



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



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y
ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL
DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL
DISTRITO DE CALAPUJA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN
Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL
DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL
DISTRITO DE CALAPUJA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. RONALD MADERA TERÁN

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

:

Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:

Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1753-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 16137 presentado por el (la) Bachiller: GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. RONALD MADERA TERÁN
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miércoles 18 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


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

 DR. MILTON QUISPE HUANCA
 DECANO
 CIP. 47790



 Dr. Efraín Roldán Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
 Archivo
 interesado (s)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 820-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 16 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 10562 por el señor (a): **GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 838 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 149-2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 149-2024 **aprobandó** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 488-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-07235, presentado el o (la) Bachiller GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 559 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 156 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 156 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a) docente Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


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

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

15 %

FUENTES DE INTERNET

2 %

PUBLICACIONES

11 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


| | | |
|---|--|------|
| 1 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante | 8 % |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 4 % |
| 3 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 1 % |
| 4 | repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet | 1 % |
| 5 | www.jrgeoconsultores.pe Fuente de Internet | 1 % |
| 6 | repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 7 | repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |



Metadatos Complementarios

| Título de la tesis | |
|---|---|
| EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024 | |
| Datos de autor | |
| Nombres y apellidos | GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 74774659 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0009-0009-9795-7864 |
| Datos de asesor | |
| Nombres y apellidos | FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 02442876 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0001-8509-7224 |
| Datos del jurado | |
| Presidente del jurado | |
| Nombres y apellidos | RONALD MADERA TERÁN |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 02429150 |
| Miembro del jurado 1 | |
| Nombres y apellidos | LEONEL SUASACA PELINCO |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 40865558 |
| Miembro del jurado 2 | |
| Nombres y apellidos | FRITZ WILLY MAMANI APAZA |
| Tipo de documento | DNI |



| | |
|--|---|
| Número de documento de identidad | 02306659 |
| Datos de investigación | |
| Línea de investigación | Tecnología de Materiales - P17 |
| Grupo de investigación | No aplica. |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento |
| Ubicación geográfica de la investigación | <p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Lampa Distrito: Calapuja Latitud: S 15° 19' 04" Longitud: O 70° 13' 27"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/9pciHfbSeC5WY4U19</p> |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Junio 2024 - Diciembre 2024 |
| URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería | Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00 |



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 TALLERES, LABORATORIOS Y LENGÜAS PIRAS

Dr. Efraín Canillo Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS, identificado con DNI
Nro. 74774659, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL
DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO
MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 31 de diciembre del 2024

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Asimismo, dedico este logro especialmente a mi querido padre, Celso Cáceres Tito, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental de mi vida. Su inquebrantable fe en mí y sus invaluable enseñanzas me han guiado en cada paso. Gracias, papá, por creer en mí, incluso cuando dudaba de mí mismo. Tu paciencia, sabiduría y constante presencia, ofreciéndome aliento y consejo, han sido mi mayor motivación para alcanzar este sueño. Este logro es tanto tuyo como mío.



AGRADECIMIENTO

A Dios,

Agradezco profundamente a Dios por brindarme la fuerza, la sabiduría y las oportunidades que me han permitido avanzar en este camino. Su figura ha sido mi mayor apoyo en los instantes de duda y dificultad, y su guía me ha llevado a alcanzar esta meta.

A mis docentes,

Quiero expresar mi sincero reconocimiento a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, quienes, con su dedicación y paciencia, me han brindado las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente. Su enseñanza ha sido clave en mi formación, y su apoyo me ha motivado a seguir superándome cada día.



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|------------------------|------|
| DEDICATORIA..... | i |
| AGRADECIMIENTO..... | ii |
| ÍNDICE GENERAL..... | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | vii |
| RESUMEN..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| INTRODUCCIÓN..... | x |

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

| | | |
|-------|---|----|
| 1.1 | Análisis de la situación problemática | 12 |
| 1.2 | Planteamiento del problema | 13 |
| 1.2.1 | Problema general..... | 13 |
| 1.2.2 | Problemas específicos | 14 |
| 1.3 | Objetivos de la investigación | 14 |
| 1.3.1 | Objetivo general..... | 14 |
| 1.3.2 | Objetivos específicos | 14 |
| 1.4 | Justificación de la investigación | 15 |
| 1.4.1 | Justificación técnica | 15 |
| 1.4.2 | Justificación económica | 15 |
| 1.4.3 | Justificación social | 15 |
| 1.4.4 | Justificación ambiental | 16 |
| 1.5 | Hipótesis de la investigación..... | 16 |
| 1.5.1 | Hipótesis general | 16 |
| 1.5.2 | Hipótesis específicas..... | 16 |
| 1.6 | Variables e indicadores | 17 |
| 1.6.1 | Variable independiente..... | 17 |
| 1.6.2 | Variable dependiente | 17 |
| 1.7 | Operacionalización de variables | 17 |



**CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO**

- 2.1 Antecedentes de la investigación.....19
 - 2.1.1 Antecedentes internacionales19
 - 2.1.2 Antecedentes nacionales21
 - 2.1.3 Antecedentes regionales.....24
- 2.2 Marco teórico.....26
 - 2.2.1 Suelo.....26
 - 2.2.1.1 Tipos de suelo.....27
 - 2.2.2 Suelo de fundación29
 - 2.2.2.1 Suelos Débiles31
 - 2.2.3 Capacidad portante de suelos.....35
 - 2.2.4 Capacidad estructural40
 - 2.2.5 Rendimiento estructural ante sismos.....42
 - 2.2.5.1 Según NTP – E-030.....45
 - 2.2.6 Niveles de desempeño ATC - 40.....47
 - 2.2.6.1 Grados de desempeño para elementos infraestructurales47
 - 2.2.6.2 Niveles de desempeño para elementos no infraestructurales49
 - 2.2.6.3 Niveles de desempeño para las infraestructuras.....51
 - 2.2.7 Comité Visión 200053
- 2.3 Marco conceptual54

**CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

- 3.1 Diseño de la investigación57
- 3.2 Métodos de la investigación.....58
- 3.3 Nivel y tipo de investigación.....58
 - 3.3.1 Tipo de investigación.....58
 - 3.3.2 Nivel de investigación.....59
- 3.4 Población y muestra de la investigación59
 - 3.4.1 Población59
 - 3.4.2 Muestra59
- 3.5 Técnicas e instrumentos.....60
 - 3.5.1 Técnicas.....60



| | |
|--|----|
| 3.5.2 Instrumentos | 60 |
| 3.6 Validación y confiabilidad del instrumento | 61 |
| 3.6.1 Validación de instrumentos | 61 |
| 3.6.2 Confiabilidad de instrumentos | 61 |
| 3.7 Procedimiento de recolección de datos | 61 |
| 3.7.1 Procedimiento | 62 |
| 3.7.2 Ensayos en laboratorio..... | 62 |
| 3.8 Procesamiento y análisis de datos..... | 68 |

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|------------|
| 4.1 Presentación y análisis de resultados | 70 |
| 4.1.1 Capacidad portante y carga ultima admisible del suelo de fundación..... | 73 |
| 4.1.2 Determinación de los desplazamientos máximos relativos de la estructura de diseño82 | |
| 4.1.3 Rendimiento estructural ante sismos del palacio municipal del distrito de Calapuja | 90 |
| 4.2 Discusión de resultados..... | 96 |
| CONCLUSIONES..... | 99 |
| RECOMENDACIONES | 100 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 101 |
| ANEXOS | 105 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | Operacionalización de variables | 18 |
| Tabla 2 | Límites del distrito de Calapuja | 72 |
| Tabla 3 | Vías de acceso al área de estudio | 72 |
| Tabla 4 | Ubicación de las calicatas..... | 73 |
| Tabla 5 | Tipo de excavación..... | 73 |
| Tabla 6 | Humedad encontrada en calicatas..... | 73 |
| Tabla 7 | Distribución de tamaños en C1 – E1..... | 74 |
| Tabla 8 | Distribución de tamaños en C1 – E2..... | 75 |
| Tabla 9 | Distribución de tamaños en C1 – E3..... | 76 |
| Tabla 10 | Distribución de tamaños en C2 – E1..... | 77 |
| Tabla 11 | Distribución de tamaños en C2 – E2..... | 78 |
| Tabla 12 | Distribución de tamaños en C2 – E3..... | 79 |
| Tabla 13 | Resumen de resultados..... | 80 |
| Tabla 14 | Qu y Qadm del suelo del palacio municipal | 82 |
| Tabla 15 | Periodos de los modos de vibración | 84 |
| Tabla 16 | Desempeño sísmico en “X”..... | 91 |
| Tabla 17 | Desempeño calculado para el palacio municipal “X” | 93 |
| Tabla 18 | Desempeño sísmico en “Y”..... | 93 |
| Tabla 19 | Desempeño calculado para el palacio municipal “Y” | 95 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Localización del estudio | 71 |
| Figura 2 | Micro-Localización del estudio | 71 |
| Figura 3 | Humedad encontrada en calicatas | 74 |
| Figura 4 | Distribución de tamaños en C1 – E1 | 75 |
| Figura 5 | Distribución de tamaños en C1 – E2 | 76 |
| Figura 6 | Distribución de tamaños en C1 – E3 | 77 |
| Figura 7 | Distribución de tamaños en C2 – E1 | 78 |
| Figura 8 | Distribución de tamaños en C2 – E2 | 79 |
| Figura 9 | Distribución de tamaños en C2 – E3 | 80 |
| Figura 10 | DPL en la calicata 1 | 81 |
| Figura 11 | DPL en la calicata 2 | 81 |
| Figura 12 | Modelo estructural..... | 83 |
| Figura 13 | Periodos fundamentales de la estructura | 84 |
| Figura 14 | Espectros según RNE en ETABS..... | 85 |
| Figura 15 | Espectro para pórtico | 85 |
| Figura 16 | Espectro espectros de pseudo aceleraciones en la dirección X-X..... | 86 |
| Figura 17 | Espectro para albañilería | 87 |
| Figura 18 | Espectro espectros de pseudo aceleraciones en la dirección Y-Y..... | 88 |
| Figura 19 | Desplazamiento en eje X-X..... | 89 |
| Figura 20 | Desplazamiento en eje Y-Y..... | 90 |
| Figura 21 | Desempeño sísmico en “SS - X” | 91 |
| Figura 22 | Desempeño sísmico en “SD - X” | 92 |
| Figura 23 | Desempeño sísmico en “SM - X” | 92 |
| Figura 24 | Desempeño sísmico en “SS - Y” | 94 |
| Figura 25 | Desempeño sísmico en “SD - Y” | 94 |
| Figura 26 | Desempeño sísmico en “SM - Y” | 95 |



RESUMEN

La investigación titulada "Evaluación de la calidad del suelo de fundación y análisis del desempeño sísmico estructural del diseño de Palacio Municipal del distrito de Calapuja 2024" tuvo como objetivo principal evaluar la calidad del suelo de fundación y analizar el desempeño sísmico estructural del diseño del Palacio Municipal del distrito de Calapuja. La metodología empleada fue experimental, con un enfoque aplicado y un nivel explicativo. Los resultados indicaron que el suelo de fundación del terreno destinado a la construcción del Palacio Municipal se caracterizó por presentar un tipo de suelo CL y ML. El análisis se llevó a cabo mediante la realización de dos calicatas en distintos puntos del terreno, cuyos resultados mostraron que la capacidad portante última del suelo fue de 2.25 kg/cm^2 , mientras que la capacidad portante admisible se estableció en 0.75 kg/cm^2 . En cuanto al análisis estructural, se observó que la estructura del Palacio Municipal presentó desplazamientos máximos relativos de 0.005033 en la dirección X y de 0.00096 en la dirección Y. Estos valores se encuentran dentro de los límites aceptables, cumpliendo con la normativa E.030. Además, en el análisis del desempeño sísmico, se determinó que para un sismo de servicio y de diseño en las direcciones X y Y, el edificio alcanzó un nivel de desempeño de "ocupación inmediata". Sin embargo, para un sismo máximo en las mismas direcciones, el nivel de desempeño registrado fue de "seguridad de vida".

Palabras Clave: Calidad del suelo, suelo de fundación, desempeño sísmico, análisis sísmico.



ABSTRACT

The main objective of the research entitled "Evaluation of the quality of the foundation soil and analysis of the structural seismic performance of the design of the Municipal Palace of Calapuja district 2024" was to evaluate the quality of the foundation soil and analyze the structural seismic performance of the design of the Municipal Palace of Calapuja district. The methodology used was experimental, with an applied approach and an explanatory level. The results indicated that the foundation soil of the site intended for the construction of the Municipal Palace was characterized by presenting a CL and ML soil type. The analysis was carried out by performing two test pits at different points of the site, the results of which showed that the ultimate bearing capacity of the soil was 2.25 kg/cm², while the allowable bearing capacity was set at 0.75 kg/cm². As for the structural analysis, it was observed that the Municipal Palace structure presented maximum relative displacements of 0.005033 in the X direction and 0.00096 in the Y direction. These values are within acceptable limits, complying with the E.030 standard. In addition, in the seismic performance analysis, it was determined that for a service and design earthquake in the X and Y directions, the building reached an "immediate occupancy" performance level. However, for a maximum earthquake in the same directions, the performance level recorded was "life safety".

Keywords: Soil quality, foundation soil, seismic performance, seismic analysis.



INTRODUCCIÓN

En el contexto de la ingeniería civil, la evaluación precisa de la calidad del suelo de fundación y el análisis del desempeño sísmico estructural son fundamentales para el diseño y construcción de edificaciones seguras y duraderas. La correcta caracterización del suelo y la consideración de los efectos sísmicos son aspectos cruciales para garantizar la estabilidad y funcionalidad de las estructuras, especialmente en zonas como el Distrito de Calapuja.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar la calidad del suelo de fundación y analizar el desempeño sísmico estructural del diseño del Palacio Municipal del Distrito de Calapuja. La importancia de este estudio radica en la necesidad de asegurar que la nueva edificación cumpla con los estándares de seguridad y resistencia establecidos en las normativas vigentes, minimizando los riesgos asociados a eventos sísmicos.

Para llevar a cabo esta investigación, se realizará una serie de estudios geotécnicos detallados que permitirán caracterizar las propiedades del suelo de fundación en el sitio propuesto para la construcción. Estos estudios incluirán ensayos de laboratorio y campo, tales como pruebas de penetración estándar (SPT), entre otros, que proporcionarán datos esenciales sobre la capacidad portante, compresibilidad y comportamiento del suelo bajo cargas estructurales.

Paralelamente, se desarrollará un análisis sísmico estructural utilizando herramientas de modelado y simulación avanzada. Este análisis permitirá evaluar el proceder dinámico de la estructura del Palacio Municipal ante desiguales escenarios sísmicos, considerando la influencia de factores como la amplificación local del suelo, las características del terreno y las propiedades estructurales del edificio. Se emplearán metodologías reconocidas.



Los resultados obtenidos de ambos estudios proporcionarán una base concreta para el diseño final de la estructura, asegurando que se adopten las medidas necesarias para mitigar los riesgos sísmicos y optimizar el rendimiento del edificio.

En el Capítulo I, se establecen los fundamentos esenciales para la investigación. En este apartado se procede a la definición de las variables involucradas, creando un marco de referencia claro que orienta el desarrollo del estudio. Asimismo, se formulan tanto los objetivos generales como los específicos, detallando lo que se pretende alcanzar con la investigación.

El Capítulo II está dedicado a la construcción de un marco sólido. Aquí se efectúa una revisión exhaustiva de estudios previos y de las contribuciones más relevantes en el área de estudio. Este capítulo no solo se limita a resumir las teorías principales, sino que además proporciona un marco conceptual que sitúa la investigación en un contexto más amplio.

En el Capítulo III, se describe minuciosamente la metodología empleada a lo largo de la investigación. Se explican los procedimientos seguidos, incluyendo la selección de los sujetos de estudio que fueron analizadas. Se detalla de manera rigurosa la estrategia metodológica adoptada, ofreciendo justificaciones claras para la elección de las técnicas específicas utilizadas en la recolección de datos, así como las herramientas empleadas para su análisis.

Finalmente, en el Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos de la investigación. Los datos recolectados se organizan de forma estructurada a través de tablas, gráficos y otras representaciones visuales que facilitan su comprensión e interpretación. Luego, estos resultados son comparados con los hallazgos de estudios previos, realizando un análisis crítico que permite identificar similitudes, diferencias y posibles contribuciones originales del presente estudio al conocimiento en el campo investigado.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel internacional, uno de los principales desafíos en la ingeniería civil es la evaluación adecuada de la calidad del suelo de fundación y el rendimiento estructural ante sismos de las estructuras. En países propensos a terremotos como Japón, Chile y Estados Unidos, la insuficiente caracterización del suelo y la falta de diseños estructurales adecuados han llevado a desastres significativos, resultando en pérdidas humanas y económicas. Por ejemplo, el terremoto de 2010 en Haití demostró la devastación que puede ocurrir cuando las estructuras no están diseñadas para soportar eventos sísmicos, destacando la necesidad de normativas más estrictas y evaluaciones más detalladas del suelo de fundación.

En el Perú, la situación es particularmente crítica debido a su ubicación geográfica en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona de alta actividad sísmica. A pesar de la existencia de normativas sísmicas como la E.030, muchos edificios, especialmente en áreas rurales, no cumplen con los modelos necesarios. La falta de estudios geotécnicos

adecuados y de diseño sísmico robusto en edificaciones públicas y privadas ha resultado en un alto riesgo para la seguridad de sus habitantes. Un claro ejemplo fue el terremoto de Pisco en 2007, que evidenció las deficiencias en la preparación y resistencia de las infraestructuras ante eventos sísmicos, causando daños extensivos y pérdidas significativas.

En el distrito de Calapuja, la problemática se intensifica debido a la limitada disponibilidad de estudios geotécnicos específicos y la falta de recursos para implementar diseños estructurales avanzados que consideren el rendimiento estructural ante sismos. La construcción del nuevo Palacio Municipal es un proyecto crucial para la comunidad, pero enfrenta desafíos significativos. La ausencia de una evaluación exhaustiva del suelo de fundación podría comprometer la estabilidad y seguridad de la edificación. Además, la falta de análisis detallados sobre el rendimiento estructural ante sismos estructural podría resultar en una estructura vulnerable a eventos sísmicos, poniendo en riesgo tanto a los usuarios del edificio como a la operatividad continua de los servicios municipales en situaciones de emergencia.

La necesidad de realizar una evaluación integral de la calidad del suelo de fundación y un análisis detallado del rendimiento estructural ante sismos estructural es crítica para asegurar la seguridad y funcionalidad del Palacio Municipal del Distrito de Calapuja. Este estudio no solo busca cumplir con las normativas vigentes sino también establecer un precedente para futuras construcciones en la región, promoviendo prácticas de ingeniería más seguras y resilientes.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la calidad del suelo de fundación y como es el desempeño sísmico estructural del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024?



1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuáles es la capacidad portante ultima y admisible del suelo de fundación del terreno destinado a la construcción del palacio municipal del distrito de Calapuja 2024?
- b. ¿Cuáles son los desplazamientos máximos relativos de la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024?
- c. ¿Cuál es el nivel de desempeño sísmico según el riesgo sísmico aplicado a la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del suelo de fundación y analizar el desempeño sísmico estructural del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Determinar la capacidad portante ultima y admisible del suelo de fundación del terreno destinado a la construcción del palacio municipal del distrito de Calapuja 2024.
- b. Determinar los desplazamientos máximos relativos de la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024.
- c. Determinar el nivel de desempeño sísmico según el riesgo sísmico aplicado a la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024.



1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación técnica*

La evaluación de la calidad del suelo de fundación y el análisis del rendimiento estructural ante sismos estructural del diseño del Palacio Municipal del Distrito de Calapuja 2024 es crucial desde el punto de vista técnico por varias razones. Primero, el suelo de fundación influye directamente en la estabilidad y seguridad de cualquier estructura. Un análisis exhaustivo del suelo permite determinar su capacidad de carga, compresibilidad y propiedades dinámicas, lo cual es esencial para el diseño de cimentaciones seguras y eficientes. Segundo, considerando que Calapuja se encuentra en una zona sísmica, el análisis del rendimiento estructural ante sismos del edificio es vital para asegurar que la estructura pueda resistir los movimientos del suelo sin sufrir daños significativos. Esto no solo protege la infraestructura sino también la vida de los usuarios del edificio.

1.4.2 *Justificación económica*

Desde un punto de vista económico, esta tesis justifica su relevancia al buscar la optimización de recursos y la reducción de costos a largo plazo. Un adecuado análisis del suelo de fundación puede prevenir problemas futuros como asentamientos diferenciales y fallas estructurales, las cuales implicarían costos de reparación y mantenimiento elevados. Además, el diseño estructural con un enfoque sísmico reduce el riesgo de daños significativos durante un sismo, lo que se traduce en menores costos de reconstrucción y recuperación. La inversión inicial en un análisis detallado y un diseño robusto es, por tanto, un ahorro económico significativo para el municipio y sus habitantes.

1.4.3 *Justificación social*

Socialmente, la construcción del Palacio Municipal con bases técnicas sólidas y un diseño sísmico adecuado tiene un impacto efectivo en la comunidad. Garantiza la seguridad de los trabajadores y usuarios del edificio, promoviendo un entorno laboral y de

servicios seguro y confiable. Además, al ser un edificio público, su correcta evaluación y diseño sirven como ejemplo y punto de referencia para futuras construcciones en la región, elevando los estándares de construcción y promoviendo prácticas seguras y responsables. Este proyecto, por tanto, contribuye al bienestar y la seguridad social de la comunidad de Calapuja.

1.4.4 Justificación ambiental

La justificación ambiental de este proyecto radica en la minimización del impacto ambiental negativo a través de un diseño sostenible y adaptado a las condiciones locales del suelo. Un análisis adecuado del suelo permite diseñar cimentaciones que minimicen la excavación y el uso de materiales innecesarios, reduciendo así la huella ecológica de la construcción. Además, un diseño estructural que considere el rendimiento estructural ante sismos promueve la durabilidad de la estructura, evitando la necesidad de reconstrucciones frecuentes y, por ende, la explotación continua de recursos naturales. Este enfoque contribuye a la sostenibilidad ambiental y a la preservación del entorno natural en Calapuja.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La calidad del suelo de fundación y el desempeño sísmico estructural del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024, será regular y resultará de seguridad de vida respectivamente.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a. La capacidad portante última y admisible del suelo de fundación del terreno destinado a la construcción del palacio municipal del distrito de Calapuja 2024, será regular.



- b. Los desplazamientos máximos de la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024, estarán por encima de los máximos admisibles recomendados por norma.
- c. El nivel de desempeño sísmico según el riesgo sísmico aplicado a la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024, será de seguridad de vida en la dirección X.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 *Variable independiente*

Calidad del suelo de fundación

1.6.2 *Variable dependiente*

Desempeño sísmico estructural del diseño del Palacio Municipal.

INDICADOR

Riesgo sísmico

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

| VARIABLE INDEPENDIENTE | DEFINICIÓN | DIMENSIÓN | INDICADORES | INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN |
|---|--|--|---|--|
| CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN | Hace referencia a las propiedades del suelo sobre el cual se construirá una estructura. Estas propiedades incluyen la capacidad de carga, compresibilidad, cohesión, ángulo de fricción interna, densidad y perfil estratigráfico. | Características del suelo de fundación | Capacidad portante. Capacidad de última carga admisible. | Ficha de toma de datos y ensayos de laboratorio. |
| VARIABLE DEPENDIENTE | | | | |
| DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DEL PALACIO MUNICIPAL | Un buen rendimiento estructural ante sismos implica que la estructura puede soportar las fuerzas generadas por un sismo sin sufrir daños significativos, garantizando la seguridad de los ocupantes y minimizando la necesidad de reparaciones post-sismo. | Capacidad de soporte y determinación de espesor adecuado | Riesgo sísmico | Programas y excel |



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Quispillo Morocho, (2022) en su investigación titulada “Comparación del comportamiento estructural y nivel de desempeño de una edificación de hormigón armado bajo dos escenarios: base rígida y con interacción suelo-estructura”, busca realizar una comparación exhaustiva entre dos enfoques diferentes en cuanto al comportamiento estructural de una edificación de hormigón. Estos enfoques son: el análisis con base rígida y el que considera la interacción suelo-estructura (ISE). El objetivo central de la investigación radica en evaluar cómo cada uno de estos modelos impacta en el nivel de desempeño estructural de la edificación. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó un enfoque de análisis no lineal estático, en concordancia con los métodos establecidos en los marcos normativos ATC-40 y FEMA-440. El período correspondiente al primer modo de vibración de la estructura experimenta un aumento significativo, del orden del 30.3%. Asimismo, la fuerza cortante de la edificación incrementa en un 14.5%, mientras que los desplazamientos en el nivel más alto se elevan hasta un 57.7%. En cuanto a la deriva inelástica máxima, esta aumenta hasta en un 39%. Además, en lo que respecta a las aceleraciones de piso, los primeros dos niveles de la estructura presentan un aumento de



hasta un 35%, mientras que, en el nivel más alto, se registra una disminución de hasta un 21%. En las columnas, las fuerzas axiales experimentan una ligera reducción promedio del 2%, mientras que las fuerzas de corte permanecen prácticamente inalteradas. Sin embargo, los momentos flectores disminuyen en promedio un 27%, lo que implica una reducción en la relación (D/C) de las columnas, la cual llega hasta un 18.5%. En el caso de las vigas, las fuerzas cortantes disminuyen en un 3.8% en promedio, pero los momentos flectores aumentan en un 6.9%, lo que se traduce en un incremento del 10.7% en las cantidades de acero de refuerzo longitudinal necesarias. Finalmente, los resultados también indican que el factor de disminución de respuesta sísmica R, según la propuesta ATC-19, presenta un aumento del 13.3% al considerar la Interrelación entre la estructura y el terreno. De manera similar, el factor R propuesto por Aguiar R. muestra un incremento del 10.5% cuando se toma en cuenta la flexibilidad de la base de fundación. En conclusión, este análisis evidencia la relevancia de incorporar la interacción suelo-estructura en los estudios de diseño y análisis estructural. Hacerlo permite una evaluación más precisa del desempeño de las edificaciones frente a eventos sísmicos, lo que resulta crucial para garantizar su seguridad estructural.

Cabascango, (2022) en su artículo titulado "Análisis estructural del rendimiento estructural ante sismos del edificio multifamiliar "Peña Mendoza" de hormigón armado de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados", se centra en evaluar el comportamiento estructural de un edificio multifamiliar frente a eventos sísmicos. Para llevar a cabo esta investigación, se aplicaron tanto análisis cualitativos como cuantitativos, empleando diferentes metodologías que permiten una evaluación exhaustiva del rendimiento estructural de la edificación. En el análisis cuantitativo, se llevaron a cabo dos tipos de análisis estructural. En cuanto a la resistencia del hormigón utilizado en la construcción, se realizaron pruebas in situ mediante el uso de un martillo esclerométrico en los elementos estructurales. Los resultados expusieron que la resistencia del hormigón es de 207.65 Kg/cm², un valor muy cercano a los 210 Kg/cm² especificados en los planos estructurales.



Estos resultados indican que la calidad del hormigón utilizado es adecuada y cumple con las especificaciones técnicas originales. La evaluación visual rápida, realizada de acuerdo con la norma FEMA 154, arrojó un valor final "S" de 1.00. Estos resultados sugieren que el edificio tiene un grado de baja vulnerabilidad sísmica. El análisis estático lineal de la estructura reveló que el período de vibración calculado mediante el método 1 es de 0.517 segundos, mientras que el procedimiento 2 arrojó un valor de 0.646 segundos. Ambos valores cumplen con el chequeo del período fundamental exigido por la NEC 2015, ya que no superan el 30% del período calculado por el procedimiento 1. En cuanto a los modos de vibración, los dos primeros son de naturaleza traslacional y no exceden el 30% de la colaboración rotacional. Además, las derivas inelásticas causadas por las fuerzas cortantes estáticas y dinámicas no sobrepasan el 2% en los ejes X e Y, lo que indica un buen comportamiento estructural. Finalmente, tras implementar medidas de reforzamiento, como la incorporación de muros de corte, se comprobó que la relación demanda/capacidad de las columnas disminuyó a valores menores al 1%, lo que sugiere que la estructura es capaz de soportar las solicitaciones sísmicas a las que podría estar sometida.

2.1.2 Antecedentes nacionales

(Liza, 2022) en su estudio titulado "Análisis sísmico de elementos estructurales de albañilería confinada para determinar su rendimiento estructural ante sismos en viviendas autoconstruidas-4 niveles, VES 2022", el objetivo del estudio fue examinar el comportamiento sísmico de elementos estructurales de mampostería confinada. Se utilizó un diseño explicativo y un enfoque cuantitativo en la técnica utilizada, que fue un enfoque no experimental. La población del estudio estuvo constituida por veinte residencias multifamiliares de cuatro pisos de altura, ubicadas en el fragmento 2, grupo 24 del área administrativa de Villa El Salvador. La muestra se eligió por conveniencia y estuvo conformada por una vivienda multifamiliar que se ubicó en el cruce de la avenida Juan Velasco Alvarado y la avenida Micaela Bastidas. Con el fin de determinar las características



del terreno, se recopilaron datos sobre la disposición estructural de las viviendas, así como los resultados de las pruebas esclerométricas y las investigaciones del suelo. A continuación, se realizó un estudio sísmico para evaluar el proceder de la edificación en caso de producirse un evento sísmico. Basándose en los resultados del estudio sísmico, se determinó que el comportamiento sísmico de los edificios autoconstruidos de cuatro plantas puede calificarse de inconsistente. El bajo rendimiento estructural en caso de terremoto es el resultado del hecho de que no todas las estructuras cumplen las especificaciones aceptables en términos de cortante basal, deslizamientos y periodos de vibración. Cuando se trata del análisis sísmico de componentes estructurales de mampostería restringida, la evaluación del cortante basal tiene un impacto considerable en los resultados. Hay muchas casas que se construyen solas que no cumplen el cortante basal estático necesario, que está entre el 80 y el 90 por ciento. Como consecuencia, las construcciones informales de cuatro plantas tienen un comportamiento estructural inestable cuando se ven sometidas a terremotos, lo que hace que los edificios sean vulnerables. Ante esta circunstancia, es imperativo mejorar los métodos de construcción y promulgar leyes que garanticen la seguridad sísmica de las viviendas construidas por ellos mismos.

Orihuela & Orihuela, (2021) en su estudio titulado "Rendimiento estructural ante sismos del pabellón D de la I.E. Francisco Bolognesi mediante el estudio estático Pushover en el rango no lineal, distrito Chilca, Huancayo, 2021", tuvo como objetivo fue realizar un análisis del nivel de comportamiento sísmico estructural del pabellón «D» de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Norma. Para efectos de este estudio, las orientaciones «X» e «Y» de los sistemas estructurales, conformados respectivamente por pórticos de concreto armado y mampostería restringida, fueron las principales áreas de atención. En este estudio se utilizó un enfoque de investigación científica aplicada, y el diseño fue transversal y no incluyó ningún experimento. Los resultados del análisis estático no lineal



revelaron que el cortante basal era de 226,55 tonf en la dirección X-X, con un desplazamiento horizontal máximo de 24 cm en el punto de control. Esto se determinó observando los resultados del estudio. Para un desplazamiento horizontal máximo de 3,03 centímetros, el cortante basal fue de 392,59 tonf por pie cuadrado en la dirección Y-Y. Esto indica que el sistema estructural de mampostería limitada, que tenía un cortante basal de 279,75 toneladas por pie cuadrado, provocó el fallo en el punto de control que medía 4,13 centímetros. El punto de fluencia estructural para terremotos se determinó aplicando los procedimientos ASCE 41-17 para diversas cantidades de desplazamiento sísmico. Esto se hizo durante todo el proceso de cálculo. 1,80 centímetros (común), 2,30 centímetros (ocasional), 5,30 centímetros (raro) y 7,30 centímetros (extremadamente raro) fueron los desplazamientos que se produjeron en la dirección X-X. Mientras que los desplazamientos en la dirección Y-Y fueron de 0,19 cm (frecuente), 0,24 cm (ocasional), 0,54 cm (poco frecuente) y 0,80 cm (extremadamente poco frecuente), siendo el desplazamiento más frecuente el de 0,19 cm. Teniendo en cuenta una aceleración de 9,81 metros por segundo al cuadrado, se descubrió que los puntos de rendimiento estaban dentro de la curva de capacidad para ambas orientaciones. Se realizaron evaluaciones en ambas direcciones para determinar las capacidades de ductilidad estructural. Para los distintos grados de movimiento sísmico, el valor fue de 6,00 en la dirección X - X, mientras que fue de 4,00 en la dirección Y - Y. Esta era la relación entre las dos direcciones. En todos y cada uno de los grados de movimiento sísmico, se comprobó que el requisito de ductilidad era mayor en la dirección X - X que en la dirección Y - Y. Aunque la dirección X-X proporciona una mayor incursión en la región inelástica, la construcción del Pabellón D es capaz de resistir un terremoto en ambas direcciones de estudio. En conclusión, el edificio Pabellón D es capaz de resistir un terremoto.

(Huamani Peña, 2024) en su estudio titulado " Evaluación estructural por rendimiento estructural ante sismos del Palacio Municipal de la Provincia de Chanchamayo



– Junín y comparación según E. 030 y NEC-SE-DS", se centra en evaluar la estructura del Palacio Municipal de Chanchamayo en Perú por el método de comportamiento estructural ante sismos, comparando dos normas: NTP E.030 y NEC SE DS-2015. Además de tener una distribución desigual de masas, la construcción del Palacio Municipal se caracteriza por anomalías tanto en su planta como en su altura. Esto provoca torsión entre los pisos como resultado de la excentricidad. Existe una distinción entre la norma NEC, que considera que la estructura tiene muros estructurales en ambas direcciones, y la norma E.030, que clasifica la construcción como de tipo dual en la dirección «X» y con muros en la dirección «Y». Además de realizar estudios estáticos y dinámicos, se crearon espectros de diseño tanto para las normas como para las propias normas. Los resultados indicaron que los esfuerzos cortantes del suelo eran mayores de acuerdo con la norma E.030, y las derivas eran mayores de acuerdo con la norma NEC. Además, se realizó un análisis Pushover no lineal, que reveló que la estructura es extremadamente rígida. La ductilidad de la norma E.030 resultó ser de 2,77 en la dirección X y de 2,36 en la dirección Y, respectivamente. En la misma dirección, la ductilidad de la norma NEC SE DS-2015 fue de 2,89 y 2,17, respectivamente. De acuerdo con la norma ASCE 41-13, se desarrolló un modelo informático con características no lineales y se probaron sus niveles de rendimiento. Los resultados sugieren que el desempeño estructural del Palacio Municipal se ajusta a los esquemas prescritos para edificaciones críticas según las normas VISIÓN 2000, en ambas normativas. Este es el caso ya que el palacio fue construido de acuerdo con las normas.

2.1.3 Antecedentes regionales

Calapuja & Yucra, (2021) en su investigación denominada "Estudio de la respuesta sísmica utilizando el enfoque de desempeño para el sistema estructural del edificio multifamiliar Zúñiga Galicia, Juliaca, Puno - 2021", se buscó determinar la respuesta sísmica del sistema estructural de un edificio multifamiliar empleando el enfoque de



comportamiento. La metodología que se utilizó fue un enfoque cuantitativo, y la investigación que se creó fue de tipo cuasi-experimental. La muestra se escogió mediante un sistema no probabilístico de conveniencia. Mediante la utilización del software ETABS V.19 se generaron dos modelos estructurales. El modelo inicial fue una representación de un sistema estructural de pórticos, mientras que el segundo modelo fue una representación de un sistema estructural dual. La modelización se basó en la recopilación de hechos fundamentales, así como en los parámetros especificados por las normas vigentes. A continuación, se llevaron a cabo muchos tipos de evaluaciones, incluidas las estáticas, dinámicas y estáticas no lineales (pushover), con el fin de evaluar el comportamiento estructural sísmico de ambos sistemas. Los efectos demostraron que el sistema estructural portalizado presentaba más desplazamientos que el armazón estructural dual, que presentaba menos desplazamientos. Al observar el desplazamiento en la dirección X, el sistema dual tuvo un desplazamiento de 1,49 cm, mientras que el sistema portalizado tuvo un desplazamiento de 20,08 cm. Los desplazamientos en la dirección Y fueron de 0,50 centímetros y 5,71 centímetros, respectivamente. Además, el sistema dual tuvo una reacción más favorable al cizallamiento basal. Tras la determinación de los puntos de rendimiento para cada armazón estructural y la evaluación del grado de rendimiento, se descubrió que ambos sistemas eran capaces de cumplir los objetivos de diseño para una variedad de terremotos. En conclusión, el armazón estructural dual es más eficaz en términos de respuesta sísmica en términos de rendimiento en comparación con el sistema de pórtico. Como resultado, es una solución más viable para edificios multifamiliares de seis pisos de altura ubicados en zonas sísmicas.

(Lipe, 2022) en el estudio titulado "Estudio del comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos considerando la interacción suelo-estructura, Urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022", el objetivo principal fue conocer el comportamiento sísmico de una edificación de cinco pisos ubicada dentro de la urbanización de estudio. Durante el



proceso de desarrollo, se utilizaron dos instancias analíticas diferentes. En la primera instancia, el análisis se realizó de acuerdo con la norma E.030 (2018), equivalente a la cimentación empotrada. Para la segunda instancia, se tomaron en consideración dos modelos diferentes de interacción suelo-estructura, a saber, la norma rusa y la FEMA. En ambos casos, el examen del edificio y de sus cualidades se llevó a cabo con la ayuda de los programas Excel y ETABS. El aumento de las características del régimen, como los ciclos de vibración, los deslizamientos y los esfuerzos cortantes, fue uno de los efectos más significativos que tuvo la interacción entre el suelo y estructura. De ello se desprende que la consideración de la interacción entre el suelo y estructura es una representación más exacta del comportamiento real de la construcción. Los datos obtenidos indican que hay derivas en la dirección X de 0,00324FEMA y 0,00327 para la Norma Rusa, y derivas en la dirección Y de 0,0017FEMA y 0,0016 NormaRusa. Estas derivas son inferiores al límite de 0,007 que establecía la norma E.030, lo que significa que cumplen los requisitos que se han creado.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Suelo

El suelo se forma a partir de la desintegración de las rocas debido a los diversos cambios drásticos de temperatura y otros factores ambientales. Este proceso de descomposición y alteración de las rocas se denomina meteorización. La meteorización puede ser de dos tipos: física y química.

La meteorización física, también conocida como meteorización mecánica, implica la fragmentación de las rocas en partículas más pequeñas sin cambiar su composición química. Esto puede ocurrir debido a fluctuaciones extremas de temperatura, la acción del hielo, el crecimiento de raíces de plantas, y la abrasión por viento y agua. Por otro lado, la meteorización química involucra cambios en la composición química de las rocas. Esto



sucede cuando minerales en las rocas reaccionan con el agua, el aire o los ácidos naturales en el entorno, resultando en la formación de nuevos compuestos minerales. Los factores que influyen en este tipo de meteorización incluyen la presencia de agua, oxígeno, dióxido de carbono, y ácidos orgánicos producidos por la descomposición de la materia orgánica (Carrillo & Casas, 2018).

El producto final de estos procesos de meteorización es el suelo, un material suelto y heterogéneo que constituye la capa superficial de la corteza terrestre. El suelo es fundamental para la savia en Tierra, ya que proporciona soporte y nutrientes para las plantas, almacena agua, y alberga una gran variedad de organismos (López & Torres, 2021).

2.2.1.1 Tipos de suelo

Se reconocen dos tipos principales de suelos que surgen a partir de la descomposición física de las rocas:

❖ Suelos Gruesos

Los suelos gruesos se caracterizan por sus partículas relativamente grandes, y se clasifican en dos categorías principales: piedras y arena.

Gravas

Las gravas son partículas de roca desintegrada que varían en tamaño desde 7.62 cm (3") hasta 2.0 mm. Estas partículas se encuentran comúnmente en las orillas de los ríos y otros cuerpos de agua, donde la acción del agua contribuye a su formación. Las gravas son importantes en la construcción y otros usos industriales debido a su estabilidad y resistencia (Gamarra, 2020).

Arena

La arena está compuesta por partículas diminutas obtenidas a partir de la trituración de la roca. Las partículas de arena tienen un tamaño menor de 0.06 mm, pero a diferencia de las gravas, no se contraen al secarse, lo que las hace útiles en diversas aplicaciones de construcción y paisajismo. La arena es dura y posee una buena capacidad de drenaje, lo que la diferencia notablemente de otros tipos de suelos más finos.

❖ **Suelos Finos**

Los suelos finos están compuestos por partículas muy pequeñas que incluyen limos y arcillas. Estos suelos son conocidos por su capacidad de impedir el paso del agua debido a su alta densidad y baja permeabilidad.

Limos

Los limos son suelos finos con propiedades plásticas, lo que significa que pueden deformarse bajo presión sin romperse. Tienen una baja capacidad de impedir el paso del agua, pero ofrecen compasiva resistencia a compresión. Los limos se encuentran típicamente en canteras y lechos de ríos, y su tamaño de partícula varía entre 0.05 mm y 0.005 mm. A menudo se les llama suelos pobres debido a su menor estabilidad en comparación con otros tipos de suelos.

El suelo limo se presenta en variantes tanto orgánicas como inorgánicas, compuestas por una mezcla de grava, arena y lodo, todas ellas partículas de pequeño tamaño que se han depositado a través de procesos de sedimentación. Este tipo de suelo se clasifica dentro del grupo de suelos cohesivos, y se caracteriza por poseer una plasticidad generalmente intermedia (Gamarra, 2020).

Arcillas

Las arcillas son las partículas más finas entre los suelos, caracterizadas por su capacidad de pasar a través de una malla de 200 durante el tamizado. Tienen propiedades únicas, como ser altamente plásticas cuando se mezclan con agua, lo que las hace muy útiles en la fabricación de cerámica y otros productos. Las arcillas también se distinguen por su estructura cristalina, donde los átomos forman láminas delgadas con un diámetro de aproximadamente 0.005 mm. Aunque es raro encontrar silicatos de hierro en las arcillas, su composición principal incluye minerales que contribuyen a su plasticidad y cohesión.

La arcilla está compuesta por partículas extremadamente diminutas, y es posible encontrarla en bloques duros cuando se deshidrata bajo el sol. Sin embargo, al saturarse de agua, se vuelve plástica y puede transformarse en lodo. Los suelos que contienen arcilla se clasifican como suelos cohesivos y generalmente exhiben una alta plasticidad (Gamarra, 2020).

2.2.2 Suelo de fundación

El suelo de fundación es una parte fundamental del terreno natural en el que se erige una estructura, y se ubica directamente en contacto con los cimientos que soportan dicha edificación. Este tipo de suelo tiene una categoría primordial en el ámbito de la ingeniería civil, ya que su función principal es recibir de manera eficiente las cargas que se generan a partir del peso de la estructura. Además de soportar estas cargas, el suelo de fundación se encarga de distribuir las de manera uniforme hacia las capas subyacentes del terreno. Esto es crucial para garantizar la estabilidad y seguridad de cualquier edificación, evitando asentamientos desiguales o problemas estructurales que pudieran comprometer la integridad de la construcción. Por esta razón, el análisis y la selección adecuada del suelo de fundación son pasos esenciales en el proceso de diseño y construcción de infraestructuras, pues influyen directamente en el rendimiento y durabilidad de las edificaciones a lo largo del tiempo (Fernández, 2015).



El suelo de fundación en un diseño sismo resistente se refiere al tipo y caracterización del suelo sobre el cual se construye una edificación, considerando su capacidad para soportar cargas y su comportamiento ante la ocurrencia de un sismo. La elección y evaluación adecuada del suelo de fundación son fundamentales para garantizar la estabilidad y seguridad estructural de una edificación durante y después de un evento sísmico (Apaza, 2022).

El suelo de fundación se refiere a aquella capa de suelo, ya sea en su estado natural o previamente compactado, que sirve como base sobre la cual se asienta una estructura. Este tipo de suelo desempeña un papel fundamental dentro de los contornos de la ingeniería civil y la construcción, ya que es el encargado de proporcionar el soporte necesario para las cargas que la edificación transmite hacia el terreno. Para que el suelo de fundación cumpla adecuadamente su función, debe contar con ciertas propiedades que aseguren que será capaz de resistir el peso y las tensiones impuestas por la estructura sin experimentar asentamientos excesivos ni deformaciones significativas. Estas deformaciones podrían comprometer la estabilidad estructural, poniendo en riesgo la seguridad y la integridad de la edificación a lo largo del tiempo.

El comportamiento adecuado del suelo de fundación es esencial no solo para la estabilidad inmediata de la construcción, sino también para evitar problemas futuros, como agrietamientos o desplazamientos estructurales, que podrían derivar en costosas reparaciones o, en casos extremos, en la necesidad de una intervención estructural de mayor envergadura. Por ello, antes de iniciar cualquier proyecto de construcción, es imprescindible realizar un análisis detallado de las características del suelo de fundación, considerando su capacidad portante, nivel de compactación y la homogeneidad de sus propiedades físicas. Esto permitirá garantizar que el suelo elegido no solo sea adecuado para soportar la estructura, sino que también contribuya a la durabilidad y seguridad a largo plazo del edificio o infraestructura.



2.2.2.1 Suelos Débiles

❖ Suelos Colapsables

Los suelos colapsables se caracterizan por permeable y un índice de huecos que varía de alto a muy alto. Tienen una granulometría fina compuesta por arenas y arcillas mal distribuidas, con una fracción escasa de arcilla. Este tipo de suelo presenta una estructura intergranular importante pero mal acomodada, con granos de tamaño separados, lo que clasifica a los suelos colapsables y desmoronables (Garzón, 2021).

Grupo I: Los suelos clasificados en este grupo presentan una característica distintiva: experimentan cambios leves tanto en las presiones efectivas como en las deformaciones, sin que estos alcancen a poner en riesgo la resistencia máxima que puede soportar el material. El colapso de estos suelos no se debe a un fallo estructural inmediato del material en sí, sino más bien a modificaciones en las presiones efectivas dentro del suelo, lo que genera inestabilidad. Entre los tipos de suelos que pertenecen a este grupo se encuentran las arenas expansibles, las arcillas cementadas y ciertas rocas que presentan una alta porosidad. Estos materiales son susceptibles a cambios en su estructura interna que, aunque leves al principio, pueden provocar fallas significativas si no se controlan adecuadamente.

Grupo II: Los suelos pertenecientes a este grupo, por otro lado, no tienden a colapsar de manera inmediata a menos que se vea alterada la relación entre presión y deformación. Este comportamiento es particularmente observable en arcillas que contienen sulfatos. Cuando estos suelos están en condiciones de humedad, su relación tensión-deformación se desarrolla de manera suave y continua, sin presentar quiebres o puntos críticos de fractura. Sin embargo, al ocurrir la saturación de estos suelos, se produce un cambio significativo en su volumen debido al acrecentamiento de presión intersticial (o presión de los poros). Este incremento en la presión de los poros disminuye notablemente la resistencia del suelo, debilitando su capacidad para soportar cargas y volviéndolo más

propenso a fallar bajo esfuerzos externos. La saturación puede, por tanto, generar una pérdida progresiva de estabilidad si no se gestionan las condiciones de drenaje o si no se refuerza el suelo adecuadamente para contrarrestar estos efectos.

❖ Suelos Cohesivos

Los suelos se pueden categorizar en dos grandes grupos: suelos granulares, también conocidos como no cohesivos, y suelos cohesivos. Los suelos granulares están formados por partículas sueltas que tienden a tener formas aproximadamente esféricas. Estas partículas presentan una granulometría que permite identificar fácilmente los diferentes granos a simple vista. Los diámetros de las partículas en estos suelos empiezan a partir de las 60 micras, lo que les confiere una estructura abierta y aireada, facilitando la permeabilidad del suelo y su capacidad para drenar agua eficientemente. Debido a su naturaleza no cohesiva, los suelos granulares no se adhieren entre sí, lo que significa que su estabilidad estriba en gran medida de la fricción entre las partículas.

En contraste, los suelos cohesivos están compuestos por partículas más finas, que se agrupan principalmente en dos categorías: los limos y las arcillas. Estos tipos de suelos se distinguen por su capacidad para mantenerse unidos gracias a la fuerza de cohesión entre las partículas. A diferencia de los suelos granulares, los suelos cohesivos poseen una considerable capacidad para retener agua, lo que puede afectar significativamente su comportamiento. Los limos y las arcillas tienden a formar una estructura compacta y menos permeable, lo que implica que, en presencia de agua, pueden volverse plásticos o incluso llegar a hincharse. La cohesión de estos suelos les otorga una resistencia particular a las tensiones internas, pero también puede hacer que sean más susceptibles a ciertos tipos de deformación bajo cargas prolongadas o en condiciones de saturación.

En resumen, mientras que los suelos granulares destacan por su falta de cohesión y su alta permeabilidad, los suelos cohesivos se caracterizan por su capacidad para retener



agua y mantener una estructura compacta y unida, lo que los hace comportarse de manera muy diferente en proyectos de ingeniería civil y construcción.

❖ Suelos Permeables

La permeabilidad de un suelo está influenciada de manera significativa por la colocación de sus partículas, una particularidad que resulta particularmente importante en los suelos, compuestos por partículas que no poseen formas esféricas. Esta orientación también se manifiesta en ciertos tipos de suelos granulares, como las arenas. En suelos cohesivos, debido a la naturaleza de las partículas que conforman estos materiales (como las arcillas y los limos), las partículas tienden a alinearse de manera específica, lo que afecta la facilidad con la que el agua puede moverse a través del suelo. Esta orientación crea caminos preferenciales por donde el agua fluye, y puede resultar en una permeabilidad variable dependiendo de la dirección en la que se realice el análisis.

Del mismo modo, en suelos arenosos, aunque las partículas suelen ser más esféricas que en los suelos cohesivos, la orientación de las mismas también juega un papel importante en la dirección del flujo de agua. En ambos tipos de suelo, el comportamiento del agua se ajusta a la disposición predominante de las partículas. Es decir, el agua tiende a fluir con mayor facilidad en la dirección que sigue la orientación principal de las partículas, ya que las vías abiertas entre ellas permiten un paso más fluido. En contraste, en las direcciones en las que las partículas están menos alineadas, el agua encuentra mayor resistencia, lo que puede reducir la velocidad de su movimiento a través del suelo.

Por tanto, la permeabilidad de un suelo no solo depende del tamaño o la forma de las partículas que lo componen, sino también de cómo estas partículas se orientan dentro de la matriz del suelo. En consecuencia, al diseñar infraestructuras o evaluar la capacidad de drenaje de un terreno, es fundamental considerar la orientación de las partículas, ya que esto determinará en gran medida la eficiencia con la que el agua se mueve a través



del mismo, afectando aspectos cruciales como la estabilidad del suelo y la capacidad de soportar cargas estructurales.

❖ Suelos Licuables

Es un fenómeno geotécnico que ocurre cuando los granos que componen el suelo se reordenan como consecuencia de vibraciones intensas, como las que se generan durante un terremoto. Este proceso de acomodación provoca una reducción en los espacios entre los granos del suelo, lo que a su vez incrementa la presión de los poros. Este aumento en la presión de los poros causa una pérdida significativa de la resistencia del suelo, llegando al punto en que este comienza a comportarse de manera similar a un líquido espeso. En otras palabras, el suelo sólido pierde temporalmente su capacidad de soportar cargas, lo que lo hace fluir o moverse como si fuera un líquido viscoso. Un efecto característico de la licuefacción es que, en ciertos casos, la estructura granular del suelo se ve tan afectada que literalmente "flota", provocando el desplazamiento del agua contenida en los poros hacia la superficie. Esta manifestación es una de las señales más típicas que indican la presencia de licuefacción en un terreno (Espinoza, 2022).

Este fenómeno suele estar asociado a terremotos de magnitudes superiores a cinco en la escala de Richter, particularmente cuando el epicentro se encuentra a una distancia de cinco kilómetros o menos del sitio afectado, aunque estas condiciones pueden variar dependiendo de la magnitud del evento sísmico y las características específicas del subsuelo. Los suelos más susceptibles a experimentar licuefacción son aquellos que presentan una granulometría suelta, como las arenas saturadas de agua, ya que las vibraciones producidas por el sismo alteran la estabilidad de los granos, disminuyendo su cohesión y capacidad para resistir esfuerzos. Este fenómeno es especialmente preocupante en áreas donde la estabilidad estructural de edificaciones u otras infraestructuras puede verse gravemente comprometida al ocurrir la licuefacción,



generando deslizamientos de suelo, hundimientos o incluso el colapso de estructuras construidas sobre terrenos afectados.

2.2.3 *Capacidad portante de suelos*

La capacidad de carga es un aspecto fundamental en el comportamiento de cualquier sistema compuesto por suelo y cimentación. Esta no es una propiedad exclusiva del suelo en sí, sino el resultado de la interacción entre el terreno y el tipo de cimentación que se emplea para distribuir las cargas. Los diversos tipos de suelo, como las arenas, arcillas o limos, presentan diferencias notables en su capacidad para soportar cargas. No obstante, incluso dentro de un mismo tipo de suelo, la capacidad de carga puede variar en función de factores como el tipo de cimentación, su forma, tamaño y la profundidad a la que se encuentra, aspectos que influyen directamente en la manera en que el suelo responde ante las presiones aplicadas por la estructura (Burga, 2023).

Para determinar con precisión la capacidad de carga, se recurre a teorías que describen los mecanismos de falla del suelo. Estas teorías calculan la tensión de capacidad última (q_u) en función de la resistencia al corte que el suelo moviliza durante el proceso de falla, así como la geometría específica del problema de cimentación en cuestión (Ravines, 2017). Este enfoque permite una evaluación detallada y precisa de cómo diferentes condiciones del suelo y particularidades del diseño de la cimentación afectan la capacidad de carga, lo que resulta esencial para desarrollar un diseño estructural seguro y eficiente.

Cuando se habla de la capacidad de carga admisible de una cimentación, nos referimos a la cantidad de carga que puede aplicarse a una cimentación sin provocar fallas estructurales o daños a la edificación que soporta. Esta capacidad no solo depende de las participaciones inherentes del suelo, sino también del tipo específico de cimentación que se utilice y del factor de seguridad incorporado en el diseño. El factor de seguridad es una



consideración esencial que garantiza que la estructura puede soportar cargas adicionales imprevistas sin comprometer su estabilidad.

Una de las formas más ilustrativas de entender la capacidad de carga es a través del modelo mecánico de Khristianovich. Este modelo puede explicarse utilizando la analogía de una balanza ordinaria, cuyos platillos están sujetos a fricción en las guías. Cuando se coloca un peso pequeño en uno de los platillos, la fricción es suficiente para mantener la balanza en equilibrio. Sin embargo, si se añade un peso mayor que la fricción disponible, será necesario equilibrar la balanza colocando un peso adicional en el otro platillo. Este concepto se utiliza para describir cómo una cimentación puede soportar una carga hasta un punto crítico, más allá del cual se pierde el equilibrio y la estructura puede colapsar (Zamora, 2022).

Cuando la balanza alcanza ese punto de desequilibrio, aunque el incremento de peso en un platillo sea pequeño, se llega a lo que se conoce como el "equilibrio crítico". De manera similar, en las cimentaciones, la capacidad de carga representa ese equilibrio crítico, donde la estructura debe ser capaz de soportar las cargas impuestas sin superar los límites de estabilidad. Este concepto es clave para garantizar que las cimentaciones permanezcan estables y que las estructuras que soportan no sufran daños ni colapsen, asegurando así la seguridad a largo plazo del proyecto.

En el platillo derecho de una balanza ordinaria se tiene un peso P , y se desea determinar el valor de Q que se debe colocar en el platillo izquierdo para que la balanza alcance un equilibrio crítico. En esta situación, existen dos soluciones posibles: una en la que $Q < P$ y otra en la que $Q > P$.

Para la primera solución, donde $Q < P$, la fricción en las guías de los platillos juega un papel crucial. Aquí, la fricción debe ser lo suficientemente grande como para compensar



la diferencia de peso entre P y Q, manteniendo la balanza en equilibrio crítico. Este caso ejemplifica cómo un sistema puede permanecer estable incluso cuando hay una diferencia de cargas, siempre y cuando la fricción (o alguna fuerza equivalente) actúe para contrarrestar esta diferencia (Rojas, 2016).

En la segunda solución, donde $Q > P$, se requiere que el peso en el platillo izquierdo sea mayor que el peso en el platillo derecho. En este caso, el exceso de peso en el platillo izquierdo debe ser suficiente para superar cualquier fricción en las guías y mantener la balanza en equilibrio. Este escenario muestra cómo un sistema puede equilibrarse mediante la adición de una carga mayor en el lado opuesto (Rojas, 2016).

Ambas soluciones ilustran principios importantes de la mecánica de suelos y cimentaciones. Al aplicar estos conceptos a la capacidad de carga de una cimentación, podemos ver cómo diferentes fuerzas y resistencias pueden influir en la estabilidad de una estructura. En ingeniería geotécnica, comprender estos principios permite diseñar cimentaciones que puedan mantener un equilibrio crítico bajo diversas condiciones de carga, asegurando la seguridad y la durabilidad de las estructuras (Rojas, 2016).

- **Capacidad de Carga Límite (q_d)**

La capacidad de carga límite, comúnmente referida como q_d , se define como el valor máximo de la presión que puede ejercerse sobre una cimentación antes de que esta comience a experimentar un fallo significativo que resulte en una penetración o hundimiento dentro del suelo que la sustenta. Este concepto es fundamental en el diseño de cimentaciones, ya que permite establecer el límite de carga que una estructura puede imponer sobre el suelo sin comprometer su estabilidad. Al alcanzar o superar este límite, el suelo no es capaz de soportar de manera efectiva las tensiones impuestas, lo que puede llevar a deformaciones excesivas, asentamientos o, en el peor de los casos, a una falla estructural.

Determinar con precisión la capacidad de carga límite es vital para garantizar la seguridad y el rendimiento a largo plazo de cualquier edificación o infraestructura. Este parámetro no solo proporciona una medida de la resistencia del suelo bajo cargas específicas, sino que también guía a los ingenieros a la hora de seleccionar y diseñar la cimentación adecuada para un proyecto. La evaluación de q_d considera varios factores, como la naturaleza del suelo, su cohesión, la fricción interna, la densidad y otros aspectos relacionados con la interacción suelo-cimentación.

Además, la capacidad de carga límite es un indicador clave que permite a los diseñadores estructurales establecer un margen de seguridad adecuado para prevenir asentamientos o desplazamientos indeseados, protegiendo así la integridad de la estructura a lo largo de su vida útil. Sin este análisis, una cimentación podría ser subestimada en su capacidad, lo que pondría en riesgo la estabilidad global de la edificación. Por lo tanto, el cálculo y la comprensión de la capacidad de carga límite son pasos esenciales en la planificación y ejecución de proyectos de construcción seguros y eficientes (Perez & Torres, 2022).

- **Capacidad de Carga Admisible (q_{adm})**

La capacidad de carga admisible (q_{adm}) es el valor de la capacidad de carga límite dividido por un factor de seguridad (FS). Este esfuerzo se conoce también como capacidad portante. Según Terzaghi, el factor de seguridad no debe ser menor que 3. Esto significa que la capacidad de carga admisible proporciona un margen de seguridad para asegurar que la cimentación no falle bajo cargas de diseño (Perez & Torres, 2022).

$$q_{adm} = \frac{q_d}{FS}$$

- **Esfuerzo Neto (q neto)**

El esfuerzo neto, comúnmente simbolizado como (q neto) se refiere al esfuerzo efectivo o útil que está disponible para ser soportado por la cimentación y transferido a la superestructura, una vez que se han descontado los esfuerzos generados por el peso propio del suelo de relleno y cualquier sobrecarga asociada al piso o al terreno circundante. En otras palabras, este esfuerzo neto representa la carga remanente que la cimentación puede soportar de manera segura, sin que exista un riesgo significativo de falla estructural.

El cálculo del q neto es esencial porque, en la práctica, el suelo y las sobrecargas que ya están presentes ejercen una presión considerable sobre la cimentación antes de que se añadan las cargas de la estructura. Al descontar estos esfuerzos preexistentes, se puede determinar con mayor precisión cuál es la capacidad real de la cimentación para soportar la carga adicional impuesta por la superestructura sin exceder los límites de seguridad del terreno.

Este análisis es crucial para garantizar la estabilidad de la edificación, ya que permite a los ingenieros comprender con mayor detalle la verdadera carga que el suelo y la cimentación pueden soportar sin que se produzcan asentamientos excesivos o fallas estructurales. El cálculo del esfuerzo neto proporciona una visión más ajustada y realista del comportamiento del sistema suelo-cimentación, ayudando a los diseñadores a dimensionar de manera adecuada los elementos estructurales, incorporando factores de seguridad que minimicen el riesgo de colapso o deformaciones no deseadas a lo largo de la vida útil de la estructura.

Sin un cálculo preciso del esfuerzo neto, se corre el riesgo de subestimar las cargas que ya actúan sobre el suelo, lo que podría conducir a un diseño inadecuado y potencialmente peligroso de la cimentación, comprometiendo tanto la seguridad como la funcionalidad de la edificación. Por ello, el esfuerzo neto es un componente esencial en la planificación y ejecución de cualquier proyecto de construcción, asegurando que la cimentación pueda soportar las cargas proyectadas de manera confiable y estable.

Cálculos Relacionados:

- γ : Peso específico del relleno.
- Df: Profundidad de la cimentación.
- Sobrecarga de piso: 500 kg/m².

El esfuerzo neto se calcula restando del esfuerzo total los componentes que corresponden al peso del relleno y a cualquier sobrecarga adicional. De esta forma, se obtiene el valor efectivo del esfuerzo que la cimentación debe soportar.

$$q_{\text{neto}} = q_{\text{adm}} - \gamma * Df - \text{sobrecarga de piso}$$

2.2.4 Capacidad estructural

Una configuración es una forma de describir un sistema que tiene por objeto transmitir cargas y puede estar formado por uno o varios componentes simultáneamente. Existen fuerzas axiales, momentos flectores, fuerzas cortantes, torsión y otras tensiones que se generan en los elementos componentes de la estructura como resultado de las cargas que operan sobre la misma. Debido a estas tensiones, cada uno de los elementos experimenta una secuencia de deformaciones que, tomadas en su conjunto, constituyen la base de los desplazamientos que se producen en diversos puntos de la estructura. Para prever con exactitud el comportamiento del sistema en respuesta a los factores que actúan sobre él, como cargas, desplazamientos, cambios de temperatura, etc., es vital tener un conocimiento sólido de las características del sistema. El comportamiento en cuestión se denomina reacción del armazón estructural, y el proceso que se utiliza para determinar esta respuesta se denomina análisis estructural. La obtención de la reacción de un armazón estructural a una condición particular de cargas puede lograrse mediante esta técnica (Paredes, 2020).

Tanto la resistencia como la capacidad de deformación de los distintos componentes que forman la estructura son extremadamente importantes para determinar la capacidad de la estructura para soportar los efectos de la demanda sísmica. Esta



capacidad es una representación de la capacidad de la estructura para soportar la demanda de la actividad sísmica. La resistencia es la capacidad de los materiales y elementos estructurales para soportar fuerzas sin fallar, mientras que la capacidad de deformación es la capacidad de las mismas partes para absorber energía mediante deformaciones considerables sin perder su integridad estructural. La resistencia y la capacidad de deformación son dos aspectos diferentes del mismo concepto (Quispe, 2021).

El comportamiento sísmico de una estructura se evalúa considerando hasta qué nivel de estado de daño puede soportar con respecto al desplazamiento de los entrepisos. Este desplazamiento interpisos es un indicador clave del rendimiento sísmico, ya que refleja la deformación relativa entre diferentes niveles de la estructura. A medida que aumenta la demanda sísmica, los desplazamientos interpisos también aumentan, llevando a diferentes estados de daño (Chavez, 2021).

El último punto de desempeño, conocido como capacidad máxima de la estructura, se define como el nivel de desplazamiento de los entrepisos que la estructura puede soportar sin experimentar un colapso significativo. Este punto de desempeño representa el límite máximo de la capacidad estructural y determina hasta dónde puede deformarse la estructura antes de sufrir daños irreparables. Evaluar este límite es esencial para diseñar estructuras seguras y resistentes que puedan soportar terremotos severos sin comprometer la seguridad de sus ocupantes. Además, el análisis detallado de la capacidad sísmica de la estructura incluye la identificación de posibles mecanismos de falla y la implementación de estrategias de diseño que mejoren tanto la resistencia de los elementos estructurales (Barrera, 2021).



2.2.5 Rendimiento estructural ante sismos

La ingeniería basada en el desempeño surgió como una respuesta a la necesidad crítica de desarrollar estructuras que puedan resistir de manera efectiva la acción sísmica, evitando el colapso y garantizando la seguridad de las personas que las ocupan. Este enfoque responde al desafío de diseñar edificaciones que no solo sean funcionales en condiciones normales, sino que también mantengan su integridad estructural durante eventos sísmicos, minimizando el riesgo de daños catastróficos. En las últimas décadas, se ha observado una tendencia creciente dentro del campo de la ingeniería estructural que impulsa el desarrollo y la implementación de los principios fundamentales del diseño sísmico basado en el desempeño. Este enfoque va más allá de las prácticas de diseño tradicionales, que se enfocan principalmente en la capacidad de las estructuras para soportar cargas estáticas o dinámicas, y se centra en la evaluación detallada del comportamiento de las edificaciones bajo diversas intensidades de movimientos sísmicos.

Basado en el desempeño permite a los ingenieros proyectar estructuras con distintos niveles de resiliencia, ajustando el diseño a objetivos específicos de desempeño. Esto implica que, dependiendo del nivel de sismo esperado, las estructuras pueden ser diseñadas no solo para evitar el colapso total, sino también para limitar los daños y las reparaciones necesarias, asegurando que permanezcan operativas o funcionales después de un terremoto de magnitud moderada o severa. En este sentido, la ingeniería basada en el desempeño busca un equilibrio entre la seguridad, la funcionalidad y la economía, proporcionando soluciones más precisas y adecuadas a las necesidades específicas de cada proyecto (Choque & Luque, 2019).

Inicialmente, los objetivos de desempeño eran cualitativos y carecían de estandarización. Esto llevó a la introducción del concepto de Límite de Capacidad en el diseño sismorresistente, permitiendo que la metodología de diseño cuantificara el



desempeño de las estructuras. Así, se buscaba una evaluación más precisa y concreta del comportamiento estructural ante eventos sísmicos.

El rendimiento de un edificio ante un sismo puede describirse de manera cualitativa tomando en cuenta varios factores clave. En primer lugar, está la seguridad que el edificio proporciona a sus ocupantes tanto durante el sismo como después de este, lo que incluye la capacidad de la estructura para proteger vidas y evitar lesiones graves. En segundo lugar, se considera el costo y la viabilidad de devolver el edificio a su estado original previo al terremoto, lo que implica evaluar si las reparaciones necesarias son factibles desde el punto de vista económico y técnico. También es importante analizar el tiempo que la estructura permanecerá fuera de servicio mientras se realizan las reparaciones, ya que esto impacta directamente en la funcionalidad del edificio y su uso por parte de la comunidad. Además, el rendimiento de un edificio ante un evento sísmico puede tener repercusiones significativas en términos económicos, arquitectónicos o incluso históricos para la comunidad en general, especialmente si el edificio tiene un valor patrimonial o rescata un papel en la infraestructura de la zona. Todos estos aspectos de rendimiento están intrínsecamente relacionados con el nivel de daño que el edificio y sus sistemas pueden sufrir como consecuencia de un terremoto (Díaz & Díaz, 2020).

En cuanto a las normativas de diseño sísmico vigentes, su enfoque principal se centra en tres grandes objetivos: en primer lugar, garantizar la seguridad de las personas, lo cual implica evitar que las estructuras colapsen y proteger la vida ante terremotos severos; en segundo lugar, minimizar los daños ante sismos de magnitud moderada o frecuente; y finalmente, prevenir que las estructuras sufran daños irreparables o colapsen completamente bajo condiciones sísmicas extremas. Sin embargo, a pesar de que estos objetivos están claramente establecidos, aún existe cierta incertidumbre sobre la efectividad real de los procedimientos empleados para lograrlos. Esto se debe a que las normativas de diseño sísmico suelen basarse en análisis estructurales de tipo elástico, es



decir, evaluaciones que suponen que la estructura se comportará de manera lineal y regresará a su forma original tras ser sometida a cargas (Aguilar, 2023).

El rendimiento estructural ante sismos de una estructura se fundamenta en tres conceptos clave:

- La capacidad es una representación de la resistencia última que se prevé que posea un elemento estructural, que puede expresarse en términos de carga de flexión, cortante o axial. La capacidad de resistencia de los distintos componentes de una estructura son directamente proporcionales a la capacidad de la estructura en su conjunto. La capacidad de la estructura se evalúa teniendo en cuenta no sólo los materiales utilizados, sino también el diseño y la construcción de cada uno de los componentes del edificio.
- La representación del movimiento del suelo al que está sometida una estructura durante un terremoto, representado en términos de desplazamiento. Se denomina demanda. Una estimación de la mayor reacción que puede preverse para un edificio y un terremoto concretos es lo que se conoce como demanda de desplazamiento. La intensidad, duración y características del movimiento del terreno, además de los atributos dinámicos de la estructura, se tienen en cuenta durante las evaluaciones sísmicas, que se utilizan para calcular esta demanda.
- El comportamiento de una estructura puede definirse como el comportamiento que mostrará como resultado de la capacidad estructural de la estructura y la demanda sísmica específica a la que está sometida. Para evaluar el comportamiento estructural ante terremotos, es necesario tener en cuenta una serie de aspectos diferentes:
 - Estado límite de daño: Se refiere al nivel de daño aceptable en la estructura tras un sismo, que puede variar desde daños menores que no afectan la funcionalidad del edificio, hasta daños severos que pueden comprometer su integridad.



- Seguridad de los ocupantes: Evalúa la seguridad y protección que la estructura ofrece a sus ocupantes durante y después del sismo, considerando la posibilidad de evacuación segura y la minimización de riesgos.
- Funcionalidad del edificio: Analiza la capacidad de la estructura para seguir siendo operativa posteriormente del evento sísmico. Esto es especialmente crítico en edificios fundamentales como hospitales, estaciones de bomberos y otros servicios de emergencia que deben permanecer operativos en situaciones de desastre.

2.2.5.1 Según NTP – E-030

Las normas peruanas establecen estándares específicos para el diseño sísmico de estructuras, al igual que la mayoría de las normas sismorresistentes de otros países de América Latina. De acuerdo con estos criterios, una infraestructura debe ser capaz de resistir un sismo de un diseño que tenga un 10% de probabilidad de ser superado en un periodo de cincuenta años, lo que equivale a un tiempo de retorno de cuatrocientos setenta y cinco años. Esta especificación se describe con mayor detalle en la edición 2019 de la Norma Técnica Peruana (NTP) E-030.

De acuerdo a las normas que fueron dadas por el grupo Visión 2000, los sismos se clasifican en varias categorías, denominándose al sismo de diseño como «sismo raro.» Esta norma cumple plenamente esas directrices. Esta palabra se refiere a un evento sísmico que tiene una baja frecuencia de ocurrencia pero una alta intensidad, y es necesario que las infraestructuras estén bien preparadas para ello.

La finalidad del objetivo de comportamiento es determinar el grado de comportamiento que se exige a una infraestructura cuando se ve sometida a una o varias instancias sísmicas. Para explicar este proceder sísmico se utiliza el estado de daño



máximo permitido, que se representa mediante bisagras plásticas. Este comportamiento está relacionado con el grado de demanda sísmica presente. Hay situaciones en las que un objetivo de comportamiento puede implicar varios niveles de comportamiento del edificio para diferentes grados de demanda sísmica. Cuando esto ocurre, el objetivo de comportamiento se denomina objetivo de comportamiento doble o múltiple (Quiroz, 2024).

Seleccionando dos o más niveles de rendimiento previsto del edificio, cada uno de los cuales corresponde a un grado diferente de seísmo, es posible construir un objetivo de rendimiento doble o múltiple. Un ejemplo de ello sería un edificio construido para seguir funcionando con normalidad tras una serie de seísmos de baja intensidad, pero también para evitar que la infraestructura del edificio se derrumbe en el caso de un seísmo de alta intensidad que sólo se produce en contadas ocasiones.

La elección de un nivel deseado de rendimiento del edificio para un determinado grado de seísmo es el primer paso para determinar el objetivo de rendimiento de una infraestructura. Este objetivo debe ser extremadamente satisfactorio, con muy pocos fallos o averías tras la ocurrencia de un acontecimiento inusual previsto, que a menudo se piensa que tiene una duración de retorno de cincuenta años, y para el que se ha planificado el edificio (Quiroz, 2024).

Para seleccionar el objetivo de desempeño, es necesario considerar varios factores, tales como la ocupación y la importancia de las funciones que se llevan a cabo dentro de la infraestructura. Además, se deben tener en cuenta las consideraciones económicas, incluyendo los costos de reparación y la interrupción de actividades que podrían resultar del daño infraestructural. También se debe considerar la importancia de la infraestructura, como su valor histórico y cultural, que puede influir en la decisión sobre el nivel de desempeño requerido.



2.2.6 Niveles de desempeño ATC - 40

Es una guía técnica para la estimación sísmica de edificios existentes, define niveles de desempeño de forma independiente tanto para los elementos infraestructurales como para los elementos no infraestructurales. Los elementos infraestructurales incluyen componentes como columnas, vigas, y paredes de carga que forman parte del esqueleto del edificio y que son esenciales para su estabilidad y resistencia. Por otro lado, los elementos no infraestructurales abarcan componentes como tabiques, acabados, instalaciones mecánicas, eléctricas y de fontanería, los cuales no contribuyen a la resistencia infraestructural del edificio pero son cruciales para su funcionalidad y habitabilidad.

Los grados de desempeño infraestructural se refieren a la capacidad del edificio para soportar fuerzas sísmicas sin experimentar daños inaceptables, manteniendo su integridad infraestructural y evitando el colapso. Estos niveles pueden variar desde un desempeño inmediato, donde el edificio permanece totalmente funcional y con daños mínimos, hasta un desempeño de prevención de colapso, donde el edificio sufre daños significativos pero no colapsa (Samillán, 2019).

Simultáneamente, los niveles de desempeño no infraestructural se enfocan en la integridad y funcionamiento de los componentes no infraestructurales durante y después de un evento sísmico. Estos niveles evalúan el grado de daño y la funcionalidad de estos elementos, asegurando que aspectos como la evacuación, la operación de sistemas críticos y la seguridad de los ocupantes no se vean comprometidos.

2.2.6.1 Grados de desempeño para elementos infraestructurales

Los distintos niveles de rendimiento se clasifican según un número n , que se denomina número de rendimiento infraestructural. Estos grados se denotan mediante el acrónimo SP- n , que significa rendimiento infraestructural (Samillán, 2019).



- a. Ocupación inmediata, SP-1: Esta etapa se caracteriza por un estado en el que la cantidad de daños infraestructurales es extremadamente restringida. Los sistemas esenciales de resistencia a cargas verticales y laterales de la infraestructura han mantenido prácticamente toda su capacidad anterior al terremoto. La posibilidad de sufrir una lesión que ponga en riesgo la vida como resultado de una rotura infraestructural es extremadamente baja, y la infraestructura es absolutamente segura para evacuar, entrar y ocupar.
- b. No se trata de un único nivel, sino más bien de un espectro de daños posteriores al terremoto que puede variar entre SP-1 y SP-3. b. Control de daños, SP-2: No se refiere a un nivel específico. En los casos en que es codiciado limitar el daño infraestructural más allá del umbral de Seguridad de Vida, pero donde la ocupación no es un problema, sirve como una señal para los escenarios que entran en esta categoría.
- c. Seguridad Vital, SP-3: Este nivel indica que la infraestructura ha sufrido daños severos, pero sin embargo mantiene un margen de seguridad contra el colapso de la infraestructura en su totalidad o en parte. El hecho de que los principales componentes infraestructurales sigan en su sitio sin perder su fijación o sin derrumbarse supone un riesgo para la seguridad de las personas que se encuentran dentro o fuera de la infraestructura. Por otro lado, el peligro de que se produzcan lesiones mortales como consecuencia de los daños infraestructurales es bastante bajo, a pesar de que puedan producirse lesiones durante el terremoto. A pesar de que es posible que los daños no puedan repararse de forma asequible, se prevé que el edificio requiera reparaciones infraestructurales de gran envergadura antes de poder ser reocupado. El nivel de rendimiento que se exige a los edificios de nueva construcción que cumplen el código es inferior a este nivel.
- d. Seguridad Limitada, SP-4: Esta frase no identifica un nivel en particular; más bien, se refiere a un espectro de daño postsísmico que ocurre entre SP-3 y



- SP-5. En el caso de que un refuerzo no cumpla con todos los criterios infraestructurales del nivel de Seguridad Vital, sirve como marcador de la condición. Los escenarios que entran dentro de esta categoría incluyen situaciones en las que el cumplimiento completo del nivel de Seguridad de Vida no es económicamente eficiente o en las que sólo se subsanan algunos defectos infraestructurales importantes.
- e. El estado que describe una situación en la que el armazón infraestructural de una infraestructura está al borde del colapso parcial o total se denomina estabilidad infraestructural, SP-5. El sistema de carga lateral ha sufrido daños graves, que pueden incluir una reducción importante de su rigidez y resistencia. Se han producido daños considerables. Por otro lado, el sistema de carga de gravedad mantiene todos sus componentes esenciales funcionando correctamente para cumplir sus requisitos. Debido a la posibilidad de réplicas, existe una importante posibilidad de colapso. Es muy posible que las infraestructuras más antiguas sufran daños que no puedan repararse, tanto técnica como monetariamente. El objetivo principal de este nivel es determinar si una infraestructura es estable o no frente a los terremotos más graves.
- f. No considerado, SP-6: No se trata de un nivel de prestaciones, sino de un indicador de las circunstancias en las que sólo se realiza un examen sísmico no infraestructural o un refuerzo.

2.2.6.2 Niveles de desempeño para elementos no infraestructurales

Los niveles de desempeño para elementos no infraestructurales en ingeniería civil se refieren a la capacidad de estos elementos para resistir diferentes niveles de carga y condiciones ambientales sin experimentar fallas significativas. Estos niveles de desempeño son fundamentales para asegurar la seguridad y funcionalidad de un edificio durante y después de eventos extremos como terremotos. Estos niveles se designan mediante una



letra n, conocida como letra de desempeño no infraestructural, y se identifican con la abreviatura NP-n (Nonstructural Performance) (Razo, 2021).

- a. Esta condición de daño muestra que los métodos y elementos no infraestructurales siguen funcionando y permanecen en su lugar después de un terremoto. a. Operacional, NP-A indica que se ha producido este estado de daño.
- b. Ocupación Inmediata, también conocida como NP-B, es una condición de daño en la que los métodos y elementos no infraestructurales continúan en sus posiciones originales. Es posible que el funcionamiento de determinadas piezas de maquinaria y equipos esté restringido de algún modo. Existe la posibilidad de que ciertos servicios externos no sean accesibles, pero la seguridad sísmica no se verá afectada.
- c. Seguridad de la vida, NP-C: Este estado implica daños importantes en sistemas y elementos no infraestructurales sin que se produzca el colapso de la infraestructura ni se ponga en riesgo a las personas que se hallen dentro o fuera del edificio. Existe la contingencia de que los sistemas no infraestructurales, equipos y maquinaria se vean afectados y sea necesario repararlos o sustituirlos.
- d. Esta condición de daño puede implicar daños sustanciales a sistemas y partes no infraestructurales sin colapso o caída de elementos grandes y pesados que puedan causar daños mayores a grupos de personas, como parapetos y muros exteriores de mampostería. e. Esta condición de daño también puede incluir la posibilidad de colapso de elementos metálicos masivos. El estado de daños conocido como Peligro Reducido, NP-D, puede implicar daños importantes en elementos y sistemas que no forman parte de la infraestructura.

- e. No considerado, NP-E: No se trata de un nivel de prestaciones, sino de una designación para la circunstancia normal en la que los factores no infraestructurales no se toman en consideración ni se evalúan a menos que tengan un efecto directo en la respuesta de la infraestructura. Ejemplos de características que se incluyen en esta categoría son los muros de relleno de ladrillo y otros tabiques pesados, por ejemplo.

2.2.6.3 Niveles de desempeño para las infraestructuras

La integración de los niveles de desempeño tanto infraestructurales como no infraestructurales resulta en un nivel de desempeño global para toda la edificación. Este nivel global describe de manera integral el estado límite de daño que se desea alcanzar, estableciendo un objetivo claro para el comportamiento general del edificio frente a diversas condiciones. Los elementos infraestructurales, que incluyen componentes como vigas, columnas y muros de carga, se evalúan en términos de su capacidad para soportar las fuerzas aplicadas sin comprometer la estabilidad de la infraestructura. Mientras tanto, los elementos no infraestructurales, como sistemas mecánicos, eléctricos, acabados y mobiliario, también juegan un papel crucial en el rendimiento global, ya que sus fallas pueden tener un impacto significativo en la funcionalidad operativa del edificio, incluso si la infraestructura principal permanece intacta.

Este enfoque integrado permite obtener una visión más holística del rendimiento del edificio en su conjunto, ya que no se limita únicamente a evitar el colapso infraestructural, sino que también considera cómo otros sistemas y componentes pueden influir en el uso seguro y continuo de la edificación después de un evento, como un sismo. Al definir un estado límite de daño deseado, se establece un estándar para la magnitud de los daños que la infraestructura puede tolerar sin poner en riesgo la seguridad de sus ocupantes o comprometer su funcionamiento a largo plazo. En resumen, el desempeño global de una infraestructura engloba tanto la resistencia de sus elementos esenciales



como la capacidad de sus componentes secundarios para evitar interrupciones críticas, lo que garantiza un comportamiento más robusto y eficiente del edificio en situaciones de estrés (Llocle, 2021).

- a. La funcionalidad es el objetivo de este nivel, que se denomina operativo. La infraestructura ha sufrido pocos daños infraestructurales, lo que significa que la ocupación puede seguir siendo segura. Las reparaciones que se requieren son de carácter más fundamental y pueden llevarse a cabo sin causar molestias significativas a las personas que viven allí. Del mismo modo, la cantidad de daños que se producen en los sistemas no infraestructurales y en los contenidos que son relevantes desde el punto de vista operativo es mínima, lo que garantiza que no se interrumpa el funcionamiento del edificio.
- b. Ocupación inmediata, 1-B: Esta categoría suele reservarse para infraestructuras consideradas importantes. Se prevé que los sitios y sistemas del edificio podrán utilizarse adecuadamente, a pesar de la posibilidad de que se destruya su contenido. Se preserva la seguridad de los ocupantes.
- c. Este nivel se esfuerza por alcanzar un estado de daños que proporcione un riesgo extremadamente bajo de amenazas a la seguridad de la vida, ya sea por daños infraestructurales restringidos o por fallos de partes no infraestructurales.
- c. Seguridad de la vida, 3-C: Este nivel pretende alcanzar este nivel. Cuando se tienen en cuenta los códigos de diseño tradicionales, este nivel se correlaciona con el rendimiento que se espera de la infraestructura.
- d. Estabilidad infraestructural, 5-E: El margen de seguridad del sistema de resistencia de carga lateral está prácticamente al límite, y la posibilidad de colapso ante probables réplicas es significativa. Esto es preocupante ya que el sistema es extremadamente vulnerable al colapso. Sin embargo, el sistema de carga vertical sigue garantizando la estabilidad del edificio durante toda su existencia. Dado que el nivel de daños infraestructurales es tan elevado, no es



esencial realizar una evaluación de los daños no infraestructurales. Como no se puede garantizar la presencia de residentes y curiosos, es imperativo evacuar la infraestructura o posiblemente demolerla.

2.2.7 Comité Visión 2000

El comité Visión 2000 proporciona una descripción concisa de los diversos grados de rendimiento, según el daño anticipado que una edificación podría experimentar tras un sismo. Estos niveles de rendimiento se presentan a continuación:

- a. **Completamente Operacional:** La infraestructura se encuentra en perfectas condiciones para su uso, presentando solo daños mínimos que no afectan su integridad ni funcionalidad. Todos los elementos infraestructurales mantienen su resistencia y rigidez original. No se requiere ninguna intervención adicional, y el edificio puede ser utilizado de manera continua sin ninguna preocupación. Este estado refleja que la infraestructura está en su máximo rendimiento y capacidad operativa.

- b. **Operacional:** En este estado, la infraestructura no presenta daños significativos que comprometan su uso. Aunque puede haber pequeños daños superficiales o menores en algunos elementos, estos no afectan considerablemente la resistencia ni la rigidez del edificio. Se pueden llevar a cabo actividades normales tras la reparación de estos pequeños daños, que suelen ser de naturaleza estética o superficial. La infraestructura sigue siendo segura y funcional para su propósito previsto, y las reparaciones necesarias son mínimas y de bajo costo.



- c. Seguridad: Aquí, la infraestructura muestra daños considerables en algunos de sus elementos infraestructurales, lo que resulta en una disminución notable de su rigidez. A pesar de estos daños, la infraestructura conserva un margen de seguridad suficiente para evitar un colapso inmediato. Se requiere una evaluación detallada para identificar todas las áreas afectadas y planificar una reparación y refuerzo adecuados. Esta intervención es necesaria para restaurar la funcionalidad completa del edificio y asegurar su uso seguro a largo plazo. Durante este proceso, algunas áreas del edificio pueden necesitar ser evacuadas o restringidas hasta que las reparaciones se completen.

- d. Cerca del Colapso: En este estado, la infraestructura presenta daños significativos tanto en elementos infraestructurales como no infraestructurales. La resistencia y rigidez de la infraestructura están severamente comprometidas, lo que indica un alto riesgo de colapso inminente. Es crucial tomar medidas inmediatas para evaluar la extensión del daño y comenzar con el proceso de refuerzo y reparación. Esto puede implicar la evacuación completa del edificio para garantizar la seguridad de los ocupantes. Las intervenciones necesarias serán extensivas y pueden incluir la reconstrucción de partes críticas de la infraestructura para restablecer su estabilidad y seguridad.

2.3 Marco conceptual

- a. Capacidad admisible: La capacidad admisible se refiere a la carga máxima que un suelo o una infraestructura puede soportar sin experimentar fallos o deformaciones excesivas. En el contexto de la ingeniería civil y la geotecnia, esta capacidad se calcula considerando un factor de seguridad para asegurar que la infraestructura sea segura durante su vida útil.



- b. Carga ultima:** La carga última es la carga máxima que una infraestructura o un elemento infraestructural puede soportar antes de fallar. Esta carga representa el límite de resistencia del material o infraestructura, más allá del cual se producirá un colapso o una falla significativa. En términos de diseño, se usa para determinar la resistencia máxima y es fundamental para asegurar la seguridad y la integridad infraestructural.

- c. Rendimiento infraestructural ante sismos:** El rendimiento infraestructural ante sismos se refiere a la capacidad de una infraestructura para resistir y comportarse adecuadamente durante y después de un evento sísmico. Esto incluye la capacidad de mantener su integridad infraestructural, evitar colapsos y proteger a sus ocupantes. El rendimiento infraestructural ante sismos se evalúa considerando diversos niveles de intensidad sísmica y se diseña para cumplir con ciertos criterios de seguridad y funcionalidad.

- d. Evaluación infraestructural:** La evaluación infraestructural es el proceso de inspeccionar, analizar y determinar la capacidad y el estado de una infraestructura existente. Este proceso implica la identificación de daños, deterioro, defectos y cualquier otro factor que pueda afectar la seguridad y funcionalidad de la infraestructura. Se utilizan métodos de inspección visual, pruebas no destructivas y análisis infraestructural para determinar si una infraestructura puede seguir siendo utilizada, necesita reparaciones o debe ser reemplazada.

- e. Riesgo sísmico:** El riesgo sísmico es la probabilidad de que ocurran daños o pérdidas en una infraestructura, una población o una infraestructura debido a un terremoto. Este riesgo se evalúa considerando la peligrosidad sísmica (la



probabilidad de ocurrencia de un terremoto), la vulnerabilidad de las infraestructuras y la exposición (los bienes y personas en riesgo). La gestión del riesgo sísmico implica la implementación de medidas para mitigar estos riesgos a través de códigos de construcción, planificación urbana y sistemas de alerta temprana.

- f. Suelo de fundación: El suelo de fundación es el estrato de terreno sobre el cual se construye una infraestructura y que soporta la carga que ésta transmite. Este suelo debe poseer propiedades adecuadas de resistencia y estabilidad para garantizar que la infraestructura se mantenga firme y segura a lo largo del tiempo. La evaluación del suelo de fundación incluye la determinación de su capacidad de carga, su comportamiento ante diferentes condiciones de humedad y otros factores geotécnicos como la compresibilidad y la cohesión.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación es el conjunto sistemático de procedimientos, técnicas y herramientas que se emplean para llevar a cabo una investigación científica. Este campo se ocupa de la estructura del proceso de investigación, desde la formulación de preguntas y la revisión de la literatura existente, hasta la recolección de datos, análisis e interpretación de los resultados, y la presentación de conclusiones. La metodología de investigación es fundamental para asegurar que el estudio sea riguroso, sistemático y replicable, permitiendo a los investigadores generar conocimientos fiables y contribuir de manera significativa al campo de estudio (Hernández et al., 2018).

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación experimental es un plan estructurado y sistemático utilizado para investigar las relaciones de causa y efecto entre variables. Este tipo de diseño es fundamental en la metodología científica porque permite al investigador manipular una o más variables independientes y observar los efectos de estas manipulaciones sobre una o más variables dependientes, manteniendo constantes otras variables que podrían influir en los resultados (Hadi et al., 2023).

Experimental: Se llevaron a cabo ensayos experimentales del suelo de fundación del Palacio Municipal. Asimismo, se realizó un análisis detallado de la estructura del Palacio Municipal.

3.2 Métodos de la investigación

Mediante la recopilación y el examen de datos numéricos, la técnica de investigación cuantitativa es un método de naturaleza sistemática y empírica que se utiliza para explorar fenómenos. Con el fin de describir, explicar y predecir sucesos, este enfoque utiliza métodos estadísticos y matemáticos para el análisis de datos. Se basa en los principios de objetividad y precisión (Hadi et al., 2023).

Cuantitativo: Se realizó la recolección y el análisis de los datos numéricos obtenidos a través de los ensayos. Del mismo modo, se analizaron los datos numéricos derivados del análisis estructural del Palacio Municipal.

3.3 Nivel y tipo de investigación

3.3.1 Tipo de investigación

Un ejemplo de un tipo de estudio científico conocido como investigación aplicada es aquel que pretende encontrar soluciones a cuestiones específicas y prácticas haciendo uso de técnicas, ideas e información científicas previamente establecidas. Por otra parte, la investigación aplicada tiene como objetivo principal la aplicación directa de la información para mejorar las condiciones reales o desarrollar nuevas tecnologías y soluciones prácticas. Esto contrasta con la investigación básica, que se concentra en ampliar los conocimientos teóricos sin una aplicación inmediata en mente (Pimienta et al., 2018).

Aplicada: Se enfocó en los resultados de la investigación para verificar el rendimiento estructural ante sismos del Palacio Municipal.

3.3.2 Nivel de investigación

El nivel de la investigación explicativo se centra en determinar las causas y los efectos de los fenómenos observados, buscando no solo describir o relacionar variables, sino también entender y explicar las razones subyacentes detrás de esos fenómenos. Este tipo de investigación es esencial para el desarrollo del conocimiento científico porque permite construir teorías y modelos que explican cómo y por qué ocurren ciertos eventos (Reyes, 2022).

Explicativo: Se realizó una comprensión sobre el rendimiento estructural ante sismos del palacio municipal en el distrito de Calapuja.

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

En el contexto de un estudio concreto, el término «población de la investigación» se refiere a todo el conjunto de componentes, personas, acontecimientos o unidades que comparten características pertinentes y son importantes para la investigación. En el marco de la técnica de investigación, la población sirve como primera fuente de datos a partir de la cual se obtendrán conclusiones e inferencias (Iglesias, 2021).

La población de esta investigación incluye todos los suelos de fundación en el área designada y los elementos estructurales correspondientes.

3.4.2 Muestra

La muestra de investigación hace referencia a un subconjunto de elementos seleccionados de la población de investigación, que se usa para realizar un estudio. La muestra se elige de manera que represente adecuadamente a toda la población, permitiendo a los investigadores realizar inferencias y generalizar los resultados obtenidos a la población completa (Pimienta et al., 2018).

La muestra de esta investigación incluye ubicaciones estratégicas dentro del terreno del Palacio Municipal, así como la evaluación sísmica del propio edificio.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

El término «técnicas de investigación» hace referencia a los procedimientos e instrumentos precisos que emplean los investigadores para recopilar, analizar e interpretar datos con el fin de obtener información válida y fiable sobre un fenómeno determinado. La naturaleza del estudio, los objetivos de la investigación y el enfoque metodológico elegido (cuantitativo, cualitativo o mixto) desempeñan un papel importante a la hora de determinar la amplia gama de enfoques disponibles (Medina et al., 2023).

En este estudio, se han empleado las siguientes técnicas:

- Observación de manera directa.
- Recopilación de información existente.
- Ensayos de laboratorio.
- Análisis de datos.

3.5.2 Instrumentos

Los instrumentos de investigación son herramientas diseñadas para recolectar datos precisos y válidos de una manera sistemática, estructurada y estandarizada. Estos instrumentos son esenciales para llevar a cabo investigaciones científicas y académicas, ya que permiten obtener información relevante que facilita el análisis y la interpretación de los fenómenos estudiados (Medina et al., 2023).

Los instrumentos para este estudio son:

- Equipos y herramientas de laboratorio.
- Formatos de cálculos.

- Laptop.

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de instrumentos

La validación de instrumentos es un proceso crucial en la investigación científica y social, cuyo objetivo es asegurar que un instrumento de medición (como un cuestionario, una encuesta, una prueba o cualquier herramienta de recolección de datos) realmente mida lo que pretende medir, de manera precisa y consistente. Este proceso garantiza la fiabilidad y validez de los datos obtenidos a través del instrumento (Medina et al., 2023).

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

Cuando hablamos de la fiabilidad de un instrumento de medida, nos referimos a la coherencia y estabilidad con la que el instrumento mide lo que se supone que debe medir a lo largo de distintos periodos de tiempo. Un instrumento fiable es aquel que obtiene resultados coherentes y repetibles cuando se utiliza en entornos comparables. Para garantizar que las mediciones adquiridas son precisas y representativas, lo que es necesario para la validez de los resultados en la investigación y las aplicaciones prácticas, la fiabilidad es vital. La fiabilidad es fundamental; es esencial (Medina et al., 2023).

3.7 Procedimiento de recolección de datos

El procesamiento para la recolección de datos se llevó a cabo en varias etapas. En primer lugar, se optó por una recolección de información preliminar sobre el tema de estudio. A continuación, se procedió con la recolección de datos específicos de nuestro estudio, así como con la recopilación de materiales necesarios para el mismo.



3.7.1 *Procedimiento*

Puntos de muestreo

Se llevó a cabo un muestreo exhaustivo del terreno en el sitio destinado para el Palacio Municipal en el distrito de Calapuja. En este proceso, se realizaron dos calicatas con el objetivo de determinar tanto la capacidad última como la capacidad admisible del suelo. Estas calicatas permitieron obtener datos precisos sobre las propiedades geotécnicas del terreno, esenciales para asegurar la estabilidad y seguridad estructural del diseño propuesto para el edificio municipal.

3.7.2 *Ensayos en laboratorio*

- a. **Ensayo de límites de consistencia:** El objetivo principal de esta prueba es identificar y cuantificar la cantidad de partículas plásticas presentes en un material específico. Estas partículas son aquellas que tienen la capacidad de atravesar un tamiz con una malla de tamaño cuarenta mil, lo que implica que tienen un diámetro suficientemente pequeño para pasar a través de dicha abertura. El análisis se realiza siguiendo un procedimiento riguroso que comienza con la determinación de los índices de plasticidad del material, incluyendo tanto el límite líquido como el límite plástico. Estos parámetros se establecen de acuerdo con las normativas vigentes, específicamente las normas ASTM D4318, MTC E 111 y MTC E 110, que regulan los métodos para la caracterización de suelos y materiales en términos de su plasticidad. Una vez que se han determinado estos índices, se procede con el análisis para evaluar con precisión el comportamiento del material en función de las partículas plásticas que contiene, asegurando que se cumplan los estándares requeridos para su uso en aplicaciones específicas.



Procedimiento LP:

- Se toma una fracción de la mezcla previamente preparada con el fin de determinar el límite líquido.
- A continuación, se añade suelo seco a la mezcla para comprimir su contenido de humedad, ajustándolo al nivel necesario para el ensayo.
- Usando las manos, la mezcla se amasa sobre una superficie lisa de vidrio, formando pequeños cilindros con un diámetro aproximado de 3 mm. Este proceso continúa hasta que se empiezan a observar pequeñas fisuras, lo que indica que se ha aprehendido el límite plástico.
- En ese punto, se mide y registra el contenido de humedad presente en la muestra cuando aparecen las fisuras.
- Para asegurar la precisión de los resultados obtenidos, el ensayo se repite una o dos veces más, buscando así calcular un promedio del implícito de humedad y asegurar la consistencia en los resultados.
- El límite plástico se determina como el promedio de los diferentes porcentajes de humedad que se registran en cada una de las pruebas realizadas.
- Si la diferencia entre los valores obtenidos supera los dos puntos porcentuales, se encomienda repetir todo el procedimiento, asegurando así que la medición sea exacta y confiable.

$$LP = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Procedimiento LL:

- El primer paso consiste en remezclar cuidadosamente el espécimen de suelo y ajustar su contenido de agua para lograr una consistencia que



permita que la ranura formada en el suelo se cierre tras aplicar entre 25 y 35 golpes con la cazuela. Este rango de golpes es crucial para obtener una medición precisa del comportamiento del suelo.

- A continuación, se coloca una cantidad adecuada de suelo en la cazuela y se comprime uniformemente utilizando una espátula. Durante este proceso, es importante extender el suelo hasta que alcance una profundidad de 10 mm en su punto más grueso, asegurándose de no atrapar burbujas de aire, ya que estas pueden alterar los resultados del ensayo. El exceso de suelo se debe devolver al recipiente de mezclado, el cual debe permanecer tapado para evitar la pérdida de humedad.
- Una vez colocado el suelo en la cazuela, se procede a dividir la muestra utilizando el ranurador, aplicando una pasada firme y asegurándose de mantener la herramienta perpendicular a la superficie de la cazuela. En suelos más difíciles, puede ser necesario realizar varias pasadas con el ranurador para lograr una división adecuada de la muestra.
- Es fundamental verificar que no queden residuos de suelo ni en la base ni en la parte inferior de la cazuela antes de continuar. Luego, se gira la manivela a una velocidad constante de entre 1.9 y 2.1 revoluciones por segundo hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se toquen en el fondo de la ranura, a lo largo de 13 mm. Durante este proceso, es importante no sostener la base del equipo con la mano para evitar interferencias en la medición.
- Si la ranura se cierra prematuramente debido a la presencia de una burbuja de aire, se debe reconformar el suelo en la cazuela y repetir los pasos anteriores hasta que se obtenga una medición correcta.
- En caso de que, tras varios ensayos con un mayor contenido de agua, el suelo continúe deslizándose o si se requieren menos de 25 golpes para



cerrar la ranura, se deberá informar que no es posible determinar el límite líquido de ese suelo, clasificándolo como no plástico (NP).

- El número de golpes necesarios para cerrar la ranura se debe registrar cuidadosamente. Posteriormente, se toma una muestra de suelo, incluyendo la porción que estuvo en contacto con el fondo de la ranura, y se coloca en un recipiente de masa conocida, el cual debe taparse para evitar la pérdida de humedad.
- El suelo sobrante se transfiere nuevamente a la vasija de mezclado, y se le agrega agua para aumentar su fluidez. A continuación, se repiten los pasos anteriores para obtener muestras de suelo que cierren la ranura con un número de golpes dentro de los intervalos de 25-35, 20-30 y 15-25.
- Finalmente, el recipiente que contiene la muestra de suelo se pesa, anotando el peso. Luego, se seca la muestra en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta que se alcance una masa constante. Una vez enfriada la muestra, se pesa nuevamente, evitando que absorba humedad antes de la medición final. Tanto la masa inicial como la pérdida de masa por secado deben ser registradas con precisión. En caso de que el ensayo sea interrumpido por más de 15 minutos, se debe determinar la masa en ese momento para garantizar la exactitud del proceso.

$$LL = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Procedimiento índice plástico:

$$IP = LL - LP$$



b. Ensayo de análisis granulométrico: El análisis granulométrico se realiza con el objetivo principal de determinar la forma en que los agregados se distribuyen en términos de tamaños de partículas. Dado que revela las particularidades físicas de los materiales y su funcionamiento en diversas diligencias, este conocimiento es sumamente importante.

Procedimiento:

- En primer lugar, se debe evaluar si es necesario secar previamente la muestra de suelo antes de proceder con el análisis granulométrico. Este paso es fundamental para avalar que los resultados derivados sean precisos, ya que la humedad residual en el suelo puede afectar el proceso de tamizado y alterar las mediciones finales.
- Una vez determinado si el secado previo es necesario, se procede al lavado de la fracción fina del suelo. Este proceso tiene como objetivo eliminar cualquier material soluble o indeseado que pueda interferir con el análisis, asegurando que la muestra esté compuesta únicamente por las partículas relevantes para la evaluación.
- Después del lavado, la muestra debe secarse completamente en una estufa para eliminar cualquier rastro de humedad. Este secado completo es esencial para facilitar el tamizado posterior, ya que las partículas de suelo secas se separan con mayor facilidad a través de los tamices.
- A continuación, se selecciona un conjunto de tamices de acuerdo con el rango de tamaños de partículas que se desea analizar. Los tamices deben colocarse en el orden adecuado, desde el más grueso hasta el más fino, y asegurarse de que estén correctamente montados para evitar pérdidas de material durante el proceso de tamizado.



- Tras el tamizado, se anota cuidadosamente el peso de los residuos que quedan retenidos en cada tamiz. Además, se registra la masa total de la muestra analizada, lo que permitirá calcular los porcentajes de masa correspondientes.
- Para cada tamiz, se calculan los porcentajes de masa retenida y el porcentaje de masa que pasa a través de ese tamiz en relación con la masa total de la muestra. Estos cálculos permiten comprender la distribución del tamaño de las partículas en el suelo.
- Finalmente, se elabora un gráfico de distribución granulométrica, en el cual se representa el porcentaje acumulativo de masa retenida o pasante en función del tamaño de las partículas. Este gráfico proporciona una representación visual clara de la composición granulométrica del suelo, facilitando la interpretación de los resultados y la caracterización del suelo en términos de su distribución de partículas.

c. DPL: El Penetrómetro Dinámico Ligero es una herramienta utilizada para obtener información sobre las características del suelo y sus propiedades mecánicas, especialmente en estratos superficiales. El objetivo principal del Ensayo de Penetración Dinámico Ligero (DPL) es evaluar la resistencia del suelo mediante la medición de la resistencia a la penetración durante la introducción de la sonda en el terreno. El equipo consta de una sonda cilíndrica puntiaguda montada en el extremo de una barra que se deja caer desde una altura estándar. La sonda puede tener diferentes geometrías y dimensiones según la normativa utilizada y el propósito específico del ensayo. Los parámetros medidos durante el ensayo incluyen la resistencia a la penetración en función de la profundidad.

Procedimiento:

- Seleccionar y marcar el punto exacto donde se realizará el ensayo.



- Asegurarse de que el terreno esté despejado y nivelado.
- Colocar la guía del martillo sobre el punto marcado.
- Asegurarse de que la guía esté vertical utilizando el nivel de burbuja.
- Insertar la varilla con la punta cónica en la guía.
- Levantar el martillo a una altura predeterminada (generalmente 500 mm) y dejarlo caer libremente sobre la cabeza de la varilla.
- Registrar el número de golpes necesarios para que la varilla penetre una profundidad estándar (usualmente 10 cm).
- Continuar golpeando y registrando el número de golpes para cada incremento de 10 cm de penetración.
- Anotar cualquier observación relevante, como cambios en la resistencia, capas de suelo diferentes, presencia de agua, etc.
- Continuar el proceso hasta alcanzar la profundidad deseada o hasta que el número de golpes por 10 cm exceda un límite establecido, lo cual indica que el suelo es demasiado resistente.
- Retirar la varilla y el equipo del suelo. Los datos obtenidos se utilizan para calcular la resistencia del suelo a la penetración.
- Este análisis puede incluir la determinación de la capacidad portante del suelo, la identificación de diferentes estratos del suelo y la estimación de otros parámetros geotécnicos.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

En esta fase, el objetivo principal es convertir los datos en información valiosa que pueda ser manipulada para establecer disposiciones bien informadas. Para lograr esto, es necesario aplicar una variedad de técnicas y herramientas especializadas que permitan realizar un análisis exhaustivo y meticuloso de los datos disponibles. Este enfoque riguroso asegura que la información derivada sea no solo precisa y confiable, sino también



altamente relevante para el contexto específico en el que se tomarán las decisiones. La transformación de los datos en información útil implica identificar patrones, tendencias y relaciones significativas, lo cual facilita la interpretación de los resultados y proporciona una base sólida sobre la cual los responsables de la toma de decisiones pueden actuar con confianza. La calidad y precisión de este análisis son esenciales para garantizar que las decisiones que se adopten estén bien fundamentadas, minimizando los riesgos y maximizando las oportunidades de éxito en el ámbito correspondiente.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

En este apartado se presentan los resultados detallados del análisis de la capacidad portante y la carga última admisible del suelo de fundación. Estos resultados incluyen una evaluación exhaustiva de las características geotécnicas del suelo. Asimismo, se examina la capacidad del suelo para soportar las cargas aplicadas. Además, se analiza la variación del rendimiento estructural ante sismos, incluyendo los desplazamientos resultantes bajo condiciones sísmicas.

Ubicación:

Región : Puno

Provincia : Lampa

Distrito : Calapuja

Región Natural : Sierra

Figura 1

Localización del estudio



Figura 2

Micro-Localización del estudio



El distrito de Calapuja presenta los siguientes límites:

Tabla 2

Límites del distrito de Calapuja

| LÍMITES: | |
|----------|------------------------|
| NORTE | : DISTRITO DE NICASIO |
| SUR | : DISTRITO DE JULIACA |
| ESTE | : DISTRITO DE CAMINACA |
| OESTE | : DISTRITO DE LAMPA |

El acceso al área de intervención del proyecto desde la capital de la Región Puno se realiza siguiendo un recorrido a través de una carretera asfaltada. Inicialmente, se transita por esta vía hacia la Ciudad de Juliaca. Posteriormente, se continúa por la carretera asfaltada que conecta Juliaca con Calapuja, hasta llegar al municipio de Calapuja. Una vez en esta localidad, es posible llegar al área de intervención utilizando diversos medios de transporte. Entre las opciones disponibles se encuentran vehículos motorizados, como automóviles o motocicletas, así como bicicletas y otros medios de transporte particulares.

Tabla 3

Vías de acceso al área de estudio

| Nº | TRAMO | DISTANCIA (km) | TIEMPO (min.) | TIPO DE VÍA | VÍA PRINCIPAL |
|--------------|-----------------------------------|----------------|---------------|-------------|----------------------|
| 1 | Puno - Juliaca | 45 | 45 | Asfaltado | Puno - Juliaca |
| 2 | Juliaca - Calapuja | 25 | 22 | Asfaltado | Juliaca - Calapuja |
| 3 | Calapuja – Ámbito de intervención | 0.021 | 1 | Asfaltado | Distrito de Calapuja |
| TOTAL | | 70.021 | 68 | | |

4.1.1 Capacidad portante y carga ultima admisible del suelo de fundación

❖ Localización de las calicatas

Tabla 4

Ubicación de las calicatas

| EXPLO. N° | DESCRIPCIÓN | COORDENADAS UTM | |
|--------------|---------------------------|-----------------|-------------|
| | | ESTE | NORTE |
| C - 01 | Municipalidad De Calapuja | 368581.123 | 8464658.142 |
| C - 02 | Municipalidad De Calapuja | 364254.111 | 8464745.122 |

Tabla 5

Tipo de excavación

| EXPLORACIÓN | PROF. (m) | TIPO DE EXCAVACIÓN |
|-------------|--------------|-----------------------|
| C - 01 | 2.60 | Manual |
| C - 02 | 2.60 | Manual |

❖ Humedad encontrada

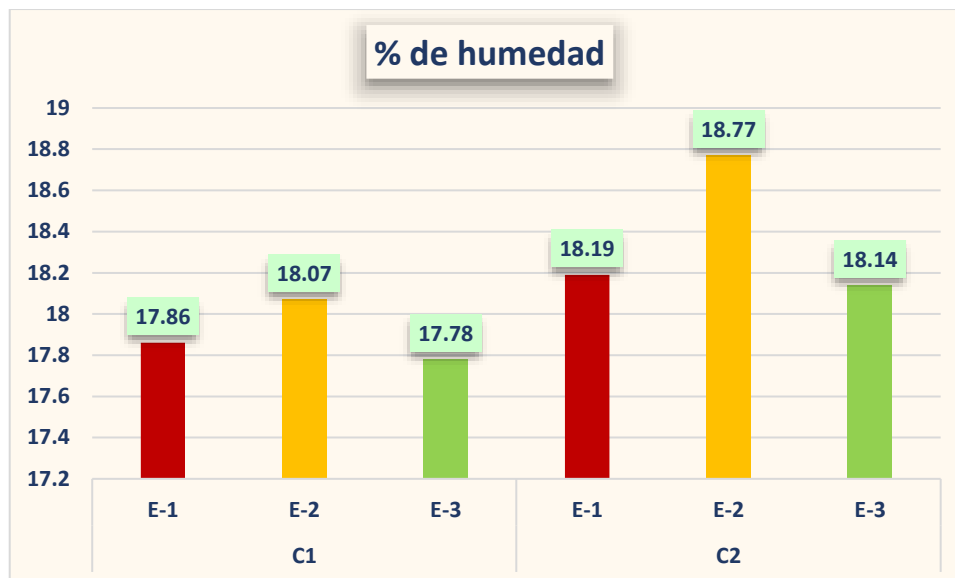
Tabla 6

Humedad encontrada en calicatas

| Humedad encontrada (%) | | |
|------------------------|-----|-------|
| C1 | E-1 | 17.86 |
| | E-2 | 18.07 |
| | E-3 | 17.78 |
| C2 | E-1 | 18.19 |
| | E-2 | 18.77 |
| | E-3 | 18.14 |

Figura 3

Humedad encontrada en calicatas



Se presenta la humedad registrada en los distintos estratos de las calicatas realizadas en este estudio.

❖ **Granulometría en la C-1**

Tabla 7

Distribución de tamaños en C1 – E1

| TAMICES | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|-----------|----------|-----------|-----------|--------|
| ASTM | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 3/8" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No4 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No10 | 4.58 | 0.916 | 0.916 | 99.084 |
| No20 | 26.48 | 5.296 | 6.212 | 93.788 |
| No40 | 46.12 | 9.224 | 15.436 | 84.564 |
| No 50 | 30.56 | 6.112 | 21.548 | 78.452 |
| No100 | 80.56 | 16.112 | 37.66 | 62.34 |
| No200 | 120.3 | 24.06 | 61.72 | 38.28 |
| BASE | 191.4 | 38.28 | 100 | 0 |
| TOTAL | 500 | 100 | | |
| % PERDIDA | 38.28 | | | |

Figura 4

Distribución de tamaños en C1 – E1

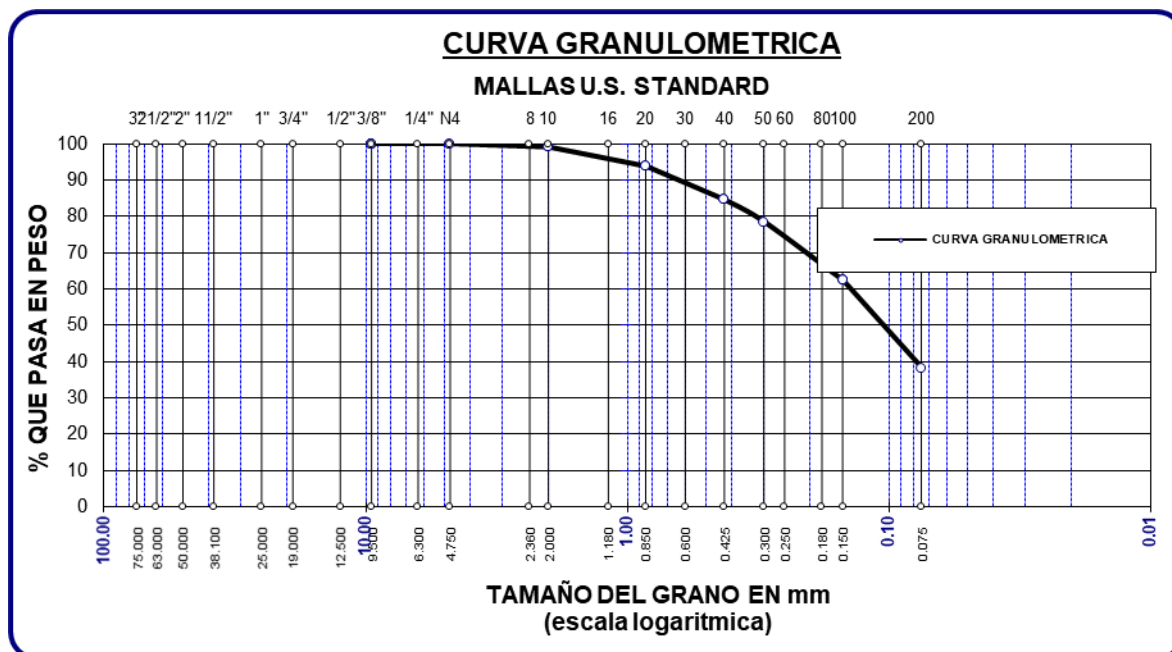


Tabla 8

Distribución de tamaños en C1 – E2

| TAMICES ASTM | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|-----------------|------------------|----------------------|------------------------|---------------|
| 1/2" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3/8" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No4 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No10 | 4.59 | 0.918 | 0.918 | 99.082 |
| No20 | 24.57 | 4.914 | 5.832 | 94.168 |
| No40 | 50.5 | 10.1 | 15.932 | 84.068 |
| No 50 | 14.65 | 2.93 | 18.862 | 81.138 |
| No100 | 98.61 | 19.722 | 38.584 | 61.416 |
| No200 | 140.6 | 28.12 | 66.704 | 33.296 |
| BASE | 166.48 | 33.296 | 100 | 0 |
| TOTAL | 500 | 100 | | |
| % PERDIDA | 33.296 | | | |

Figura 5

Distribución de tamaños en C1 – E2

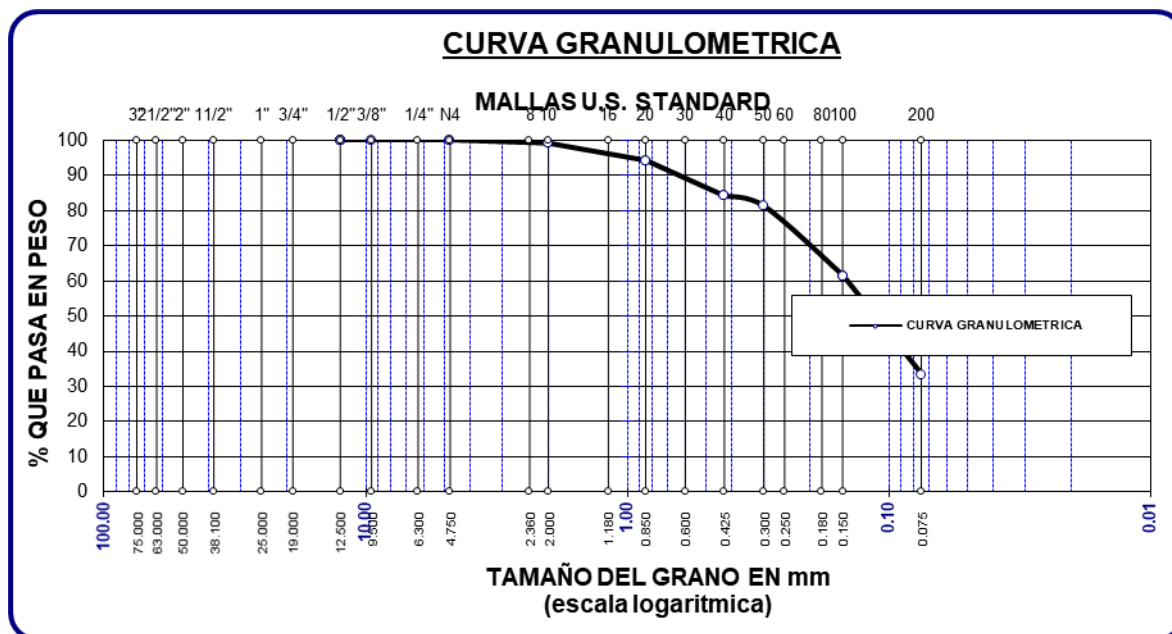


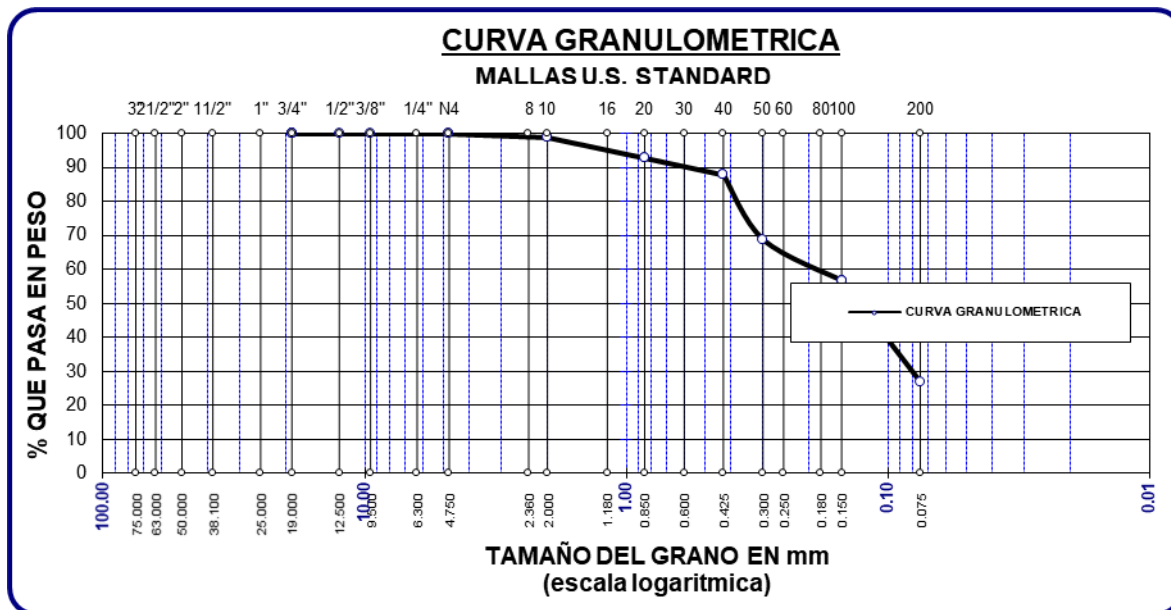
Tabla 9

Distribución de tamaños en C1 – E3

| TAMICES ASTM | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|-----------------|------------------|----------------------|------------------------|---------------|
| 1/2" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3/8" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No4 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No10 | 5.32 | 1.06 | 1.06 | 98.94 |
| No20 | 30.42 | 6.08 | 7.15 | 92.85 |
| No40 | 24.87 | 4.97 | 12.12 | 87.88 |
| No 50 | 95.29 | 19.06 | 31.18 | 68.82 |
| No100 | 60.32 | 12.06 | 43.24 | 56.76 |
| No200 | 150.45 | 30.09 | 73.33 | 26.67 |
| BASE | 133.33 | 26.67 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | 500 | 100 | | |
| % PERDIDA | 26.67 | | | |

Figura 6

Distribución de tamaños en C1 – E3



❖ **Granulometría en la C-2**

Tabla 10

Distribución de tamaños en C2 – E1

| TAMICES | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|-----------|----------|-----------|-----------|-------|
| ASTM | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 3/8" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No4 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No10 | 12.45 | 2.49 | 2.49 | 97.51 |
| No20 | 15.45 | 3.09 | 5.58 | 94.42 |
| No40 | 60.47 | 12.09 | 17.67 | 82.33 |
| No 50 | 26.12 | 5.22 | 22.90 | 77.10 |
| No100 | 48.62 | 9.72 | 32.62 | 67.38 |
| No200 | 111.34 | 22.27 | 54.89 | 45.11 |
| BASE | 225.55 | 45.11 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | 500 | 100 | | |
| % PERDIDA | 45.11 | | | |

Figura 7

Distribución de tamaños en C2 – E1

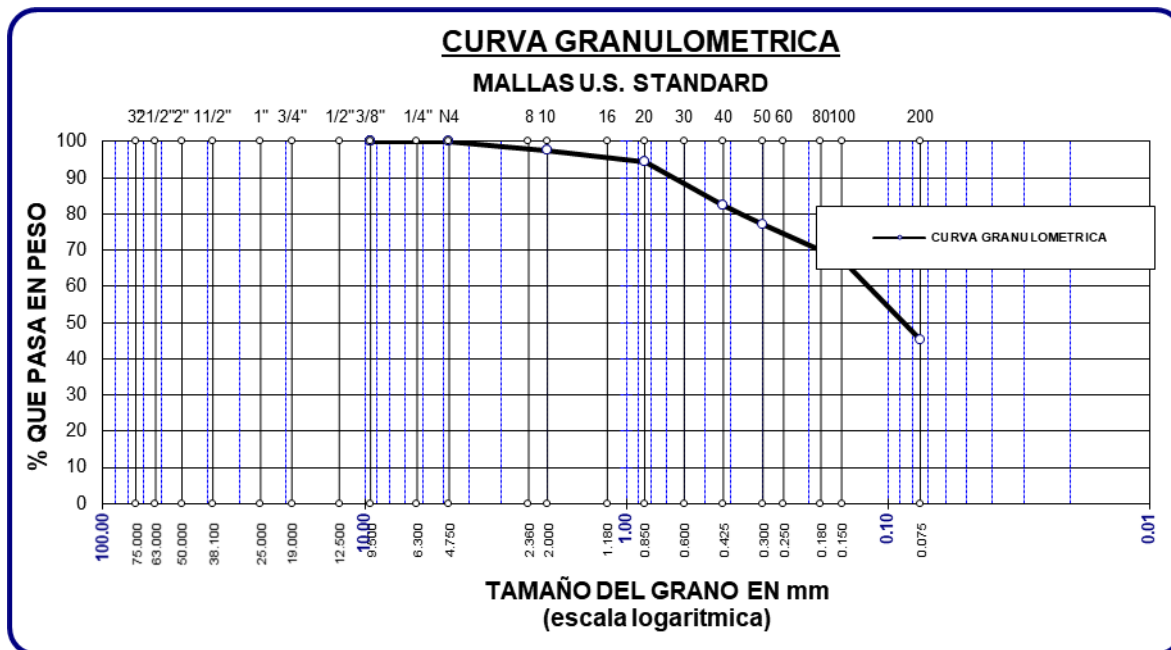


Tabla 11

Distribución de tamaños en C2 – E2

| TAMICES ASTM | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|-----------------|------------------|----------------------|------------------------|---------------|
| 1/2" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3/8" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No4 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No10 | 10.62 | 2.12 | 2.12 | 97.88 |
| No20 | 11.23 | 2.25 | 4.37 | 95.63 |
| No40 | 49.65 | 9.93 | 14.30 | 85.70 |
| No 50 | 26.57 | 5.31 | 19.61 | 80.39 |
| No100 | 81.24 | 16.25 | 35.86 | 64.14 |
| No200 | 132.15 | 26.43 | 62.29 | 37.71 |
| BASE | 188.54 | 37.71 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | 500 | 100 | | |
| % PERDIDA | 37.71 | | | |

Figura 8

Distribución de tamaños en C2 – E2

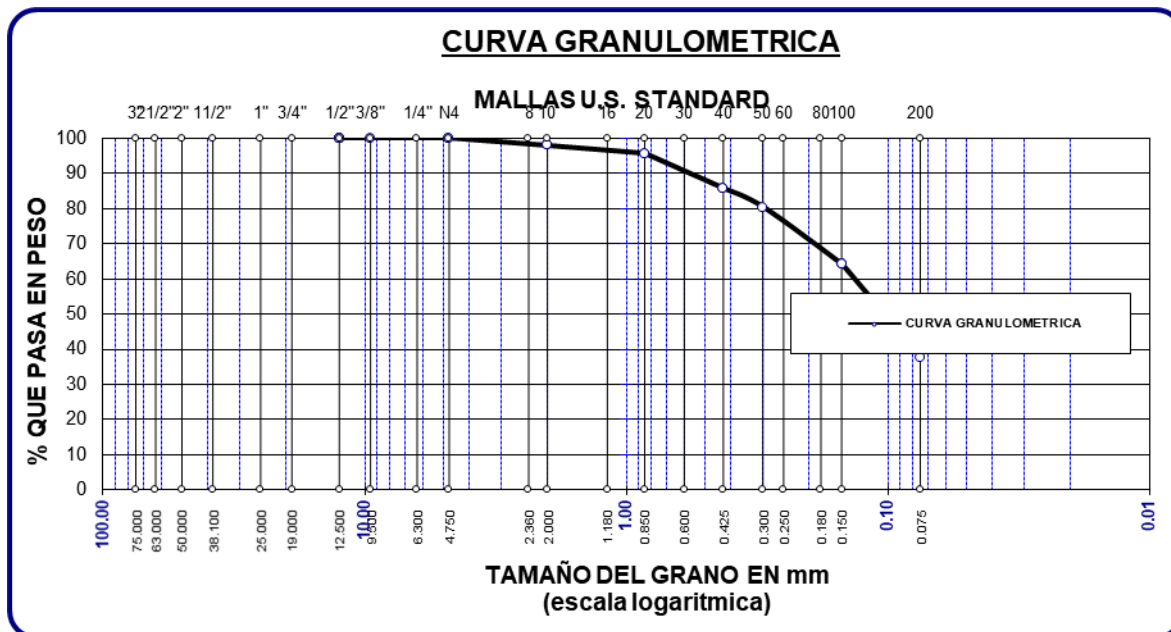


Tabla 12

Distribución de tamaños en C2 – E3

| TAMICES ASTM | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|-----------------|------------------|----------------------|------------------------|---------------|
| 1/2" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3/8" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No4 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| No10 | 10.34 | 2.07 | 2.07 | 97.93 |
| No20 | 26.57 | 5.31 | 7.38 | 92.62 |
| No40 | 38.54 | 7.71 | 15.09 | 84.91 |
| No 50 | 75.46 | 15.09 | 30.18 | 69.82 |
| No100 | 79.12 | 15.82 | 46.01 | 53.99 |
| No200 | 134.50 | 26.90 | 72.91 | 27.09 |
| BASE | 135.47 | 27.09 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | 500 | 100 | | |
| % PERDIDA | 27.09 | | | |

Figura 9

Distribución de tamaños en C2 – E3

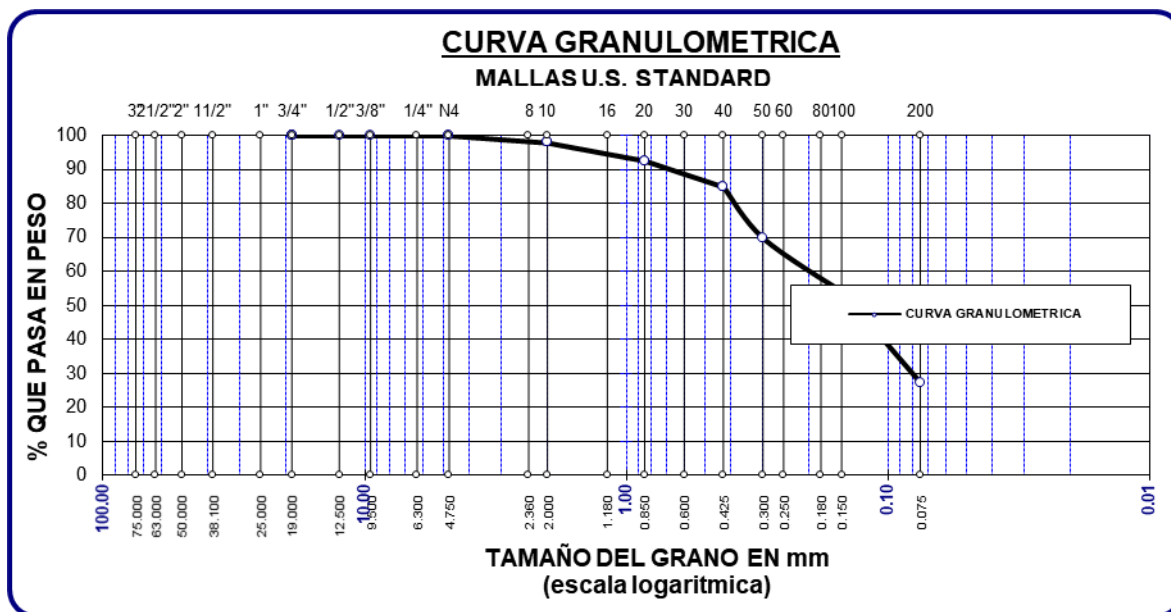


Tabla 13

Resumen de resultados

| CALIC. | MUEST. | PROF. (M) | W% | L.L | L.P | I.P | SUCS | DESCRIPCIÓN |
|--------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|------|--|
| | E-1 | 0.00 – 0.80 | 17.86 | 21.42 | 8.93 | 12.48 | CL | Arcilla inorgánica de baja plasticidad |
| C-1 | E-2 | 0.80 – 1.60 | 18.07 | 21.12 | 9.48 | 11.65 | ML | Limo inorgánico de baja plasticidad |
| | E-3 | 1.60 – 2.60 | 17.78 | 21.90 | 9.99 | 11.92 | CL | Arcilla inorgánica de baja plasticidad |
| C-2 | E-1 | 0.00 – 1.00 | 18.19 | 21.67 | 10.38 | 11.29 | CL | Arcilla inorgánica de baja plasticidad |
| | E-2 | 1.00 – 1.60 | 18.77 | 19.24 | 9.64 | 9.61 | ML | Limo inorgánico de baja plasticidad |
| | E-3 | 1.60 – 2.60 | 18.14 | 19.58 | 8.76 | 10.82 | CL | Arcilla inorgánica de baja plasticidad |

Figura 10

DPL en la calicata 1

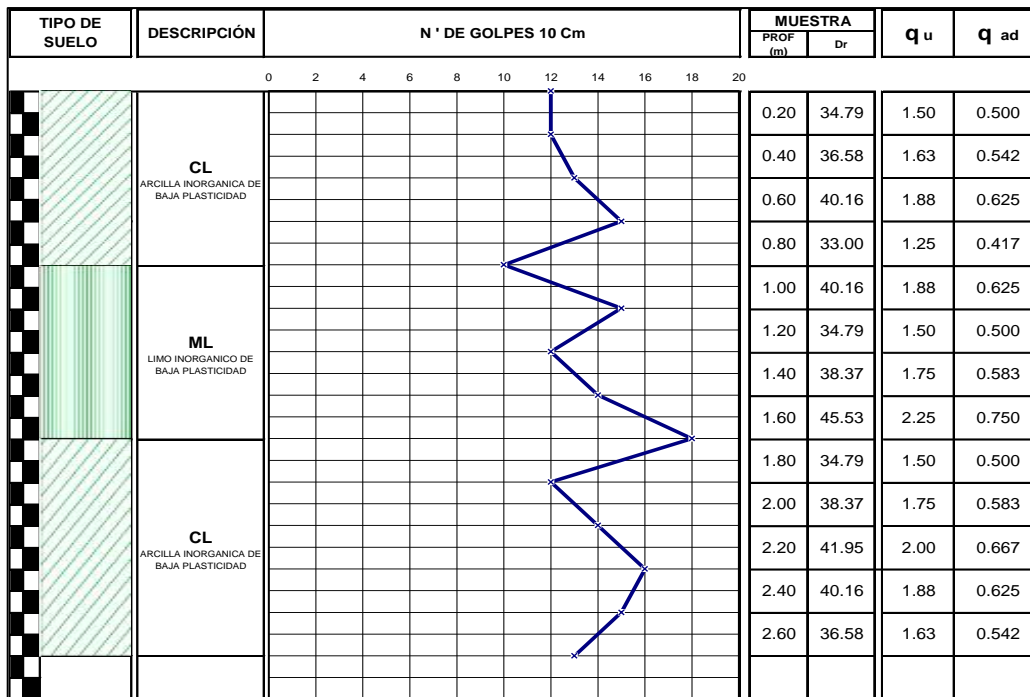


Figura 11

DPL en la calicata 2

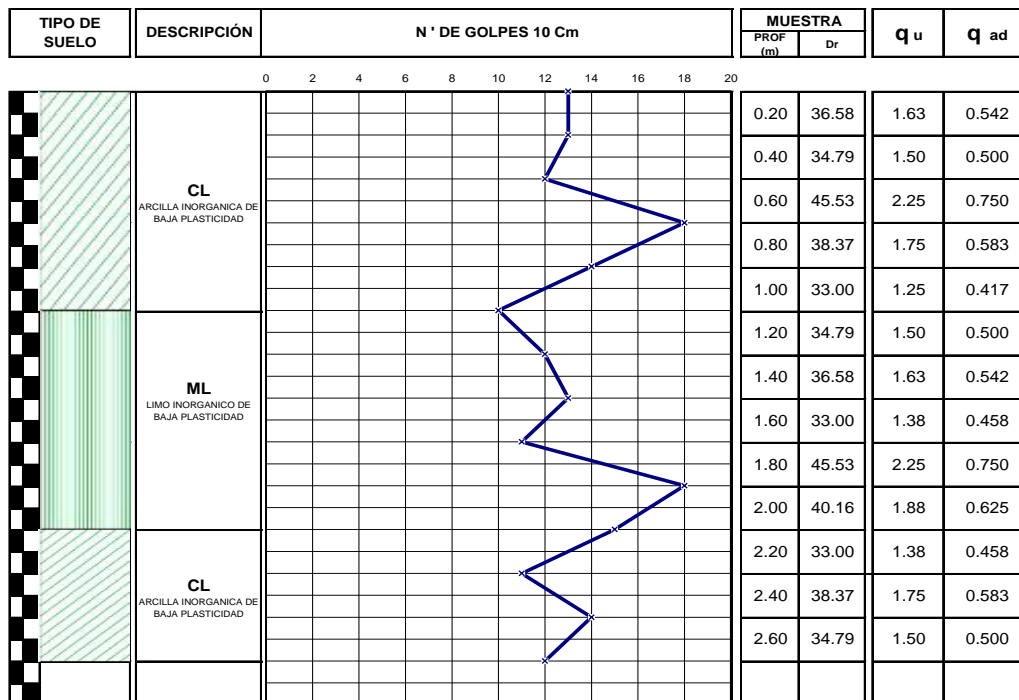


Tabla 14*Qu y Qadm del suelo del palacio municipal*

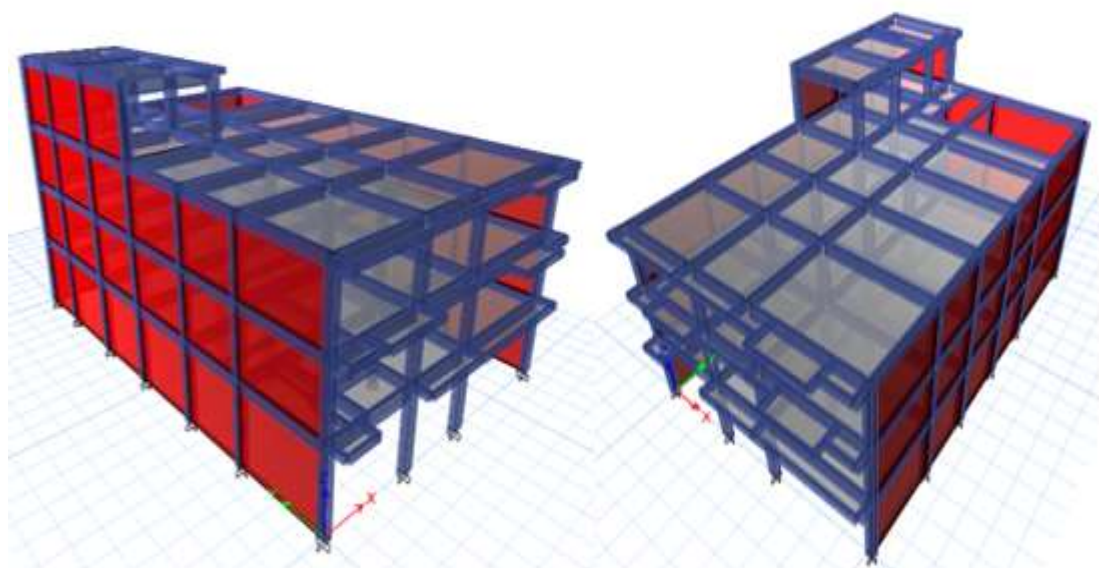
| ENSAYO | Qu (kg/cm ²) | Qadm (kg/cm ²) |
|---------|--------------------------|----------------------------|
| DPL N°1 | 2.25 | 0.75 |
| DPL N°2 | 2.25 | 0.75 |

Según los resultados obtenidos del ensayo de DPL, se determinó que la carga última fue de 2.25 kg/cm², mientras que la carga admisible alcanzó los 0.75 kg/cm² en ambas calicatas evaluadas, la calicata 1 y la calicata 2. Estos valores indican que, en ambas ubicaciones, el suelo tiene la capacidad de soportar una carga máxima de 2.25 kg/cm² antes de fallar, mientras que la carga segura para el diseño estructural, considerada como la carga admisible, es de 0.75 kg/cm².

4.1.2 Determinación de los desplazamientos máximos relativos de la estructura de diseño

Con el fin de normalizar las condiciones de diseño, los factores sísmicos que se tuvieron en cuenta para el estudio de los edificios fueron los valores más importantes:

| | |
|-----------------------------------|--|
| Factor de zona: | Z = 0.25 (Zona 2) |
| Factor de uso e importancia: | U = 1.50 (Categoría A2) Art N° 15 |
| Factor de suelo: | S2 = 1.20 (Suelos intermedios) Art 13 |
| Periodo que define la plataforma: | TP = 0.60 s y TL = 2.00 s (Máximo considerado) |
| Factor de amplificación sísmica: | C = 2.50 |
| Factor de reducción: | R = 8 (pórticos de concreto armado) |

Figura 12*Modelo estructural*

En el marco de la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente, el análisis sísmico se desarrolló de acuerdo con los parámetros especificados. Se utilizó un modelo espacial que incluía diafragmas rígidos en cada sistema de pisos. Las coordenadas dinámicas se establecieron teniendo en cuenta tres traslaciones y tres rotaciones. De estos seis grados de libertad, se determinó que el diafragma era responsable de los desplazamientos horizontales y de la rotación en dirección vertical. En el análisis de la deformación se tuvieron en cuenta las fuerzas axiales, cortantes, de flexión y de torsión.

❖ **Análisis Modal de la estructura**

Debido a que la suma de las masas efectivas es superior al 90% de la masa total, el algoritmo ETABS es capaz de calcular las frecuencias naturales para todos los modos de vibración que se consideran más representativos de la estructura. La tabla presenta los periodos de vibración junto con la proporción de masa que participa en cada periodo. Esto permitirá determinar la importancia de cada modo en su dirección particular.

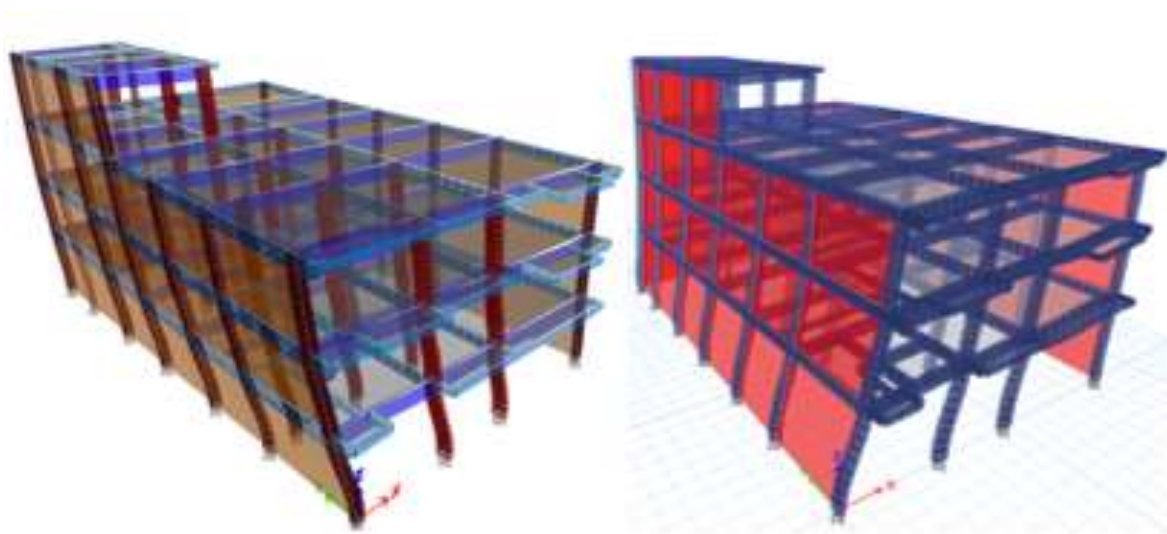
Tabla 15

Periodos de los modos de vibración

| Modal | Periodo-sec | Ux | Uy | Uz | SumUX | SumUY | SumUZ | RX |
|----------|-------------|----------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|
| Modal 1 | 0.312 | 0.8088 | 0.0019 | 1.29E-06 | 0.8088 | 0.0019 | 1.29E-05 | 0.0004 |
| Modal 2 | 0.162 | 0.0107 | 0.7305 | 4.25E-05 | 0.8194 | 0.7324 | 4.38E-05 | 0.0437 |
| Modal 3 | 0.139 | 0.0105 | 0.1617 | 0.0001 | 0.83 | 0.8941 | 0.0001 | 0.0019 |
| Modal 4 | 0.119 | 0.0856 | 0.0027 | 3.77E-05 | 0.9155 | 0.8968 | 0.0002 | 0.0016 |
| Modal 5 | 0.101 | 0.0436 | 0.0051 | 0.0027 | 0.9591 | 0.9019 | 0.0028 | 0.0004 |
| Modal 6 | 0.1 | 0.0225 | 0.0062 | 0.0028 | 0.9816 | 0.9081 | 0.0056 | 0.0159 |
| Modal 7 | 0.097 | 0.0007 | 0.001 | 0.0078 | 0.9823 | 0.9091 | 0.0134 | 0.0221 |
| Modal 8 | 0.072 | 0 | 0.0022 | 0.0546 | 0.9823 | 0.9113 | 0.068 | 0.024 |
| Modal 9 | 0.07 | 4.96E-05 | 0.0013 | 0.0006 | 0.9823 | 0.9126 | 0.0685 | 0.007 |
| Modal 10 | 0.068 | 0.0001 | 0.0039 | 0.0016 | 0.9824 | 0.9164 | 0.0701 | 0.0151 |
| Modal 11 | 0.068 | 0.0003 | 0.01 | 0.0031 | 0.9828 | 0.9264 | 0.0731 | 0.0381 |
| Modal 12 | 0.067 | 0.0001 | 0.0059 | 4.06E-05 | 0.9828 | 0.9323 | 0.0732 | 0.0121 |

Figura 13

Periodos fundamentales de la estructura



❖ Análisis dinámico

En el contexto de los edificios convencionales, el análisis dinámico se realiza mediante la utilización de combinaciones espectrales. En consecuencia, los espectros de pseudoaceleración sísmica que se utilizan en el software ETABS para tener en cuenta las cargas sísmicas en las direcciones X-X e Y-Y se presentan en la siguiente tabla.

Figura 14

Espectros según RNE en ETABS

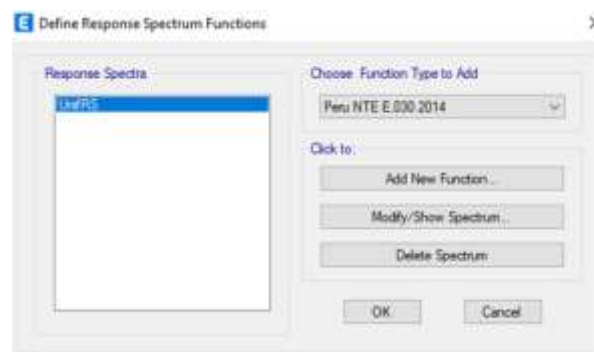
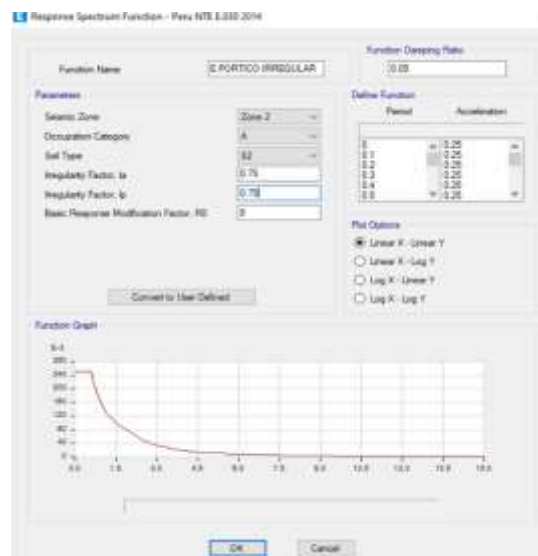


Figura 15

Espectro para pórtico



Se muestra el espectro para pórtico irregular según la norma NTE E.030. En la interfaz se han configurado los siguientes parámetros: Zona sísmica 2, categoría de ocupación A, tipo

de suelo S2, factor de irregularidad la de 0.75, factor de irregularidad I_b de 0.75, y el factor de modificación de respuesta básico R_0 de 8. La función de amortiguamiento se ha establecido en 0.05. El gráfico resultante, mostrado en la parte inferior de la figura, presenta el espectro de respuesta para el pórtico irregular, con opciones de visualización lineal y logarítmica en los ejes X e Y.

Figura 16

Espectro espectros de pseudo aceleraciones en la dirección X-X

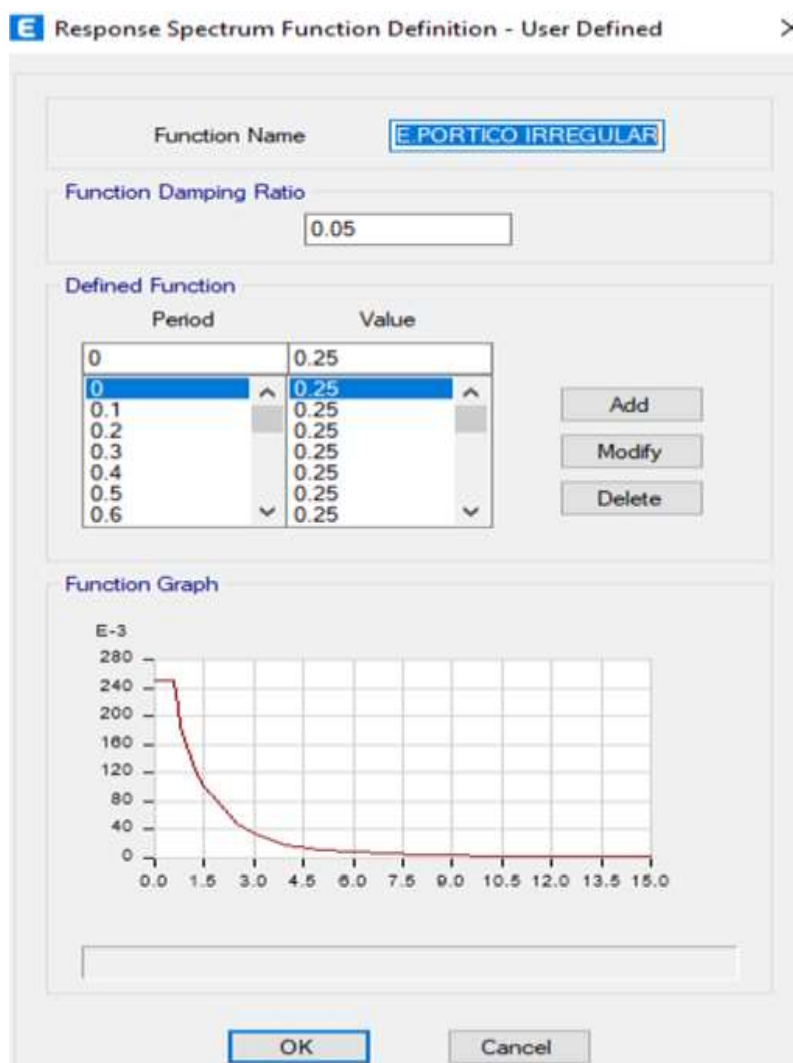
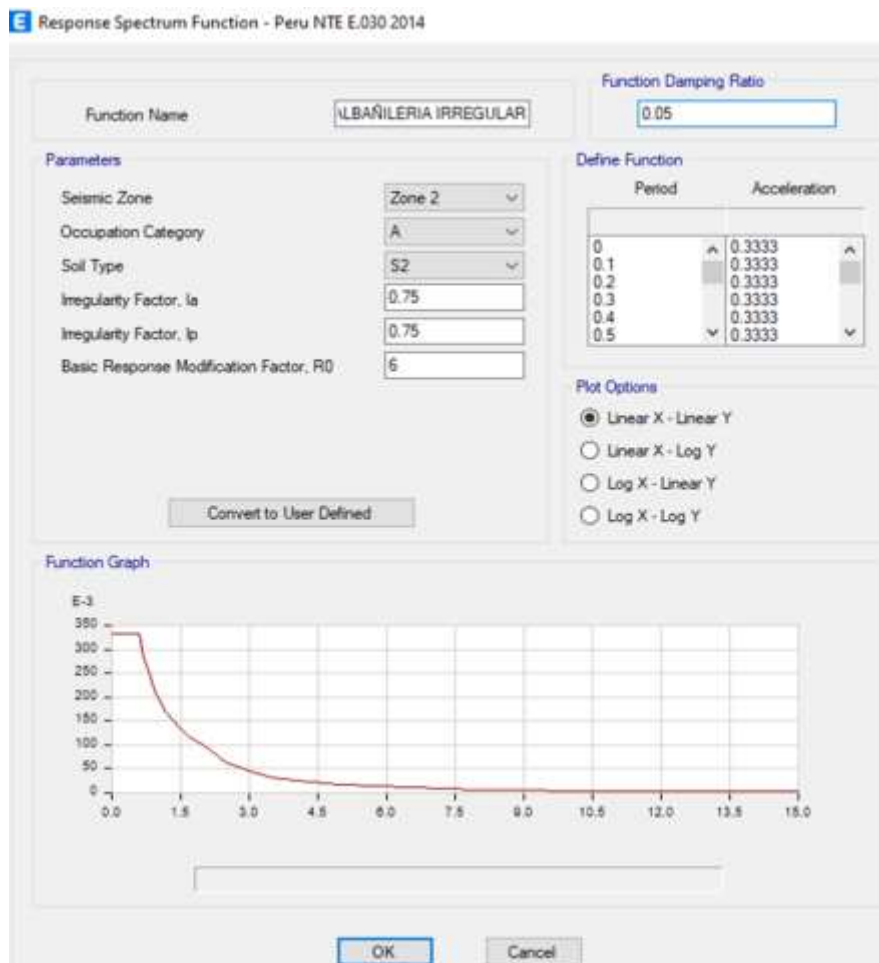


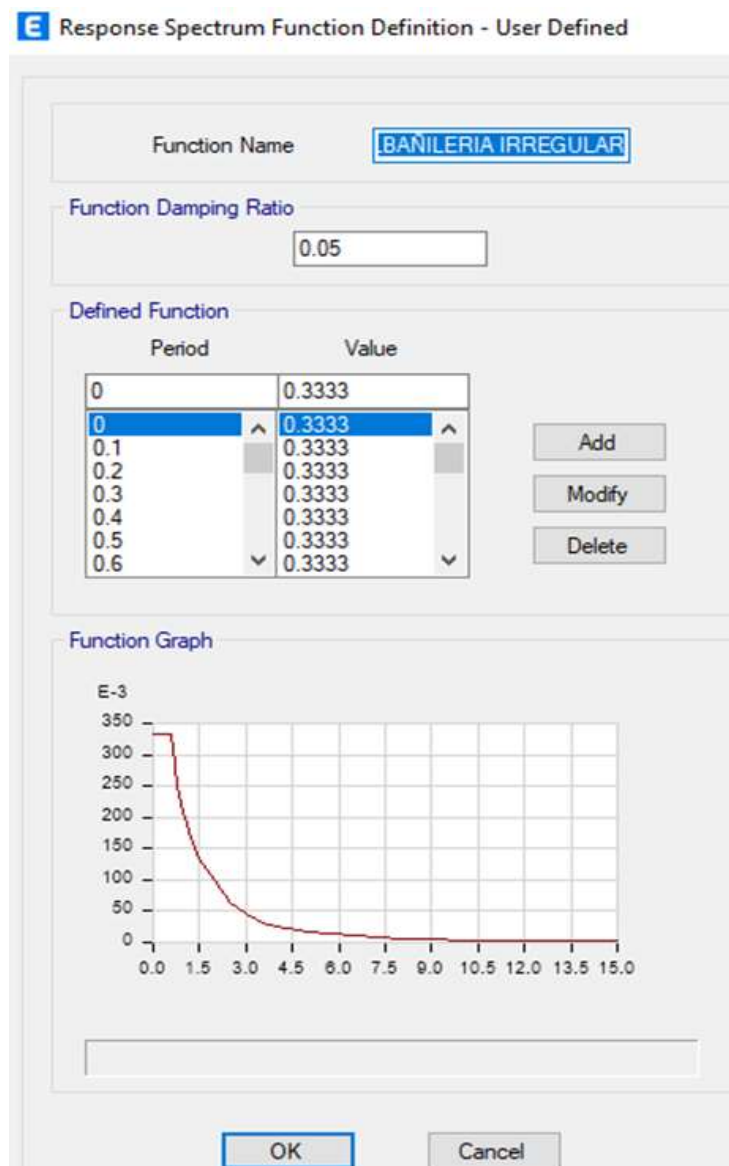
Figura 17

Espectro para albañilería

Se muestra el espectro para albañilería irregular según la norma NTE E.030 2014 de Perú. En la interfaz se han configurado los siguientes parámetros: Zona sísmica 2, categoría de ocupación A, tipo de suelo S2, factor de irregularidad Ia de 0.75, factor de irregularidad Ib de 0.75, y el factor de modificación de respuesta básico R0 de 6. La función de amortiguamiento se ha establecido en 0.05. El gráfico resultante, mostrado en la parte inferior de la figura, presenta el espectro de respuesta para la albañilería irregular, con opciones de visualización lineal y logarítmica en los ejes X e Y.

Figura 18

Espectro espectros de pseudo aceleraciones en la dirección Y-Y



❖ Desplazamientos y distorsiones

El desplazamiento relativo máximo del espacio del suelo, que se calcula utilizando el análisis elástico lineal y las tensiones sísmicas disminuidas por el coeficiente R, no debe ser superior a la proporción de la altura del espacio del suelo que corresponde al tipo de material predominante.

Límites para la distorsión de Entrepiso:

$$\delta_x = 0.75R_x \frac{\Delta_i}{h_{ei}} \leq 0.007 \quad ; \quad \delta_y = 0.75R_y \frac{\Delta_i}{h_{ei}} \leq 0.005$$

Esto se cumplirá en las direcciones X-X e Y-Y, respectivamente, ya que la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030 de la RNE especifica la distorsión máxima entre forjados en 0,007 para sistemas de hormigón armado y 0,005 para sistemas de albañilería. Se respetará cada uno de estos valores.

Figura 19

Desplazamiento en eje X-X

| Story | Output Case | Case Type | Step Type | Step Number | Direction | Drift | Label | X m | Y m |
|--------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|----------|-------|--------|--------|
| PISO 4 | DRIFT.X | LinRespSpec | Max | | X | 0.002648 | 14 | 0 | 10.65 |
| PISO 3 | DRIFT.X | LinRespSpec | Max | | X | 0.002833 | 52 | 12.73 | -0.8 |
| PISO 2 | DRIFT.X | LinRespSpec | Max | | X | 0.004569 | 52 | 12.73 | -0.8 |
| PISO 1 | DRIFT.X | LinRespSpec | Max | | X | 0.005033 | 23 | 12.73 | 0 |

Se muestra que el desplazamiento en el eje X-X es de 0.0050, el cual es el mayor desplazamiento predominante. Los datos se presentan en una tabla que muestra los desplazamientos máximos en cada piso del palacio municipal bajo el caso de salida DRIFT.X, con el tipo de caso LinRespSpec y la dirección en X.

Figura 20*Desplazamiento en eje Y-Y*

| Story | Output Case | Case Type | Step Type | Step Number | Direction | Drift | Label | X m | Y m |
|-------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|----------|-------|--------|--------|
| PSO 4 | DRFT.Y | LinRespSpec | Max | | Y | 0.002128 | 26 | 4.1 | 17.3 |
| PSO 3 | DRFT.Y | LinRespSpec | Max | | Y | 0.000553 | 47 | 0 | -0.8 |
| PSO 2 | DRFT.Y | LinRespSpec | Max | | Y | 0.000843 | 47 | 0 | -0.8 |
| PSO 1 | DRFT.Y | LinRespSpec | Max | | Y | 0.00096 | 25 | 0 | 17.3 |

Se muestra que el desplazamiento en el eje Y-Y es de 0.00096, el cual es el mayor desplazamiento predominante. Los datos se presentan en una tabla que muestra los desplazamientos máximos en cada piso del palacio municipal bajo el caso de salida DRFT.X, con el tipo de caso LinRespSpec y la dirección en X.

Se puede observar en las figuras los desplazamientos o distorsiones son menores a las que indica el Reglamento Nacional de Edificaciones.

4.1.3 Rendimiento estructural ante sismos del palacio municipal del distrito de Calapuja

Los puntos de desempeño se determinaron en función de la cortante máxima y los desplazamientos localizados observados durante el análisis sísmico. Esta evaluación permite identificar las áreas críticas de la estructura, proporcionando información esencial para mejorar su resistencia y comportamiento ante eventos sísmicos.

Según el análisis estructural y sísmico realizado mediante el software ETABS se tiene lo siguiente:

❖ Rendimiento estructural ante sismos en "X"

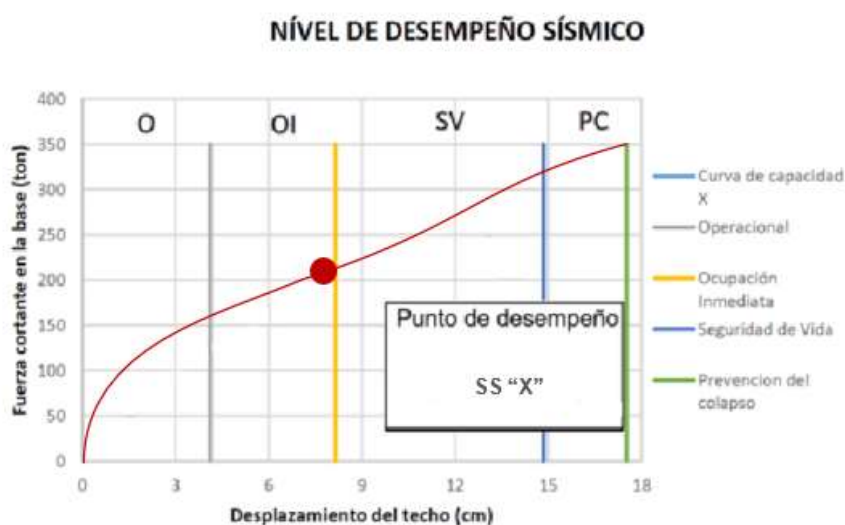
Tabla 16

Rendimiento estructural ante sismos en "X"

| | Nivel de amenaza en "x" | | |
|-----------------------|-------------------------|--------|--------|
| | SS | SD | SM |
| Desplazamiento (t)-cm | 8.63 | 10.27 | 12.32 |
| Cortante basal | 212.25 | 267.58 | 282.62 |

Figura 21

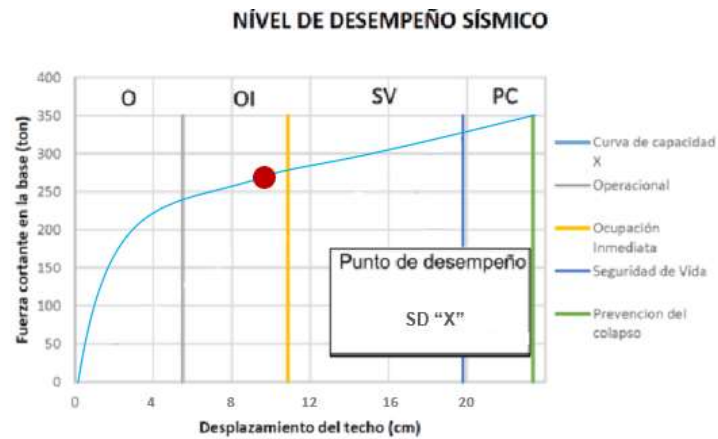
Rendimiento estructural ante sismos en "SS - X"



El rendimiento estructural ante sismos durante un "SS" (sismo de servicio) muestra un desplazamiento de 8.63 cm con una cortante de 212.25. Estos valores indican que la estructura responde adecuadamente a las sollicitaciones sísmicas previstas para eventos de servicio, manteniendo su funcionalidad y seguridad. Este comportamiento se categoriza como un nivel de desempeño "Operacional", lo que significa que la estructura experimenta desplazamientos mínimos y no presenta daños significativos, permitiendo que todas sus funciones se mantengan operativas inmediatamente después del evento sísmico.

Figura 22

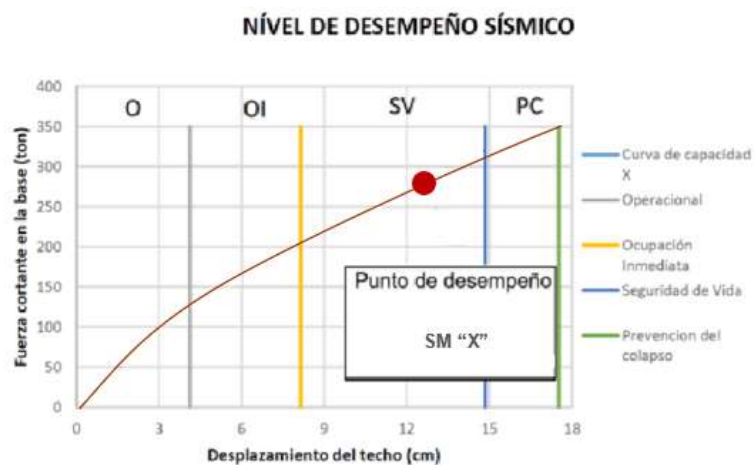
Rendimiento estructural ante sismos en "SD - X"



El rendimiento estructural ante sismos durante un "SD" (sismo de diseño) muestra un desplazamiento de 10.27 cm con una cortante de 267.58. Este comportamiento se categoriza como un nivel de desempeño "Ocupación Inmediata", lo que significa que la estructura experimenta desplazamientos controlados y daños mínimos. Esto permite que el edificio sea utilizado inmediatamente después del evento sísmico, sin necesidad de reparaciones significativas, garantizando la seguridad y funcionalidad para sus ocupantes.

Figura 23

Rendimiento estructural ante sismos en "SM - X"



El rendimiento estructural ante sismos durante un "SM" (sismo máximo) muestra un desplazamiento de 12.32 cm con una cortante de 282.62. Este comportamiento se

categoriza como un nivel de desempeño "Seguridad de Vida", lo que significa que la estructura experimenta desplazamientos moderados y daños aceptables, asegurando la integridad estructural necesaria para proteger la vida de los ocupantes. Aunque pueden ocurrir daños que requieran reparaciones significativas, la estructura no colapsa, proporcionando tiempo suficiente para la evacuación segura.

Tabla 17

Desempeño calculado para el palacio municipal "X"

| Riesgo sísmico | Nivel de desempeño | | | |
|----------------|--------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | O (Operacional) | OI (Ocupación inmediata) | SV (Seguridad de vida) | PC (Prevención del colapso) |
| SS | | x | | |
| SD | | x | | |
| SM | | | x | |

Se presentan los resultados del nivel de desempeño determinado a partir del análisis estructural del Palacio Municipal.

❖ **Rendimiento estructural ante sismos en "Y"**

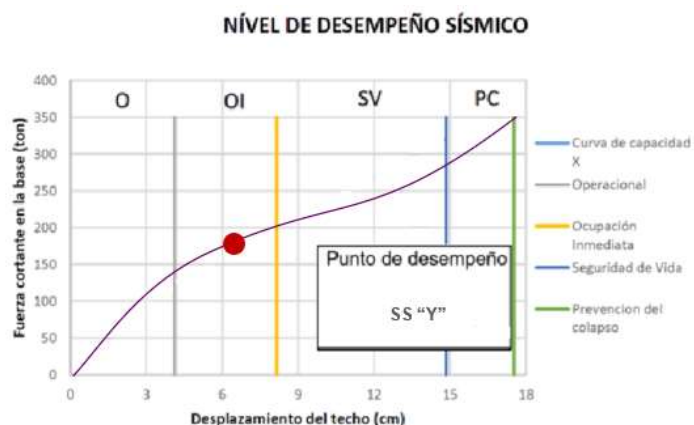
Tabla 18

Rendimiento estructural ante sismos en "Y"

| | Nivel de amenaza "Y" | | |
|----------------|----------------------|--------|--------|
| | SS | SD | SM |
| Desplazamiento | 6.31 | 7.45 | 9.12 |
| Cortante | 187.56 | 208.32 | 254.73 |

Figura 24

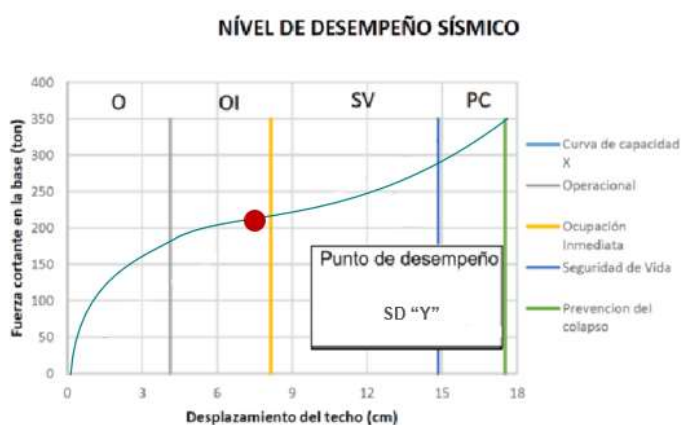
Rendimiento estructural ante sismos en "SS - Y"



El rendimiento estructural ante sismos durante un "SS" (sismo de servicio) muestra un desplazamiento de 6.31 cm. Este comportamiento se categoriza como un nivel de desempeño "Ocupación Inmediata", lo que significa que la estructura experimenta desplazamientos controlados y daños mínimos.

Figura 25

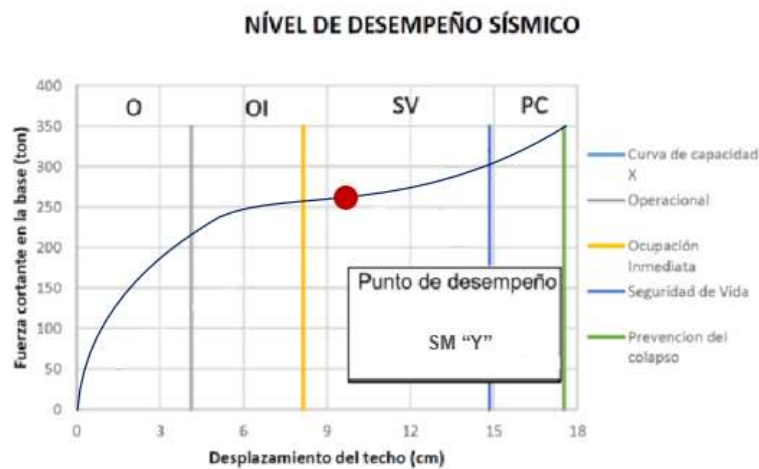
Desempeño sísmico en "SD - Y"



El rendimiento estructural ante sismos durante un "SD" (sismo de diseño) muestra un desplazamiento de 7.45 cm. Este comportamiento se categoriza como un nivel de desempeño "Ocupación Inmediata", lo que significa que la estructura experimenta desplazamientos controlados y daños mínimos.

Figura 26

Rendimiento estructural ante sismos en "SM - Y"



El rendimiento estructural ante sismos durante un "SM" (sismo máximo) muestra un desplazamiento de 9.12 cm. Este comportamiento se categoriza como un nivel de desempeño "Seguridad de Vida", lo que significa que la estructura experimenta desplazamientos moderados y daños aceptables, asegurando la integridad estructural necesaria para proteger la vida de los ocupantes.

Tabla 19

Desempeño calculado para el palacio municipal "Y"

| Riesgo sísmico | Nivel de desempeño | | | |
|----------------|--------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | O (Operacional) | OI (Ocupación inmediata) | SV (Seguridad de vida) | PC (Prevención del colapso) |
| SS | | X | | |
| SD | | X | | |
| SM | | | X | |

Se presentan los resultados del nivel de desempeño determinado a partir del análisis estructural del Palacio Municipal.

4.2 Discusión de resultados

En el estudio de (Llocle, 2021), se examinó el comportamiento estructural del bloque del nivel secundario de la escuela insignia de Ladislao Espinar. Utilizando el procedimiento del coeficiente de desplazamiento y el análisis de la curva de capacidad estructural, que se convirtió en una curva bilineal de acuerdo con las recomendaciones de ASCE/SEI 41 - 17, se determinó que la ductilidad de la estructura es de 9,94 en la dirección longitudinal, lo que indica alta ductilidad, y de 3,45 en la dirección transversal, lo que indica ductilidad moderada. Esta fue la conclusión a la que se llegó. Estos resultados pueden explicarse por el hecho de que en la dirección longitudinal, se trata de un sistema de hormigón armado, sin embargo, en la dirección transversal, se trata de un sistema de mampostería confinada, lo que resulta en una ductilidad moderada. Esta es la explicación de estos resultados. La NTE-030 estipula que el factor de reducción sísmica asignado al sistema de hormigón armado es $R=8$, mientras que el factor de reducción sísmica para el sistema de mampostería confinada es $R=3$. Estas ductilidades son coherentes con las establecidas por la NTE-030. Se utilizó el enfoque del espectro de capacidad (FEMA 440) para determinar el punto de comportamiento. Para el sismo de diseño, la relación de comportamiento estructural en la dirección longitudinal es 3,7 veces mayor que para el sismo de servicio, y para el sismo máximo, es 2,2 veces mayor que para el sismo de diseño. Ambos coeficientes de rendimiento se comparan con el terremoto de cálculo. En la dirección transversal, la relación de rendimiento estructural para el terremoto de diseño es 2,09 veces mayor que para el terremoto de servicio, y para el terremoto máximo, es 1,22 veces mayor que para el terremoto de diseño. Ambas ratios son en comparación con el terremoto de servicio. Este hecho sugiere que el mecanismo de colapso de la estructura dará lugar a un fallo frágil en la dirección Y-Y y a un fallo dúctil en la dirección X-X.

En el estudio de (Chipana & Luque, 2021), realizaron una investigación en la que examinaron el desempeño estructural sísmico de un centro de educación infantil. El estudio



utilizó el análisis estructural para evaluar el desempeño de la institución. Se determinó que la estructura del Centro Educativo Inicial 305, ubicado en la ciudad de Juliaca, presenta diferentes grados de comportamiento de acuerdo a la dirección en la que ocurre el sismo. En el caso de un sismo de servicio en la dirección X, se alcanzó un nivel de desempeño de seguridad de vida, pero en la dirección Y, se alcanzó un nivel de desempeño de ocupación inmediata. En cuanto al nivel de prestaciones para un sismo máximo, se constató que el nivel de estabilidad estructural está presente en la dirección Y una vez finalizada la investigación. En cuanto al estado de los elementos estructurales, se encontraron fallas como grietas y fisuras de varias dimensiones, tanto en longitud como en anchura, medidas en centímetros y milímetros, respectivamente, que estaban presentes en columnas y vigas. Estas grietas y fisuras estaban presentes tanto en dimensiones longitudinales como transversales. En cuanto a la resistencia de los componentes estructurales, se determinó que el ensayo de rebote esclerométrico arrojó una resistencia media a la compresión del hormigón de 211,41 kg/cm² en los pilares y de 211,27 kg/cm² en las vigas. Esto demuestra que ambas resistencias son superiores a la resistencia de diseño. Se llegó a una conclusión sobre la resistencia de los elementos estructurales.

El comportamiento sísmico estructural de un edificio con muros estructurales fue analizado en el estudio realizado por (Paredes Calderón, 2020), y a partir de esta evaluación se llegó a algunas conclusiones significativas. Se determinó que la construcción presentaba una irregularidad torsional luego de que se validaran dichas anomalías tanto en la planta como en la altura del edificio. Además, se llevó a cabo el control de las derivas entre pisos, y los resultados mostraron que la deriva máxima en la dirección X fue de 0,007, y la deriva máxima en la dirección Y fue de 0,005. Ambos valores se ajustan a lo establecido en la Norma Técnica E.030 de 2018. Con el fin de desarrollar una comprensión del comportamiento de la estructura en respuesta a diferentes grados de peligro sísmico, se derivó la curva de capacidad estructural en ambas direcciones. La estructura demostró un



comportamiento superior en la dirección X, alcanzando un desplazamiento máximo de 485,40 milímetros frente a un cortante basal de 1604,05 toneladas. Como consecuencia del fallo de los muros estructurales sometidos a cargas laterales en la dirección más propensa a la flexión, el desplazamiento máximo en la dirección Y fue de 332,73 milímetros a un cortante basal de 1452,05 toneladas. De acuerdo con los resultados del análisis estático no lineal, la estructura se aproxima al punto de colapso en la dirección X en el paso 32. Esto indica que hay 816 plásticos en la estructura. Esto indica que hay 816 bisagras plásticas en estado completamente funcional, 45 bisagras en estado de seguridad vital, 2 bisagras que están a punto de colapsar y 7 bisagras que se han roto. La construcción se aproxima al colapso en la dirección Y en el paso 17, con 852 bisagras de plástico en estado completamente funcional, 7 bisagras en estado de seguridad vital, ninguna de las bisagras a punto de colapsar, y 11 bisagras que se han colapsado solas.

En nuestro estudio se evaluó el rendimiento estructural ante sismos, primero teniendo en cuenta el suelo de fundación. Mediante el ensayo de penetración dinámica ligera (DPL), se determinó que la carga última fue de 2.25 y con una carga admisible de 0.75 kg/cm² en ambas calicatas. Asimismo, se evaluaron los máximos desplazamientos relativos utilizando el software ETABS. Se obtuvo que el máximo desplazamiento relativo en la dirección X es de 0.0050, mientras que en la dirección Y es de 0.00096, cumpliendo así con los parámetros establecidos por la (NTP) E.030. En cuanto al rendimiento estructural ante sismos, se determinó que en la dirección X el desempeño corresponde a "seguridad de vida", y de igual manera en la dirección Y, lo que indica que los desplazamientos presentados son moderados y que la estructura no colapsará.



CONCLUSIONES

C1- El suelo de fundación del terreno destinado a la construcción del palacio municipal del distrito se caracterizó por presentar un tipo de suelo CL y ML. El análisis se llevó a cabo a través de la realización de dos calicatas en distintos puntos del terreno. Cuyos resultados obtenidos indicaron que la capacidad portante última del suelo fue de 2.25 kg/cm^2 , mientras que la capacidad portante admisible se estableció en 0.75 kg/cm^2 .

C2- La estructura del Palacio Municipal del distrito de Calapuja presentó unos desplazamientos máximos relativos de 0.005033 en la dirección X y de 0.00096 en la dirección Y. Estos valores se encuentran dentro de los límites aceptables, cumpliendo con la normativa E.030.

C.3- En el análisis del rendimiento estructural ante sismos del Palacio Municipal del distrito de Calapuja, se observó que, para un sismo de servicio y de diseño en las direcciones X y Y, el edificio alcanzó un nivel de desempeño de "ocupación inmediata". Sin embargo, para un sismo máximo en las mismas direcciones, el nivel de desempeño registrado fue de "seguridad de vida".



RECOMENDACIONES

R1- Se recomienda realizar la evaluación considerando el amortiguamiento del suelo, ya que esto podría representar diferencias significativas en comparación con el modelo de base fija.

R2- Se recomienda que, para futuras investigaciones del rendimiento estructural ante sismos basadas en el análisis estructural de una edificación, se consideren las características del suelo de fundación. Estos datos son muy relevantes al momento de ingresar la información en el software de análisis estructural.

R3- El rendimiento estructural ante sismos de una edificación puede variar según varios aspectos. Se recomienda realizar un análisis adecuado para obtener resultados más precisos sobre el nivel de desempeño. Esto es fundamental para la toma de decisiones posteriores acerca de la intervención en la edificación en estudio.



BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Monteza, L. J. (2023). Rendimiento estructural ante sismos Estructural en un Sistema Aporticado Mediante el Análisis Estático no Lineal. *Repositorio Institucional - USS*. <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11118>
- Apaza Mamani, J. (2022). Análisis de la capacidad portante del suelo de fundación empleando el ensayo SPT - NTP339.133 en Lampa—Puno 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90137>
- Barrera Moreno, E. A. (2021). *Análisis estructural del rendimiento estructural ante sismos del edificio del Hospital Veterinario de la Universidad Técnica de Ambato, mediante la medición de vibraciones* [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/33564>
- Burga Rubio, J. Y. (2023). *Evaluación de los asentamientos en el suelo de fundación de la carretera Chachapoyas – Pedro Puiz Pe-08b Km 47+ 380 al Km 47+580*.
- Cabascango Chuquirima, C. A. (2022). *Análisis estructural del rendimiento estructural ante sismos del edificio multifamiliar “Peña Mendoza” de hormigón armado de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, ubicado en la cooperativa 30 de Julio mediante el método de vibraciones* [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/36454>
- Calapuja Suaña, J. C., & Yucra Ticona, L. V. (2021). Respuesta sísmica por el método de desempeño, del armazón estructural del edificio multifamiliar Zúñiga Galicia, Juliaca, Puno—2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62020>
- Carrillo Sotelo, A. P., & Casas Rengifo, J. C. (2018). Evaluación del Suelo de Fundación con Fines de Cimentación de la Zona 1° de Mayo Nuevo Chimbote – Ancash



2018. *Universidad César Vallejo.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31045>

Chipana Sotomayor, F. A., & Luque Coaquira, E. L. (2021). Análisis estructural para determinar el rendimiento estructural ante sismos del Centro Educativo Inicial 305 en la ciudad de Juliaca – Puno 2021. *Repositorio Institucional - UCV.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/69244>

Choque Sucasaca, J. F., & Luque Solis, E. D. (2019). *Análisis estático no lineal y evaluación del rendimiento estructural ante sismos de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030.*

Díaz Lazo, J. J. M., & Díaz Rivera, C. L. (2020). *Evaluación de rendimiento estructural ante sismos del Hospital Regional de Lambayeque, ubicado en la provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque.*

<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8411>

Espinoza Jesus, J. M. (2022). *Estabilización de suelos de fundación arcillosa con extracto de schinu molle para subrasante, km 26+800 Carretera Huánuco – Punto Unión,*

Garzón, J. (2021). *Identificación de materiales de mejoramiento en suelos expansivos destinados como suelo de fundación para viviendas en el sector Nor-Oriental de la ciudad de Tunja* [Bachelor thesis].

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33715>

Huamani Peña, A. D. (2024). Evaluación estructural por rendimiento estructural ante sismos del Palacio Municipal de la Provincia de Chanchamayo – Junín y comparación según de norma peruana E. 030 y norma ecuatoriana NEC-SE-DS – 2015. *Repositorio Institucional - UPT.*

<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3458>

Lipe Ingalla, R. W. (2022). Análisis del comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos mediante la interacción suelo-estructura, Urbanización zona industrial, Juliaca 2022. *Repositorio Institucional - UCV.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87087>



- Liza Alvarez, E. J. (2022). Análisis sísmico de elementos estructurales de albañilería confinada para determinar su rendimiento estructural ante sismos en viviendas autoconstruidas-4 niveles, VES 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/135493>
- Orihuela Ayala, E. C., & Orihuela Tolentino, M. C. (2021). Rendimiento estructural ante sismos del pabellón «D» de la I.E. Francisco Bolognesi, mediante el análisis estático no lineal «Pushover», distrito Chilca, Huancayo, 2021. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11451>
- Perez Neyra, C., & Torres Balbin, R. D. (2022). *Evaluación del rendimiento estructural ante sismos de un edificio de muros estructurales de mediana altura en base a desplazamientos y costos de reparación probables*.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/23901>
- Quiroz Tolentino, P. E. (2024). Evaluación del Rendimiento estructural ante sismos de La Infraestructura de las Oficinas Administrativas de la Universidad Nacional de Ucayali. *Universidad Nacional de Ucayali*.
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/7071>
- Quispe, G. (2021). Evaluación del desempeño sismorresistente para la mejora del comportamiento estructural del laboratorio de la Escuela Profesional de Obstetricia, UNSCH, 2021. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.
- Quispillo Morocho, K. A. (2022). *Análisis comparativo de la respuesta estructural y del nivel de desempeño de una edificación de hormigón armado, considerando dos opciones: Base rígida e interacción suelo-estructura* [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/34107>
- Ravines Aliaga, J. A. (2017). Capacidad portante de los suelos de fundación, mediante los métodos del y corte directo para la ciudad de José Gálvez—Celendín—Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1155>



- Razo Taco, J. A. (2021). *Diseño estructural del edificio de posgrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi para garantizar su correcto rendimiento estructural ante sismos* [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato.
- Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.
- Rojas Vega, W. (2016). *Análisis de resultados de la capacidad portante en el proyecto de vivienda multifamiliar el Mirador de las Palmas – Surco, 2016*.
<https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/7610>
- Samillán Farro, R. D. J. (2019). Análisis del rendimiento estructural ante sismos no lineal estático (pushover) en una edificación de ocho pisos Chiclayo-Lambayeque.
Repositorio Institucional - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38705>
- Zamora Huancas, A. P. (2022). Determinación de la capacidad portante del suelo de fundación en las manzanas de Rinconada de Piura V - sub etapa A y B, para fines de vivienda unifamiliar. Veintiséis de Octubre, Piura, Piura. *Universidad Nacional de Piura*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3204790>



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

| TÍTULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024 | | | | |
|--|--|--|---|---|
| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Inst. de Medición |
| ¿Cuál es la calidad del suelo de fundación y como es el rendimiento estructural ante sismos estructural del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024? | Evaluar la calidad del suelo de fundación y analizar el rendimiento estructural ante sismos estructural del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024. | La calidad del suelo de fundación y el rendimiento estructural ante sismos estructural del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024, será regular y resultará de seguridad de vida respectivamente. | <p>VI: Calidad del suelo de fundación</p> <p>Indicador: <i>Capacidad portante.</i> <i>Capacidad de ultima carga admisible.</i></p> <p>VD: Rendimiento estructural ante sismos estructural del diseño del palacio municipal</p> <p>Indicador: <i>Riesgo sísmico.</i></p> | <p>Ficha de toma de datos y ensayos de laboratorio.</p> <p>Programas y excel.</p> |
| Problemas Específicos | Objetivos Específicos | Hipótesis Específicas | | |
| ¿Cuáles es la capacidad portante ultima y admisible del suelo de fundación del terreno destinado a la construcción del palacio municipal del distrito de Calapuja 2024? | Determinar la capacidad portante ultima y admisible del suelo de fundación del terreno destinado a la construcción del palacio municipal del distrito de Calapuja 2024. | La capacidad portante ultima y admisible del suelo de fundación del terreno destinado a la construcción del palacio municipal del distrito de Calapuja 2024, será regular. | | |
| ¿Cuáles son los desplazamientos máximos relativos de la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024? | Determinar los desplazamientos máximos relativos de la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024. | Los desplazamientos máximos de la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024, estarán por encima de los máximos admisibles recomendados por norma. | | |
| ¿Cuál es el nivel de rendimiento estructural ante sismos según el riesgo sísmico aplicado a la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024? | Determinar el nivel de rendimiento estructural ante sismos según el riesgo sísmico aplicado a la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024. | El nivel de rendimiento estructural ante sismos según el riesgo sísmico aplicado a la estructura del diseño de palacio municipal del distrito de Calapuja 2024, será de seguridad de vida en la dirección X. | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

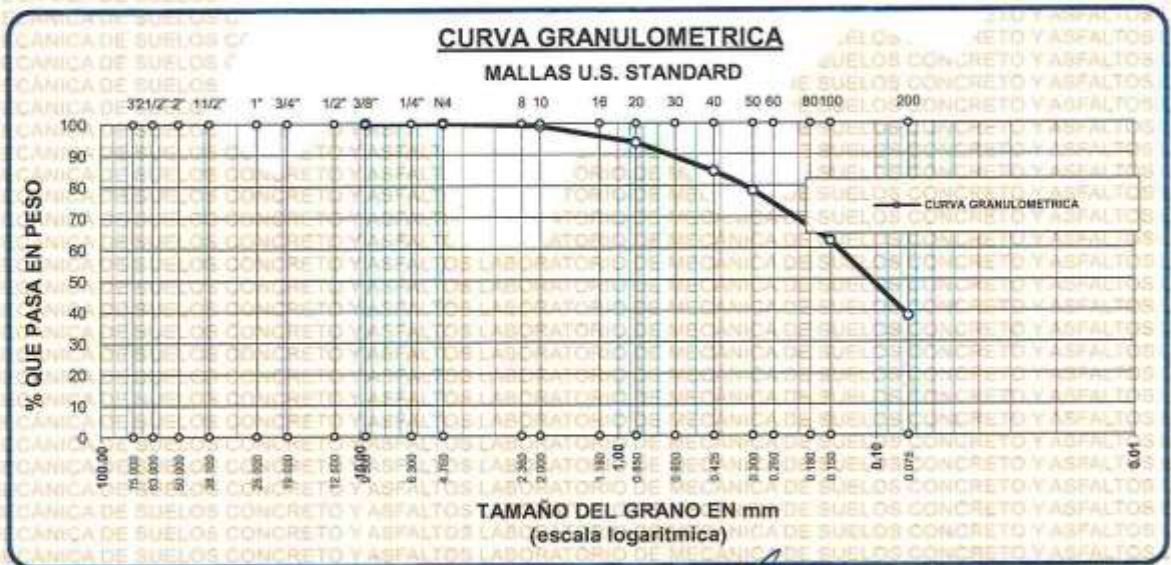
UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 01

FECHA : 15 DE JULIO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---------------------------|
| 3" | 75.000 | | | | | | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.I.= 500.00 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.L.= 308.60 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | P.P.= 191.40 |
| 1" | 25.000 | | | | | | %w= 17.86 |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | L.L.= 21.42 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | L.P.= 8.93 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | I.P.= 12.48 |
| No4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No8 | 2.360 | | | | | | D10= --- Cu= --- |
| No10 | 2.000 | 4.58 | 0.92 | 0.92 | 99.08 | | D30= --- Cc= --- |
| No16 | 1.180 | | | | | | D60= 0.14 |
| No20 | 0.850 | 26.48 | 5.30 | 6.21 | 93.79 | | CLASIFICACION: |
| No30 | 0.600 | | | | | | I.G. = |
| No40 | 0.425 | 46.12 | 9.22 | 15.44 | 84.56 | | SUSCS : SC |
| No50 | 0.300 | 30.56 | 6.11 | 21.55 | 78.45 | | ASSTHO : |
| No60 | 0.250 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 80.56 | 16.11 | 37.66 | 62.34 | | |
| No200 | 0.075 | 120.30 | 24.06 | 61.72 | 38.28 | | |
| BASE | | 191.40 | 38.28 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 38.28 | | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Matr. Arnoldo Yana Torres
C.P. 103757



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 01

FECHA : 15 DE JULIO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 149.50 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 134.56 |
| PESO DEL TARRO | gr | 50.91 |
| PESO DEL AGUA | gr | 14.94 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 83.65 |
| HUMEDAD % | % | 17.86 |

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

| TARRO N° | | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|----------------------|----|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | A | B |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 38.56 | 38.95 | 38.81 | 12.45 | 12.45 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 35.47 | 35.62 | 35.72 | 11.78 | 11.77 |
| PESO DEL TARRO | gr | 21.22 | 20.44 | 22.08 | 4.22 | 4.22 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.09 | 3.33 | 3.09 | 0.67 | 0.68 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 14.25 | 15.18 | 13.64 | 7.56 | 7.55 |
| HUMEDAD % | % | 21.68 | 21.94 | 22.65 | 8.86 | 9.01 |
| N° DE GOLPES | | 30 | 20 | 12 | | |

LIMITE LIQUIDO : 21.42 **LIMITE PLASTICO** : 8.93

INDICE PLASTICO : 12.48

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Líquido
 W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

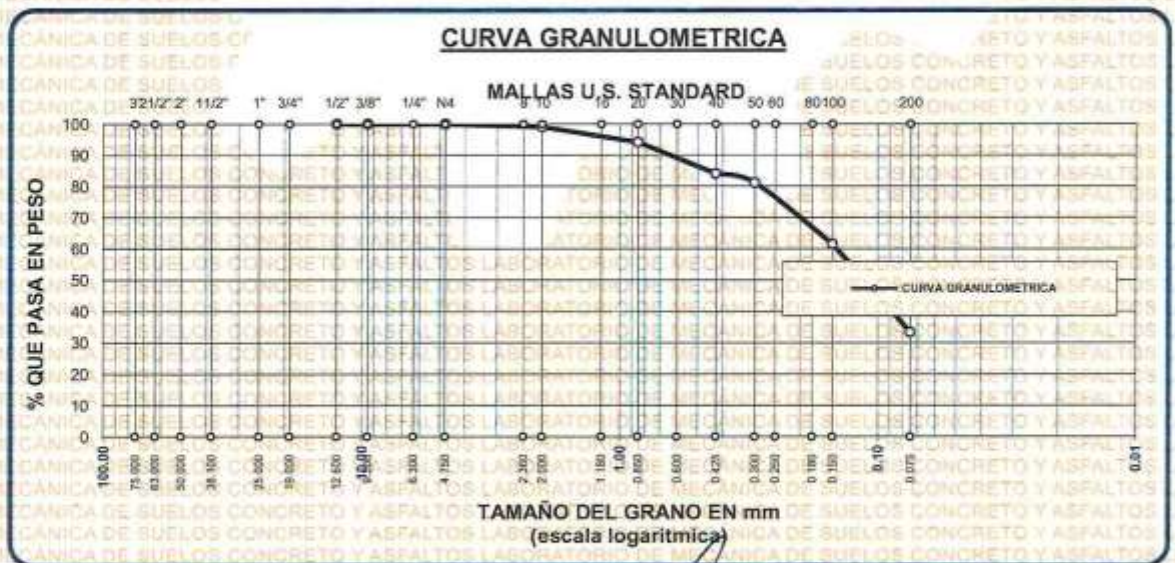
UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 2

FECHA : 15 DE JULIO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---------------------------|
| 3" | 75.000 | | | | | | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.= 500.00 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.L.= 333.52 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | P.P.= 166.48 |
| 1" | 25.000 | | | | | | % w = 18.07 |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | L.L.= 21.12 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | L.P.= 9.48 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | I.P.= 11.65 |
| No4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No8 | 2.360 | | | | | | D10= — Cu= — |
| No10 | 2.000 | 4.59 | 0.92 | 0.92 | 99.08 | | D30= — Cc= — |
| No16 | 1.180 | | | | | | D60= 0.15 |
| No20 | 0.850 | 24.57 | 4.91 | 5.83 | 94.17 | | CLASIFICACION: |
| No30 | 0.600 | | | | | | I.G. = |
| No40 | 0.425 | 50.50 | 10.10 | 15.93 | 84.07 | | SUSCS : SC |
| No 50 | 0.300 | 14.65 | 2.93 | 18.86 | 81.14 | | ASSTHO : |
| No60 | 0.250 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 98.61 | 19.72 | 38.58 | 61.42 | | |
| No200 | 0.075 | 140.60 | 28.12 | 66.70 | 33.30 | | |
| BASE | | 166.48 | 33.30 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 33.30 | | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. CALAPUJA - TAMBORA

Metr. Arnoldo Luna Torres
CIP 107077



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 02

FECHA : 15 DE JULIO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 149.57 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 134.58 |
| PESO DEL TARRO | gr | 51.61 |
| PESO DEL AGUA | gr | 14.99 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 82.97 |
| HUMEDAD % | % | 18.07 |

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

| TARRO N° | | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|----------------------|----|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | | 4 | 5 | 6 | C | D |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 44.09 | 43.46 | 44.42 | 12.56 | 12.54 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 41.82 | 41.08 | 41.74 | 12.00 | 12.00 |
| PESO DEL TARRO | gr | 31.00 | 30.00 | 30.00 | 6.24 | 6.15 |
| PESO DEL AGUA | gr | 2.27 | 2.38 | 2.68 | 0.56 | 0.54 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 10.82 | 11.08 | 11.74 | 5.76 | 5.85 |
| HUMEDAD % | % | 20.98 | 21.48 | 22.83 | 9.72 | 9.23 |
| N° DE GOLPES | | 27 | 20 | 14 | | |

LIMITE LIQUIDO : 21.12 **LIMITE PLASTICO** : 9.48

INDICE PLASTICO : 11.65

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDA VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

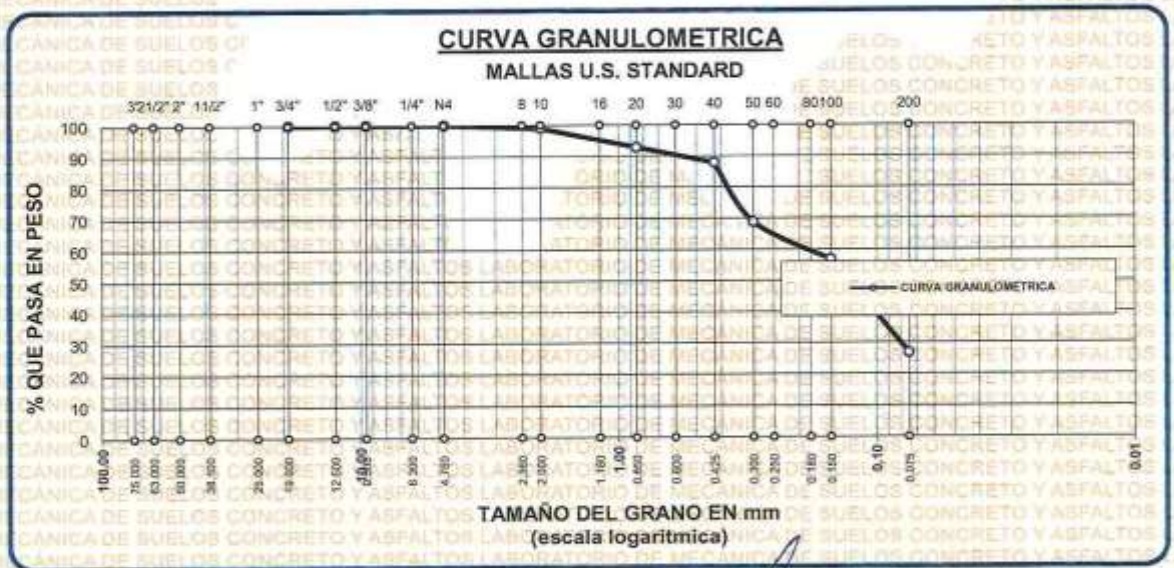
UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 3

FECHA : 15 DE JULIO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---------------------------|
| 3" | 75.000 | | | | | | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.= 500.00 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.L.= 366.67 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | P.P.= 133.33 |
| 1" | 25.000 | | | | | | %w = 17.78 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | L.L.= 21.90 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | L.P.= 9.99 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | I.P.= 11.92 |
| No4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No8 | 2.360 | | | | | | D10= --- Cu= --- |
| No10 | 2.000 | 5.32 | 1.06 | 1.06 | 98.94 | | D30= 0.083 Cc= --- |
| No16 | 1.180 | | | | | | D60= 0.19 |
| No20 | 0.850 | 30.42 | 6.08 | 7.15 | 92.85 | | CLASIFICACION: |
| No30 | 0.600 | | | | | | I.G. = |
| No40 | 0.425 | 24.87 | 4.97 | 12.12 | 87.88 | | SUSCS : SC - SM |
| No 50 | 0.300 | 95.29 | 19.06 | 31.18 | 68.82 | | ASSTHO : |
| No60 | 0.250 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 60.32 | 12.06 | 43.24 | 56.76 | | |
| No200 | 0.075 | 150.45 | 30.09 | 73.33 | 26.67 | | |
| BASE | | 133.33 | 26.67 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | | | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDA VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIF: 1173257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACION Y ANALISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE

: BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

UBICACIÓN

: DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR

: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA

: MUESTRA 03

FECHA

: 15 DE JULIO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 150.24 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 135.14 |
| PESO DEL TARRO | gr | 50.19 |
| PESO DEL AGUA | gr | 15.10 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 84.95 |
| HUMEDAD % | % | 17.78 |

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

| TARRO N° | | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|----------------------|----|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | | 7 | 8 | 9 | E | F |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 39.56 | 40.12 | 39.87 | 12.29 | 12.19 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 36.12 | 36.48 | 36.52 | 11.52 | 11.50 |
| PESO DEL TARRO | gr | 20.45 | 20.45 | 20.63 | 4.21 | 4.19 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.44 | 3.64 | 3.35 | 0.77 | 0.69 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 15.67 | 16.03 | 15.89 | 7.31 | 7.31 |
| HUMEDAD % | % | 21.95 | 22.71 | 21.08 | 10.53 | 9.44 |
| N° DE GOLPES | | 35 | 28 | 15 | | |

| | | | | | |
|-----------------------|---|--------------|------------------------|---|-------------|
| LIMITE LIQUIDO | : | 21.90 | LIMITE PLASTICO | : | 9.99 |
|-----------------------|---|--------------|------------------------|---|-------------|

INDICE PLASTICO : **11.92**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FICP - C.P. INGENIERIA CIVIL
 Mety Arnaldo Yana Torres
 CIP 147703



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

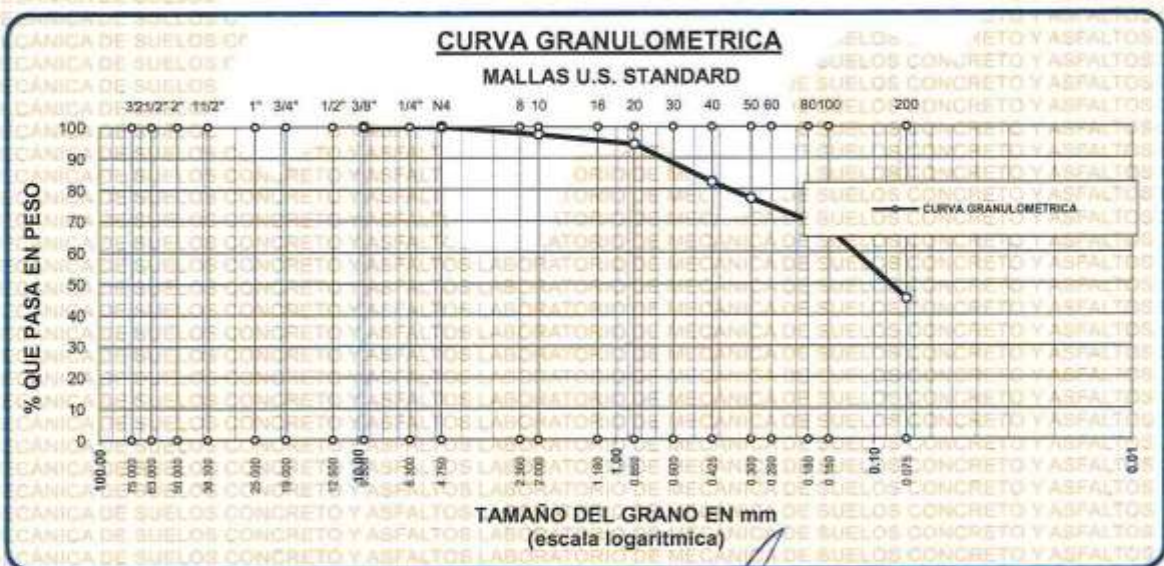
UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 01 - C2

FECHA : 16 DE JULIO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---|
| 3" | 75.000 | | | | | | P.L.= 500.00 |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.= 274.45 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.P.= 225.55 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | %W= 18.19 |
| 1" | 25.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | L.L.= 21.67 |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | L.P.= 10.38 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | I.P.= 11.29 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | D10= --- Cu= --- |
| No8 | 2.360 | | | | | | D30= --- Cc= --- |
| No10 | 2.000 | 12.45 | 2.49 | 2.49 | 97.51 | | D60= 0.13 |
| No16 | 1.180 | | | | | | CLASIFICACION: |
| No20 | 0.850 | 15.45 | 3.09 | 5.58 | 94.42 | | I.G. = |
| No30 | 0.600 | | | | | | SUSCS : SC |
| No40 | 0.425 | 60.47 | 12.09 | 17.67 | 82.33 | | ASSTHO : |
| No50 | 0.300 | 26.12 | 5.22 | 22.90 | 77.10 | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 48.62 | 9.72 | 32.62 | 67.38 | | |
| No200 | 0.075 | 111.34 | 22.27 | 54.89 | 45.11 | | |
| BASE | | 225.55 | 45.11 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | | | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELÁSQUEZ"
FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEPATURA

Mgtr. *Arnaldo Yana Torres*
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 01 - C2

FECHA : 16 DE JULIO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 150.25 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 135.47 |
| PESO DEL TARRO | gr | 54.23 |
| PESO DEL AGUA | gr | 14.78 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 81.24 |
| HUMEDAD % | % | 18.19 |

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

| TARRO N° | | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|----------------------|----|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | A | B |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 39.54 | 39.26 | 39.78 | 12.36 | 12.65 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 36.17 | 35.87 | 36.53 | 11.67 | 11.78 |
| PESO DEL TARRO | gr | 21.22 | 20.44 | 22.08 | 4.22 | 4.22 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.37 | 3.39 | 3.25 | 0.69 | 0.87 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 14.95 | 15.43 | 14.45 | 7.45 | 7.56 |
| HUMEDAD % | % | 22.54 | 21.97 | 22.49 | 9.26 | 11.51 |
| N° DE GOLPES | | 30 | 20 | 12 | | |

LIMITE LIQUIDO : 21.67 **LIMITE PLASTICO** : 10.38

INDICE PLASTICO : 11.29

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FICP - CAP/INGENIERIA CIVIL
Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 102257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

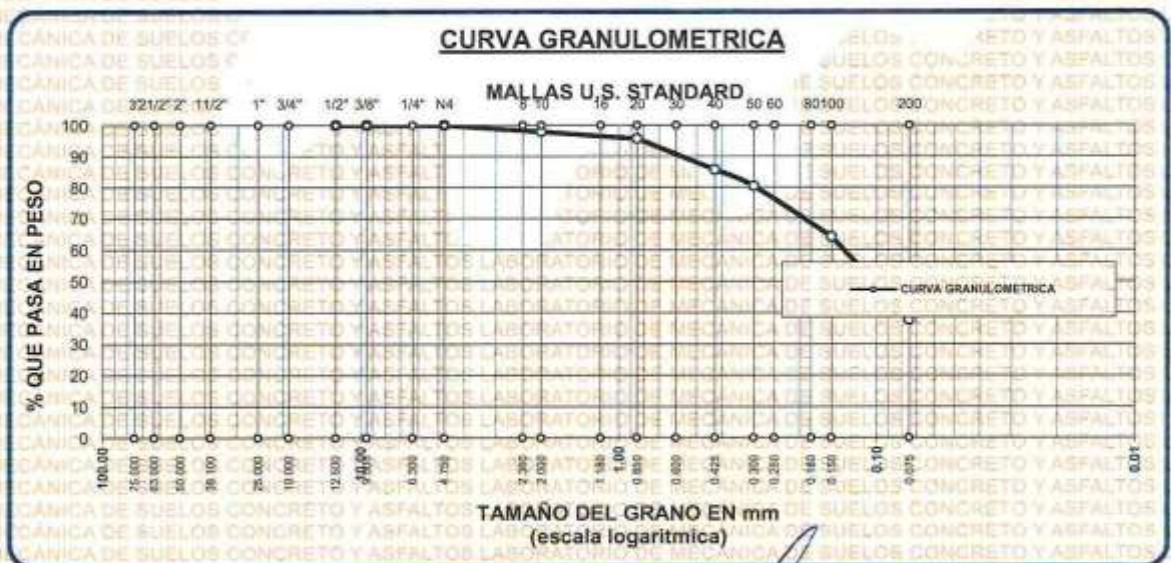
UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 2 - C2

FECHA : 16 DE JULIO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---|
| 3" | 75.000 | | | | | | P.I.= 500.00 |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.= 311.46 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.P.= 188.54 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | %w = 18.77 |
| 1" | 25.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | LL= 19.24 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LP= 9.64 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LP= 9.61 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | D10= --- Cu= --- |
| No8 | 2.360 | | | | | | D30= --- Cc= --- |
| No10 | 2.000 | 10.62 | 2.12 | 2.12 | 97.88 | | D60= 0.14 |
| No16 | 1.180 | | | | | | CLASIFICACION: |
| No20 | 0.850 | 11.23 | 2.25 | 4.37 | 95.63 | | I.G. = |
| No30 | 0.600 | | | | | | SUSCS ; SC |
| No40 | 0.425 | 49.65 | 9.93 | 14.30 | 85.70 | | ASSTHO : |
| No50 | 0.300 | 26.57 | 5.31 | 19.61 | 80.39 | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 81.24 | 16.25 | 35.86 | 64.14 | | |
| No200 | 0.075 | 132.15 | 26.43 | 62.29 | 37.71 | | |
| BASE | | 188.54 | 37.71 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | | 37.71 | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CIVIL, INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Mtro. Arnaldo Yana Torre



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 02 - C2

FECHA : 16 DE JULIO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 148.46 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 133.47 |
| PESO DEL TARRO | gr | 53.62 |
| PESO DEL AGUA | gr | 14.99 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 79.85 |
| HUMEDAD % | % | 18.77 |

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

| TARRO N° | | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|----------------------|----|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | | 4 | 5 | 6 | C | D |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 43.98 | 44.12 | 44.06 | 12.78 | 12.92 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 41.80 | 41.83 | 41.73 | 12.21 | 12.32 |
| PESO DEL TARRO | gr | 31.00 | 30.00 | 30.00 | 6.24 | 6.15 |
| PESO DEL AGUA | gr | 2.18 | 2.29 | 2.33 | 0.57 | 0.60 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 10.80 | 11.83 | 11.73 | 5.97 | 6.17 |
| HUMEDAD % | % | 20.19 | 19.36 | 19.86 | 9.55 | 9.72 |
| N° DE GOLPES | | 27 | 20 | 14 | | |

LIMITE LIQUIDO : 19.24 **LIMITE PLASTICO** : 9.64

INDICE PLASTICO : 09.61

$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Argaldo Iana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

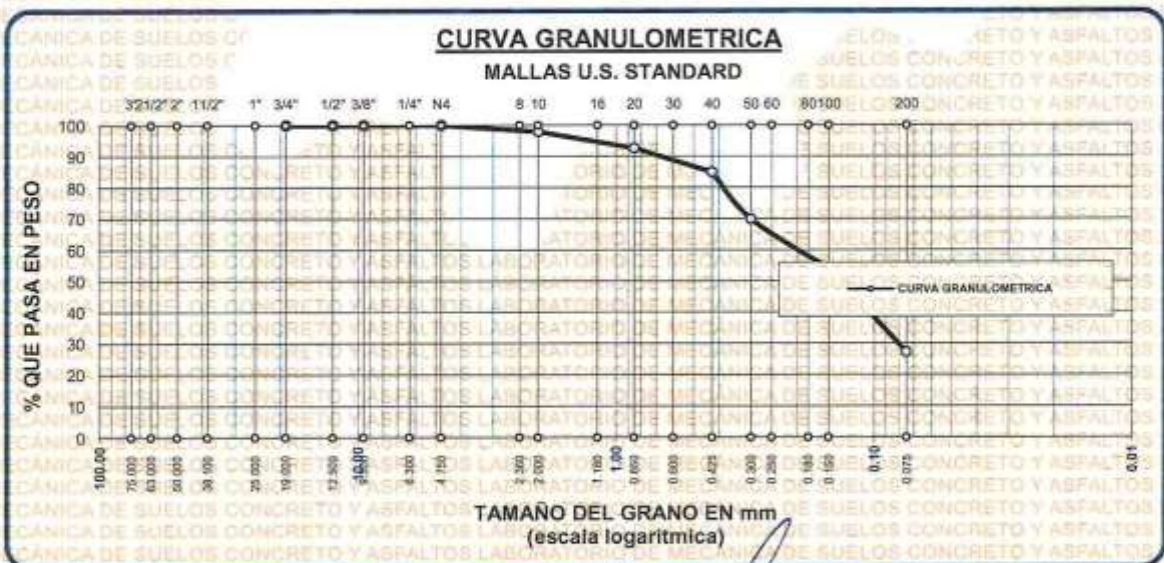
UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 3 - C3

FECHA : 16 DE JULIO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---------------------------|
| 3" | 75.000 | | | | | | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.I.= 500.00 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.L.= 364.53 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | P.P.= 135.47 |
| 1" | 25.000 | | | | | | %w = 18.14 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LL = 19.58 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | L.P. = 8.76 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | I.P. = 10.82 |
| No4 | 4.750 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No8 | 2.360 | | | | | | D10 = --- Cu = --- |
| No10 | 2.000 | 10.34 | 2.07 | 2.07 | 97.93 | | D30 = 0.083 Cc = --- |
| No16 | 1.180 | | | | | | D60 = 0.21 |
| No20 | 0.850 | 26.57 | 5.31 | 7.38 | 92.62 | | CLASIFICACION: |
| No30 | 0.600 | | | | | | I.G. = |
| No40 | 0.425 | 38.54 | 7.71 | 15.09 | 84.91 | | SUSCS : SC - SM |
| No50 | 0.300 | 75.46 | 15.09 | 30.18 | 69.82 | | ASSTHO : |
| No60 | 0.250 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 79.12 | 15.82 | 46.01 | 53.99 | | |
| No200 | 0.075 | 134.50 | 26.90 | 72.91 | 27.09 | | |
| BASE | | 135.47 | 27.09 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | | | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - C.A. INGENIERÍA CIVIL
Mtro. Arnaldo Yana Torres
CAP 113257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

SOLICITANTE : BACHILLER GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

UBICACIÓN : DISTRITO DE CALAPUJA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 03 - C2

FECHA : 16 DE JULIO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 152.34 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 137.12 |
| PESO DEL TARRO | gr | 53.21 |
| PESO DEL AGUA | gr | 15.22 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 83.91 |
| HUMEDAD % | % | 18.14 |

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

| TARRO N° | | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|-----------------------|----|----------------|------------------------|-------|-----------------|-------|
| | | 7 | 8 | 9 | E | F |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 39.87 | 40.36 | 40.12 | 12.46 | 12.58 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 36.85 | 37.11 | 36.95 | 11.84 | 11.86 |
| PESO DEL TARRO | gr | 20.45 | 20.45 | 20.63 | 4.21 | 4.19 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.22 | 3.25 | 3.17 | 0.62 | 0.72 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 16.20 | 16.66 | 16.32 | 7.63 | 7.67 |
| HUMEDAD % | % | 19.88 | 19.51 | 19.42 | 8.13 | 9.39 |
| N° DE GOLPES | | 35 | 28 | 15 | | |
| LIMITE LIQUIDO | : | 19.58 | LIMITE PLASTICO | : | 8.76 | |

INDICE PLASTICO : 10.82

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Limite Liquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JEFATURA

Mtro. Annelisa Yana Torres
CIP 100000000



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 31-12-2024

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: GIANFRANCO TOMY CHARRES MESTAS

Dirección: Jr. AYAVIRI 707 SAN JOSE ETAPA I

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74774659

Teléfono: 912 476 310 email: tomi_charres12@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE FUNDACIÓN Y ANÁLISIS DEL

DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DEL DISEÑO DE PALACIO

MUNICIPAL DEL DISTRITO DE CALAPUJA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): CALIDAD DEL SUELO, SUELO DE FUNDACIÓN, DESEMPEÑO SÍSMICO, ANÁLISIS

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

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES - P17



31-12-2024

Firma de Autor

huella digital

Fecha