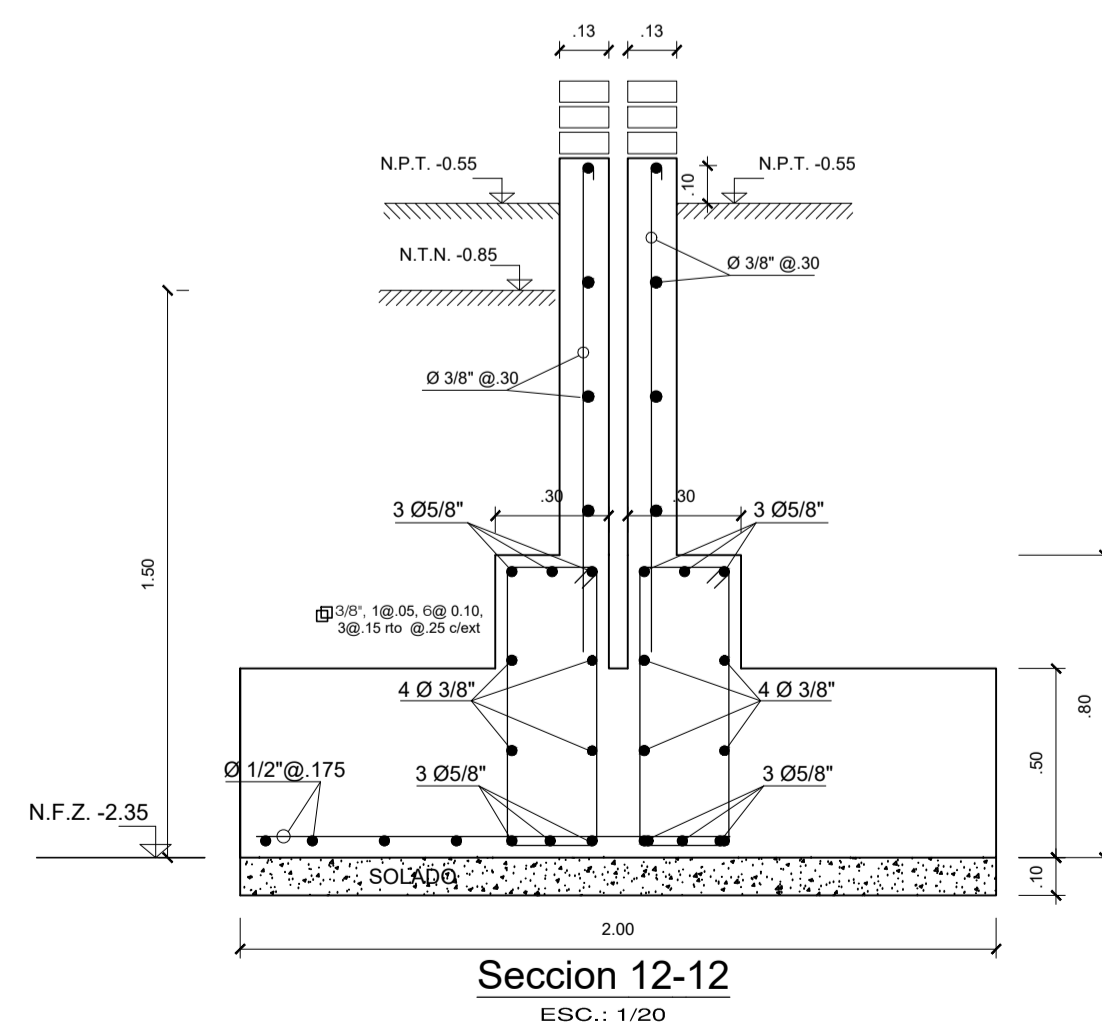
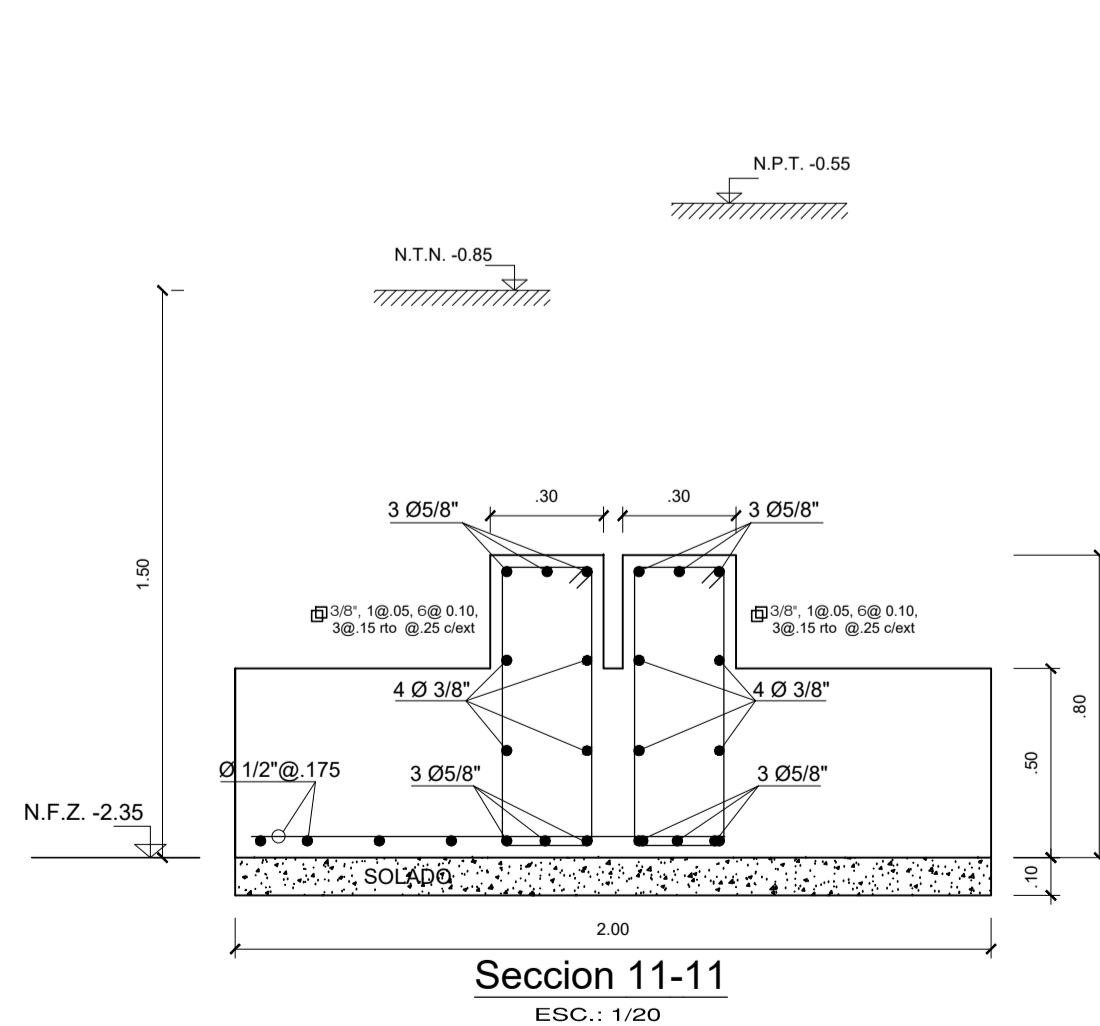


DETALLE DE LA UBICACION Y LONGITUD DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA COLUMNAS  
S/E

**LONGITUD DE EMPALME**

Ø ACERO	E1	E2
Pulg.	cm.	cm.
3/8"	40.00	40.00
1/2"	50.00	40.00
5/8"	60.00	50.00
3/4"	75.00	50.00

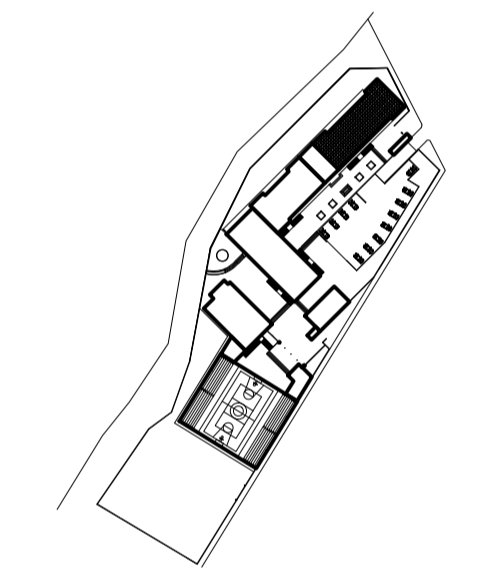
TRASLAPES Y EMPALMES		ESTRIBOS		
LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS	Ø	LOSAS VIGAS (cm)	COLUM (cm)
<p>NO SE PERMITIRAN EMPALMES DEL REFUERZO SUPERIOR (NEGATIVO) EN UNA LONGITUD DE 1/4 DE LUZ DE LA LOSA O VIGA A CADA LADO DE LA COLUMNA O APYO</p>	<p>LOS EMPALMES L SE UBICARAN EN EL TERCIO CENTRAL NO SE EMPALMARAN MAS DEL 50% DE LA ARMADURA EN UNA MISMA SECCION</p>	6 mm	30	-
		8 mm	40	40
		3/8"	50	50
		5/8"	60	60
		3/4"	70	75
		Ø	L	Rmax
		1/4"	10 cm	1.5 cm
		3/8"	15 cm	2.0 cm



**REGION CAJAMARCA**  
**GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA**  
**GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA**

PROYECTO :  
**"CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"**

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:

**ESTRUCTURAS**

PLANO :

**CIMENTACIÓN BLOQUE 1A**

CONSULTOR:  
 ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA  
 REG. C.I.P. Nº 47470

DISEÑO:

REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	
DPTO:	CAJAMARCA	INDICADA	
PROV:	CHOTA	FECHA:	ABRIL 2012
DIST:	CHOTA	DIBUJO:	
LOCALIDAD:	CHOTA		

REVISIONES

COORDINADOR:	
COORDINADOR:	
SUPERVISOR:	

LAMINA:

**E-02**

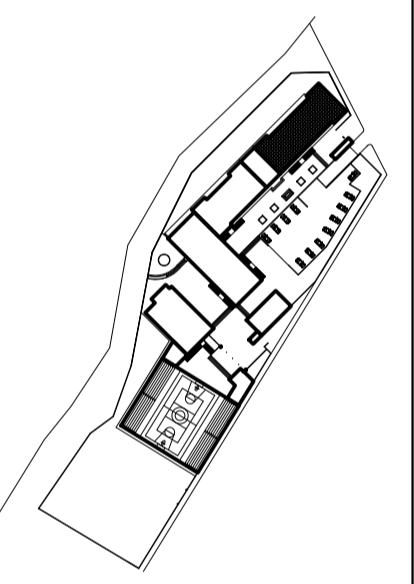


REGION CAJAMARCA

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA  
 PROYECTO :  
 "CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:  
**ESTRUCTURAS**

PLANO:  
**CIMENTACION BLOQUE 1A**

CONSULTOR:  
 ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA  
 REG. C.I.P. N° 47470

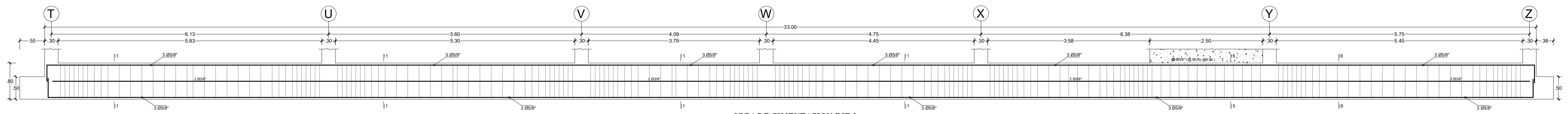
DISEÑO:

REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	
DPTO:	CAJAMARCA	INDICADA	
PROV:	CHOTA	FECHA:	ABRIL 2012
DIST:	CHOTA	DIBUJO:	
LOCALIDAD:	CHOTA		

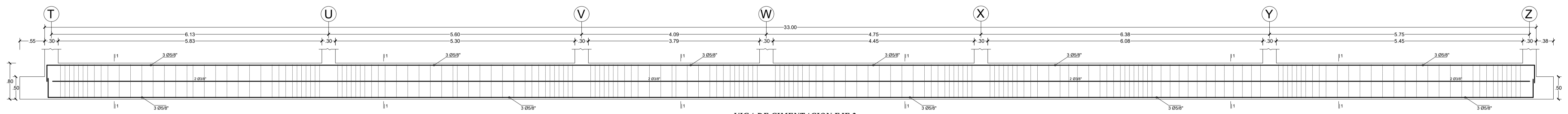
REVISIONES	COORDINADOR:
	COORDINADOR:
	SUPERVISOR:

LAMINA:

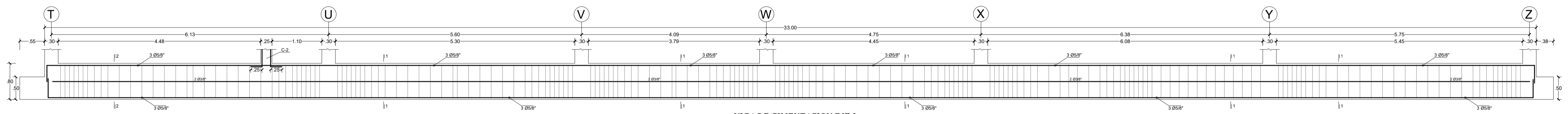
**E-03**



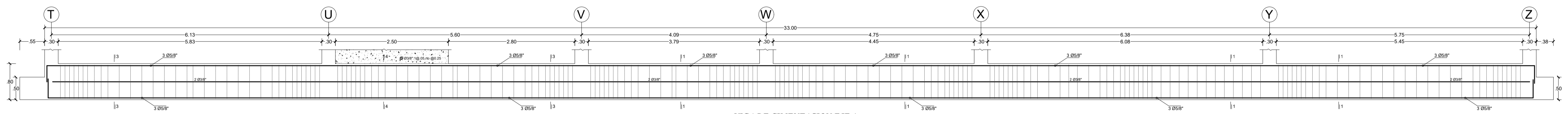
VIGA DE CIMENTACION EJE 1  
 Esc: 1/50



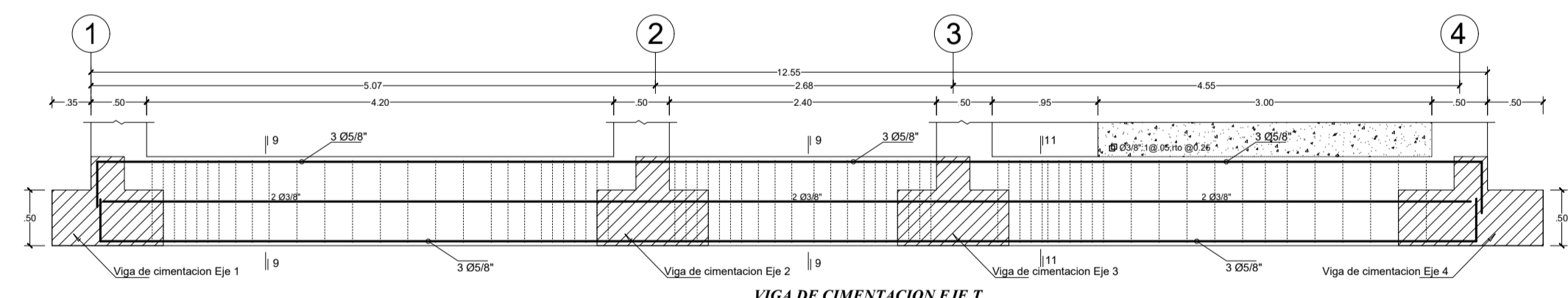
VIGA DE CIMENTACION EJE 2  
 Esc: 1/50



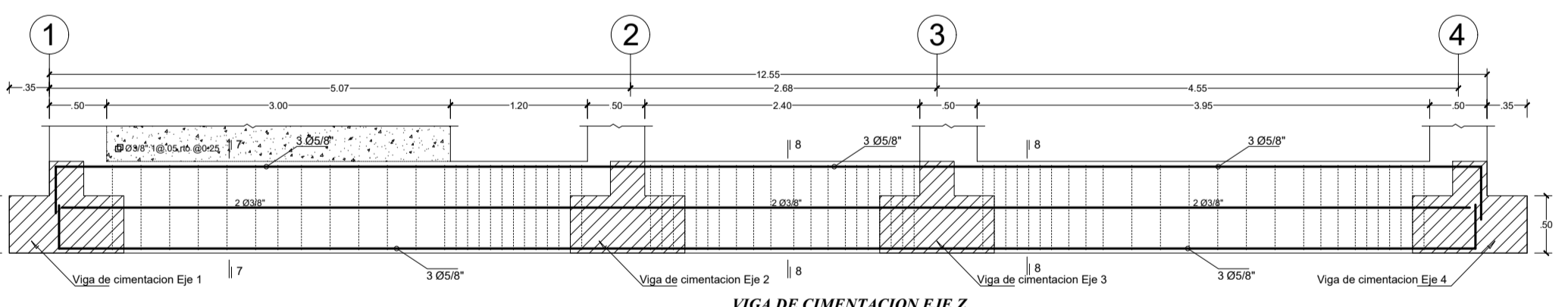
VIGA DE CIMENTACION EJE 3  
 Esc: 1/50



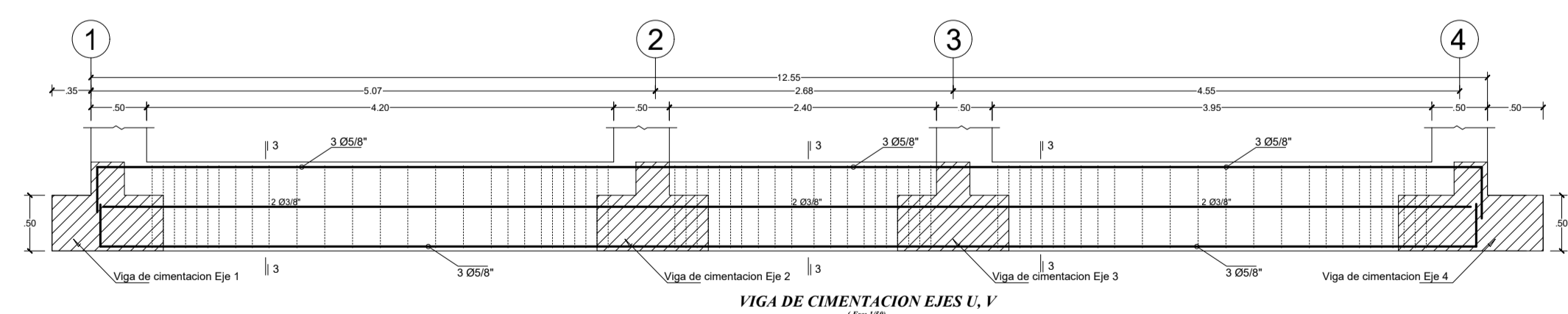
VIGA DE CIMENTACION EJE 4  
 Esc: 1/50



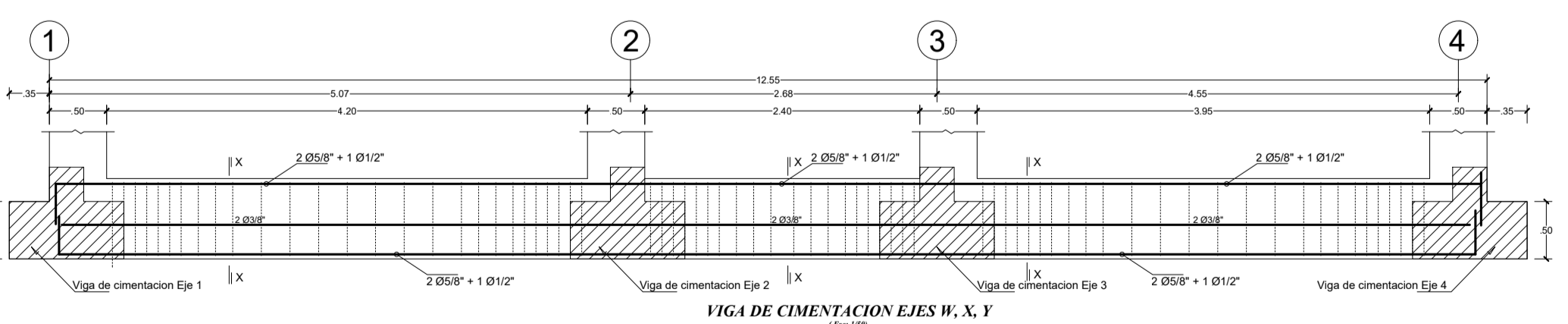
VIGA DE CIMENTACION EJE T  
 Esc: 1/50



VIGA DE CIMENTACION EJE Z  
 Esc: 1/50



VIGA DE CIMENTACION EJES U, V  
 Esc: 1/50



VIGA DE CIMENTACION EJES W, X, Y  
 Esc: 1/50



REGION CAJAMARCA

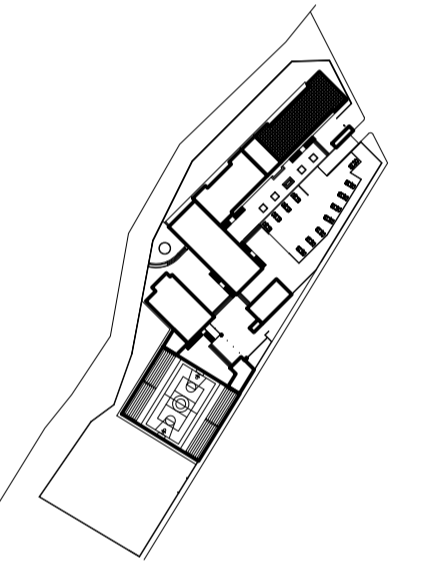
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA

PROYECTO :

"CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

PLANO :

LOSA ALIGERADA BLOQUE 1A

CONSULTOR:

ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA REG. C.I.P. Nº 47470

DISEÑO:

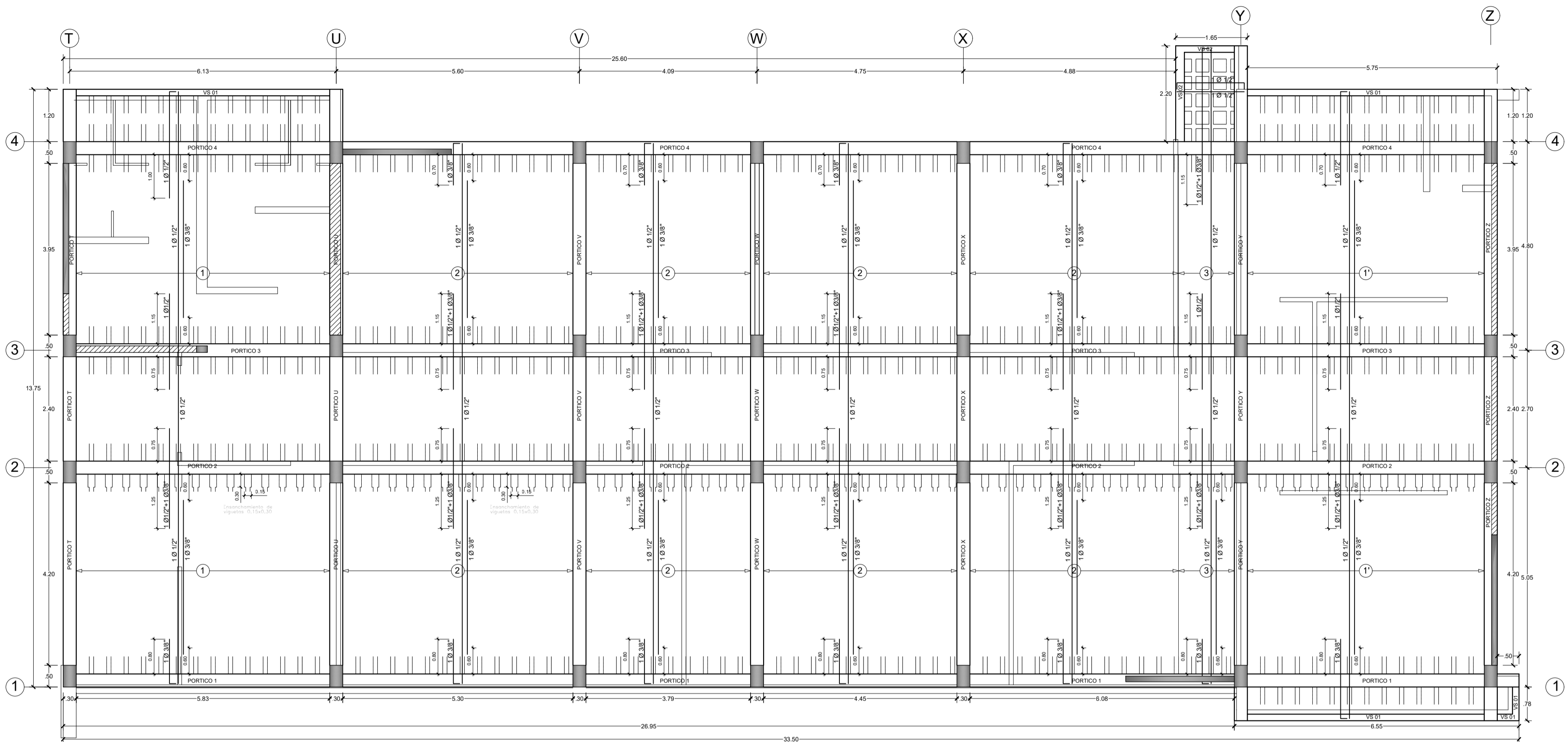
REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	
DPTO:	CAJAMARCA	INDICADA	
PROV:	CHOTA	FECHA:	ABRIL 2012
DIST:	CHOTA	DIBUJO:	
LOCALIDAD:	CHOTA		

REVISIONES

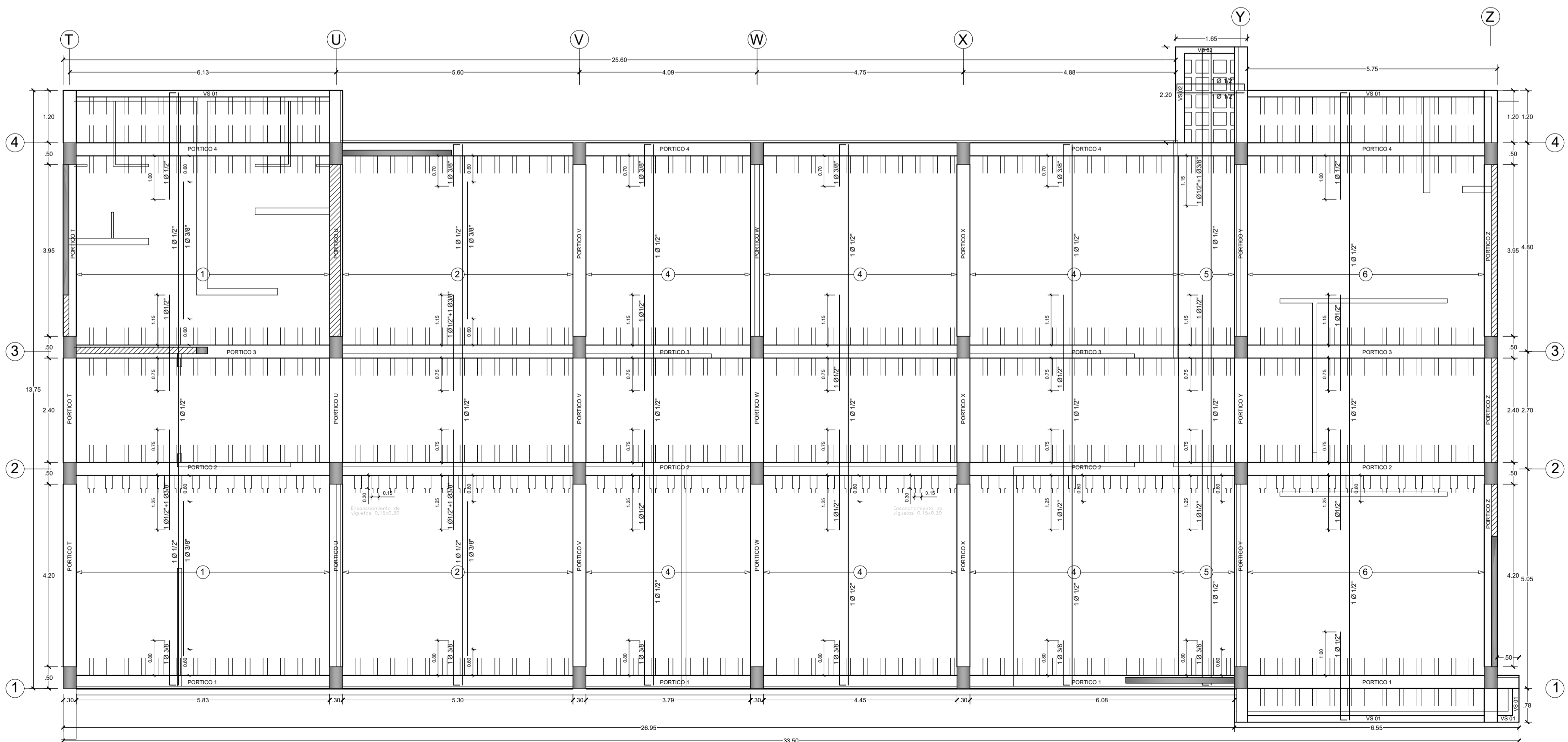
COORDINADOR:	
COORDINADOR:	
SUPERVISOR :	

LAMINA:

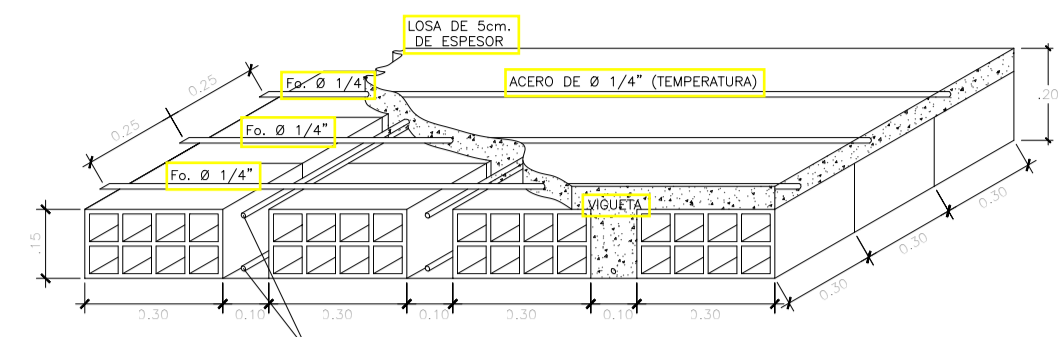
E-04



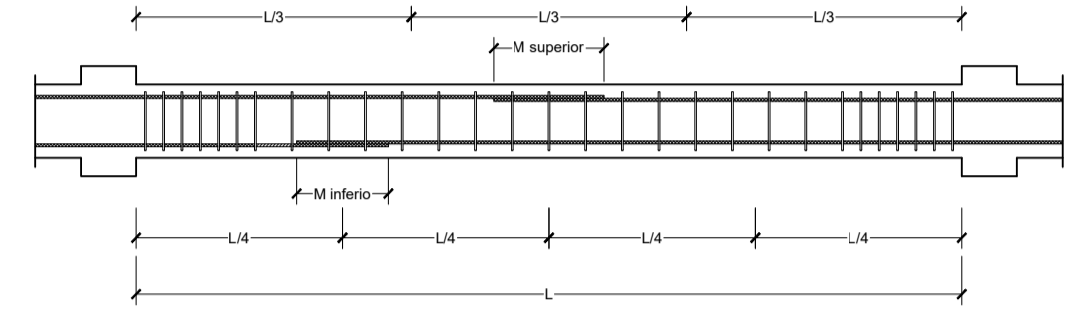
LOSA ALIGERADA - PRIMER NIVEL  
(e = 0.20 m)  
Esc:1/75



LOSA ALIGERADA - SEGUNDO NIVEL  
(e = 0.20 m)  
Esc:1/75



DETALLE DE LOSA ALIGERADA  
ESC.: 1/10



DETALLE DE LA UBICACION Y LONGITUD DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS

VALORES DE "M"		
Ø ACERO	M inferior	M superior
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	100.00

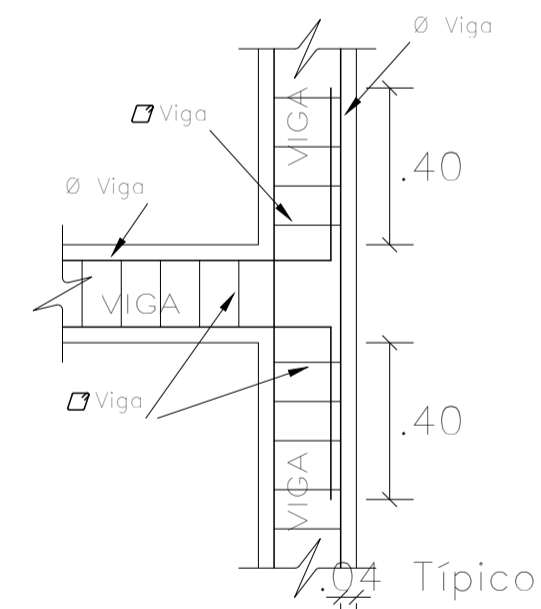
NOTA:  
1. NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA SECCION.  
2. EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS FUNDAMENTALES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.

TRASLAPES Y EMPALMES		ESTRIBOS	
LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS	Ø LOSAS VIGAS (mm)	Ø COLUM (mm)
		6 mm	30
		8 mm	40
		3/8"	40
		1/2"	50
		5/8"	50
		3/4"	75
		1"	100

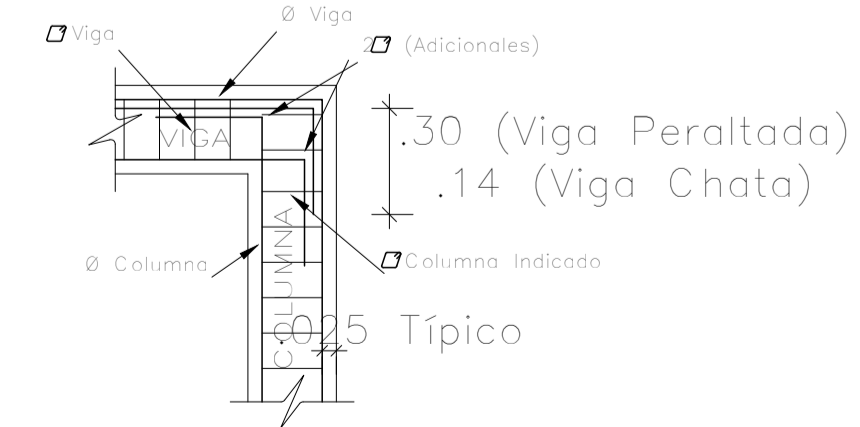
NO SE PERMITIRAN EMPALMES DEL REINFORZO SUPERIOR NEGATIVO EN UNA LONGITUD DE 1d DE SUSE DE LA CUBA O VIGA A CADA LADO DE LA COLUMNA O PUNTO.

LOS EMPALMES EL REINFORZO EN EL FONDO POSITIVO NO SE EMPALMAN MAS DEL 50% DE LA ARMADURA EN UNA MISMA SECCION.

Ø	L	Resac
1/4"	10 cm	1.5 cm
3/8"	15 cm	2.0 cm



ENCUENTRO ENTRE VIGAS DE TECHO  
ESC.: 1/20



ANCLAJE DE VIGAS DE TECHO EN COLUMNAS  
ESC.: 1/20



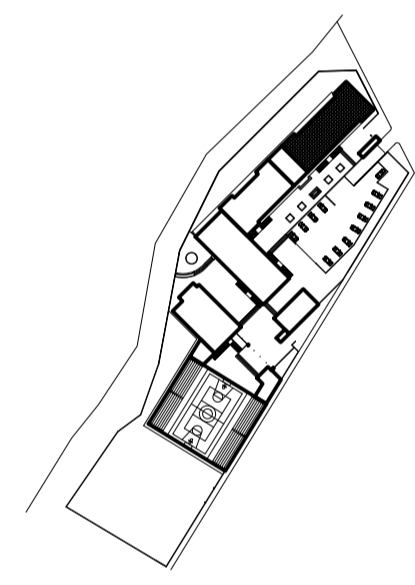
REGION  
CAJAMARCA

GOBIERNO REGIONAL  
DE CAJAMARCA

GERENCIA  
SUB REGIONAL  
DE CHOTA

PROYECTO :  
"CONSTRUCCION  
DE SEDE  
GERENCIA  
SUB  
REGIONAL  
CHOTA"

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:  
**ESTRUCTURAS**

PLANO :  
**VIGAS  
BLOQUE 1A**

CONSULTOR:  
ING. FERNANDO ARTURO  
ELIAS ZULOETA  
REG. C.I.P. N° 47470

DISEÑO:

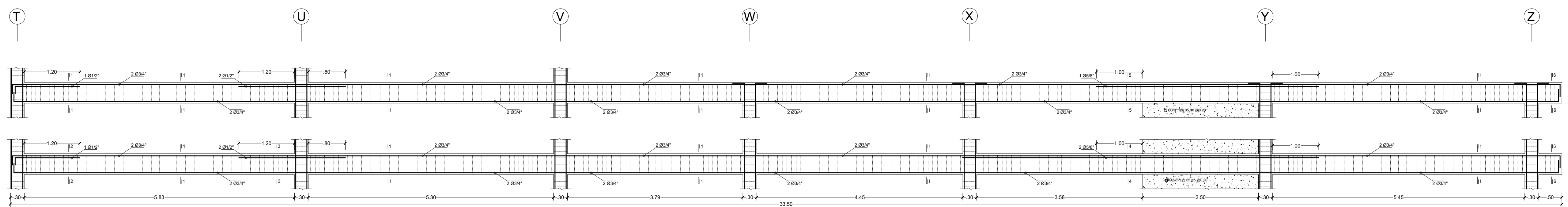
REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	
DPTO.:	CAJAMARCA	INDICADA	
PROV.:	CHOTA	FECHA:	ABRIL 2012
DIST.:	CHOTA	LOCALIDAD:	CHOTA
LOCALIDAD:	CHOTA	DIBUJO:	

REVISIONES

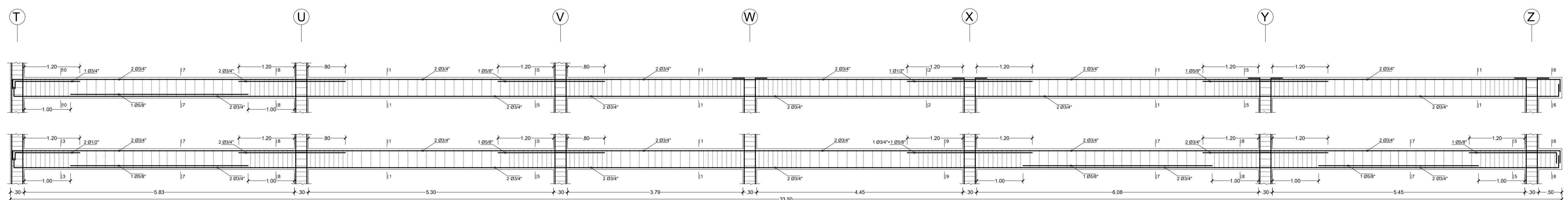
COORDINADOR:	
COORDINADOR:	
SUPERVISOR:	

LAMINA:

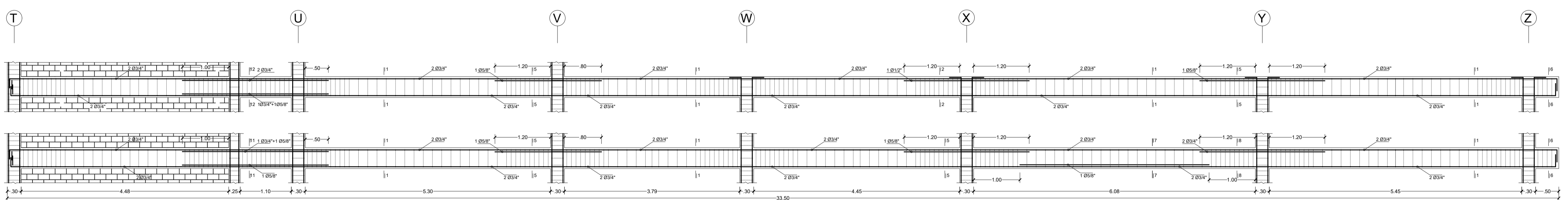
**E-05**



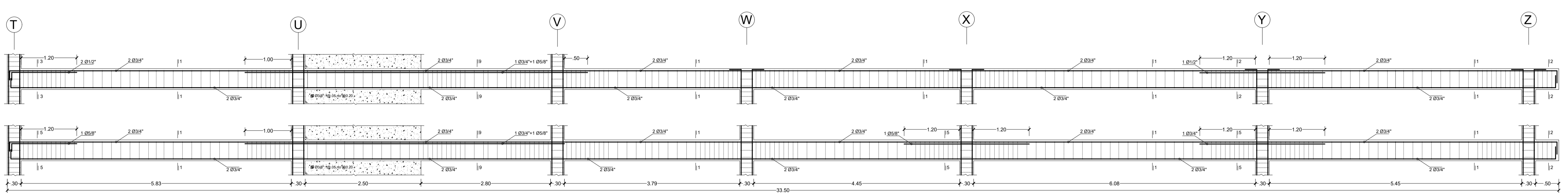
PORTICO 1  
(Esc. 1/50)



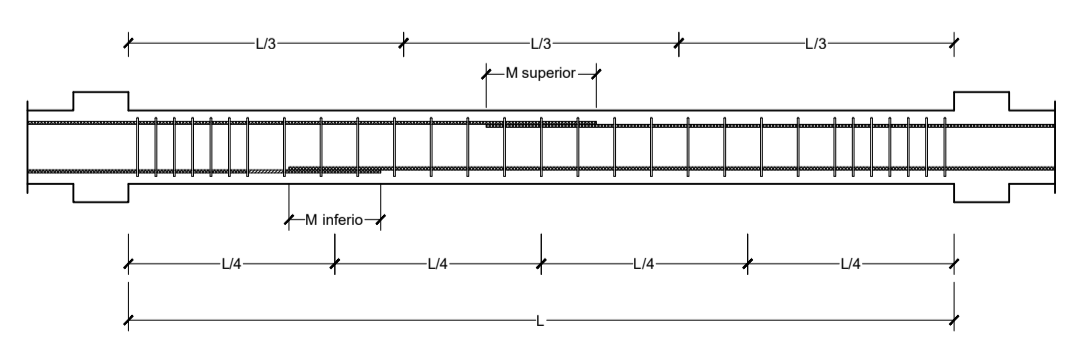
PORTICO 2  
(Esc. 1/50)



PORTICO 3  
(Esc. 1/50)



PORTICO 4  
(Esc. 1/50)

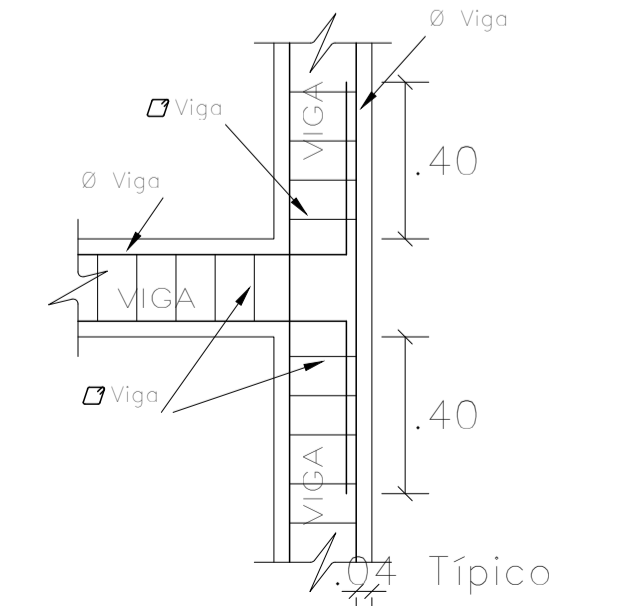


DETALLE DE LA UBICACION Y LONGITUD  
DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS

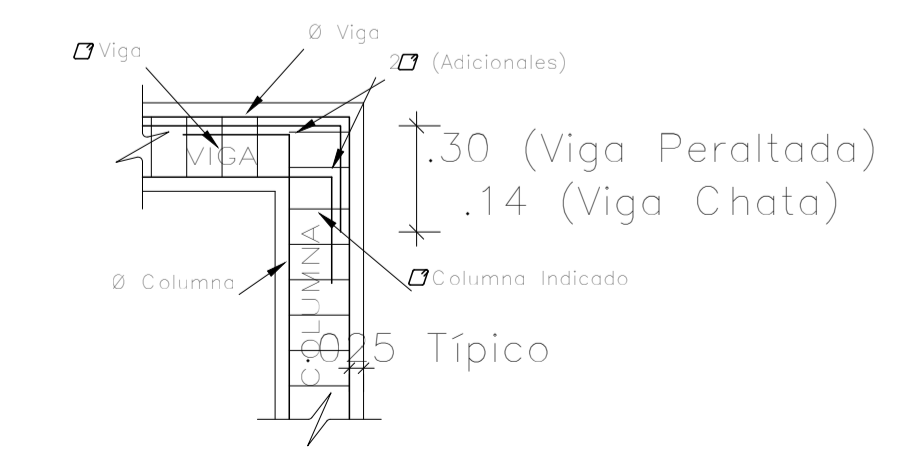
VALORES DE "M"		
Ø ACERO	M inferior	M superior
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	100.00

NOTA:  
1. NO SE PERMITEN EMPALMES EN UN MISMO PUNTO EN UNA SECCION.  
2. EN CASO DE EMPALMES EN LAS ZONAS INDICADAS CON LOS PUNTEOS SE DEBE AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.

TRASLAPES Y EMPALMES		ESTRIBOS	
LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS	Ø	ESPESOR
		Ø <td>ESPESOR</td>	ESPESOR
		Ø	ESPESOR
		Ø	ESPESOR
		Ø	ESPESOR



ENCUENTRO ENTRE VIGAS  
DE TECHO  
ESC.: 1/20



ANCLAJE DE VIGAS DE TECHO  
EN COLUMNAS  
ESC.: 1/20



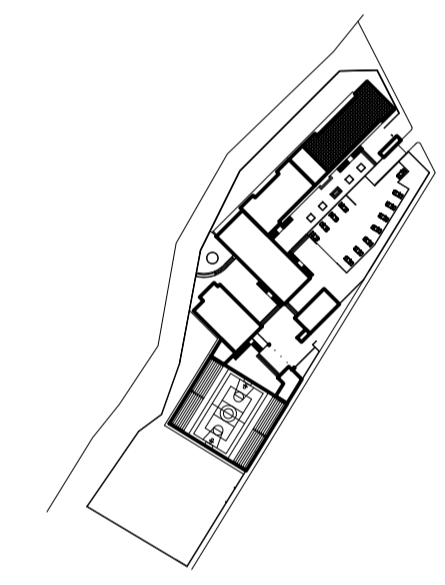
REGION CAJAMARCA

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA

PROYECTO:  
"CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

PLANO:

VIGAS BLOQUE 1A

CONSULTOR:

ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA  
REG. C.I.P. N° 47470

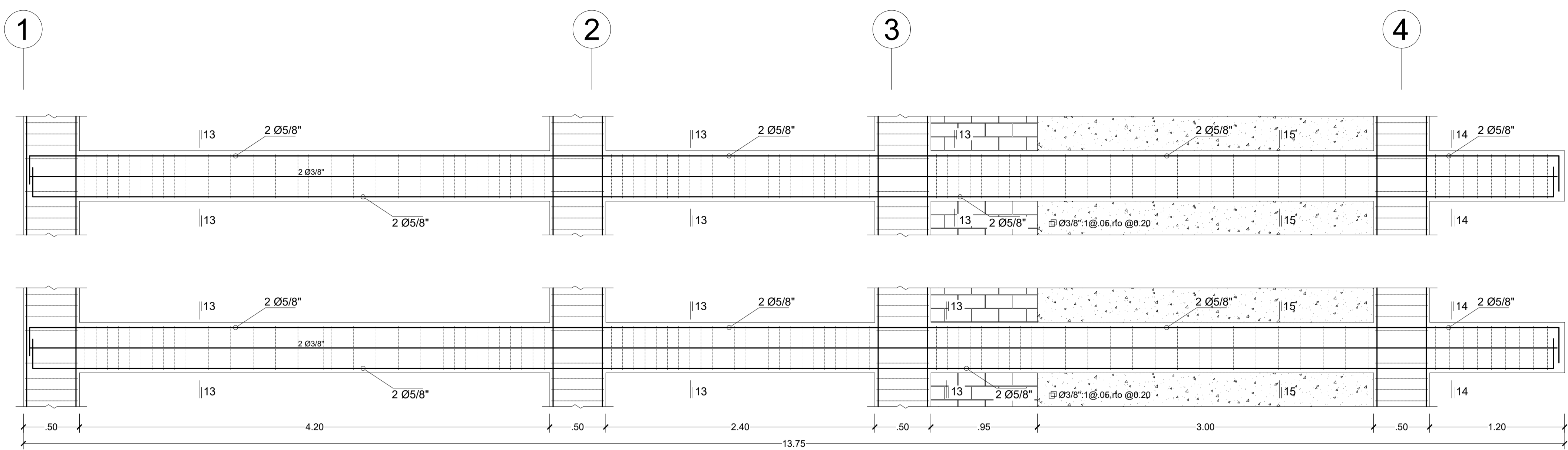
DISEÑO:

REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	
DPTO:	CAJAMARCA	INDICADA	
PROV:	CHOTA	FECHA:	ABRIL 2012
DIST:	CHOTA	LOCALIDAD:	CHOTA
LOCALIDAD:	CHOTA	DIBUJO:	

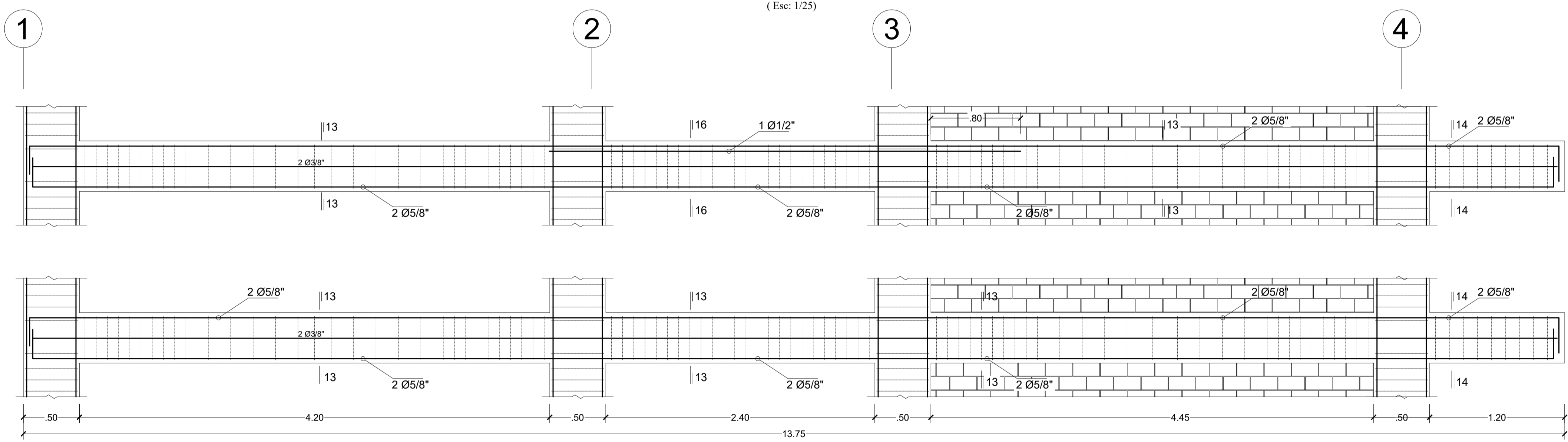
COORDINADOR:	
COORDINADOR:	
SUPERVISOR:	

LAMINA:

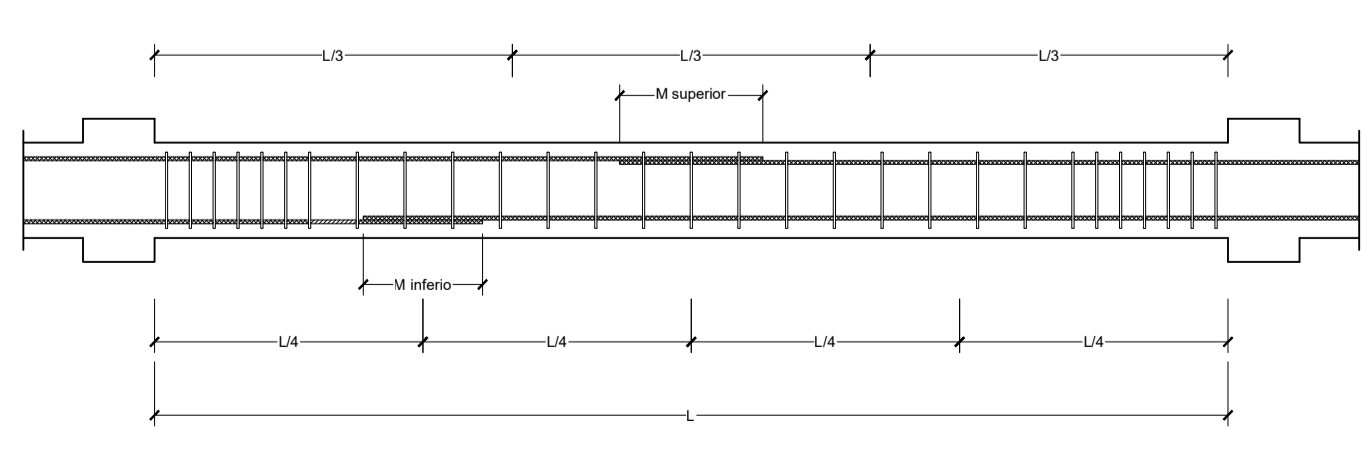
E-06



PORTICO T  
(Esc: 1/25)



PORTICO U  
(Esc: 1/25)

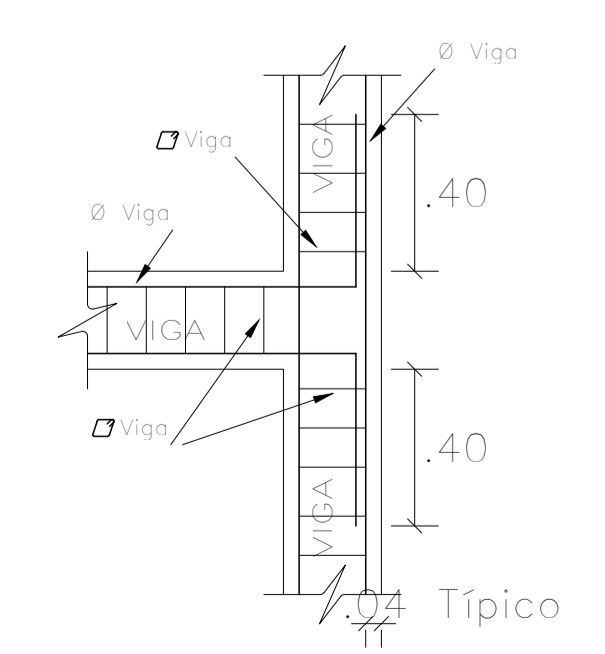


DETALLE DE LA UBICACION Y LONGITUD DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS

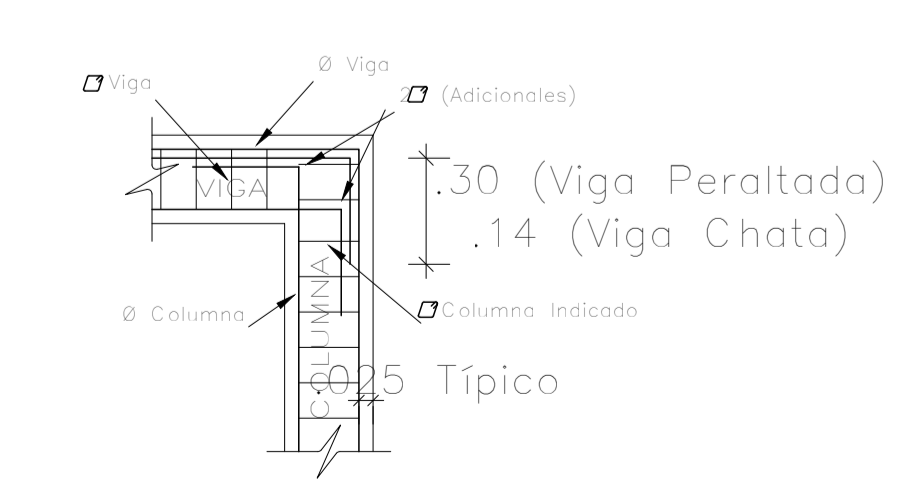
VALORES DE "M"		
Ø ACERO Pulg.	M inferior cm.	M superior cm.
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	100.00

NOTA:  
1 NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA SECCION  
2 EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.

TRASLAPES Y EMPALMES		ESTRIBOS					
LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS	LOSAS VIGAS (cm)	COLUM (cm)				
		6 mm	30				
		8 mm	40				
		12"	50				
		5/8"	60				
		3/4"	70				
		Ø	L	Rmax			
		1"	120	90	3/8"	15 cm	2.0 cm



ENCUENTRO ENTRE VIGAS DE TECHO  
ESC.: 1/20



ANCLAJE DE VIGAS DE TECHO EN COLUMNAS  
ESC.: 1/20



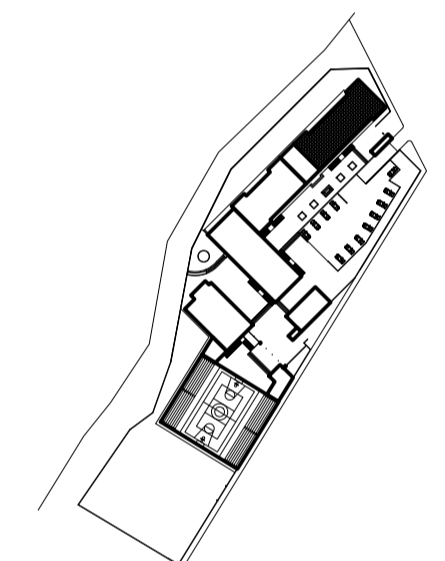
REGION CAJAMARCA

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA

PROYECTO :  
"CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:  
**ESTRUCTURAS**

PLANO :  
**VIGAS BLOQUE 1A**

CONSULTOR:  
ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA  
REG. C.I.P. N° 47470

DISEÑO:

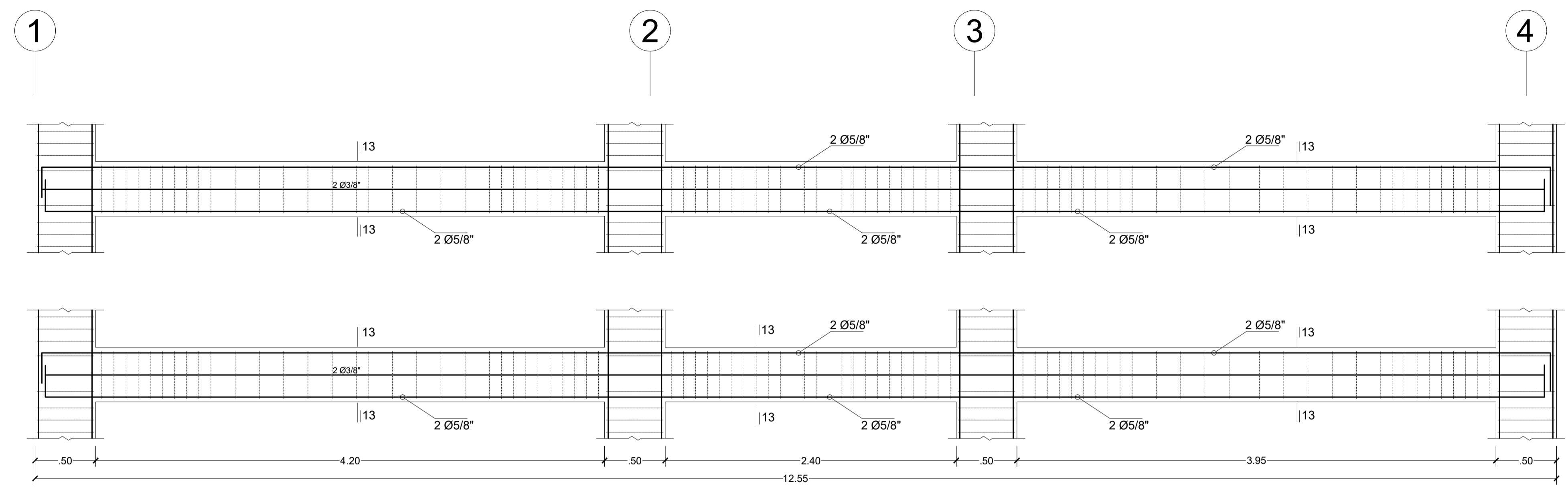
REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	
DPTO:	CAJAMARCA	INDICADA	
PROV:	CHOTA	FECHA:	ABRIL 2012
DIST:	CHOTA	LOCALIDAD:	CHOTA
LOCALIDAD:	CHOTA	DIBUJO:	

REVISIONES

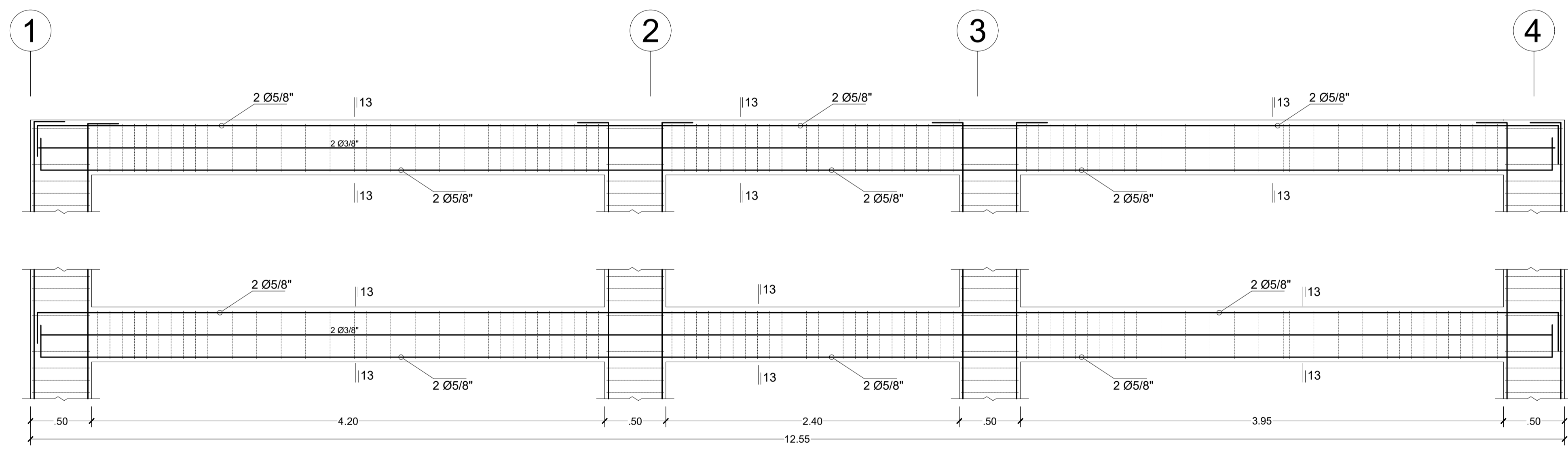
COORDINADOR:	
COORDINADOR:	
SUPERVISOR:	

LAMINA:

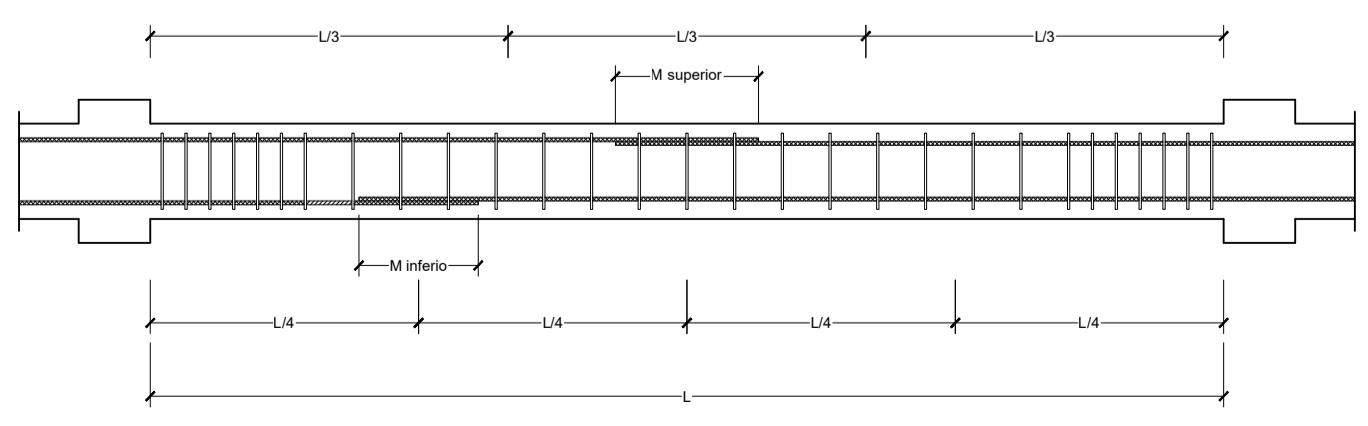
**E-07**



**PORTICO V**  
(Esc: 1/25)



**PORTICO W**  
(Esc: 1/25)



DETALLE DE LA UBICACION Y LONGITUD DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS

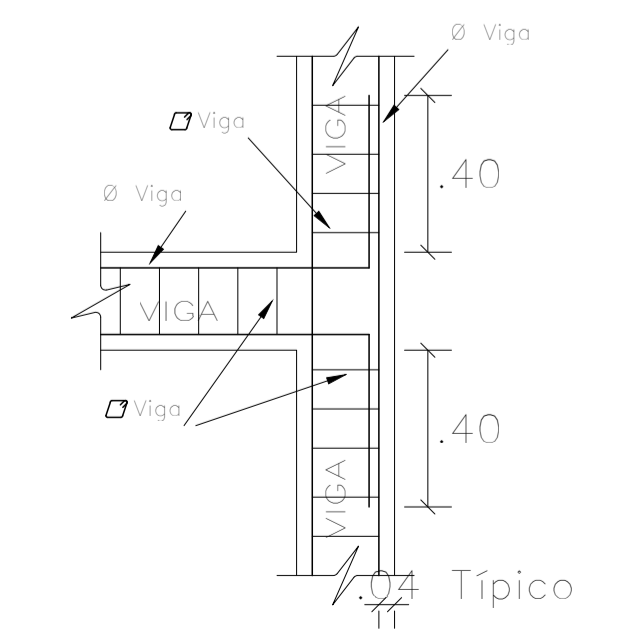
VALORES DE "M"		
Ø ACERO Pulg.	M inferior cm.	M superior cm.
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	100.00

NOTA:  
1 NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA SECCION.  
2 EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.

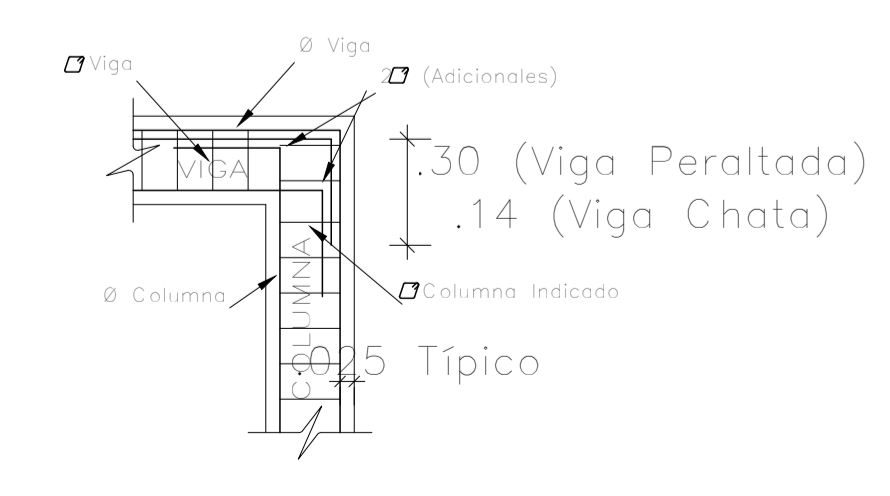
TRASLAPES Y EMPALMES		ESTRIBOS		
LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS	Ø LOSAS VIGAS (cm)	COLUM (cm)	
		6 mm	30	
		8 mm	40	
		12"	50	
		5/8"	60	
		1"	70	
		Ø	L	Rmax
		3/4"	70	15 cm
		1"	120	2.0 cm

NO SE PERMITIRAN SOBRESALTES DEL REFUERZO SUPERIOR (NEGATIVO) EN UN TERCIO CENTRAL DE LA LONGITUD DE LA LOSA O VIGA A CADA LADO DE LA COLUMNA O APOYO.

LOS EMPALMES L SE UBICARAN EN EL TERCIO CENTRAL DE LA LONGITUD DE LA LOSA O VIGA A CADA LADO DE LA COLUMNA O APOYO.



**ENCUENTRO ENTRE VIGAS DE TECHO**  
ESC.: 1/20



**ANCLAJE DE VIGAS DE TECHO EN COLUMNAS**  
ESC.: 1/20

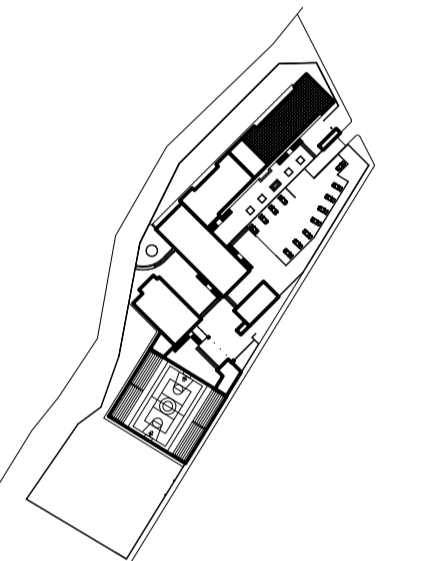


REGION CAJAMARCA

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA

PROYECTO :  
"CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:

**ESTRUCTURAS**

PLANO :

**VIGAS BLOQUE 1A**

CONSULTOR:  
ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA  
REG. C.I.P. Nº 47470

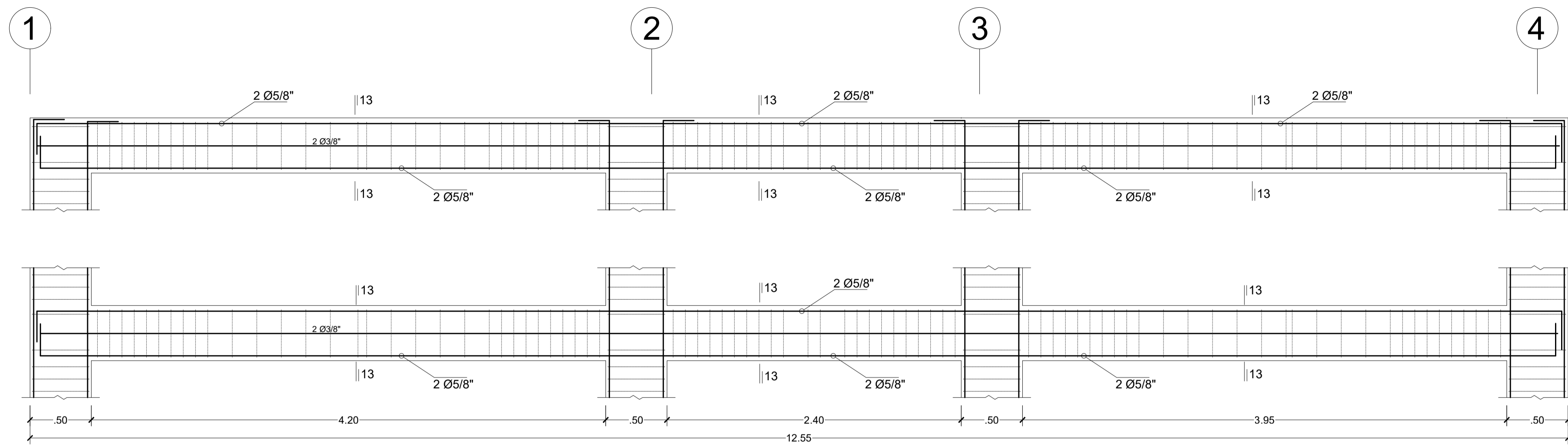
DISEÑO:

REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	
DPTO:	CAJAMARCA	INDICADA	
PROV:	CHOTA	FECHA:	ABRIL 2012
DIST:	CHOTA	LOCALIDAD:	CHOTA
LOCALIDAD:	CHOTA	DIBUJO:	

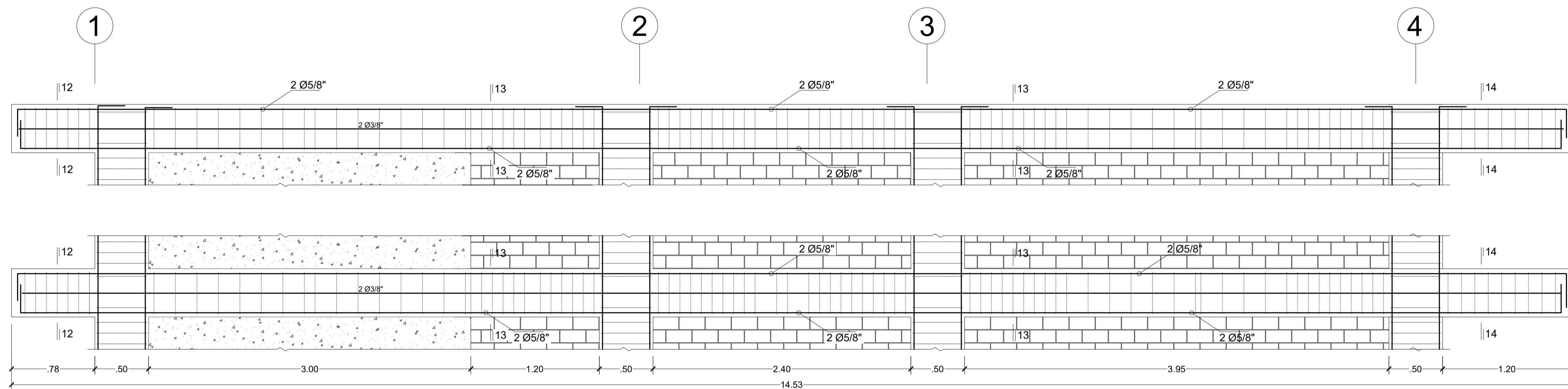
COORDINADOR:  
COORDINADOR:  
SUPERVISOR :

LAMINA:

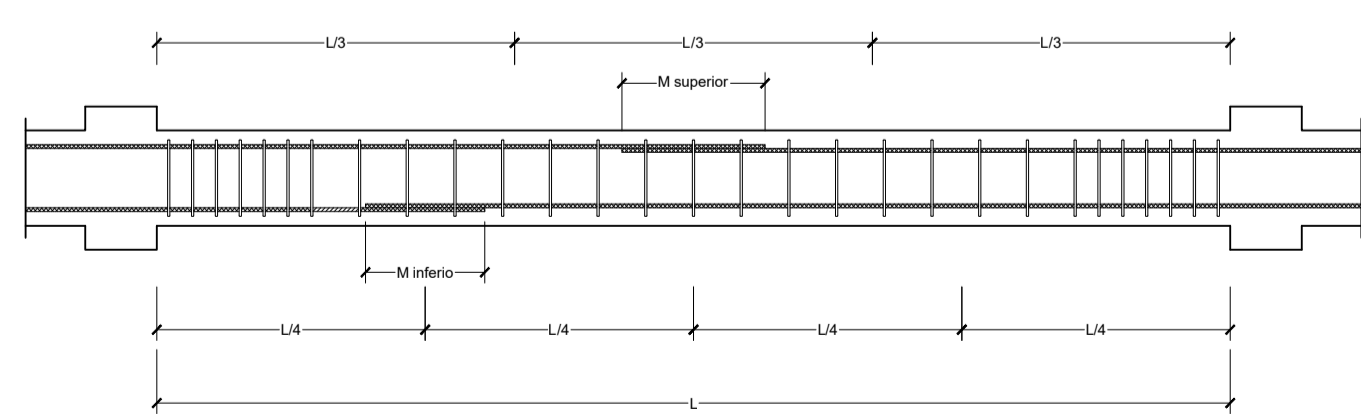
**E-08**



**PORTICO X**  
( Esc: 1/25)



**PORTICO Z**  
( Esc: 1/25)



DETALLE DE LA UBICACION Y LONGITUD DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS

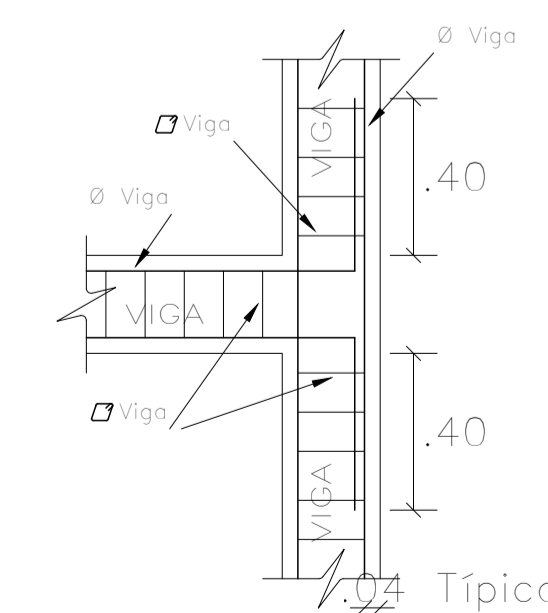
VALORES DE " M "		
Ø ACERO (sig)	M inferior (cm)	M superior (cm)
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	100.00

NOTA:  
1 NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA SECCION  
2 EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.

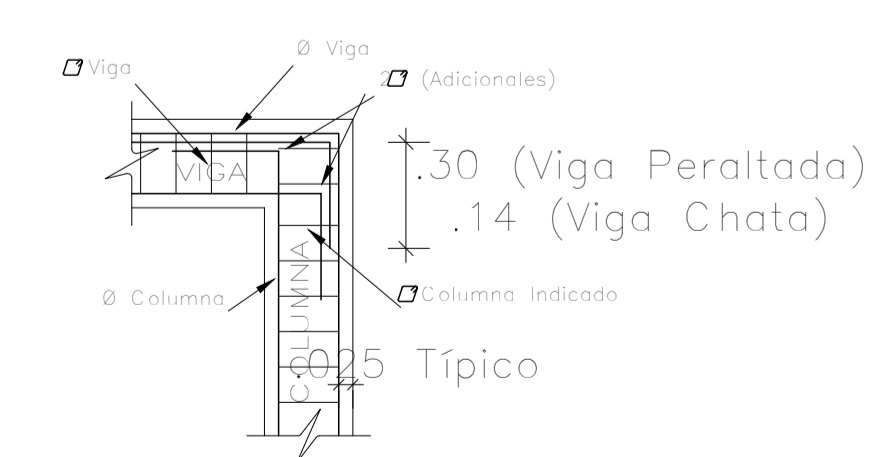
TRASLAPES Y EMPALMES		ESTRIBOS			
LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS	Ø LOSAS VIGAS (cm)	Ø COLUMNAS (cm)		
		6 mm	30	-	
		8 mm	38	40	
		12"	50	50	
		5/8"	60	60	
		3/4"	70	75	
1"	120	90	3/8"	15 cm	2.0 cm

NO SE PERMITIRAN EMPALMES DEL REFUERZO SUPERIOR NEGATIVO EN UNA LONGITUD DE 1/4 DE LUZ DE LA LOSA O VIGA A CADA UNO DE LA COLUMNA O APOYO

LOS EMPALMES SE UBICARAN EN EL TERCIO CENTRAL NO SE EMPALMARAN MAS DEL 50% DE LA ARMADURA EN UNA MISMA SECCION



**ENCUENTRO ENTRE VIGAS DE TECHO**  
ESC.: 1/20



**ANCLAJE DE VIGAS DE TECHO EN COLUMNAS**  
ESC.: 1/20



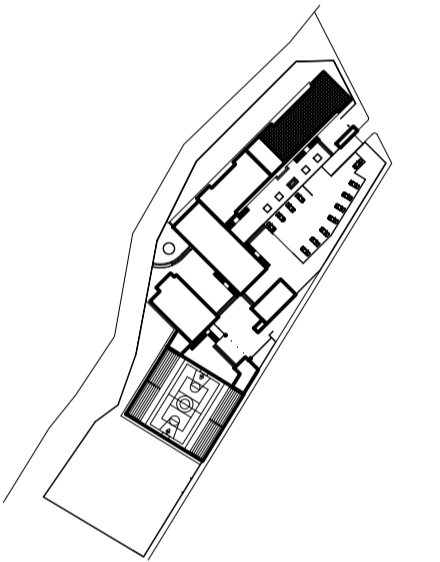
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA

PROYECTO :

"CONSTRUCCION DE SEDE GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA"

PLANO CLAVE:



ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

PLANO :

VIGAS BLOQUE 1A

CONSULTOR:

ING. FERNANDO ARTURO ELIAS ZULOETA  
REG. C.I.P. N° 47470

DISEÑO:

REGION:

CAJAMARCA

ESCALA:

INDICADA

DPTO:

CAJAMARCA

PROV:

CHOTA

FECHA:

ABRIL 2012

DIST:

CHOTA

LOCALIDAD:

CHOTA

DIBUJO:

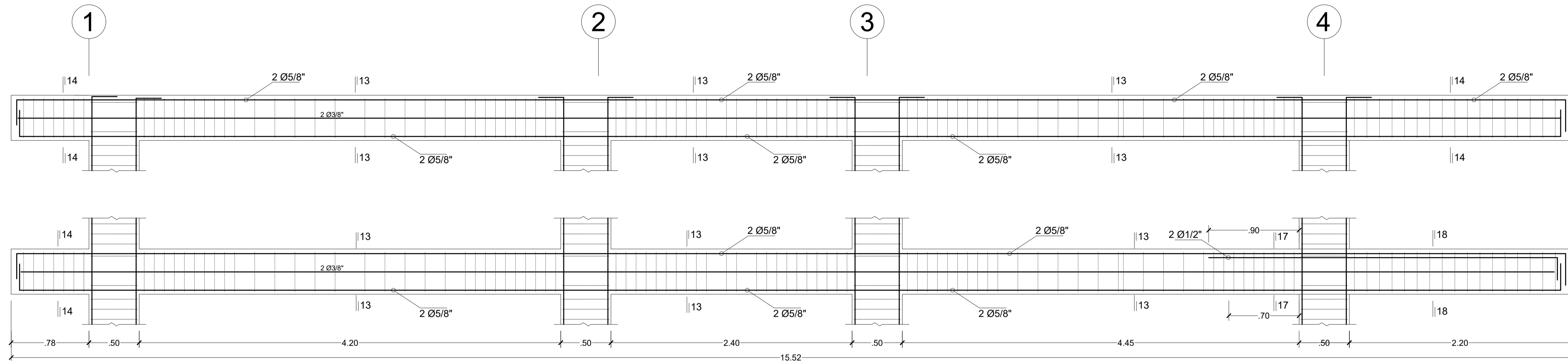
COORDINADOR:

COORDINADOR:

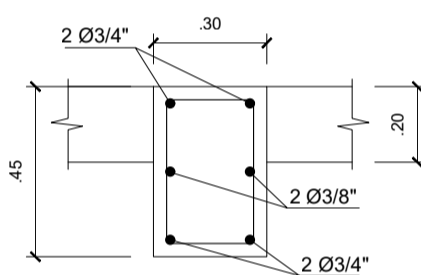
SUPERVISOR :

LAMINA:

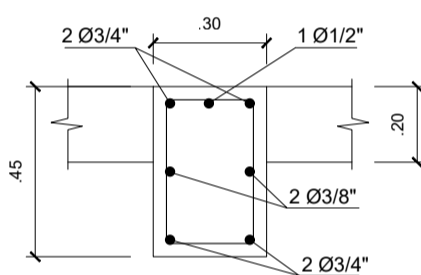
E-09



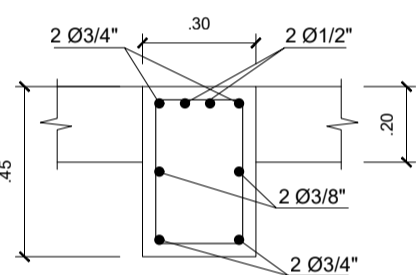
PORTICO Y  
(Escala: 1/25)



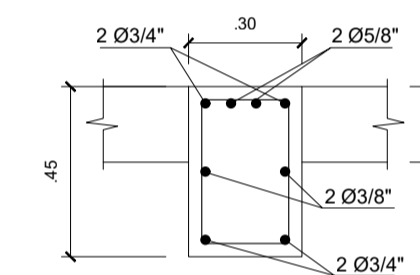
Seccion 1-1  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



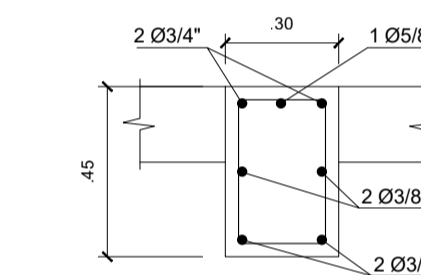
Seccion 2-2  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



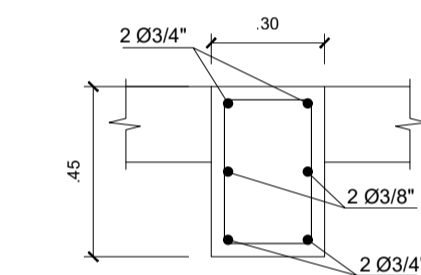
Seccion 3-3  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



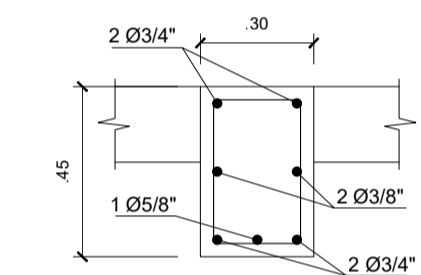
Seccion 4-4  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



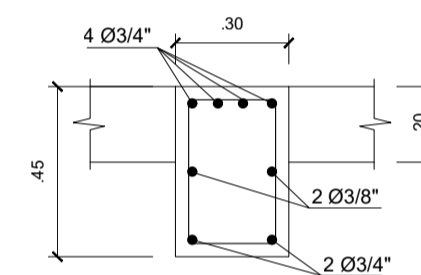
Seccion 5-5  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



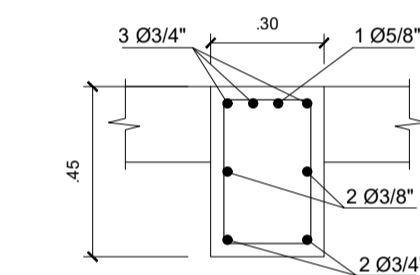
Seccion 6-6  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



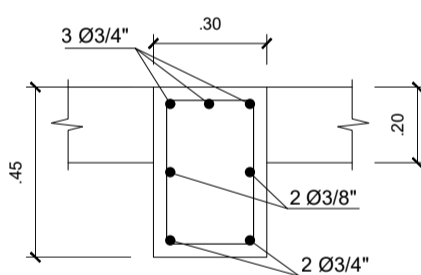
Seccion 7-7  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



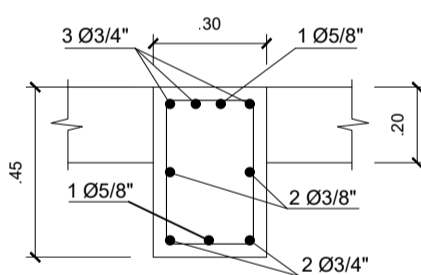
Seccion 8-8  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



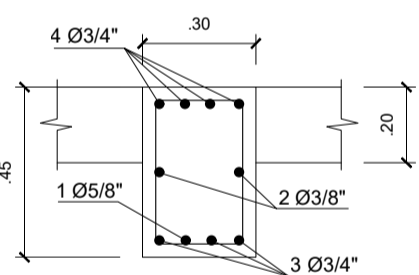
Seccion 9-9  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



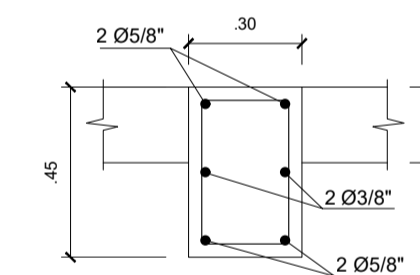
Seccion 10-10  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



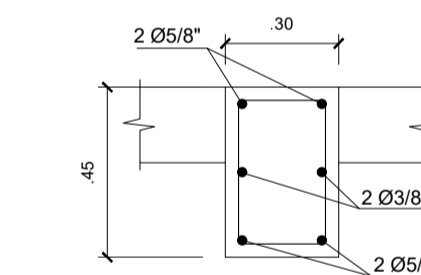
Seccion 11-11  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



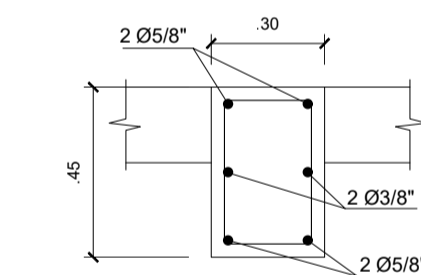
Seccion 12-12  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



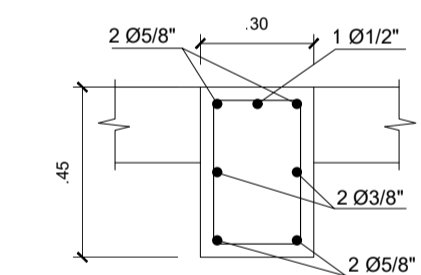
Seccion 13-13  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



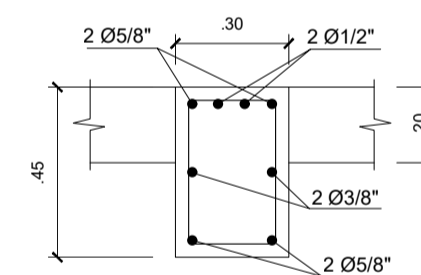
Seccion 14-14  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 1.25 c/est



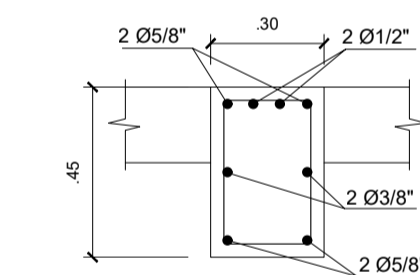
Seccion 15-15  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



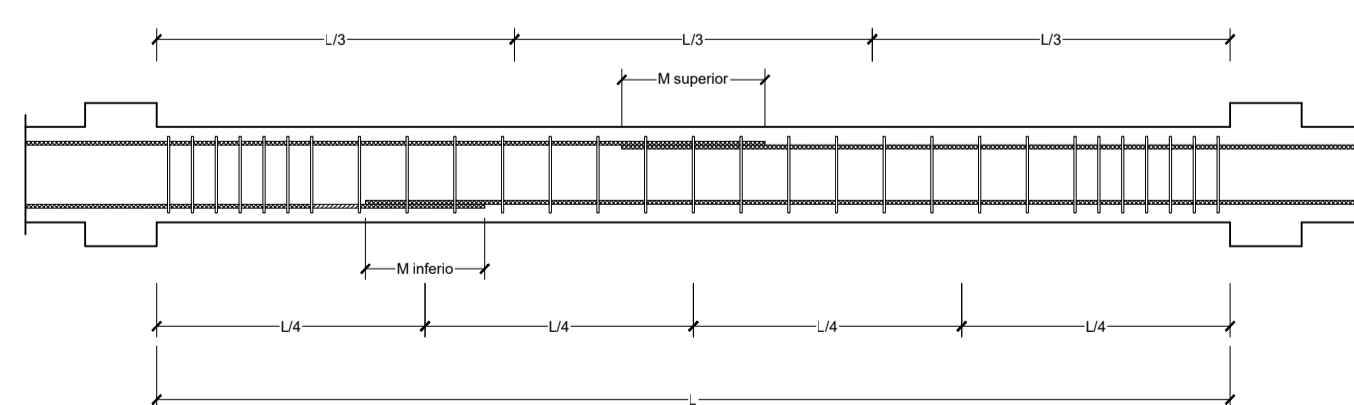
Seccion 16-16  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



Seccion 17-17  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 20 c/est



Seccion 18-18  
(0.30x0.45)  
Ø 3/8" 1 @ 05, 5 @ 0.10  
no @ 15 c/est



DETALLE DE LA UBICACION Y LONGITUD DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS

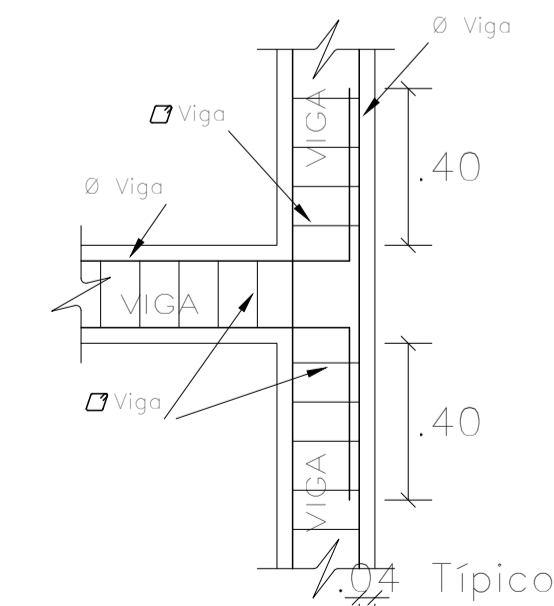
VALORES DE "M"		
Ø ACERO Pulg	M inferior cm	M superior cm
3/8"	40.00	45.00
1/2"	40.00	50.00
5/8"	50.00	60.00
3/4"	60.00	75.00
1"	100.00	100.00

NOTA:  
1 NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA SECCION  
2 EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.

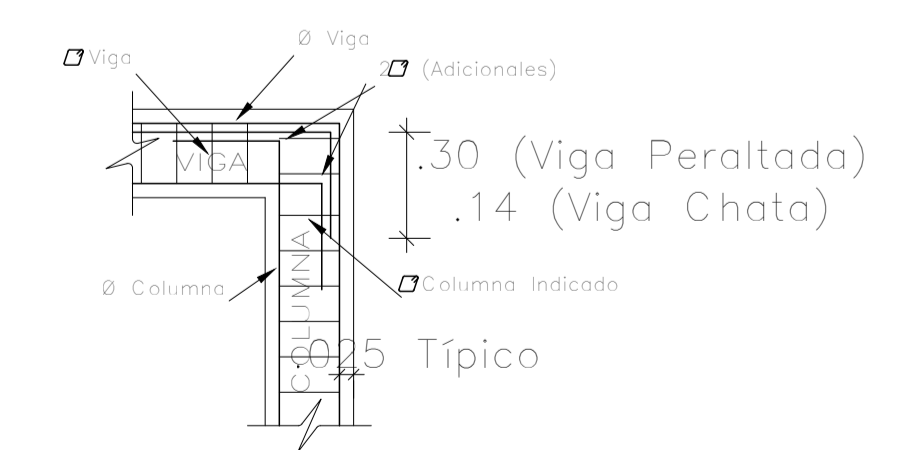
TRASLAPES Y EMPALMES		ESTRIBOS			
LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS	Ø LOSAS VIGAS (cm)	COLUM (cm)		
		8 mm	30		
		8 mm	38"		
		12"	50		
		5/8"	60		
		3/4"	70		
1"	120	90	Ø	L	Rmax
			14"	10 cm	1.5 cm
			3/8"	15 cm	2.0 cm

NO SE PERMITIRAN EMPALMES DEL REFUERZO SUPERIOR (NEGATIVO) EN UNA LONGITUD DE 1/4 DE LAZ DE LA LOSA O VIGA A CADA LADO DE LA COLUMNA O APOYO

LOS EMPALMES SE DEBERAN EN EL TERCIO CENTRAL NO SE EMPALMARAN MAS DEL 50% DE LA ARMADURA EN UNA MISMA SECCION



ENCUENTRO ENTRE VIGAS DE TECHO  
ESC.: 1/20



ANCLAJE DE VIGAS DE TECHO EN COLUMNAS  
ESC.: 1/20