

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL  
PABELLÓN “A” DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA VICTOR  
RAUL HAYA DE LA TORRE, JAÉN – CAJAMARCA**

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

**PRESENTADO POR:**

**Bach. HERNANDO LINARES SILVA**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMIREZ**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2023**

COPYRIGHT © 2023 by  
**HERNANDO LINARES SILVA**  
Todos los derechos reservados

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, Editha y Carlos, les dedico este logro con profundo agradecimiento por su constante presencia y apoyo en cada etapa de mi vida. Sus valiosos consejos me han guiado en los momentos tanto gratos como desafiantes, inspirándome a perseverar y nunca renunciar. Su ejemplo de tenacidad y dedicación me ha enseñado la importancia del esfuerzo para alcanzar nuestras metas, así como los valores de respeto, solidaridad y humildad.

A mi adorado hermano, Esguar, mi gratitud por tu inquebrantable respaldo y el vínculo de amor que compartimos. Tu apoyo ha sido un pilar fundamental en mi camino.

A mi amada hija, Alexa Bryanna Scarlett, eres la fuerza motriz que impulsa mis logros y el motivo que me inspira a superar cada obstáculo. Tu presencia en mi vida da significado a mis esfuerzos y renueva mi determinación para alcanzar todas las metas que me he propuesto.

A mis sobrinos, Fabrizio y Kristell, les envío un cariñoso saludo y afecto sincero.

A mi tío Hilmer, tía Cely y toda la familia, mi reconocimiento por su apoyo incondicional en los momentos en que más lo necesitaba.

A mi pareja y su familia, agradezco de corazón su constante respaldo y comprensión.

A mis amigos y compañeros de la Universidad, su colaboración y ánimo durante el proceso de desarrollo de mi tesis han sido invaluable. Juntos hemos compartido este camino de aprendizaje y crecimiento, y les estoy profundamente agradecido por su amistad y compañerismo.

Con gratitud y cariño,

**Hernando Linares Silva.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por su constante guía y protección, ya que sin su presencia nada de esto sería posible.

A mis padres les dedico un profundo agradecimiento por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Sin su apoyo, este logro estaría fuera de mi alcance.

Expreso mi sincero reconocimiento al Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, mi asesor de tesis, por su inquebrantable respaldo a lo largo de todo el proceso de desarrollo de este trabajo académico.

Asimismo, extiendo mi gratitud al director y a las distinguidas autoridades de la I.E. Víctor Raúl Haya de la Torre, quienes me brindaron la oportunidad de formar parte de esta institución educativa.

Con profundo agradecimiento y humildad,

**Hernando Linares Silva.**

## ÍNDICE DE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Planteamiento del problema .....	14
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Hipótesis .....	15
1.4. Justificación.....	15
1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación .....	15
1.6. Limitaciones .....	16
1.7. Objetivos ... ..	16
1.7.1. Objetivo General .....	16
1.7.2. Objetivos Específicos .....	16
1.8. Organización del trabajo .....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Antecedentes .....	17
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	17
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	17
2.1.3. Antecedentes locales .....	19
2.2. BASES TEÓRICAS .....	20
2.2.1. Estructuración.....	20
2.2.2. Sistemas estructurales.....	20
2.2.3. Vulnerabilidad sísmica .....	21
2.2.4. Comportamiento Estructural .....	22

2.2.5. Conceptos básicos de Sismología.....	22
2.2.6. Sismicidad en Perú .....	24
2.2.7. Distribución espacial de la sismicidad: .....	26
2.2.8. Zonificación sísmica del Perú .....	27
2.2.9. Zona Sísmica de Jaén .....	29
2.2.10. Magnitud sísmica .....	29
2.2.11. Intensidad sísmica .....	30
2.2.12. Intensidad de Mercalli.....	30
2.2.13. Metodología del Índice de vulnerabilidad (Benedetti & Petrini).....	31
2.2.14. Parámetros de la norma E030 Diseño Sismorresistente 2018.....	44
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1. MATERIAL .....</b>	<b>50</b>
3.1.1. Ubicación Geográfica.....	50
3.1.2. Época de la Investigación.....	52
3.1.3. Población de Estudio .....	52
3.1.4. Muestra .....	53
3.1.5. Unidad de análisis .....	53
<b>3.2. MÉTODO 53</b>	
3.2.1. Tipo de investigación .....	53
3.2.2. Nivel de investigación .....	54
3.2.3. Diseño de Investigación .....	54
3.2.4. Método de la investigación.....	54
3.2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	54
3.2.6. Análisis e interpretación de datos.....	55
<b>CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>

4.1. ANÁLISIS.....	56
4.1.1. Organización del sistema resistente .....	56
4.1.2. Calidad del sistema resistente.....	58
4.1.3. Resistencia convencional .....	59
4.1.4. Posición del edificio y cimentación.....	60
4.1.5. Diafragma horizontal entrepiso .....	61
4.1.6. Configuración en planta .....	62
4.1.7. Configuración en elevación.....	72
4.1.8. Separación máxima entre líneas resistentes .....	74
4.1.9. Tipo de cubierta.....	75
4.1.10. Elementos no estructurales.....	76
4.1.11. Estado de conservación.....	77
4.2. DISCUSIÓN.....	80
4.2.1. Calidad del sistema resistente.....	80
4.2.2. Resistencia convencional .....	80
4.2.3. Configuración en planta .....	80
4.2.4. Configuración en elevación.....	81
4.2.5. Tipo de cubierta.....	81
4.2.6. Elementos no estructurales .....	81
4.2.7. Estado de conservación .....	81
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	82
4.3. Conclusiones .....	82
4.4. Recomendaciones .....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
ANEXOS .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Factores Z .....	29
<b>Tabla 2</b> Zonas sísmicas de Jaén .....	29
<b>Tabla 3</b> Descripción de la escala de intensidad de Mercalli modificada .....	31
<b>Tabla 4</b> Parámetros de vulnerabilidad .....	32
<b>Tabla 5</b> Puntajes de clases y pesos utilizados para estructuras aporticadas .....	33
<b>Tabla 6</b> Índice de vulnerabilidad sísmica .....	34
<b>Tabla 7</b> Adaptabilidad de la metodología italiana a la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030. ....	34
<b>Tabla 8</b> Clases asignadas según tipologías y números de niveles .....	37
<b>Tabla 9</b> Irregularidades estructurales en planta .....	39
<b>Tabla 10</b> Límites para la distorsión del entrepiso .....	40
<b>Tabla 11</b> Coeficiente sísmico C1 .....	43
<b>Tabla 12</b> Valores del Coeficiente de Momentos “m” y Dimensión Crítica “a” .....	43
<b>Tabla 13</b> Clasificación de los Perfiles de Suelo .....	45
<b>Tabla 14</b> Factor de Suelo “S” .....	45
<b>Tabla 15</b> Periodos “T <sub>P</sub> ” y “T <sub>L</sub> ” .....	45
<b>Tabla 16</b> Categoría de la Edificaciones y Factor (U) .....	47
<b>Tabla 17</b> Sistemas Estructurales .....	48
<b>Tabla 18</b> Ubicación geográfica .....	50
<b>Tabla 19</b> Resultados del parámetro 1 .....	57
<b>Tabla 20</b> Resultados del parámetro 2 .....	58
<b>Tabla 21</b> Momento de inercia y módulo de sección de las columnas del pabellón “A” .....	59
<b>Tabla 22</b> Resultados del parámetro 3 .....	60
<b>Tabla 23</b> Resultados del parámetro 4 .....	61
<b>Tabla 24</b> Resultados del parámetro 5 .....	62

<b>Tabla 25</b> Desplazamientos y distorsión de entrepiso en las direcciones “X” y “Y”, del pabellón “A” de la I.E. Víctor Raúl Haya de la Torre.....	71
<b>Tabla 26</b> Resultados del parámetro 6.....	71
<b>Tabla 27</b> Rigidez de la columna total y la columna corta.....	72
<b>Tabla 28</b> Metrado de cargas por nivel .....	73
<b>Tabla 29</b> Resultados del parámetro 7.....	74
<b>Tabla 30</b> Resultados del parámetro 8.....	75
<b>Tabla 31</b> Resultados del parámetro 9.....	76
<b>Tabla 32</b> Estabilidad de tabiques del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre.....	77
<b>Tabla 33</b> Resultados del parámetro 10.....	77
<b>Tabla 34</b> Resultados del parámetro 11.....	78
<b>Tabla 35</b> Resultado de todos los parámetros evaluados para encontrar la vulnerabilidad sísmica del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Partes de un sismo.....	23
<b>Figura 2</b> Parámetros de un sismo.....	24
<b>Figura 3</b> Origen de los sismos .....	25
<b>Figura 4</b> Tipos de sismos que ocurren en zonas de convergencia de placas: Placas de Nazca y Sudamericana.....	26
<b>Figura 5</b> Mapa Sísmico del Perú - 2022 .....	27
<b>Figura 6</b> Zonas sísmicas de Perú .....	28
<b>Figura 7</b> Esquema de columna típica.....	36
<b>Figura 8</b> Esquinas entrantes.....	38
<b>Figura 9</b> Altura de la columna total y la columna corta .....	41
<b>Figura 10</b> Mapa político del Perú .....	50
<b>Figura 11</b> Mapa regional de Cajamarca.....	51
<b>Figura 12</b> Mapa de la provincia de Jaén .....	51
<b>Figura 13</b> Ubicación de la zona de estudio.....	52
<b>Figura 14</b> Plano de distribución de la Institución Educativa.....	53
<b>Figura 15</b> Vista exterior de la Institución Educativa .....	56
<b>Figura 16</b> Vista interior de la Institución Educativa.....	56
<b>Figura 17</b> Configuración en planta de la Institución Educativa .....	57
<b>Figura 18</b> Mampostería utilizada en toda la extensión de los muros del pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre .....	58
<b>Figura 19</b> Pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre – 2 niveles .....	60
<b>Figura 20</b> Diafragma horizontal de la Institución Educativa.....	61
<b>Figura 21</b> Configuración en planta del Pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre .....	62

<b>Figura 22</b> Desplazamiento - Nudo A.....	63
<b>Figura 23</b> Desplazamiento - Nudo B .....	64
<b>Figura 24</b> Desplazamiento - Nudo C.....	64
<b>Figura 25</b> Desplazamiento - Nudo D.....	65
<b>Figura 26</b> Desplazamiento - Nudo A.....	65
<b>Figura 27</b> Desplazamiento - Nudo B .....	66
<b>Figura 28</b> Desplazamiento - Nudo C.....	66
<b>Figura 29</b> Desplazamiento - Nudo D.....	67
<b>Figura 30</b> Desplazamiento - Nudo A.....	67
<b>Figura 31</b> Desplazamiento - Nudo B .....	68
<b>Figura 32</b> Desplazamiento - Nudo C .....	68
<b>Figura 33</b> Desplazamiento - Nudo D.....	69
<b>Figura 34</b> Desplazamiento - Nudo A.....	69
<b>Figura 35</b> Desplazamiento - Nudo B .....	70
<b>Figura 36</b> Desplazamiento - Nudo C.....	70
<b>Figura 37</b> Desplazamiento - Nudo D.....	71
<b>Figura 38</b> Longitud de evaluación de la rigidez .....	72
<b>Figura 39</b> Elementos estructurales horizontales y verticales alineados.....	74
<b>Figura 40</b> Separación máxima entre apoyos laterales de la viga.....	75
<b>Figura 41</b> Filtraciones en losa aligerada del segundo nivel, debido a que no cuenta con cubierta que permita evacuar las aguas de lluvia .....	76
<b>Figura 42</b> Inspección visual.....	77
<b>Figura 43</b> Estado de conservación de los ambientes del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre .....	78

## RESUMEN

En la presente investigación se determinó la vulnerabilidad sísmica del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, Jaén – Cajamarca, empleando la metodología de Benedetti y Petrini, que consiste en calcular 11 parámetros; teniendo como muestra al pabellón “A”, se utilizó el tipo de investigación aplicada, de nivel descriptivo y aplicativo, de diseño no experimental. Para la obtención de datos se evaluaron las características geométricas, constructivas y estructurales, realizando un levantamiento topográfico de situación actual, así como el ensayo de esclerometría, el mismo que determinó la resistencia a compresión de los elementos estructurales, a la vez se realizaron estudios de suelos para identificar el tipo de suelo donde está construido el Pabellón “A”. Los resultados obtenidos en el Pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, presenta distorsiones de entre piso que superan el máximo permisible en el Reglamento Nacional de Edificaciones E-030, mala calidad del sistema resistente, tabiquería inestable, finalmente con estos resultados se determinó que la estructura tiene un índice de vulnerabilidad sísmica igual a 28.24 %, es decir el Pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre presenta una vulnerabilidad sísmica media.

***Palabras clave:*** vulnerabilidad sísmica, terremotos, comportamiento estructural, resistencia a compresión.

## **ABSTRACT**

In the present investigation, the seismic vulnerability of pavilion “A” of the Víctor Raúl Haya de la Torre Educational Institution, Jaén – Cajamarca, was determined using the methodology of Benedetti and Petrini, which consists of calculating 11 parameters; Taking pavilion “A” as a sample, the type of applied research was used, at a descriptive and applicative level, with a non-experimental design. To obtain data, the geometric, constructive and structural characteristics were evaluated, carrying out a topographic survey of the current situation, as well as the sclerometry test, which determined the compression resistance of the structural elements, at the same time, studies of soils to identify the type of soil where Pavilion “A” is built. The results obtained in Pavilion “A” of the Víctor Raúl Haya de la Torre Educational Institution, present inter-floor distortions that exceed the maximum allowable in the National Building Regulations E-030, poor quality of the resistant system, unstable partitions, finally With these results, it was determined that the structure has a seismic vulnerability index equal to 28.24%, that is, Pavilion “A” of the Víctor Raúl Haya de la Torre Educational Institution has a medium seismic vulnerability.

**Keywords:** seismic vulnerability, earthquakes, structural behavior, compressive strength.

## **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

A nivel mundial, muchas infraestructuras son construidas sin cumplir las debidas normas de edificación de sus países, lo cual llega a ser un problema grave, pues al no estar construidas en buenas condiciones se corre el riesgo de que a lo largo de su vida útil aparezcan grietas, fracturas y daños que los vuelve vulnerables ante eventos naturales como los sismos. En el Perú este problema sigue la tendencia mundial, ya que muchas infraestructuras han sido construidas sin cumplir la normativa, dentro de estas infraestructuras se tiene a las Instituciones Educativas que al no ser construidas según las normas y parámetros vigentes hacen que la seguridad sea mínima (Gonzaga y Villanueva, 2021).

En la ciudad de Jaén existen Instituciones Educativas que tienen muchos años de antigüedad y que han sido construidas sin seguir los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones, con lo cual se vuelven susceptibles ante un evento sísmico (Marcillo, 2019). La ciudad de Jaén se encuentra ubicado en la zona sísmica 2 la cual presenta aceleraciones de 0.25g, categorizándola como una zona de sismicidad media, lo cual hace que las estructuras tengan daños como agrietamientos, rajaduras, entre otros (Altamirano y Oblitas, 2022); lo cual hace que las infraestructuras se debiliten; por lo cual, es necesario determinar la vulnerabilidad sísmica de las Instituciones Educativas ya que albergan un gran número de personas entre docentes, alumnos y de esta forma brindar seguridad estructural.

Determinar la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre de la ciudad de Jaén es de suma importancia, ya que esta institución alberga un aproximado de 529 alumnos; sin embargo, es una construcción antigua, pues data del año 1989, lo cual resulta ser un problema, ya que no se sabe el nivel de vulnerabilidad sísmica. Por lo cual es necesario aplicar el método elegido en este caso el de Benedetti-Petrini para determinar la vulnerabilidad sísmica en esta Institución Educativa.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la determinación de la vulnerabilidad sísmica del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, Jaén - Cajamarca?

### 1.3. Hipótesis

La vulnerabilidad sísmica del pabellón “A” en la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, Jaén – Cajamarca, se encuentra en un nivel intermedio, esto se debe a las deficiencias que presenta en sus aspectos geométricos, constructivos y estructurales.

### 1.4. Justificación

Es importante realizar esta investigación; para conocer la situación de un pabellón de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre Jaén – Cajamarca, la construcción tiene más de dos décadas de antigüedad y es conocido que algunas partes de su infraestructura están deterioradas, lo que hace necesario determinar la vulnerabilidad sísmica, ya que esta institución está ubicada en la ciudad de Jaén que es una ciudad categorizada como zona sísmica 2. Así mismo, se puede decir que la presente investigación se justifica **A nivel teórico** ya que, mediante el método de Benedetti-Petrini se determinó la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa, que actualmente no cuenta con este estudio y con los resultados que se obtengan, se pueda ayudar para que se realice un diseño adecuado que cumpla con el RNE y de esta forma evitar futuros problemas ante un evento sísmico. **A nivel social** se justifica ya que gracias a esta investigación se conocerán los riesgos que se puedan presentar a causa de algunas fallas estructurales que se produzcan en la Institución Educativa y de esta forma brindar un mejor bienestar a los estudiantes y docentes. **A nivel práctico** ya que determinar la vulnerabilidad sísmica proporcionará una base sólida para la implementación de medidas de mitigación y mejoramiento estructural. Esta tesis busca identificar áreas críticas de mejora y guiar la toma de decisiones para garantizar la seguridad de la comunidad educativa. **A nivel metodológico** se justifica ya que la metodología empleada recopiló datos, abordando directamente a las variables de estudio, los cuales fueron procesados mediante un software computacional y aplicando el método de Bendetti-Petrini se obtuvieron resultados confiables.

### 1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación

La investigación se llevó a cabo en el pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, ubicada en el Distrito de Jaén, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca, empleando el método de índice de vulnerabilidad sísmica propuesto por los italianos Benedetti & Petrini, teniendo que evaluar sus aspectos constructivos, geométricos y estructurales.

## **1.6. Limitaciones**

No tiene expediente técnico.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Determinar la vulnerabilidad sísmica del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, Jaén – Cajamarca.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

Evaluar las características geométricas que influyen en el comportamiento sísmico del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre Jaén –Cajamarca.

Evaluar las características constructivas que influyen en el comportamiento sísmico del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre Jaén –Cajamarca.

Evaluar las características estructurales que influyen en el comportamiento sísmico del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre Jaén –Cajamarca.

## **1.8. Organización del trabajo**

- **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.** - Contiene el prefacio de la investigación, problema, hipótesis, justificación, alcances y objetivos.
- **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.** - Involucra antecedentes teóricos relacionados con la investigación, la presentación de bases teóricas y la explicación de los conceptos esenciales.
- **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.** En este apartado se detalla el proceso de tratamiento y análisis de los datos recopilados, así como la manera en que se expondrán los resultados obtenidos.
- **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.** Esta sección implica la descripción minuciosa de los resultados obtenidos en la investigación, su explicación detallada y el análisis crítico y reflexivo de los mismos.
- **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**
- **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**
- **ANEXOS.**

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Villavicenco y Marcillo (2020) realizaron una investigación en Ecuador, con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad sísmica del Edificio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria aplicando la metodología de Benedetti y Petrini, la cual indica el grado de vulnerabilidad sísmica ante movimientos axiales, además se describió los resultados de manera cualitativa ponderándolo por colores según su importancia. Para la obtención de los resultados se calificaron los parámetros según lo establecido por los métodos propuestos y a su vez se realizó un ensayo de esclerometría el cual nos ayudó a determinar la resistencia del hormigón en columnas, vigas y losas. El resultado de la investigación estableció que por medio de la metodología se encontró un índice de vulnerabilidad baja. (pp 1-116).

Echevarría y Monroy (2021), en su tesis denominada: “Aplicación del Método de índice de vulnerabilidad (Benedetti & Petrini) para evaluación de edificaciones de mampostería no reforzada en el barrio Surinama”, se formularon como problema cuál era la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del barrio Surinama, teniendo en consideración que la localidad de Tunja, ubicada en el departamento de Boyacá, país de Colombia, clasificada según la NSR-10 en zona de amenaza sísmica intermedia. Para el análisis, utilizaron el método de Índice de Vulnerabilidad sísmica de Benedetti y Petrini. Luego de aplicar dicho método, y evaluar los 11 parámetros para 254 viviendas con sistema estructural en mampostería no reforzada, se obtuvieron como resultado de las viviendas, que los valores se encuentra entre los 33,8 y 126,3 puntos, considerándose como una vulnerabilidad Baja. (pp 17-74).

#### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Chávez y Villanueva (2020), en su tesis titulada “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en la Institución Educativa Particular “Tycho Brahe”, Trujillo – Región la Libertad”, estableció como objetivo: evaluar la vulnerabilidad sísmica que presenta el centro educativo en el año 2020. El método elegido para evaluar la vulnerabilidad del centro educativo fue el índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini), ya que reconoce los parámetros más importantes que controlan el daño, asignándoles un valor numérico que va aumentando conforme se aprecian mayores fallas. El bloque estudiado tuvo como resultado que la Institución Educativa

Particular “Tycho Brahe” presenta una vulnerabilidad sísmica baja, ya que no es considerable los daños que presenta, pero se recomienda que se hagan arreglos al respecto para evitar posteriormente algún daño inesperado (pp 1 – 100)

Campos y Serrano (2022), realizaron una tesis titulada: “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Colegio Militar Gran Mariscal Ramón Castilla, en la Provincia de Trujillo, La Libertad, 2022”, en este estudio tuvieron como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica en el Colegio Militar Gran Mariscal Ramón Castilla en los pabellones Cuadra de Cadetes y Razuri ya que se encontraron en mal estado. El tipo de investigación fue aplicada, diseño no experimental – descriptivo. Dentro de los principales resultados se obtuvieron que, en las patologías de los elementos estructurales, presentaron niveles de severidad baja y media, con un área afectada de 7,30 % y 46,34 %. La vulnerabilidad sísmica usando el método Benedetti – Petrini, tuvieron una vulnerabilidad media y baja. El análisis estático y dinámico, obteniéndose las derivas en “X” y “Y” en el pabellón Cuadra de Cadetes y Razuri, en ambos niveles no cumplieron con el parámetro de deriva máxima de 0,007 según la norma E.030 – Diseño Sismorresistente, corroborando los resultados del método Benedetti – Petrini por lo que estas estructuras se encuentran vulnerables ante un evento sísmico (pp 1 – 188).

Segundo y Ramírez (2023), en su tesis denominada: “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho - 2022”, tuvieron como objetivo determinar el indicador de vulnerabilidad sísmica de la I.E. N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos, aplicando el método de Benedetti-Petrinni en Amay, Huacho. Para el desarrollo de esta investigación emplearon una metodología de tipo aplicada, nivel descriptivo, posee un diseño no experimental, tienen un grado de enfoque cuantitativo, con una población conformada por la I.E.E. 20316 “Manuel Ildauro de los Santos Camones” y muestra cada una de las aulas de dicha Institución. Los resultados obtenidos indican que la I.E. N° 20316 MANUEL ILDAURO DE LOS SANTOS CAMONES presenta vulnerabilidad sísmica muy alta. Concluyendo que la estructura evaluada tendría un posible comportamiento de muy alta probabilidad de daños de grado 5 y 4 frente a un sismo severo, esto implica los daños estructurales muy graves lo que haría que la planta baja o algunas partes de la edificación colapsen lo cual podría ocasionar heridos de gravedad y muerte de los ocupantes (pp 1 – 86).

### 2.1.3. Antecedentes locales

Marín Gonzales (2022), en el desarrollo de su tesis titulada: “Determinación de la vulnerabilidad sísmica del pabellón III de la I.E. 16003 Miraflores, del distrito de Jaén - Cajamarca”, empleó el método italiano de Benedetti & Petrini, teniendo el investigador como información relevante para su investigación el expediente técnico, tomando del mismo las especificaciones de los materiales que se utilizaron en el proceso constructivo, llegando a concluir el tesista que la vulnerabilidad sísmica es del nivel medio, recomendando asimismo que se ejecuten obras complementarias (muro de contención), para proteger la edificación en caso de un evento sísmico, dado que se encuentra en zona de ladera. (pp. 1-162).

Ramirez (2020), en su tesis desarrollada en la ciudad de Jaén, para optar por el título profesional de ingeniero civil, titulada: “Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en una Institución Educativa, en Jaén, año 2019” evalúa la vulnerabilidad sísmica, en términos cualitativos, de los módulos IV, VI y VIII de la I.E Alfonso Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén, para estimar un nivel de vulnerabilidad que permita conocer las condiciones que presenta la estructura ante la eventualidad de un movimiento telúrico. Para esta evaluación se eligió, mediante un muestreo no probabilístico intencional o derivado, los módulos IV, VI y VIII, seleccionada la muestra se evaluó las condiciones del sistema estructural aplicando los once parámetros del método de Benedetti y Petrini, para obtener datos más conservadores, se realizó un análisis dinámico modal espectral del módulo VI, asistido por el software ETABS 21016 V.2.1, aplicando los criterios sismorresistentes que establece la norma técnica E-030, dicho análisis permitió obtener los datos de las derivas inelásticas de entrepiso, así como la fuerza cortante mínima. Los resultados muestran, que aplicando el método de Benedetti y Petrini, los módulos IV-VIII presentan una vulnerabilidad media, y el módulo VI una vulnerabilidad alta, y el análisis dinámico modal espectral muestra que el módulo VI cumple en ambas direcciones con los límites de distorsión, pero no cumple con la fuerza cortante mínima. (pp. 1-205).

Alva y Chuquimanga (2022), en el desarrollo de su tesis denominada: “Nivel de vulnerabilidad sísmica en los pabellones a y b de la Institución Educativa san ramón de la ciudad de Cajamarca”, se plantearon como objetivo determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica que presentan, en la actualidad, los pabellones A y B de la entidad en estudio, con la mirada a prevenir y mitigar los posibles daños que puedan sufrir las edificaciones ante la presencia de un movimiento sísmico. Para ello, se empleó el método del índice de

vulnerabilidad de Benedetti y Petrini; asimismo se realizó la evaluación visual y analítica de los pabellones A y B, de acuerdo a los 11 parámetros que presenta el método del índice de vulnerabilidad, los cuales representan a las características más importantes que influyen en el comportamiento sísmico de la estructura. Los resultados obtenidos mediante la aplicación del método de Benedetti y Petrini indican que el nivel de vulnerabilidad es bajo para los dos pabellones evaluados en la Institución Educativa San Ramón de Cajamarca. De suscitarse un eventual sismo, las estructuras sufrirán daños moderados o leves y pueden seguir siendo utilizados sin mayor temor al peligro. (pp. 1 – 131)

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Estructuración**

Según De La Torre (2009), la estructuración de un edificio consiste en disponer y distribuir los elementos estructurales de forma adecuada y en la medida que la arquitectura lo disponga, tener una estructura lo más simple y uniforme posible, de tal manera que el edificio presente un buen comportamiento frente a cargas de gravedad y de sismo.

### **2.2.2. Sistemas estructurales**

#### **2.2.2.1. Estructuras de concreto armado**

Las construcciones de concreto armado se clasifican según su estructura, Canchaya y Vargas (2017) mencionan las siguientes:

**Pórticos.** Al menos el 80 % de la fuerza cortante en la base se concentra en las columnas de los pórticos. En situaciones donde existan muros estructurales, se debe diseñar estos muros de manera que puedan resistir una parte proporcional de la carga sísmica total, teniendo en cuenta su nivel de rigidez.

**Muros estructurales.** Se basa principalmente en la presencia de muros estructurales, y al menos el 70% de la fuerza cortante en la base del edificio se transfiere a través de estos muros.

**Dual.** En este sistema, la capacidad para resistir las fuerzas sísmicas involucra tanto a pórticos como a muros estructurales. La distribución de la fuerza cortante entre los muros puede

oscilar entre el 20 % y el 70 % de la carga total en la base del edificio, mientras que los pórticos deben estar diseñados para soportar al menos el 30 % de esta carga en la base.

**Edificaciones de muros de ductilidad limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir como máximo ocho (08) pisos.

#### **2.2.2.2. Sistema aporticado**

Los sistemas aporticados, también conocidos como sistemas de pórticos, son una forma común de estructuras utilizadas en ingeniería civil y arquitectura para proporcionar resistencia ante fuerzas laterales, como las producidas por sismos y vientos. Estos sistemas son esenciales para garantizar la estabilidad, seguridad de edificios y estructuras en condiciones de carga lateral.

##### **Componentes de un Sistema Aporticado:**

**Columnas:** Las columnas son elementos verticales que soportan la carga vertical de la estructura y transmiten las cargas laterales a través de la estructura. En un sistema aporticado, las columnas suelen ser los elementos verticales principales y se colocan estratégicamente en la estructura.

**Vigas:** Las vigas son elementos horizontales que conectan las columnas y ayudan a distribuir las cargas laterales a lo largo de la estructura. Estas vigas pueden ser de diversos tamaños y formas según los requisitos de diseño.

**Pórticos:** Los pórticos son conjuntos formados por columnas y vigas que trabajan juntos para resistir las cargas laterales.

#### **2.2.3. Vulnerabilidad sísmica**

La vulnerabilidad sísmica puede manifestarse de dos maneras distintas: la vulnerabilidad estructural y la vulnerabilidad no estructural, la primera tiene que ver con el nivel de vulnerabilidad de los elementos estructurales (cimientos, columnas, muros portantes, vigas, losas macizas y aligeradas, diseñados para transmitir fuerzas verticales y horizontales), componentes que pueden resultar gravemente dañados ante un sismo, debilitando la resistencia y estabilidad de la edificación. El segundo tipo de vulnerabilidad tiene que ver con los elementos no estructurales; de acuerdo a su ubicación, pueden generar daños en los habitantes

ante un sismo. Los elementos no estructurales pueden agruparse en categorías: arquitectónicos (tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielos rasos, etc.), instalaciones (plomería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o equipos (equipos médicos, equipos mecánicos, muebles, etc.) (Sandi, 1986).

#### **2.2.4. Comportamiento Estructural**

Arroyo (2022) indica que el comportamiento estructural viene a ser la “forma como responde toda una estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, ante la aplicación de fuerzas externas; las relaciones matemáticas existentes entre las fuerzas generalizadas y los desplazamientos generalizados son conocidas usualmente como relaciones. Aguiar (2016) indica que este comportamiento de una edificación depende de la interacción de tres aspectos fundamentales, el sismo, el suelo donde se asienta y la configuración estructural

#### **2.2.5. Conceptos básicos de Sismología**

a) **Sismología:** La sismología es la ciencia que estudia los sismos y su propagación en la superficie, hace uso de las ondas elásticas para la determinación de la estructura interna de la Tierra y estudia la física de la fuente sísmica. Esta ciencia hace uso de las ondas elásticas para la determinación de la estructura interna de la Tierra y estudia la física de la fuente sísmica (Vidales, 2013). No solo se centra en el estudio de temblores y terremotos, sino también por la dinámica tectónica que originan maremotos, tsunamis y las vibraciones que acompañan las erupciones volcánicas. (Equipo editorial, 2022).

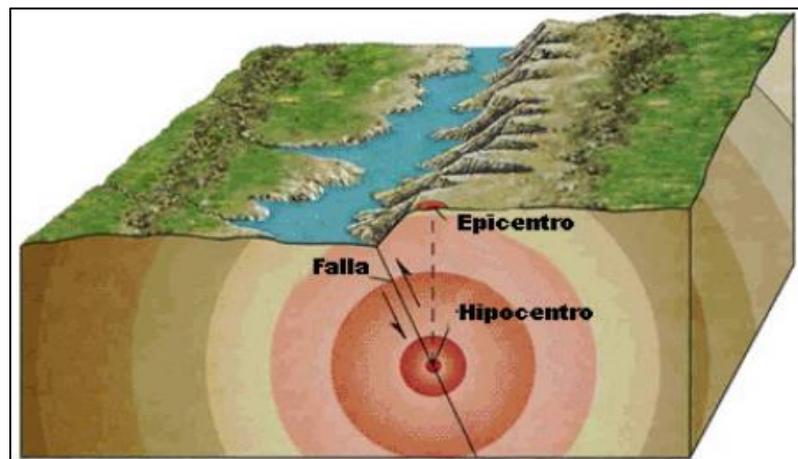
b) **Sismo:** Son movimientos de corta duración e intensidad variable y son producidos a consecuencia de la liberación repentina de energía. Aunque la interacción entre Placas Tectónicas es la principal causa de los sismos no es la única. Cualquier proceso que pueda lograr grandes concentraciones de energía en las rocas puede generar sismos cuyo tamaño dependerá, entre otros factores, de qué tan grande sea la zona de concentración del esfuerzo. Los sismos se componen de tres partes, Hipocentro, Epicentro y Falla (Marcillo, 2019).

Otra definición nos brinda, Schweig (2013) quien manifiesta que sismo es una liberación repentina de tensiones acumuladas. El estado de tensiones en la litosfera se puede dividir en fuerzas de origen local o regional. Las fuerzas locales pueden ser causadas por heterogeneidades de la corteza, carga y descarga de la corteza y por anomalías térmicas de la

astenosfera. Las fuerzas regionales se atribuyen al movimiento de las placas tectónicas, como el empuje de la dorsal oceánica, las fuerzas de empuje negativas de la placa subducida y las fuerzas de corte viscoso en el límite de la astenosfera.

**Figura 1.**

*Partes de un sismo*



*Fuente: Marcillo (2019)*

c) **Tectónica de Placas:** La teoría de la tectónica de placas ayuda a comprender el porqué del movimiento relativo entre ellas; también, cómo esa gran deformación y fuerzas de fricción se originan en las fronteras de la corteza. Esto provoca que el material del que están constituidas las placas finalmente se fracture y provoque, en la mayoría de los casos, desplazamientos súbitos o perturbaciones, lo cual constituye la antesala de lo que en la superficie terrestre se conoce como un sismo (Castro y Campos, 2018).

d) **Epicentro:** Representa el área o la superficie directamente vertical sobre el hipocentro, siendo esta superficie donde se presenta la mayor intensidad del sismo (Morales, 2020).

e) **Hipocentro o Foco:** Punto al interior de la corteza terrestre donde se libera la energía que ocasiona el movimiento sísmico. Normalmente el hipocentro se ubica entre 15 y 45 km de la superficie; no obstante, dependiendo de la profundidad del tipo de sismo, este puede terminar localizándose a más de 600 km (Morales, 2020).

f) **Distancia Epicentral:** el cual representa la distancia que hay entre el epicentro y la estación sísmica de registro. La distancia epicentral también definirse mediante el concepto de ángulo epicentral, el cual presenta un valor igual al ángulo que subtiende el epicentro y un

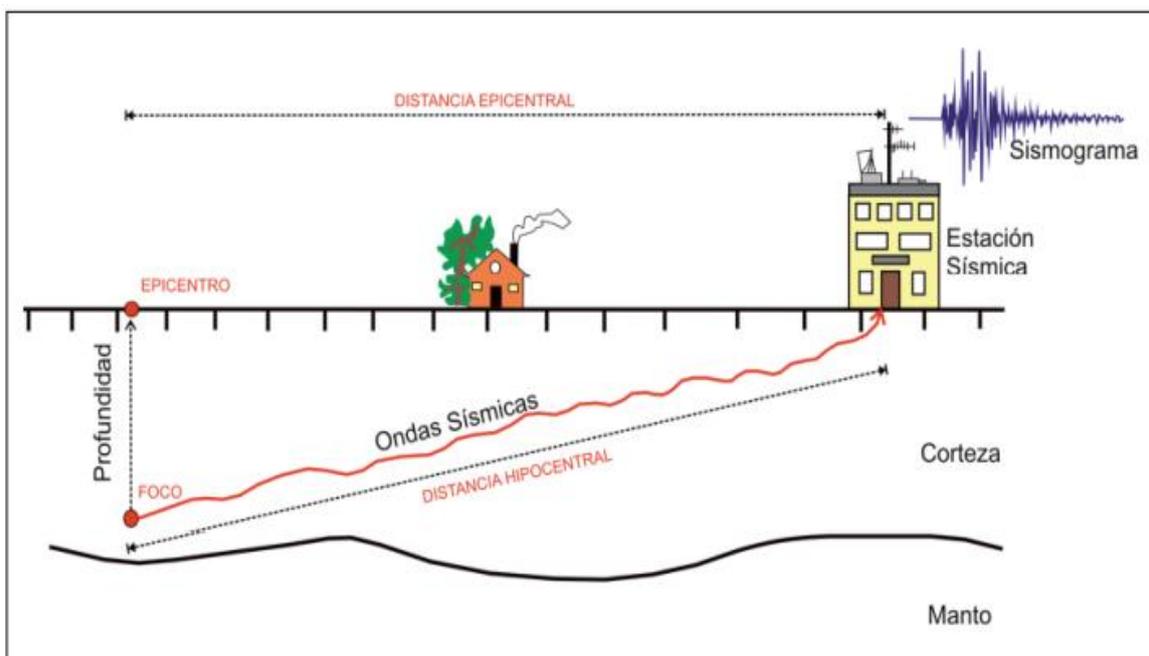
punto en superficie donde las ondas sísmicas son detectadas, ambos respecto al centro de la Tierra (Lay y Wallace, 1995)

g) **Distancia hipocentral:** corresponde a la distancia medida desde la posición del sitio hasta el hipocentro o inicio de la ruptura, es un parámetro que depende principalmente del lugar donde acontece el evento (Ramírez, 2022)

h) **Estación sismológica:** Ubicación donde funciona una estación sísmica para el registro de las ondas sísmicas. (Instituto Geofísico del Perú, 2012).

## Figura 2

### Parámetros de un sismo



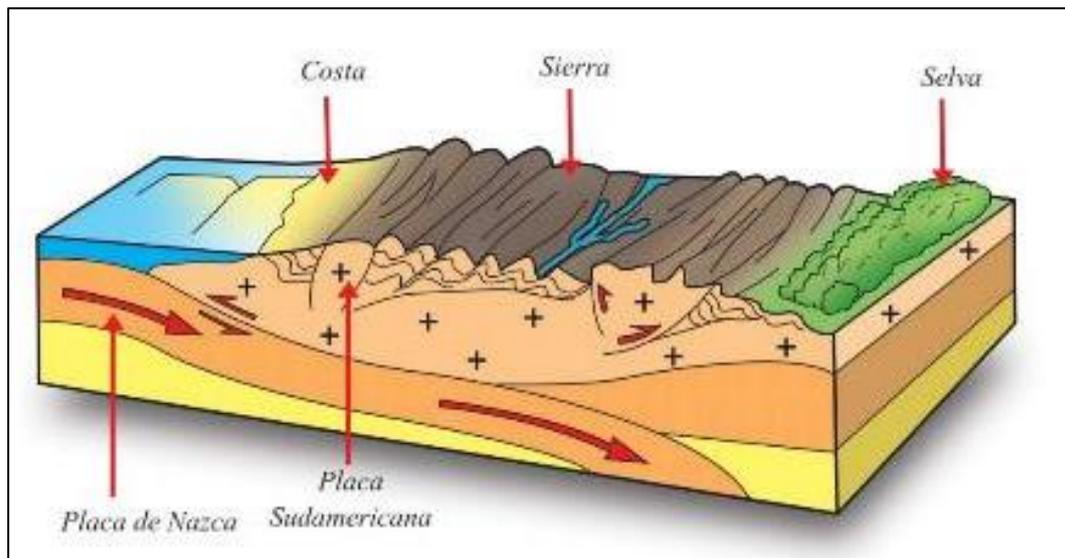
Fuente: Tavera (2010)

### 2.2.6. Sismicidad en Perú

En el Perú, la geodinámica y geomorfología tiene su origen en el proceso de convergencia entre las placas de Nazca (oceánica) y la placa Sudamericana (continental), con velocidades promedio del orden de 7-8 centímetros por año. Esto genera la ocurrencia de sismos de distintas magnitudes, así como hipocentros o focos ubicados a diferentes profundidades. (Tavera y Burfon, 1998).

### Figura 3

#### Origen de los sismos



Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2022.

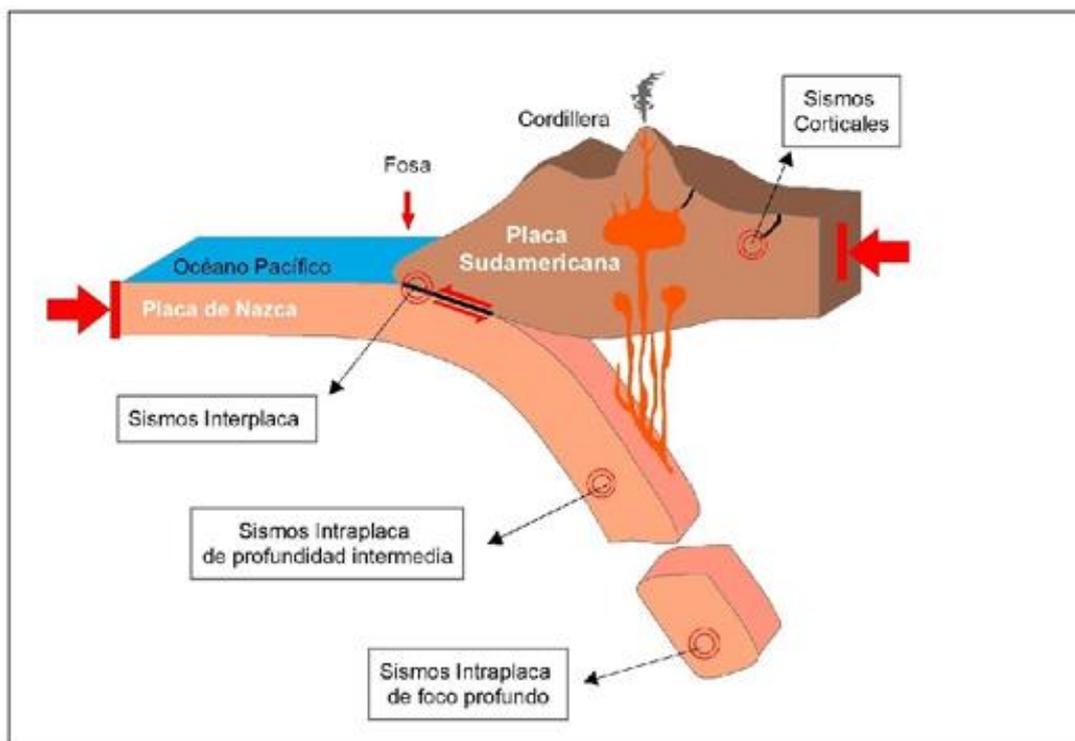
Los tipos de sismos que se presentan en el territorio peruano son los siguientes:

- **Sismos interplaca:** Sismos de hipocentro o foco superficial cuyo origen se da en el proceso de convergencia y fricción de las placas de Nazca y Sudamérica, producto de las fuerzas que movilizan a ambas placas en sentido contrario. A lo largo de la historia, se evidencia el origen de los sismos de mayor magnitud ocurridos en el territorio peruano, en la ciudad de Lima en el año 1746 con una magnitud de 8.8 y en Arequipa, en el año 1868, con una magnitud también de 8.8. Asimismo, en la ciudad de Arequipa en el año 2001, con magnitud ascendente a 8.1, y en la provincia de Ica, en el año 2007 alcanzando una magnitud de 7.0. (Tavera y Burfon, 1998).
- **Sismos corticales:** Se refiere a sismos cuyo origen se da en la formación y reactivación de fallas geológicas que se encuentran distribuidas a lo largo de la cordillera Andina. Ésta soporta deformación debido a la presencia de esfuerzos compresivos y extensivos, lo que da origen a sismos de magnitudes menores a M 6.5. (Tavera y Burfon, 1998).
- **Sismos intraplaca:** Se refiere a aquellos sismos cuyo origen se da en la deformación interna de la placa de Nazca, cuando como parte del proceso de subducción, se introduce por debajo de la corteza continental. La placa de Nazca tiende a deformarse por la presencia de esfuerzos, que evitan su desplazamiento en la zona de interfase y las fuerzas que

tienden a introducirla al interior del manto. Estos sismos alcanzan magnitudes de hasta 8.0, y llegan a ser percibidos en una larga extensión territorial, ocasionando licuación de suelos y también deslizamientos. Se pueden presentar a profundidades intermedias, es decir de 61 a 300 km. o pueden llegar a ser muy profundos (mayor a 500 km). (Tavera y Burfon, 1998).

#### Figura 4

*Tipos de sismos que ocurren en zonas de convergencia de placas: Placas de Nazca y Sudamericana*



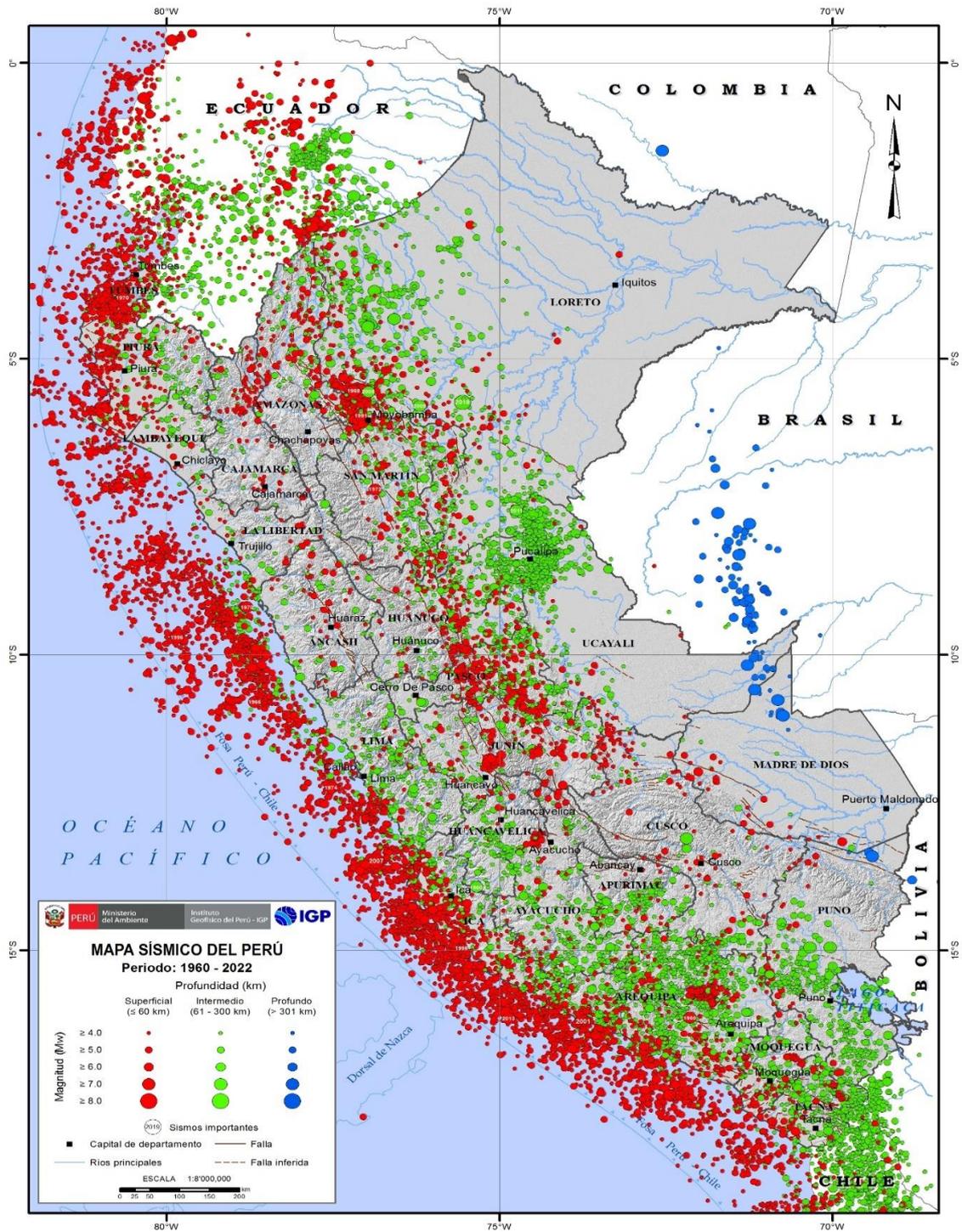
Fuente: Tavera (2020)

#### 2.2.7. Distribución espacial de la sismicidad:

De la historia sísmica del Perú, se puede evidenciar la ocurrencia constante de sismos de gran magnitud. En la Figura 5 se puede visualizar el mapa de sismicidad del Perú (periodo 1960 a 2022). En él se ha representado de color rojo los sismos de foco superficial (profundidades < a 60 km), los de foco intermedio (profundidades mayores a 61 y menores a 300 km) y finalmente, se representaron de color azul a los sismos de foco profundo (profundidades > a 301 km). (Instituto Geofísico del Perú, 2022).

**Figura 5**

*Mapa Sísmico del Perú - 2022*



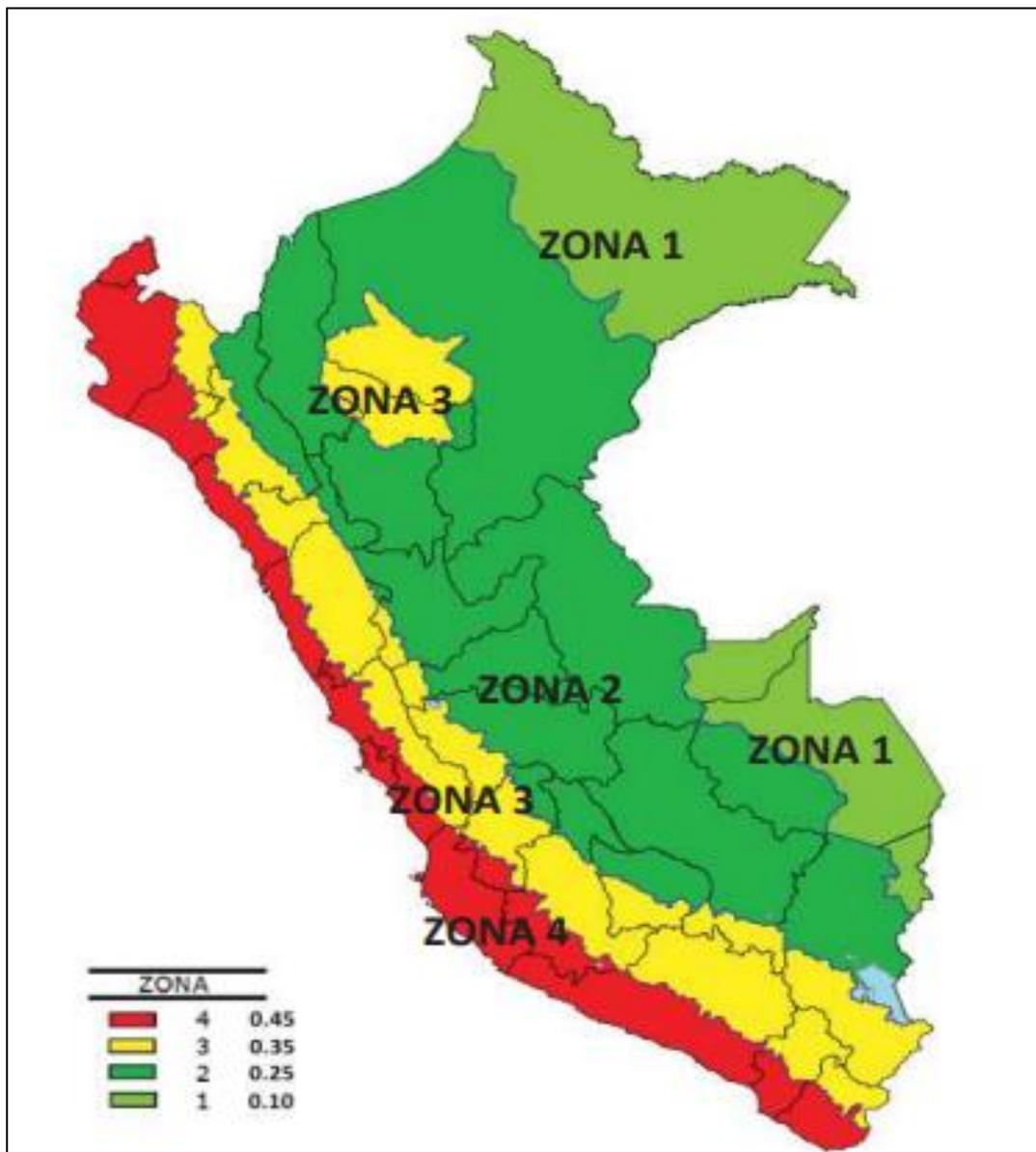
*Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2022)*

## 2.2.8. Zonificación sísmica del Perú

Como se muestra en la Figura 6, la Norma técnica E 0.30, ha realizado la zonificación del Perú, dividiendo el territorio en cuatro. Dicha zonificación se ha basado en la distribución espacial de la sismicidad presentada en el país, a la vez las características de los eventos sísmicos, así como los datos geotécnicos. En cada zona se le asignó un factor Z, tal como se visualiza en la Tabla 1. (Ministerio de Vivienda, 2018).

**Figura 6.**

*Zonas sísmicas de Perú*



*Fuente: Norma Técnica E.030 (2018).*

## Tabla 1

Factores Z

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

Fuente: Norma Técnica E.030 (2018).

### 2.2.9. Zona Sísmica de Jaén

La ciudad de Jaén según el RNE – E.030 Diseño Sismorresistente, se encuentra en la zona sísmica 2.

## Tabla 2

Zonas sísmicas de Jaén

PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
JAÉN	BELLAVISTA	2	OCHO DISTRITOS
	CHONTALI		
	COLASAY		
	HUABAL		
	JAÉN		
	LAS PIRIAS		
	SAN JOSÉ DELALTO		
	SANTA ROSA		
	POMAHUACA	3	CUATRO DISTRITOS
	PUCARÁ		
	SALLIQUE		
	SAN FELIPE		

Fuente: Norma Técnica E.030 (2018).

### 2.2.10. Magnitud sísmica

La magnitud sísmica es una forma de medir experimentalmente el tamaño de un sismo. Dicho valor representa la cantidad de energía liberada en un terremoto, estimando solo una pequeña parte de la energía total emitida en forma de ondas sísmicas. Su determinación es una parte integral del procesamiento de datos sísmicos y es realizado rutinariamente para casi todos

los terremotos localizados, sean locales o globales. Su valor puede encontrarse mediante diversos métodos que se diferencian por el rango limitado de magnitudes que pueden medir, el tipo de sismógrafo que utilizan, además de la distancia epicentral y el tipo de onda sísmica sujetas a análisis. Estos métodos son denominados escalas de magnitud, y dependen básicamente del uso de los sismogramas (Anchivilca, 2022).

#### **2.2.11. Intensidad sísmica**

Se define como el efecto que dicho terremoto tiene en el entorno en que sucede, es decir, como lo sienten las personas, que daño produce en las estructuras y como afecta al paisaje. En definitiva, se trata de una medida cualitativa y, por tanto, subjetiva de la fuerza en la zona epicentral. Inicialmente fueron Rossi y Forel en 1883, los que propusieron la primera escala dividida en 10 grados y que fue modificada por Mercalli en 1902. (José Giner/Sergio Molina, pp. 26).

#### **2.2.12. Intensidad de Mercalli**

En el año 1902 Giuseppe Mercalli introduce la Escala de Intensidad de Mercalli de 10 grados de intensidad basada en la Escala de Rossi-Forel publicada en 1883 también de 10 grados de intensidad. Posteriormente, en 1923 esta escala es modificada por Sieberg quien publicó la elaboración de la escala de Mercalli incluyendo el esquema de Cancani. Luego, en 1931 la escala fue mejorada y actualizada por Wood y Neumann, incluyendo nuevos aspectos que se debían considerar (efectos en estructuras altas, el comportamiento de vehículos motorizados y camiones pesados, efecto en el sistema de tuberías subterráneas, entre otros), eliminando los rangos de aceleración propuestos por Cancani e incluyendo una versión reducida. Esta escala tuvo su última modificación el año 1958 por Richter (Oviedo, 2017).

Sosa (2019) menciona que intensidad de Mercalli es una evaluación cualitativa de la clase de daños causados por un sismo, debe su nombre al físico italiano Giuseppe Mercalli. Es la más reconocida mundialmente para definir el grado de severidad de un sismo es la escala de Mercalli Modificada (MM), Del I al V grado de la escala de Mercalli es el resultado de la percepción humana y del efecto que causa el sismo en los. Los grados intermedios reflejan definen las respuestas estructurales frente a un daño en alguno de sus componentes estructurales, como por las alteraciones en la superficie. Los grados altos corresponden fundamentalmente a cambios severos en la naturaleza. A continuación, se presenta la definición

utilizada en la Escala de Intensidad de Mercalli Modificada, la cual establece la escala de grados para apreciar la intensidad de los fenómenos sísmicos

**Tabla 3**

*Descripción de la escala de intensidad de Mercalli modificada*

Grado	Descripción
<b>I</b>	Sentido sólo por algunas personas en condiciones sumamente favorables.
<b>II</b>	Percibido por personas en descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios
<b>III</b>	Percibido en el interior de los edificios, pero sin reconocerse como sismo.
<b>IV</b>	Percibido en el interior de edificios y por algunas personas en las calles. Objetos colgantes que oscilan. Vibración perceptible en puertas, ventanas y vajilla. Los vehículos detenidos oscilan.
<b>V</b>	Percibido por la mayoría de personas. Algunas personas despiertan. Objetos inestables se vuelcan. Es posible estimar la dirección del movimiento.
<b>VI</b>	Percibido por todos. Personas que huyen hacia exteriores. Caminar inestable. Se rompen vidrios, caen objetos de los armarios y muros. Muebles desplazados. Algunas grietas en revestimientos y construcciones tipo D. Pequeñas campanas que tañen. Árboles sacudidos visiblemente.
<b>VII</b>	Dificultad para mantenerse en pie. Percibido por conductores de automóviles en marcha. Tañen las campanas. Grietas en edificaciones tipo D. Algunas grietas en edificaciones tipo C. Algunas chimeneas caen. Ondas en los lagos. Pequeños deslizamientos y hundimientos en terraplenes y taludes de arena y grava. Daños en canales de concreto para regadío.
<b>VIII</b>	Manejo inseguro de vehículos. Daños y hasta colapsos parciales en edificios tipo C. Daños menores en construcciones tipo B. Ningún daño en construcciones tipo A. Caen chimeneas, monumentos, torres y depósitos elevados. Desprendimiento de tabiques. Se quiebran las ramas de los árboles. Cambios en las corrientes de agua. Grietas en suelos húmedos y pendientes escarpadas.
<b>IX</b>	Pánico general. Destrucción de construcciones tipo D. Daños serios en edificaciones tipo C, inclusive algunos colapsos. Daños importantes en edificaciones tipo B y en depósitos de agua. Ruptura de tuberías subterráneas. Grietas grandes en suelos secos. Pequeñas eyecciones de arena y barro en suelos aluviales.
<b>X</b>	Gran destrucción de edificaciones. Grandes daños en malecones, represas, diques y terraplenes. Grandes desplazamientos de tierra en taludes y orillas de los ríos. Agua de canales, ríos y lagos sale hacia las playas. Rieles de las vías férreas deformados.
<b>XI</b>	Pocas edificaciones quedan en pie. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. Puentes destruidos. Grandes grietas en el suelo. Rieles de vías férreas muy retorcidos. Hundimientos y desplazamientos en suelos blandos.
<b>XII</b>	Destrucción casi total. Cambios en la topografía. Desplazamiento de grandes masas de roca. Líneas de mira y niveles distorsionados. Objetos lanzados al aire.

*Fuente: Sosa (2019).*

### **2.2.13. Metodología del Índice de vulnerabilidad (Benedetti & Petrini)**

Este método fue propuesto por los investigadores italianos D. Benedetti y V. Petrini en el año 1982 y desarrollado desde que se logró recopilar información de daño en edificaciones provocadas por sismos – terremotos a partir del 1976 (Sabogal y Vásquez, 2021).

El método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causado por un terremoto. El método califica diversos aspectos de los edificios tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología estructural. Esta es una ventaja sobre los métodos que clasifican las construcciones por tipología, material o año de construcción como son el ATC-13 y las escalas de intensidad EMS-98, MSK, entre otros. Esta metodología considera aspectos como la configuración en planta y elevación, el tipo de cimentación, los elementos estructurales y no estructurales, el estado de conservación, y el tipo y calidad de los materiales para evaluar los parámetros que calificados individualmente en una escala numérica proporciona un valor numérico de la calidad estructural o vulnerabilidad sísmica de los edificios de hormigón (Sandoval, 2016).

**Tabla 4**

*Parámetros de vulnerabilidad*

PARÁMETROS
1. Organización del sistema resistente.
2. Calidad del sistema resistente.
3. Resistencia convencional.
4. Posición del edificio y cimentación.
5. Diafragma horizontales.
6. Configuración en planta.
7. Configuración en elevación.
8. Distancia máxima entre muros.
9. Tipo de cubierta.
10. Elementos no estructurales.
11. Estado de conservación.

*Fuente: Sandoval (2016).*

#### **2.2.13.1. Índice de vulnerabilidad para estructuras de hormigón armado (concreto armado)**

Son 11 parámetros que serán calificados. En la Tabla 5 se muestran todos los parámetros a ser evaluados, los valores corresponden a los coeficientes de calificación posible  $K_i$ , de acuerdo al estado de conservación (A=Bueno, B=Regular, C=Malo) y a los factores de peso  $W_i$  asignados a cada parámetro. Los investigadores adquirieron los factores  $K_i$  y  $W_i$  a través de su experiencia en base a los eventos reales de cada evento sísmico. El índice de vulnerabilidad para cada edificio fue evaluado utilizando la ecuación (1).

$$I_V = 100. \frac{(\sum_{i=1}^{11} K_i. W_i) + 1}{34} \quad (1)$$

**Tabla 5**

*Puntajes de clases y pesos utilizados para estructuras aporricadas*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
1	Organización del sistema resistente	Calidad de líneas resistentes	0	1	2	2.00
		Configuración en planta de las líneas resistentes	0	1	2	2.00
2	Calidad del sistema resistente	Calidad del tipo de mampostería	0	1	2	1.00
3	Resistencia convencional	Uso de normativa antisísmica (según año)	-1	0	1	0.30
		Momento de inercia y módulo de sección en columnas	-1	0	1	0.50
		Número de pisos de la edificación	-1	0	1	0.20
4	Posición del edificio y cimentación	Condiciones y pendiente del terreno	0	1	2	1.00
5	Diafragma horizontal (entrepiso)	Según deformabilidad y conexión con los elementos resistentes	0	1	2	1.00
6	configuración en planta	Esquinas entrantes	0	1	2	0.60
		Torsión	0	1	2	0.40
7	Configuración en elevación	Columna corta	0	1	2	0.60
		Irregularidad vertical en masa	0	1	2	0.50
		Discontinuidad en los sistemas resistentes	0	1	2	0.90
8	Separación entre líneas resistentes	Distancia máxima entre líneas resistentes	0	1	2	1.00
9	Tipo de cubierta	Estado de conservación	0	1	2	0.40
		Conexión con la estructura	0	1	2	0.60
10	Elementos no estructurales	Estabilidad de los tabiques	0	1	2	2.00
11	Estado de conservación	Estado actual de la estructura	0	1	2	2.00

*Fuente: Barrientos (2013).*

Posteriormente de la Tabla 6 se determina la vulnerabilidad sísmica para el edificio.

**Tabla 6***Índice de vulnerabilidad sísmica*

Vulnerabilidad		Porcentaje %
A	Baja	0 - 15
B	Media	16 - 35
C	Alta	36 - 94

*Fuente: Barrientos (2013).*

La metodología es adaptable a cualquier normativa de diseño sismorresistente, para nuestro caso a la Normativa de Diseño Sismorresistente E-030.

**Tabla 7**

*Adaptabilidad de la metodología italiana a la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030.*

<b>COMPONENTE PROPUESTO POR LA NORMA PERUANA DE ESTRUCTURAS</b>	<b>METODOLOGÍA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD BENEDETTI Y PETRINI – ITALIA</b>
<b>ASPECTOS GEOMÉTRICOS</b>	
Irregularidad en planta de la edificación	6. Configuración en planta
Cantidad de muros en las dos direcciones	8. Separación máxima entre muros
Irregularidad en altura.	7. Configuración en elevación
<b>ASPECTOS CONSTRUCTIVOS</b>	
Calidad de las juntas de pega en mortero	2. Calidad del sistema resistente
Tipo y disposición de las unidades de mampostería	2. Calidad del sistema resistente
Calidad de las juntas de los materiales	2. Calidad del sistema resistente
<b>ASPECTOS ESTRUCTURALES</b>	
Muros confinados y reforzados	1. Organización del sistema resistente
Detalle de columnas y vigas de confinamiento	3. Resistencia convencional
Vigas de amarre o corona	9. Tipo de cubierta
Características de las aberturas	-----
Diafragma rígido	5. Diafragmas horizontales
Amarre de cubiertas	9. Tipo de cubierta
Cimentación	-----
Suelos	3. Resistencia convencional
Entorno o topografía	4. Posición del edificio y cimentación

*Fuente: Marín (2014).*

## **2.2.13.2. Los 11 parámetros de Benedetti & Petrini.**

### **1. Organización del sistema resistente**

Aquí se evalúan los elementos resistentes de la estructura (vigas, columnas y cimentación) la existencia o no de elementos de conexión que asemejen el comportamiento de la estructura al de una estructura ortogonal cerrada. Dicho de otra forma, que tan bien ligados estén los elementos estructurales. Se analizó los siguientes sub parámetros, los cuales fueron calificados dentro de una de las tres clases: A: bueno, B: regular, C: malo.

- ✓ Calidad de líneas resistentes: A través de este sub parámetro se evaluó el estado actual en el que se encuentran los elementos resistentes de la estructura (vigas y columnas).
- ✓ Configuración en planta de las líneas resistentes: Se refiere si las líneas resistentes son ortogonales entre sus diferentes direcciones o si estas se encuentran dispersas en cualquier dirección de la planta.

### **2. Calidad del sistema resistente**

Con este parámetro se determinó el tipo de mampostería más frecuentemente utilizado, diferenciando, de modo cualitativo sus principales características. La atribución de un edificio a una de las tres clases se efectuó en función de dos factores: por un lado, del tipo de material y de la forma de los elementos que constituyen la mampostería. Por otro lado, de la homogeneidad del material y de las piezas, por toda la extensión del muro. De las observaciones realizadas se escoge una de las siguientes categorías:

- a) Mampostería de ladrillo o bloque de buena calidad, con unidades homogéneas y de tamaño constante a lo largo de todo el panel de mampostería, existiendo ligamento entre todas las unidades.
- b) Mampostería de ladrillo o bloque de baja calidad, no muy homogéneas en todo el panel y sin buen ligamento entre unidades.
- c) Mampostería de ladrillo o bloque de mala calidad, sin buen ligamento entre unidades.

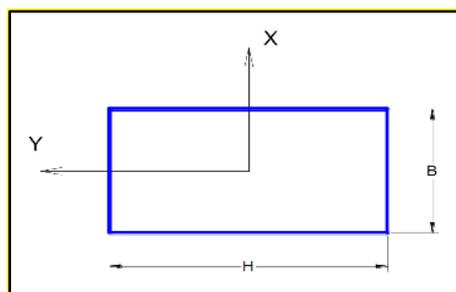
### **3. Resistencia convencional**

En este parámetro se evalúa la fiabilidad de la resistencia que puede presentar el edificio frente a cargas horizontales. Aquí se considera tres sub parámetros de gran relevancia como son:

- ✓ **Uso de normativa sísmica:** Se estimó el año de construcción y si ha sufrido modificaciones en el tiempo. De esta forma se aprecia si fue diseñada o modificada bajo alguna normativa sismorresistente. Se califica el siguiente sub parámetro dentro de una de las tres clases: A: bueno, B: regular, C: malo, dependiendo del año en que fue construida y de la normativa que utilizaron.
- ✓ **Momento de inercia y módulo de sección en columnas:** Para el análisis de columnas se evalúa el momento de inercia y el módulo de sección en cada dirección, esto nos permite determinar en qué dirección la sección es más resistente a momento flexionante causado por sismo; pues a mayor momento de inercia o módulo de sección, menor esfuerzo flexionante actuante y menor deformación.

**Figura 7**

*Esquema de columna típica*



$$I_{xx} = \frac{B.H^3}{12} \quad I_{yy} = \frac{H.B^3}{12}$$

$$Z_x = \frac{B.H^2}{6} \quad Z_y = \frac{H.B^2}{6}$$

Donde:

$I_{xx}$  = Momento de inercia en la dirección  $x$

$I_{yy}$  = Momento de inercia en la dirección  $y$

$Z_x$  = Modulo de sección en la dirección  $x$

$Z_y$  = Modulo de sección en la dirección  $y$

$B$  = Base de la columna

$H$  = Altura de la columna

- ✓ **Número de pisos de la edificación:** Este sub parámetro se aplica según el material de la estructura (Tabla 8)

**Tabla 8***Clases asignadas según tipologías y números de niveles*

<b>Tipología</b>	<b>Nº de plantas</b>	<b>Clase</b>
Albañilería	Bajo (1 a 2)	A
	Medio (3 a 5)	B
	Alto (6 a más)	C
Hormigón	Bajo (1 a 3)	A
	Medio (4 a 6)	B
	Alto (7 a más)	C

*Fuente: Barrientos (2013).*

#### **4. Posición del edificio y cimentación**

Este parámetro se evalúa, mediante el levantamiento topográfico realizado, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Para ello se tiene en cuenta algunos aspectos, tales como: la consistencia y pendiente del terreno, y una eventual ubicación de la cimentación a diferente cota. La asignación de este parámetro dentro de una de las tres clases, se realiza en base a las condiciones:

- a) Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota.
- b) Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno blando con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a un metro.
- c) Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 20% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 30%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a un metro.

#### **5. Diafragma horizontal entrepiso**

Es de gran importancia que el sistema de diafragma se encuentre bien conectado al sistema resistente vertical, para que pueda transmitir tanto las cargas verticales que soporta el edificio, como las horizontales hacia la cimentación. Cuando dichas condiciones no se encuentran en estado aceptable, la vibración lateral de los paneles tiende a separarlos causando

la caída de los mismos, lo cual representa gran daño en la estructura. Se escoge una de las siguientes categorías:

- a) Edificio con diafragmas rígidos que satisfacen las condiciones:  
La deformabilidad del diafragma es despreciable.  
La conexión entre el diafragma y los elementos resistentes es eficaz.
- b) Edificio con diafragma como el de la clase A, pero que no cumple con una de las condiciones pasadas.
- c) Edificio con diafragma como el de la clase A, pero que no cumple ninguna de las dos condiciones.

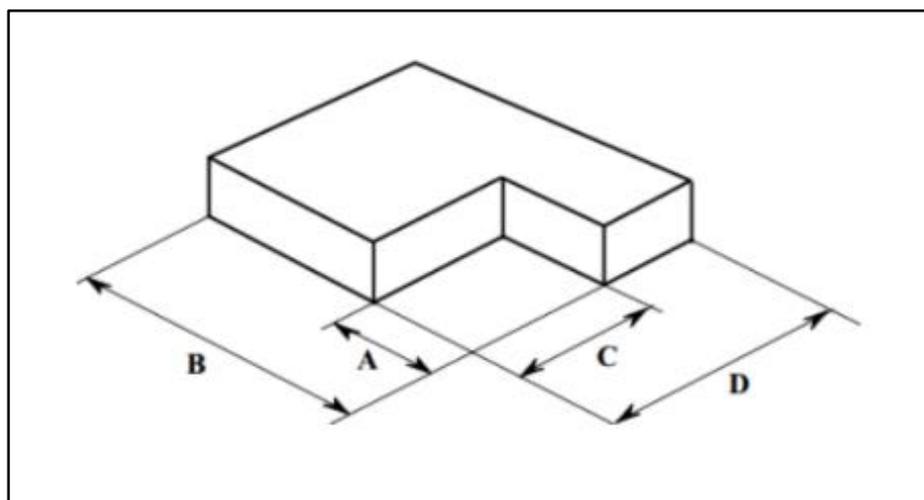
## 6. Configuración en planta

El comportamiento sísmico de una estructura estará influenciado por su configuración en planta, siendo necesario evaluar lo siguiente:

- ✓ **Esquinas entrantes:** Se presenta este tipo de irregularidad cuando la configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones, son mayores que el 20% de la correspondiente dimensión total en planta indicado en la Tabla 9.

**Figura 8**

*Esquinas entrantes*



$$C > 0.2D$$

$$A > 0.2B$$

**Tabla 9**  
*Irregularidades estructurales en planta*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<p><b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b>            Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).            Este criterio solo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p><b>Esquinas Entrantes</b>            La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta</p>	0,90
<p><b>Discontinuidad del Diafragma</b>            la estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tiene discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma también existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p><b>Sistemas no Paralelos</b>            Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

Fuente: Norma Técnica E.030 (2018).

- ✓ **Torsión:** Se aplica únicamente en diafragmas que sean rígidos, cuando el desplazamiento promedio en un entrepiso supere el 50% del valor máximo permitido según lo establecido en la Tabla 10.

**Tabla 10***Límites para la distorsión del entrepiso*

<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
Material predominante	$(\Delta_i/h_{ei})$
Concreto armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

*Fuente: Norma Técnica E.030 (2018).***7. Configuración en elevación**

Para valorar este parámetro, se examinan los sub parámetros siguientes y se les asigna una de tres categorías: A (bueno), B (regular), C (malo).

- ✓ **Columna corta:** Para determinar el efecto que produce la ubicación de los vanos, se calculó la rigidez tanto de la columna total (KCT) como de la columna corta (KCC) utilizando para ello las siguientes ecuaciones (Mosqueira, 2012).

$$Kx_{CT} = \frac{12E \cdot I_{xx}}{L_{CT}^3} \quad Ky_{CT} = \frac{12E \cdot I_{yy}}{L_{CT}^3} \quad (\text{Según San Bartolomé A.}) \dots\dots (2)$$

$$Kx_{CC} = \frac{12E \cdot I_{xx}}{L_{CC}^3} \quad Ky_{CC} = \frac{12E \cdot I_{yy}}{L_{CC}^3}$$

Donde:

**Kx<sub>CT</sub>** : Rigidez de la columna total en la dirección x

**Ky<sub>CT</sub>** : Rigidez de la columna total en la dirección y

**Kx<sub>CC</sub>** : Rigidez de la columna corta en la dirección x

**Ky<sub>CC</sub>** : Rigidez de la columna corta en la dirección y

**E** : Módulo de elasticidad del concreto

**I<sub>XX</sub>** : Momento de inercia en la dirección x

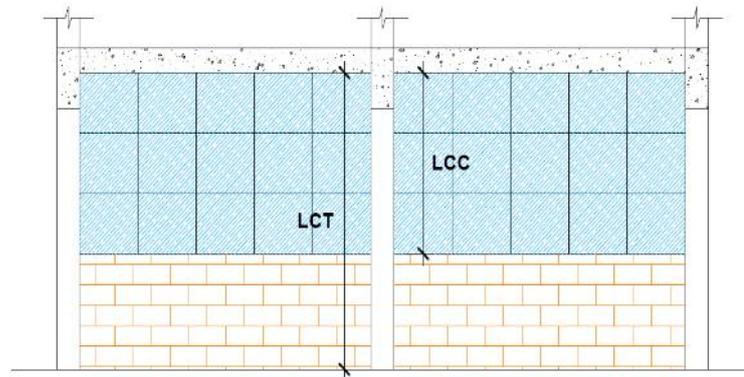
**I<sub>YY</sub>** : Momento de inercia en la dirección y

**L<sub>CT</sub>** : Longitud de la columna total

**L<sub>CC</sub>** : Longitud de la columna corta

## Figura 9

Altura de la columna total y la columna corta.



Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Irregularidad vertical en masa o peso:** Se considera que existe irregularidad de masa (o peso), cuando la masa o peso de un nivel es más pesado que 1.5 veces el peso del nivel adyacente, excepto en el caso del nivel de cubierta, que es más ligero que el nivel inferior. indicado en la Tabla N°8 de la Norma técnica E.030, 2018.
- ✓ **Discontinuidad en los sistemas resistentes:** Se considera como discontinuidad en los sistemas resistentes, al desalineamiento de elementos verticales resistentes, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la dimensión del elemento indicado en la Tabla N°8 de la Norma técnica E.030, 2018.

### 8. Separación máxima entre líneas resistentes

Este parámetro tiene en cuenta la distancia entre los apoyos laterales de elementos que están sujetos a flexión, y esta separación no debe ser mayor de 50 veces el menor ancho "b" del ala o cara en compresión. La asignación de este parámetro a una de las tres clases se llevó a cabo siguiendo lo establecido en la Norma Técnica E.060, 2009.

### 9. Tipo de cubierta

Este parámetro considera la capacidad del techo para resistir fuerzas sísmicas y se evalúa en dos categorías. La primera categoría se refiere al estado de conservación del techo, mientras que la segunda se relaciona con la conexión del techo con la estructura.

- ✓ **Estado de conservación:** Para calificar este sub parámetro se toma en consideración el tipo de cubierta, los materiales empleados en su construcción y el estado de conservación de dichos materiales.
- ✓ **Conexión con la estructura:** Se verifica que la cubierta esté adecuadamente unida al sistema estructural resistente de manera que asegure un comportamiento adecuado en caso de un sismo eventual. La calificación de este sub parámetro en una de las tres clases se lleva a cabo mediante una inspección visual.

### 10. Elementos no estructurales

En este parámetro se evalúa la estabilidad de los tabiques, basándonos en la comparación de momento actuante debido a cargas perpendiculares al plano del muro, y el momento resistente paralelo al plano del muro. Para dicho cálculo se emplea la metodología propuesta en el Reglamento Nacional de Edificaciones - E.070, 2006.

El momento flector distribuido por unidad de longitud ( $M_s$ , en  $KN\ m/m$ ), producido por la carga sísmica  $\omega$ , se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$M_a = m \cdot \omega \cdot a^2 \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$M_a$ : Momento actuante

$m$ : Coeficiente de momento (adimensional) indicado en la Tabla 12.

$a$ : Dimensión crítica del paño de albañilería en metros indicado en la Tabla 12.

$\omega$ : La carga por metro cuadrado de muro

La magnitud de la carga ( $\omega$ , en  $KN/m^2$ ) para un metro cuadrado de muro se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\omega = 0.8 \cdot Z \cdot U \cdot C_1 \cdot \gamma \cdot t \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

$Z$ : Factor de zona

$U$ : Factor de importancia

$C_1$ : Coeficiente sísmico

$t$ : Espesor bruto del muro en metros

$\gamma$ : Peso volumétrico de la albañilería (para ladrillo macizo  $18KN/m^3$ )

El coeficiente sísmico  $C_1$  se determina según lo propuesto en la Norma técnica E.030 (2018), como se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Coeficiente sísmico  $C_1$*

Elementos que al fallar pueden precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3.0
Muros y tabiques dentro de una edificación.	2.0
Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3.0
Equipos rígidos conectados rigidamente al paso.	1.5

*Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).*

El coeficiente de momento y la dimensión crítica del paño de albañilería en metros se determina en función del número de bordes arriostrados como se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Valores del Coeficiente de Momentos “m” y Dimensión Crítica “a”*

Caso 1. Muro con cuatro bordes arriostrados								
a = Menor dimensión								
b/a=	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	$\infty$
m=	0.0479	0.0627	0.0755	0.0862	0.0948	0.1017	0.1180	0.1250
Caso 2. Muro con tres bordes arriostrados								
a = Longitud del borde libre								
b/a=	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	$\infty$
m =	0.060	0.074	0.087	0.097	0.106	0.112	0.128	0.133
Caso 3. Muro arriostrado solo en sus bordes horizontales								
a = Altura del muro								
m = 0.125								
Caso 4. Muro en voladizo								
a = Altura del muro								
m = 0.5								

*Fuente: Norma técnica E.070 (2006).*

Para determinar el momento resistente a tracción por flexión de muro ( $M_r$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

$$M_r = 16.7 \cdot t^2 \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

$M_r$ : Momento resistente a tracción por flexión en  $KN - \frac{m}{m}$

$t$ : Espesor bruto del muro en metros

Finalmente se compara el valor de las ecuaciones (3) y (5), con lo cual se podrá definir la estabilidad del muro.

Si:  $M_a < M_r$  (Muro estable)

Si:  $M_a = M_r$  (Muro parcialmente estable)

Si:  $M_a > M_r$  (Muro inestable)

### 11. Estado de conservación

Este parámetro tiene en cuenta el estado de conservación en que se encuentre la edificación. Se califica su vulnerabilidad de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Edificación en buen estado: Es decir, la estructura, la unidad de construcción y el aspecto físico demuestran calidad, resistencia y conservación.
- b) Edificación en regular estado: Es decir, la estructura, la unidad de construcción y el aspecto físico demuestran que han sufrido deterioro en cuanto a la calidad, resistencia y conservación.
- c) Edificación en mal estado: Es decir, cuando la estructura y unidad arquitectónica han entrado en un proceso de deterioro, además los materiales con los que fue construido se encuentran en un estado ruinoso.

### 2.2.14. Parámetros de la norma E030 Diseño Sismorresistente 2018

**Perfiles del Suelo.** Según el Art 12.- Condiciones Geotécnicas de la norma E-030 del R.N.E. (2018) la clasificación de los perfiles del suelo es:

**Tabla 13***Clasificación de los Perfiles de Suelo*

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
$S_0$	> 1500 m/s	-	-
$S_1$	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 KPa
$S_2$	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 KPa a 100 KPa
$S_3$	< 180 m/s	< 15	25 KPa a 50 KPa
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

*Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).*

**Parámetros de sitio (S, TP y TL).** Según el Art 13 de la norma E-030 del R.N.E. (2018) para considerar los parámetros de sitio se tendrá en cuenta el tipo de suelo según estudio de mecánica de suelos (ver Anexo 7), los valores correspondientes al factor de amplificación del suelo S, así como los periodos TP y TL que se encuentran en las Tablas 14 y 15.

**Tabla 14***Factor de Suelo "S"*

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0.80	1.00	1.05	1.10
$Z_3$	0.80	1.00	1.15	1.20
$Z_2$	0.80	1.00	1.20	1.40
$Z_1$	0.80	1.00	1.60	2.00

*Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).***Tabla 15***Periodos "TP" y "TL"*

	Perfil de Suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_P$ (S)	0.30	0.40	0.60	1.00
$T_L$ (S)	3.00	2.50	2.00	1.60

*Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).*

**Factor de Amplificación Sísmica (C).** De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica C por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2,5 \dots \dots \dots (6)$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \dots \dots \dots (7)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right) \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

C: Factor de amplificación sísmica

T<sub>P</sub>: Periodo que define la plataforma del factor (C)

T<sub>L</sub>: Periodo inicial de la zona del factor (C) con desplazamiento constante

T: Periodo fundamental de vibración.

**Periodo Fundamental de Vibración.** Según la norma E-030 Diseño Sismorresistente (2018), los periodos de vibración en cada sentido se expresan de la siguiente manera:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \dots \dots \dots (9)$$

h<sub>n</sub> = altura efectiva de la estructura.

Donde:

• C<sub>T</sub> = 35

Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

• C<sub>T</sub> = 45

Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras
- b) Pórticos dúctiles de acero arriostrados.

• C<sub>T</sub> = 60

Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

**Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U).** El factor de uso e importancia (U) está definido de acuerdo a la categoría de la edificación propuesta en la Norma Técnica de Edificaciones E-030.

**Tabla 16**

*Categoría de la Edificaciones y Factor (U)*

Categoría	Descripción	Factor U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes centros comerciales, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas contaminantes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

*Fuente: Norma Técnica E.030 (2018).*

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1.5.

Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

**Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_0$ ).** Según el Artículo 18 de la norma E-030 (2018), el coeficiente de reducción de fuerza sísmica ( $R_0$ ) se selecciona según el sistema estructural y los materiales usados en la edificación.

**Tabla 17**

*Sistemas Estructurales*

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

Fuente: Norma Técnica E.030 (2018).

(\*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(\*\*) Para diseño por esfuerzos admisibles.

**Coefficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R.** Se determina con la multiplicación del  $R_0$  obtenido a partir de la Tabla 17 y los factores  $I_a$ ,  $I_p$  obtenidos de las Tablas 8 y 9 de la Norma técnica E.030.

$$R = R_0 * I_a * I_p \dots \dots \dots (10)$$

**Fuerza Cortante en la Base.** Según la norma E-030 Diseño Sismorresistente (2018), la fuerza cortante en la base para cada dirección se obtiene con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} . P \dots \dots \dots (11)$$

El valor de  $C/R$  no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11 \dots \dots \dots (12)$$

**Aceleración Espectral.** Se establece la ecuación para calcular la pseudo aceleración sísmica (numeral 29.2.1 Norma técnica E.030, 2018).

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} . g \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

Z = Factor de zona (Tabla 1)

U = Factor de uso (Tabla 16)

S = Factor de suelo (Tabla 14)

C = Factor de amplificación sísmica

R = Factor de reducción por ductilidad

g = Aceleración de la gravedad

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS

### 3.1. MATERIAL

#### 3.1.1. Ubicación Geográfica

La presente investigación se realizó en la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre del distrito de Jaén – Cajamarca.

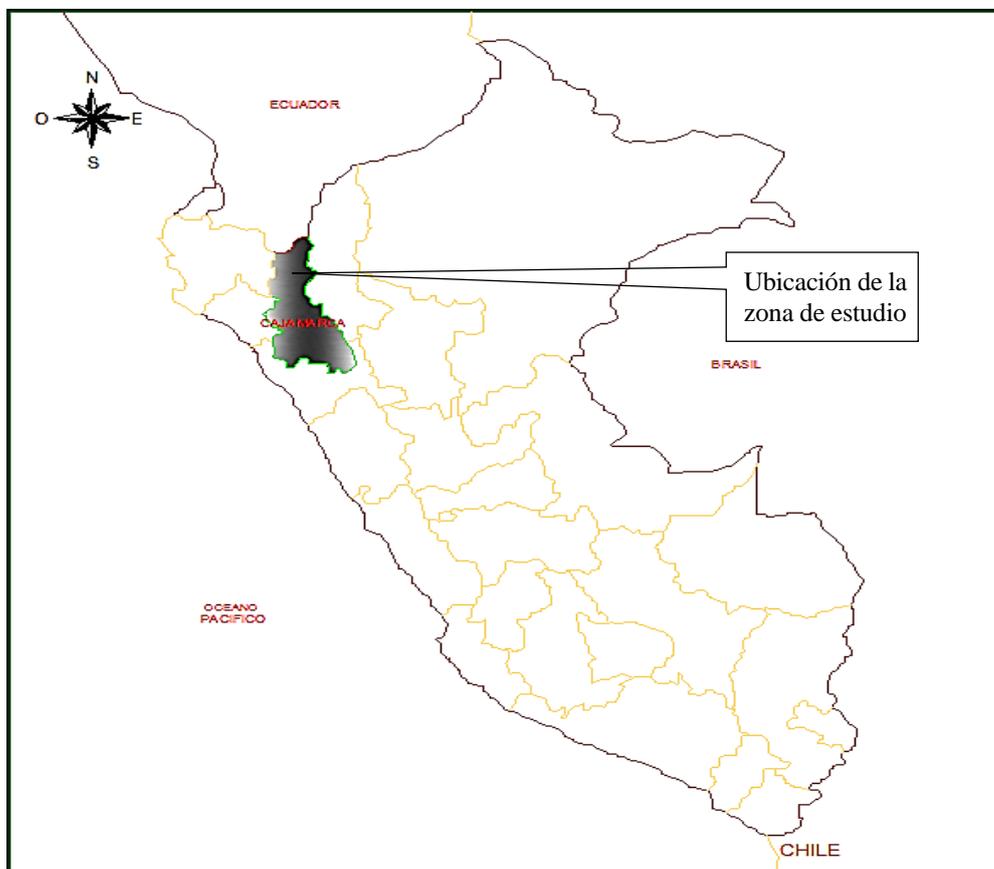
**Tabla 18**

*Ubicación geográfica*

CUADRO DE UBICACIÓN GEOGRAFICA			
Institución Educativa	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)
	Longitud (°)	Latitud (°)	
Víctor Raúl Haya de la Torre	-5.7147	-78.8030	721

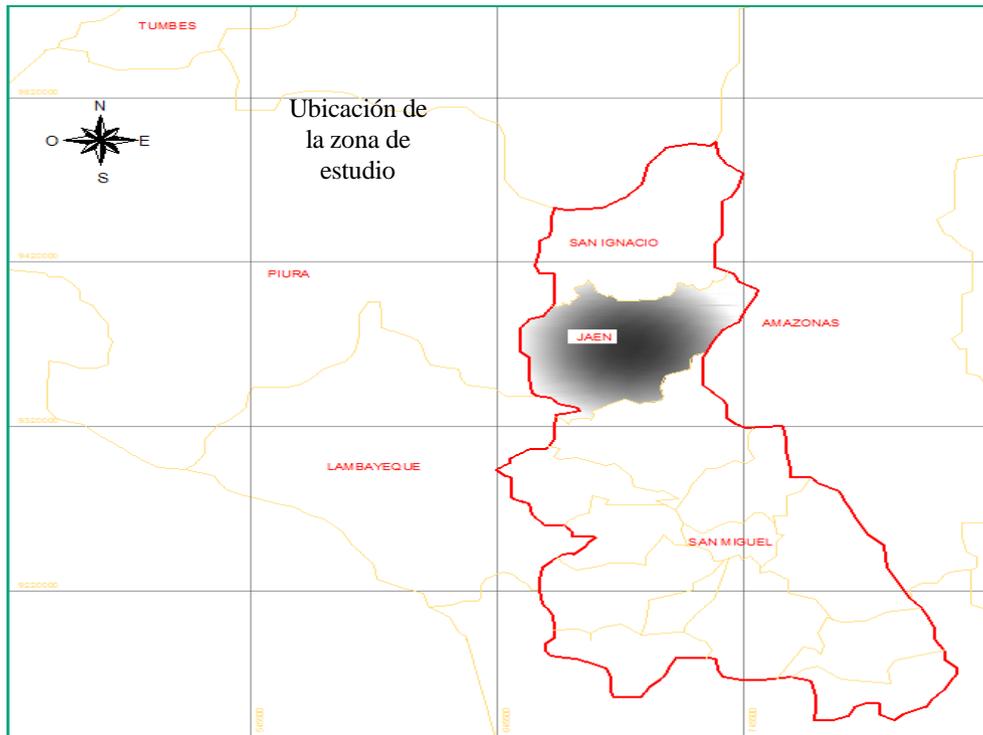
**Figura 10**

*Mapa político del Perú*



**Figura 11**

*Mapa regional de Cajamarca*



**Figura 12**

*Mapa de la provincia de Jaén*



**Figura 13**

*Ubicación de la zona de estudio*



### **3.1.2. Época de la Investigación**

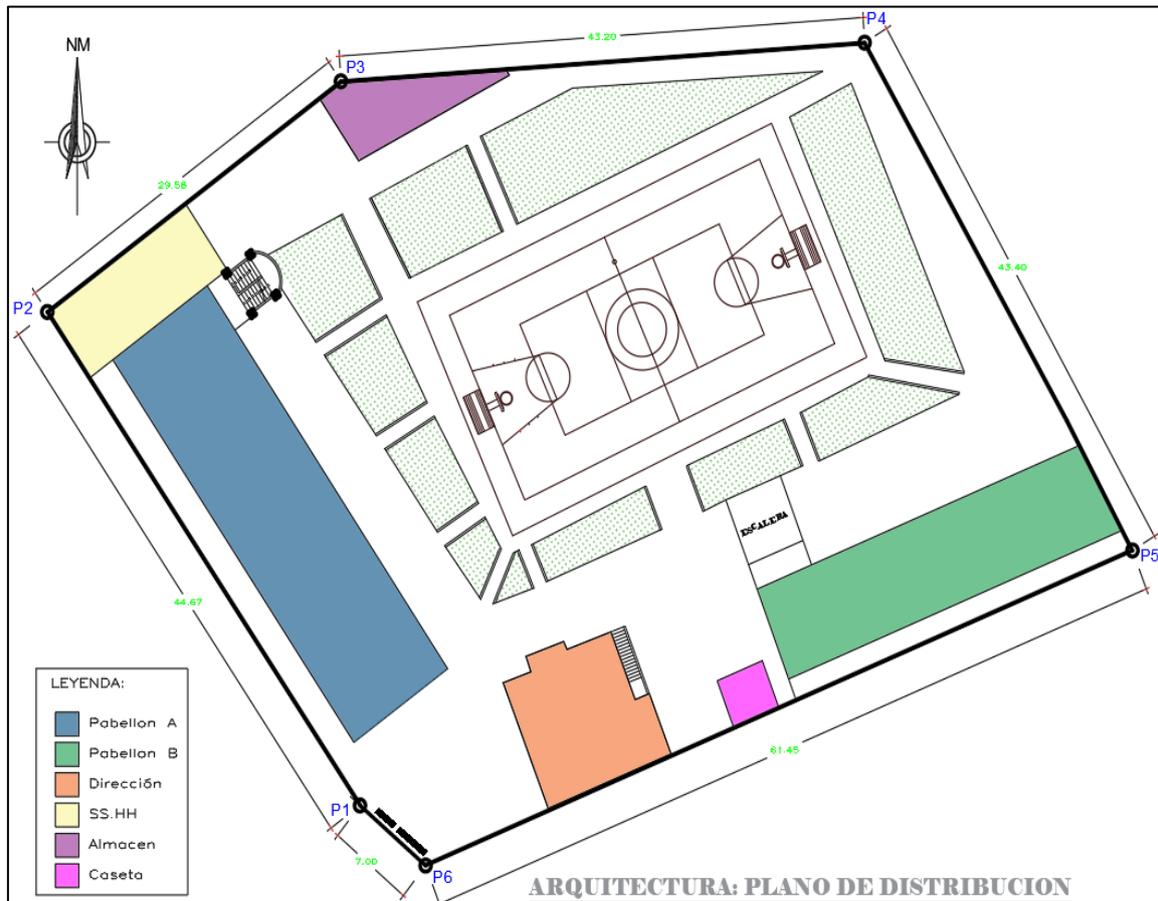
La investigación se desarrolló a cabo durante los meses de enero a abril del 2023, en la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre de la ciudad de Jaén.

### **3.1.3. Población de Estudio**

La población está constituida por toda la infraestructura de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, construida en dos niveles con un sistema estructural aporricado.

**Figura 14**

*Plano de distribución de la Institución Educativa*



### **3.1.4. Muestra**

Para esta investigación, la muestra está conformada por el pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, la misma que fue seleccionada por el método no probabilístico.

### **3.1.5. Unidad de análisis**

La unidad de análisis considerados para esta investigación son los elementos estructurales y no estructurales del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, Jaén – Cajamarca.

## **3.2. MÉTODO**

### **3.2.1. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada. En esta investigación se determinó la vulnerabilidad sísmica del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre de la ciudad de Jaén, los resultados que se obtengan se difundirán para que permitan a las autoridades implicadas tomar decisiones acertadas y acciones en las zonas con mayor vulnerabilidad sísmica.

### ***3.2.2. Nivel de investigación***

Esta investigación se enmarca dentro de un nivel descriptivo y aplicativo. Su objetivo principal radica en la determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica del Pabellón "A" de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, ubicada en la ciudad de Jaén. Se espera que los datos y conclusiones obtenidos sean aplicados por estas entidades para tomar decisiones informadas y poder mitigar los daños que ocasionan los sismos.

### ***3.2.3. Diseño de Investigación***

La investigación es de diseño no experimental, dado que no se realizó modificaciones en las variables analizadas. El enfoque de esta investigación se centró en la evaluación de las características geométricas, constructivas y estructurales del Pabellón "A" de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre. Estos análisis proporcionaron los datos esenciales para la determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica utilizando el método seleccionado para esta investigación.

### ***3.2.4. Método de la investigación***

Esta investigación adopta un enfoque metodológico hipotético-deductivo, se inició con la observación del fenómeno a estudiar, lo que significa que se partió de premisas generales para llegar a conclusiones específicas. Esto garantiza una estructura lógica y coherente en la investigación.

### ***3.2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos***

La técnica empleada en esta investigación es la observación directa del estado actual del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, Jaén – Cajamarca.

El instrumento de recolección de datos empleado en esta investigación fue fichas de registro.

Mediciones. Se realizo el levantamiento topográfico con estación total y wincha para determinar sus medidas del pabellón como de los elementos estructurales

Instrumentos:

Estación total topcon 105, wincha Stanley de 50 metros, esclerómetro, cámara fotográfica, equipo de cómputo, impresora, dispositivo de almacenamiento USB y calculadora.

### **3.2.6. *Análisis e interpretación de datos***

Los datos obtenidos en esta investigación fueron acumulados en hojas de cálculo de Excel, donde se presentaron en tablas y gráficos para posteriormente ser analizados en el software SAP 2000 para evaluar el índice de vulnerabilidad sísmica.

## CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISIS

Los resultados generados en la presente investigación, fueron obtenidos mediante análisis cualitativos y cuantitativos, dichos resultados se muestran a continuación:

#### 4.1.1. Organización del sistema resistente

- **Calidad de líneas resistentes:** Para la evaluación de este parámetro se realizó una inspección visual de las líneas resistentes (vigas y columnas) del pabellón en análisis.

#### Figura 15

*Vista exterior de la Institución Educativa*



#### Figura 16

*Vista interior de la Institución Educativa*

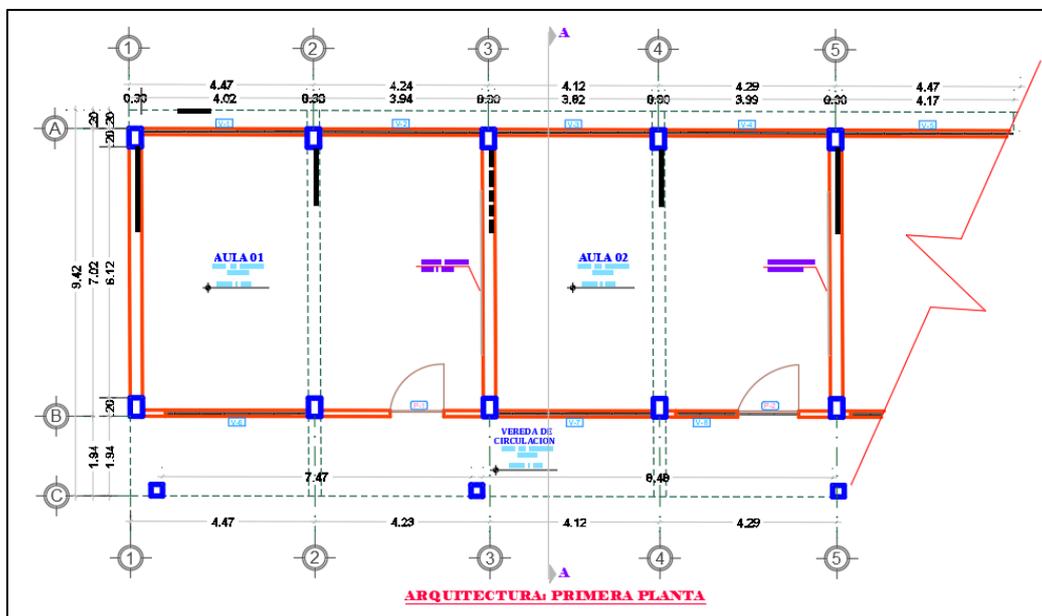


En la Figura 15 y 16 del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, se observa que las líneas resistentes correspondientes a las vigas y columnas se encuentran en buen estado de conservación. Por lo tanto, han sido consideradas dentro de la clase A (bueno).

- **Configuración en planta de las líneas resistente:** con este parámetro se analizó la configuración en planta del pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre

**Figura 17**

*Configuración en planta de la Institución Educativa*



En la Figura 17, se observa que las columnas verticales y vigas horizontales forman un ángulo de 90 grados, es decir son perpendiculares. Por lo tanto, el pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre tiene una calificación A (bueno).

**Tabla 19**

*Resultados del parámetro 1*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
1	Organización del sistema resistente	Calidad de líneas resistentes	0	1	2	2.00
		Configuración en planta de las líneas resistentes	0	1	2	2.00

#### 4.1.2. Calidad del sistema resistente

La calificación de este parámetro se realizó en función de dos factores:

1. Del tipo de material, y de la forma de los elementos que constituyen la mampostería.
2. De la homogeneidad del material y de las piezas por toda la extensión del muro.

#### Figura 18

*Mampostería utilizada en toda la extensión de los muros del pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre*



Se asignó una calificación de clase C (malo) a este parámetro debido a que está construido con mampostería de ladrillo de calidad regular, con piezas no uniformes y dimensiones variables en toda la extensión del muro, como se puede observar en la figura 18.

#### Tabla 20

*Resultados del parámetro 2*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
2	Calidad del sistema resistente	Calidad del tipo de mampostería	0	1	2	1.00

### 4.1.3. Resistencia convencional

- **Uso de normativa sismorresistente**

El pabellón A fue construido en el año 1989 con aportes de los padres de familia, fue construida bajo la primera norma sísmica del Perú que data del año 1970 que tuvieron consideraciones básicas que con el tiempo han ido corrigiendo. La clasificación de este sub parámetro se encuentra dentro de la clase B (regular), debido a que la norma sismorresistente vigente considera nuevos parámetros de evaluación los cuales dan mucha más seguridad a las edificaciones esenciales.

- **Momento de inercia y módulo de sección en las columnas**

Se evaluó el momento flexionante de las columnas, para verificar en qué dirección se produce el mayor daño, determinándose el momento de inercia y el módulo de sección indicados en la Tabla 21.

**Tabla 21**

*Momento de inercia y módulo de sección de las columnas del pabellón "A"*

PABELLON	B (cm)	H (cm)	Ixx (cm <sup>4</sup> )	Iyy (cm <sup>4</sup> )	Zx (cm <sup>3</sup> )	Zy (cm <sup>3</sup> )
A	30	45	227812.5	101250	10125	6750

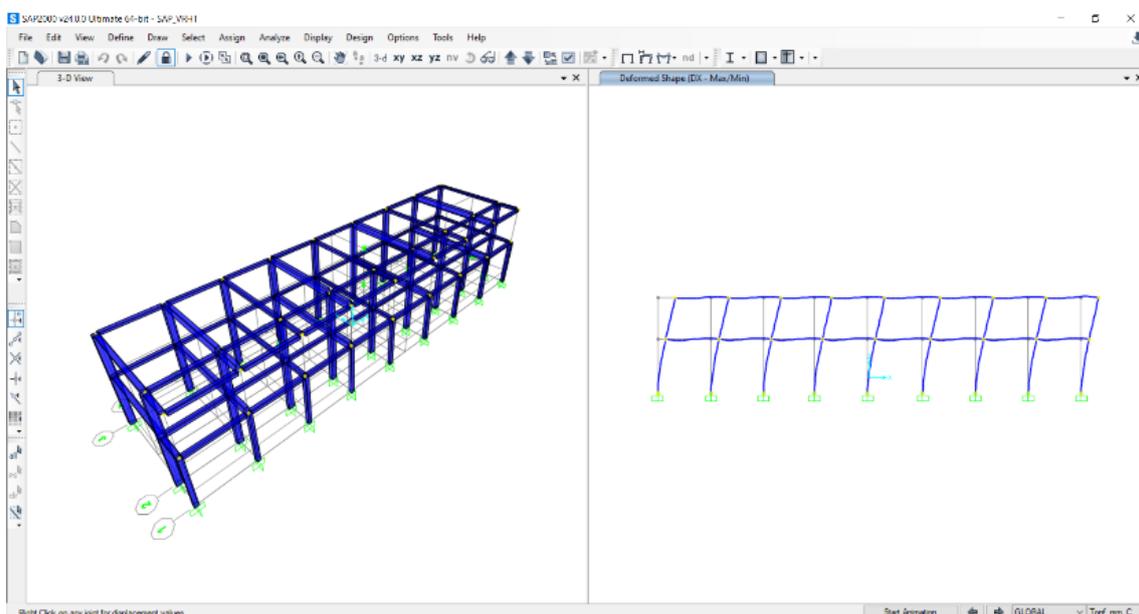
La Tabla 21 muestra que el momento de inercia y el módulo de sección son significativamente más bajos en la dirección "y". Esto indica que la sección de la columna es menos resistente al momento flexionante causado por la acción de un evento sísmico en esta dirección. Por lo tanto, se clasificó este pabellón en la clase "B" (regular) debido a la falta de resistencia de las columnas en la dirección "y".

- **Número de pisos de la edificación**

Para la evaluación de este sub parámetro se utilizó la Tabla 8, en este caso el pabellón "A" de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre se encuentra conformado por líneas resistentes (vigas y columnas) de concreto armado y unidades de albañilería para confinar los ambientes, no superando el pabellón los 3 niveles de altura como se aprecia en la Figura 19, por lo que se encuentra dentro de la clasificación A (Buena).

**Figura 19**

*Pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre – 2 niveles*



**Tabla 22**

*Resultados del parámetro 3*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (Ki)			Peso Wi
			A	B	C	
3	Resistencia convencional	Uso de normativa antisísmica (según año)	-1	0	1	0.30
		Momento de inercia y módulo de sección en columnas	-1	0	1	0.50
		Número de pisos de la edificación	-1	0	1	0.20

#### **4.1.4. Posición del edificio y cimentación**

El pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre se encuentra posicionado sobre terreno Limo Arenoso (ML), siendo un suelo intermedio S2, con capacidad portante de 0.93 kg/cm<sup>2</sup> y 0.97 kg/cm<sup>2</sup> (ver Anexo 07 - EMS), así mismo se realizó un levantamiento topográfico de la Institución Educativa (ver Anexo 01), verificándose que la pendiente es inferior al 10%. Por lo que, basándose en los resultados del estudio de mecánica de suelos y el levantamiento topográfico, el pabellón A fue clasificado en la clase A (bueno).

**Tabla 23**

*Resultados del parámetro 4*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
4	Posición del edificio y cimentación	Condiciones y pendiente del terreno	0	1	2	1.00

#### **4.1.5. Diafragma horizontal entre piso**

Para la asignación del pabellón A dentro de una de las clases se tuvieron en consideración los siguientes parámetros:

- A. Edificio con diafragmas de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones:
  1. Ausencia de planos de desnivel y placas de concreto
  2. La deformabilidad del diafragma es despreciable
  3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- B. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero no cumplen con una de las condiciones.
- C. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con dos de las condiciones.
- D. Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

**Figura 20**

*Diafragma horizontal de la Institución Educativa*



El pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, no cuenta con placas de concreto, de igual manera no se observa deformaciones, por lo que se aprecia que a pesar de los años los muros y diafragmas se encuentran trabajando eficazmente, la asignación de este parámetro se clasifica como A (bueno), debido a que el pabellón presenta diafragmas de cualquier naturaleza y satisface las condiciones 1, 2 y 3.

**Tabla 24**

*Resultados del parámetro 5*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
5	Diafragma horizontal (entrepiso)	Según deformabilidad y conexión con los elementos resistentes	0	1	2	1.00

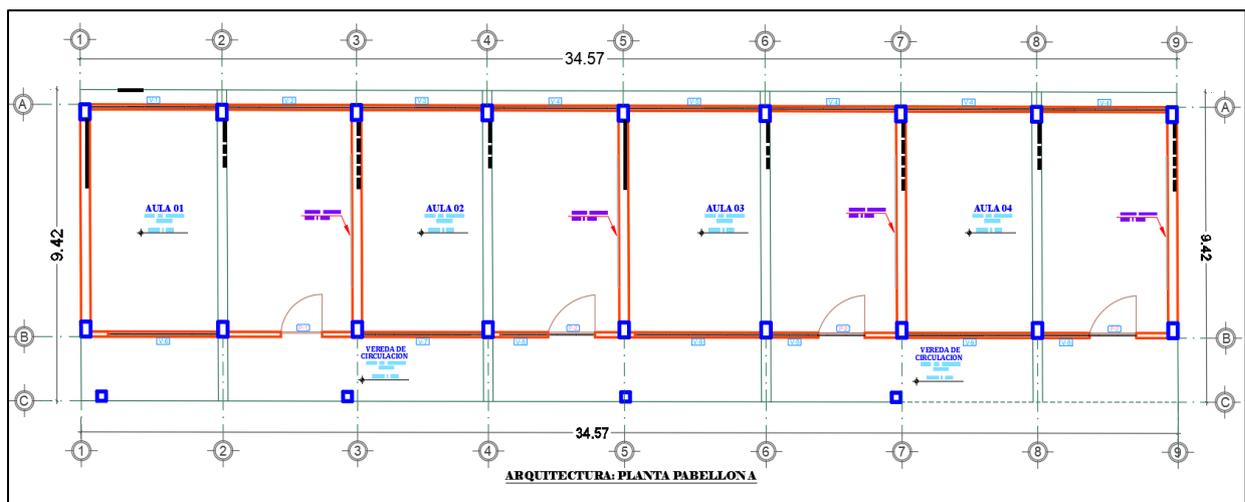
#### 4.1.6. Configuración en planta

- **Esquinas entrantes**

El pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre tiene forma rectangular (ver Figura 21).

**Figura 21**

*Configuración en planta del Pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre*



$$A_x = 9.42 \text{ m}, E(\text{entrante})_x = 0 \rightarrow \frac{A}{E} > 20\% \quad 0 < 20\%, \text{ NO PRESENTA IRREGULARIDAD}$$

$$L_y = 34.57 \text{ m}, E(\text{entrante})_y = 0 \rightarrow \frac{L}{E} > 20\% \quad 0 < 20\%, \text{ NO PRESENTA IRREGULARIDAD}$$

Se comprobó que no existe ningún tipo de irregularidad de esquina entrante. Por lo tanto, la asignación de este sub parámetro se clasifica como A (bueno).

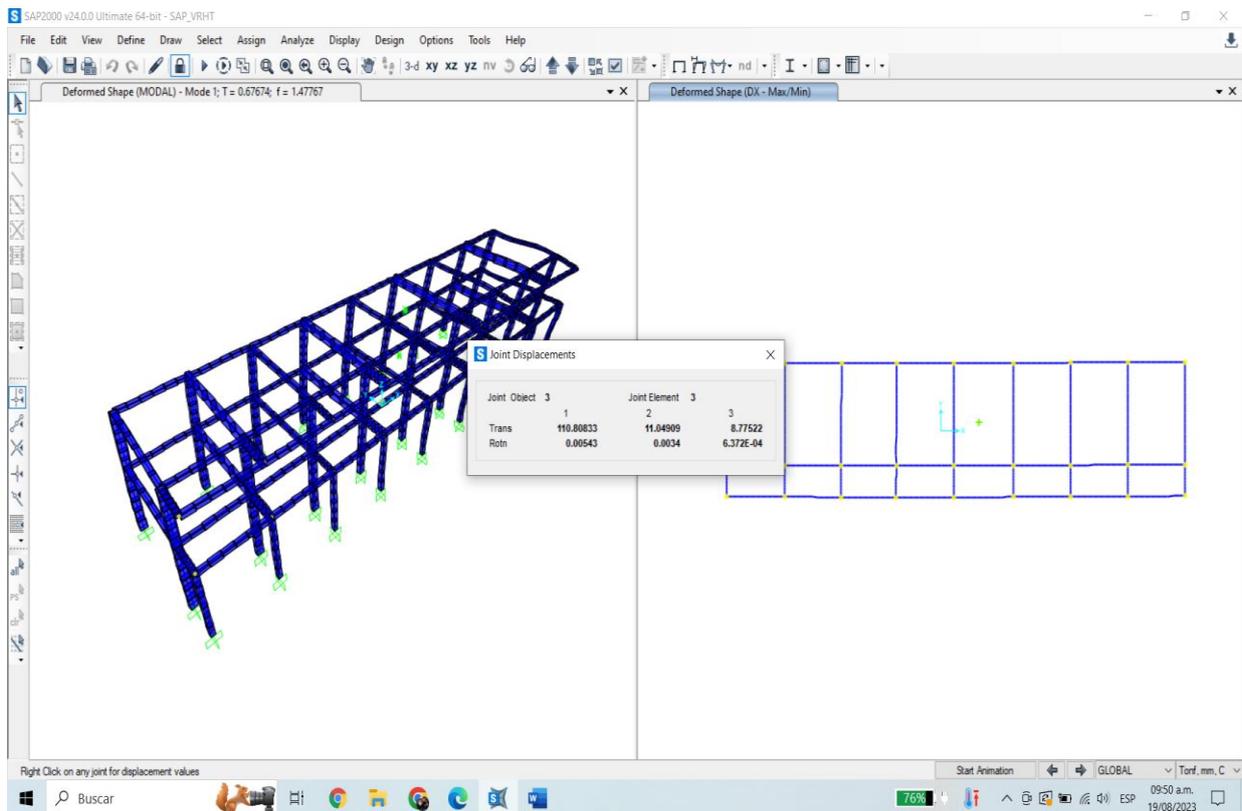
- **Torsión**

Este parámetro se determinó con la ayuda del programa SAP 2000 v.24.0.0 en el cual se analizó el pabellón A, teniendo como resultado los desplazamientos laterales de entrepiso que se muestran en las siguientes figuras.

### Desplazamientos en “X” piso 2 – pabellón “A”, I.E. Víctor Raúl Haya de la Torre

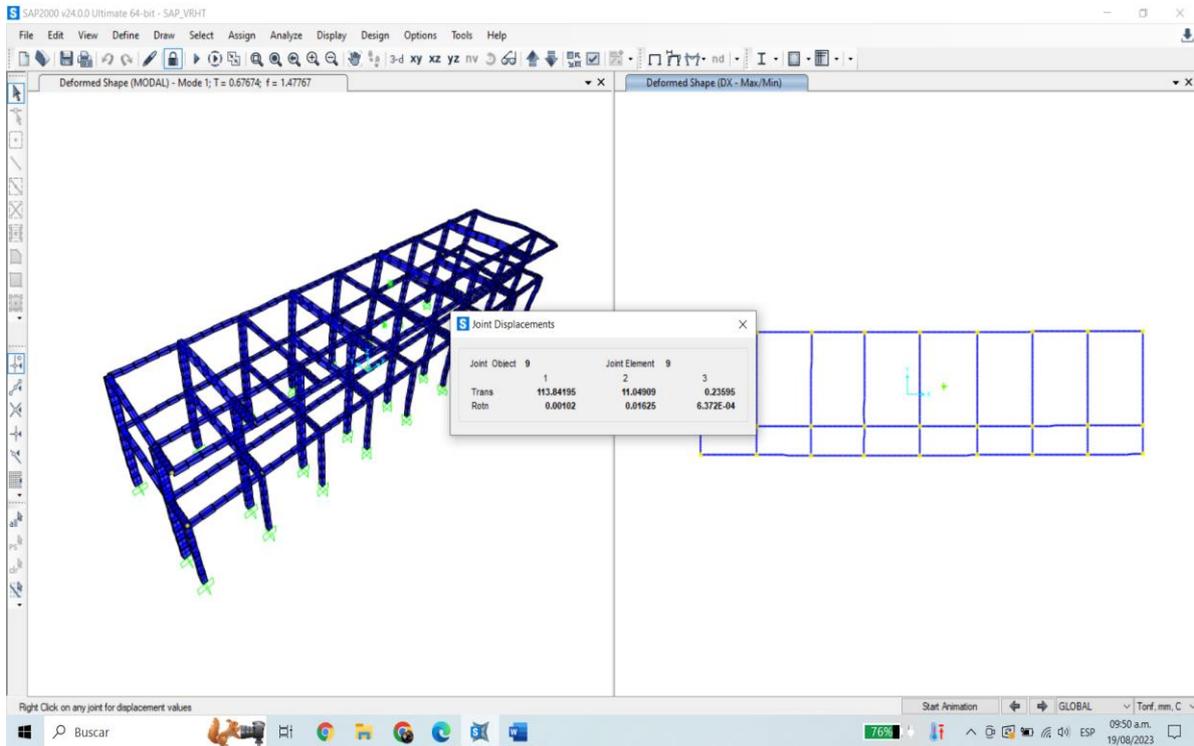
**Figura 22**

*Desplazamiento - Nudo A*



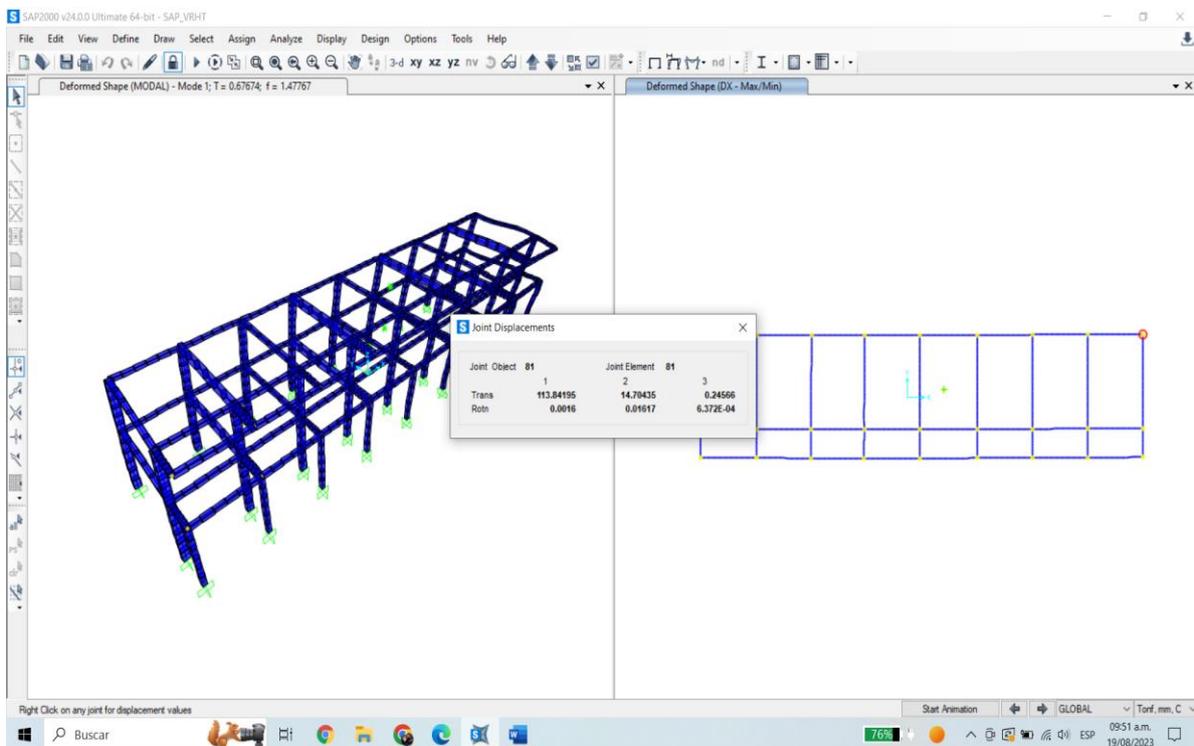
**Figura 23**

*Desplazamiento - Nudo B*



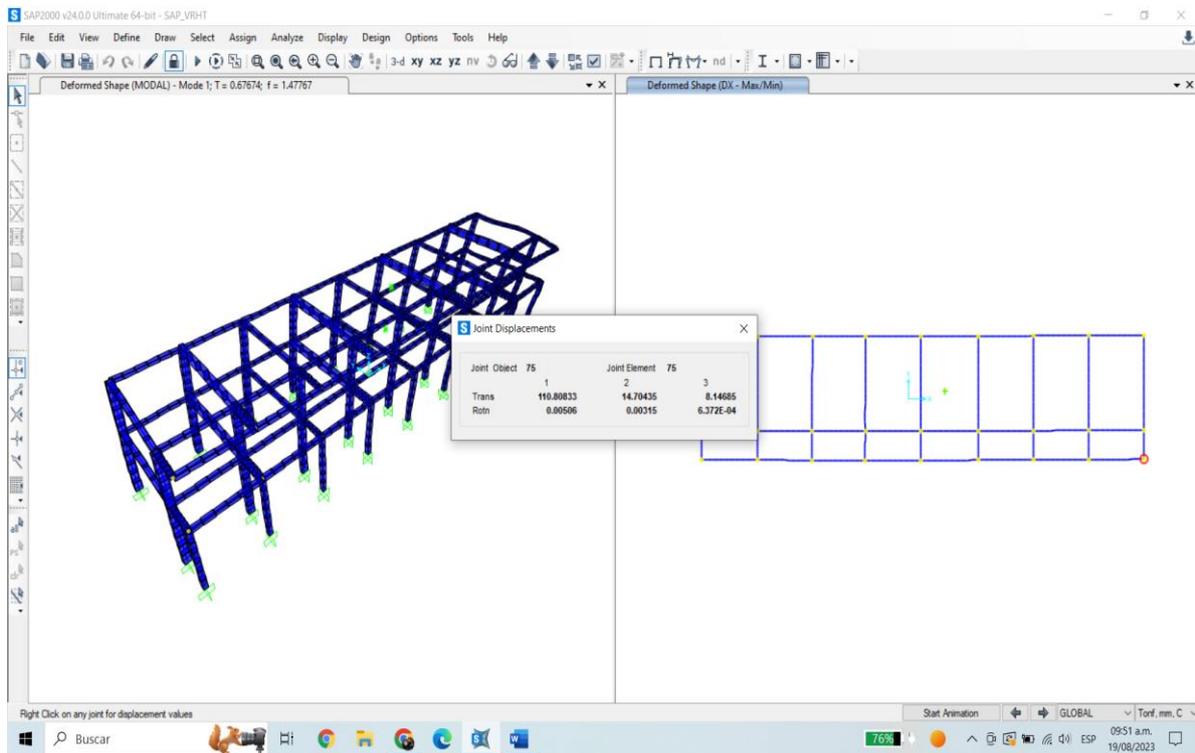
**Figura 24**

*Desplazamiento - Nudo C*



**Figura 25**

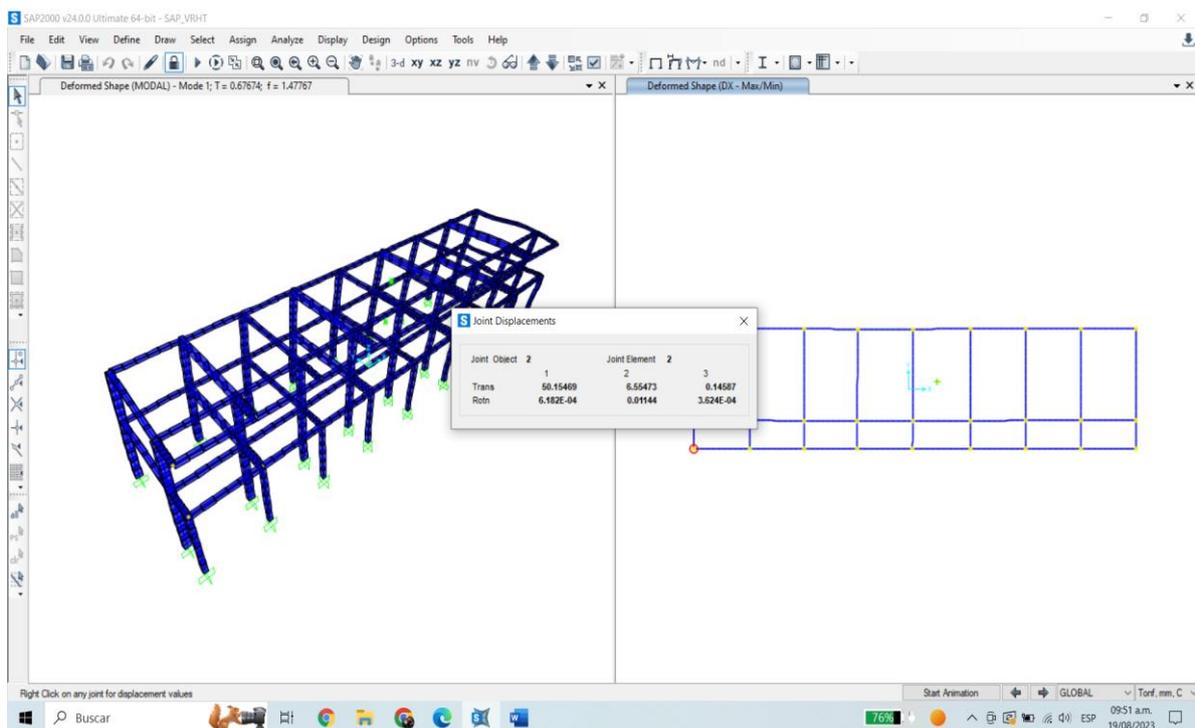
*Desplazamiento - Nudo D*



**Desplazamientos en “X” piso 1 – pabellón “A”, I.E.I. Víctor Raúl Haya de la Torre**

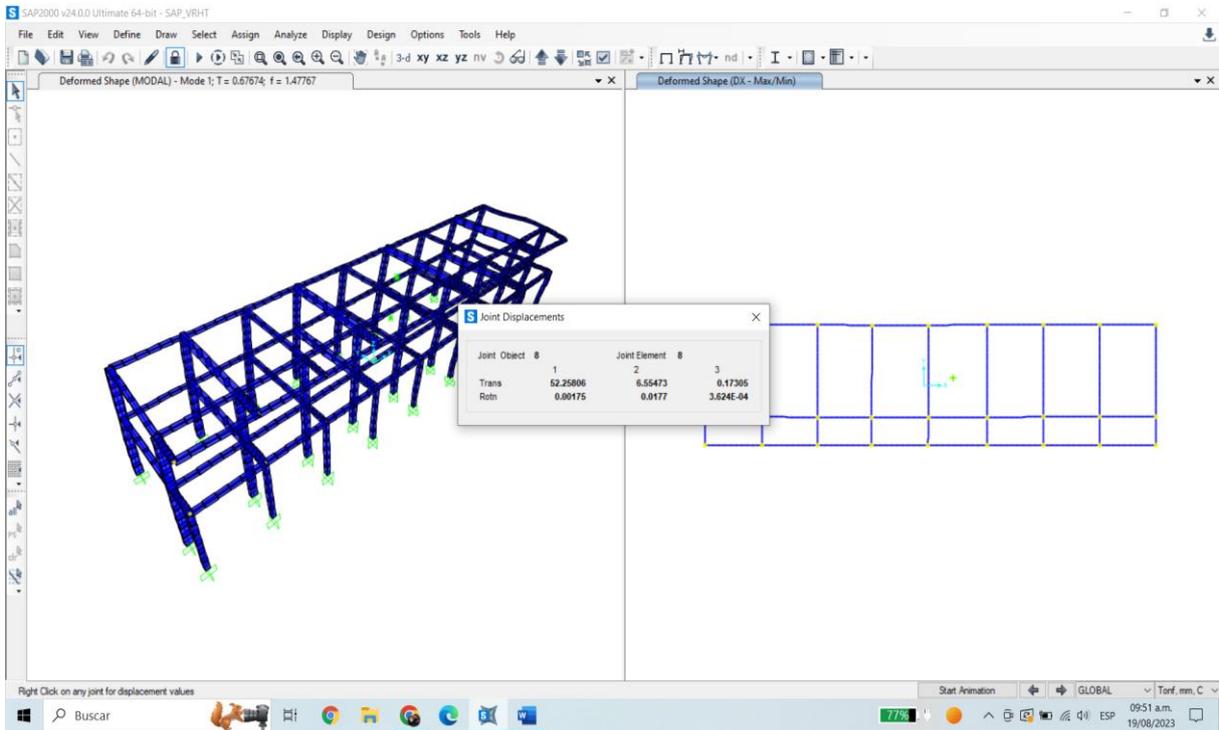
**Figura 26**

*Desplazamiento - Nudo A*



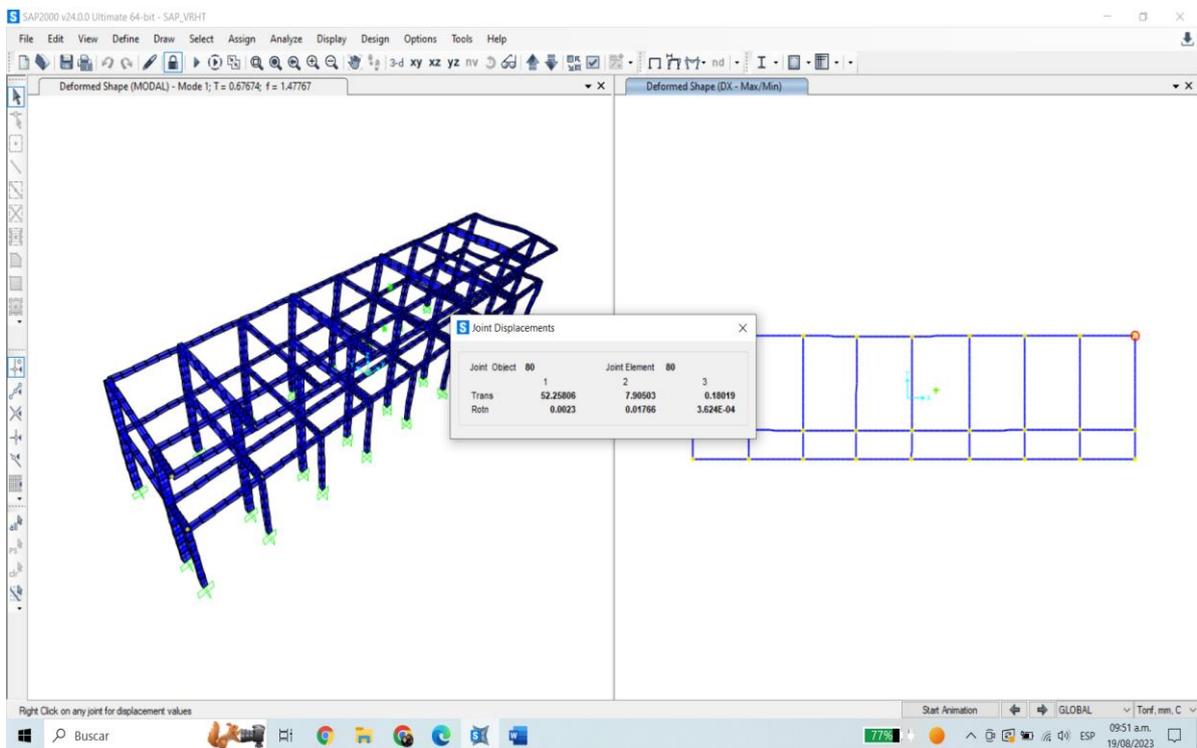
**Figura 27**

*Desplazamiento - Nudo B*



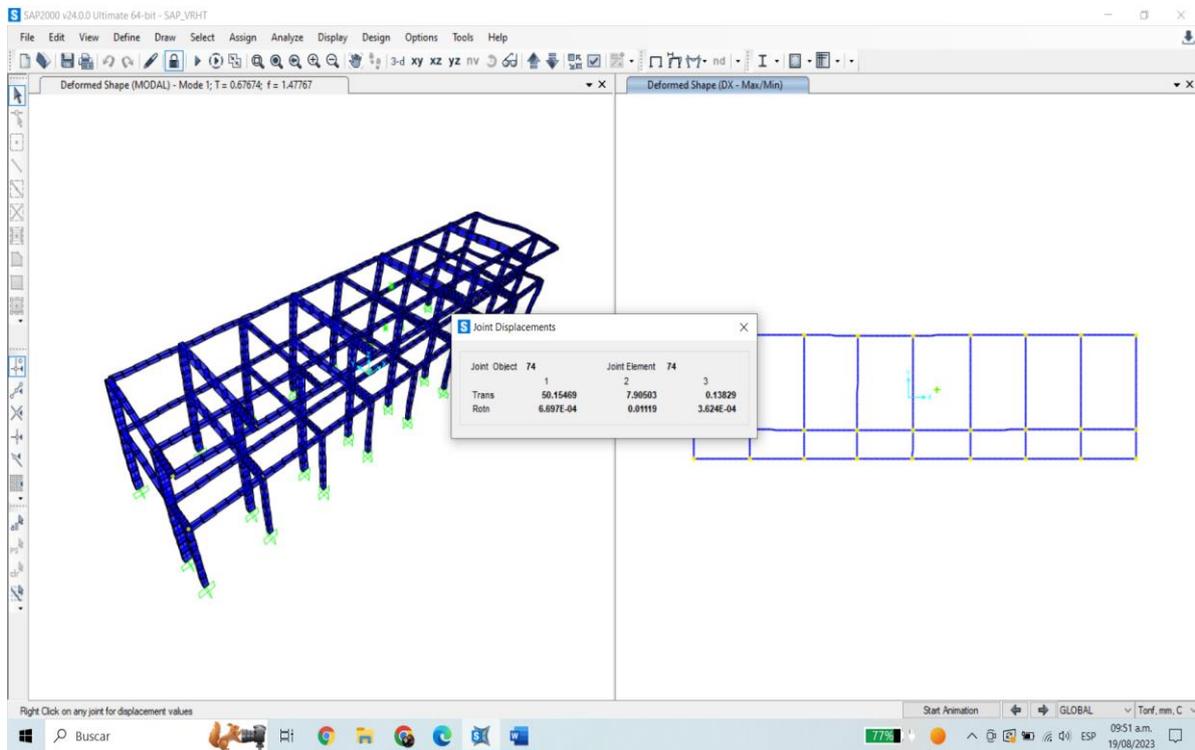
**Figura 28**

*Desplazamiento - Nudo C*



**Figura 29**

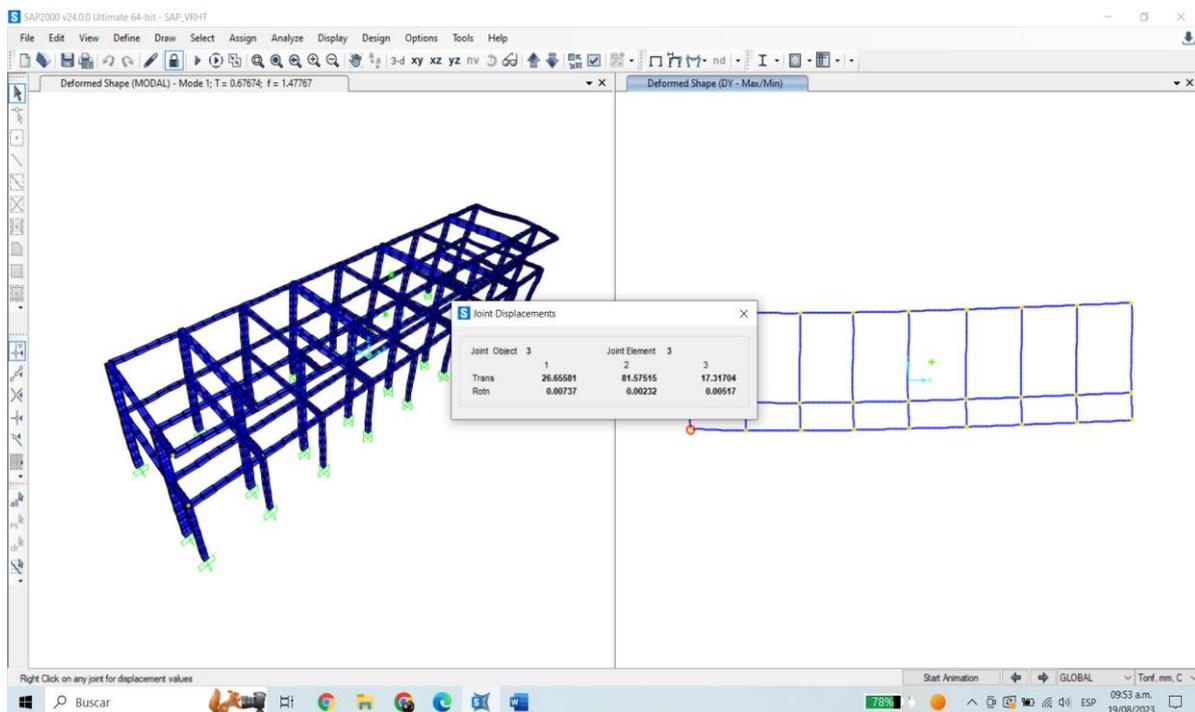
*Desplazamiento - Nudo D*



**Desplazamientos en “Y” piso 2 – pabellón “A”, I.E.I. Víctor Raúl Haya de la Torre**

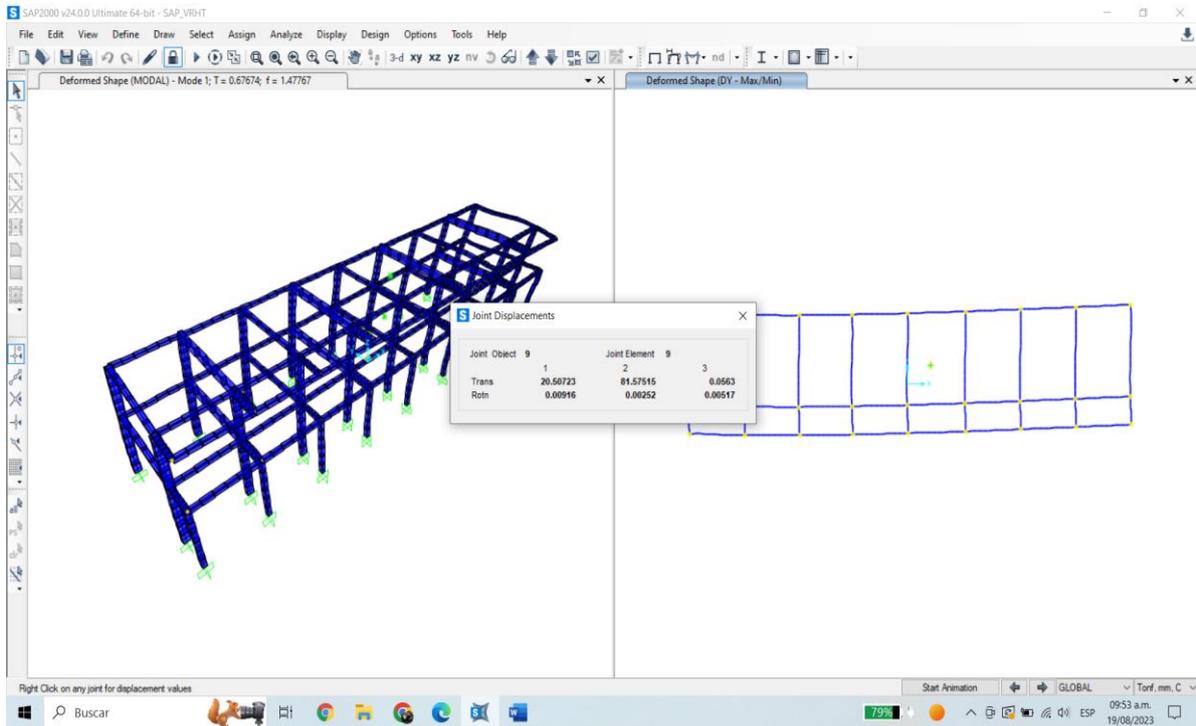
**Figura 30**

*Desplazamiento - Nudo A*



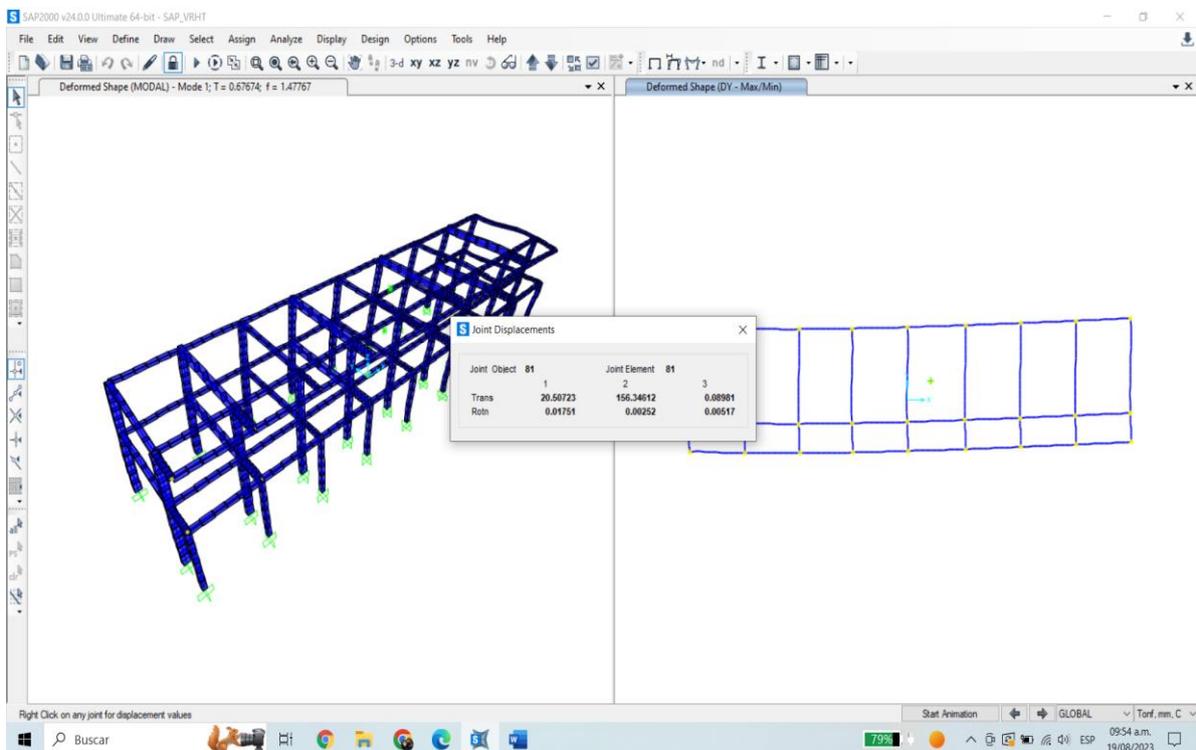
**Figura 31**

*Desplazamiento - Nudo B*



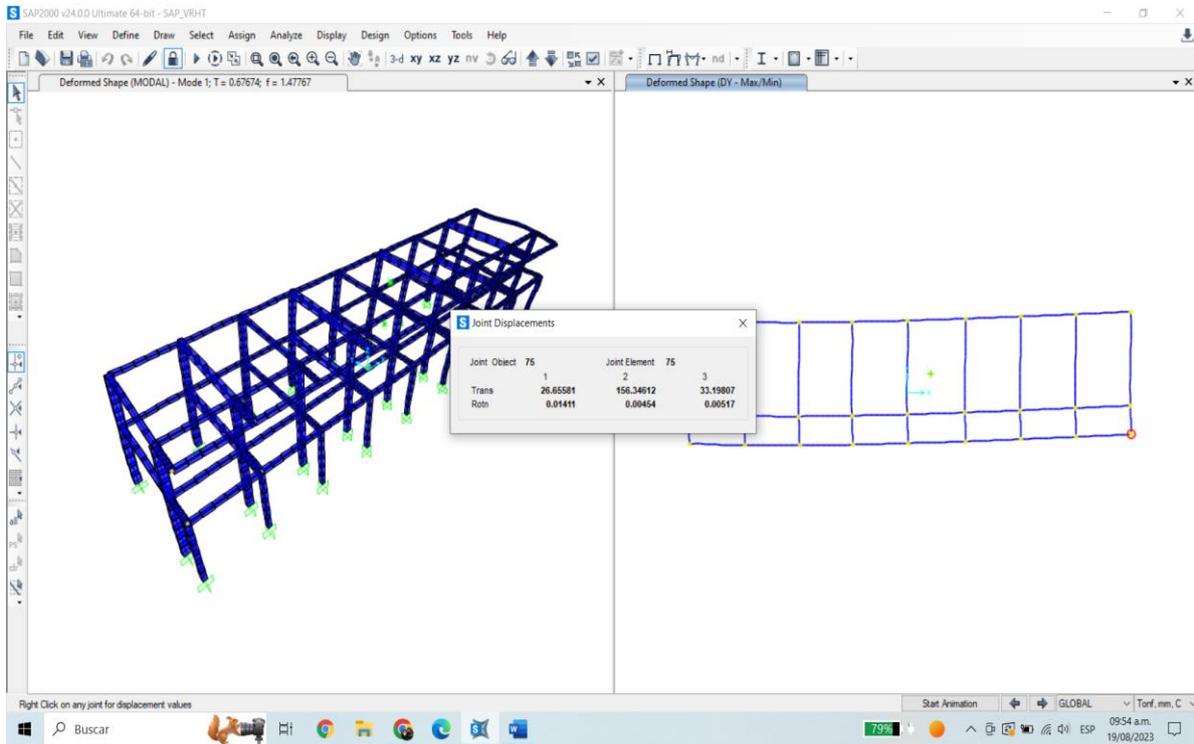
**Figura 32**

*Desplazamiento - Nudo C*



**Figura 33**

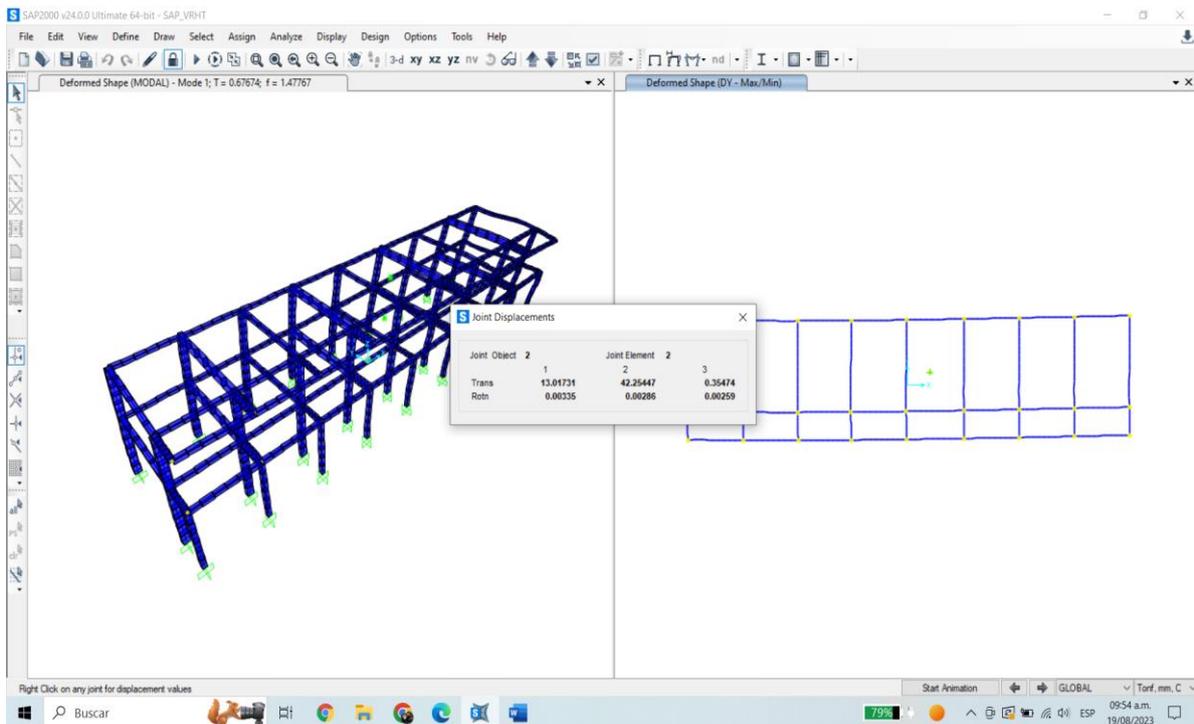
*Desplazamiento - Nudo D*



**Desplazamientos en “Y” piso 1 – pabellón “A”, I.E.I. Víctor Raúl Haya de la Torre**

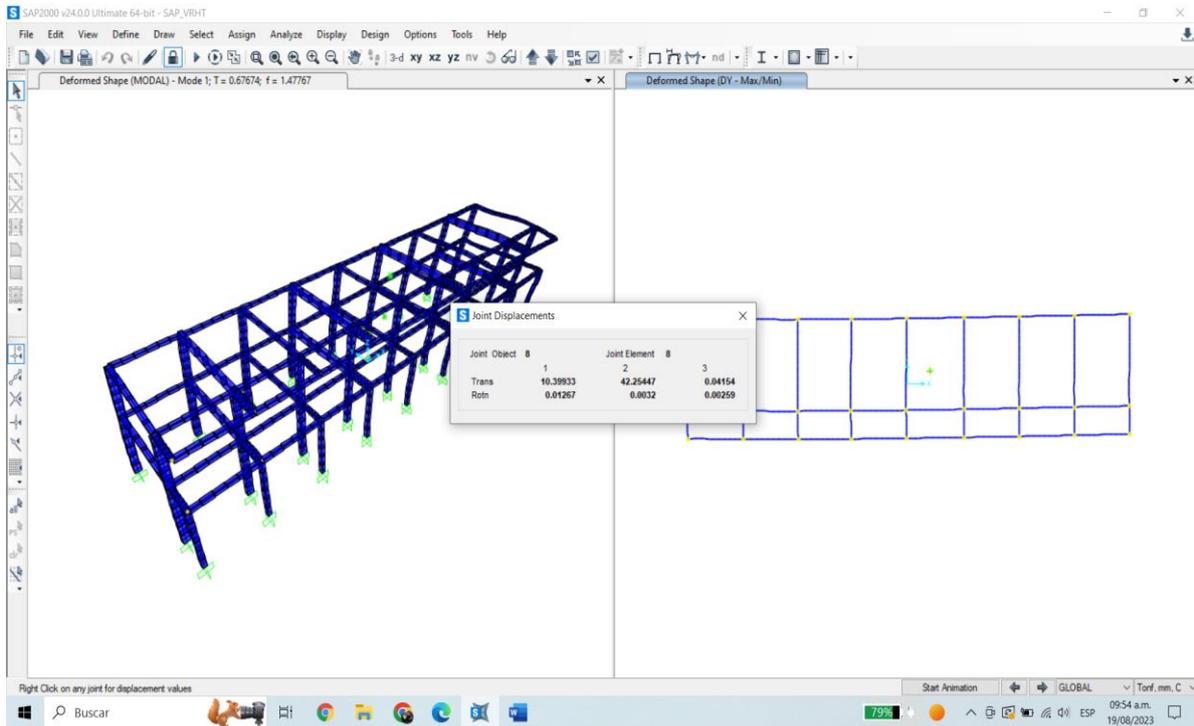
**Figura 34**

*Desplazamiento - Nudo A*



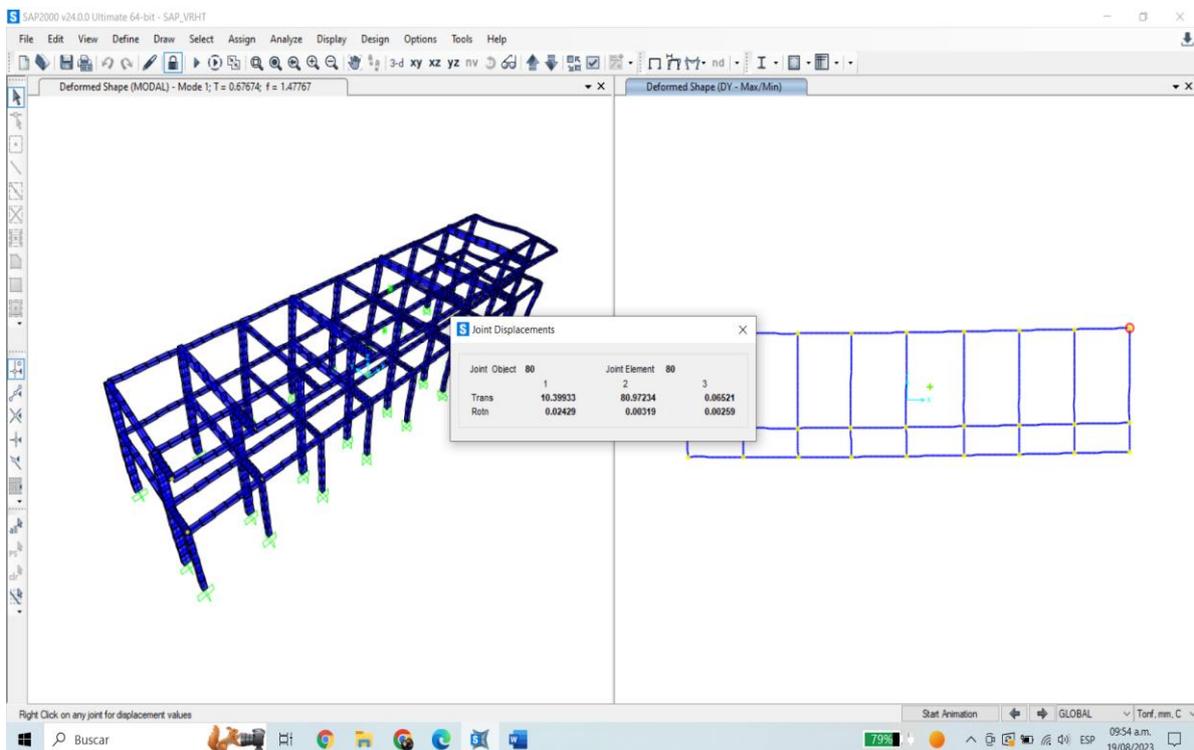
**Figura 35**

*Desplazamiento - Nudo B*



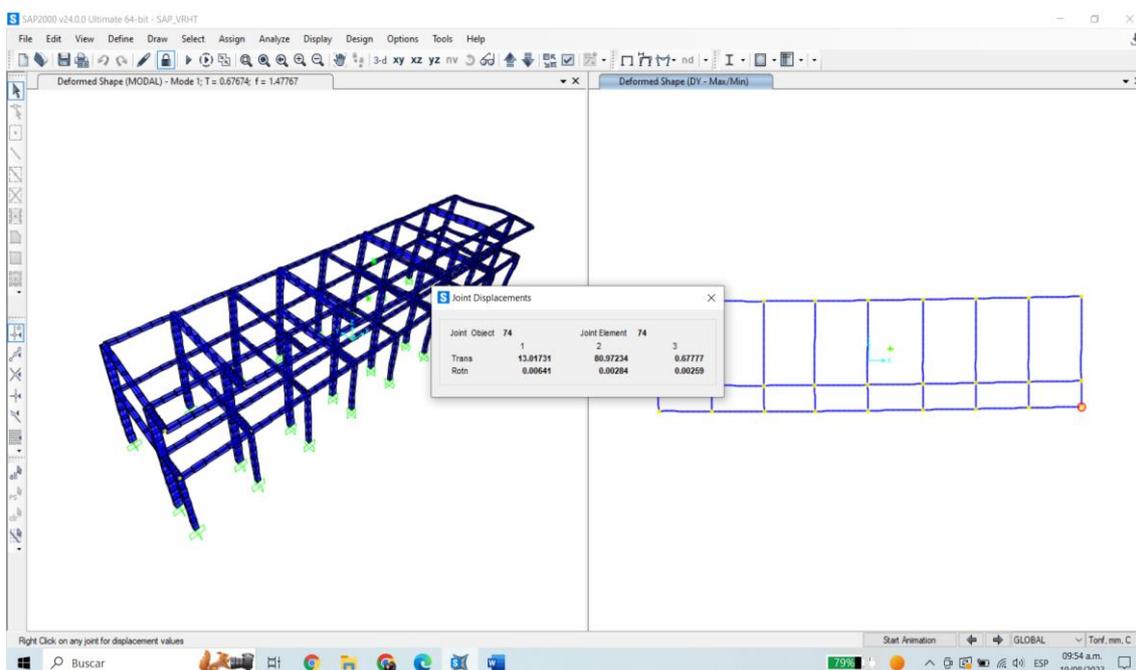
**Figura 36**

*Desplazamiento - Nudo C*



**Figura 37**

*Desplazamiento - Nudo D*



**Tabla 25**

*Desplazamientos y distorsión de entrepiso en las direcciones “X” y “Y”, del pabellón “A” de la I.E. Víctor Raúl Haya de la Torre*

NUDO	SISMO EN LA DIRECCIÓN X				SISMO EN LA DIRECCIÓN Y			
	PISO 1		PISO 2		PISO 1		PISO 2	
	Desplazamiento	Distorsión	Desplazamiento	Distorsión	Desplazamiento	Distorsión	Desplazamiento	Distorsión
A	50.1547	0.0162	110.8083	0.0326	42.2545	0.0136	81.5752	0.0240
B	52.2581	0.0169	113.8420	0.0335	42.2545	0.0136	81.5752	0.0240
C	52.2581	0.0169	113.8420	0.0335	80.9723	0.0261	156.3461	0.0460
D	50.1547	0.0162	110.8083	0.0326	80.9723	0.0261	156.3461	0.0460

En la tabla 25, se presenta los resultados de desplazamientos y distorsión de los nudos evaluados en el Piso 1 y 2, donde se aprecia que los desplazamientos, superan el máximo permitido indicado en la Tabla 10. Por lo tanto, se clasifica este sub parámetro en la clase C (malo).

**Tabla 26**

*Resultados del parámetro 6*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
6	configuración en planta	Esquinas entrantes	0	1	2	0.60
		Torsión	0	1	2	0.40

#### 4.1.7. Configuración en elevación

- **Columna corta**

Se determinó la rigidez de la columna en su longitud total y la rigidez de la columna corta mediante la ecuación 2. Para ello se indicó en la Figura 38 quien es la longitud de la columna corta y longitud de la columna total.

**Figura 38**

*Longitud de evaluación de la rigidez*



**Tabla 27**

*Rigidez de la columna total y la columna corta*

PABELLON	LT	Lc1	Longitud total		Longitud corta 1		Relación de K	
			$12EI_x/L^3$ (KXLT) (TNf/m)	$12EI_y/L^3$ (KYLT) (TNf/m)	$12EI_x/L^3$ (KXLC1) (TNf/m)	$12EI_y/L^3$ (KYLC1) (TNf/m)	KXLC1 / KXLT	KYLC1 / KYLT
A	3.10	1.60	1994.23	886.32	14504.40	6446.40	7.27	7.27
	3.40	1.60	1511.55	671.80	14504.40	6446.40	9.60	9.60

En la tabla 27, se aprecia que en el piso 2 el largo total de columnas es 3.40 m, en el primer piso es 3.10 m y la columna corta en ambos pisos es de 1.60 m, también se aprecia que a partir del análisis realizado se obtiene que la rigidez de la columna corta en el eje X y en el eje Y en el piso 2 es 9.60 y en el piso 1 es de 7.27. A partir de estos resultados, el sub parámetro es calificado como Clase C (malo); pues, no existe una adecuada junta de construcción entre los muros y pórticos, lo cual eleva la rigidez que soportaría la columna corta en caso de un sismo severo.

### ***Irregularidad vertical en masa o peso***

Para el pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre se realizó el metrado de cargas (ver Anexo 04) para cada nivel.

**Tabla 28**

*Metrado de cargas por nivel*

<b>Nivel</b>	<b>Cm</b>	<b>Cv</b>	<b>Peso por nivel</b>	<b>Peso Acumulado</b>
2	191,885.88	27,570.00	219,455.88	219,455.88
1	174,185.94	78,200.00	252,385.94	471,841.82

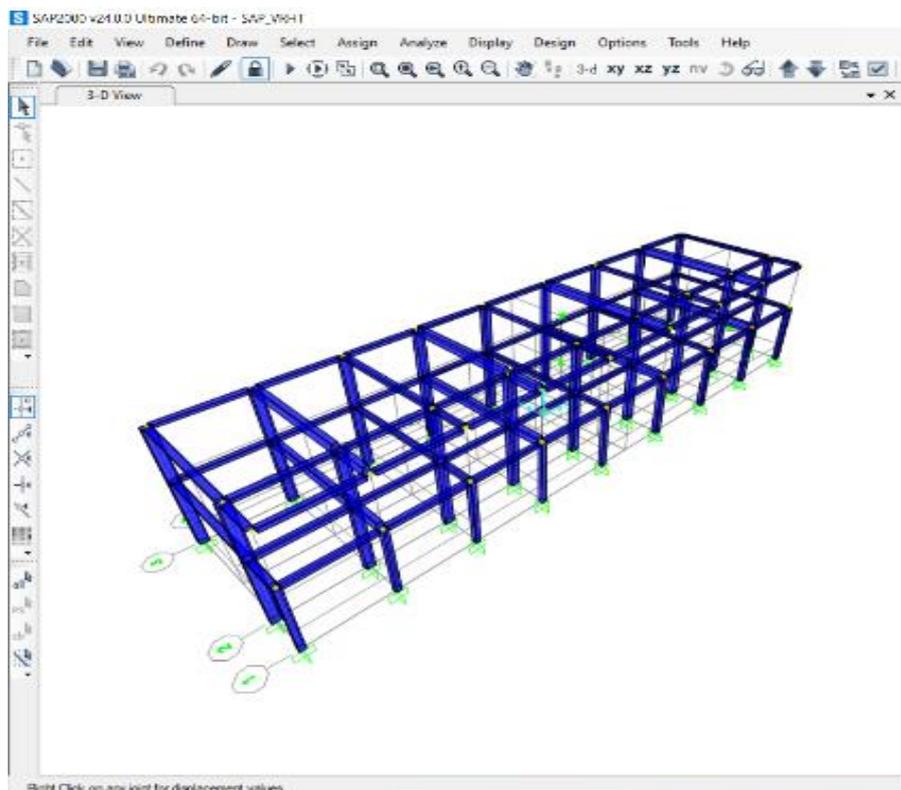
En la tabla 28, se presenta los resultados de metrado de cargas por nivel, donde se aprecia que la masa del segundo nivel es inferior a la del primer nivel en 32,930.06 kg, con lo cual se puede deducir que su peso es 13% inferior al del primer nivel. Por tanto, se clasificó al pabellón en la clase A (bueno), pues no presenta dicha irregularidad, es decir la masa (o peso) del segundo piso no supera en 1.5 veces al peso del primer nivel.

### **Discontinuidad en los sistemas resistentes**

En el pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, no se han encontrado desalineamientos de las líneas resistentes, ya sea por desplazamiento de magnitud mayor del elemento o por cambio de orientación como se puede apreciar en la Figura 39. En este sentido se clasificó al pabellón en la clase A (bueno).

**Figura 39**

*Elementos estructurales horizontales y verticales alineados.*



**Tabla 29**

*Resultados del parámetro 7*

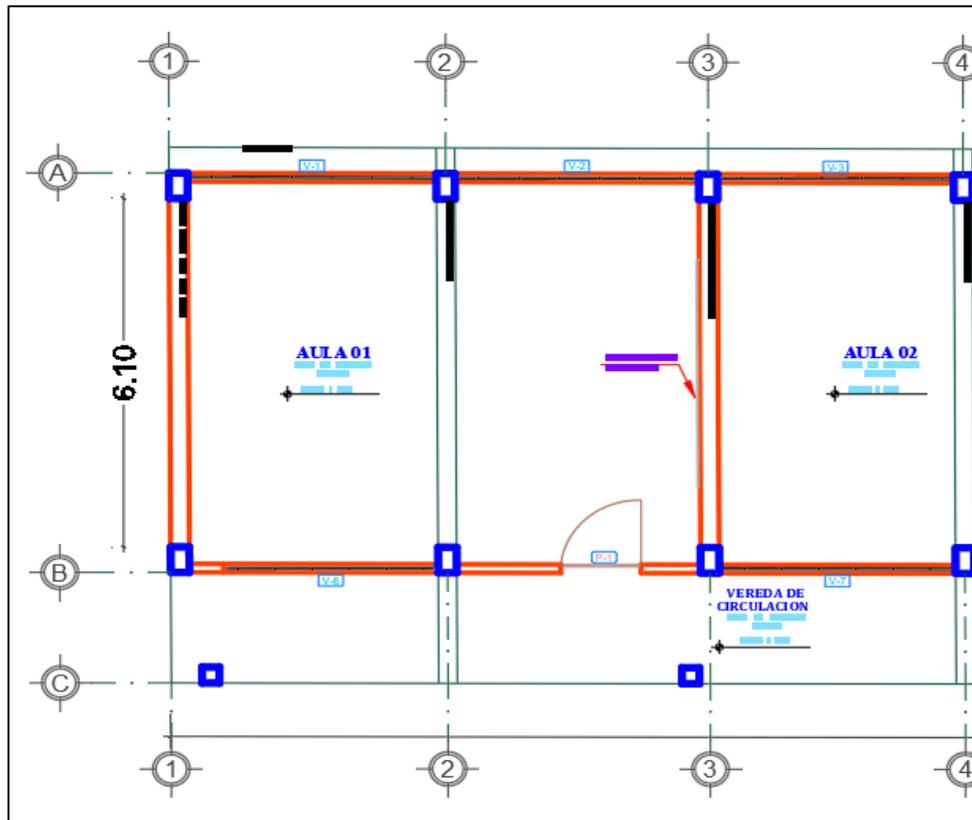
N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
7	Configuración en elevación	Columna corta	0	1	2	0.60
		Irregularidad vertical en masa	0	1	2	0.50
		Discontinuidad en los sistemas resistentes	0	1	2	0.90

#### **4.1.8. Separación máxima entre líneas resistentes**

Para el pabellón A el menor ancho de la cara en compresión de la viga es  $b = 0.30$  metros, en este sentido conforme a lo especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones – E.030 (2018), la separación entre apoyos laterales de una viga no debe de exceder de 50 veces el menor ancho  $b$  del ala o cara en compresión. Para nuestro caso la separación es de 6.10 metros y el resultado es  $0.30 * 50 = 15$  metros, por lo tanto, cumple con el parámetro debido a que no supera el valor máximo. Se clasificó este sub parámetro en la clase A (bueno).

**Figura 40**

*Separación máxima entre apoyos laterales de la viga*



**Tabla 30**

*Resultados del parámetro 8*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
8	Separación entre líneas resistentes	Distancia máxima entre líneas resistentes	0	1	2	1.00

**4.1.9. Tipo de cubierta**

- **Estado de conservación**

Para nuestro caso el pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre no presenta sobre su losa aligerada del segundo nivel ningún tipo de cubierta que proteja a la edificación de las lluvias, por lo que ante la presencia de lluvias el agua tiende a permanecer sobre la superficie de la losa aligerada, lo cual genera filtraciones. Por tanto, se clasificó este parámetro en la clase C (malo).

## Figura 41

Filtraciones en losa aligerada del segundo nivel, debido a que no cuenta con cubierta que permita evacuar las aguas de lluvia



- **Conexión con la Estructura**

la cubierta se encuentra adecuadamente conectada al sistema resistente de la estructura, por lo tanto, este sub parámetro se clasifico en la clase A (bueno).

**Tabla 31**

*Resultados del parámetro 9*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
9	Tipo de cubierta	Estado de conservación	0	1	2	0.40
		Conexión con la estructura	0	1	2	2.00

### 4.1.10. Elementos no estructurales

Para la evaluación de este parámetro se han tomado dos tabiques los cuales son típicos para cada aula dentro de la edificación, comparándose el momento actuante  $M_a$  en KN-m/m y el momento resistente  $M_r$  KN-m/m, los resultados se muestran a continuación.

**Tabla 32**

*Estabilidad de tabiques del pabellón "A" de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre*

PABELLON "A"	MURO	FACTORES							RESULTADO	
		C1 adim.	m adim.	P KN/m3	a m	t m	w	Ma	Mr	Ma: Mr
1	M1	3	0.060	18	3.47	0.15	2.430	1.756	0.376	Inestable
	M2	3	0.060	18	3.98	0.15	2.430	2.310	0.376	Inestable
	M3	3	0.060	18	3.97	0.15	2.430	2.298	0.376	Inestable

En la tabla 32, se presenta los resultados de la estabilidad de tabiques del pabellón evaluado, donde se aprecia que a partir del análisis de los factores se obtiene un resultado de calificación "Inestable", a partir de lo cual este parámetro se califica en la clase C (malo), debido a que en todos los muros evaluados el momento resistente es mucho menor al momento actuante en caso se presente un evento sísmico.

**Tabla 33**

*Resultados del parámetro 10*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
10	Elementos no estructurales	Estabilidad de los tabiques	0	1	2	2.00

#### 4.1.11. Estado de conservación

Se realizó una inspección visual de todos los elementos estructurales y no estructurales del pabellón "A" de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, ello con la finalidad de recolectar información.

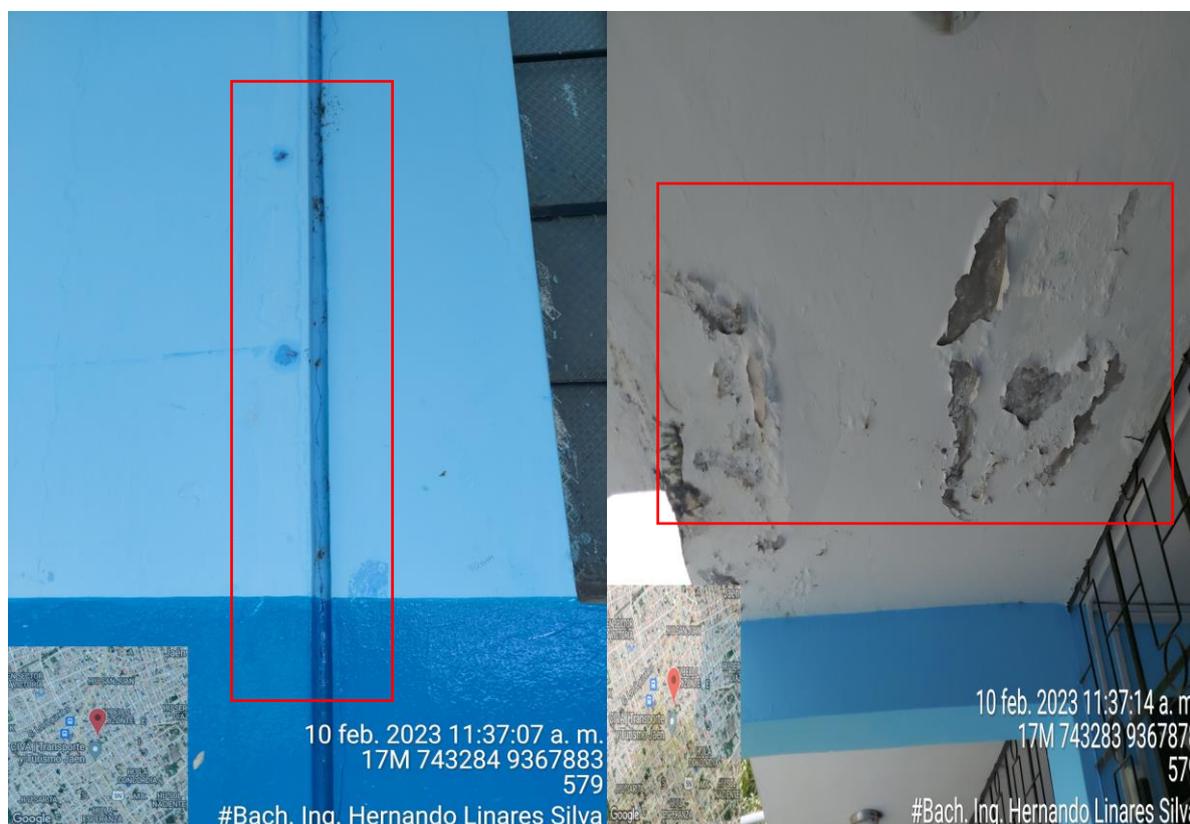
**Figura 42**

*Inspección visual*



### Figura 43

*Estado de conservación de los ambientes del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre*



A partir de la Figura 42, se aprecia que la estructura analizada presenta fallas como fisuras, humedad en la losa del segundo nivel, a partir de lo cual este parámetro se califica en la clase B (regular).

**Tabla 34**

*Resultados del parámetro 11*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi
			A	B	C	
11	Estado de conservación	Estado actual de la estructura	0	1	2	2.00

El Índice de Vulnerabilidad Sísmica para el pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, se determinó mediante la calificación de los sub parámetros calificados anteriormente, para posteriormente aplicar la ecuación (1), obteniéndose el índice de vulnerabilidad global del pabellón “A” indicado en la Tabla 35.

**Tabla 35**

*Resultado de todos los parámetros evaluados para encontrar la vulnerabilidad sísmica del pabellón "A" de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre*

N°	Descripción del parámetro	Descripción del sub parámetro	Clase (KI)			Peso Wi	Total
			A	B	C		
1	Organización del sistema resistente	Calidad de líneas resistentes	0	1	2	2.00	0
		Configuración en planta de las líneas resistentes	0	1	2	2.00	0
2	Calidad del sistema resistente	Calidad del tipo de mampostería	0	1	2	1.00	2
3	Resistencia convencional	Uso de normativa antisísmica (según año)	-1	0	1	0.30	0
		Momento de inercia y módulo de sección en columnas	-1	0	1	0.50	0
		Número de pisos de la edificación	-1	0	1	0.20	-0.20
4	Posición del edificio y cimentación	Condiciones y pendiente del terreno	0	1	2	1.00	0
5	Diafragma horizontal (entrepiso)	Según deformabilidad y conexión con los elementos resistentes	0	1	2	1.00	0
6	Configuración en planta	Esquinas entrantes	0	1	2	0.60	0
		Torsión	0	1	2	0.40	0.8
7	Configuración en elevación	Columna corta	0	1	2	0.60	1.2
		Irregularidad vertical en masa	0	1	2	0.50	0
		Discontinuidad en los sistemas resistentes	0	1	2	0.90	0
8	Separación entre líneas resistentes	Distancia máxima entre líneas resistentes	0	1	2	1.00	0
9	Tipo de cubierta	Estado de conservación	0	1	2	0.40	0.8
		Conexión con la estructura	0	1	2	0.60	0
10	Elementos no estructurales	Estabilidad de los tabiques	0	1	2	1.00	2
11	Estado de conservación	Estado actual de la estructura	0	1	2	2.00	2

$$\sum W_i x k_i = 8.6$$

$$I_V = 100. \frac{(\sum_{i=1}^{11} K_i. W_i) + 1}{34} = 28.24 \%$$

En la tabla 35 se aprecia que el pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de La Torre presenta un índice de vulnerabilidad sísmica media.

## **4.2. DISCUSIÓN**

Luego de haber evaluado el índice de vulnerabilidad sísmica del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, se pueden discutir los resultados obtenidos.

Para la presente investigación se discutirán los resultados que obtuvieron una clasificación de regular y malo como son:

### **4.2.1. Calidad del sistema resistente**

De acuerdo a la Tabla 20 de resultados del parámetro, la calidad del tipo de mampostería utilizada en el pabellón A de la Institución Educativa fue de baja calidad, además con un proceso constructivo inadecuado es por ello que se dio una calificación C(malo).

### **4.2.2. Resistencia convencional**

De acuerdo a la Tabla 22 indicando los resultados obtenidos del parámetro, para el uso de la normativa sismorresistente se calificó este sub parámetro dentro de la clase B debido a que la Institución Educativa fue construida con criterios básicos de la primera norma sismorresistente.

De acuerdo a la Tabla 22 de resultados para el momento de inercia y módulo de sección en columnas se tiene una calificación B, ya que en los cálculos realizados que se indica en la Tabla 21 se aprecia que ambos módulos en la dirección Y son menos resistentes en caso de un evento sísmico. Además de esto se calificó el sub parámetro número de pisos de la edificación dentro de la clase A ya que cuenta con solo 2 niveles que según su categoría esencial cumple con los requerimientos para una edificación segura.

### **4.2.3. Configuración en planta**

De acuerdo a la Tabla 26 indicando los resultados obtenidos del parámetro

configuración en planta se evaluó para esquinas entrantes y torsión, para esquinas entrantes como se puede apreciar en la figura 21 es ortogonal y habiendo comprobado que no sobrepasa el 20% establecido en la Norma técnica E.030-2018, es por ello que se calificó. Luego para la calificación del su parámetro torsión se evaluó en el programa SAP 2000 obteniendo como resultado distorsiones mayores a lo establecido en la Norma técnica E.030-2018, por lo tanto, se calificó dentro de la clase C.

#### **4.2.4. Configuración en elevación**

De acuerdo a la Tabla 29 indicando los resultados del sub parámetro columna corta, se calificó dentro de la clase C debido a que ante la presencia de un sismo severo la columna corta absorbe 9.60 y 7.27 más fuerza sísmica que soportaría la columna en su longitud total.

#### **4.2.5. Tipo de cubierta**

De acuerdo a la Tabla 31 indicando los resultados del sub parámetro estado de conservación, se calificó dentro de la clase C esto debido a que el pabellón A no cuenta con techo sobre su losa aligerada para proteger ante la presencia de lluvias y debido a esto el agua se acumula en la azotea causando filtraciones que deterioran los elementos estructurales y no estructurales.

#### **4.2.6. Elementos no estructurales**

De acuerdo a la Tabla 33 indicando los resultados del parámetro, la estabilidad de los tabiques se consideró dentro de la clase C debido a que en la Tabla 32 lo muros evaluados del pabellón A resultaron inestables, por lo que presentarán fallas de volteo ante la presencia de un evento sísmico, ello debido a que el momento resistente es mucho menor al momento actuante.

#### **4.2.7. Estado de conservación**

De acuerdo a la Tabla 34 indicando los resultados del parámetro estado de conservación del pabellón A se calificó dentro de la clase B debido a que durante el levantamiento topográfico se pudo identificar que existe fisuras, presencia de humedad en losas que se pueden apreciar en la Figura 42.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.3. Conclusiones**

✓ Con el cálculo de la evaluación de las características geométricas, constructivas y estructurales, se determinó la vulnerabilidad sísmica del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre, Jaén – Cajamarca, en donde se obtuvo como resultado 28.34% de vulnerabilidad sísmica.

✓ Se evaluaron las características geométricas siendo los desplazamientos de entrepiso y el efecto de columna corta los que influyen en el comportamiento sísmico del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre Jaén –Cajamarca.

✓ Se evaluaron las características constructivas siendo el tipo de mampostería el que más influye en el comportamiento sísmico del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre Jaén –Cajamarca.

✓ Se evaluaron las características estructurales como el uso de la normativa sismorresistente, momento de inercia, módulo de sección en columnas y el estado de conservación de la cubierta siendo los que más influyen en el comportamiento sísmico del pabellón “A” de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre Jaén –Cajamarca.

### **4.4. Recomendaciones**

✓ Para estudios futuros de investigación y garantizar la precisión de los resultados estructurales en el cálculo de la vulnerabilidad sísmica, es fundamental contar con ensayos no destructivos en toda su estructura.

✓ Al área de infraestructura de la Unidad de Gestión Educativa de Jaén se le recomienda que magnifique los trabajos de análisis de vulnerabilidad sísmica, pues en esta ciudad se tiene un gran número de Instituciones Educativas que fueron construidas hace muchos años, lo cual hace que sean vulnerables ante eventos sísmicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, R. (2016). Comportamiento estructural del Bloque uno de edificio de Post grado durante el terremoto del 16 de abril de 2016. *Ciencia*, 18(4).

Altamirano, H., & Oblitas, M. (2022). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del Sector San Camilo aplicando Benedetti-Petrini e Indeci, Jaén 2022 (Doctoral dissertation, Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional-Universidad César Vallejo.

Álvarez Sánchez, J. J., & Pulgar Santacruz, X. O. (2019). Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de vulnerabilidad (Fema p-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales. 1-172 pp. Lima, Perú.

Anchivilca, V. R. I. (2022). Estimación de la magnitud sísmica mediante el contenido energético de la señal para la estación sísmica de Ñaña durante el periodo 2011-2021. [Tesis de licenciatura]. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Arroyo Espinal, R. N. (2022). Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada y una aporticada en Huancayo. [Tesis de licenciatura]. Universidad Peruana Los Andes.

Campos Baltazar, G. A., & Serrano Sanchez, D. R. (2022). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Colegio Militar Gran Mariscal Ramón Castilla, en la Provincia de Trujillo, La Libertad, 2022. [Tesis de licenciatura]. Universidad César Vallejo.

Castro, V. H. E., & Campos, X. P. (2018). ¿Qué son los SISMOS, dónde ocurren y cómo se miden? *Revista Ciencia*, 69(3).

CENEPRED (2017). Centro Nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres. 1-109 pp. Lima – Perú.

Echeverría, R. J. J., & Monroy, B. M. A. Aplicación del método de índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini) para evaluación de edificaciones de mampostería no reforzada en el barrio Surinama.

Flores Cueva (2022). Nivel del riesgo sísmico del centro educativo del nivel primario N°82005 Miguel Iglesias del distrito de Cajamarca. 1-134 pp. Cajamarca – Perú.

Galicia, G. W. C. (2021). Evaluación económica y estructural de la vulnerabilidad sísmica en la construcción de viviendas unifamiliares en la provincia de Trujillo, aplicando la metodología de Benedetti y Petrini. [Tesis de pregrado]. Universidad Privada Antenor Orrego

Giron, D. C. L., & Carrasco, B. M. K. (2019). Vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, Jaén, Cajamarca-2019. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional de Jaén.

González Vásquez, F. J. (2017). Vulnerabilidad sísmica del edificio 1-I de la Universidad Nacional de Cajamarca. 1-101 pp. Cajamarca, Perú.

Hurtado, C. R., & Tantarico, F. E. A. (2023). Vulnerabilidad sísmica empleando el método de índice de Benedetti-Petrini en las viviendas de mampostería del asentamiento humano diez de marzo-Fila alta-Jaén-Cajamarca. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Digital Universidad Nacional de Jaén.

José Giner & Sergio Molina (2001). Sismicidad y riesgo sísmico en la C.A.V. 3-117 PP. San Vicente – España.

Macedo Meza, J. P., & Vega Salas, E. G. (2020). Evaluación del comportamiento estructural de una vivienda de albañilería confinada utilizando unidades de albañilería fabricadas en Cerro Azul-Cañete. [Tesis de licenciatura]. Universidad César Vallejo.

Marcillo, G. G. T. (2020). Evaluación de vulnerabilidad sísmica basada en los métodos Benedetti y Petrini; FEMA 154 del edificio carrera de Ingeniería Agropecuaria-UNESUM (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).

Marín Gonzales (2022). “Determinación de la vulnerabilidad sísmica del pabellón III de la I.E. 16003 Miraflores, del distrito de Jaén – Cajamarca. 1-162 pp. Jaén – Perú.

Marín Marín (2014). Determinación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la i.e. estatal ramón castilla y marquesado del distrito de Jaén – Cajamarca. 1-130 pp. Jaén – Perú.

Morales, V.Y. (2020) Análisis de algoritmos de optimización matemática para la localización de sirenas de emergencia y prevención de sismos.

Morocho Orellana, J. C., Inca Balseca, L., Cornejo Reyes, P. J., & Mena Reinoso, A. P. (2022). Vulnerabilidad sísmica en edificaciones educativas ecuatorianas evaluadas mediante modelos matemáticos de análisis dinámico. 2073-2092 pp. Guayaquil, Ecuador.

Mosqueira Moreno, M. A. (2012). Riesgo Sísmico en las edificaciones de la facultad de ingeniería - Universidad Nacional de Cajamarca. 1-158 pp. Cajamarca, Perú.

Oviedo Vega, P. A. (2017). Clasificación mediante parámetros instrumentales de la intensidad de Mercalli modificada. [Tesis de pregrado]. Universidad de Chile

Pinto Coaquira (2020). Vulnerabilidad sísmica, de edificaciones esenciales determinados con métodos convencionales – Institución Educativa N° 40092 – José Domingo Zuzunaga, Uchumayo, Arequipa, 2020. [Tesis de pregrado]. Universidad Cesar Vallejo

Quizhpilema Piray (2017). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la facultad de ingeniería de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE, 2015). 1-265 pp. Quito – Ecuador.

Ramírez, J. S. (2020). Vulnerabilidad Sísmica Aplicando el Método de Benedetti y Petrini en una Institución Educativa, en Jaén, Año. 2019. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional de Jaén

Ramos, R. (2020). Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el sector pueblo libre en la ciudad de Jaén, Cajamarca-2020 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Digital Universidad Nacional de Jaén.

Ruffner Marchan, A. D. (2020). Análisis estructural aplicando relación de factores estructurales en la vulnerabilidad sísmica mediante método Benedetti y Petrini en la Asociación Residencial San Francisco, Lima 2019. [Tesis de licenciatura]. Universidad Privada del Norte

Sandi, H. (1986). Vulnerability and risk analysis for individual structures and systems. Proceeding of the Eight European Conference on Earthquake Engineering, 8EECE. Vol. 7, Topic 2. Lisboa.

Sabogal, D. L. A., & Vásquez, P. G. A. (2021). Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de benedetti y petrini en las edificaciones de la urbanización Covicorti del distrito de Trujillo, La Libertad. [Tesis de pregrado]. Universidad Privada Antenor Orrego

Sáenz Azorsa (2019). Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones esenciales mediante curvas de fragilidad analíticas – edificio administrativo de la Universidad Nacional del Centro del Perú. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional del Centro del Perú

Sandoval, B. R. P. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica por el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini de la IE Sabio Antonio Raimondi-Independencia-Huaraz-Ancash-2016. [Tesis de pregrado]. Universidad Alas Peruanas.

Schweig, C. (2013). Caracterização tectonoestratigráfica da porção adjacente ao epicentro do sismo São Vicente na bacia de Santos. [Tesis de licenciatura]. Universidad Estadual Paulista

Segundo Conde, A. M., & Ramirez Cabrera, J. R. (2023). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa N° 20316 Manuel Ildauro de los Santos Camones, Amay, Huacho–2022. [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

SENCICO. (2020). Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-020 de Cargas. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. Lima, PE.

SENCICO. (2020). Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-030 de Diseño Sismorresistente. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. Lima, PE.

SENCICO. (2020). Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-060 de Concreto Armado. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. Lima, PE.

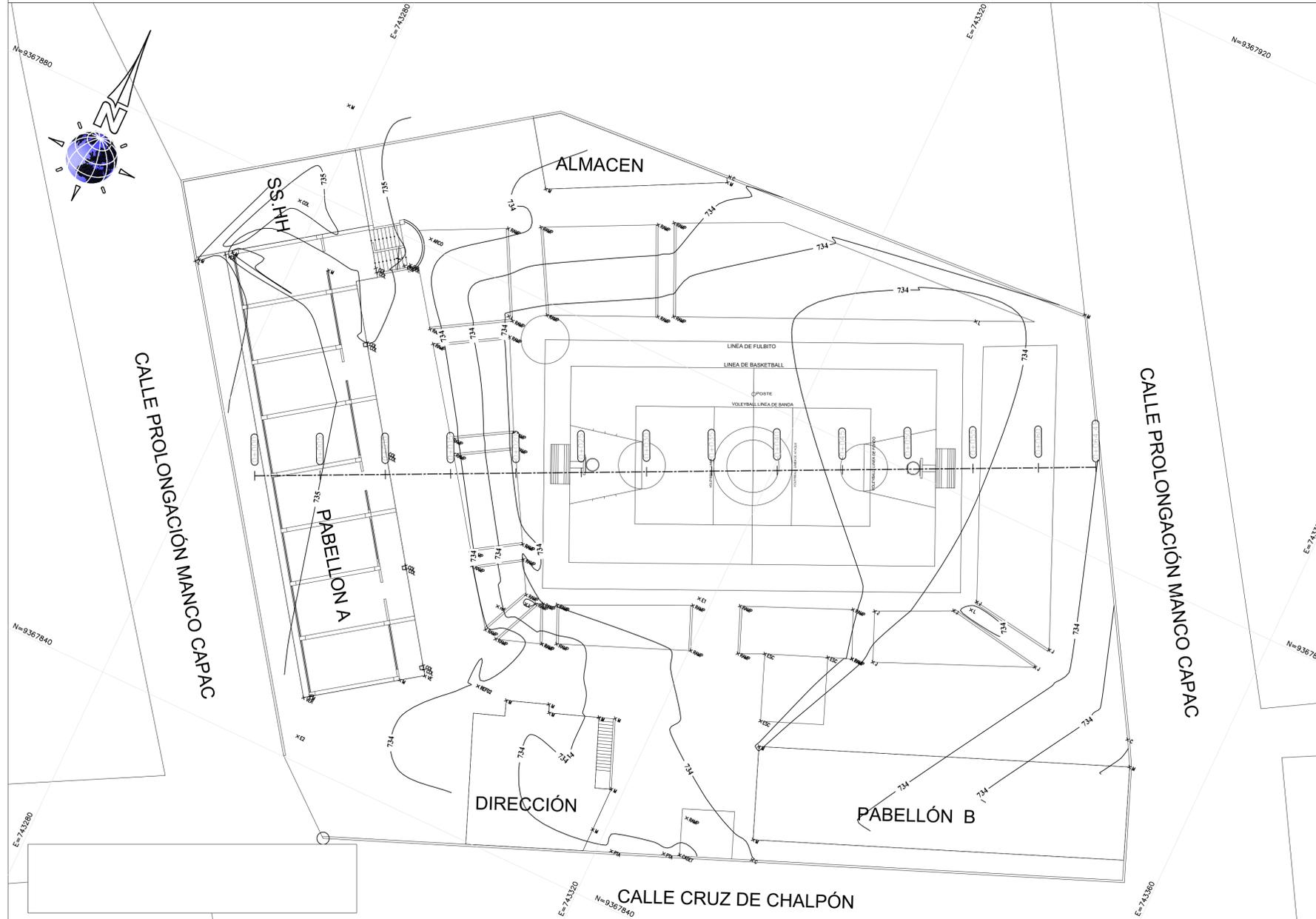
SENCICO. (2020). Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-070 de Albañilería. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. Lima, PE.

Zora Mejía & Acevedo Jaramillo (2019). Índice de vulnerabilidad sísmica de escuelas del área metropolitana de Medellín, Colombia. 1-13 pp. Medellín – Colombia.

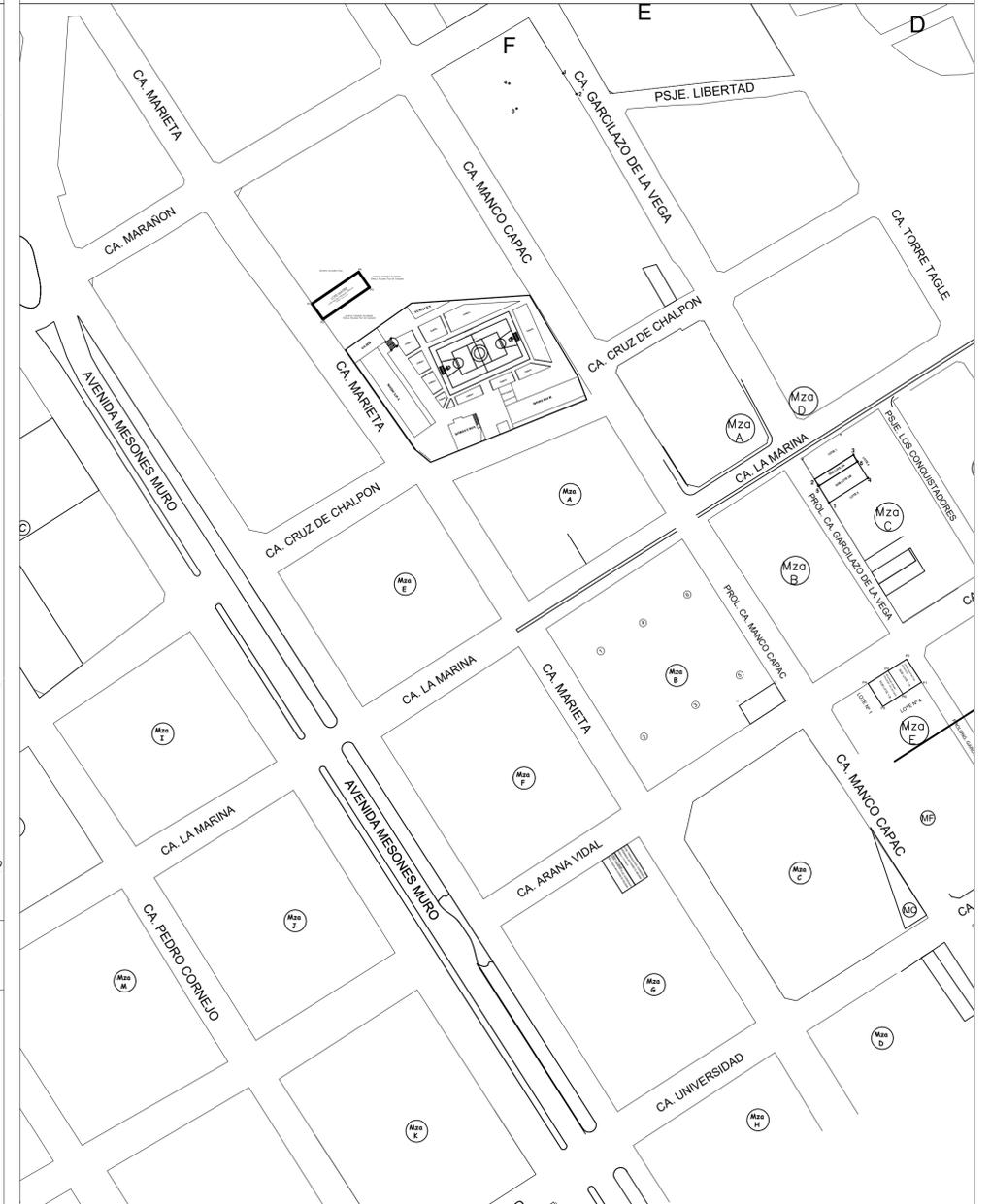
## **ANEXOS**

**ANEXO 01**  
**PLANO TOPOGRÁFICO**

# LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO - I.E VICTOR RAUL HAYA LA TORRE

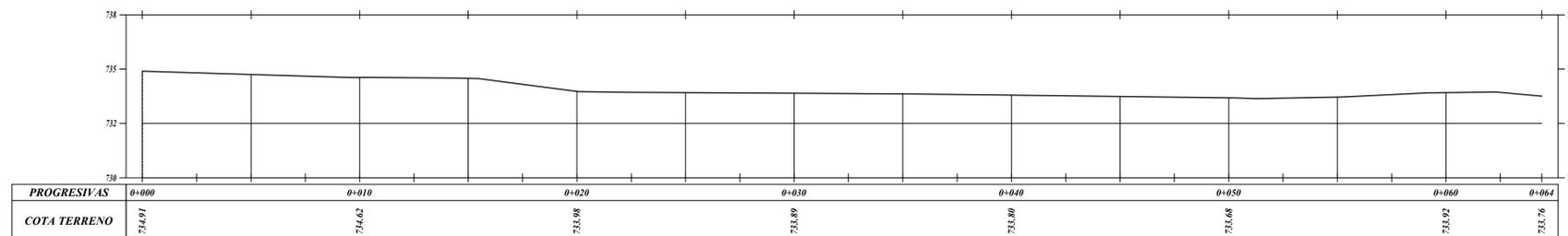


# LOCALIZACIÓN



# PERFIL LONGITUDINAL - CENTRO DE I.E

PERFIL LONGITUDINAL: I.E VICTOR RAUL HAY LA TORRE  
ESCALA: H-200 V-200





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE TESIS:**  
 "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL PABELLON "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA".

**UBICACION:**  
 DISTRITO: JAEN  
 PROVINCIA: JAEN  
 DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

**TESISTA:**  
 BACH. HERNADO LINARES SILVA

**ARCHIVO:**  
 .DWG

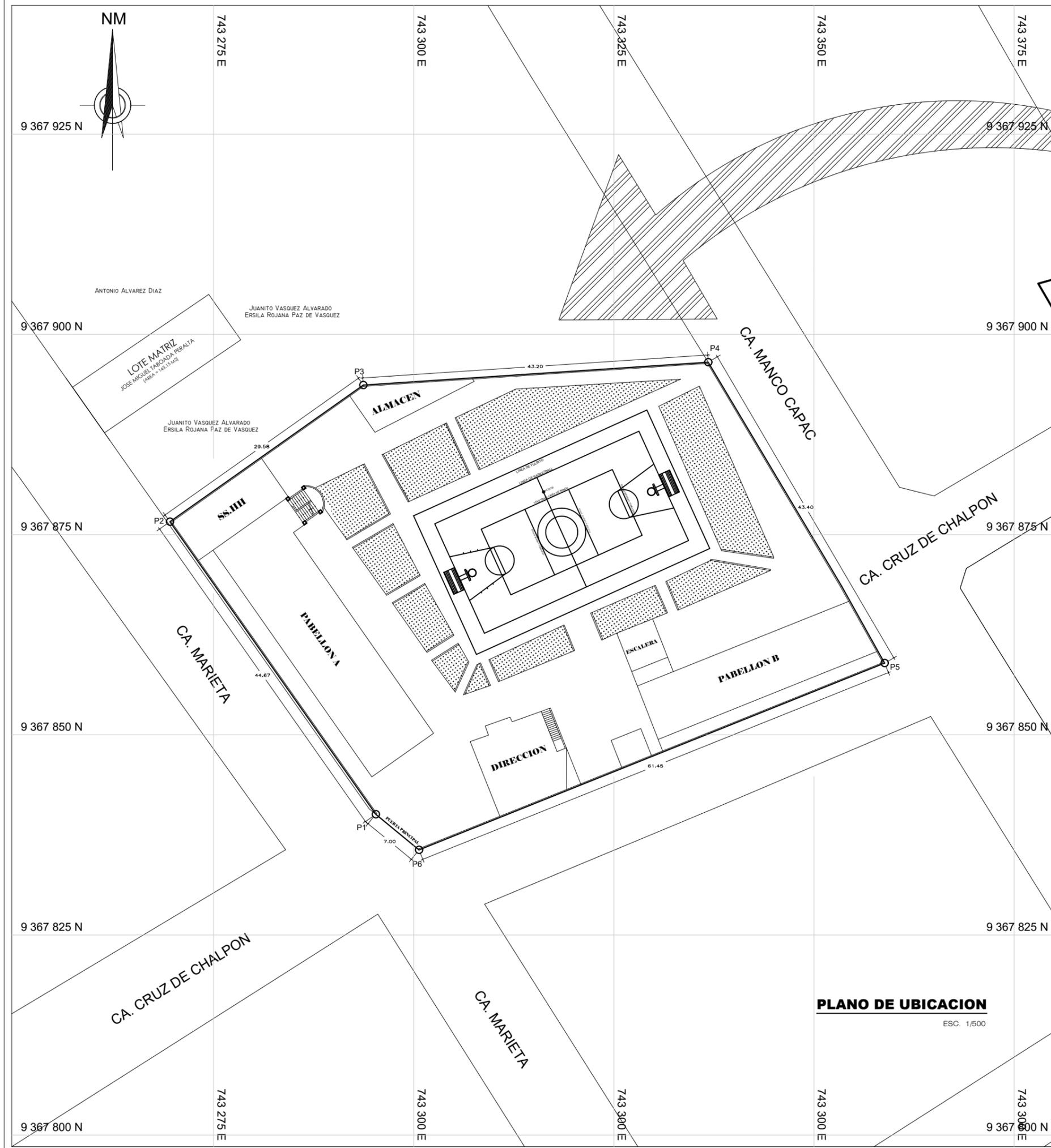
**LAMINA Nº:**  
**TG-01**

**PLANO:**  
 TOPOGRÁFICO  
 I.E. VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE

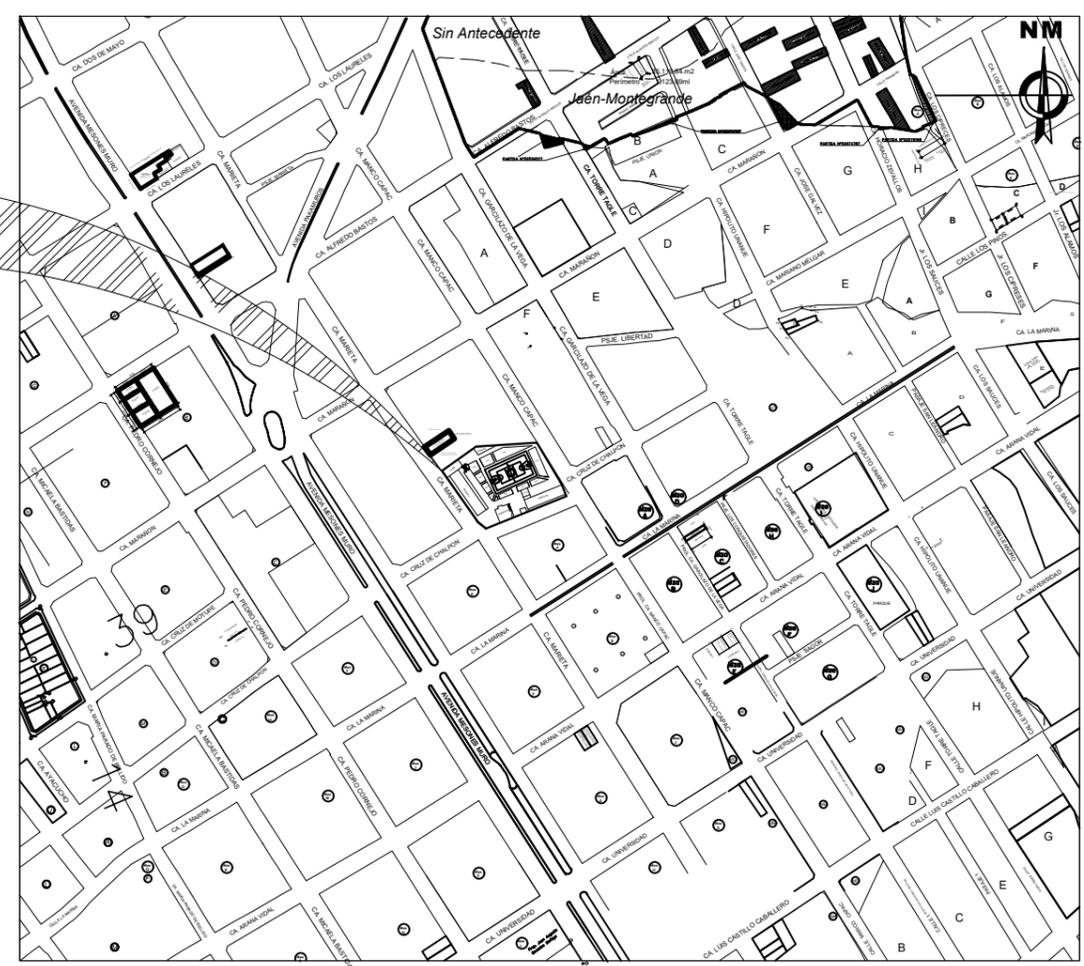
**ESCALA:**  
 INDICADA

**FECHA:**  
 MARZO - 2023

**ANEXO 02**  
**PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN**



**PLANO DE UBICACION**  
ESC. 1/500



**ESQUEMA DE LOCALIZACION**  
ESC. 1/5000

**CUADRO DE CONSTRUCCION - DATUM WGS 84**

VERT.	LADO	DIST.	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	44.67	743295.266	9367840.068
P2	P2 - P3	29.58	743269.545	9367876.586
P3	P3 - P4	43.20	746293.701	9367893.658
P4	P4 - P5	43.40	743336.793	9367896.519
P5	P5 - P6	61.45	743357.698	9367858.483
P6	P6 - P1	7.00	743300.669	9367835.616



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE TESIS:**  
"DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL PABELLON "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN – CAJAMARCA".

**UBICACION:**  
DISTRITO: JAEN  
PROVINCIA: JAEN  
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

**TESISTA:**  
BACH. HERNADO LINARES SILVA

**ARCHIVO:**  
.DWG

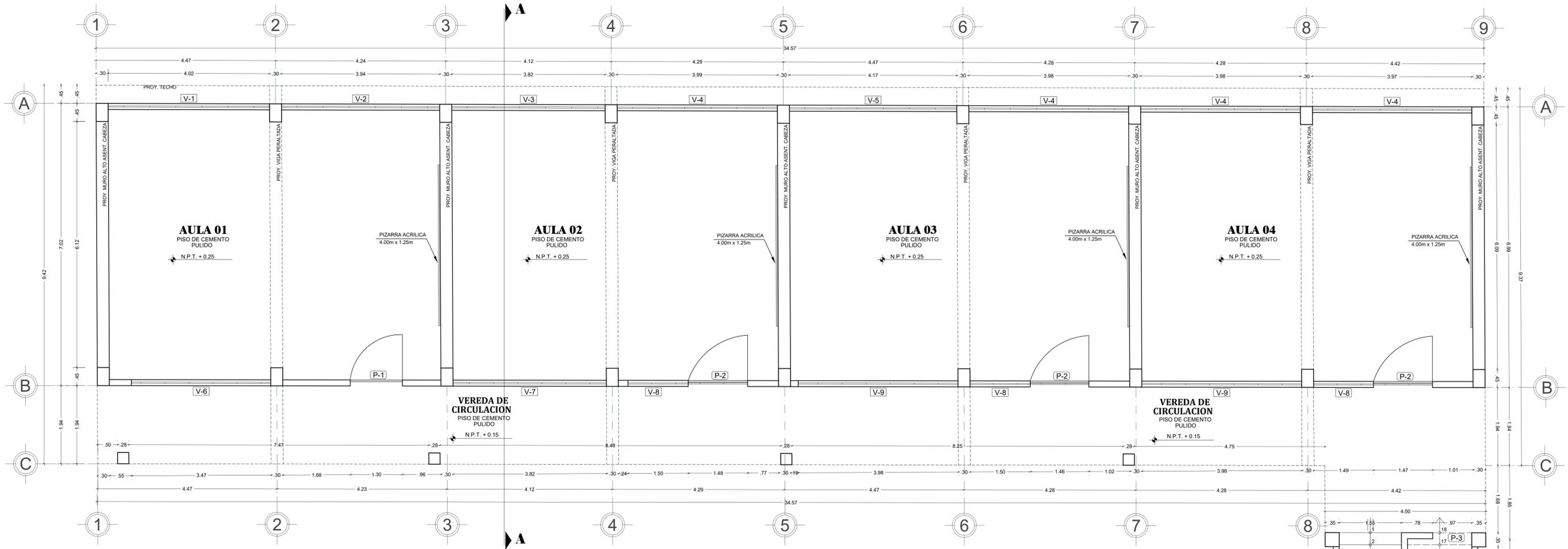
**LAMINA N°:**  


**PLANO:**  
**I.E. VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE**  
UBICACION / LOCALIZACION

**ESCALA:**  
INDICADA

**FECHA:**  
MARZO - 2023

**ANEXO 03**  
**PLANOS DE ARQUITECTURA**

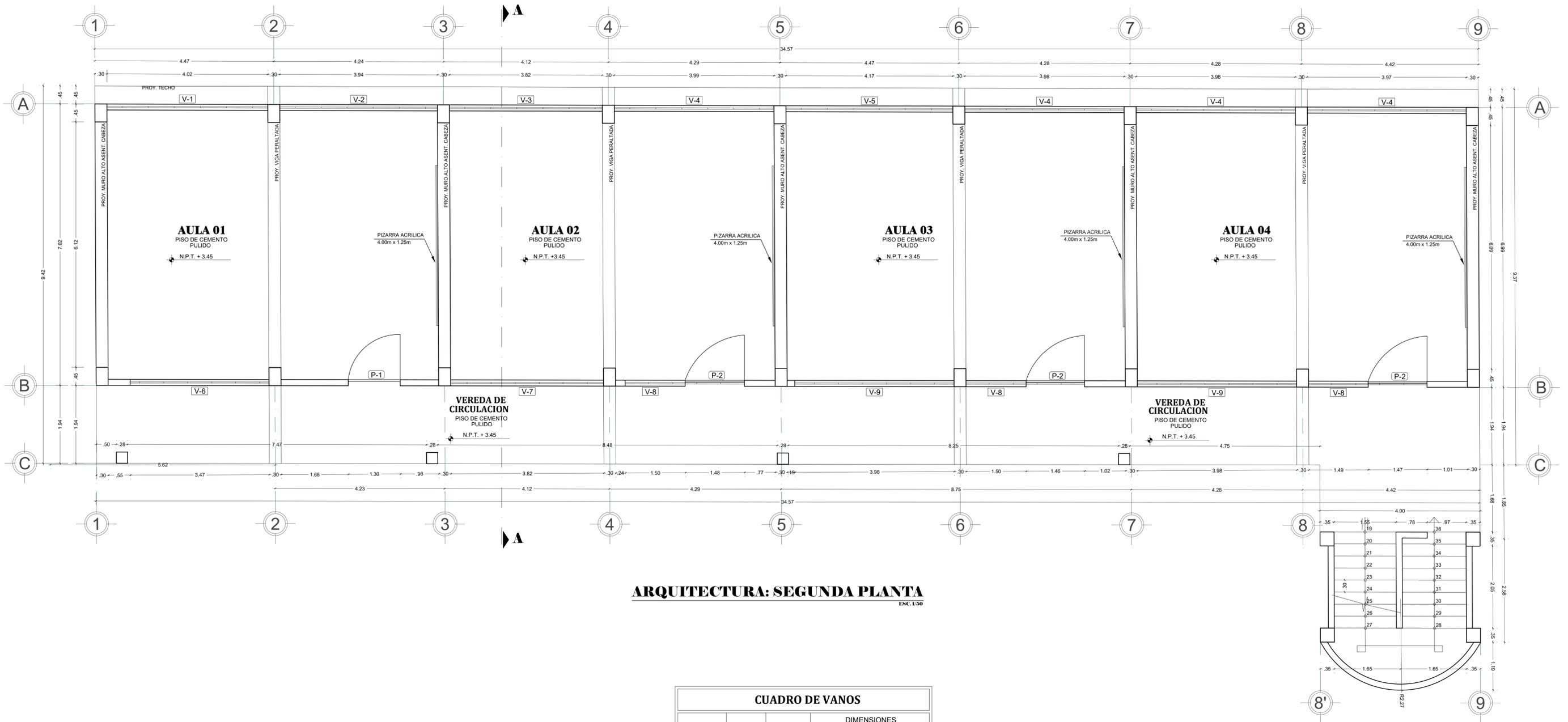


**ARQUITECTURA: PRIMERA PLANTA**  
ESC. 1:50

CUADRO DE VANOS					
TIPO	CODIGO	CANTIDAD	DIMENSIONES		
			ANCHO (m)	ALTO (m)	ALF. (m)
PUERTAS	P-01	02	1.30	3.00	-
	P-02	02	1.48	3.00	-
VENTANAS	V-01	01	4.02	0.40	2.60
	V-02	01	3.94	0.40	2.60
	V-03	01	3.82	2.14	0.86
	V-04	04	3.98	2.14	0.86
	V-05	01	4.17	2.14	0.86
	V-06	01	3.47	1.60	1.40
	V-07	01	3.82	1.60	1.40
	V-08	03	1.52	1.60	1.40
	V-09	02	3.98	1.60	1.40

AREA TECHADA			
	L (m)	B (m)	AREA (m2)
1er Nivel	34.57	9.42	325.649
2do Nivel	34.57	9.42	325.649
<b>Total</b>			<b>651.298</b>

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>
<b>PROYECTO DE TESIS:</b> "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL PABELLON "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA".	<b>ARCHIVO:</b> .DWG
<b>UBICACION:</b> DISTRITO: JAEN PROVINCIA: JAEN DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	<b>PLANO:</b> <b>PABELLON A</b> <b>ARQUITECTURA : PRIMER NIVEL</b>
<b>TESISTA:</b> BACH. HERNADO LINARES SILVA	<b>ESCALA:</b> INDICADA
	<b>FECHA:</b> MARZO - 2023
	



**ARQUITECTURA: SEGUNDA PLANTA**  
ESC. 1/50

CUADRO DE VANOS					
TIPO	CODIGO	CANTIDAD	DIMENSIONES		
			ANCHO (m)	ALTO (m)	ALF. (m)
PUERTAS	P-01	02	1.30	3.00	-
	P-02	02	1.48	3.00	-
VENTANAS	V-01	01	4.02	0.40	2.60
	V-02	01	3.94	0.40	2.60
	V-03	01	3.82	0.40	2.60
	V-04	04	3.98	0.40	2.60
	V-05	01	4.17	0.40	2.60
	V-06	01	3.47	1.60	1.40
	V-07	01	3.82	1.60	1.40
	V-08	03	1.52	1.60	1.40
	V-09	02	3.98	1.60	1.40

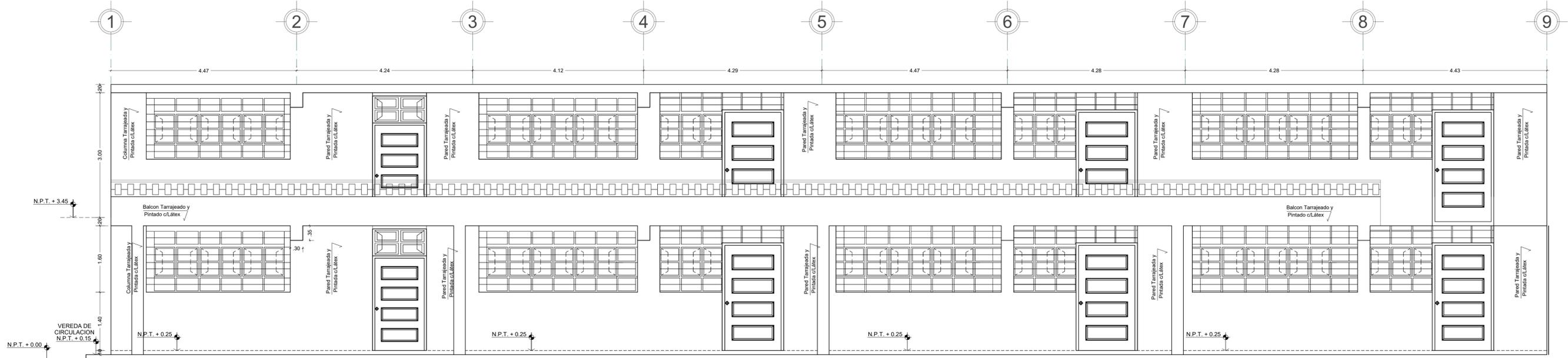
AREA TECHADA			
	L (m)	B (m)	AREA (m <sup>2</sup> )
1er Nivel	34.57	9.42	325.649
2do Nivel	34.57	9.42	325.649
<b>Total</b>			<b>651.298</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

<b>PROYECTO DE TESIS:</b> "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL PABELLON "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA".	<b>ARCHIVO:</b> _DWG
<b>UBICACION:</b> DISTRITO: JAEN PROVINCIA: JAEN DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	<b>LAMINA N°:</b> <b>A-02</b>
<b>TESISTA:</b> BACH. HERNADO LINARES SILVA	<b>FECHA:</b> MARZO - 2023

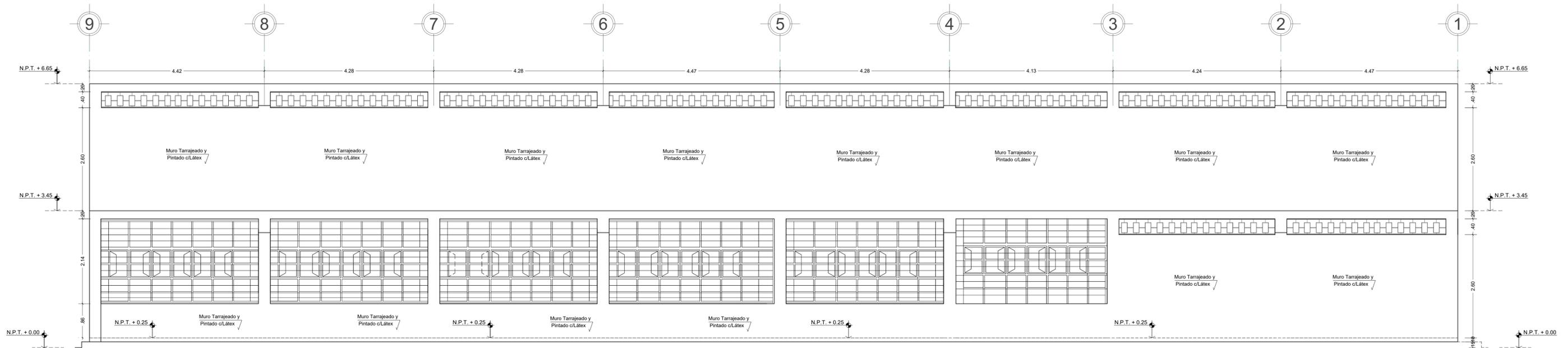
**PLANO:** PABELLON A  
ARQUITECTURA : SEGUNDO NIVEL

**ESCALA:** INDICADA



**ELEVACION PRINCIPAL**

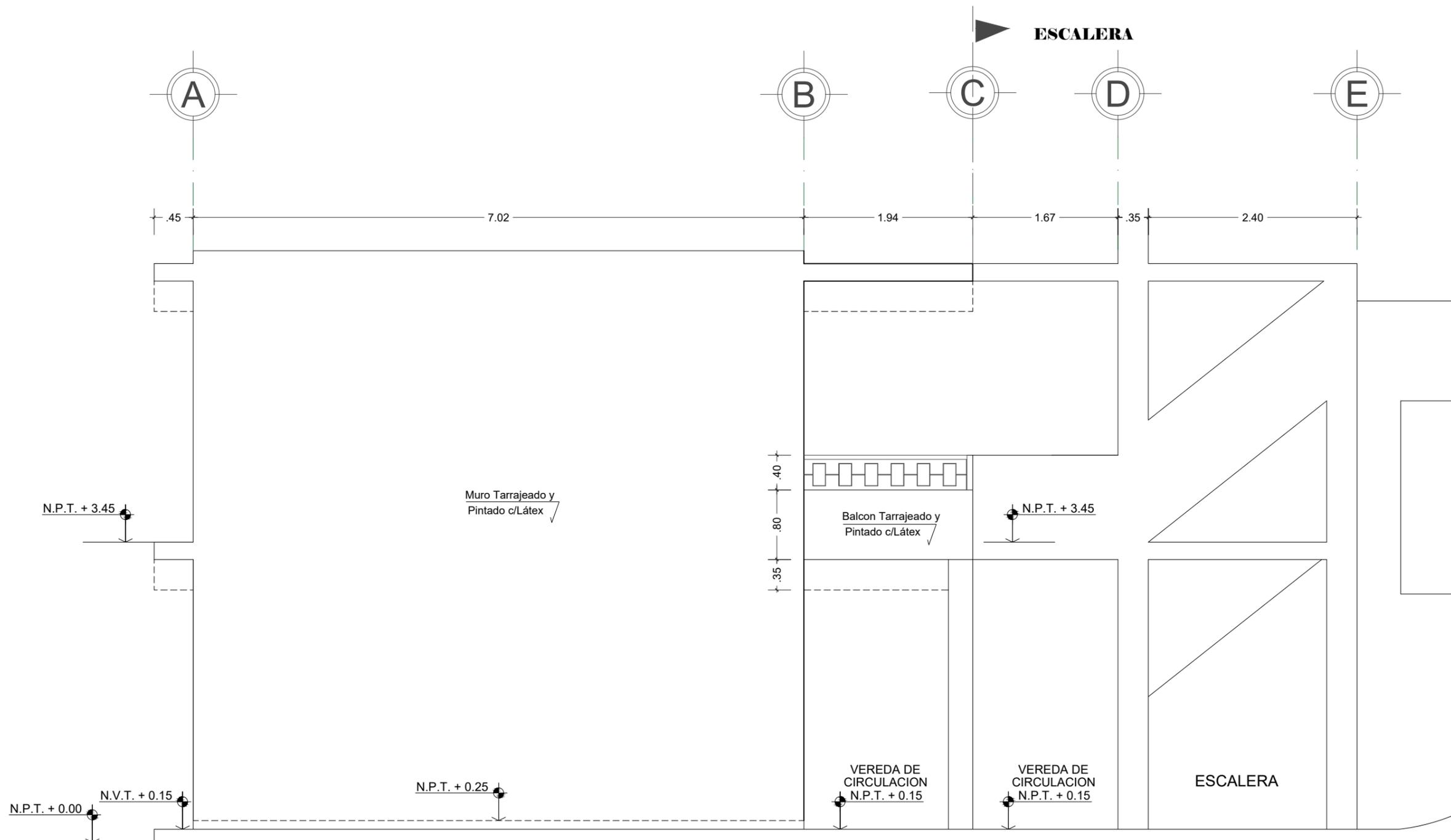
ESC. 1/50



**ELEVACION POSTERIOR**

ESC. 1/50

 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>		
<p><b>PROYECTO DE TESIS:</b> "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL PABELLON "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN – CAJAMARCA".</p>		<p><b>ARCHIVO:</b> DWG</p>
<p><b>UBICACION:</b> DISTRITO: JAEN PROVINCIA: JAEN DEPARTAMENTO: CAJAMARCA</p>		<p><b>PLANO:</b> <b>PABELLON A</b> ARQUITECTURA : ELEVACIONES</p>
<p><b>TESISTA:</b> BACH. HERNADO LINARES SILVA</p>		<p><b>ESCALA:</b> INDICADA</p> <p><b>FECHA:</b> MARZO - 2023</p>
<p><b>LAMINA N°:</b> <b>A-03</b></p>		



**ELEVACION LATERAL**

ESC.1:50

 <p align="center"><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>  <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b></p>		
<p><b>PROYECTO DE TESIS:</b>  "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL PABELLON "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN – CAJAMARCA".</p>		<p><b>ARCHIVO:</b>  .DWG</p>
<p><b>UBICACION:</b>  DISTRITO: JAEN  PROVINCIA: JAEN  DEPARTAMENTO: CAJAMARCA</p>		<p><b>PLANO:</b>  <b>PABELLON A</b>  ARQUITECTURA : ELEVACION LATERAL</p>
<p><b>TESISTA:</b>  BACH. HERNADO LINARES SILVA</p>		<p><b>ESCALA:</b>  INDICADA</p> <p><b>FECHA:</b>  MARZO - 2023</p>
		<p><b>LAMINA N°:</b>  <b>A-04</b></p>

**ANEXO 04**  
**METRADO DE CARGAS**

**METRADO DE CARGAS DEL EDIFICIO N°01 DEL MODULO N°01**

**Metrado de columnas en kg**

Nivel	Tipo	Número	b	d	h	Peso columna	P. Total
2	0.45x0.30	18	0.3	0.45	3.4	19.828.80	23.027.52
	(0.28x0.28)	5	0.28	0.28	3.4	3.198.72	
1	0.45x0.30	18	0.3	0.45	3.1	18.079.20	20.995.68
	(0.28x0.28)	5	0.28	0.28	3.1	2.916.48	
							<b>44.023.20</b>

**Metrado de vigas en kg**

Nivel	Viga	Número	l	b	h	P. Viga	P. Total
2	A x-x	1	31.87	0.30	0.20	4.589.28	28.762.56
	B x-x	1	31.87	0.30	0.20	4.589.28	
	1 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00	
	2 y-y	1	8.50	0.30	0.55	3.366.00	
	3 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00	
	4 y-y	1	8.50	0.30	0.55	3.366.00	
	5 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00	
	6 y-y	1	8.50	0.30	0.55	3.366.00	
	7 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00	
1	8 y-y	1	8.50	0.30	0.55	3.366.00	28.762.56
	9 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00	
	A x-x	1	31.87	0.30	0.20	4.589.28	
	B x-x	1	31.87	0.30	0.20	4.589.28	
	1 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00	
	2 y-y	1	8.50	0.30	0.55	3.366.00	
	3 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00	
	4 y-y	1	8.50	0.30	0.55	3.366.00	
	5 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00	
6 y-y	1	8.50	0.30	0.55	3.366.00		
7 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00		
8 y-y	1	8.50	0.30	0.55	3.366.00		
9 y-y	1	8.50	0.30	0.20	1.224.00		
							<b>57.525.12</b>

**Metrado de tabiquería en kg**

Nivel	Muro	Número	t	Área	P. Muro	P. Total
2	A x-x	1	0.15	82.9	22.383.00	52.234.20
	B x-x	1	0.15	49.54	13.375.80	
	1 y-y	1	0.3	6.12	3.304.80	
	3 y-y	1	0.3	6.11	3.299.40	
	5 y-y	1	0.3	6.10	3.294.00	
	7 y-y	1	0.3	6.09	3.288.60	
	9 y-y	1	0.3	6.09	3.288.60	

	A x-x	1	0.15	41.27	11.142.90	
	B x-x	1	0.15	52.22	14.099.40	
	1 y-y	1	0.3	6.12	3.304.80	
1	3 y-y	1	0.3	6.11	3.299.40	41.717.70
	5 y-y	1	0.3	6.10	3.294.00	
	7 y-y	1	0.3	6.09	3.288.60	
	9 y-y	1	0.3	6.09	3.288.60	
						93.951.90

#### Metrado de parapetos en kg

Nivel	Parapeto	Número	t	l	h	P. Parapeto	P. Total
	C x-x	1	0.15	34.58	0.5	4.668.30	
2	1 y-y	1	0.15	1.79	0.5	241.65	5.151.60
	9 y-y	1	0.15	1.79	0.5	241.65	
							5.151.60

#### Metrado de losas aligeradas de espesor e = 0.20 m en kg

Nivel	Área	Peso Unitario	P. Losa	P. Total
2	275.70	300	82.710.00	82.710.00
1	275.70	300	82.710.00	82.710.00
				165.420.00

#### Carga viva en kg

Nivel	Ocupación	Live	Área	Peso
3	Techo	100	275.7	27.570.00
2	Aulas	250	213.68	53.420.00
	Pasadizos	400	61.95	24.780.00
				105.770.00

#### Pesos efectivos en kg

Nivel	Cm	Cv	Peso por nivel	Peso Acumulado
2	191.885.88	27.570.00	219.455.88	219.455.88
1	174.185.94	78.200.00	252.385.94	471.841.82
			471.841.82	

**ANEXO 05**  
**PROCESO EN EL SAP 2000 v24.0.0**

## MODELAMIENTO EN SAP 2000.V24.0.0

Para el caso del pabellón "A"  
con altura de piso a techo para el primer nivel de 3.10 metros  
y altura de piso a techo para el segundo nivel de 3.40 metros

Resistencia a la compresión del concreto	:	<b>Columnas:</b>	2200 tn/m <sup>2</sup>
		<b>Vigas:</b>	2380 tn/m <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto	:		2323790.0 tn/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson del concreto	:		0.2
Losa de techo aligerada de espesor (e)	:		0.20 m

Pesos para el análisis sísmico:

$$\begin{aligned} P_2 &= CM_{P_2} + 0.5 * CV_{P_2} \rightarrow 205.67 \text{ tn} \\ P_1 &= CM_{P_1} + 0.5 * CV_{P_1} \rightarrow 213.29 \text{ tn} \end{aligned}$$

Se obtuvo los desplazamientos relativos de entrepiso una vez realizado el siguiente procedimiento:

### Excentricidad accidental

$$\begin{aligned} e_x &= 0.05 \times 34.57 \text{ m} \longrightarrow 1.729 \\ e_y &= 0.05 \times 9.42 \text{ m} \longrightarrow 0.471 \end{aligned}$$

### Distribución de masas por altura

#### Piso 2

Masa traslacional

$$M_{t-2} = \frac{P_{\text{sismico}}^{\text{piso-2}}}{g} = 20.965 \text{ tn.s}^2/\text{m}$$

Masa rotacional

$$M_{r-2} = \frac{M_t(a^2 + b^2)}{12} = 2242.989 \text{ tn.s}^2/\text{m}$$

Donde:

a : longitud de la losa

b : ancho de la losa

#### Piso 1

Masa traslacional

$$M_{t-1} = \frac{P_{\text{sismico}}^{\text{piso-1}}}{g} = 21.742 \text{ tn.s}^2/\text{m}$$

Masa rotacional

$$M_{r-1} = \frac{M_t(a^2 + b^2)}{12} = 2326.037 \text{ tn.s}^2/\text{m}$$

Donde:

a : longitud de la losa

b : ancho de la losa

### Factor de escala

$$F.E. = \frac{ZUSg}{R} = 0.55181$$

R = 8, coeficiente básico de reducción para el sistema aporticado de concreto armado

## Propiedades del material

**S** Material Property Data

**General Data**

Material Name and Display Color: CONCRETO COLUMNAS 220

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c 4000 psi

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 0.

Mass per Unit Volume: 0.

**Units**

Tonf, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 2173206.

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 905502.5

**Other Properties For Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f<sub>c</sub>: 2200.

Expected Concrete Compressive Strength: 2200.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

**S** Material Property Data

**General Data**

Material Name and Display Color: CONCRETO VIGAS 238

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c 4000 psi

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 0.

Mass per Unit Volume: 0.

**Units**

Tonf, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 2173206.

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 905502.5

**Other Properties For Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f<sub>c</sub>: 2380.

Expected Concrete Compressive Strength: 2380.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

## Propiedades de sección Columnas

**S** Rectangular Section

Section Name: COLUMNA 30X30

Display Color:

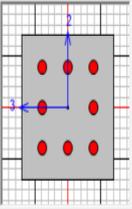
Section Notes: Modify/Show Notes...

**Dimensions**

Depth (t3): 0.3

Width (t2): 0.3

**Section**



**Properties**

Section Properties...

Time Dependent Properties...

**Material**

+ CONCRETO

**Property Modifiers**

Set Modifiers...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

**S** Rectangular Section

Section Name: COLUMNA 30X45

Display Color:

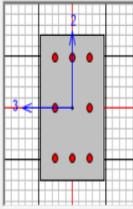
Section Notes: Modify/Show Notes...

**Dimensions**

Depth (t3): 0.45

Width (t2): 0.3

**Section**



**Properties**

Section Properties...

Time Dependent Properties...

**Material**

+ CONCRETO

**Property Modifiers**

Set Modifiers...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

## Propiedades de sección Vigas

Rectangular Section

Section Name: VIGA 30X20 Display Color: ■

Section Notes: Modify/Show Notes...

Dimensions

Depth (t3): 0.2

Width (t2): 0.3

Section

Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

Material: + CONCRETO

Property Modifiers: Set Modifiers...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

Rectangular Section

Section Name: VIGA 30X55 Display Color: ■

Section Notes: Modify/Show Notes...

Dimensions

Depth (t3): 0.55

Width (t2): 0.3

Section

Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

Material: + CONCRETO

Property Modifiers: Set Modifiers...

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

## Asignación de empotramiento en la base

Assign Joint Restraints

Restraints in Joint Local Directions

Translation 1  Rotation about 1

Translation 2  Rotation about 2

Translation 3  Rotation about 3

Fast Restraints

OK Close Apply

## Asignación de brazos rígidos en ambas direcciones

Assign Frame End Length Offsets

Options for End Offset Along Length

Automatic from Connectivity

User Defined Lengths

Parameters

User Defined Length Offset at End-I: Auto

User Defined Length Offset at End-J: Auto

Rigid Zone Factor: 0.2

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

## Asignación de diafragmas rígidos a nivel de entrepiso

**S** Diaphragm Constraint ×

Constraint Name:

Coordinate System:

Constraint Axis

X Axis       Auto  
 Y Axis  
 Z Axis

Semi-rigid Diaphragm Option

Semi-rigid

Note: Defined for application of seismic and wind loads. Option is only active when the Coordinate System is Global and the Constraint Axis is Z Axis.

Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level

## Asignación de masas en el centro de masas

Piso 1

**S** Assign Joint Masses ×

Specify Joint Mass

As Mass  
 As Weight  
 As Volume and Material Property

Material:

Mass Coordinate System

Direction:

Mass

Translation 1:  tonf-s<sup>2</sup>/m  
 Translation 2:  tonf-s<sup>2</sup>/m  
 Translation 3:  tonf-s<sup>2</sup>/m

Mass Moment of Inertia

Rotation about 1:  tonf-m-s<sup>2</sup>  
 Rotation about 2:  tonf-m-s<sup>2</sup>  
 Rotation about 3:  tonf-m-s<sup>2</sup>

Options

Add to Existing Masses  
 Replace Existing Masses  
 Delete Existing Masses

Piso 2

**S** Assign Joint Masses ×

Specify Joint Mass

As Mass  
 As Weight  
 As Volume and Material Property

Material:

Mass Coordinate System

Direction:

Mass

Translation 1:  tonf-s<sup>2</sup>/m  
 Translation 2:  tonf-s<sup>2</sup>/m  
 Translation 3:  tonf-s<sup>2</sup>/m

Mass Moment of Inertia

Rotation about 1:  tonf-m-s<sup>2</sup>  
 Rotation about 2:  tonf-m-s<sup>2</sup>  
 Rotation about 3:  tonf-m-s<sup>2</sup>

Options

Add to Existing Masses  
 Replace Existing Masses  
 Delete Existing Masses

## Definición de la función de espectro de respuesta

**S** Response Spectrum Function Definition

Function Name: C

Function Damping Ratio: 0.05

Define Function

Period	Acceleration
0.	2.5
0.02	2.5
0.04	2.5
0.06	2.5
0.08	2.5
0.1	2.5
0.12	2.5
0.14	2.5

Buttons: Add, Modify, Delete

Function Graph

Display Graph

Buttons: OK, Cancel

## Definición de estado de carga modal

**S** Load Case Data - Modal

Load Case Name: MODAL

Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Modal

Stiffness to Use:  Zero Initial Conditions - Unstressed State

Type of Modes:  Eigen Vectors

Mass Source: MSSSRC1

Number of Modes: Maximum Number of Modes: 6, Minimum Number of Modes: 3

Loads Applied:  Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Frequency Shift (Center): 0, Cutoff Frequency (Radius): 0, Convergence Tolerance: 1.000E-09

Allow Automatic Frequency Shifting

Buttons: OK, Cancel

## Definición de estado de carga espectral

### Sismo en "x"

S Load Case Data - Response Spectrum ✕

Load Case Name:   Notes:

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination

CQC  SRSS  Absolute  GMC  NRC 10 Percent  Double Sum

GMC f1:  GMC f2:  Periodic + Rigid Type: SRSS

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Standard - Acceleration Loading  Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	C	0.55181
Accel	U1	C	0.55181

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping:

### Sismo en "y"

S Load Case Data - Response Spectrum ✕

Load Case Name:   Notes:

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination

CQC  SRSS  Absolute  GMC  NRC 10 Percent  Double Sum

GMC f1:  GMC f2:  Periodic + Rigid Type: SRSS

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Standard - Acceleration Loading  Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	C	0.55181
Accel	U2	C	0.55181

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping:

## Definición de combinaciones en ambas direcciones

S Load Combination Data ×

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
SISMO X	Response Spectrum		6
SISMO X	Response Spectrum		6

## Combinaciones de carga

S Load Combination Data ×

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
SISMO Y	Response Spectrum		6

## Verificación de que todos los grados de libertad se encuentren activos

S Analysis Options ×

Available DOFs

UX  UY  UZ  RX  RY  RZ

Fast DOFs

Space Frame  Plane Frame  Plane Grid  Space Truss

XZ Plane XY Plane

Tabular File

No files specified for automatic tabular output

**ANEXO 06**  
**ESPECTRO DE DISEÑO**

## ESPECTRO DE DISEÑO SÍSMICO SEGÚN LA NORMA E.030

youtube: Jhon Muchica Sillo

facebook: Aportes en Ingeniería "Muchica"

WhatsApp: +51 990792580

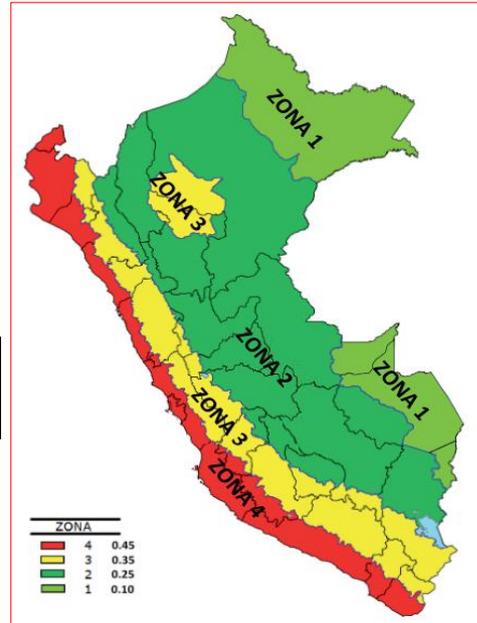
Modificar datos:

Cálculos automáticos:

Resultados

### I. Zonificación, E.030 (Art. 10)

Departamento: CAJAMARCA  
Provincia: JAÉN  
Distrito: q42 JAÉN  
Zona Sísmica: 2  
Z = 0.25 g



### II. Condiciones Geotécnicas, E.030 (Art. 12)

Perfil de suelo tipo: S2

Suelos intermedios: Suelos medianamente rígidos, arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, suelo cohesivo compacto.

Tipo: *suelo intermedio*  $V_s = 180\text{m/s}$  a  $500\text{m/s}$   
 $S = 1.2$   $N_{60} = 15$  a  $50$   
 $T_p = 0.6$   $S_u = 50$  kpa a  $100$  kpa  
 $T_L = 2.0$   $q_u = 1$  kg/cm<sup>2</sup> a  $0.5$  kg/cm<sup>2</sup>

### III. Categoría del Edificio, E.030 (Art. 15)

Categoría del Edificio: A2\_Esenciales  
Tipo de Edificación: Instituciones educativas nivel primar

Factor de uso o Importancia U = 1.5

Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo. Edificaciones que pueden servir de refugio después de un desastre. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede presentar un riesgo adicional.

### IV. Sistema estructural y Restricciones de irregularidad, E.030 (Art. 17 y Art. 21)

Sistema Estructural: Estructuras de acero Tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.

Restricciones de irregularidad: No se permiten irregularidades

### V. Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas sísmicas, E.030 (Art. 18)

#### SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN X

Material: Concreto\_Armado

Sistema Estructural: Pórticos  
 $R_{0X} = 8$

#### SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN Y

Material: Concreto\_Armado

Sistema Estructural: Pórticos  
 $R_{0Y} = 8$

### VI. Factores de Irregularidad, E.030 (Art. 20)

#### SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN X

Irregularidad en Altura, I<sub>a</sub>: Regular - Sistema Estructural Continuo  
 $I_{ax} = 1.00$

Irregularidad en Planta, I<sub>p</sub>: Regular - Sistema Estructural Simétrico  
 $I_{px} = 1.00$

#### SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN Y

Irregularidad en Altura, I<sub>a</sub>: Regular - Sistema Estructural Continuo  
 $I_{ay} = 1.00$

Irregularidad en Planta, I<sub>p</sub>: Regular - Sistema Estructural Simétrico  
 $I_{py} = 1.00$

**VII. Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, E.030 (Art. 22)**

SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN X

$R_X = R_{0X} * I_{ax} * I_{px} =$

SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN Y

$R_Y = R_{0Y} * I_{ay} * I_{py} =$

**VIII. Periodo Fundamental de Vibración, E.030 (Art. 28.4)**

SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN X

Elementos resistentes en la dirección considerada:

Coficiente para estimar el periodo fundamental

$C_{TX} =$

Altura total de la edificación:

$h_{nx} =$   m

Periodo Fundamental de Vibración

$h_{nx} / C_{TX} \quad T_X =$   seg

SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN Y

Elementos resistentes en la dirección considerada:

Coficiente para estimar el periodo fundamental

$C_{TY} =$

Altura total de la edificación:

$h_{ny} =$   m

Periodo Fundamental de Vibración

$h_{ny} / C_{TY} \quad T_Y =$   seg

**IX. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura, E.030 (Art. 28.3)**

SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN X

Exponente k relacionado con el periodo fundamental T

$k_X =$

SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN Y

Exponente K relacionado co el periodo fundamental T

$k_Y =$

Copiar los valores de "Kx", "Ky", y pegarlos en la generación de los patrones de la carga sísmica estática para ambas direcciones de análisis "X" e "Y", en los programas de cálculo estructural como el Etabs, Sap2000 y etre otros.

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel :

$F_i = \alpha_i \cdot V$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

**X. Fuerza cortante en la base, E.030 (Art. 28.2)**

SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN X

Fuerza cortante en la base

$V_X = \frac{ZUCS}{R_X} * P$

Factor de Amplificación Sísmica C: Art.14

$T_p =$   seg

$T_L =$   seg

$T_x =$   seg

$C_x =$

SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN Y

Fuerza cortante en la base:

$V_Y = \frac{ZUCS}{R_X} * P$

Factor de amplificación Sísmica C: Art. 14

$T_p =$   seg

$T_L =$   seg

$T_y =$   seg

$C_y =$

El valor de C/Rx no deberá considerarse menor que:

$C_x/R_x =$    $\geq$

El valor de C/Rx no deberá considerarse menor que:

$C_y/R_y =$    $\geq$

Coficiente de Cortante Basal:

$Z =$   g

$U =$

$C_x/R_x =$

$S =$

$C_{bx} =$

Coficiente de Cortante Basal:

$Z =$   g

$U =$

$C_y/R_y =$

$S =$

$C_{by} =$

Copiar los valores de "Cbx", "Cby", y pegarlos en la generación de los patrones de la carga sísmica estática para ambas direcciones de análisis "X" e "Y", en los programas de cálculo estructural como el Etabs y Sap2000.

XI. Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño (Sa/g)

SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN X

Z =	0.25
U =	1.5
S =	1.2
T <sub>p</sub> =	0.60
T <sub>L</sub> =	2.00
R <sub>x</sub> =	8

$$S_{ax} = \frac{ZUCS}{R_x} * g$$

g = 9.81 m/s<sup>2</sup>

T < T<sub>p</sub> C = 2,5

T<sub>p</sub> < T < T<sub>L</sub> C = 2,5 · (T<sub>p</sub>/T)

T > T<sub>L</sub> C = 2,5 · (T<sub>p</sub> · T<sub>L</sub>/T<sup>2</sup>)

C	T (s)	Sa/g	Sv (m/s)	Sd (m)	Espectro de sismo de diseño Sa/g
2.50	0.00	0.141	0.0000	0	
2.50	0.02	0.141	0.00439	1.4E-05	
2.50	0.04	0.141	0.00878	5.6E-05	
2.50	0.06	0.141	0.01317	0.00013	
2.50	0.08	0.141	0.01756	0.00022	
2.50	0.10	0.141	0.02196	0.00035	
2.50	0.12	0.141	0.02635	0.0005	
2.50	0.14	0.141	0.03074	0.00068	
2.50	0.16	0.141	0.03513	0.00089	
2.50	0.18	0.141	0.03952	0.00113	
2.50	0.20	0.141	0.04391	0.0014	
2.50	0.25	0.141	0.05489	0.00218	
2.50	0.30	0.141	0.06587	0.00314	
2.50	0.35	0.141	0.07685	0.00428	
2.50	0.40	0.141	0.08782	0.00559	
2.50	0.45	0.141	0.0988	0.00708	
2.50	0.50	0.141	0.10978	0.00874	
2.50	0.55	0.141	0.12076	0.01057	
2.50	0.60	0.141	0.13174	0.01258	
2.31	0.65	0.130	0.13174	0.01363	
2.14	0.70	0.121	0.13174	0.01468	
2.00	0.75	0.113	0.13174	0.01572	
1.88	0.80	0.105	0.13174	0.01677	
1.76	0.85	0.099	0.13174	0.01782	
1.67	0.90	0.094	0.13174	0.01887	
1.58	0.95	0.089	0.13174	0.01992	
1.50	1.00	0.084	0.13174	0.02097	
1.36	1.10	0.077	0.13174	0.02306	
1.25	1.20	0.070	0.13174	0.02516	
1.07	1.40	0.060	0.13174	0.02935	
1.00	1.50	0.056	0.13174	0.03145	
0.94	1.60	0.053	0.13174	0.03355	
0.88	1.70	0.050	0.13174	0.03564	
0.83	1.80	0.047	0.13174	0.03774	
0.79	1.90	0.044	0.13174	0.03984	
0.75	2.00	0.042	0.13174	0.04193	
0.62	2.20	0.035	0.11976	0.04193	
0.52	2.40	0.029	0.10978	0.04193	
0.44	2.60	0.025	0.10134	0.04193	
0.38	2.80	0.022	0.0941	0.04193	
0.33	3.00	0.019	0.08782	0.04193	
0.19	4.00	0.011	0.06587	0.04193	
0.12	5.00	0.007	0.05269	0.04193	
0.08	6.00	0.005	0.04391	0.04193	
0.06	7.00	0.003	0.03764	0.04193	
0.05	8.00	0.003	0.03293	0.04193	
0.04	9.00	0.002	0.02927	0.04193	
0.03	10.00	0.002	0.02635	0.04193	
					Espectro velocidad Sv (m/s)
					Espectro de desplazamiento Sd (m)

Copiar todos los valores de T(s) y Sa/g y pegar como valores sin fórmulas en un libro nuevo y guardarlo como texto delimitado por tabulaciones, así podrá importar el espectro de diseño en programas de cálculo como el Etabs, Sap2000 y entre otros.

**XII. Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño (Sa/g)**

**SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN Y**

Z =	0.25
U =	1.5
S =	1.2
T <sub>p</sub> =	0.60
T <sub>L</sub> =	2.00
R <sub>x</sub> =	8

$$s_{ay} = \frac{ZUCS}{R_y} * g$$

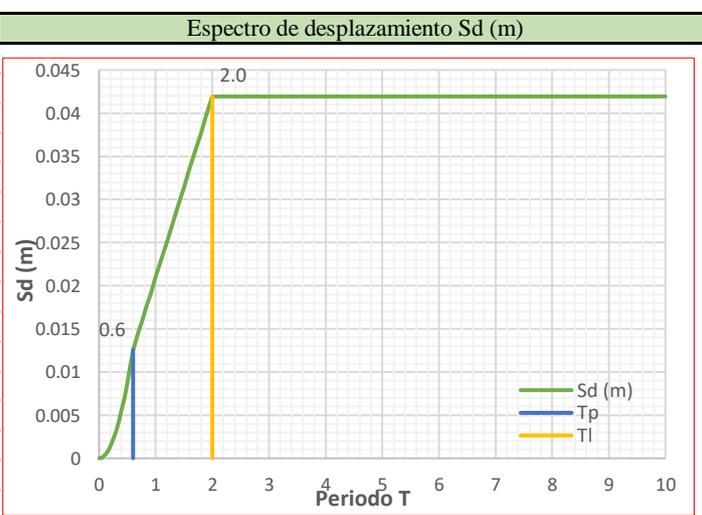
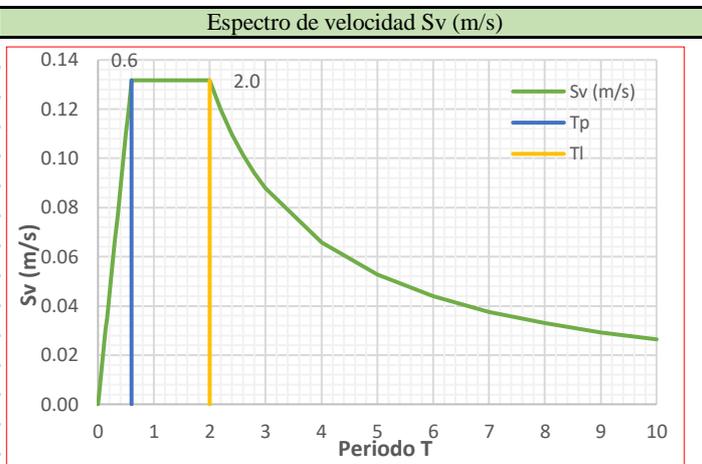
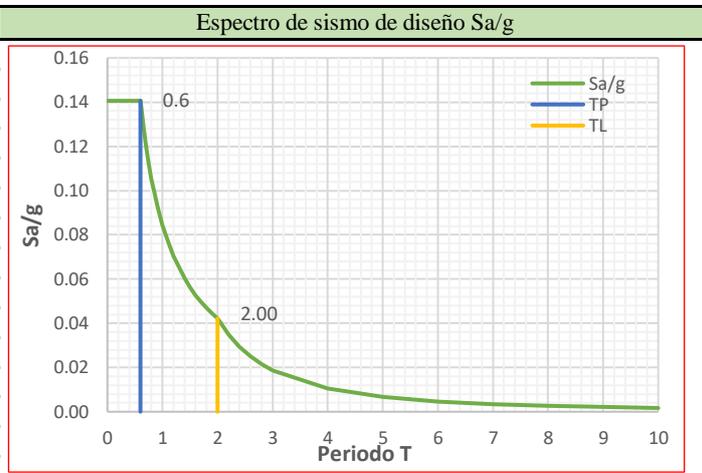
g =	9.81	m/s <sup>2</sup>
-----	------	------------------

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

C	T (s)	Sa/g	Sv (m/s)	Sd (m)
2.50	0.00	0.141	0.0000	0
2.50	0.02	0.141	0.00439	1.4E-05
2.50	0.04	0.141	0.00878	5.6E-05
2.50	0.06	0.141	0.01317	0.00013
2.50	0.08	0.141	0.01756	0.00022
2.50	0.10	0.141	0.02196	0.00035
2.50	0.12	0.141	0.02635	0.0005
2.50	0.14	0.141	0.03074	0.00068
2.50	0.16	0.141	0.03513	0.00089
2.50	0.18	0.141	0.03952	0.00113
2.50	0.20	0.141	0.04391	0.0014
2.50	0.25	0.141	0.05489	0.00218
2.50	0.30	0.141	0.06587	0.00314
2.50	0.35	0.141	0.07685	0.00428
2.50	0.40	0.141	0.08782	0.00559
2.50	0.45	0.141	0.0988	0.00708
2.50	0.50	0.141	0.10978	0.00874
2.50	0.55	0.141	0.12076	0.01057
2.50	0.60	0.141	0.13174	0.01258
2.31	0.65	0.130	0.13174	0.01363
2.14	0.70	0.121	0.13174	0.01468
2.00	0.75	0.113	0.13174	0.01572
1.88	0.80	0.105	0.13174	0.01677
1.76	0.85	0.099	0.13174	0.01782
1.67	0.90	0.094	0.13174	0.01887
1.58	0.95	0.089	0.13174	0.01992
1.50	1.00	0.084	0.13174	0.02097
1.36	1.10	0.077	0.13174	0.02306
1.25	1.20	0.070	0.13174	0.02516
1.07	1.40	0.060	0.13174	0.02935
1.00	1.50	0.056	0.13174	0.03145
0.94	1.60	0.053	0.13174	0.03355
0.88	1.70	0.050	0.13174	0.03564
0.83	1.80	0.047	0.13174	0.03774
0.79	1.90	0.044	0.13174	0.03984
0.75	2.00	0.042	0.13174	0.04193
0.62	2.20	0.035	0.11976	0.04193
0.52	2.40	0.029	0.10978	0.04193
0.44	2.60	0.025	0.10134	0.04193
0.38	2.80	0.022	0.0941	0.04193
0.33	3.00	0.019	0.08782	0.04193
0.19	4.00	0.011	0.06587	0.04193
0.12	5.00	0.007	0.05269	0.04193
0.08	6.00	0.005	0.04391	0.04193
0.06	7.00	0.003	0.03764	0.04193
0.05	8.00	0.003	0.03293	0.04193
0.04	9.00	0.002	0.02927	0.04193
0.03	10.00	0.002	0.02635	0.04193



Copiar todos los valores de T(s) y Sa/g y pegar como valores sin fórmulas en un libro nuevo y guardarlo como texto delimitado por tabulaciones, así podrá importar el espectro de diseño en programas de cálculo como el Etabs, Sap2000 y entre otros.

### XIII. Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño (Sa/g) - Para la Dirección Vertical

#### SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN X - SISMO VERTICAL (2/3 DEL SISMO Y)

Z =	0.25
U =	1.5
S =	1.2
T <sub>p</sub> =	0.60
T <sub>L</sub> =	2.00
R <sub>y</sub> =	8

$$s_{ay} = \frac{ZUCS}{R_y} * g$$

0.2*T <sub>p</sub> =	0.12
g =	9.81 m/s <sup>2</sup>

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

$$T < 0.2T_p \quad C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p}\right)$$

C	T (s)	Sa/g	Sv (m/s)	Sd (m)	Espectro de sismo de diseño Sa/g	
1.00	0.00	0.038	0.0000	0.0000		
1.25	0.02	0.047	0.0015	0.0000		
1.50	0.04	0.056	0.0035	0.0000		
1.75	0.06	0.066	0.0061	0.0001		
2.00	0.08	0.075	0.0094	0.0001		
2.25	0.10	0.084	0.0132	0.0002		
2.50	0.12	0.094	0.0176	0.0003		
2.50	0.14	0.094	0.0205	0.0005		
2.50	0.16	0.094	0.0234	0.0006		
2.50	0.18	0.094	0.0263	0.0008		
2.50	0.20	0.094	0.0293	0.0009		
2.50	0.25	0.094	0.0366	0.0015		
2.50	0.30	0.094	0.0439	0.0021		
2.50	0.35	0.094	0.0512	0.0029		
2.50	0.40	0.094	0.0585	0.0037		
2.50	0.45	0.094	0.0659	0.0047		
2.50	0.50	0.094	0.0732	0.0058		
2.50	0.55	0.094	0.0805	0.0070		
2.50	0.60	0.094	0.0878	0.0084		
2.31	0.65	0.087	0.0878	0.0091		
2.14	0.70	0.080	0.0878	0.0098		
2.00	0.75	0.075	0.0878	0.0105		
1.88	0.80	0.070	0.0878	0.0112		
1.76	0.85	0.066	0.0878	0.0119		
1.67	0.90	0.063	0.0878	0.0126		
1.58	0.95	0.059	0.0878	0.0133		
1.50	1.00	0.056	0.0878	0.0140		
1.36	1.10	0.051	0.0878	0.0154		
1.25	1.20	0.047	0.0878	0.0168		
1.07	1.40	0.040	0.0878	0.0196		
1.00	1.50	0.038	0.0878	0.0210		
0.94	1.60	0.035	0.0878	0.0224		
0.88	1.70	0.033	0.0878	0.0238		
0.83	1.80	0.031	0.0878	0.0252		
0.79	1.90	0.030	0.0878	0.0266		
0.75	2.00	0.028	0.0878	0.0280		
0.62	2.20	0.023	0.0798	0.0280		
0.52	2.40	0.020	0.0732	0.0280		
0.44	2.60	0.017	0.0676	0.0280		
0.38	2.80	0.014	0.0627	0.0280		
0.33	3.00	0.013	0.0585	0.0280		
0.19	4.00	0.007	0.0439	0.0280		
0.12	5.00	0.005	0.0351	0.0280		
0.08	6.00	0.003	0.0293	0.0280		
0.06	7.00	0.002	0.0251	0.0280		
0.05	8.00	0.002	0.0220	0.0280		
0.04	9.00	0.001	0.0195	0.0280		
0.03	10.00	0.001	0.0176	0.0280		
					Espectro de velocidad Sv (m/s)	
2.50	0.50	0.094	0.0732	0.0058		
2.50	0.55	0.094	0.0805	0.0070		
2.50	0.60	0.094	0.0878	0.0084		
2.31	0.65	0.087	0.0878	0.0091		
2.14	0.70	0.080	0.0878	0.0098		
2.00	0.75	0.075	0.0878	0.0105		
1.88	0.80	0.070	0.0878	0.0112		
1.76	0.85	0.066	0.0878	0.0119		
1.67	0.90	0.063	0.0878	0.0126		
1.58	0.95	0.059	0.0878	0.0133		
1.50	1.00	0.056	0.0878	0.0140		
1.36	1.10	0.051	0.0878	0.0154		
1.25	1.20	0.047	0.0878	0.0168		
1.07	1.40	0.040	0.0878	0.0196		
1.00	1.50	0.038	0.0878	0.0210		
0.94	1.60	0.035	0.0878	0.0224		
0.88	1.70	0.033	0.0878	0.0238		
0.83	1.80	0.031	0.0878	0.0252		
0.79	1.90	0.030	0.0878	0.0266		
0.75	2.00	0.028	0.0878	0.0280		
						Espectro de desplazamiento Sd (m)
0.94	1.60	0.035	0.0878	0.0224		
0.88	1.70	0.033	0.0878	0.0238		
0.83	1.80	0.031	0.0878	0.0252		
0.79	1.90	0.030	0.0878	0.0266		
0.75	2.00	0.028	0.0878	0.0280		
0.62	2.20	0.023	0.0798	0.0280		
0.52	2.40	0.020	0.0732	0.0280		
0.44	2.60	0.017	0.0676	0.0280		
0.38	2.80	0.014	0.0627	0.0280		
0.33	3.00	0.013	0.0585	0.0280		
0.19	4.00	0.007	0.0439	0.0280		
0.12	5.00	0.005	0.0351	0.0280		
0.08	6.00	0.003	0.0293	0.0280		
0.06	7.00	0.002	0.0251	0.0280		
0.05	8.00	0.002	0.0220	0.0280		
0.04	9.00	0.001	0.0195	0.0280		
0.03	10.00	0.001	0.0176	0.0280		

Copiar todos los valores de T(s) y Sa/g y pegar como valores sin fórmulas en un libro nuevo y guardarlo como texto delimitado por tabulaciones, así podrá importar el espectro de diseño en programas de cálculo como el Etabs, Sap2000 y entre otros.

**XIV. Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño (Sa/g) - Para la Dirección Vertical**

**SISTEMA ESTRUCTURAL - DIRECCIÓN Y - SISMO VERTICAL (2/3 DEL SISMO X)**

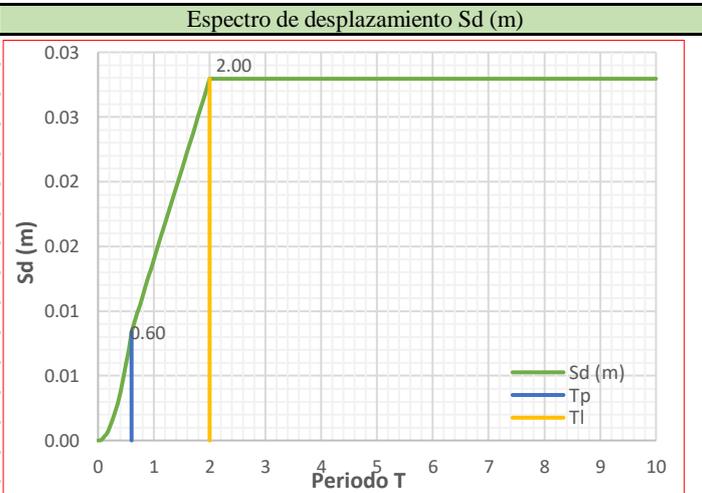
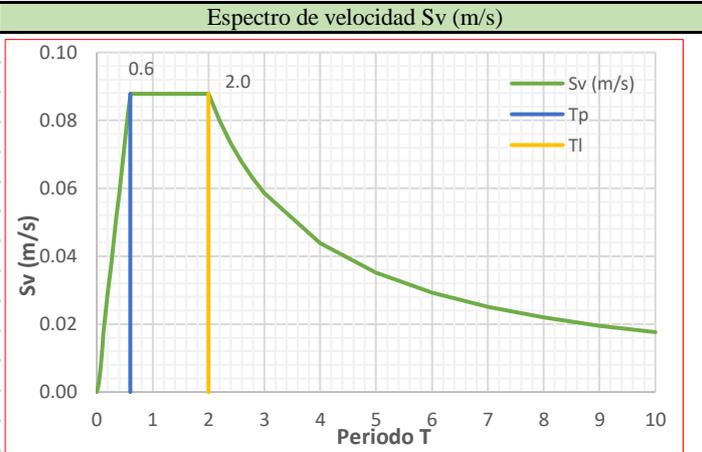
Z =	0.25
U =	1.5
S =	1.2
T <sub>p</sub> =	0.60
T <sub>L</sub> =	2.00
R <sub>x</sub> =	8

$$s_{ay} = \frac{ZUCS}{R_x} * g$$

0.2*T <sub>p</sub> =	0.12
g =	9.81 m/s <sup>2</sup>

$T < T_p \quad C = 2,5$   
 $T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$   
 $T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$   
 $T < 0.2T_p \quad C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p}\right)$

C	T (s)	Sa/g	Sv (m/s)	Sd (m)	
1.00	0.00	0.0375	0.0000	0.0000	<b>Espectro de sismo de diseño Sa/g</b> 
1.25	0.02	0.0469	0.0015	0.0000	
1.50	0.04	0.0563	0.0035	0.0000	
1.75	0.06	0.0656	0.0061	0.0001	
2.00	0.08	0.0750	0.0094	0.0001	
2.25	0.10	0.0844	0.0132	0.0002	
2.50	0.12	0.0938	0.0176	0.0003	
2.50	0.14	0.0938	0.0205	0.0005	
2.50	0.16	0.0938	0.0234	0.0006	
2.50	0.18	0.0938	0.0263	0.0008	
2.50	0.20	0.0938	0.0293	0.0009	
2.50	0.25	0.0938	0.0366	0.0015	
2.50	0.30	0.0938	0.0439	0.0021	
2.50	0.35	0.0938	0.0512	0.0029	
2.50	0.40	0.0938	0.0585	0.0037	
2.50	0.45	0.0938	0.0659	0.0047	
2.50	0.50	0.0938	0.0732	0.0058	
2.50	0.55	0.0938	0.0805	0.0070	
2.50	0.60	0.0938	0.0878	0.0084	
2.31	0.65	0.0865	0.0878	0.0091	
2.14	0.70	0.0804	0.0878	0.0098	
2.00	0.75	0.0750	0.0878	0.0105	
1.88	0.80	0.0703	0.0878	0.0112	
1.76	0.85	0.0662	0.0878	0.0119	
1.67	0.90	0.0625	0.0878	0.0126	
1.58	0.95	0.0592	0.0878	0.0133	
1.50	1.00	0.0563	0.0878	0.0140	
1.36	1.10	0.0511	0.0878	0.0154	
1.25	1.20	0.0469	0.0878	0.0168	
1.07	1.40	0.0402	0.0878	0.0196	
1.00	1.50	0.0375	0.0878	0.0210	
0.94	1.60	0.0352	0.0878	0.0224	
0.88	1.70	0.0331	0.0878	0.0238	
0.83	1.80	0.0313	0.0878	0.0252	
0.79	1.90	0.0296	0.0878	0.0266	
0.75	2.00	0.0281	0.0878	0.0280	
0.62	2.20	0.0232	0.0798	0.0280	
0.52	2.40	0.0195	0.0732	0.0280	
0.44	2.60	0.0166	0.0676	0.0280	
0.38	2.80	0.0143	0.0627	0.0280	
0.33	3.00	0.0125	0.0585	0.0280	
0.19	4.00	0.0070	0.0439	0.0280	
0.12	5.00	0.0045	0.0351	0.0280	
0.08	6.00	0.0031	0.0293	0.0280	
0.06	7.00	0.0023	0.0251	0.0280	
0.05	8.00	0.0018	0.0220	0.0280	
0.04	9.00	0.0014	0.0195	0.0280	
0.03	10.00	0.0011	0.0176	0.0280	



Copiar todos los valores de T(s) y Sa/g y pegar como valores sin fórmulas en un libro nuevo y guardarlo como texto delimitado por tabulaciones, así podrá importar el espectro de diseño en programas de cálculo como el Etabs, Sap2000 y entre otros.

**ANEXO 07**  
**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**



TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"

TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA

INFORME DE MECANICA DE SUELOS

EMS-TP-2023-011

FECHA: MAYO - 2023

# ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN



## TESIS:

"DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"

## TESISTA:

HERNANDO LINARES SILVA

## UBICACIÓN

DISTRITO:

JAEN

PROVINCIA:

JAEN

DEPARTAMENTO:

CAJAMARCA

*Jaén, Abril 2023*

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

## INDICE

### INFORME TECNICO

1.	GENERALIDADES.....	3
1.1.	OBJETIVO.....	3
1.2.	OBJETIVO.....	3
1.3.	NORMATIVA.....	4
1.4.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	4
	<i>Imagen N° 01: Imagen satelital.....</i>	5
1.5.	CONDICIÓN CLIMÁTICA.....	5
1.6.	COORDENADAS Y ALTITUD DE TRICHERA.....	6
	<i>Cuadro N° 01: Ubicación de los puntos de exploracion.....</i>	6
2.	GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA Y SISMICIDAD EN EL AREA DE ESTUDIO.....	6
2.1.	GEOLOGIA REGIONAL.....	6
2.2.	GEOFORMOLOGIA.....	7
2.3.	SISMICIDAD.....	8
	<i>Imagen N° 02: Mapa De Zonas Sísmicas Del Perú.....</i>	9
2.3.1.	CONDICIONES GEOTÉCNICAS.....	10
3.	INVESTIGACIONES DE CAMPO.....	13
3.1.	TRABAJOS DE CAMPO.....	13
3.1.1.	Muestreo.....	13
3.1.2.	Registro de Excavaciones.....	13
3.1.3.	Preservación y Transporte de Suelos.....	13
4.	TRABAJOS DE LABORATORIO.....	14
4.1.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	14
4.1.1.	ENSAYOS ESTÁNDAR.....	14
	<i>Cuadro N° 02: Resumen de los ensayos estándar de clasificación de suelos.....</i>	14
4.1.2.	ENSAYOS ESPECIALES.....	15
	<i>Cuadro N° 03: Resumen de los ensayos especiales.....</i>	15
5.	PERFILES ESTRATIGRAFICOS DEL SUELO.....	15
5.1.	PERFIL DE SUELO.....	15
5.2.	ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NAPA FREÁTICA.....	16
6.	ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....	16
6.1.	PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.....	16
6.2.	TEORÍA DE CAPACIDAD DE CARGA.....	16
6.3.	Capacidad Admisible de Carga.....	17
	<i>Cuadro N°04: Resumen De Capacidad Portante De Cimentación.....</i>	17
6.4.	Tipo De Cimentación.....	18
7.	HOJA DE RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.....	18
8.	PANEL FOTOGRAFICO.....	19
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	21

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

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

### **1. GENERALIDADES.**

#### **1.1. OBJETIVO.**

El presente informe corresponde al Estudio de Mecánica de Suelos del terreno explorado con fines de reconocimiento y descripción de sus propiedades físicas - mecánicas empleadas en la Tesis: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA". Dicho estudio se ha efectuado mediante una investigación que involucra trabajos de campo y recolección de la muestra la cual será ensayada en el laboratorio CEIMSUP – CENTRO DE INVESTIGACION DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS, para evaluar las características físicas, mecánicas del suelo y labores de gabinete en base a los cuales se define que el material sea apto para el proyecto estudiado, las conclusiones y recomendaciones generales para la prevención de agentes extraños a la muestra recolectada, cumpliendo detalladamente con la Norma E.050 (Suelos y Cimentaciones).

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

- Reconocimiento del terreno.
- Ubicación de trichera para el estudio de suelos del área en intervención.
- Registro de las excavaciones.
- Toma de Muestra de campo alteradas e inalteradas, preservación y transporte a Laboratorio.
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio. Para definir los parámetros físicos y mecánicos del subsuelo.
- Análisis de la Capacidad Portante del Suelo, con fines de Cimentación.
- Análisis de la Capacidad Soporte del Terreno de Fundación.
- Análisis de Sales Agresivas al Concreto.
- Conclusiones y Recomendaciones.

#### **1.2. OBJETIVO.**

Determinar las condiciones, características y propiedades físicas y mecánicas del suelo y proponer las alternativas más convenientes que garanticen el correcto funcionamiento de la Infraestructura, en base a los resultados de los Ensayos de laboratorio.

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

### 1.3. **NORMATIVA.**

La evaluación del terreno destinado para el proyecto: Está en concordancia con las siguientes Normas:

- Normativa Del Reglamento Nacional De Edificaciones RNE:
  - Norma E.050 "Suelos y Cimentaciones" (RM-406-2018-VIVIENDA).
  - Norma E.030 "Diseño Sismorresistente". (RM-355-2018-VIVIENDA).
- Normas Técnicas Peruanas (Normas ASTM):
  - NTP 339.134 (ASTM D 2487): Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS).
  - NTP 339.150 (ASTM D 2488): Descripción e identificación de suelos (Procedimiento visual – manual).
  - NTP 339.162 (ASTM D 420): Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción.
  - NTP 339.151 (ASTM D4220): Prácticas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos.
  - NTP 339.127 (ASTM D2216): Contenido de Humedad.
  - NTP 339.128 (ASTM D422): Análisis Granulométrico.
  - NTP 339.129 (ASTM D4318): Límite Líquido y Límite Plástico.
  - NTP 339.131 (ASTM D854): Peso Específico Relativo de Sólidos.
  - NTP 339.171 (ASTM D3080): Corte Directo.

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

El área del proyecto se encuentra en ubicado en la I.E. VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, Pabellón I, el sector Morro Solar de la ciudad de Jaén, provincia de Jaén, Región Cajamarca.

#### **A. Ubicación Geográfica.**

<b>UBICACIÓN GEOGRAFICA</b>		
REGIÓN	:	Cajamarca
PROVINCIA	:	Jaén
DISTRITO	:	Jaén
I.E.	:	VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE



TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"

TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA

INFORME DE MECANICA DE SUELOS

EMS-TP-2023-011

FECHA: MAYO - 2023

## B. Mapa de Ubicación.

Ubicación	ALTITUD (msnm)	NORTE	ESTE
Pabellón I – VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE	721.00	9367874.00	743318.00

Imagen N° 01: Imagen satelital



## 1.5. CONDICIÓN CLIMÁTICA.

En Jaén, los veranos son largos, muy caliente y nublados y los inviernos son cortos, cómodos, secos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 17 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 35 °C.

La temporada calurosa dura 5,8 meses, del 13 de septiembre al 5 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 31 °C. El mes más caluroso del año es el mes de enero, con una temperatura máxima promedio de 32 °C y una temperatura mínima promedio de 19 °C

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

## 1.6. COORDENADAS Y ALTITUD DE TRICHERA

*Cuadro N° 01: Ubicación de los puntos de exploración*

TRICHERA	DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE
C - 1	ESTRUCTURA	9367864.00	743274.00
C - 2	ESTRUCTURA	9367844.00	743290.00

## 2. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA Y SISMICIDAD EN EL AREA DE ESTUDIO.

### 2.1. GEOLOGIA REGIONAL

El área de estudio se encuentra en el sector Nuevo Horizonte, de la ciudad de Jaén, distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. La ciudad de Jaén se encuentra dentro de las siguientes coordenadas geográficas (Longitud Oeste: 78°30' y 79°00'; Latitud sur: 5°30' y 6°00') cubre una extensión aproximada de 3,052.55 km<sup>2</sup>. De acuerdo al mapa geológico de los cuadrángulos está en cuadrángulo 12 – f (Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional; N.º 62 del INGEMMET). Jaén se encuentra en el sector norte del Perú, comprendiendo parte del flanco este de la cordillera occidental y zonas septentrionales de la cordillera occidental.

El área en estudio se encuentra al este de la cordillera occidental y en las estribaciones septentrionales de la Cordillera Oriental, que se encuentra entre los ríos Maraón y Utcubamba. Su morfología se caracteriza por la presencia montañosa y cerros en el sector occidental y una depresión con lomadas cerros, valles y pampas aluviales, en el sector oriental del cuadrángulo, con la excepción de la esquina suboriental, que está atravesado por el río Maraón y sus afluentes el río Chamaya y el Utcubamba.

Las rocas que se encuentran en el cuadrángulo de Jaén son mayormente mesozoicas y cenozoicas, con un pequeño afloramiento de esquistos del Complejo del Maraón en la esquina SE. El Grupo Pucará, conformado por calizas del triásico-jurásico, se presenta en afloramientos pequeños. La mayor parte del sector occidental lo ocupan las rocas

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

piroclásticas, derrames lávicos intercalados con algunas sedimentitas de la Formación Oyotún del Jurásico. El Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo inferior sobreyace a las rocas volcánicas de la Formación Oyotún. La secuencia cretácica que sobreyace al Grupo Goyllarisquizga es mayormente calcarea-limoarcillítica, donde se identifican las Formaciones Chúlec y Pariatambo, los Grupos Pullucana y Quilquiñan, las Formaciones Cajamarca y Celendin. Sobre éstas se encuentran areniscas conglomerádicas, lodolitas y limolitas rojas de la Formación Chota. Las rocas Cenozoicas son, principalmente, sedimentitas clásticas continentales, agrupadas en las Formaciones Cajaruro, El Milagro, Bellavista y Tamborapa, con una cobertura discontinua de material aluvial coluvial. Las rocas intrusivas son tonalitas, granodioritas, granitos y monzonitas, que se han emplazado en rocas Jurásico-Cretáceas. La estructura general muestra un cambio de NO-SE a N-S a NNE-SSO, coincidente con el desvío de los ríos Marañón y Chamaya. Algunas zonas de alteración hidrotermal se han identificado en la Formación Oyotun

## 2.2. GEOFORMOLOGIA

Según el mapa geomorfológico, elaborado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, el área de estudio está conformada por las siguientes unidades geomorfológicas:

### A. MONTAÑAS DE CHUNCHUCA-COLA PON

Corresponde a las partes más altas y abruptas de las elevaciones comprendidas en este cuadrángulo. Se ubican en el sector occidental del mismo, con una clara orientación Norte-Sur.

El control litológico de esta unidad geomorfológica es claro, ya que se encuentra circunscrito, esencialmente, a los sectores donde afloran rocas intrusivas cretáceas y volcánicos jurásicos. Sus altitudes están entre 1,600 m. hasta aproximadamente los 3,150 m.s.n.m. (cerros Chunchuca, Guayaquil, Calabozo, etc.).

Se caracterizan por ser elevaciones de topografía muy abrupta con laderas de fuerte pendiente, empinadas e irregulares. Los puntos más elevados constituyen divisorias locales de quebradas y ríos que discurren por valles en "V" de corto recorrido, tal como las quebradas Miraflores, Cascarilla, De Valencia, etc.

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

Tiene una red de drenaje subparalela a dendrítica y radial alargada; presenta abundante cobertura vegetal arbórea.

## **B. CERROS Y COLINAS DEL FLANCO CORDILLERANO**

Esta unidad, se desarrolla hacia la zona occidental de la hoja de Jaén, como una franja paralela a las montañas más elevadas. Presenta, en general, una topografía abrupta a semiabrupta, de laderas con fuertes pendientes hacia el Este y hacia los ríos Chamaya y Huayllabamba. Sus flancos más orientales (localidades de Mesones Muro, Jaén, Pueblo Nuevo), tienen relieves moderados, y corresponden a macizos cuyas crestas siguen direcciones cambiantes con tendencia hacia el Este. Su drenaje, es subparalelo a paralelo con nacientes dendríticas. Sus altitudes varían entre 1,000 y 2,000 m.s.n.m. Litológicamente, esta unidad comprende rocas volcánicas, intrusivas y sedimentarias, mayormente de la Formación Oyotún, y de la secuencia cretácica, que están sometidas a una erosión cada vez más intensa debido al proceso acelerado de deforestación. Hacia el Oriente esta unidad da lugar a las unidades de pampas y lomadas, claramente diferenciables por su relieve más bajo.

## **C. VALLE**

Las geoformas tipo valle corresponden al río Marañón y sus afluentes principales, los ríos Chamaya y Utcubamba, así como sus ríos y quebradas tributarios. Los valles que se observan en el área de estudio en parte siguen la estructura geológica regional y en otros casos cortan transversalmente dicha estructura.

### **2.3. SISMICIDAD**

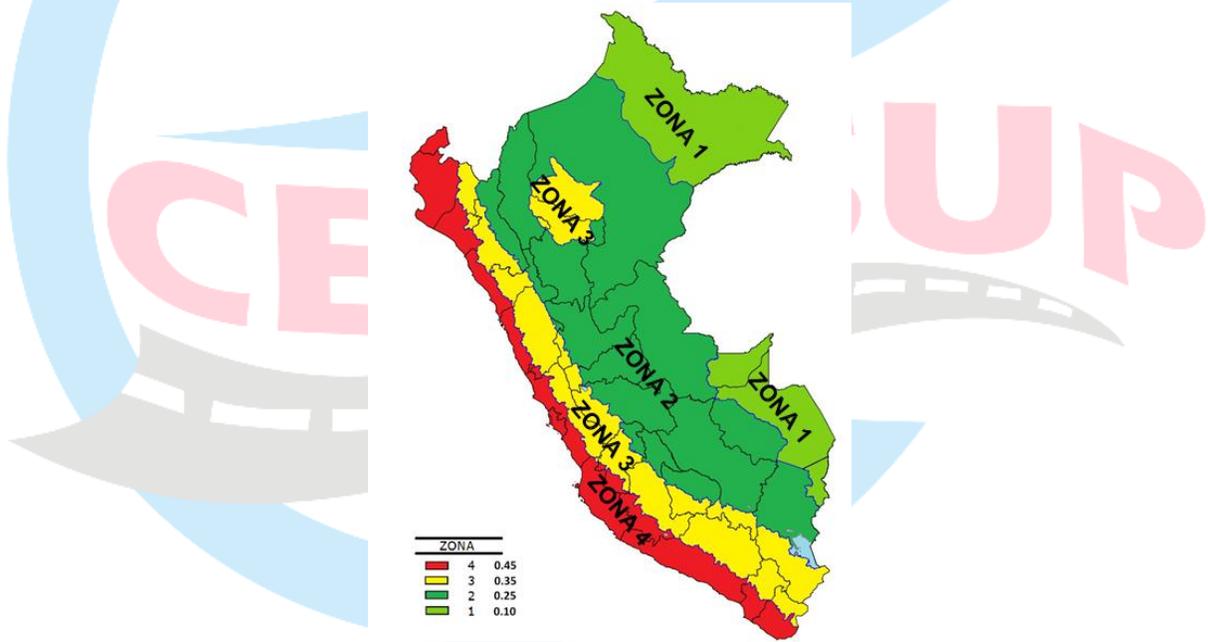
El Perú por estar dentro de una zona de más alta actividad sísmica, forma parte del Cinturón Circumpacífico que es una de las zonas sísmicas más activas del mundo. Razón por la cual debe tenerse presente la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades altas. Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas, las cuales presentan

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos. De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030) modificada mediante Decreto Supremo (RM-355-2018-VIVIENDA); del 23 de Octubre del 2018 y del Mapa de Distribución de Máximas intensidades Sísmicas observadas en el Perú, el cual se basa en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismo recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de Sismicidad (**Zona 2**), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de mediana Intensidad.

De acuerdo a la Norma Técnica E-030 Diseño Sismo Resistente y E-050 Suelos y Cimentación del Reglamento Nacional de Edificaciones. El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas ver (**Imagen N°02**).

*Imagen N° 02: Mapa De Zonas Sísmicas Del Perú.*



De acuerdo a la norma E. 0.30, modificada con (RM-355-2018-VIVIENDA), el factor Z para una Zona 2 según se indica que se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

<b>Tabla N° 01</b>	
<b>Factores De La Zona</b>	
<b>ZONA</b>	<b>Z</b>
4	0,45
3	0,35
<b>2</b>	<b>0,25</b>
1	0.10

- Para el presente proyecto se considerará una zona sísmica ( $Z_2 = 0.25$ ), Según el Reglamento Nacional de Edificaciones la ciudad de Jaén se encuentra Ubicado en la Zona Sísmica 2.

### **2.3.1. CONDICIONES GEOTÉCNICAS**

#### **2.3.1.1. Perfiles de Suelo**

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los N60 obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ) para suelos Cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación. Para los suelos predominantemente granulares, se calcula N60 considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ) se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de N60 para los estratos con suelos granulares y de ( $S_u$ ) para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

#### **Perfil Tipo S0: Roca Dura**

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte ( $V_s$ ) mayor que 1500 m/s.

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar e Valor de (Vs).

### **Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos**

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte (Vs), entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada ( $q_u$ ) mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con N60 mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ) mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

### **Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios**

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte (Vs), entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N60, entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada ( $S_u$ ), entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

### **Perfil Tipo S3: Suelos Blandos**

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte (Vs), menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N60 menor que 15.

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ), entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad IP mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ) menor que 25 kPa.

### Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio.

#### Resume los valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

Clasificación De Los Perfiles De Suelo			
Perfi	$V_s$	$N_{60}$	$s_u$
S0	> 1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500	> 50	> 100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

#### 2.4.1.2. Parámetros de Sitio (S, TP y TL)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos TP y TL dados en las Tablas

Tabla N° 03				
Factor De Suelo "S"				
SUELO ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
<b>Z2</b>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

<b>Tabla N° 4</b> <b>Períodos "TP" Y "TL"</b>				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
<i>TP</i> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
<i>TL</i> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

TP=Período que define la plataforma del factor C.

TL=Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

### 3. INVESTIGACIONES DE CAMPO.

#### 3.1. TRABAJOS DE CAMPO.

Con la finalidad de determinar las características de suelo en el área de intervención se han realizado una trichera.

##### 3.1.1. Muestreo.

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados (Mab), en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de descripción e identificación de suelos, siguiendo los procedimientos de la Norma A.S.T.M. D 2488.

##### 3.1.2. Registro de Excavaciones.

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada estrato de la calicata, anotándose las principales características de los tipos de suelos y estratos encontrados, tales como espesor, color, olor, condición de humedad, angulosidad, forma, consistencia o compacidad, cementación, estructura, tamaño máximo de partículas, etc.; de acuerdo a la Norma A.S.T.M. D 2488.

##### 3.1.3. Preservación y Transporte de Suelos.

Por último, se realizaron las prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos, con destino hacia el Centro De Investigación De Mecánica De Suelos Y

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

Pavimentos CEIMSUP, para los posteriores ensayos, teniendo en cuenta la Norma A.S.T.M. D 4220.

#### 4. TRABAJOS DE LABORATORIO.

Las muestras obtenidas del subsuelo los trabajos en laboratorio incluyeron las siguientes actividades:

- Métodos para la reducción de muestras de campo a tamaño de muestras de ensayo, de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 702.
- Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo), siguiendo los lineamientos de la Norma A.S.T.M. C 702.

#### 4.1. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Los ensayos estándar de laboratorio, se realizaron en el Centro De Investigación De Mecánica De Suelos Y Pavimentos, de la empresa CEIMSUP y el análisis químico de sales agresivas, bajo las Normas A.S.T.M. (American Society For Testing and Materials).

##### 4.1.1. ENSAYOS ESTÁNDAR.

Para la identificación del tipo de suelo de Se realizaron los siguientes ensayos, según la norma

- ✓ Ensayos De Análisis Granulométrico. ASTM – D6913
- ✓ Ensayos De Límite Líquido, Plástico E Índice De Plasticidad De Suelos. ASTM – D4318
- ✓ Ensayos De Contenido De Humedad. ASTM – D2216
- ✓ Ensayos De Densidad Natural. ASTM - D2937
- Las muestras han sido clasificadas utilizando el sistema de clasificación de suelos (SUCS).
- 

**Cuadro N° 02: Resumen de los ensayos estándar de clasificación de suelos**

CALICATA	PROF. (m):	GRANULOMETRIA (%)			LIMITES DE ATEMBERG			C.H. (%)	D.N (gr/cm <sup>3</sup> )	CLASIFICACIÓN
		GRAVA	ARENA	FINOS	L.L	L.P	IP			
C - 1, M -1	0.70 - 3.00	19.1	29.4	51.4	38%	27%	11%	13.3	1.75	ML
C - 2, M -1	0.40 - 3.00	12.9	24.6	62.5	35%	27%	8%	10.1	1.75	ML

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

Dónde:

L.L.: Límite líquido

L.P.: Límite plástico

C.H.: Contenido de humedad

D.N.: Densidad Natural

#### 4.1.2. ENSAYOS ESPECIALES.

Fueron realizados los siguientes ensayos especiales

- Con la Muestra extraída se realizó el Ensayo de Corte Directo en Suelos, (A.S.T.M. D 3080).

**Cuadro N° 03: Resumen de los ensayos especiales**

CALICATA	MUESTRA	CORTE DIRECTO		CLASIFICACIÓN
		C (kg/cm <sup>2</sup> )	Ø (°)	
C - 1	M - 1	0.06	32.21	ML
C - 2	M - 1	0.05	31.76	ML

## 5. PERFILES ESTRATIGRAFICOS DEL SUELO

### 5.1. PERFIL DE SUELO

Sobre la base de los registros de calicatas y ensayos de laboratorio, se ha elaborado el perfil estratigráfico del suelo para el área destinada a cimentar.

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

#### **CALICATA C - 1**

**De 0.00 m. a 0.70 m.,** Capa de suelo orgánico y relleno no controlado con presencia de raíces y basuras.

**De 0.70 m. a 3.00 m.,** limo arenoso de baja plasticidad con grava, color pardo amarillento mezcla de material fino (51.4%), arena de gruesa a fina (29.4%) y grava TM 1 1/2" (19.1%), el estrato se encuentra semi consolidado, medio húmedo y presenta bajo contenido de sales sulfatadas.

#### **CALICATA C - 2**

**De 0.00 m. a 0.40 m.,** Capa de suelo orgánico y relleno no controlado con presencia de raíces y basuras.

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

De 0.40 m. a 3.00 m., limo arenoso de baja plasticidad con grava, color pardo amarillento mezcla de material fino (62.5%), arena de gruesa a fina (24.6%) y grava TM 1 1/2" (12.9%), el estrato se encuentra semi consolidado, medio húmedo y presenta bajo contenido de sales sulfatadas.

## 5.2. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NAPA FREÁTICA.

En las excavaciones estudiadas a cielo abierto No se encontró napa freática hasta la profundidad Analizada.

## 6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

Se presenta a continuación el análisis de la cimentación, que incluye recomendaciones para su diseño. Realizada en base a las características del terreno, tipo de edificación a construir, haciéndose un análisis del tipo de Cimentación de las estructuras proyectada.

### 6.1. PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACIÓN.

Según la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones (Cap.4 Cimentaciones Superficiales) la profundidad de cimentación mínima será de 0.80 m. para Zapatas y Cimientos Corridos; En base al estudio del perfil estratigráfico, características físico-mecánicas del subsuelo y las solicitaciones de carga, se recomienda cimentar a una profundidad no menor de 1.00 m. por debajo del nivel del punto más bajo del terreno actual. El bulbo de presiones de la cimentación tiene profundidad adicional de influencia de 1.5 a 2 veces el ancho de la cimentación, desde el fondo de cimentación.

Asimismo, la presión admisible del terreno aumenta a mayor profundidad de desplante; también, los costos de construcción, por lo tanto, es necesario adoptar una profundidad de desplante que satisfaga los requerimientos de economía y resistencia aceptables. En este caso además del factor resistencia se requiere una profundidad de desplante que garantice seguridad contra los cambios de humedad del terreno, heladas, etc.

### 6.2. TEORÍA DE CAPACIDAD DE CARGA.

El profesor TERZAGHI (1943) fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. De acuerdo con esta, una cimentación es superficial si la profundidad  $D_f$  de la cimentación es menor o igual que el ancho de la misma. Sin embargo, investigadores posteriores sugieren que cimentaciones con  $D_f$  igual a 3 o 4 veces el ancho de la cimentación pueden ser definidas como cimentaciones superficiales.



TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA" TESISISTA: HERNANDO LINARES SILVA	
INFORME DE MECANICA DE SUELOS	EMS-TP-2023-011 FECHA: MAYO - 2023

Para efectos del proyecto se considerará falla general por corte.

$Q_{ult} = CN_c S_c + \gamma D_f N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$	⇒	CIMENTACION CORRIDA
$Q_{ult} = 1.3CN_c S_c + \gamma D_f N_q S_q + 0.4\gamma B N_\gamma S_\gamma$	⇒	CIMENTACION CUADRADA
$Q_{ult} = CN_c S_c + \gamma D_f N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$	⇒	CIMENTACION CIRCULAR

• **Ecuación General De Capacidad De Carga.**

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

Dónde:

$c$  = Cohesión.

$\gamma$  = Peso específico del suelo.

$q$  = Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.

$B$  = Ancho de la cimentación (o igual al diámetro de la cimentación)

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  = Factores de forma.

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$  = Factores de profundidad.

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  = Factores de inclinación de la carga.

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de inclinación de la carga.

**6.3. Capacidad Admisible de Carga.**

Se ha revisado e interpretado la información obtenida en campo y de laboratorio, con el fin de establecer las propiedades mecánicas de los diferentes tipos de suelos presentes en el terreno en estudio. Con el propósito de conocer el comportamiento real de los suelos identificados se determinó el Angulo de fricción interna  $\emptyset$  (°), considerando los parámetros se presenta en los cuadros resúmenes de ensayos estándar.

**Cuadro N°04: Resumen De Capacidad Portante De Cimentación.**

CIMENTACIÓN CORRIDA											
PARAMETROS							DIMENSIONES			RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	
CALICATA	TIPO DE SUELOS	C.H. (%)	Es (Kg/cm <sup>2</sup> )	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	FS	$\emptyset$ (°)	L (m)	B (m)	DF (m)	Qu	Qadm
C - 1	ML	13.3	146	0.06	3	32.21	-	1.50	1.50	2.91	0.97
C - 2	ML	10.1	140	0.05	3	31.76	-	1.50	1.50	2.79	0.93

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

#### 6.4. Tipo De Cimentación.

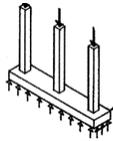
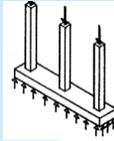
- De acuerdo a los resultados hallados con los parámetros de suelos, recomienda para la edificación el empleo de cimentación Corridas.

### 7. HOJA DE RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

**TESIS:** "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"

**UBICACIÓN:** PABELLON A I.E. VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE

**FECHA:** Mayo – 2023

HOJA RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION			
DESCRIPCIÓN	C - 1	C - 2	
<b>Profesional Responsable (PR):</b>	ING. REYNER IVAN SANTIAGO MENDOZA		
<b>TIPO DE CIMENTACION</b>	C. Corrida	C. Corrida	
<b>ESQUEMA</b>			
<b>ESTRATO DE APOYO</b>	ML	ML	
<b>PROF. DE NAPA FREATICA</b>	N.P.	N.P.	
<b>PARAMETROS DE DISEÑO</b>			
Prof. Cim. Df(m)	1.50	1.50	
Presión Admisible	0.97	0.93	
F.S.	3	3	
Asentamiento Diferencial max. Aceptable	0.43 < 2.54 cm	0.45 < 2.54 cm	
<b>PARAMETROS SISMICOS</b>			
Zona Sísmica	2	2	
Perfil de Suelo	S2	S2	
Factor de Suelo (S)	1.20	1.20	
Periodo TP (s)	0.60	0.60	
Periodo TL (s)	2.00	2.00	
<b>AGRESIVIDAD DEL SUELO A LA CIMENTACION</b>	Insignificante (Cemento Portland Tipo I)	Insignificante (Cemento Portland Tipo I)	
<b>PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACION</b>	No Licuable	No Licuable	
	No colapsable	No colapsable	
	Expansión menor a la capacidad de soporte	Expansión menor a la capacidad de soporte	
<b>INDICACIONES ADICIONALES</b>	No deberá de cimentarse sobre suelo orgánico, relleno No tratado. Estos materiales deben ser removidos en su totalidad y reemplazados por relleno controlado		

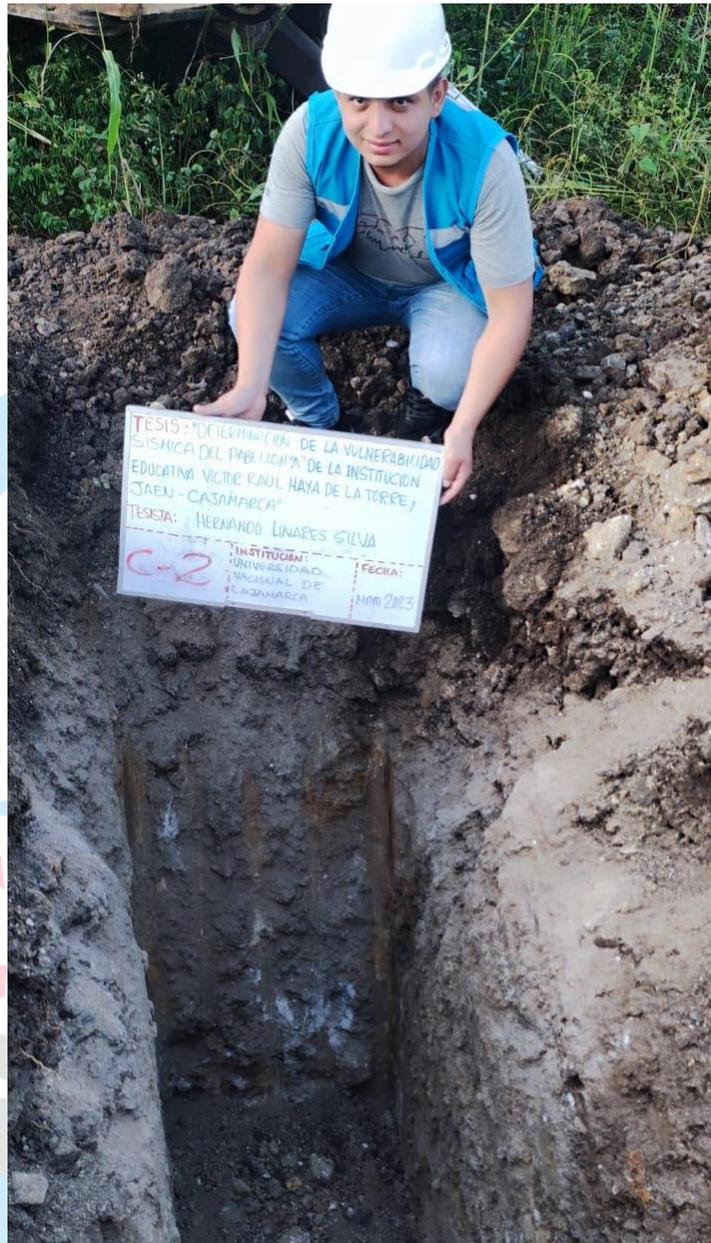
	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

## 8. PANEL FOTOGRAFICO



**FOTOGRAFIA 01:** Muestra la excavación de la calicata C-01 y posterior muestreo correspondiente.

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>



**FOTOGRAFIA 02:** Muestra la excavación de la calicata C-02 y posterior muestreo correspondiente.

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los resultados de la investigación de campo, los ensayos realizados de laboratorio, la interpretación de los resultados se realizó el informe de mecánica de suelos del proyecto: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA". establecemos las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- De acuerdo a la Norma Técnica E-030 Diseño Sismo Resistente y E-050 Suelos y Cimentación del Reglamento Nacional de Edificaciones. El área en estudio se encuentra dentro de la zona de Sismicidad (**Zona 2**), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de mediana Intensidad.
- Con la finalidad de determinar las características de suelo en el área de intervención se han realizado calicatas. Llegando a posteriormente a realizarse los ensayos en el laboratorio de suelos y pavimentos (CEIMSUP), verificándose de esta manera que el suelo está conformado básicamente Limo Arenoso (ML) y Arena Limosa (SM).
- No se encontró el nivel de filtración en la calicata estudiada.

### RESUMEN DE LOS ENSAYOS ESTÁNDAR – CLASIFICACIÓN SUCS

CALICATA	PROF. (m):	GRANULOMETRIA (%)			LIMITES DE ATEMBERG			C.H. (%)	D.N (gr/cm <sup>3</sup> )	CLASIFICACIÓN
		GRAVA	ARENA	FINOS	L.L	L.P	IP			
C - 1, M -1	0.70 - 3.00	19.1	29.4	51.4	38%	27%	11%	13.3	1.75	ML
C - 2, M -1	0.40 - 3.00	12.9	24.6	62.5	35%	27%	8%	10.1	1.75	ML

Dónde:

L.L.: Límite líquido

L.P.: Límite plástico

C.H.: Contenido de humedad

D.N.: Densidad Natural

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

### RESUMEN DE LOS ENSAYOS ESPECIALES

CALICATA	MUESTRA	CORTE DIRECTO		CLASIFICACIÓN
		C (kg/cm <sup>2</sup> )	Ø (°)	
C - 1	M - 1	0.06	32.21	ML
C - 2	M - 1	0.05	31.76	ML

### CAPACIDAD PORTANTE, TIPO DE CIMENTACIÓN Y ASENTAMIENTO

CIMENTACIÓN CORRIDA											
PARAMETROS							DIMENSIONES			RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	
CALICATA	TIPO DE SUELOS	C.H. (%)	Es (Kg/cm <sup>2</sup> )	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	FS	Ø (°)	L (m)	B (m)	DF (m)	Qu	Qadm
C - 1	ML	13.3	146	0.06	3	32.21	-	1.50	1.50	2.91	0.97
C - 2	ML	10.1	140	0.05	3	31.76	-	1.50	1.50	2.79	0.93

- De acuerdo a los resultados hallados con los parámetros de suelos, recomienda para la edificación el empleo de cimentación Corridas.
- El asentamiento máximo en esta zona será **(0.45 cm)** inferior a lo permisible (2.54 cm), por lo que no se presentarán problemas por asentamiento.
- La cimentación será sobre los sobre el estrato de Limo gravoso Medianamente Compresible ML, de consistencia baja, semi húmeda; a una profundidad de desplante no menor de 1.00m por debajo del nivel más bajo de terreno natural, y el bulbo de presiones de la cimentación tiene una profundidad de influencia de 1.5 a 2 veces el ancho del cimient, desde el fondo de cimentación.
- Se recomienda eliminar el espesor de material orgánico y de material inadecuado en su totalidad, en un espesor mínimo de 0.40 m.
- Para determinar los parámetros sísmicos se ha tomado en cuenta el RNE – Norma Sismo Resistente E-030, en función al tipo de suelo(S) y el factor TP (Periodo que define la

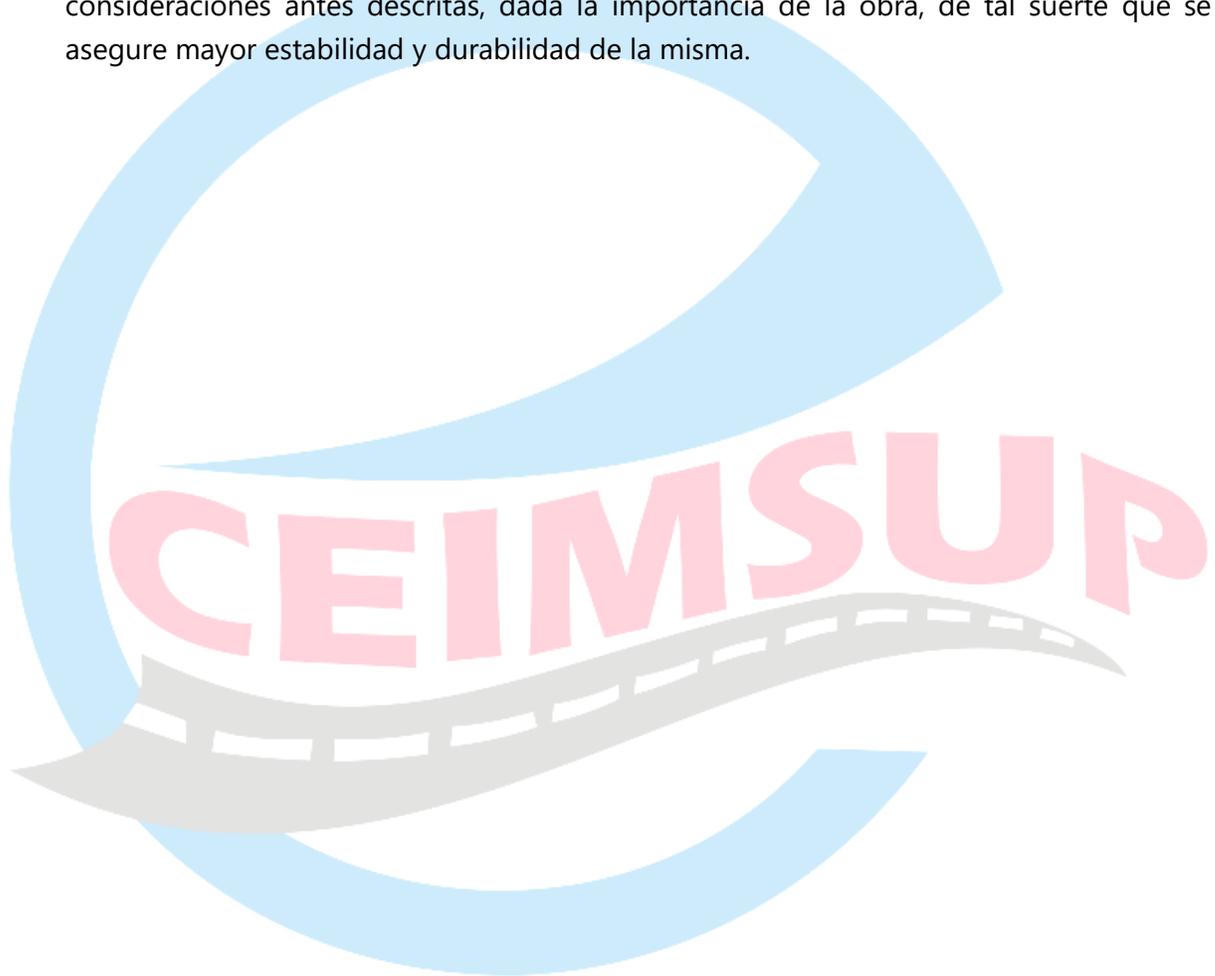
	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

plataforma del espectro para cada tipo de suelo) y los parámetros de sitio. Estos están detallados en el Capítulo 07 (HOJA RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN).

- Según la topografía del terreno, las características físicas y mecánicas del suelo sobre el cual se encuentra la estructura se recomienda la construcción de muros de sostenimiento para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura.
- Se recomienda construir un sistema adecuado de drenaje, alrededor de toda la estructura a Cimentar. Con el objeto de impedir la infiltración de aguas pluviales en el terreno de fundación, lo que ocasionaría el incremento en el contenido de humedad del subsuelo y la saturación del mismo.
- Adicionalmente a la propuesta de Cimentación Recomendadas, se brinda otras alternativas de Solución, en caso el tipo o profundidad de Cimentación Recomendada Inicialmente Resulte Insuficiente o No Cumpla con lo requerido para el proyecto, El especialista Tiene la opción de poder cambiar los factores como: Profundidad de Desplante (Df). Base (B), Longitud(L), Capacidad Admisible (Qadm) o Tipo de Cimentación, entre otros.
- En los puntos de exploración analizados no encontró evidencias de suelos expansivos, Debido a que presentan Índice de Plasticidad Bajo, por lo que se tiene potencial de hinchamiento Bajo.
- Para que ocurra licuación, la resistencia del suelo debe ser nula o muy pequeña. Como la resistencia de los suelos friccionantes depende del esfuerzo efectivo, éste debe ser disminuido por el incremento del exceso de presión de poros, debido a la ocurrencia de un sismo. Para efectos del proyecto la capacidad admisible es de (0.75 Kg/cm<sup>2</sup>). Por lo que No hay problemas de Licuación.
- En el presente estudio se ha considerado que se modifica la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente, del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobada por Decreto Supremo N° 355-2018-VIVIENDA y los valores a utilizar están estipulados en el Item: 09, resumen de las condiciones de cimentación.
- Se recomienda considerar que el factor de reducción por ductilidad y amortiguamiento depende de las características del diseño de la Infraestructura a proyectar, según los materiales a usar y el sistema de estructuración para resistir la fuerza sísmica.

	<b>TESIS: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA"</b>	
	<b>TESISTA: HERNANDO LINARES SILVA</b>	
	<b>INFORME DE MECANICA DE SUELOS</b>	<b>EMS-TP-2023-011</b> <b>FECHA: MAYO - 2023</b>

- Los resultados, conclusiones y recomendaciones, del EMS, son válidos solamente para el área y tipo de obra determinada en el presente informe de Estudio De Mecánica De Suelos y solamente se aplican al proyecto en mención.
- Finalmente, podemos concluir que para la realización la tesis: "DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN "A" DE LA INSTITUCION EDUCATIVA VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE, JAEN - CAJAMARCA". se deberá tener en cuenta las consideraciones antes descritas, dada la importancia de la obra, de tal suerte que se asegure mayor estabilidad y durabilidad de la misma.



**ANEXO 08**  
**ENSAYO DE ESCLEROMETRIA**



Registro N°:	EMS-TP-2023-011
Fecha:	MAYO - 2023

**METODO DE ENSAYO CON ESCLEROMETRO EN HORMIGON ENDURECIDO**

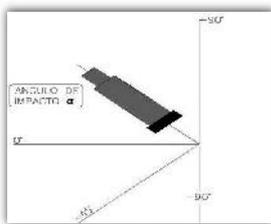
(ENSAYO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO) A.S.T.M. C 805

KILOMETRAJE	LADO	ESTRUCTURA	ELEMENTO	NUMERO DE DISPARO (VALOR DE REBOTE R)										PROMEDIO	RESISTENCIA A COMPRESION		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		(Diseño) Kg/cm <sup>2</sup>	(Esclerometro) Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Fc
-	DERECHA	COLUMNA	1.00	34.00	33.00	32.00	31.00	30.00	30.00	31.00	30.00	31.00	32.00	31	210.00	220.00	105

OBSERVACIONES:	ANGULO DE IMPACTO	0°	n (Numero de Muestras)	10.00
	MARCA DEL EQUIPO	ESCLEROMETRO KAIZACORP	Xp (Promedio)	238 kg/cm2
	NUMERO DE CALIBRACION	N° 07-LD-2023	Resistencia de Diseño (Fc)	210 kg/cm2
	FECHA DE CALIBRACION	10/02/2023	Valor Maximo	34.00
			Valor Minimo	30.00
		Desviacion Estandar	16.40	
		Varianza	1.64	
		Coefficiente de Variacion	-	

**CUADRO DEL ANGULO DE IMPACTO VS EL NUMERO DE REBOTES Y LA RESISTENCIA EN Kg/cm2**

R	α -90°	α -45°	0°	α +45°	α +90°													
20	125	115																
21	135	125																
22	145	135	110															
23	160	145	120															
24	170	160	130															
25	180	170	140	100														
26	198	185	158	115														
27	210	200	165	130	105													
28	220	210	180	140	120													
29	238	220	190	150	138													
30	250	238	210	170	145													
31	260	250	220	180	160													
32	280	265	238	190	170													
33	290	280	250	210	190													
34	310	290	260	220	200													
35	320	310	280	238	218													
36	340	320	290	250	230													
37	350	340	310	265	245													
38	370	350	320	280	260													
39	380	370	340	300	280													
40	400	380	350	310	295													
41	410	400	370	330	310													
42	425	415	380	345	325													
43	440	430	400	360	340													
44	460	450	420	380	360													
45	470	460	430	395	375													
46	490	480	450	410	390													
47	500	495	465	430	410													
48	520	510	480	445	430													
49	540	525	500	460	445													
50	550	540	515	480	460													
51	570	560	530	500	480													
52	580	570	550	515	500													
53	600	590	565	530	520													
54	Más de 600	Más de 600	580	550	530													
55	Más de 600	Más de 600	600	570	550													



OBSERVACIONES:



**METODO DE ENSAYO CON ESCLEROMETRO EN HORMIGON ENDURECIDO**

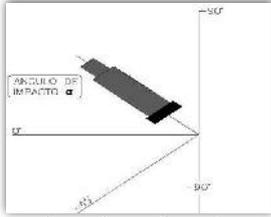
(ENSAYO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO) A.S.T.M. C 805

KILOMETRAJE	LADO	ESTRUCTURA	ELEMENTO	NUMERO DE DISPARO (VALOR DE REBOTE R)										PROMEDIO	RESISTENCIA A COMPRESION		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		(Diseño) Kg/cm <sup>2</sup>	(Esclerometro) Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Fc
-	IZQUIERDA	COLUMNA	1.00	32.00	34.00	34.00	31.00	32.00	33.00	31.00	30.00	31.00	30.00	32	210.00	238.00	113

OBSERVACIONES:	ANGULO DE IMPACTO	0°	n (Numero de Muestras)	10.00
	MARCA DEL EQUIPO	ESCLEROMETRO KAIZACORP	Xp (Promedio)	238 kg/cm <sup>2</sup>
	NUMERO DE CALIBRACION	N° 07-LD-2023	Resistencia de Diseño (Fc)	210 kg/cm <sup>2</sup>
	FECHA DE CALIBRACION	10/02/2023	Valor Maximo	34.00
			Valor Minimo	30.00
			Desviacion Estandar	19.60
		Varianza	1.96	
		Coefficiente de Variacion	-	

**CUADRO DEL ANGULO DE IMPACTO VS EL NUMERO DE REBOTES Y LA RESISTENCIA EN Kg/cm<sup>2</sup>**

R	α -90°	α -45°	0°	α +45°	α +90°													
20	125	115																
21	135	125																
22	145	135	110															
23	160	145	120															
24	170	160	130															
25	180	170	140	100														
26	198	185	158	115														
27	210	200	165	130	105													
28	220	210	180	140	120													
29	238	220	190	150	138													
30	250	238	210	170	145													
31	260	250	220	180	160													
32	280	265	238	190	170													
33	290	280	250	210	190													
34	310	290	260	220	200													
35	320	310	280	238	218													
36	340	320	290	250	230													
37	350	340	310	265	245													
38	370	350	320	280	260													
39	380	370	340	300	280													
40	400	380	350	310	295													
41	410	400	370	330	310													
42	425	415	380	345	325													
43	440	430	400	360	340													
44	460	450	420	380	360													
45	470	460	430	395	375													
46	490	480	450	410	390													
47	500	495	465	430	410													
48	520	510	480	445	430													
49	540	525	500	460	445													
50	550	540	515	480	460													
51	570	560	530	500	480													
52	580	570	550	515	500													
53	600	590	565	530	520													
54	Más de 600	Más de 600	580	550	530													
55	Más de 600	Más de 600	600	570	550													



OBSERVACIONES:	
----------------	--



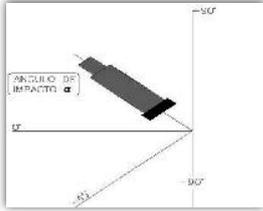
Registro N°:	EMS-TP-2023-011
Fecha:	MAYO - 2023

**METODO DE ENSAYO CON ESCLEROMETRO EN HORMIGON ENDURECIDO**  
 (ENSAYO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO) A.S.T.M. C 805

KILOMETRAJE	LADO	ESTRUCTURA	ELEMENTO	NUMERO DE DISPARO (VALOR DE REBOTE R)										PROMEDIO	RESISTENCIA A COMPRESION		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		(Diseño) Kg/cm <sup>2</sup>	(Esclerometro) Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Fc
-	-	VIGA	1.00	32.00	34.00	34.00	32.00	32.00	35.00	31.00	30.00	31.00	31.00	32	210.00	238.00	113

<b>OBSERVACIONES:</b>	ANGULO DE IMPACTO	0°	MARCA DEL EQUIPO	ESCLEROMETRO KAIZACORP	NUMERO DE CALIBRACION	N° 07-LD-2023	FECHA DE CALIBRACION	10/02/2023	<b>n (Numero de Muestras)</b>	10.00
									<b>Xp (Promedio)</b>	238 kg/cm <sup>2</sup>
									<b>Resistencia de Diseño (Fc)</b>	210 kg/cm <sup>2</sup>
									<b>Valor Maximo</b>	35.00
									<b>Valor Minimo</b>	30.00
									<b>Desviacion Estandar</b>	23.60
									<b>Varianza</b>	2.36
									<b>Coefficiente de Variacion</b>	-

CUADRO DEL ANGULO DE IMPACTO VS EL NUMERO DE REBOTES Y LA RESISTENCIA EN Kg/cm <sup>2</sup>										
R	α -90°	α -45°	0°	α +45°	α +90°					
20	125	115								
21	135	125								
22	145	135	110							
23	160	145	120							
24	170	160	130							
25	180	170	140	100						
26	198	185	158	115						
27	210	200	165	130	105					
28	220	210	180	140	120					
29	238	220	190	150	138					
30	250	238	210	170	145					
31	260	250	220	180	160					
32	280	265	238	190	170					
33	290	280	250	210	190					
34	310	290	260	220	200					
35	320	310	280	238	218					
36	340	320	290	250	230					
37	350	340	310	265	245					
38	370	350	320	280	260					
39	380	370	340	300	280					
40	400	380	350	310	295					
41	410	400	370	330	310					
42	425	415	380	345	325					
43	440	430	400	360	340					
44	460	450	420	380	360					
45	470	460	430	395	375					
46	490	480	450	410	390					
47	500	495	465	430	410					
48	520	510	480	445	430					
49	540	525	500	460	445					
50	550	540	515	480	460					
51	570	560	530	500	480					
52	580	570	550	515	500					
53	600	590	565	530	520					
54	Más de 600	Más de 600	580	550	530					
55	Más de 600	Más de 600	600	570	550					



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

**ANEXO 09**  
**CERTIFICADOS DEL LABORATORIO**



PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

# Registro de la Propiedad Industrial

## Dirección de Signos Distintivos

### CERTIFICADO N° 00128427

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 005424-2021/DSD - INDECOPI de fecha 23 de febrero de 2021, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación CEIMSUP y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Distingue : Servicios de estudios geotécnicos, geológicos, geofísicos, de mecánica de suelos, de tecnología del concreto y asfalto, hidrológicos, hidráulicos, de impacto ambiental y control de calidad en obras de ingeniería

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0877194-2020

Titular : GRUPO EDICAM S.A.C.

País : Perú

Vigencia : 23 de febrero de 2031

Tomo : 0643

Folio : 041

Director  
Dirección de Signos Distintivos  
INDECOPI



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

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

Id Documento: **b20w2a0ha5**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 007 -LD-2023

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2023-02-10

EXPEDIENTE : 2006

**1. SOLICITANTE : GRUPO EDICAM S.A.C.**

**DIRECCION : CAL.CAPITAN QUIÑONES NRO. 100 URB.**

CERCADO JAEN CAJAMARCA - JAEN - JAEN

**2. EQUIPO : ESCLEROMETRO**

MARCA : KAIZACORP

MODELO : ZC3-A

SERIE : 424

PROCEDENCIA : CHINA

ALCANCE DE  
INDICACIÓN : 10 a 100 N/mm<sup>2</sup>

UNIDADES : N/mm<sup>2</sup>

DIVISIÓN : 1

**3. LUGAR DE CALIBRACION**

Laboratorio de Calibracion CALIBRACIONES PERÚ S.A.C

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibracion se realizo por comparacion diecta tomando como referencia  
el procedimiento descrito en la norma ASTM C-805

**TRAZABILIDAD**

Se utilizaron patrones con trazabilidad al SI, ensayados en el laboratorio de  
la Pontificia Universidad Catolica con un informe MAT-AGO-0907-2018

**RESULTADO DE MEDICION**

T.Promedio: 20.1°C

Humedad Relativa 68 HR%

Tolerancia según ASTM C-805	Lectura promedio del Equipo	Error	Incertidumbre de Medicion
80 ± 2	79.6	-0.4	0.4

  
Servicio Metrológico  
Roberto Quinto.



La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

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

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

**ANEXO 10**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**



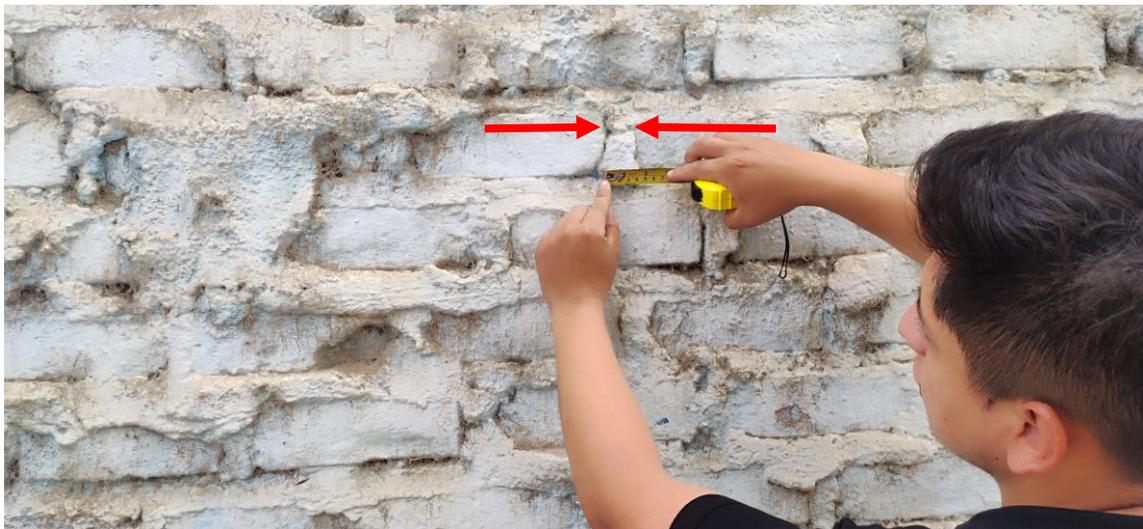
*Foto 1:* Levantamiento Topográfico de la I.E. Víctor Raúl Haya de la Torre



*Foto 2:* Levantamiento con wincha del Pabellón "A" de la I.E. Víctor Raúl Haya de la Torre.



*Foto 3:* Verificación de situación actual, sin presencia de juntas.



*Foto 4:* Verificación de muro con dimensiones de juntas de 4cm y pésimo asentado de ladrillo.



Foto 5: Presencia de fisura en losa aligerada.



Foto 6: Presencia de humedad en losa aligerada del segundo nivel.



Foto 7: Presencia de fisura en junta de separación entre el Pabellón A y los SS. HH.

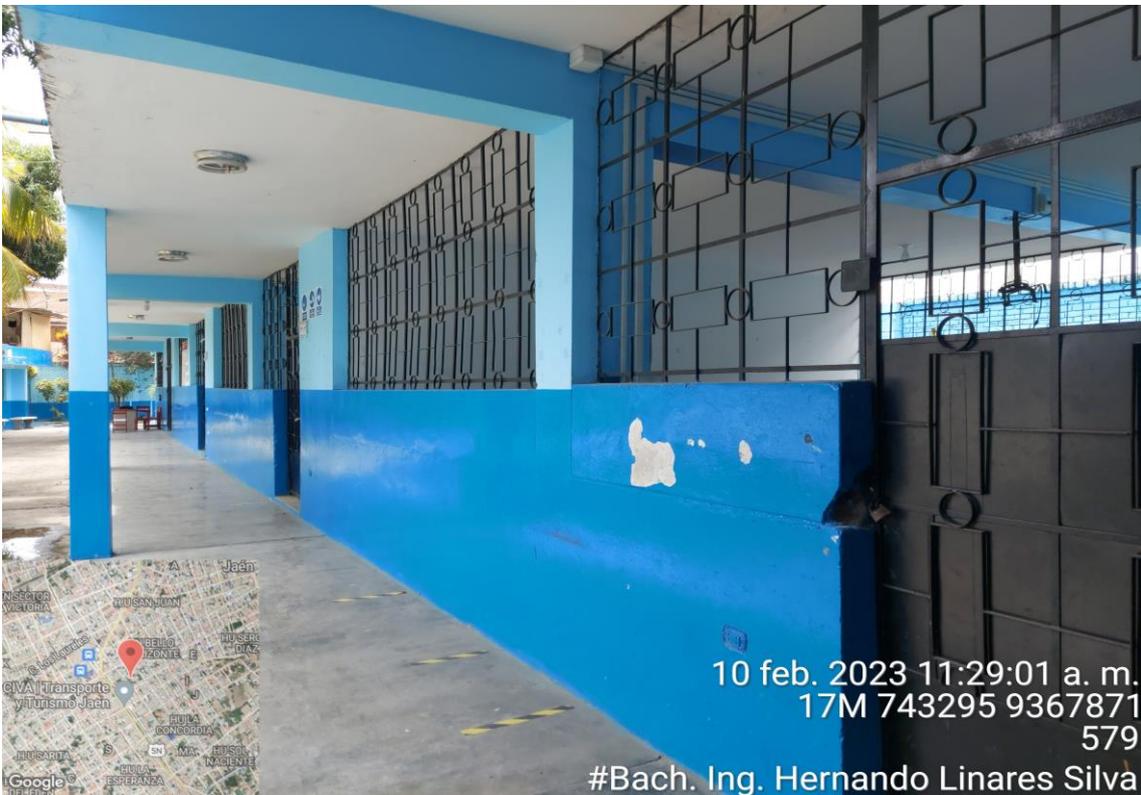


Foto 8: Fachada del pabellón A de la Institución Educativa Víctor Raúl Haya de la Torre.



Foto 9: Realización de ensayo de esclerómetro en el Pabellón “A” de la I.E. Víctor Raúl Haya de la Torre.



Foto 10: Estudio de mecánica de suelos en el Pabellón “A” de la I.E. Víctor Raúl Haya de la Torre.