

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LOS  
PABELLONES A Y B DE LA INSTITUCIÓN  
EDUCATIVA SAN RAMÓN DE LA CIUDAD DE  
CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Miguel Alva Perez

Luis Enrique Chuquimango Alaya

**Asesor:**

Mg. Erlyn Giordany Salazar Huamán

<https://orcid.org/0000-0001-7619-7995>

Cajamarca - Perú

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Anita Elizabet Alva Sarmiento</b>	<b>26697612</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Italo Bendezú Checcllo</b>	<b>47050486</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Mario René Carranza Liza</b>	<b>26602358</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Por habernos brindado la vida, salud y las fuerzas para llegar hasta esta etapa de nuestra formación profesional.

### **A NUESTROS PADRES:**

Quienes siempre nos apoyaron en todo momento y han sabido guiarnos en el buen camino de la vida, brindándonos sus sabios consejos y enseñanzas.

## AGRADECIMIENTO

Queremos hacer una mención especial a la Universidad Privada del Norte por habernos permitido ser parte de ella y abrirnos las puertas para alcanzar una meta más en nuestras vidas.

Al director de carrera de ingeniería civil Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliga, por todo su apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

A nuestro asesor Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán, por su apoyo profesional en la orientación y desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

## Tabla de Contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
<b>1.1. Realidad problemática</b>	13
<b>1.2. Formulación del problema</b>	44
<b>1.3. Objetivos</b>	44
1.3.1. Objetivo general	44
1.3.2. Objetivos específicos	44
<b>1.4. Hipótesis</b>	45
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	46
<b>2.1. Tipo de investigación</b>	46
<b>2.2. Población y Muestra.</b>	46
2.2.1. Población.	46
2.2.2. Muestra.	47
<b>2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</b>	50
2.3.1. Técnicas de recolección de datos	50
2.3.2. Instrumentos de recolección de datos	50
<b>2.4. Procedimiento de recolección y análisis de datos.</b>	55

2.4.1. Recolección de Datos	55
2.4.2. Inspección a las instalaciones de la I.E. San Ramón	55
2.4.3. Identificación de los elementos estructurales en la edificación.	56
2.4.4. Medición de los elementos estructurales	57
2.4.5. Identificación y situación actual de los elementos estructurales	57
2.4.6. Verificación de los elementos no estructurales	58
2.4.7. Aplicación del método del índice de vulnerabilidad.	59
<b>2.5. Procedimiento y tratamiento de análisis de datos.</b>	<b>60</b>
<b>2.6. Aspectos éticos.</b>	<b>61</b>
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>62</b>
<b>3.1. Descripción general de los pabellones en evaluación.</b>	<b>66</b>
<b>3.2. Evaluación de los once parámetros del índice de vulnerabilidad pabellón A.</b>	<b>67</b>
1. Organización del sistema resistente.	67
2. Calidad de sistema resistente.	68
3. Resistencia Convencional.	71
4. Posición del edificio y cimentación.	75
5. Diafragmas horizontales	77
6. Configuración en planta	79
7. Configuración en elevación	81
8. Separación máxima entre muros	84
9. Tipos de Cubierta	85
10. Elementos no estructurales	87
11. Estado de conservación	88
<b>3.3. Evaluación de los once parámetros del índice de vulnerabilidad pabellón B.</b>	<b>90</b>
1. Organización del sistema resistente	91
2. Calidad del sistema resistente.	93
3. Resistencia convencional.	95

4.	Posición del edificio y cimentación.	100
5.	Diagramas horizontales	101
6.	Configuración en planta	103
7.	Configuración en elevación	104
8.	Separación máxima entre muros	106
9.	Tipos de cubierta	107
10.	Elementos no estructurales	109
11.	Estado de conservación	111
<b>3.4. Determinación del Índice de Vulnerabilidad sísmica</b>		<b>114</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>		<b>117</b>
<b>4.1. Discusión</b>		<b>117</b>
<b>4.2. Conclusiones.</b>		<b>121</b>
<b>REFERENCIAS</b>		<b>123</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>125</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala numérica del índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini).....	31
Tabla 2. Intervalo para asignar la clase de vulnerabilidad.....	32
Tabla 3. Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para paredes mampostería.	36
Tabla 4. Datos generales del pabellón A de la I.E. San Ramón .....	73
Tabla 5. Área de Albañilería del pabellón A de la I.E. San Ramón .....	73
Tabla 6. Datos calculados para el bloque I del pabellón A para el parámetro 3 .....	75
Tabla 7. Configuración en planta del pabellón A I.E. San Ramón .....	81
Tabla 8. Datos calculados para el parámetro 7 del pabellón A .....	83
Tabla 9. Datos generales del pabellón B I.E. San Ramón .....	97
Tabla 10. Área de muros portantes del bloque 1 del pabellón B de la I.E. San Ramón.....	98
Tabla 11. Datos calculados del bloque 1 del pabellón B para el parámetro 3.....	99
Tabla 12. Datos calculados del bloque1 del pabellón B para el parámetro 6.....	104
Tabla 13. Datos calculados del bloque1 del pabellón B para el parámetro 7.....	106
Tabla 14. Índice de vulnerabilidad del pabellón A de la I.E. San Ramón.....	114
Tabla 15. Índice de vulnerabilidad del pabellón B de la I.E. San Ramón .....	115
Tabla 16. Determinación de vulnerabilidad de los pabellones evaluados.....	116



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cinturón de Fuego del Pacífico.....	14
Figura 2. Colapso del colegio mixto San Agustín Pisco (2007).....	15
Figura 3. Mapa de zona sísmicas del Perú.. ..	17
Figura 4. Mapa de Sismicidad en Cajamarca.. ..	26
Figura 5. Formas de Configuración en Planta de una Estructura .....	39
Figura 6. Configuración en Elevación de una Estructura .....	40
Figura 7. Tipo de Cubiertas de una Edificación .....	42
Figura 8. Fachada de la I.E. Emblemática San Ramón .....	47
Figura 9. Vista en Planta de Arquitectura del pabellón A de la I.E. San Ramón.....	48
Figura 10. Vista en Planta de Arquitectura del pabellón B de la I.E. San Ramón .....	49
Figura 11 . Flujograma de Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos..	51
Figura 12. Ficha de Recolección de Datos .....	52
Figura 13. Ficha de Recolección de Datos .....	53
Figura 14. Estado de Conservación de la Edificación .....	54
Figura 15. Tipo de Cubierta de los Pabellones de la I.E. San Ramón.....	54
Figura 16. Vista de los Pabellones de la I.E. San Ramón de Cajamarca.....	55
Figura 17. Vigas y Columnas del Pabellón B de la I.E. San Ramón.....	56
Figura 18. Medición de Columnas del Pabellón A de la I.E. San Ramón .....	57
Figura 19. Presencia de Fisuras en Columnas del Pabellón A de la I.E. San Ramón .....	58
Figura 20. Presencia de Grietas en Parapetos del Pabellón A de la I.E. San Ramón .....	58
Figura 21. Flujograma del Procedimiento de Recolección de Datos .....	59
Figura 22. Plano de Ubicación y Localización de la I.E. San Ramón .....	63

Figura 23. Vista del Pabellón A de la I.E. San Ramón Cajamarca .....	64
Figura 24. Vista Panoràmica del Pabellòn de la I.E. San Ramón Cajamarca .....	64
Figura 25. Frontis de la I.E. San Ramón Cajamarca .....	65
Figura 26. Croquia de la I.E. San Ramòn Cajamarca.....	66
Figura 27. Muros de Albañileria y Vigas de Amarre del pabellón A de la I.E. San Ramòn .....	68
Figura 28. Ladrillo Masizo y Junta de Albañileria del pabellón A de la I.E. San Ramón	69
Figura 29. Verticalidad de los Muros del pabellón A de la I.E. San Ramón .....	70
Figura 30. Plano de Vista en Planta del pabellón A de la I.E. San Ramón .....	72
Figura 31. Ubicación del Pabellón A de la I.E. San Ramón.....	76
Figura 32. Vista Interior del pabellón A de la I.E. San Ramón.....	76
Figura 33. Vista de los Diafragmas del pabellón A de la I.E. San Ramón .....	78
Figura 34. Tipo de Cubierta del pabellón A de la I.E. San Ramón .....	78
Figura 35. Vista en Planta del Bloque 1 del pabellón A de la I.E. San Ramón .....	80
Figura 36. Segundo Nivel del pabellón A de la I.E. San Ramón .....	82
Figura 37. Primer Nivel del pabellón A de la I.E. San Ramón .....	83
Figura 38. Separaciòn de Muros del Pabellòn de la I.E. San Ramòn .....	84
Figura 39. Cubierta del pabellón A apoyada y Amarrada sobre la losa aligerada ..	86
Figura 40. Parapetos del pabellón A de la I.E. San Ramón.....	87
Figura 41. Presencia de Cornisas en el pabellón A de la I.E. San Ramón .....	88
Figura 42. Presencia de Fisura Estructura en Muros del Pabellon A de la IE. San Ramón	89
Figura 43. Pabellón B de la I.E. San Ramón .....	90
Figura 44. Vista Posterior del pabellón B de la I.E. San Ramón .....	91
Figura 45. Segundo Nivel del Pabellón B I.E. San Ramón .....	92

Figura 46. Tercer Nivel del Pabellón B de la I.E. San Ramón.....	92
Figura 47. Verificación de la Junta y el Tipo de Ladrillo del pabellón B .....	94
Figura 48. Verticalidad del Pabellon B .....	94
Figura 49. Bloques del pabellón B de la I.E. San Ramón .....	96
Figura 50. Muros del Pabellon en dos Dos Direcciones .....	97
Figura 51. Desnivel Existente en el pabellón B.....	101
Figura 52. Vista de los diafragmas del pabellón B.....	102
Figura 53. Vista en planta del pabellón B .....	103
Figura 54. Vista en planta del Primer nivel del pabellón B de la I.E San Ramón.....	105
Figura 55. Vista del Segundo nivel del pabellón B de la I.E. San Ramón .....	105
Figura 56. Separación máxima entre muros del pabellón B de la I.E. San Ramón.....	107
Figura 57. Vista del tipo de cubierta del pabellón B .....	108
Figura 58. Presencia de parapetos en le pabellón B .....	110
Figura 59. Vista de Alfeiseres y parapetos en el pabellón B.....	110
Figura 60. Presencia de grietas estructurales en parapetos del pabellón B .....	112
dFigura 61. Presencia de grietas estructurales en parapetos del pabellón B .....	112
Figura 62. Vista de Grietas estructurales en muros del pabellón B .....	113
Figura 63. Visita a la Institucion Educativa .....	125
Figura 64. Vista Panorámica de la Cubierta del Pabellón A de la I.E. San Ramón .....	125
Figura 65. Vista del Sistema Aporticado del Pabellón A de la I.E. San Ramón.....	126
Figura 66. Medida de la altura de entre piso den el pabellón A .....	126
Figura 67. Medicion de Parapetos y Columnas en el Pabellón B.....	127
Figura 68. Vista de Junta Sísmica en el Pabellón B de la I.E. San Ramón .....	127

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado "NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LOS PABELLONES A Y B DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN RAMÓN DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA", se realizó con el objetivo de 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 con el método de Benedetti y Petrini fueron de un nivel de vulnerabilidad baja 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.

**PALABRAS CLAVES:** Nivel de vulnerabilidad sísmica, índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, sistema estructural.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La vulnerabilidad sísmica comprende el nivel de daño que pueden experimentar los edificios frente a un movimiento sísmico, lo cual queda sujeto a la calidad de materiales, técnicas y diseños empleados para la construcción y edificación. (Kuroiwa, 2002).

El 7 y 19 de setiembre del 2017, México fue víctima de dos terremotos: uno de 8.2 y otro de 7.1 grados en la escala de Richter, siendo Cuauhétmoc y Benitos Juárez los lugares que albergaron a la mayor parte de adultos fallecidos; mientras que los niños fallecieron en Tlalpan y Coyoacán. La escuela Enrique Rébsamen fue el escenario de muerte de 19 de ellos. (Allier, 2018, p. 18)

Entre los terremotos más trágicos de la historia se encuentran el de Haití y el de Chile, causando aprox. 562 personas fallecidas; también, el de China con 2290 víctimas. (Pérez, 2010)

Existe alta sismicidad en los países que bordean el océano pacífico (anillo o círculo de fuego); allí es donde ocurren el 80% de sismos del mundo. Perú, Ecuador y Colombia, conforman el círculo de fuego del Pacífico; lo cual los incluye como lugares altamente sísmicos. Un referente notorio se dio en 1970, sismo de 45 segundos que arrasó con Yungay y Ranrahirca (DW. Cuenta Néstor Corán, director en Áncash del Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI)

**Figura 1**

*Cinturón de Fuego del Pacífico.*



*Nota.* Tomado del Centro Nacional de Prevención de Desastres (2020)

De igual manera, en Pisco, el 17 de agosto de 2017, un sismo de 8.0(escala sísmica de magnitud del momento y IX en Mercalli) arrasó con 595 vidas; dejó 2291 heridos, 76000 viviendas colapsaron, afectando a 431000 personas y múltiples instituciones educativas.

**Figura 2.***Colapso del Colegio Mixto San Agustín en Pisco (2007)*

*Nota.* Tomado de la revista ERNtérate 2010

El 31 de mayo de 1970 en Ancash, a causa del terremoto de 7.9 grados de magnitud por un periodo de 45 segundos, provocó la destrucción de múltiples edificaciones, pérdida de miles de vidas humanas, así como el 97% de la ciudad de Huaraz.

Tales sucesos demandaron la toma de medidas reglamentarias y normativas que eviten daños en los edificios y la muerte de personas, siendo en 1963 la primera manifestación sobre diseño sismorresistente (NTE-E030 Diseño Sismorresistente), así como en 1977 la primera publicación en la normativa peruana referente, logrando triplicar las exigencias de rigidez. Siendo así, las estructuras educativas diseñadas bajo la normativa E-030-1977 se mantuvieron en buen estado, después de los terremotos del 2001 y 2007 de Arequipa y Pisco respectivamente. Caso contrario se observó con las construcciones diseñadas con códigos anteriores, pues tuvieron severos daños o se determinó su demolición. (SENCICO, Alejandro Muños Peláez, 2020)

A pesar de ello y de los continuos avances tecnológicos, se sigue incurriendo en diseños de alto riesgo y procesos de construcción que aumentan la vulnerabilidad en los edificios, existiendo una mala práctica constructiva y aplicación de la normativa sobre infraestructura de centros educativos, mercados, universidades y centros de salud.

Al respecto, aun es evidente la mala práctica en construcción y aplicación de normativas técnicas de edificaciones escolares públicas y privadas. Muchas se han visto perjudicadas frente a la existencia sísmica, ocasionando la muerte de estudiantes y docentes. (Becerra y Caruhanambo, 2021)

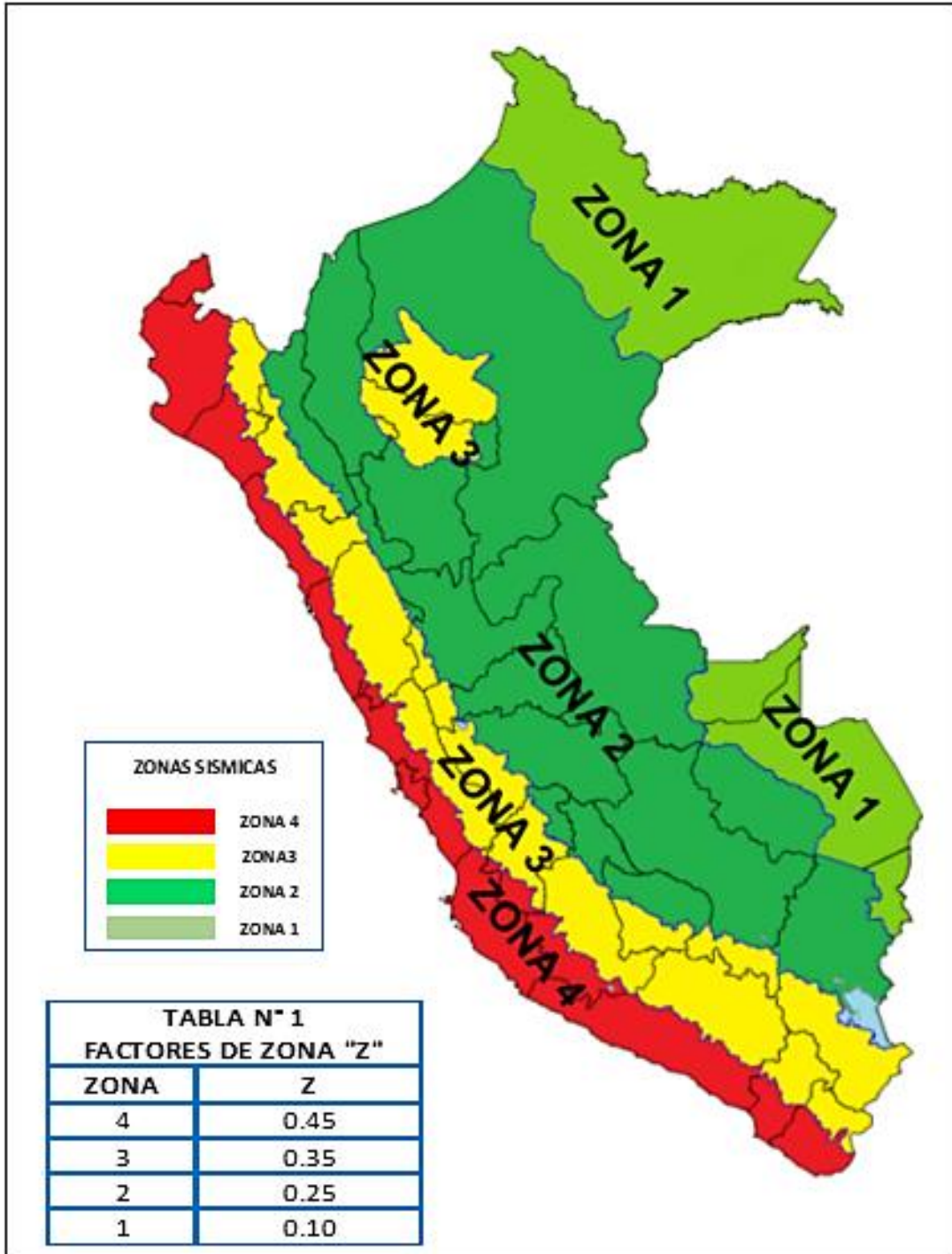
Por otro lado, en el capítulo II sobre peligro sísmico, de la norma técnica E-030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones 2018, el territorio peruano se encuentra dividido en cuatro zonas sísmicas, estando la región Cajamarca dentro de la zona 3. (Diario El Peruano, diciembre 2018)

La zona 3 corresponde a la de mayor intensidad, con fenómenos de causa geológica climática, lo que ocasiona amplias masas de tierra en deslizamiento. Un informe emitido por INDECI sobre servicio de emergencia, expone que el nivel de vulnerabilidad en espacios de concentración masiva se ve influenciados por la calidad en la construcción y antigüedad en los edificios. (INDECI-PNUD PER/02/051).



**Figura 3.**

*Mapa de zonas sísmicas del Perú*



*Nota.* Tomado de Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2018)

Un estudio sobre vulnerabilidad sísmica en las instituciones educativas Nuestra Señora de la Merced y Juan Clemente Vergel de la ciudad de Cajamarca realizado en el año 2018, a partir de la metodología de índice de vulnerabilidad, obtuvo resultados como inadecuada densidad de muros, y la calificación numérica de 2.6. Dicho valor los ubica dentro de un grupo de alta vulnerabilidad, lo que traería graves daños o un posible colapso, frente a un sismo de gran intensidad. (Gómez Ramírez, 2018)

Los estudios referidos son la expresión del alto grado de vulnerabilidad sísmica que existe en la ciudad de Cajamarca, referencias que invitan a la toma de conciencia de la población y autoridades, cuya acción preventiva no debe esperar, por lo antes expuesto.

La institución educativa emblemática San Ramón es una de las más importantes de la ciudad de Cajamarca. Está ubicada en la avenida 13 de julio y su origen data del año 1831. Actualmente, sus construcciones albergan una población estudiantil de 2388 alumnos, según datos registrados en escale 2021, ubicándola como una edificación que debe garantizar seguridad frente a una situación de desastre.

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de la infraestructura de la institución educativa San Ramón de la ciudad de Cajamarca, mediante el método de Benedetti y Petrini, aportando, de esa manera, con el análisis sobre las condiciones reales en las que se encuentra, para la toma de medidas preventivas correspondientes.

## **Antecedentes**

Existen diversas investigaciones y tesis que emplean el método de Benedetti y Petrini para realizar estudio de vulnerabilidad sísmica. Sobre ellas se presentan las siguientes:

### **Antecedentes Internacionales**

BARRETO (2020) en su tesis "TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL EN LOS BARRIOS SAN LUCIA, LOS HÉROES Y LA URBANIZACIÓN LA ESPERANZA DE LA CIUDAD DE TUNJA". El objetivo planteado en esta investigación fue identificar la tipología estructural en los barrios Santa Lucia Los Héroes y Urbanización la esperanza con ayuda de encuestas e inspecciones visuales con base a la norma Sismo Resistente NSR-10, con los datos obtenidos diseñar una información gráfica y generar un diagnóstico de los zonas seleccionadas, utilizando una investigación cuantitativa en la que concluye que las viviendas en estudio incumplen con las vigentes normas de construcción de Colombia, ya que se empleó mampostería no reforzada, sobre edificaciones con rastros de humedad y sensación de frío por el tipo de suelo, indicador de suelo con alto grado de permeabilidad y erosión.

VILLAVICENCIO Y MARCILLO (2019) en su tesis "EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA BASADA EN LOS MÉTODOS BENEDETTI Y PETRINI; FEMA 154 DEL EDIFICIO CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA – UNESUM", En la investigación, se planteó como objetivo realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, aplicando el método de Benedetti y Petrini y FEMA 154, se realizó un ensayo de esclerometría además de los 11 parámetros establecidos en el primer método, lo que llevó a definir la resistencia

del concreto en losas, columnas y vigas. Se concluyó que por medio de la comparación de ambas metodologías se determina un índice bajo de vulnerabilidad.

CABALLERO (2007) realizó la siguiente investigación “DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA POR MEDIO DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD EN LAS ESTRUCTURAS UBICADAS EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE SINCELEJO, UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA” Universidad del Norte – Colombia, con el objetivo de hallar la vulnerabilidad sísmica del centro de la Ciudad de Sincelejo y sus alrededores, por el método del Índice de Vulnerabilidad, para la determinación el daño esperado, utilizando Tecnología de Sistema de Información Gráfica, empleando métodos cualitativos que son usados para obtener un estimativo de la vulnerabilidad de las edificaciones lo que permite conocer el comportamiento de una zona urbana ante la ocurrencia de un fenómeno natural. Obteniéndose como resultados de esta investigación, que la gran mayoría de las estructuras presentan problemas en el diseño arquitectónico, estructural y al deficiente proceso constructivo, ya que para entonces no se contaba con una norma sismorresistente.

### **Antecedentes Nacionales**

PECORI Y CRUZ (2018) en su tesis “ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA I.E. EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO” Los autores del presente estudio tuvieron como objetivo evaluar las condiciones estructurales y no estructurales actuales de los pabellones A, C y J de la I.E. Emblemática San Juan, haciendo uso del método del índice de vulnerabilidad, desarrollando para esto una investigación no experimental – Descriptivo, donde los resultados de los ensayos que

se realizaron al centro educativo, sirvieron para realizar la modelación y análisis de dicha Institución, cuyo procedimiento ha sido meramente descriptivo, obteniendo como resultado de su investigación un grado de vulnerabilidad bajo en los pabellones de dicha institución, afirmación que difiere con la investigación en la Institución Educativa San Ramón.

LAURENTE Y RAMOS (2020) en su investigación "VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL APLICANDO EL MÉTODO ITALIANO PARA ESTIMAR LAS SEGURIDAD SÍSMICA EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN LA MOLINA" plantearon como objetivo, evaluar la vulnerabilidad estructural en función de la aplicación del método italiano para determinar la seguridad sísmica de dos instituciones educativas, El diseño metodológico empleado en la investigación se define en tres aspectos: tipo de investigación, nivel de investigación y diseño de investigación. Sobre la presente investigación se concluyó que las estructuras en instituciones educativas de la Molina-Lima tienen una calificación baja en cuanto a su vulnerabilidad, determinada por medio de la metodología de Benedetti y Petrini, la misma que ha sido utilizada para determinar el nivel de vulnerabilidad de la Institución Educativa en estudio.

AGUILAR Y MUDARRA (2018) en su tesis "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE LA I.E. LICEO TRUJILLO-2018". Buscaron evaluar la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad, con método cualitativo de Benedetti & Petrini, llegando a concluir que aquellos bloques de construcción más antigua, presentan vulnerabilidad media – alta; asimismo, vulnerabilidad media-baja, las construcciones modernas, por lo que recomiendan una demolición para los bloques antiguos y el reforzamiento de las estructuras para los bloques de reciente construcción.

### **Antecedentes locales.**

BECERRA Y CARUANAMBO (2021) en su tesis "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE LA I.E. N° 055 MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ URRUNAGA CAJAMARCA 2021". Establecieron como objetivo determinar el grado de vulnerabilidad sísmica, mediante el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, metodología que les permitió estimar el índice de vulnerabilidad en relación a las características de la estructura que más influyen en el comportamiento sísmico; cuyos resultados fueron que el 83% de los pabellones presentan una vulnerabilidad baja. Esto determina la posibilidad de no presentar daños, o en su defecto, sean poco significativos frente a la existencia de un movimiento sísmico.

TUCTO ASECIO (2018) en su tesis "EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO UTILIZANDO EL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE BENEDETTI – PETRINI EN LAS VIVIENDAS DE ADOBE EXISTENTES EN LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE LLACANORA, CAJAMARCA". Plantea como objetivo evaluar y determinar el riesgo sísmico en las viviendas de adobe de la zona urbana del distrito de Llacanora, utilizando el método que se basa en la identificación de las características más relevantes e influyentes en el daño que sufrirá una edificación de adobe bajo la acción de un sismo. Finalmente determinó que el nivel de riesgo sísmico en las viviendas de adobe es Alto, debido a su nivel de vulnerabilidad Sísmica Alto y Nivel de Peligro Sísmico Medio.

ARANA Y CHÁVEZ (2021) en su tesis "VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA EN EL BARRIO URUBAMBA, CAJAMARCA 2019", buscaron determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando un diseño no

experimental- aplicado-transversal; método del índice de vulnerabilidad sísmica propuesto por Benedetti y Petrini. Concluyeron que en el distrito de Cajamarca la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería es media a baja en un 59%, media a alta en 39% y alta en 2%. Esto significa que el mayor porcentaje de las viviendas en el barrio Urubamba, no se encuentran expuestas a sufrir daños, frente a la ocurrencia de un sismo.

### **Niveles de Sismicidad en Cajamarca**

En la actualidad, la ciudad de Cajamarca no ha sido víctima de movimientos sísmicos intensos; sin embargo, es considerada como una zona sísmica, por su formación geológica, características y naturaleza de suelos, así como la presencia volcánica (Mosqueira, 2012)

#### **Nivel Severo:**

Zona de suelos lagunares, conformados, esencialmente, por arcillas plásticas y limosas, de humedad relativamente alta, a causa de la proximidad, con un alto nivel freático.

Generalmente son suelos expansibles en grandes tamaños, con altas aceleraciones sísmicas (INDECI-PNUD 2005)

Se encuentra ubicado al este de Cajamarca y comprende a los AA.HH. Horacio Zevallos, José Gálvez, Hoyos Rubio, Fonavi II, San Luis, Villa Universitaria, La Argentina, El Tallo, Alan Perú. También, involucra partes de los AA.HH. La Alameda, Santa Elena, San Martín, El Junco, 22 de octubre, Mollepampa, Gobierno Regional De Cajamarca, Hospital de ESSALUD N° 2 y Universidad Nacional de Cajamarca, (INDECI-PNUD 2005)

**Nivel Moderado:**

Presenta suelos aluviales de aceleraciones sísmicas altas. También existe la probabilidad de asentamientos diferenciales parciales, ante un movimiento sísmico de gran magnitud, por la existencia de suelos expansivos. (INDECI-PNUD 2005).

Gran parte de la ciudad se encuentra dentro de esta clasificación, comprometiendo los AA.HH 22 de octubre, San José, María Parado de Bellido, San Pedro, La Merced, Santa Apolonia, Agomarca, La Colmena, Dos de Mayo, Pueblo Nuevo, Amauta, San Sebastián, San Antonio, La Florida, Miraflores, Ramón Castilla, Pilar Nore de García, Pueblo Libre, José Olaya, Magna Vallejo, Mollepampa, Víctor Raúl, Aranjuez, San Martín de Porres, Zona de expansión urbana y el condominio los Eucaliptos (INDECI-PNUD 2005)

En este nivel de peligro están concentradas la mayor parte de las actividades de servicio y cívico administrativas, entre las que se encuentran el reservorio Lucmacucho Alto, el Hospital ESSALUD N° 1, mercado Central, mercado San Sebastián, el Asilo de Ancianos, Iglesia San Francisco, la catedral, la recoleta, el cementerio general, complejo Belén, los estadios Municipal y Héroes de San Ramón, la Compañía de bomberos N° 59 y las escuelas Juan XXIII, Santa Teresita y Divino Maestro. (INDECI-PNUD 2005)

**Nivel Menor:**

La zona de nivel menor se caracteriza por un suelo compuesto por depósitos de rocas, de aceleraciones sísmicas bajas y mediana capacidad portante. (INDECI-PNUD 2005)

Este nivel de peligro se presenta en la zona Norte, Noroeste y Suroeste de la ciudad, comprendiendo el norte de la ciudad los AA.HH. Samana Cruz, Santa Rosa, Las



Orquídeas, Los Jardines, Chontapaccha, **Colegio Nacional San Ramón**, José Carlos Mariátegui, El Imperio, La Perlita, Mayopata, Alan Perú, José Sabogal, Las Margaritas, Cahuide, Túpac Amaru, El Bosque y 22 de octubre.

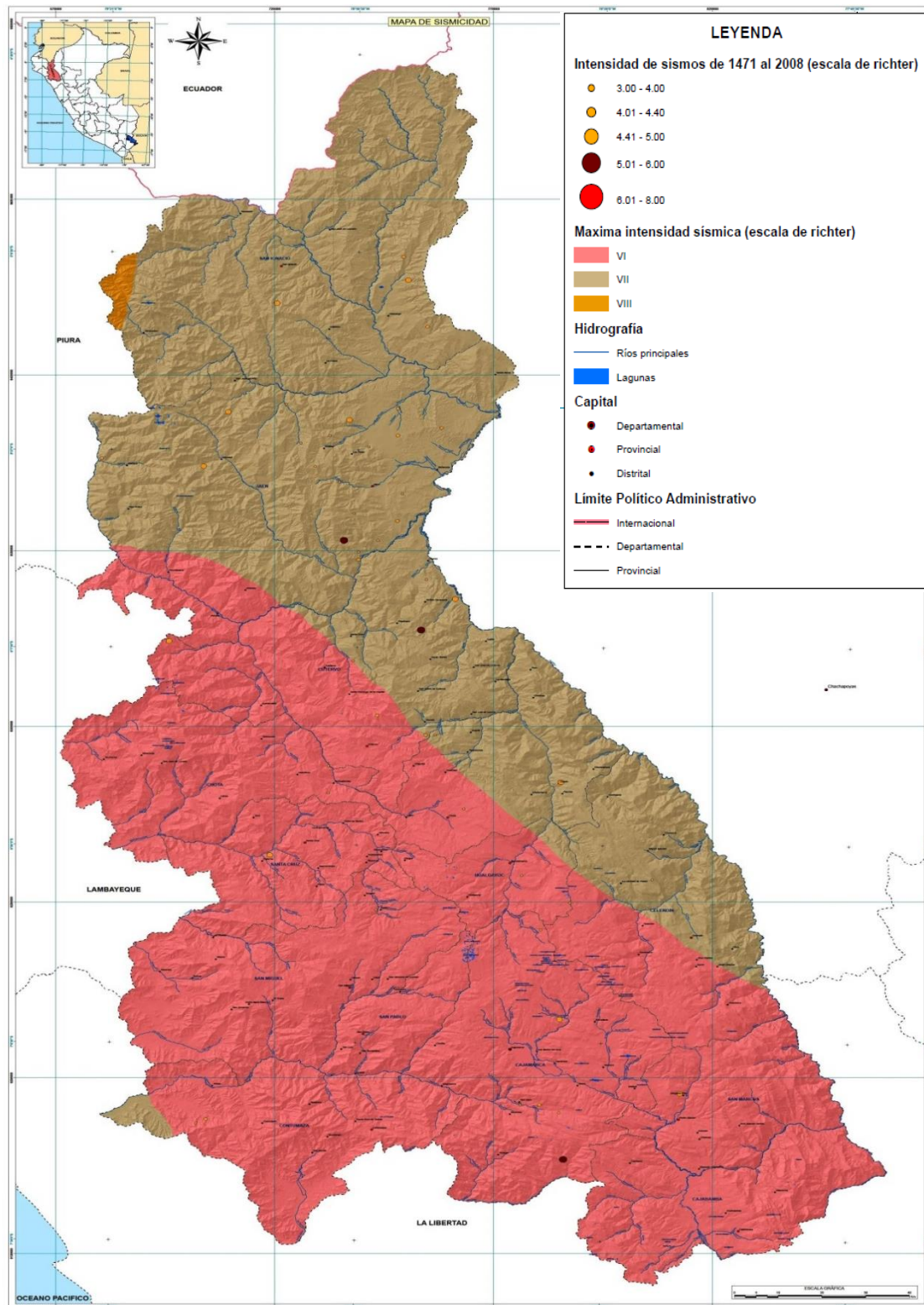
El Noroeste y Suroeste de la ciudad abarca la zona de peligro leve y moderado. La delimita una poligonal conformada por las calles Garcilaso de la Vega, Alfonso Ugarte, Huánuco, Túpac Amaru, Jr. Sullana, Av. Perú, Desamparados, Prolongación Huánuco y José Olaya, y continúa con el eje de la prolongación Alfonso Ugarte con dirección Suroeste hacia el sector la Tulpuna. En su tránsito compromete parte de los AA.HH. San Pedro, Santa Apolonia, San Sebastián, Cumbe Mayo, 9 de octubre, Santa Elena y Tulpuna. (INDECI-PNUD 2005)

#### **Nivel Leve:**

Esta zona está ubicada al oeste de la ciudad, sobre las laderas de los cerros. Predominan materias de origen volcánico, con depósitos de roca y muy densas gravas, con alta capacidad portante y bajas aceleraciones sísmicas. (INDECI-PNUD 2005) A este grupo pertenecen los AA.HH. Urubamba, Delta, San Vicente, La Esperanza Alta, Pachacutec, Cumbe Mayo, El Estanco, Santa Elena, Calispuquio, la escuela Corazón de María, Bella Vista y la institución educativa de nivel inicial Miguel de Cervantes. (INDECI-PNUD 2005)

**Figura 4**

*Mapa de sismicidad en Cajamarca.*



*Nota.* Gobierno Regional de Cajamarca junio, 2013

A continuación, presentamos las bases teóricas que permitieron desarrollar este trabajo de investigación.

### **Movimiento Sísmico**

Según INDECI son fenómenos causados por energía interna liberada de la tierra, que presenta ruptura en capas de la corteza. Puede alcanzar magnitudes variadas y se presenta con movimientos ondulantes. La denominación de terremoto se da cuando la intensidad del movimiento sísmico es mayor. De ser leve, se le denomina temblor.

### **Riesgo sísmico**

Nivel de pérdidas que se esperan de las estructuras durante el espacio de tiempo que permanecen frente al suceso sísmico. El tiempo comprende el periodo de vida útil o periodo de exposición de la estructura. Asimismo, las acciones que tienen como finalidad mejorar de comportamiento sísmico de las construcciones de un lugar para acortar los gastos de los daños generados por un terremoto, se denomina mitigación de desastres. (Barbat, 1988).

### **Peligro sísmico.**

Es la probabilidad de ocurrencia de un sismo, dentro de un período específico, en una determinada localidad o zona (Kuroiwa, Pacheco, & Pando, 2010).

### **Vulnerabilidad Sísmica.**

Comprende el grado de daño que presenta una estructura a raíz de un evento sísmico de determinadas características. La vulnerabilidad sísmica de una construcción es una propiedad intrínseca a sí misma, también, es independiente al peligro de la zona donde se

encuentra el edificio. Por ello depende solo de las características de la estructura misma como configuración, materiales, entre otros. (Pecori y Cruz 2018)

### **Clasificación de la vulnerabilidad sísmica**

Tomando en cuenta las características propias de los componentes principales de una edificación, se pueden clasificar en:

- Vulnerabilidad estructural
- Vulnerabilidad no estructural
- Vulnerabilidad funcional

#### **Vulnerabilidad estructural:**

Corresponde a la susceptibilidad que una edificación presenta en cuanto a posibles daños en espacios que rígidos frente a un intenso sismo. Involucra a los muros, cimientos, columnas, losas y vigas.

#### **Vulnerabilidad no Estructural:**

Corresponde a los daños que pueden sufrir los elementos no estructurales y la susceptibilidad de los mismos a partir de un sismo; lo que se denomina daño sísmico no estructural. (Cardona, 1999).

Las siguientes categorías corresponden a los elementos no estructurales: elementos arquitectónicos, equipos y mobiliarios e instalaciones básicas.

- ✓ Los elementos arquitectónicos: incluyen paredes divisorias, muros exteriores no portantes, sistema de alumbrado, ventanas, cielo raso, sistemas de tabiques interiores, etc. (OPS 2004)

- ✓ Los equipos y mobiliarios: incluyen elementos como equipo industrial mecánico, muebles de oficina, equipo médico, recipientes de medicamentos, etc. (OPS 2004).
- ✓ Instalaciones básicas: incluyen los sistemas de abastecimiento de servicio tales como agua, gases médicos, electricidad, etc. (Vizconde, 2004)

### **Vulnerabilidad funcional:**

Comprende la predisposición de la instalación en cuanto la alteración de su funcionamiento por el resultado del aumento en la necesidad de sus servicios. Existen factores influyentes como: áreas de servicio inadecuadamente distribuidas, plan de emergencia ausente, infraestructura con dotación inapropiada, vías de escape y sistemas de evacuación ineficientes. (Salvador Safina, 2003)

Este tipo de vulnerabilidad depende de la distribución de los ambientes y la adecuada interrelación de su servicio, también, de los procesos administrativos propios relacionados al uso de la edificación. En consecuencia, una oportuna zonificación y relación correcta entre sus ambientes genera un normal funcionamiento en situaciones cotidianas y de riesgo. (Fernández Cruz, 2014).

### **Vulnerabilidad sísmica en edificaciones**

Comprende el grado de afectaciones generadas a raíz de un movimiento sísmico, en el terreno de una identidad determinada. La función de vulnerabilidad de una estructura específica matemática o gráficamente su vulnerabilidad en cuanto a diversas fuerzas del movimiento del terreno. Estos niveles de intensidad son generalmente expresados por valores de algún parámetro físico como uno de los

grados en cualquier escala macro sísmica o la aceleración máxima del terreno. (Giraldo, 2018).

### **Método del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini.**

Corresponde a la metodología propuesta por Benedetti y Petrini en el año 1984. Se trata de recopilar información importante del edificio en estudio, a partir de 11 parámetros vaciados en un formulario de levantamiento, en donde existe la mezcla a través de una escala predefinida en valor numérico único de nombre **ÍNDICE DE VULNERABILIDAD**. Este resulta de la suma ponderada de los valores numéricos que responden a la calidad sísmica de todos los parámetros no estructurales y estructurales, que tienen una importante función en el comportamiento sísmico de las estructuras de mampostería. Al evaluar cada parámetro es necesario asignar una letra desde la **A** hasta la **D**, a su vez, un valor numérico **K<sub>i</sub>** (coeficiente de calibración) que oscila entre 0 y 45. También, a cada parámetro se le asigna un peso **W<sub>i</sub>** que cambia de 0.25 a 1.5 el mismo que cuantificará a cada uno de los parámetros en cuanto a su importancia dentro del sistema resistente de la edificación. La determinación del índice de vulnerabilidad se realiza a través de una fórmula. (Moreno Rodríguez, 2010)

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i W_i \quad \text{Ecuación 1}$$

Los parámetros a considerar en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, son los que a continuación se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

*Escala numérica del índice de vulnerabilidad de los edificios de albañilería (Benedetti y Petrini)*

	Parámetros	Clases $K_i$				Peso
		A	B	C	D	$W_i$
1	Organización del Sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2	Calidad del Sistema Resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia Convencional	0	5	25	45	1.50
4	Posición del edificio y Cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas Horizontales	0	5	15	45	1.00
6	Configuración en Planta	0	5	25	45	0.50
7	Configuración en Elevación	0	5	25	45	1.00
8	Separación Máxima entre Muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipos de Cubierta	0	15	25	45	1.00
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de Conservación	0	5	25	45	1.00

*Nota.* La tabla muestra la clasificación de los once parámetros del método de Benedetti y Petrini. Abanto Valdivia & Cárdenas Cruz, 2015

Los intervalos para determinar el grado de vulnerabilidad de una estructura son:

A partir de los valores observados en la Tabla 1 y la ecuación 1, cuando los valores de la tabla se incluyen en correspondencia a la ecuación darán resultados para **IV**, que se encuentran entre 0 a 382.5 (Caballero, 2007)

**Tabla 2***Intervalo para asignar la clase de vulnerabilidad*

Intervalo del Iv.	Vulnerabilidad
0 hasta 95.63	Baja
95.63 hasta 191.30	Media baja
191.30 hasta 286.30	Media alta
286.30 hasta 382.50	Alta

*Nota:* La tabla muestra los datos de intervalos con los que se evalúa el nivel de vulnerabilidad de la edificación. Estudio de vulnerabilidad sísmica de Edificios Históricos ,2007

Es de gran utilidad el valor de Iv, ya que señala las peligrosas edificaciones; además, permite ser empleado para decidir sobre cualquier plan de mitigación de riesgo en el lugar de estudio. (Yépez, Barbat, & Canas, 1995)

A partir de la obtención del resultado se determina el nivel de vulnerabilidad de la estructura, tomando en cuenta que la estructura es más vulnerable, a medida que el valor es mayor.

- **Vulnerabilidad baja.** Comprende los edificios donde es posible la existencia de daños leves o moderados; al ser así, se conserva gran parte de la resistencia del sistema estructural, lo que permite continuar dándole uso sin exposición a peligros. (Castro P, 2011)
- **Vulnerabilidad media baja.** Incluye estructuras donde pueden ocurrir importantes daños. A pesar de no colapsar, es de gran riesgo su empleo, salvo reciban un mantenimiento; puesto que, a causa del desprendimiento de concreto o bloque de albañilería, se pueden presentar accidentes. (Castro P, 2011)



- **Vulnerabilidad media alta.** Comprende los edificios con estructuras drásticamente dañadas o posibilidad mayor de fallar totalmente; lo que generaría que sus ocupantes terminen gravemente heridos o se hallen en peligro de morir. (Castro P, 2011)
- **Vulnerabilidad alta.** Comprende las estructuras de falla inminente o muy vulnerables.

Esta metodología se orienta para el análisis de estructuras de mampostería y de hormigón armado; pero, sobre todo a las primeras ha sido dedicada su aplicación y estudio. Esta concepción del método lo hace aplicable a mucha tipología de los dos grandes grupos de estructuras referidos. Evita el gran problema de tener que detallar la tipología específica de cada estructura, además, utilizar descripciones del daño y funciones de vulnerabilidad que respondan exclusivamente a este tipo, así como se presenta en otras metodologías. (F. Yépez, 1995)

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

Resulta importante, para evaluar el presente parámetro, que los elementos estructurales principales tengan una disposición adecuada enfatizando en la eficacia y presencia de enlaces entre los elementos resistentes verticales ortogonales, cerrada, tipo cajón. Aquí, el tipo de edificación no debe considerarse. La calificación que se asigne, dependerá de las condiciones siguientes:

- A.** Que el edificio esté construido acorde a normativas sismo- resistentes.
- B.** Es un edificio que presenta nexos elaborados a través de collares o vigas de amarre y enmarque de muros, empleadas para transportar las cargas verticales aplicadas a los muros en cada nivel de la estructura.

- C. Edificación que está conformada únicamente por paredes ortogonales bien ligadas,  
por no presentar vigas de amarre en todas las plantas
- D. Edificio cuyas paredes resistentes no están bien ligadas.

## 2. Calidad del sistema resistente.

Este parámetro califica el tipo de unidad de albañilería empleada, la forma y homogeneidad del elemento, además de características que influyan en la resistencia del muro, como verticalidad del muro y el espesor de juntas. Se toma en consideración la calidad la calidad constructiva de la edificación, así como del material empleado.

Su calificación dependerá de:

A: El sistema resistente del edificio incluya las siguientes características.

- Mampostería en ladrillo de buena calidad, con piezas homogéneas y de dimensiones constantes en toda la extensión del muro.
- Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
- Mortero de buena calidad, con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5 cm.

B: El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase

A

C: El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase

A

D: El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la

clase A

### 3. Resistencia convencional

Este parámetro necesita simples, pero importantes conceptualmente. Utilizando la hipótesis del comportamiento de estructura ortogonal, cerrada tipo cajón, es posible evaluar con gran fiabilidad la resistencia de una edificación frente a cargas horizontales. Se utiliza un concepto muy conocido para estructuras y normativas de edificación: el coeficiente sísmico  $C$ , definido como la relación entre la fuerza máxima resistente horizontal y el peso del edificio.

$$c = \frac{a_0 \cdot t_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 t_k (1 + \gamma)}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$N$ : Número de pisos

$t_k$ : Resistencia a cortante del muro de mampostería (18 ton/m<sup>2</sup>)

$A = \min [A_x; A_y]$

$B = \max [A_x; A_y]$

$$a_0 = \frac{A}{A_T} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$\gamma = \frac{B}{A} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$q = \frac{(A+B)h}{A_t} \cdot P_m + P_s \quad \text{Ecuación 5}$$

$q$ : es el peso de un piso por unidad de área techada y es igual al peso de los muros más el peso del diafragma horizontal.

$A_T$ : Área total cubierta en planta (m<sup>2</sup>)

$A_x$ : Area total resistente de los muros en la dirección x ( $m^2$ )

$A_y$ : Area total resistente de los muros en la dirección y ( $m^2$ )

H: altura promedio entre pisos (m)

$P_m$ : peso específico de la mampostería ( $T/m^3$ )

$P_s$ : peso por unidad de área de forjado ( $T/m^2$ )

Tabla 3

*Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para paredes de mampostería*

Tipo de material	Esfuerzo cortante
Ladrillo macizo, calidad regular	6-12 $T/m^2$
Piedra mal tallada	2 $T/m^2$
Piedra bien tallada	7-9 $T/m^2$
Ladrillo macizo, buena calidad	18 $T/m^2$
Bloque ladrillo, mortero – cemento	18 $T/m^2$
Mampostería nueva, ladrillo macizo	20 $T/m^2$
Mampostería nueva, Bloque macizo	20 $T/m^2$
Mampostería nueva, ladrillo/ bloque hueco	18 $T/m^2$

*Nota:* Libro de peligro, vulnerabilidad y riesgo sísmico-Barbat

El valor de  $q$  representa el peso de un piso por unidad de área cubierta, y es igual al peso de los muros más el peso del diafragma horizontal.

El coeficiente sísmico  $C$ , se define como el factor entre la fuerza horizontal resistente al pie del edificio dividido entre el peso del mismo.

El valor de  $C'$  es un coeficiente que se toma según la zona sísmica a la que pertenece la edificación.

Finalmente, para determinar el valor normalizado para la calificación de este parámetro, se usa la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{C}{C'} \quad \text{Ecuación 6}$$

La calificación final dependerá de las siguientes condiciones:

- A. Estructura con un valor de  $\alpha \geq 1$
- B. Estructura para valores comprendidos entre  $0.6 \leq \alpha \leq 1$
- C. Estructura para valores comprendidos entre  $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
- D. Estructura con un valor de  $\alpha < 0.4$

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

Parámetro cualitativo para evaluar, a través de una inspección panorámica, la influencia de la cimentación y del terreno. El análisis está limitado a la consistencia y pendiente del terreno, a la presencia de terraplenes no equilibrados simétricamente y a la posible diferencia entre cotas de cimentación.

- A. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente que oscila entre un 10% y un 20%
- C. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente que oscila entre un 30% y un 50%
- D. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente que es mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%

## 5. Diafragmas horizontales

Existe una notable importancia, en la calidad del esquema resistente de piso, al influir en el buen desempeño de los elementos resistente verticales. Se deben cumplir las condiciones siguientes: Deformabilidad despreciable en el plano del forjado, conexión eficiente entre el sistema de diafragma y mampostería, asimismo, la ausencia de planos a desnivel.

A. Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones:

- Ausencia de planos a desnivel.
- La deformabilidad del diafragma es despreciable.
- La conexión entre el diafragma de los muros es eficaz.

B. Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que incumplen con una de las condiciones pasadas.

C. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que incumplen con dos de las condiciones pasadas.

D. Edificio cuyos diafragmas no cumplen con ninguna de las tres condiciones.

## 6. Configuración en planta

La disposición y forma en planta de los edificios son determinados en su comportamiento frente a excitaciones sísmicas. Este parámetro califica la condición de simetría en planta de los edificios, considerando valores más elevados, cuando las dimensiones en planta son semejantes a secciones cuadradas sin protuberancias adicionales, tomando valores bajos las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias muy grandes, que pueden provocar problemas de torsión en planta y

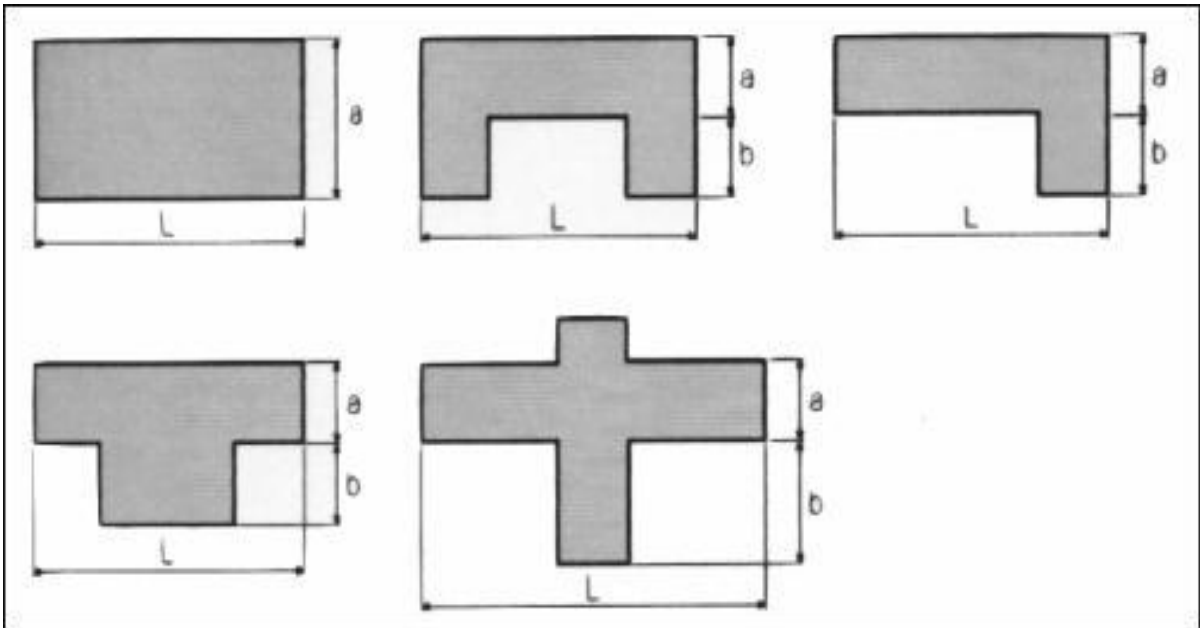
concentraciones de esfuerzos en esquinas y en elementos más alejados de los centros de rigidez y gravedad.

Para evaluar este parámetro se deben considerar las siguientes relaciones.

$$\beta_1 = \frac{a}{L} \text{ y } \beta_2 = \frac{b}{L} \quad \text{Ecuación 7}$$

### Figura 5

*Formas de configuración en planta de una estructura*



Nota. Hidalgo Zuloaga & Silvestre Gómez, 2019

Las condiciones para la calificación son las siguientes:

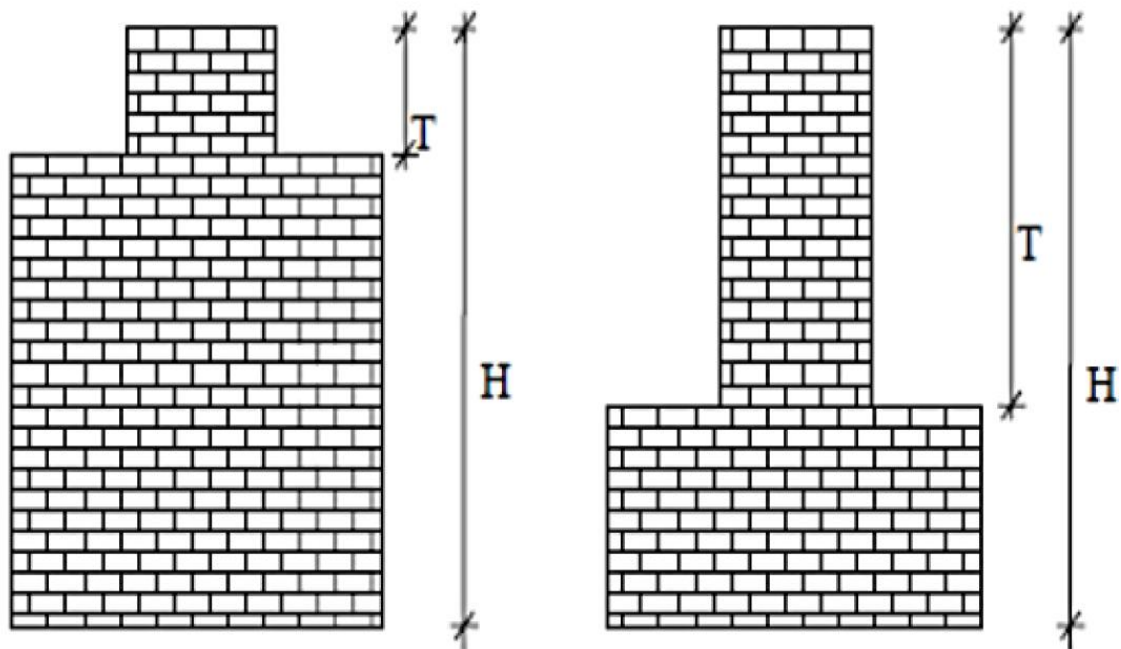
- A. Edificio con  $\beta_1 \geq 0.8$  ó  $\beta_2 \leq 0.1$
- B. Edificio con  $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$  ó  $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
- C. Edificio con  $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$  ó  $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con  $0.4 > \beta_1$  ó  $0.3 < \beta_2$

## 7. Configuración en elevación

La existencia de discontinuidades o protuberancias de los elementos estructurales verticales son elementales condiciones para la evaluación de este parámetro. Se determina la siguiente relación, para su cuantificación:

**Figura 6**

*Configuración en planta de la estructura*



*Nota.* Tomado de Hidalgo Zuloaga & Silvestre Gómez, 2019

La calificación dependerá de las siguientes condiciones:

- A. Si  $0.75 < T/H$
- B. Si  $0.50 < T/H \leq 0.75$
- C. Si  $0.25 < T/H \leq 0.50$
- D. Si  $T/H \leq 0.25$



También, se incluye aspectos como la variación de la masa ( $\pm \frac{\Delta M}{M}$  %) o la superficie de pisos consecutivos, sobre todo, para evaluar porches ( $\pm \frac{\Delta A}{A}$  %), donde A es la superficie del piso inferior. Se considera para la calificación el factor menos favorable.

- A. Estructura con  $-\frac{\Delta M}{M} < 10\%$
- B. Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con  $10\% \leq -\frac{\Delta M}{M} < 20\%$
- C. Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con  $-\frac{\Delta M}{M} > 20\%$  o T/H  $< 2/3$
- D. Estructura con una superficie mayor al 20% con  $\frac{\Delta M}{M} > 0$  o con T/H  $> 2/3$

## 8. Separación máxima entre muros

Este aspecto es definido a través de la siguiente relación L/S, donde:

L: Espaciamiento máximo entre muros transversales

S: Espesor del muro

- A. Si  $L/S \leq 15$
- B. Si  $15 < L/S \leq 18$
- C. Si  $18 < L/S \leq 25$
- D. Si  $25 \geq L/S$

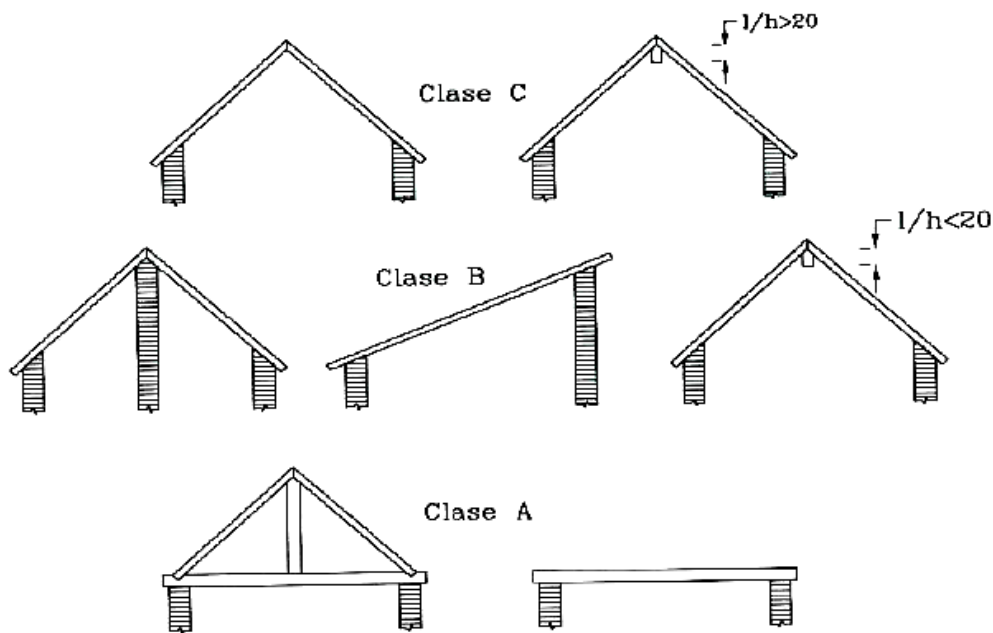
## 9. Tipos de cubierta:

Este parámetro considera la influencia del tipo de cubierta en la reacción sísmica de una edificación. Factores como el peso y tipología determinan tal comportamiento. La calificación depende de lo siguiente:

- A. Presencia de la cubierta estable con viga de soporte o cumbrera. Edificio con cubierta plana.
- B. Presencia de cubierta estable y correctamente conectada a los paneles de mampostería, sin viga de soporte. Edificio con cubierta parcialmente estable provista de viga de soporte.
- C. Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.
- D. Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.

**Figura 7**

*Tipo de cubiertas de una edificación*



*Nota.* Pecori Zavaleta & Cruz Miranda, 2018

## 10. Elementos no estructurales

Los elementos que no son parte de las estructuras ejes también deben evaluarse, ya que es posible la presencia de accidentes, luego de un movimiento sísmico. Los elementos a

considerar son los parapetos, balcones, las cornisas, o cualquier elemento que sobrepase la estructura. Su calificación dependerá de:

- A.** Edificio sin parapetos y sin cornisas.
- B.** Edificio con elementos de cornisas bien conectadas a la pared y sin parapetos.
- C.** Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.
- D.** Edificio con cualquier elemento externo a la estructura principal, como las chimeneas, de importante peso y mal conectado a la estructura, expuestos a caer en situación de terremotos. Edificación con balcones no conectados a los diafragmas o elevados en etapas posteriores a la de la construcción de la estructura, existiendo por ello un deficiente vínculo de dichos elementos a los muros de albañilería.

## **11. Estado de conservación**

El estado de conservación de la estructura se califica teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- A.** Muros de mampostería en buen estado y sin daño observable.
- B.** Muros con grietas en todo el muro, de tipo capilar no extendido, con excepción en la situación de, provocado por terremotos, se haya generado dichas grietas.
- C.** Muros con presencia de grietas de tamaño mediano (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento origen sísmico tipo capilar. Estructura que está sin grietas, pero con presencia en los paneles, de un estado mediocre de conservación.
- D.** Muros con agrietamiento superior a 3 mm. o que presenta intenso daño en cuanto características físicas de los materiales de construcción.

La presente investigación es de suma importancia, porque se está realizado en una de las instituciones educativas que albergan la mayor cantidad de población estudiantil de la

ciudad de Cajamarca, mediante el desarrollo de esta investigación conoceremos el nivel de vulnerabilidad sísmica que presenta los elementos estructurales de las edificaciones de la I.E. San Ramón frente a la ocurrencia de un movimiento sísmico, ya que la ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en la zona sísmica 3 (Norma E.030, 2018). La aplicación del método de índice de vulnerabilidad identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en las edificaciones causados por un movimiento telúrico. La razón de esta metodología está fundamentada en datos reales, la misma que fue aplicada en diferentes ciudades del Perú y del mundo, donde se obtuvieron buenos resultados. ya que la ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en la zona sísmica 3 (Norma E.030,2018). En consecuencia, los resultados obtenidos servirán para recomendar algunas medidas de prevención a tener en cuenta ante un posible sismo a fin de evitar pérdidas de vidas humanas y daños materiales.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica que presentan en la actualidad las edificaciones de los pabellones A y B de la institución educativa San Ramón de la ciudad de Cajamarca?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica que presentan los pabellones A y B de la institución educativa San Ramón de la ciudad de Cajamarca.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en los pabellones A y B de la Institución Educativa San Ramón de la ciudad de Cajamarca 2022.

- Realizar una ficha para la recolección de datos necesarios que nos permitan evaluar los parámetros utilizados en el método de Benedetti y Petrini de la Institución educativa San Ramón de Cajamarca 2022
- Determinar el parámetro con mayor incidencia en la vulnerabilidad sísmica de los pabellones A y B de la de la Institución Educativa San Ramón Cajamarca 2022.

#### **1.4. Hipótesis**

El nivel de vulnerabilidad sísmica en los pabellones A y B de la Institución Educativa San Ramón, es alto de acuerdo al método de índice de vulnerabilidad.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

Al estar dirigida a resolver problemas de la sociedad actual, previniendo con su estudio pérdidas de vidas humanas y materiales, se trata de una investigación aplicada.

En cuanto a su objetivo es de tipo descriptiva no experimental, porque se observará y analizará las condiciones estructurales y no estructurales de la institución educativa San Ramón de Cajamarca 2022.

Asimismo, es cualitativa por su enfoque, ya que se realizarán cálculos para determinar la calificación de algunos parámetros que permitirán conocer el nivel de vulnerabilidad sísmica, y cualitativa porque se haá la recolección de datos mediante la observación directa, ya que la edificación recibirá calificaciones o puntajes de acuerdo a sus características particulares.

Por su temporalidad es transversal, ya que se recolectaron datos en un determinado tiempo, para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de la institución educativa San Ramón en el año 2022

### **2.2. Población y Muestra.**

#### **2.2.1. Población.**

La conforman los cuatro pabellones de la Institución Educativa Emblemática San Ramón de la ciudad de Cajamarca.

## Figura 8

*Vista de la I.E. Emblemática San Ramón Cajamarca*



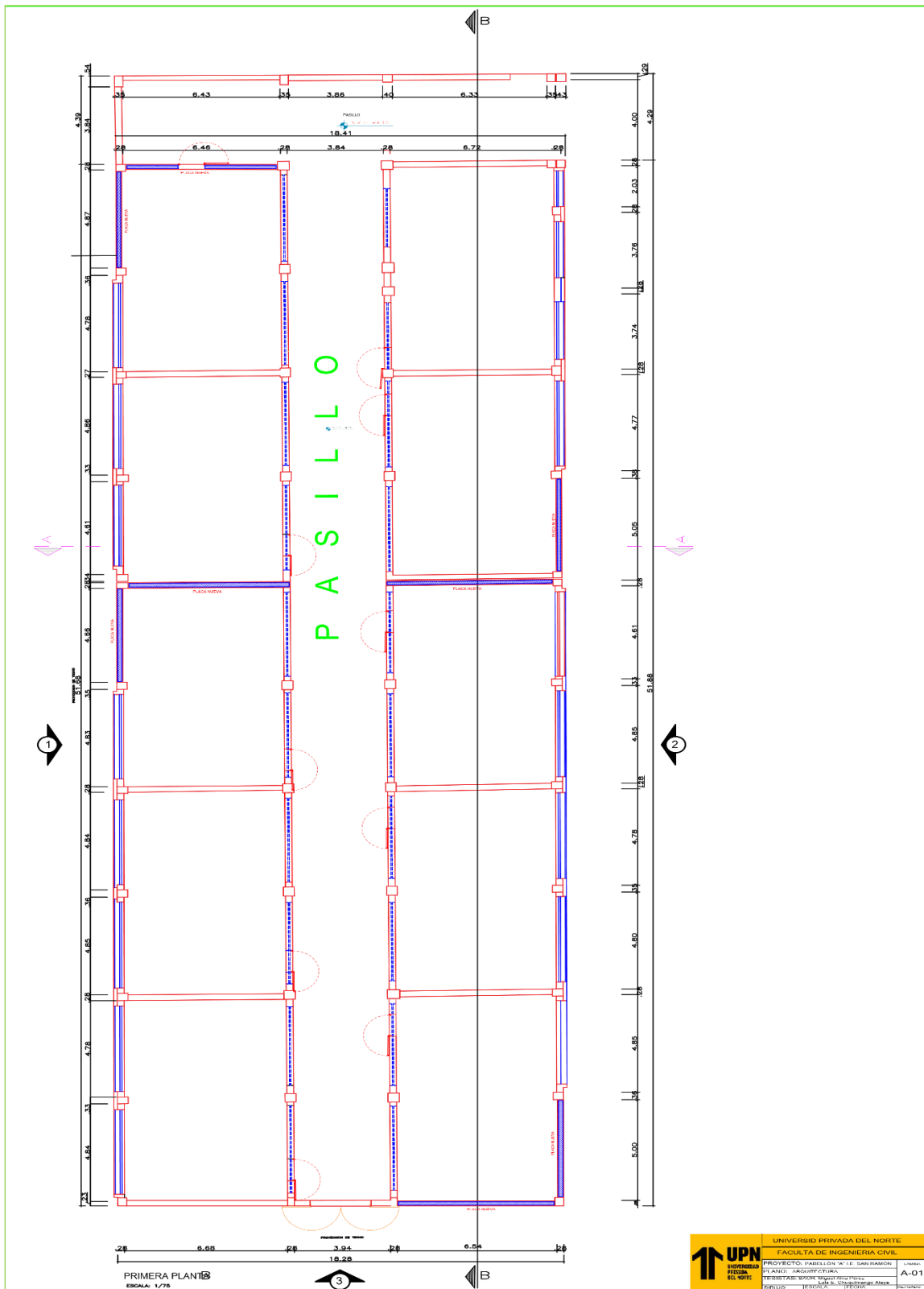
*Nota.* Imagen panorámica de la I.E. San Ramón

### 2.2.2. Muestra.

Está conformada por los pabellones A y B de las Institución Educativa San Ramón de la ciudad de Cajamarca.

**Figura 9**

*Vista en planta del plano de arquitectura del pabellón A de la I.E. San Ramón*

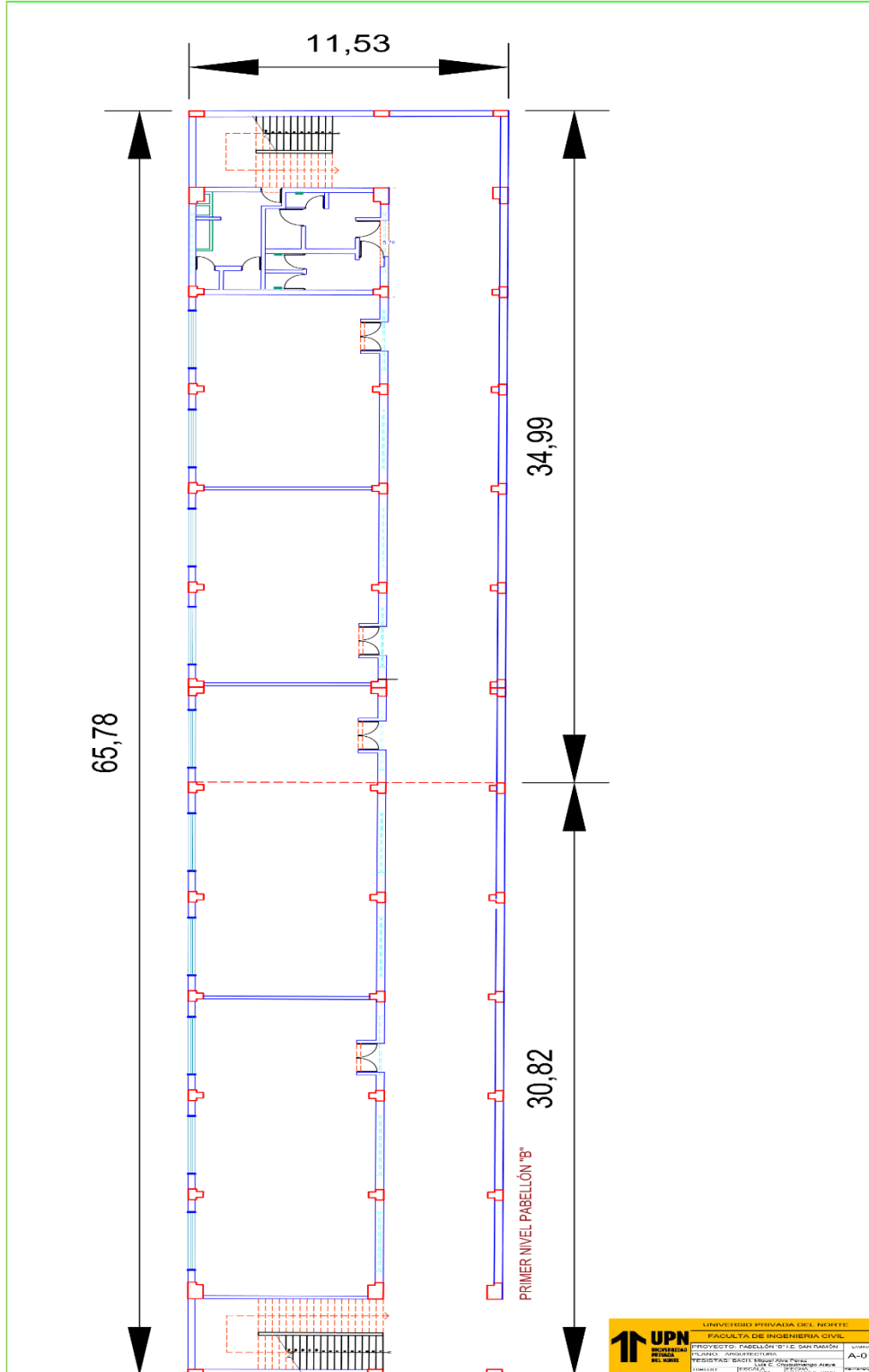


*Nota.* Plano adaptado del expediente técnico del I.E. San Ramón.



**Figura 10**

*Vista en planta del plano de arquitectura del pabellón B de la I.E. San Ramón.*



*Nota.* Plano adaptado del expediente técnico del I.E. San Ramón.

## 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.3.1. Técnicas de recolección de datos

Para la presente investigación se emplearán las siguientes técnicas de recolección de datos.

➤ **Técnica documental**

Mediante esta técnica se realizó la recopilación de información de diferentes documentos como planos, tesis, así como del expediente técnico del mejoramiento y rehabilitación de la Institución Educativa San Ramón, pues este contiene los planos, especificaciones técnicas de los materiales y ensayos (diamantina y suelos) realizados en la I.E. en el año 2010. lo que permitirá tener un panorama general del estado actual de la su infraestructura y tener un sustento para el análisis de datos.

➤ **Técnica de campo**

Se realizó la visita a las instalaciones de la I.E. San Ramón, a fin de llevar a cabo el levantamiento de información de los elementos estructurales, así como la toma fotográfica de los pabellones en estudio, mediante la observación directa; para luego con esta información realizar el procesamiento de datos.

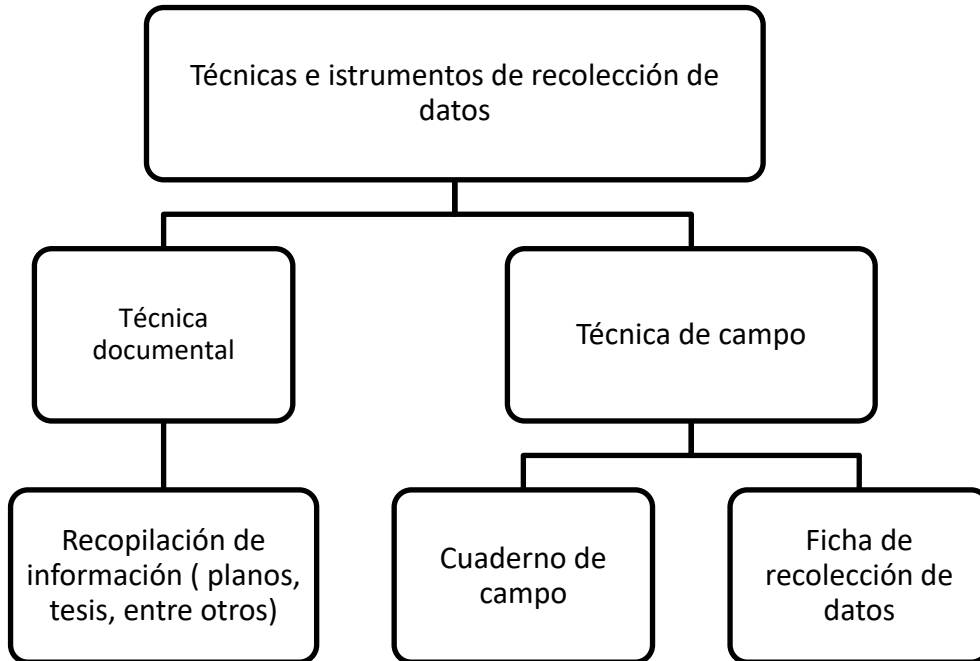
### 2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizarán para la presente investigación son:

- **Cuadernos de campo.** Se empleó para la toma de notas sobre información importante recibida directamente en cuanto al tema investigado.
- **Ficha de evaluación.** Comprenderá los once parámetros propuestos por Benedetti y Petrini presentados en un formato para determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de la edificación en estudio.

**Figura 11**

*Flujograma de Técnicas e Instrumentos de recolección y análisis de datos*



Nota. La figura muestra las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos.

**Figura 12**

*Ficha de recolección de datos.*

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		" NIVEL DE VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS PABELLONES A Y B DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN RAMÓN DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA "					
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>							
<b>DATOS GENERALES</b>							
Ubicación y Propietario							
Departamento	Provincia			Distrito			
Dirección	( ) Jr.	( ) Calle	( ) Av.	( ) Psje.	Descripción		
Propietario				Mz.	Lt.		
Asesor	Erlyn Salazar Huamán						
Tesistas	Miguel Alva Perez			Luis Enrique Chuquimango Alaya			
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN</b>							
N° de pisos	N° de ocupantes			otros			
Tipo de fachada	( ) tarrajeo	( ) pintura	( ) ladrillo	( ) ceramica	( ) otro:		
tipo de edificación	( ) Albañilería	( ) Adobe	( ) Madera	( ) Drywall	( ) otro:		
¿La edificación recibió asesoramiento técnico o profesional?				SI	NO		
¿La edificación fue construida según el RNE, Normas E. 030 y E.070?				SI	NO		
<b>PARÁMETROS DEL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI</b>							
<b>1. Organización del sistema resistente.</b>							
Marcar según lo observado							
A	Edificación construida de acuerdo a normas sísmo resistente.						
B	Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros.						
C	Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, esta constituido unicamente por paredes ortogonales bien ligdas						
D	Edificio con paredes ortogonales bien ligadas.						
<b>2. Calidad del sistema resistente</b>							
Marcar según lo observado							
A	El sistema resiste del edificio presenta las siguientes características: Mampostería en la ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro, presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería, mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5 cm.						
B	El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.						
C	El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.						
D	El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las dos características de la clase A.						
<b>3. Resistencia convencional</b>							
Marcar según lo observado							
A	Estructura con un valor de $a \geq 1$						
B	Estructura para valores comprendidos entre $0.6 \leq a \leq 1$						
C	Estructura para valores comprendidos entre $0.4 \leq a \leq 0.6$						
D	Estructura con un valor de $a < 0.4$						
<b>4. Posición del edificio y cimentación</b>							
Marcar según lo observado							
A	Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%						
B	Edificio cimentado sobre roca comprendida entre un 10% y 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20 %						
C	Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%						
D	Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%						
<b>5. Diafragmas horizontales</b>							
Marcar según lo observado							
A	Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones: Ausencia de plano de desnivel y placas de concreto, la deformabilidad es despreciable, la conexión entre el diafragma y muro es eficaz.						
B	Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas.						
C	Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero no cumplen con las dos condiciones pasadas.						
D	Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.						
<b>6. Configuración en planta</b>							
Marcar según lo observado							
A	Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$						
B	Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$						
C	Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$						
D	Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$						
<b>7. Configuración en elevación</b>							
Marcar según lo observado							
A	Estructura con $-\Delta A/A < 10\%$						
B	Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con $10\% \leq -\Delta A/A < 20\%$						
C	Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con $-\Delta A/A > 20\%$ o $T/H < 2/3$						
D	Estructura con una superficie mayor al 20% con $\Delta A/A > 0$ o con $T/H > 2/3$						

**Figura 13**

*Ficha de recolección de datos*

8. Separación máxima entre muros	
Marcar según lo observado	
A	Si $L/S \leq 15$
B	Si $15 < L/S \leq 18$
C	Si $18 < L/S \leq 25$
D	Si $25 \geq L/S$
9. Tipos de Cubierta	
Marcar según lo observado	
A	Presencia de la cubierta estable con viga cumbreira o de soporte. Edificio con cubierta plana.
B	Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería, sin viga de soporte. Edificio con cubierta parcialmente estable provista de viga de soporte.
C	Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.
D	Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.
10. Elementos no estructurales	
Marcar según lo observado	
A/B	Edificio sin cornisas, parapetos ni balcones. Edificio con cornisas bien conectadas a los paneles con chimeneas de pequeña dimensión y bajo peso. Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.
C	Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal.
D	Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectado a la estructura, que pueden caer en caso de terremoto. Edificio con balcones sin conexión a los forjados o con balcones construidos en etapas posteriores a la construcción de la estructura, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería.
11. Estado de conservación	
Marcar según lo observado	
A	Muros de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.
A	Muros con presencia de agrietamientos, tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción en los casos en que dicho agrietamiento ha sido provocado por terremotos
B	Muros con grietas de mediano tamaño (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presenta agrietamiento, pero se caracteriza por un estado mediocre de conservación de los paneles.
C	Muros que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamiento superior a 3mm.

*Nota. Imagen que nuestros los 11 parámetros del método del índice de vulnerabilidad. Adaptado de Becerra y Caruanambo, 2021*

**Figura 14**

*Estado de conservación de la edificación*



*Nota.* En la imagen se observa la presencia de grietas en los muros de albañilería.

**Figura 15**

*Tipo de cubierta de los pabellones de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Se aprecia el tipo de cubierta con las cuentan los pabellones de la I.E. San Ramón

## 2.4. Procedimiento de recolección y análisis de datos.

La recolección de datos en la presente investigación se realizó de la siguiente manera.

### 2.4.1. Recolección de Datos

En esta etapa se recurrió a la búsqueda de fuentes bibliográficas (tesis, libros, páginas web, monografías, entre otras.) relacionadas con la investigación. También se hicieron las gestiones necesarias con el local educativo en estudio, para acceder a los planos estructurales. Se verificó la NTE- E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones de sismorresistencia.

### 2.4.2. Inspección a las instalaciones de la I.E. San Ramón

A partir de la visita a las instalaciones de la Institución Educativa Emblemática San Ramón de la ciudad de Cajamarca, se realizó la inspección y selección de las estructuras, materia de análisis de la presente investigación. Asimismo, se realizó la toma fotográfica de los elementos estructurales de los pabellones que serán analizados, por lo que se precedió a la respectiva medición de dichos elementos como son las columnas, vigas, losas y muros estructurales.

### Figura 16

*Vista de los pabellones de la I.E. Emblemática San Ramón de Cajamarca.*



### 2.4.3. Identificación de los elementos estructurales en la edificación.

Se ubicó y seleccionó los elementos estructurales predominantes en el edificio, los que se detallan:

- Muros de albañilería para individualizar ambientes educativos.
- Vigas de concreto armado para segundo y tercer nivel.
- Columnas de concreto armado.

#### **Figura 17**

*Vigas y columnas del pabellón B de la I.E. San Ramón.*



*Nota.* En la figura se aprecia los elementos estructurales del pabellón B de la I. E. San Ramón



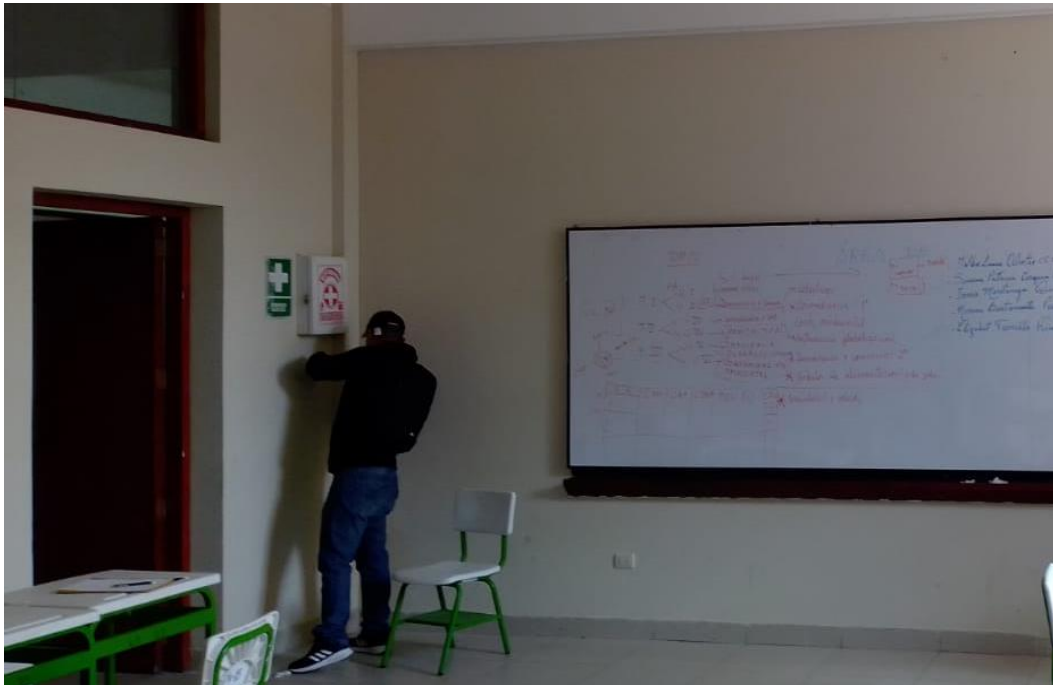
#### 2.4.4. Medición de los elementos estructurales

Se obtuvo las medidas de vigas, columnas y losas, obteniendo las siguientes dimensiones:

- Columnas 0.45m x 0.45m
- Losa de concreto: altura 0.25m

#### Figura 18

*Medición de columnas del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Se observa la toma de medidas de los elementos estructurales

#### 2.4.5. Identificación y situación actual de los elementos estructurales

Al realizar la inspección, se observó que los elementos estructurales como vigas y columnas, de los pabellones en estudio, presentan fisuras.

### **Figura 19**

*Presencia de fisuras en columnas del pabellón A de la I.E. San Ramón.*



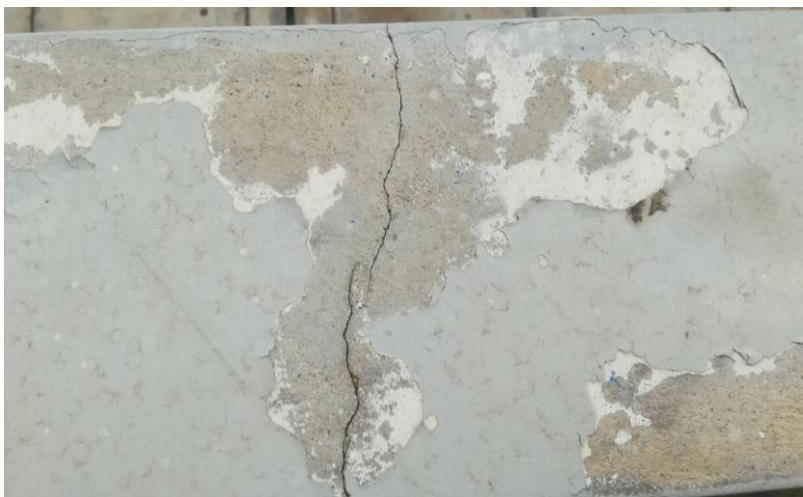
*Nota.* Se muestran agrietamientos en la mampostería, debido a un adecuado confinamiento con columnas.

#### **2.4.6. Verificación de los elementos no estructurales**

Se determinó que, en diversas partes del edificio, los muros de albañilería que separan los ambientes y los parapetos contienen fisuras.

### **Figura 20**

*Presencia de grietas en parapetos del pabellón A de la I.E. San Ramón.*



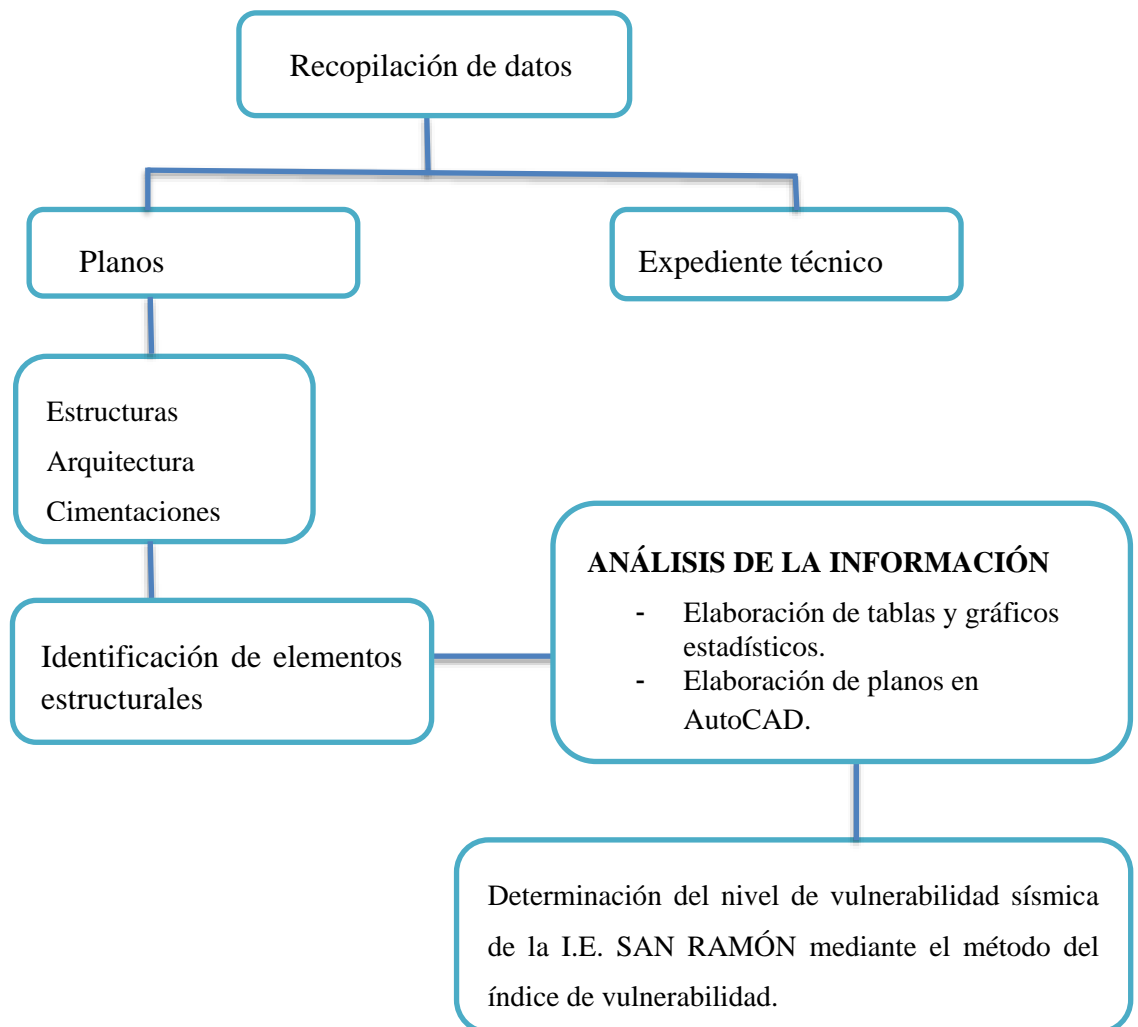
*Nota.* Identificación de fisuras en los parapetos del pabellón A de la I.E. San Ramón

### 2.4.7. Aplicación del método del índice de vulnerabilidad.

Para la evaluación del nivel de vulnerabilidad sísmica, se realizó de acuerdo a los 11 parámetros que presenta el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini. El trabajo en esta etapa consistió en realizar una inspección visual in situ a los pabellones A y B de la Institución Educativa en estudio, en base a la ficha de evaluación de recolección de datos.

**Figura 21**

*Flujograma del procedimiento de recolección de datos.*



*Nota.* En la figura se observa el procedimiento realizado para la recolección de datos.

## 2.5. Procedimiento y tratamiento de análisis de datos.

Para el análisis de los datos que se obtuvieron se realizó el siguiente procedimiento.

- Se procedió a seleccionar la información necesaria registrada en campo, obtenida de las fichas de recolección de datos, así como las anotaciones y fotografías necesarias.
- La información seleccionada se analizó y clasificó de acuerdo a los criterios y parámetros que implicaron el estudio de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras.
- Posteriormente la información obtenida se procesó utilizando los programas de Microsoft Word, Excel y AutoCAD.
- Luego de analizar los datos respectivos, se hizo la evaluación del índice de vulnerabilidad según los once parámetros del método aplicado, dándolos una clasificación numérica según cada parámetro.
- Concluida la evaluación de cada parámetro, se calculó la vulnerabilidad total de los pabellones, resultado de una suma ponderada; este valor es el índice de vulnerabilidad, el cual estima el nivel de daño que puede sufrir la edificación.
- Para presentar la información final se elaboraron tablas y gráficos para una mejor interpretación de los datos obtenidos y responder a los objetivos que fueron planteados.
- Luego como parte final se elaboró el informe respectivo de la investigación, teniendo en cuenta los resultados, conclusiones, recomendaciones y las fotografías de sustento.

## **2.6. Aspectos éticos.**

Los aspectos éticos que se consideraron en la presente investigación son de respetar y considerar los derechos de autor y las referencias correspondientes de la información obtenida que se tuvo en cuenta durante la investigación.

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

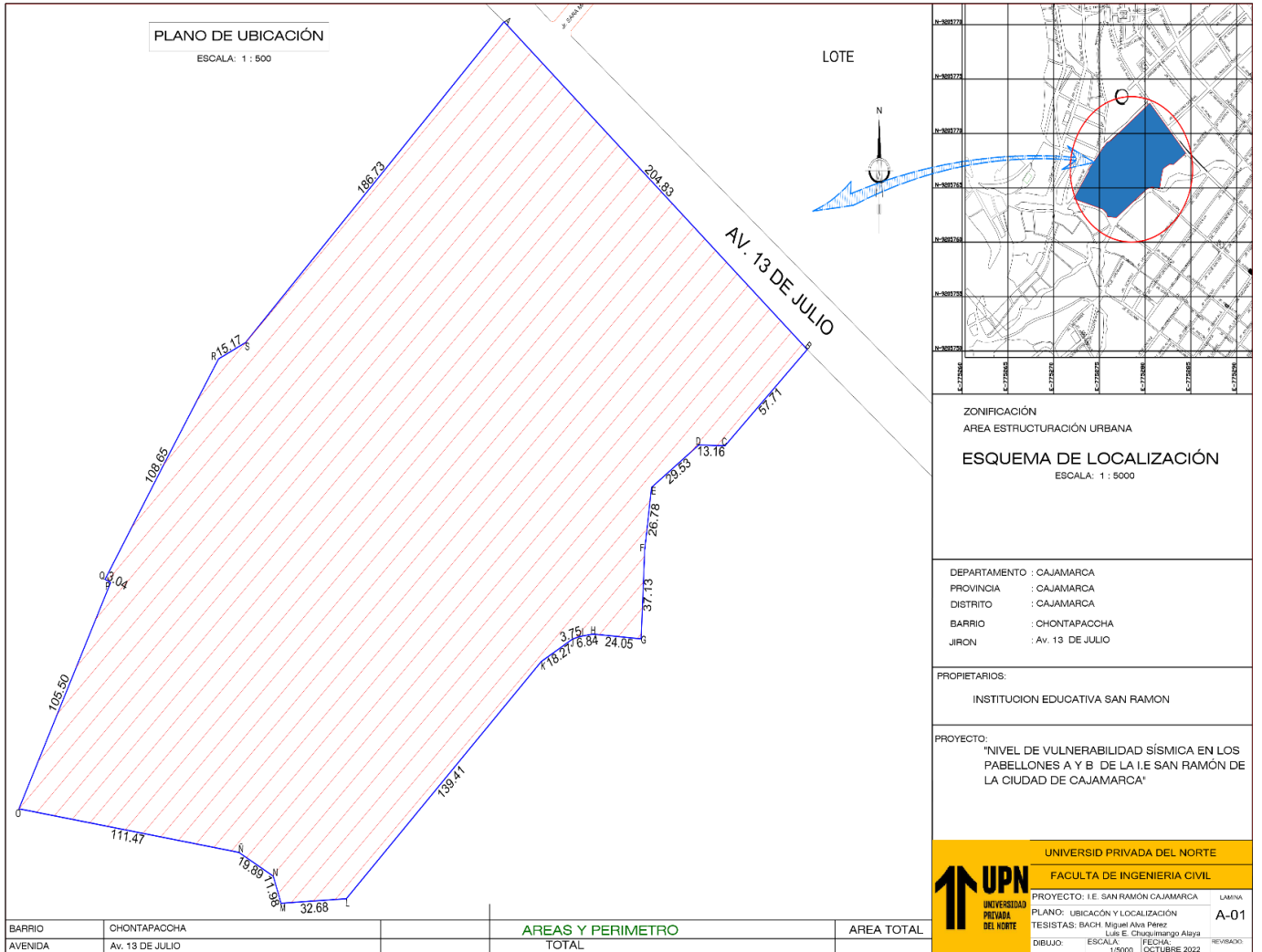
Al aplicar el método de índice de vulnerabilidad para la realización de la evaluación sísmica en la institución Educativa San Ramón Cajamarca, se ejecuta a asignación del calificativo a cada uno de los 11 parámetros y estará sustentada bajo el cumplimiento de las condiciones indicadas en la metodología. Se le denominará de la siguiente manera.

- A. Vulnerabilidad Baja
- B. Vulnerabilidad Media- Baja
- C. Vulnerabilidad Media – Alta
- D. Vulnerabilidad Alta.

La Institución Educativa San Ramón, está ubicada en la Av. 13 de Julio 275 del Barrio Chonta Paccha en la Ciudad de Cajamarca, y presenta un área de 21 000 m<sup>2</sup>, como se muestra en el siguiente plano de ubicación.

**Figura 22**

*Plano de ubicación y Localización de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Figura que muestra el lugar donde se encuentra ubicado la I.E San Ramón. Adaptado del expediente técnico, 2010

**Figura 23**

*Vista del pabellón A de la I.E. San Ramón Cajamarca.*



Nota. En la figura se observa la ubicación del pabellón A de la I.E San Ramón

**Figura 24**

*Vista panorámica del pabellón B de la I.E. San Ramón Cajamarca.*



Nota. En la figura se aprecia la vista frontal del pabellón B de la I.E. San Ramón



La evaluación sísmica a realizar, aplicando el método de vulnerabilidad sísmica, en la institución educativa, solo se ejecutará a los pabellones A y B cuya selección se ha realizado a causa de lo siguiente:

- El pabellón A y B reciben la mayor cantidad de alumnos de la institución.
- Es claramente visible el deterioro de las paredes.
- El pabellón A y B cuentan con dos y tres pisos respectivamente.
- El Pabellón A está ubicado de forma adyacente al patio principal de la institución educativa.

### **Figura 25**

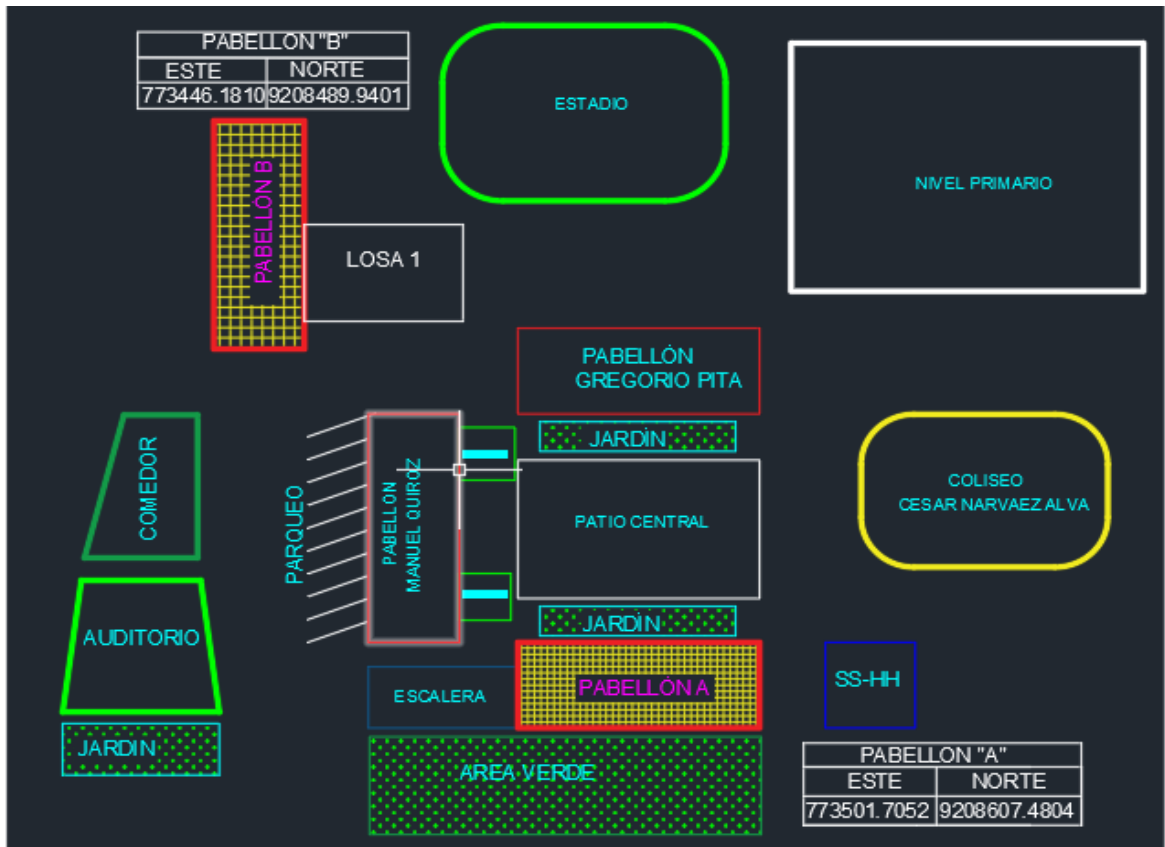
*Frontis de la I.E. San Ramón Cajamarca.*



*Nota.* Pabellón A de la I.E. San Ramón Cajamarca

**Figura 26**

*Croquis de la I.E. San Ramón Cajamarca.*



*Nota.* Croquis de ubicación de los pabellones de la I.E. San Ramón Cajamarca.

### 3.1. Descripción general de los pabellones en evaluación.

#### Sistema Estructural.

La estructura presenta una combinación de pórticos y muros estructurales, los cuales resisten las acciones sísmicas, por lo que se considera un sistema dual. El pabellón A está dividido en dos bloques y el pabellón B en cuatro; ambos contienen una junta sísmica de 5 cm de espesor, la cual se encuentra cubierta con una platina de acero de 10 cm de ancho.

### **Perfil tipo de suelo**

Según el estudio de mecánica de suelos, obtenido del expediente técnico de la rehabilitación, la edificación se encuentra cimentada en un suelo cohesivo blando, por lo tanto, se consideró un perfil tipo S3. ( Intor y Martos, 2017)

### **Alfeizer y parapeto**

La dirección de mayor largo en el pabellón A contiene alfeizares en ventanas altas ( $h=2.74\text{m}$ ) y en ventanas bajas ( $h=1\text{m}$ ) aislados de la estructura con juntas sísmicas de 5cm de espesor; también, el pabellón B presenta alfeizares en ventanas bajas de ( $h = 1.20 \text{ m}$ ) los cuales son de muros de albañilería. Los parapetos de los balcones de ambos pabellones se encuentran confinados por las viguetas y columnas, cuyo material es de albañilería ( $e = 0.25 \text{ m}$ )

### **Losa Aligerada**

Ambos pabellones en estudio están formados por losas aligeradas de 0.30 m en todos sus niveles y con una cubierta de calamina Eternit y tijerales de metal.

## **3.2. Evaluación de los once parámetros del índice de vulnerabilidad pabellón A.**

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

Condiciones que debe cumplir la edificación

- A. Edificio construido a partir de las recomendaciones de la normativa sismo resistente.
- B. Edificio que presenta conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros, en todas las plantas.
- C. Edificio que, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas, por no presentar en vigas de amarre en todas las plantas.
- D. Edificio de paredes ortogonales no ligadas.

## Figura 27

### *Muros de albañilería y vigas de amarre del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* La figura muestra los Muros de albañilería en toda su longitud.

## Evaluación del parámetro I

La I.E. emblemática San Ramón fue construida respetando los parámetros de la normativa técnica de sismorresistencia, pues el centro de estudios data del año 1831 y fue remodelada en el año 2010. La construcción presenta conexiones realizadas mediante vigas de amarre entre columnas y muros portantes, en todas sus plantas.

## CALIFICACIÓN A

### 2. Calidad de sistema resistente.

Las condiciones que se deben cumplir son las siguientes:

A: El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características.

- Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.
- Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
- Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5 cm

B: el sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A

C: el sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A

D: El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A

### **Figura 28**

*Ladrillo macizo y junta de albañilería pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Medición de la junta de los muros de albañilería del pabellón A

**Figura 29**

*Verticalidad de los muros del pabellón A de la I.E. San Ramón*



Nota. La imagen muestra la verificación de la verticalidad de los muros de albañilería del pabellón A

## **Evaluación del parámetro II**

Sobre el estado que presenta actualmente la institución educativa, se considera una mampostería en buen estado; también, se verificó la verticalidad de los muros empleando un nivel de mano y el espesor de la junta del mortero es de 1.5 cm aproximadamente los cuales tienen una homogeneidad aceptable, encontrándose en buen estado de conservación. Por lo tanto, le corresponde una calificación

## CALIFICACIÓN A

### 3. Resistencia Convencional.

El presente parámetro se evalúa de acuerdo a la siguiente expresión:

$$c = \frac{a_0 \cdot t_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 t_k (1 + \gamma)}}$$

$$q = \frac{(A + B) \cdot h}{A_t} \cdot P_m + P_s$$

$$\alpha = \frac{C}{C'}$$

Donde:

N: Número de pisos

$t_k$ : Resistencia a cortante del muro de mampostería

$A_T$ : Área total cubierta en planta ( $m^2$ )

$A_x$ : Área total resistente de los muros en la dirección x ( $m^2$ )

$A_y$ : Área total resistente de los muros en la dirección y ( $m^2$ )

h: Altura promedio de entrepisos (m)

$P_m$ : Peso específico de mampostería ( $T/m^3$ )

$P_s$ : Peso por unidad de área del diafragma ( $T/m^2$ )

$A = \min [A_x; A_y]$

$B = \max [A_x; A_y]$

$$A_0 = \frac{A}{A_T}$$

$$\gamma = \frac{B}{A}$$

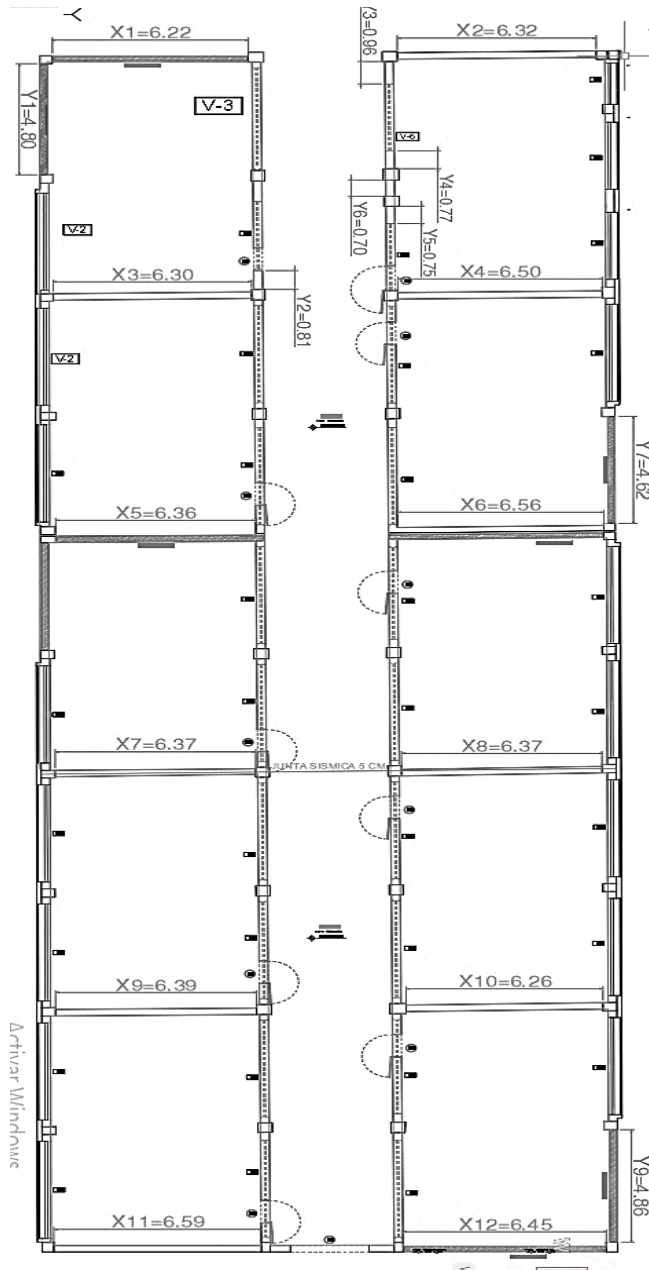
La calificación de  $\alpha$  dependerá de:

A. Estructura con un valor de  $\alpha \geq 1$

- B. Estructura para valores comprendidos entre  $0.6 \leq \alpha \leq 1$
- C. Estructura para valores comprendidos entre  $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
- D. Estructura con un valor de  $\alpha < 0.4$

**Figura 30**

*Plano de vista en planta del pabellón A de la I.E. San Ramón de Cajamarca*



*Nota.* El plano muestra la distribución de muros en sus dos direcciones para obtener el área total de los muros de albañilería. Adaptado del plano del expediente técnico de la I.E. San Ramón.



**Tabla 4**

*Datos generales del pabellón A I.E. San Ramón*

Resistencia Convencional	Valor
N: Número de pisos	2
At: Área total Cubierta	569.7
Ax: Área total resistente del muro X	12.749
Ay: Área total resistente del muro Y	3.354
Tk: Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería Ton/m <sup>2</sup>	18
H: altura de entre piso	3.60
Pm: Peso específico de la mampostería Ton/m <sup>3</sup> (E.020)	1.80
Ps: Peso por unidad de área del diafragma Ton/m <sup>2</sup> (E.020)	0.40

*Nota.* Esta tabla muestra los datos obtenidos del pabellón A.

**Tabla 5**

*Área de muros de albañilería del pabellón A de la I.E. San Ramón*

DIRECCIÓN X				DIRECCIÓN Y			
MURO X	L(m)	S(m)	LS (m <sup>2</sup> )	MURO Y	L(m)	S(m)	LS(m <sup>2</sup> )
X1	6.22	0.25	1.555	Y1	4.80	0.25	1.2
X2	6.32	0.25	1.580	Y2	0.81	0.25	0.203
X3	6.30	0.25	1.575	Y3	0.96	0.25	0.240
X4	6.50	0.25	1.625	Y4	0.77	0.25	0.193
X5	6.36	0.25	1.590	Y5	0.75	0.25	0.188
X6	6.56	0.25	1.640	Y6	0.70	0.25	0.175
X7	6.37	0.25	1.592	Y7	4.62	0.25	1.155
X8	6.37	0.25	1.592				
<b>AX</b>	<b>=</b>		<b>12.749</b>	<b>BY</b>	<b>=</b>		<b>3.354</b>

*Nota.* La tabla muestra el área total de los muros de albañilería en sus dos direcciones.

### Calculamos A y B

$$A = 3.354 \text{ m}^2$$

$$B = 12.749 \text{ m}^2$$

### Calculamos q

$$q = \frac{(A + B) \cdot h}{A_t} \cdot P_m + P_s$$

$$q = \frac{(3.354 + 12.749) \cdot 3.60}{569.7} \cdot 1.8 + 0.40$$

$$q = 0.583 \text{ ton/m}^2$$

### Calculamos la resistencia convencional ( $A_0$ )

$$A_0 = \frac{A}{A_T}$$

$$A_0 = \frac{3.354}{569.7}$$

$$A_0 = 0.01$$

### Calculamos la variable $\gamma$ según la ecuación

$$\gamma = \frac{B}{A} \quad \gamma = \frac{12.749}{3.354} \quad \gamma = 3.8$$

### Calculamos el coeficiente de resistencia convencional C

$$c = \frac{a_0 \cdot t_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 t_k (1 + \gamma)}}$$

$$c = \frac{0.01 \cdot 18}{0.583 \cdot 2} \sqrt{1 + \frac{0.583 \cdot 2}{1.5 \cdot 0.01 \cdot 18(1 + 3.8)}}$$

$$C = 0.213$$

### Calculamos la variable $\alpha$ (parámetro de la resistencia convencional)

$$\alpha = \frac{c}{c'} \quad \alpha = \frac{0.213}{0.35} \quad \alpha = 0.61$$

**Tabla 6**

*Datos calculados para el Bloque I del pabellón A para el parámetro 3*

A	B	A0	$\gamma$	q	C	C'	$\alpha$
12.749	3.354	0.01	3.8	0.583	0.213	0.35	0.61

*Nota.* Tabla que muestra el área total de muros en la dirección XX e YY del pabellón A de la I.E San Ramón

### **Evaluación del parámetro III**

A partir de los cálculos se observa que hay mayor densidad de muros en la dirección X que en la dirección Y. Es importante mencionar que los alfeizares de las ventanas altas y bajas no se han considerado; ya que no suman resistencia a la estructura. Por lo afirmado, al presente parámetro el valor de  $\alpha$  se encuentra en el rango 2 correspondiéndole una calificación

### **CALIFICACIÓN B**

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

La evaluación del presente parámetro tomará en consideración lo siguiente:

- A. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual a 10%
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprometida entre un 10% y un 20%
- C. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%

- D. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor a 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%

**Figura 31**

*Ubicación del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* La imagen muestra la posición de la edificación del pabellón A

**Figura 32**

*Vista interior del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Figura que muestra la ausencia de desnivel que presenta la edificación del pabellón A.

## **Evaluación del parámetro IV**

Como se puede observar, el pabellón A está construido sobre un terreno estable, con una pendiente menor al 10%.

## **CALIFICACIÓN A**

### **5. Diafragmas horizontales**

Para evaluar este parámetro, se tendrá en consideración:

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

**Figura 33**

*Vista de los diafragmas del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Se observa los diafragmas rígidos de forma regular con ausencia de aberturas y desnivel.

**Figura 34**

*Tipo de cubierta del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Se puede apreciar la regularidad del diafragma cubierta con una estructura de metal y teja andina.

## Evaluación del parámetro V

Los niveles del pabellón A tienen una buena conexión entre los diafragmas horizontales, siendo esto regulares, rígidos y continuos unidos con los muros y vigas de amarre; por lo que son estables ante movimientos sísmicos. También presenta una cubierta de tres aguas con tijerales de acero cubierto con teja andina en buen estado de conservación, no existiendo deformación en sus diafragmas, determinándose una calificación

## CALIFICACIÓN A

### 6. Configuración en planta

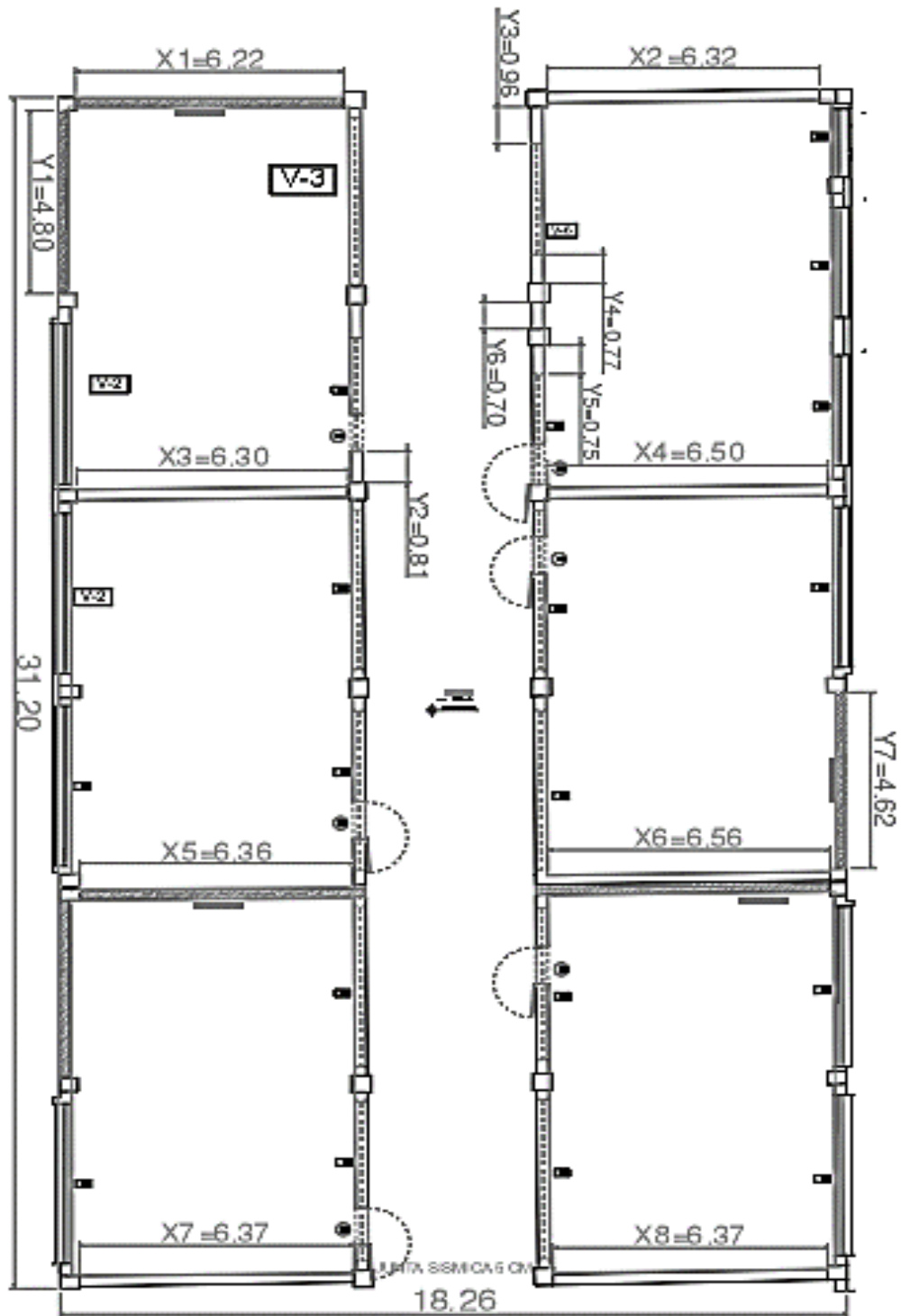
Para evaluar este parámetro se empleará la siguiente expresión:

$$\beta_1 = \frac{a}{L} \text{ y } \beta_2 = \frac{b}{L}$$

- A. Edificio con  $\beta_1 \geq 0.8$  ó  $\beta_2 \leq 0.1$
- B. Edificio con  $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$  ó  $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
- C. Edificio con  $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$  ó  $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con  $0.4 > \beta_1$  ó  $0.3 < \beta_2$

**Figura 35**

*Vista en plana del Bloque 1 del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Plano que muestra la regularidad en planta del bloque A. Adaptado del expediente técnico de la I.E. San Ramón.



**Tabla 7**

*Configuración en planta del pabellón A I.E. San Ramón*

CONFIGURACIÓN EN PLANTA	VALOR (m)
Ancho de la edificación	18.26
Largo de la edificación	31.20
B1=	0.6

*Nota.* La tabla muestra los datos obtenidos para la configuración en planta del pabellón A.

El pabellón A presenta una forma rectangular, por lo que se evaluara de acuerdo a la siguiente relación.

$$\beta_1 = \frac{a}{L}$$

$$\beta_1 = \frac{18.26}{31.20}$$

$$\beta_1 = 0.6$$

### **Evaluación del parámetro VI**

La existencia de irregularidad en planta de una edificación implica el buen o mal comportamiento de una estructura ante un movimiento sísmico. La relación ancho y largo del bloque I del pabellón A es de 0.585.

## **CALIFICACIÓN B**

### **7. Configuración en elevación**

Al no presentar protuberancias, la estructura del pabellón A, solo se evaluará la variación de la superficie entre el primer y segundo nivel.

$$\text{A Estructura con } - \frac{\Delta A}{A} < 10 \%$$

B Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con  $10\% \leq -\frac{\Delta A}{A} < 20\%$

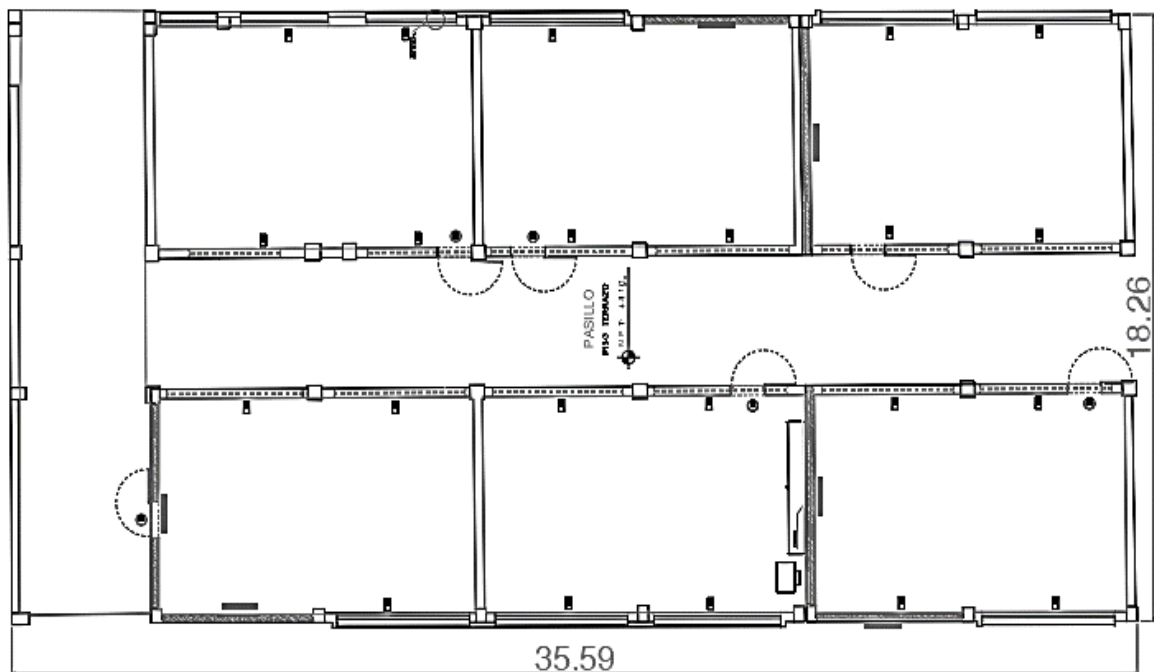
C Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con  $-\frac{\Delta A}{A} > 20\%$  o

$T/H < 2/3$

D Estructura con una superficie mayor al 20% con  $\frac{\Delta A}{A} > 0$  o con  $T/H > 2/3$

### Figura 36

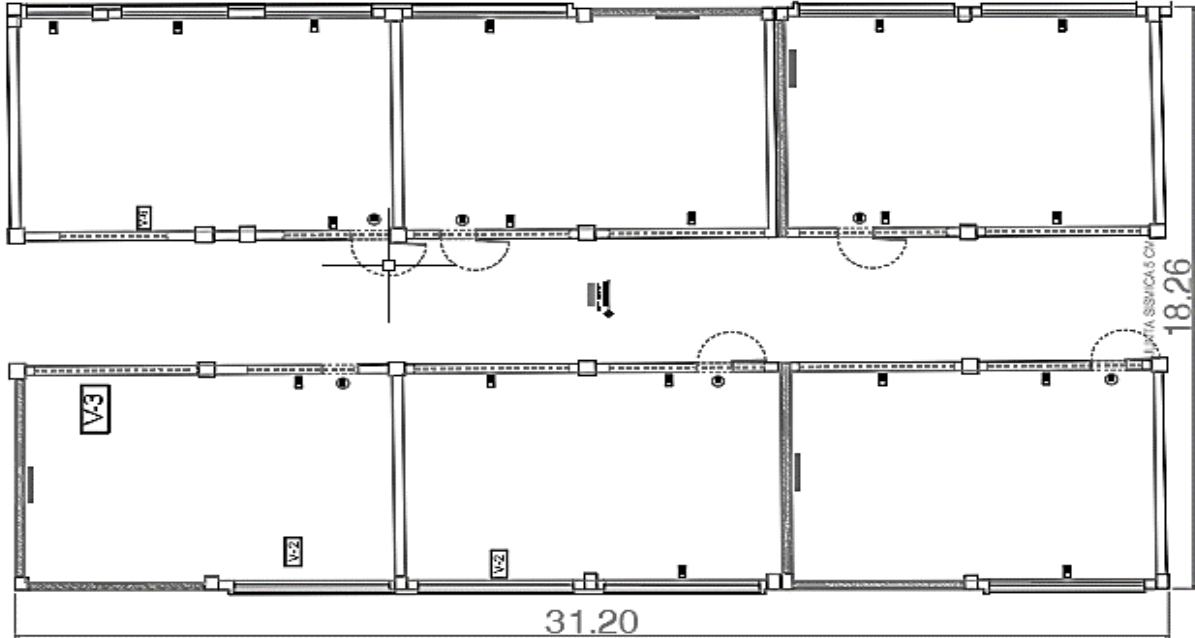
*Segundo nivel del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Plano adaptado del expediente técnico de la I.E. San Ramón.

**Figura 37**

*Primer nivel del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Plano adaptado del expediente técnico de la I.E. San Ramón

**Tabla 8**

*Datos calculados para el parámetro 7 del pabellón A*

DESCRIPCIÓN	VALOR
Área Primer Nivel (A1)	569.71
Área Segundo Nivel (A2)	644.87
Variación de Áreas ( $\Delta A$ )	75.16
$\frac{\Delta A}{A}$	13.2 %

*Nota.* La tabla se muestran los resultados de la variación de áreas del pabellón A de la I.E.

### **Evaluación del parámetro VII**

Al realizar la evaluación del porche, en el presente parámetro, el valor resultante está ubicado dentro de la condición B, menor al 20%, por lo que se determina una calificación B

## CALIFICACIÓN B

### 8. Separación máxima entre muros

Para la evaluación de este parámetro, se debe considerar lo siguiente:

L: Espaciamiento máximo entre muros transversales

S: espesor del muro

A. Si  $L/S \leq 15$

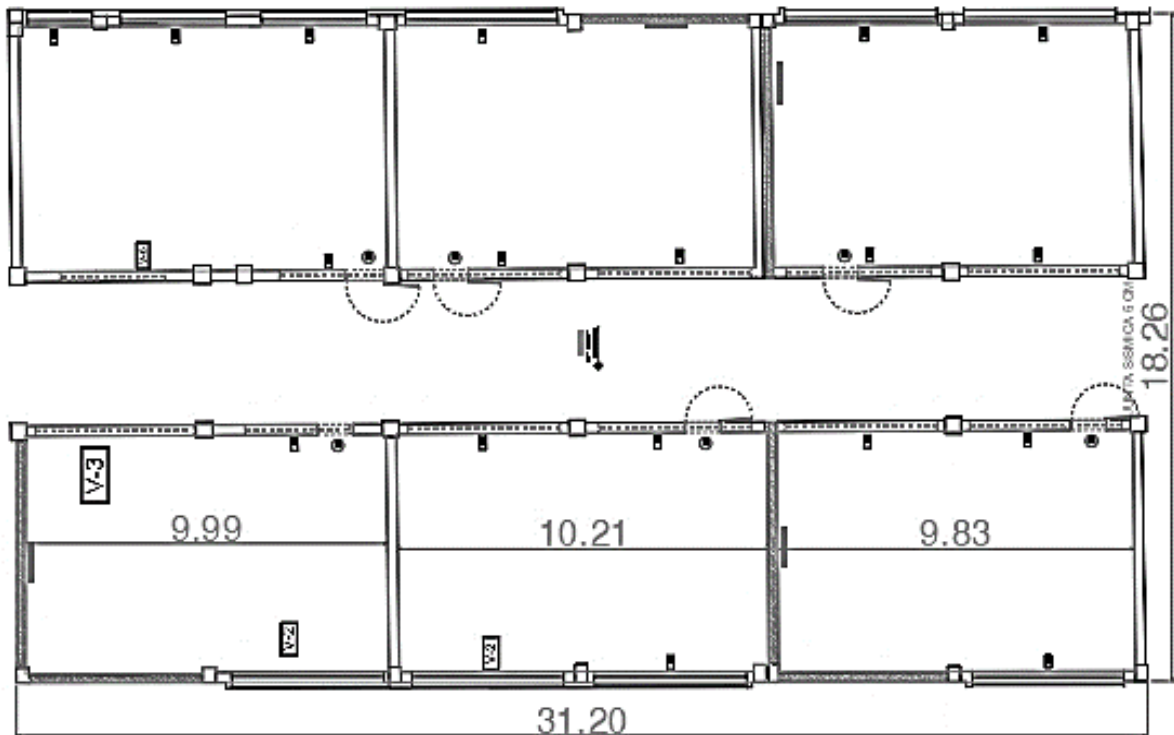
B. Si  $15 < L/S \leq 18$

C. Si  $18 < L/S \leq 25$

D. Si  $25 \geq L/S$

**Figura 38**

*Separación de muros del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Plano adaptado del expediente técnico de la I.E. San Ramón

$$\frac{L}{S} = \frac{10.21}{0.25} = 40.84$$

### **Evaluación del parámetro VIII**

Al evaluar el presente parámetro, se observa que la relación L/S obtenida se encuentra en la cuarta condición, determinándose una calificación de D

### **CALIFICACIÓN D**

#### **9. Tipos de Cubierta**

Para la evaluación del presente parámetro se considerará lo siguiente:

- A. Presencia de la cubierta estable con viga de soporte o cumbrera. Edificación con cubierta plana.
  
- B. Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería, sin viga de soporte. Edificio con cubierta parcialmente estable provista de viga de soporte.
  
- C. Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.
  
- D. Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.

**Figura 39**

*Cubierta del pabellón A apoyado y amarrado sobre la losa aligerada*



*Nota.* Figura que muestra el tipo de cubierta en el pabellón A de la I.E. San Ramón

**Evaluación del parámetro IX**

Al calificar el presente parámetro se distingue que la cubierta de loza aligerada está apoyada en vigas de soporte estables adecuadamente unidas a los muros, con conexiones de planchas de metal aseguradas con varillas roscadas hacia la viga de concreto, lo cual garantiza un comportamiento rígido durante un movimiento sísmico; también, se aprecia que sobre la losa aligerada existe una cubierta a cuatro aguas, a base de tijerales de metal y teja andina, por lo que le corresponde una

**CALIFICACIÓN A**

## 10. Elementos no estructurales

Para evaluar este parámetro se considera:

A/ B. Edificio sin cornisas, parapetos ni balcones. Edificio con cornisas bien conectadas a los paneles con chimeneas de bajo peso y pequeña dimensión.

Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.

C. Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal.

D. Edificio con cualquier elemento externo a la estructura principal, como chimeneas, de peso considerable y mal enlazado a la estructura, que pueden caer en caso de terremoto. Edificio con balcones construidos en etapas posteriores a la construcción de la estructura o con balcones que no están conectados a los forjados, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería.

### Figura 40

*Parapetos del pabellón A de la I.E. San Ramón*



Nota. Las figuras muestran la presencia de balcones con extensiones de los forjados estructurales.

## Figura 41

*Presencia de cornisas en el pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* En la figura se muestra la presencia de cornisas en el pabellón A de la I.E.

### **Evaluación de parámetro X**

La estructura contiene cornisas que están correctamente conectadas a los diafragmas; de igual manera, existe la presencia de un balcón con parapetos arriostizados proporcionado mayor seguridad a la edificación, asignándosele una calificación

### **CALIFICACIÓN B**

#### **11. Estado de conservación**

Para evaluar el estado de conservación del edificio, se tomará en cuenta:

A. Muros de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.



- B. Muros con presencia de agrietamientos, tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción en los casos en que tales grietas fueron provocadas por terremotos.
- C. Muros con grietas de mediano tamaño (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presenta agrietamiento; sin embargo, se caracteriza por un estado mediocre de conservación de los paneles.
- D. Muros que presentan agrietamiento superior a 3mm. o un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción.

### **Figura 42**

*Presencia de fisura estructural en muros del pabellón A de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Figura que muestra la existencia de fisuras en los muros de albañilería del pabellón A.

## **Evaluación del parámetro XI**

La mayoría de los muros en este parámetro se halla en un buen estado de conservación, excepto algunos que contienen fisuras pequeñas, tal como se observa en las fotografías referentes.

## **CALIFICACIÓN B**

### **3.3. Evaluación de los once parámetros del índice de vulnerabilidad pabellón B.**

#### **Figura 43**

*Pabellón B de la I.E. San Ramón.*



*Nota.* La imagen muestra la estructura del pabellón B de la I.E. San Ramón.

## 1. Organización del sistema resistente

La edificación debe cumplir las siguientes condiciones:

- A. Que el edificio haya sido construido bajo las recomendaciones de la norma sismo resistente
- B. Edificación que contenga conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros, en todas las plantas.
- C. Edificio que está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas, por no presentar en vigas de amarre en todas las plantas.
- D. Edificio con paredes ortogonales no ligadas.

### Figura 44

*Vista posterior de pabellón B de la I.E. San Ramón.*



*Nota.* Imagen de la estructura del pabellón B de la I.E. San Ramón.

**Figura 45**

*Segundo nivel de pabellón B de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Vista de los elementos estructurales del pabellón B de la I.E San Ramón

**Figura 46**

*Tercer nivel del pabellón B de la I.E. San Ramón.*



*Nota.* La figura muestra los elementos estructurales del tercer nivel del pabellón B de la I.E.

## **Evaluación del parámetro I**

La construcción de la Institución Educativa Emblemática San Ramón se realizó de acuerdo a los parámetros de la norma técnica E.030 de sismo resistencia, pues se llevó a cabo durante los años 2000, 2001; a su vez, presenta, en sus tres niveles, enlaces realizados mediante vigas de amarre en los muros.

## **CALIFICACIÓN A**

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

Las condiciones a cumplir son:

A: El sistema resistente del edificio tiene las características siguientes:

- Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.
- Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
- Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5 cm

B: El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A

C: el sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A

D: El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A

**Figura 47**

*Verificación del espesor de la junta y el tipo de ladrillo del pabellón B*



*Nota.* En la figura se aprecia la medición del espesor de la junta que presentan los muros de albañilería del pabellón B dela I.E. San Ramón

**Figura 48**

*Verticalidad del pabellón B.*



*Nota.* Imagen que muestra la verificación de la verticalidad en los muros de albañilería del pabellón B.

## Evaluación del parámetro II

Se observa que los bloques de albañilería se encuentran en estado regular de calidad y homogeneidad. Están unidos por una junta de mortero 1.05 cm de espesor en buena calidad, existiendo verticalidad en todos los muros, cumpliendo con las condiciones del parámetro en evaluación, asignándosele una calificación de A

## CALIFICACIÓN A

### 3. Resistencia convencional.

Este parámetro se evaluará a partir de la siguiente expresión:

$$c = \frac{a_0 \cdot t_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 t_k (1 + \gamma)}}$$

$$q = \frac{(A + B) \cdot h}{A_t} \cdot P_m + P_s \qquad \alpha = \frac{C}{C'}$$

Donde:

N: número de pisos

$t_k$ : Resistencia a cortante del muro de mampostería

$A_T$ : Área total cubierta en planta ( $m^2$ )

$A_x$ : área total resistente de los muros en la dirección x ( $m^2$ )

$A_y$ : área total resistente de los muros en la dirección y ( $m^2$ )

h: Altura promedio de entrepisos (m)

$P_m$ : Peso específico de mampostería ( $T/m^3$ )

$P_s$ : Peso por unidad de área del diafragma ( $T/m^2$ )

$A = \min [ A_x; A_y ]$

$B = \text{máx.} [ A_x; A_y ]$

$$A_0 = \frac{A}{A_T}$$

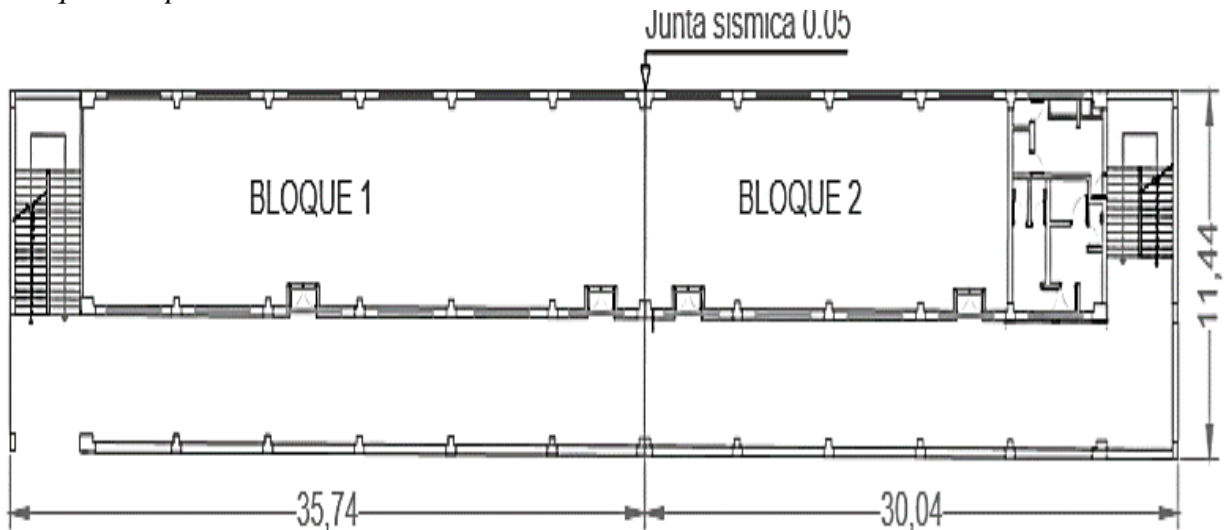
$$\gamma = \frac{B}{A}$$

La calificación de  $\alpha$  dependerá de:

- E. Estructura con un valor de  $\alpha \geq 1$
- F. Estructura para valores comprendidos entre  $0.6 \leq \alpha \leq 1$
- G. Estructura para valores comprendidos entre  $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
- H. Estructura con un valor de  $\alpha < 0.4$

**Figura 49**

*Bloques del pabellón B de la I.E. San Ramón*



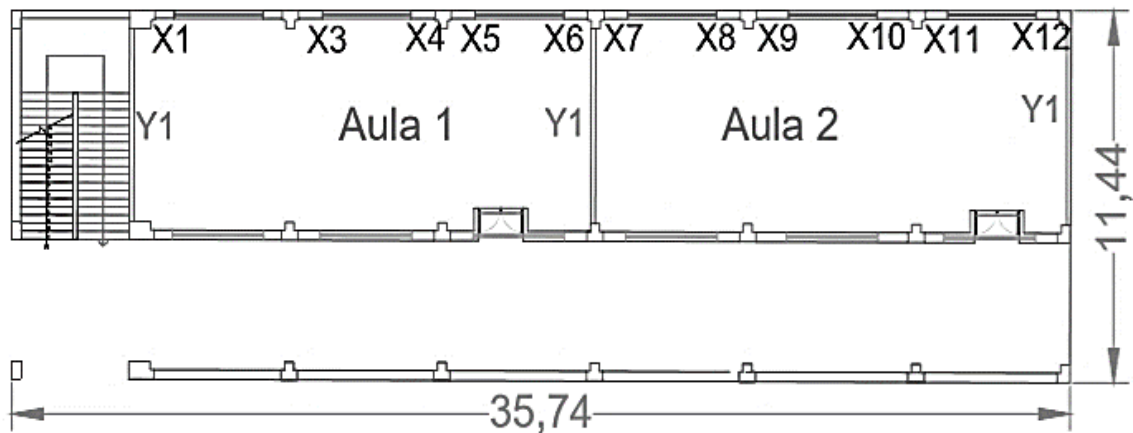
*Nota.* Plano de los bloques del pabellón B. Adaptado del expediente técnico de la I.E. San Ramón

El pabellón B del colegio San Ramón está conformado por dos bloques, los mismos que están separados por una junta sísmica de 5cm. El bloque I fue elegido para el presente análisis, como se visualiza en la imagen referente.



**Figura 50**

*Muros del pabellón B en sus dos direcciones*



*Nota.* La figura muestra la ubicación de los muros en sus direcciones x e y del bloque 1. Plano adaptado del expediente técnico de la I.E. San Ramón.

**Tabla 9**

*Datos generales del pabellón B I.E. San Ramón*

Resistencia Convencional	Valor
N: Número de pisos	3
At: Área total Cubierta	408.87
Ax: Área total resistente del muro X	2.46
Ay: Área total resistente del muro Y	2,69
Tk: Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería Ton/m <sup>2</sup>	18
H: altura de entre piso	2.80
Pm: Peso específico de la mampostería Ton/m <sup>3</sup> (E.020)	1.80
Ps: Peso por unidad de área del diafragma Ton/m <sup>2</sup> (E.020)	0.40

*Nota.* La tabla muestra los valores obtenidos del pabellón B para obtener la resistencia convencional.

**Tabla 10**

*Área de muros portantes del bloque 1 del pabellón B de la I.E. San Ramón*

MURO	L	T	Lt	MURO	L	t	Lt		
X1	0.65	0.25	0.163	Y1	5.94	0.15	0.89		
X2	0.65	0.25	0.163	Y2	6	0.15	0.9		
X3	0.80	0.25	0.20	Y3	6	0.15	0.9		
X4	0.80	0.25	0.20						
X5	0.80	0.25	0.20						
X6	0.80	0.25	0.20						
X7	0.80	0.25	0.20						
X8	0.80	0.25	0.20						
X9	1.1	0.25	0.28						
X10	1.1	0.25	0.28						
X11	0.75	0.25	0.19						
X12	0.75	0.25	0.19						
<b>AX</b>			<b>=</b>	<b>2.46</b>	<b>BY</b>			<b>=</b>	<b>2.69</b>

*Nota.* La tabla muestra las áreas de los muros de albañilería en la dirección XX e YY del pabellón B

### Calculamos A y B

$$A = 2.46 \text{ m}^2$$

$$B = 2.69 \text{ m}^2$$

Calculamos q

$$q = \frac{(A + B) \cdot h}{A_t} \cdot P_m + P_s$$

$$q = \frac{(2.46 + 2.69) \cdot 2.80}{408.87} \cdot 1.8 + 0.40$$

$$q = 0.46 \text{ ton/m}^2$$

**Calculamos la resistencia convencional ( $A_0$ )**

$$A_0 = \frac{A}{A_T}$$

$$A_0 = \frac{2.46}{408.87}$$

$$A_0 = 0.006$$

**Calculamos la variable  $\gamma$  según la ecuación**

$$\gamma = \frac{B}{A} \qquad \gamma = \frac{2.69}{2.46} \qquad \gamma = 1.09$$

**Calculamos el coeficiente de resistencia convencional C**

$$c = \frac{a_0 \cdot t_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 t_k (1 + \gamma)}}$$

$$c = \frac{0.006 \cdot 18}{0.46 \cdot 3} \sqrt{1 + \frac{0.46 \cdot 3}{1.5 \cdot 0.006 \cdot 18(1 + 1.09)}}$$

$$C = 0.176$$

**Calculamos la variable  $\alpha$**

$$\alpha = \frac{c}{c'} \qquad \alpha = \frac{0.176}{0.35}$$

$$\alpha = 0.5$$

**Tabla 11**

*Datos calculados del bloque 1 del pabellón B para el parámetro 3.*

A	B	A0	$\gamma$	q	C	C'	$\alpha$
2.46	2.69	0.006	1.09	0.46	0.176	0.35	0.5

*Nota.* Tabla que muestra las áreas calculadas de los muros en la dirección XX e YY del pabellón B.

### **Evaluación del parámetro III**

A partir de la realización de los cálculos se visualiza que hay una mayor densidad de muros en la dirección Y que en la dirección X. Los alfeizares de las ventanas altas y bajas no se han considerado, debido a que no aportan resistencia a la estructura. Por lo dicho, al presente parámetro el valor de  $\alpha$  se encuentra en el rango 3 determinándose la calificación

### **CALIFICACIÓN C**

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

El presente parámetro tendrá en cuenta lo siguiente, para su evaluación:

- A. Edificación cimentada sobre terreno estable con pendiente inferior o igual a 10%
- B. Edificación cimentada sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprometida entre un 10% y un 20%
- C. Edificación cimentada sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%
- D. Edificación cimentada sobre terreno suelto con pendiente mayor a 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%

**Figura 51**

*Desnivel existente en el pabellón B.*



*Nota.* En la figura se logra apreciar la existencia de desnivel de la edificación del pabellón B de la I.E.

### **Evaluación del parámetro IV**

En la institución educativa San Ramón, el pabellón B está construido en un terreno estable con una pendiente de 6.89 % en su base.

## **CALIFICACIÓN A**

### **5. Diagramas horizontales**

Para evaluar el presente parámetro se tomará en consideración:

A. Edificios con diafragmas, de cualquier origen que satisfacen las condiciones.

- Ausencia de planos de desnivel y placas de concreto
- La deformabilidad del diafragma es despreciable
- La conexión entre el diafragma y el muro es eficaz

- B. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas.
- C. Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero no cumplen con las dos condiciones pasadas.
- D. Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

### **Figura 52**

*Vista de los diafragmas del pabellón B*



*Nota.* En la figura se observa los diafragmas rígidos de forma regular con ausencia de aberturas y desnivel en el pabellón B.

### **Evaluación del parámetro V**

En los tres niveles del pabellón B de la I.E. San Ramón, se cumple con las tres condiciones del presente parámetro y se le determina una calificación.

## **CALIFICACIÓN A**

## 6. Configuración en planta

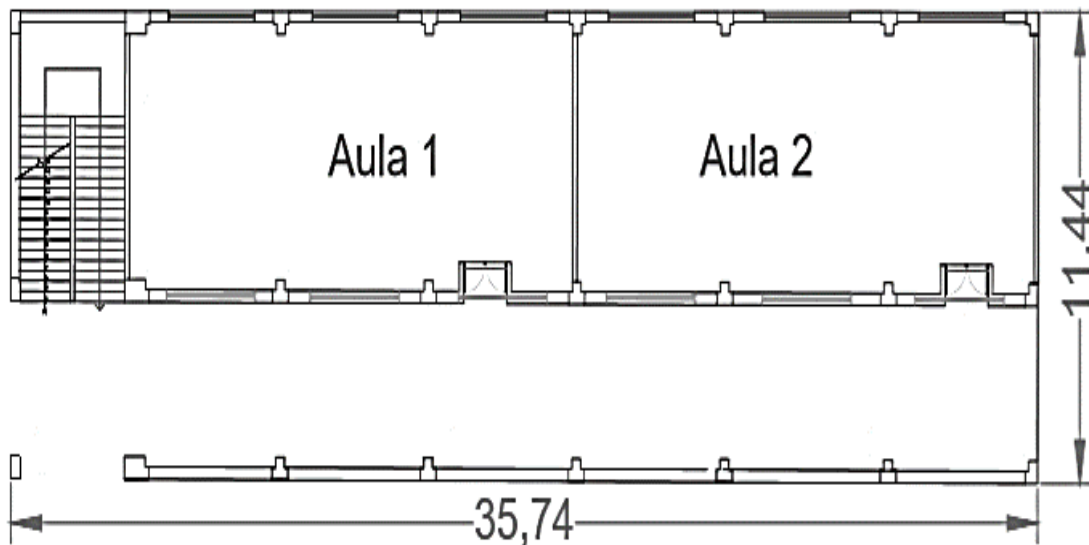
La evaluación del presente parámetro considera la siguiente expresión:

$$\beta_1 = \frac{a}{L} \text{ y } \beta_2 = \frac{b}{L}$$

- A. Edificio con  $\beta_1 \geq 0.8$  ó  $\beta_2 \leq 0.1$
- B. Edificio con  $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$  ó  $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
- C. Edificio con  $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$  ó  $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con  $0.4 > \beta_1$  ó  $0.3 < \beta_2$

**Figura 53**

*Vista en planta del pabellón B.*



*Nota.* Plano que muestra la regularidad en planta del pabellón B de la I.E. San Ramón

**Tabla 12**

*Datos calculados del bloque 1 del pabellón B para el parámetro 6*

CONFIGURACIÓN EN PLANTA	VALOR (m)
Ancho de la edificación	11.44
Largo de la edificación	35.74
B1=	0.32

*Nota.* Tabla que muestra los resultados de la relación de largo y ancho del pabellón B de la I.E.

### **Evaluación del parámetro VI**

El valor que se obtuvo como resultado de la edificación en relación del ancho y largo es 0.32 hallándose en el cuarto rango, por lo que comprende una calificación de D

## **CALIFICACIÓN D**

### **7. Configuración en elevación**

El pabellón Gregorio Pita no presenta protuberancias en su estructura; por ello se evaluará solamente la variación de la superficie entre el primer y segundo nivel.

A Estructura con  $-\frac{\Delta A}{MA} < 10\%$

B Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con  $10\% \leq -\frac{\Delta A}{A} < 20\%$

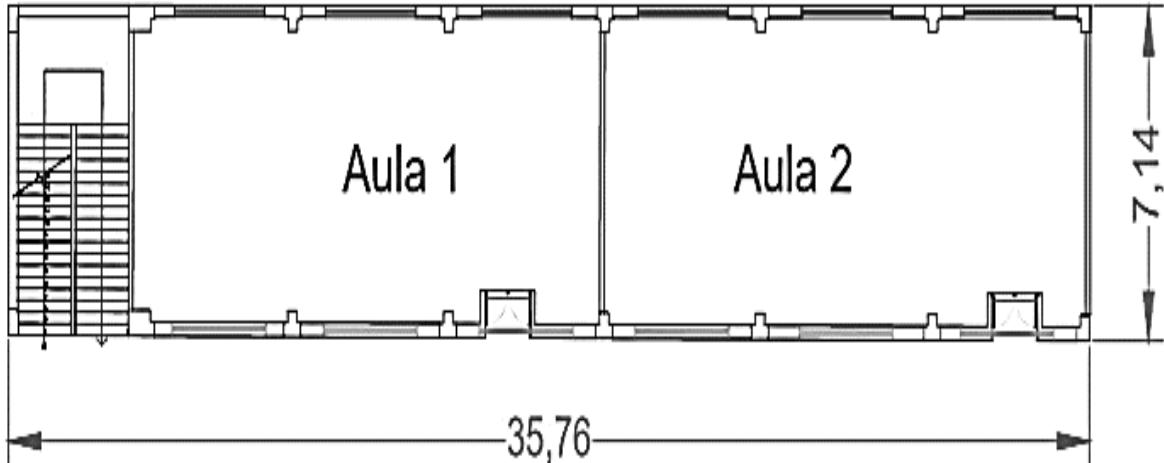
C Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con  $-\frac{\Delta A}{A} > 20\%$  o  $T/H < 2/3$

D Estructura con una superficie mayor al 20% con  $\frac{\Delta A}{A} > 0$  o con  $T/H > 2/3$



**Figura 54**

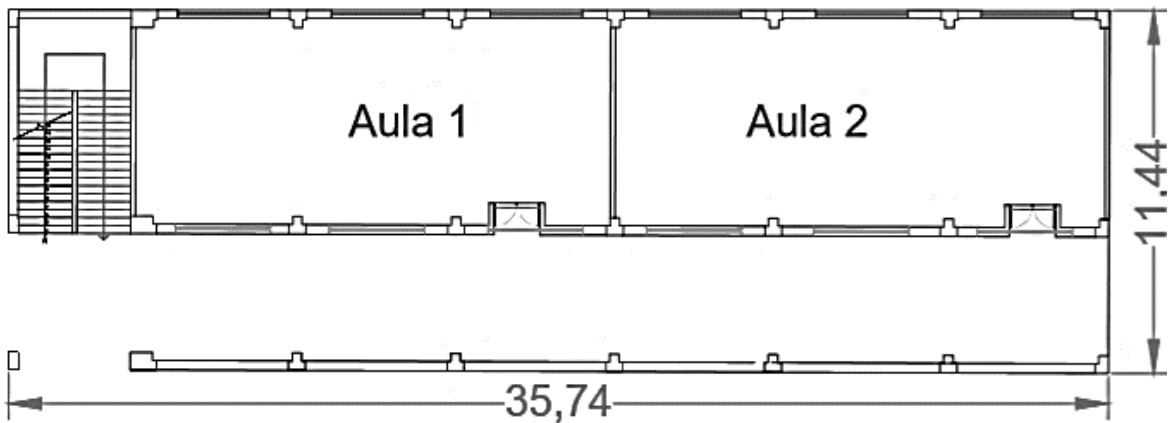
*Vista en planta del primer nivel del pabellón B de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Plano adaptado del expediente técnico de la I.E. San Ramón

**Figura 55**

*Vista del Segundo nivel del pabellón B de la I.E. San Ramón*



*Nota.* Plano adaptado del expediente técnico de la I.E. San Ramón

**Tabla 13**

*Datos calculados del bloque 1 del pabellón B para el parámetro 7*

DESCRIPCIÓN	VALOR
Área Primer Nivel (A1)	255.33
Área Segundo Nivel (A2)	408.87
Variación de Áreas ( $\Delta A$ )	153.54
$\frac{\Delta A}{A}$	60.14 %

*Nota.* La tabla muestra la variación de áreas del pabellón B de la I.E. San Ramón

### **Evaluación del parámetro VII**

Se puede visualizar que el valor que se obtuvo en la evaluación del porche se encuentra ubicado en la condición cuatro, mayor al 20%; al ser así, se le asigna una calificación D

## **CALIFICACIÓN D**

### **8. Separación máxima entre muros**

Para evaluar este parámetro se debe considerar lo siguiente:

L: Espaciamiento máximo entre muros transversales

S: espesor del muro

**E.** Si  $L/S \leq 15$

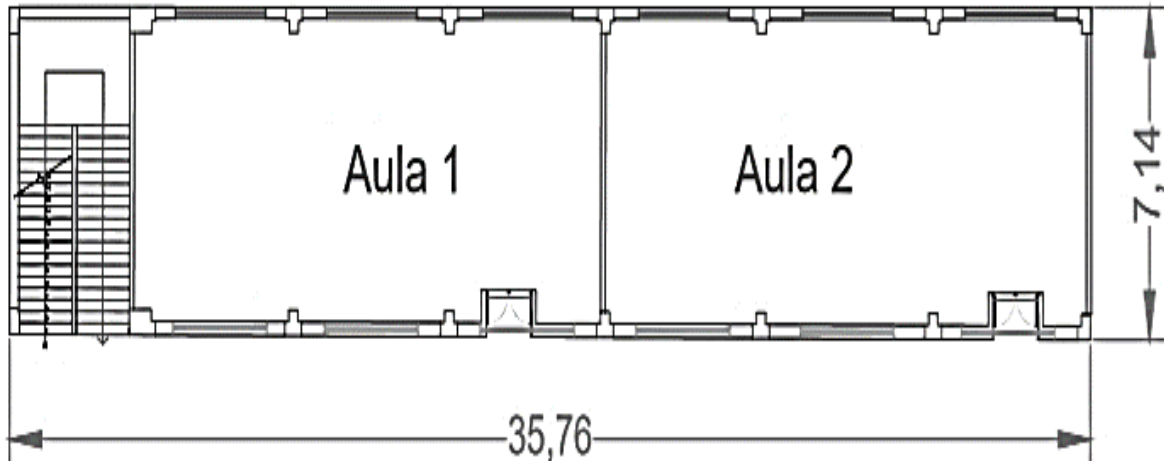
**F.** Si  $15 < L/S \leq 18$

**G.** Si  $18 < L/S \leq 25$

**H.** Si  $25 \geq L/S$

**Figura 56**

*Separación máxima entre muros del pabellón B.*



*Nota.* En la figura se observa el plano de vista en planta del pabellón B de la I.E. Adaptado del expediente técnico de la I.E. San Ramón.

$$\frac{L}{S} = \frac{15.44}{0.25} = 61.76$$

### **Evaluación del parámetro VIII**

El valor obtenido de la relación L/S, durante la evaluación de este parámetro, cumple con la cuarta condición del parámetro; entonces, equivale a una calificación.

## **CALIFICACIÓN D**

### **9. Tipos de cubierta**

Consideraciones a tener en cuenta para la evaluación del presente parámetro:

A. Existe cubierta estable con viga cumbre o de soporte. Edificio con cubierta plana.

B. Existencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería, sin viga de soporte. Edificio con cubierta parcialmente estable provista de viga de soporte.

C. Existe cubierta inestable; sin embargo, con viga de soporte.

D. Presencia de cubierta inestable con ausencia de viga de soporte.

### **Figura 57**

*Vista del Tipo de cubierta del pabellón B.*



*Nota.* Imagen que muestra el tipo de cubierta que presenta el pabellón B de la I.E. Sa Ramón

### **Evaluación del parámetro IX**

La evaluación del parámetro presente, distingue que la cubierta de losa aligerada se encuentra apoyada en vigas de soporte correctamente enlazadas a los muros. Tiene conexiones de planchas de metal aseguradas con varillas roscadas hacia la viga de concreto. Aquello, garantiza un comportamiento rígido durante un movimiento sísmico. Asimismo, se observa que sobre la losa aligerada existe una

cubierta a cuatro aguas a base de tijerales de metal y teja andina. Al respecto, comprende una calificación A.

## CALIFICACIÓN A

### 10. Elementos no estructurales

Se considera lo siguiente, para la evaluación de este parámetro:

- A/ B. Edificio sin cornisas, parapetos ni balcones. Edificio con cornisas bien conectadas a los paneles con chimeneas de corta dimensión y bajo peso. Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.
- C. Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y erróneamente conectados a la estructura principal.
- D. Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, erróneamente conectado a la estructura y de peso considerable, que puede caer en caso de terremoto. Edificio con balcones sin conexión a los forjados o con balcones construidos en etapas posteriores a la construcción de la estructura, presentando así un deficiente vínculo de dichos elementos a los paneles de mampostería.

**Figura 58**

*Presencia de parapetos en el pabellón B.*



*Nota.* En la figura se logra apreciar la existencia de parapetos en los tres niveles del pabellón B de la I.E. San Ramón

**Figura 59.**

*Vista de alféizares de ventanas y parapetos en el pabellón B.*



*Nota.* Figura que muestra la presencia de alféizares y parapetos en el pabellón B de la I.E. San Ramón

## **Evaluación del parámetro X**

Las cornisas de la estructura se encuentran adecuadamente conectadas a los diafragmas. De igual manera, se observa la existencia de balcones en sus tres niveles, con parapetos arriostizados, lo que proporciona mayor seguridad a la edificación. Sobre ello, se determina una calificación B.

## **CALIFICACIÓN B**

### **11. Estado de conservación**

Se tomó en cuenta lo siguiente para determinar el estado de conservación del edificio:

- A. Muros de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.
- B. Muros con presencia de grietas, tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción en los casos en que dicho agrietamiento ha sido provocado por terremotos.
- C. Muros con grietas de mediano tamaño (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presenta agrietamiento, pero se caracteriza por un estado mediocre de conservación de los paneles.
- D. Muros que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamiento superior a 3mm.

**Figura 60**

*Presencia de grietas estructurales en parapetos del pabellón B*



*Nota.* En la figura se muestra la presencia de grietas en los parapetos del primer nivel del pabellón B de la I.E. San Ramón

**Figura 61**

*Presencia de grietas estructurales en parapetos del pabellón B*



*Nota.* En la figura se logra apreciar la existencia de grietas estructurales entre la columna y el parapeto.



**Figura 62.**

*Vista de grietas estructurales en muros del pabellón B*



*Nota.* Figura que muestra la presencia de grietas en el pabellón B de la I.E San Ramón

**Evaluación del parámetro XI**

Se visualiza la presencia de grietas de mediano tamaño, en los muros de albañilería. La mayor parte de la estructura se encuentra en un nivel regular de conservación. Por ello, corresponde determinar la calificación de B.

**CALIFICACIÓN B**

### 3.4. Determinación del Índice de Vulnerabilidad sísmica

**Tabla 14**

*Índice de vulnerabilidad de Pabellón A de la I.E. San Ramón.*

i	Parámetro	Ki				Peso		
		A	B	C	D	Wi	KiWi	
1	Organización del Sistema resistente	0				1.00	0	
2	Calidad del Sistema Resistente	0				0.25	0	
3	Resistencia Convencional		5			1.50	7.5	
4	Posición del edificio y Cimentación	0				0.75	0	
5	Diafragmas Horizontales	0				1.00	0	
6	Configuración en Planta		5			0.50	2.5	
7	Configuración en Elevación		5			1.00	5	
8	Separación Máxima entre Muros				45	0.25	11.25	
9	Tipos de Cubierta	0				1.00	0	
10	Elementos no estructurales		0			0.25	0	
11	Estado de Conservación		5			1.00	5	
<b>ÍNDICE DE VULNERABILIDAD</b>							<b>31.25</b>	

*Nota.* En la tabla se muestra el nivel de vulnerabilidad sísmica que presenta el pabellón A de la I.E. San Ramón Cajamarca.

A partir de la tabla 14, el pabellón A, tiene un índice de vulnerabilidad de 31.25. Esta calificación se ubica dentro del parámetro de 0 hasta 95.3, y, de acuerdo al método de Benedetti y Petrini, se refiere a una vulnerabilidad baja.

**Tabla 15**

*Índice de vulnerabilidad del Pabellón B de la I.E. San Ramón.*

i	Parámetro	Ki				Peso	
		A	B	C	D	Wi	KiWi
1	Organización del Sistema resistente	0				1.00	0
2	Calidad del Sistema Resistente	0				0.25	0
3	Resistencia Convencional			25		1.50	37.5
4	Posición del edificio y Cimentación	0				0.75	0
5	Diafragmas Horizontales	0				1.00	0
6	Configuración en Planta				45	0.50	25.50
7	Configuración en Elevación				45	1.00	45
8	Separación Máxima entre Muros				45	0.25	11.25
9	Tipos de Cubierta	0				1.00	0
10	Elementos no estructurales		0			0.25	0
11	Estado de Conservación		5			1.00	5
<b>ÍNDICE DE VULNERABILIDAD</b>							<b>124.25</b>

*Nota.* Tabla que muestra el nivel de vulnerabilidad sísmica que presenta el pabellón B de la I.E San Ramón Cajamarca.

Según la tabla, el índice de vulnerabilidad para el pabellón B, muestra un resultado de 124.25, el mismo que está comprendido dentro del parámetro de 95.63 hasta 191.30, lo que indica una vulnerabilidad media, en relación a la calificación de los once parámetros de la metodología italiana empleada.

Tabla 16

*Determinación de vulnerabilidad de los pabellones evaluados de la I.E. San Ramón.*

<b>PABELLÓN</b>	<b>IV</b>	<b>PARÁMETRO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA</b>	<b>VULNERABILIDAD</b>
A	31.25	(0 hasta 95.63)	Baja
B	124.25	(95.63 hasta 191.30)	Media

*Nota.* Tabla que muestra la calificación del nivel de vulnerabilidad sísmica de los pabellones evaluados

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **4.1. Discusión**

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LOS PABELLONES A Y B DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN RAMÓN DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA; al respecto los resultados que arrojan los análisis realizados de los dos pabellones de la institución educativa son únicos y están sujetos al estado actual en el que se encontraron al llevar a cabo la inspección.

La evaluación correspondiente a la infraestructura de la I.E. San Ramón de la ciudad de Cajamarca se realizó de manera descriptiva, paralelo a tomas fotográficas y el uso de la ficha de evaluación de campo.

En la actualidad, a partir de la inspección realizada, la estructura de la Institución Educativa San Ramón, contiene en ambos pabellones muros y columnas portantes, las que mantienen su verticalidad a pesar del paso de los años También, existe una junta sísmica de 5 cm. que separa la edificación en dos bloques logrando que estos se desplacen independientemente ante la presencia de un movimiento sísmico.

Al haber transcurrido 191 años desde la creación de la emblemática institución educativa San Ramón de Cajamarca, se concluye que debido a su antigüedad no fue construida con un reglamento sismorresistente. Por tal razón en el año 2010 fue remodelada teniendo en cuenta la actual norma de sismo resistencia, siendo notorias actualmente en su estructura los muros de concreto armado y juntas sísmicas; haciendo de ella, una estructura con mayor resistencia a los sismos.

A partir de la aplicación del Método Italiano de Benedetti y Petrini, en cuanto al análisis de vulnerabilidad, se obtuvo como resultado un índice de vulnerabilidad de 31.25 para el pabellón A y 124.25 para el pabellón B, resultados que se ubican dentro del parámetro de vulnerabilidad baja y media respectivamente. Sin embargo, esto no quiere decir que la infraestructura de San Ramón se halla en condiciones óptimas para soportar un evento sísmico de alta magnitud; puesto que, de los once parámetros se ha determinado que los más vulnerables son la configuración en planta. Allí, se obtuvieron valores, a raíz de que la estructura cuenta con balcones y un pasadizo en el centro que sirve de ingreso a las aulas, lo que puede generar en la estructura, problemas de resistencia y rigidez.

La evaluación del parámetro 8 (distancia entre muros), del pabellón A, resultó una calificación "D"; ya que, la distancia máxima entre muros es de 10.25 m, excediendo la distancia máxima del parámetro evaluado.

Por otro lado, los parámetros que tuvieron una calificación baja durante la evaluación del pabellón B fueron el de configuración en planta, en elevación y separación máxima entre muros, a causa de la presencia de balcones y porches en sus tres niveles. Esto generaría que los parámetros sean de mayor incidencia a un mayor índice de vulnerabilidad sísmica.

Por otro parte, según Pecori y Cruz (2018) en su tesis titulada "Estudio de vulnerabilidad sísmica de la I.E. Emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo" concluyeron que los pabellones analizados A, C y J del centro educativo evaluado con el método del índice de vulnerabilidad fue medio bajo, teniendo las calificaciones más bajas los parámetros de configuración en planta, en elevación y distancia máxima entre muros, planteando frente a los problemas hallados un nuevo diseño estructural del pabellón C, preservando sus dimensiones y distribución de sus ambientes, resultados similares a los

encontrados en la investigación realizada a la I.E. San Ramón de Cajamarca, todo ves que los estudios realizado fueron en diferentes zonas sísmicas (Trujillo zona 4 y Cajamarca zona 3)

Becerra y Caruanambo (2021) en su investigación "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021" determinaron que el grado de vulnerabilidad sísmica para la Institución Educativa evaluada mediante el método de Benedetti y Petrini es baja en sus pabellones analizados, ya que durante un sismo se presentarían daños estructurales leves, en relación con el estudio llevado a cabo en la I. E. San Ramón en el pabellón Ay B el resultado del nivel de vulnerabilidad sísmica también es baja, esto no quiere decir que la estructura de la Institución en estudio se encuentre en óptimas condiciones para soportar un evento sísmico de alta magnitud, puesto que los parámetros más vulnerables son el de configuración el planta, elevación y separación máxima entre muros ya que la distancia existente es de 10.25. la cual supera a lo descrito en el parámetro indicado.

Al concluir el análisis del método italiano de vulnerabilidad sísmica en cuanto a los once parámetros de los pabellones A y B de la Institución Emblemática San Ramón de Cajamarca 2022, se obtiene un índice de vulnerabilidad baja.

Sobre ello (Becerra y Caruhanambo, 2021), a partir de la evaluación con el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, se determinó que los módulos evaluados de la Institución Educativa N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca tienen una vulnerabilidad baja.

Por tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación son semejantes y coherentes con los de los antecedentes, lo que conlleva a deducir que el método empleado es confiable para la evaluación sísmica de una estructura.

Tales resultados sobre vulnerabilidad sísmica refieren que la estructura en estudio del colegio San Ramón, fue construida valorando las normas de sismo resistencia; por ende, frente a un posible sismo, los daños generados serían moderados o leves.

La investigación contribuye al conocimiento, ya que se ha logrado determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa en estudio, aportando al director como parte de la comunidad educativa a tomar medidas de prevención identificando las zonas más vulnerables permitiendo la reducción de posibles daños materiales y pérdidas de vidas humanas frente a un evento sísmico.

Referente a los hallazgos encontrados durante la investigación es que el nivel de vulnerabilidad sísmica en la I.E. San Ramón de Cajamarca, en los pabellones evaluados, es BAJA, debido a los parámetros más relevantes del método del índice de vulnerabilidad como posición del edificio y cimentación, la organización del sistema resistente y calidad del sistema resistente.

En relación a las limitaciones presentadas en nuestra investigación es que no se ha podido acceder a las instalaciones de la Institución Educativa para realizar los ensayos



respectivos ya que esta se encontraba cerrada por el estado de emergencia nacional decretada por el gobierno de turno, debido a la pandemia del Covid-19.

Otras de las limitaciones fue el difícil acceso a los planos estructurales de la I.E. San Ramón y a las especificaciones técnicas con las que fue remodelada, puesto que la empresa constructora a cargo de la ejecución de la obra no ha entregado a la dirección del plantel el expediente técnico según referencia del director

#### **4.2. Conclusiones.**

- En conclusión, el nivel de vulnerabilidad sísmica en el pabellón A de la institución educativa San Ramón de la ciudad de Cajamarca es BAJA y MEDIA en el pabellón B, a partir del empleo del método italiano del índice de vulnerabilidad sísmica, en tal sentido se rechaza la hipótesis planteada debido a los resultados obtenidos, esperando que no se presenten daños estructurales en la edificación del pabellón A, el cual está construido en dos niveles distribuido en once aulas por cada nivel, En cambio el pabellón B, edificación que presenta tres niveles de cuatro aulas y servicios higiénicos en cada uno de ellos, presenta un nivel de vulnerabilidad MEDIA lo que podría ocasionar daños estructurales leves en menor magnitud durante un fenómeno sísmico.
- Se elaboró una ficha técnica para la recolección de datos, validada por los profesionales certificados en estructuras por el colegio de ingenieros Ing. Civil Álvaro Rolando Centurión León, donde se determinaron los once parámetros que intervienen en la evaluación del índice de vulnerabilidad sísmica; a través de los cuales, se obtuvo información precisa para establecer el índice de vulnerabilidad sísmica en los pabellones A y B, según la propuesta de Benedetti y Petrini

- Se determinó los parámetros con mayor incidencia en la vulnerabilidad sísmica de los pabellones A y B de la I.E. San Ramón, obteniendo los resultados con mayor calificación en los parámetros de configuración en planta; elevación y distancia máxima entre muros; alcanzando una calificación D conforme al método empleado.
- Durante el presente estudio se logró identificar fisuras constructivas en muros de albañilería, grietas estructurales entre las trabas de muros y columnas, ante esto se propone para las fisuras constructivas realizar una aplicación de lechadas de agua con cemento por siete días conforme al ACI, ya que estas fallas son por el mal procesos constructivos.
- Para las grietas estructurales mayores a un milímetro, se recomienda realizar un estudio profundo para determinar con exactitud las causas que ocasionan estos tipos de fallas en el elemento estructural, ya que pueden provocarse por exceso de cargas, corrosión en el acero, asentamiento del terreno y por la baja resistencia del concreto, una vez identificadas las posibles causas se recomienda aplicar un epóxico de baja viscosidad a fin de que este penetre en la grieta, luego agregar un sellador que sirva como un puente de adherencia y por ultimo sellar la falla con mortero de cemento, arena fina y agua más un epóxico de baja viscosidad, a fin de conseguir que el elemento sea monolítico.

## REFERENCIAS

- Abanto, S., & Cárdenas, D. (2015). Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti – Petrini en las Instituciones Educativas del Centro Histórico de Trujillo, provincia de Trujillo, Región la Libertad. Recuperado de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2056>
- Pecori, C., & Cruz, O. (2018). Estudio de vulnerabilidad sísmica de la I.E. Emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12867>
- Hidalgo, E., & Silvestre, R. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa N° 20475- Los Pelones, del distrito y provincia de Barranca del departamento de Lima. Recuperado de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/2531>
- Becerra, J., & Caruanambo, G. (2021). Evaluación de vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E. N° 055 María Isabel Rodríguez Urrunaga Cajamarca 2021 recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28239>
- Tucto, J. (2018). Evaluación del Riesgo Sísmico Utilizando el índice de vulnerabilidad de Benedetti – Petrini en las viviendas de adobe existentes en la zona urbana del distrito de Llacanora, Cajamarca. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2526>
- Huiza, W., & Mayhua, J. (2019) Grado De Vulnerabilidad Sísmica Con La Aplicación Del Método Italiano En El Colegio Nacional La Victoria De Ayacucho- Huancavelica, 2019. Recuperado de

<https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3065>

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES E.030. (2018). "Diseño sismorresistente".

Lima: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

## ANEXOS

### ANEXO N.º 1. Panel fotográfico

#### Figura 63

*Visita a la Institución Educativa para la aplicación de la ficha de recolección de datos.*



#### Figura 64

*Vista panorámica de la cubierta del pabellón A de la I.E.*



**Figura 65**

*Vista del sistema aporticado del pabellón A de la I.E. San Ramón*



**Figura 66**

*Medida de la altura del entrepiso en el pabellón A*



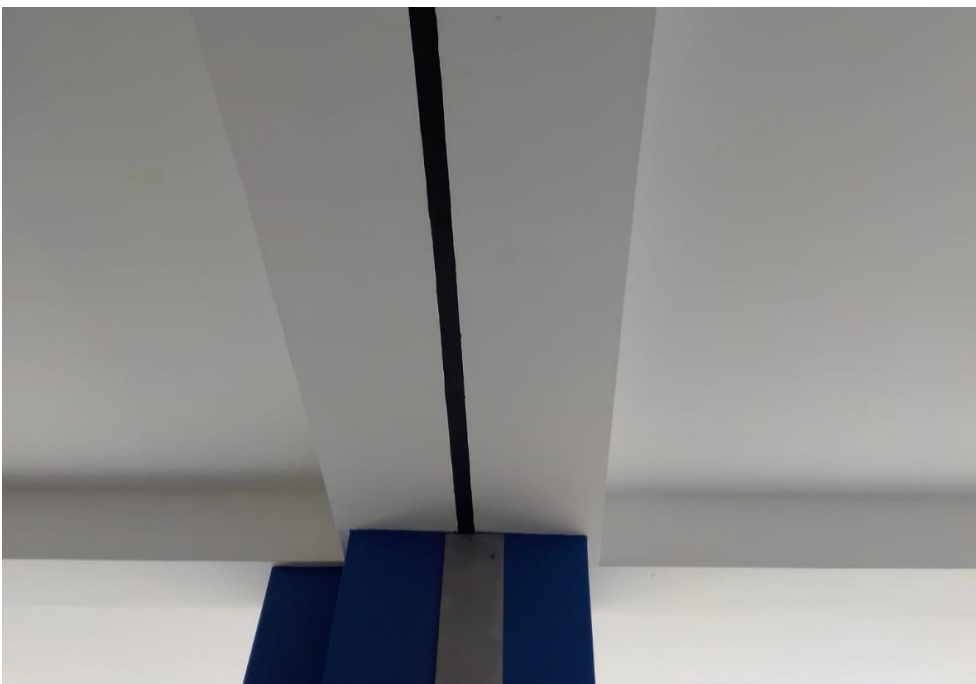
**Figura 67**

*Medición de parapetos y columnas en el pabellón B*



**Figura 68**

*Vista de junta sísmica en el pabellón B de la I.E. San Ramón*



**ANEXO N.º 2. Plano de arquitectura del pabellón A de la I.E.**

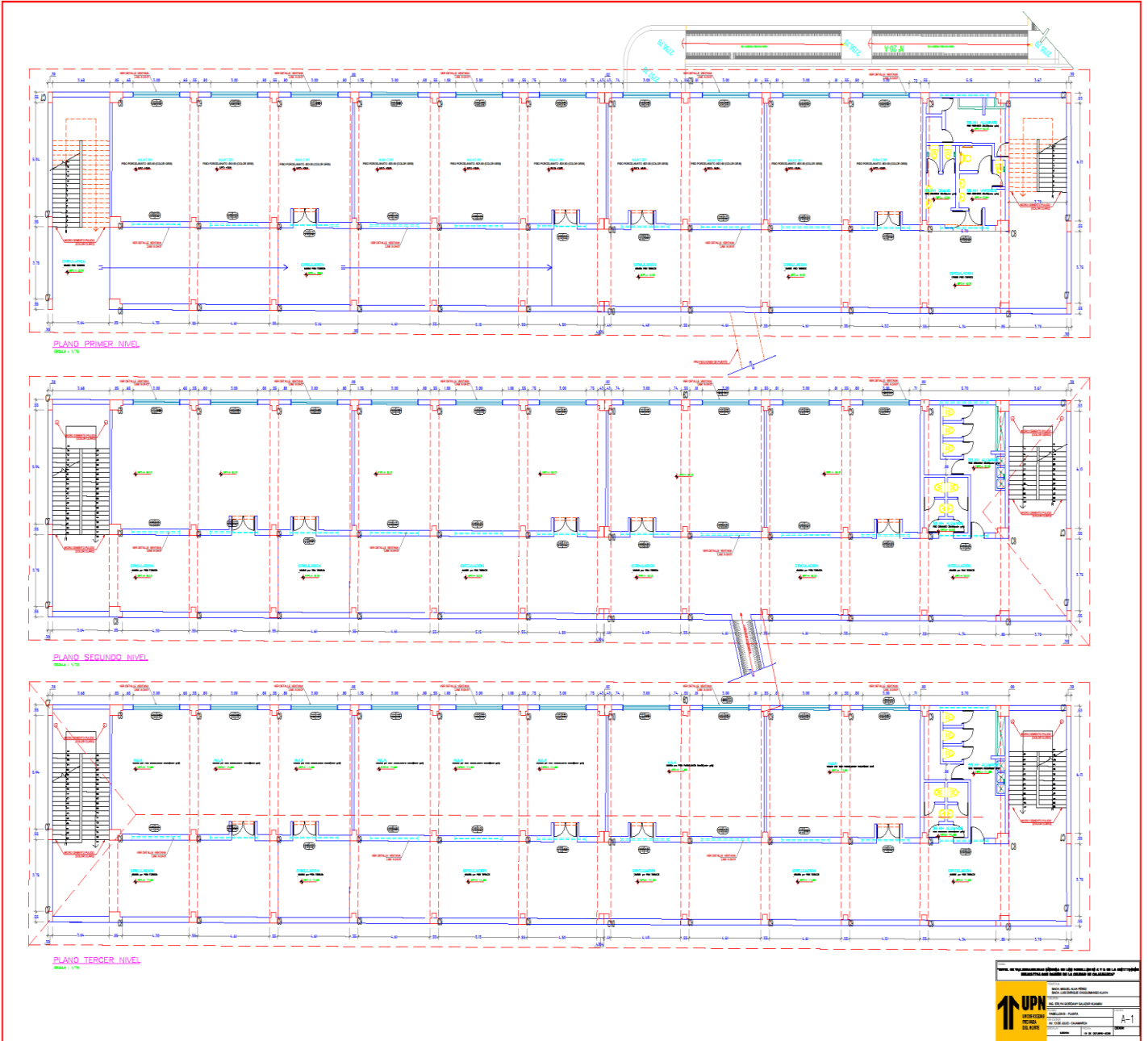




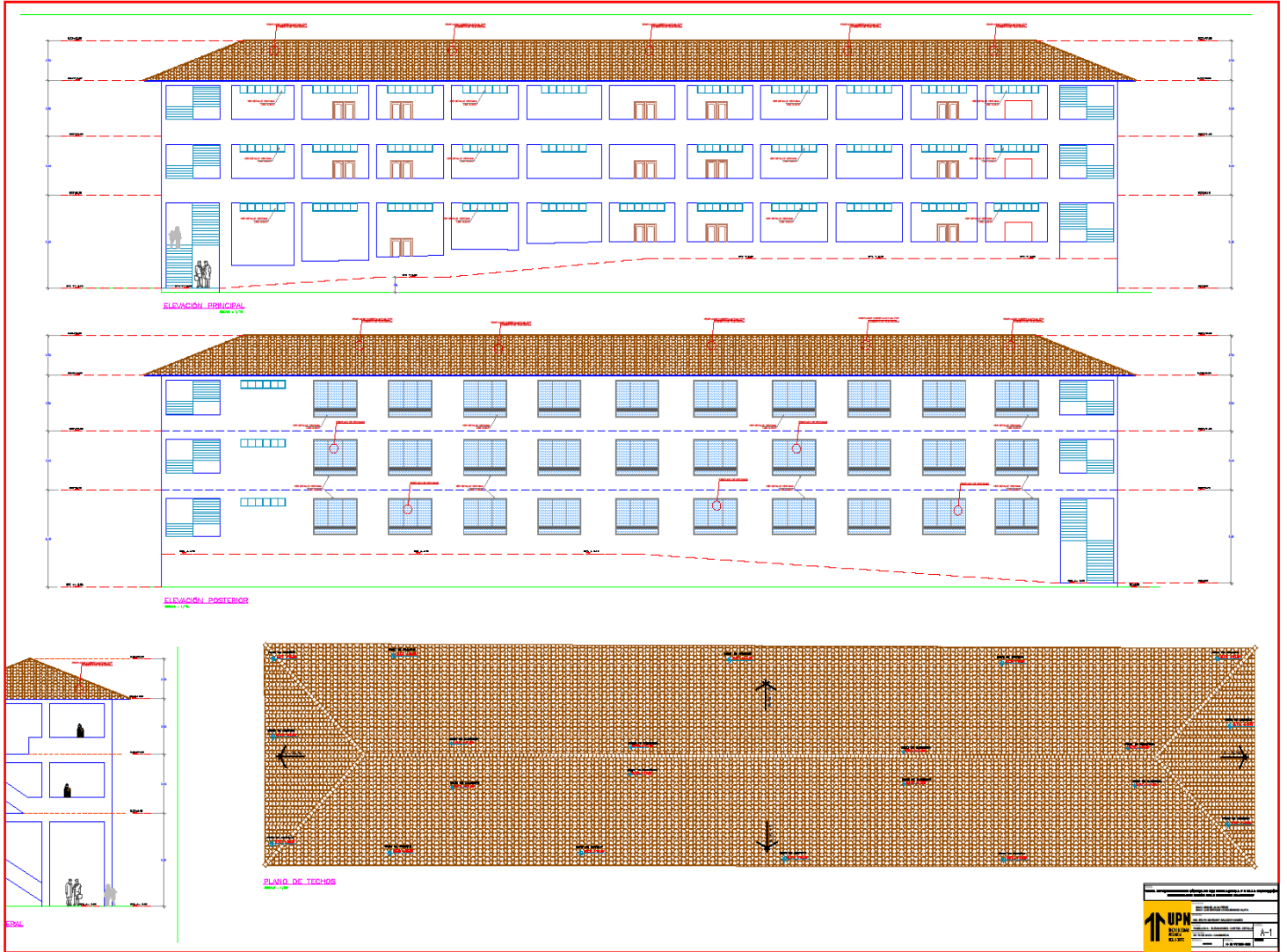
**ANEXO N.º 3. Plano de elevación pabellón A de la I.E.**



**ANEXO N.º 4. Plano de vista en planta del pabellón B de la I.E.**



**ANEXO N.º 6. Plano de elevación del pabellón B de la I.E.**



ANEXO N.º 7. Ficha de recolección de datos pabellón A

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		" NIVEL DE VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS PABELLONES A Y B DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN RAMÓN DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA "				
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS GENERALES						
Ubicación y Propietario						
Departamento	Cajamarca	Provincia	Cajamarca	Distrito	Cajamarca	
Dirección	( ) Jr. ( ) Calle (X) Av. ( ) Psje.		Descripción	13 de Julio N° 275		
Propietario	I.E. San Ramón - Pabellón A		Mz.	—	Lt. —	
Asesor	Erlin Salazar Huamán					
Testistas	Miguel Alva Perez Luis Enrique Chuquimango Alaya					
CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN						
N° de pisos	02	N° de ocupantes	otros			
Tipo de fachada	(X) tarrajeo (X) pintura	( ) ladrillo	( ) cerámica	( ) otro:		
Tipo de edificación	(X) Albañilería	( ) Adobe	( ) Madera	( ) Drywall	( ) otro:	
¿La edificación recibió asesoramiento técnico o profesional?	SI		X	NO	( ) otro:	
¿La edificación fue construida según el RNE, Normas E. 030 y E.070?	SI		X	NO		
PARÁMETROS DEL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI						
1. Organización del sistema resistente.						
Marcar según lo observado						
A	Edificación construida de acuerdo a normas sísmo resistente.					X
B	Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros.					
C	Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, esta constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas					
D	Edificio con paredes ortogonales bien ligadas.					
2. Calidad del sistema resistente						
Marcar según lo observado						
A	El sistema resistente del edificio presenta las siguientes características: Mampostería en la ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro, presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería, mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5 cm.					X
B	El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.					
C	El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.					
D	El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las dos características de la clase A.					
3. Resistencia convencional						
Marcar según lo observado						
A	Estructura con un valor de $a \geq 1$					
B	Estructura para valores comprendidos entre $0.6 \leq a \leq 1$					X
C	Estructura para valores comprendidos entre $0.4 \leq a \leq 0.6$					
D	Estructura con un valor de $a < 0.4$					
4. Posición del edificio y cimentación						
Marcar según lo observado						
A	Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%					X
B	Edificio cimentado sobre roca comprendida entre un 10% y 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20 %					
C	Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%					
D	Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%					
5. Diafragmas horizontales						
Marcar según lo observado						
A	Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones: Ausencia de plano de desnivel y placas de concreto, la deformabilidad es despreciable, la conexión entre el diafragma y muro es eficaz.					X
B	Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas.					
C	Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero no cumplen con las dos condiciones pasadas.					
D	Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.					
6. Configuración en planta						
Marcar según lo observado						
A	Edificio con $\beta 1 \geq 0.8$ ó $\beta 2 \leq 0.1$					
B	Edificio con $0.8 > \beta 1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta 2 \leq 0.2$					X
C	Edificio con $0.6 > \beta 1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta 2 \leq 0.3$					
D	Edificio con $0.4 > \beta 1$ ó $0.3 < \beta 2$					
7. Configuración en elevación						
Marcar según lo observado						
A	Estructura con $-\Delta A/A < 10\%$					
B	Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con $10\% \leq -\Delta A/A < 20\%$					X
C	Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con $-\Delta A/A > 20\%$ o $T/H < 2/3$					
D	Estructura con una superficie mayor al 20% con $\Delta A/A > 0$ o con $T/H > 2/3$					
8. Separación máxima entre muros						
Marcar según lo observado						
A	Si $L/S \leq 15$					
B	Si $15 < L/S \leq 18$					
C	Si $18 < L/S \leq 25$					
D	Si $25 \geq L/S$					X
9. Tipos de Cubierta						
Marcar según lo observado						
A	Presencia de la cubierta estable con viga cumbre o de soporte. Edificio con cubierta plana.					X

B	Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería, sin viga de soporte. Edificio con cubierta parcialmente estable provista de viga de soporte.	
C	Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.	
D	Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.	
<b>10. Elementos no estructurales</b>		
Marcar según lo observado		
A/B	Edificio sin cornisas, parapetos ni balcones. Edificio con cornisas bien conectadas a los paneles con chimeneas de pequeña dimensión y bajo peso. Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.	X
C	Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal.	
D	Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectado a la estructura, que pueden caer en caso de terremoto. Edificio con balcones sin conexión a los forjados o con balcones construidos en etapas posteriores a la construcción de la estructura, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería.	
<b>11. Estado de conservación</b>		
Marcar según lo observado		
A	Muros de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.	
A	Muros con presencia de agrietamientos, tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción en los casos en que dicho agrietamiento ha sido provocado por terremotos	X
B	Muros con grietas de mediano tamaño (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presenta agrietamiento, pero se caracteriza por un estado mediocre de conservación de los paneles.	
C	Muros que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamiento superior a 3mm.	

*Alvaro Rolando Centurion León*  
INGENIERO CIVIL  
Registro Colegio de Ingenieros N° 96786

*Valencia E. Novoa Portal*  
INGENIERO CIVIL  
ING VERIFICADOR COMUNIC. P. 15775  
CIV. 010688UC2R II

*Miguel A. Mosqueira Moreno*  
DOCTOR EN CIENCIAS E INGENIERIA  
Reg. CIP. 67092

## ANEXO N.º 8. Ficha de recolección de datos pabellón B

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		" NIVEL DE VULNERABILIDAD SISMICA EN LOS PABELLONES A Y B DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN RAMÓN DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA "				
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS GENERALES						
Ubicación y Propietario						
Departamento	Cajamarca	Provincia	Cajamarca	Distrito	Cajamarca	
Dirección	( ) Jr. ( ) Calle (x) Av. ( ) Pje.	Descripción	13 de Julio N° 278			
Propietario	I.E. San Ramón - Tabalón B		Mz.		Lt.	
Asesor	Erlin Salazar Huamán					
Testistas	Miguel Alva Perez Luis Enrique Chuquimango Alaya					
CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN						
Nº de pisos	03	Nº de ocupantes		otros		
Tipo de fachada	(x) ltrajco	(x) pintura	( ) ladrillo	( ) ceramica	( ) otro:	
tipo de edificación	(x) Albañilería	( ) Adobe	( ) Madera	( ) Drywall	( ) otro:	
¿La edificación recibió asesoramiento técnico o profesional?	SI		(x) NO			
¿La edificación fue construida según el RNE, Normas E. 030 y E.070?	SI		(x) NO			
PARÁMETROS DEL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI						
1. Organización del sistema resistente.						
Marcar según lo observado						
A	Edificación construida de acuerdo a normas sísmo resistente.					(x)
B	Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros.					
C	Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, esta constituido unicamente por paredes ortogonales bien ligadas					
D	Edificio con paredes ortogonales bien ligadas.					
2. Calidad del sistema resistente						
Marcar según lo observado						
A	El sistema resiste del edificio presenta las siguientes características: Mampostería en la ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro, presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería, mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5 cm.					(x)
B	El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.					
C	El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.					
D	El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las dos características de la clase A.					
3. Resistencia convencional						
Marcar según lo observado						
A	Estructura con un valor de $a \geq 1$					
B	Estructura para valores comprendidos entre $0.6 \leq a \leq 1$					
C	Estructura para valores comprendidos entre $0.4 \leq a \leq 0.6$					(x)
D	Estructura con un valor de $a < 0.4$					
4. Posición del edificio y cimentación						
Marcar según lo observado						
A	Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%					(x)
B	Edificio cimentado sobre roca comprendida entre un 10% y 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20 %					
C	Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%					
D	Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%					
5. Diafragmas horizontales						
Marcar según lo observado						
A	Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones: Ausencia de plano de desnivel y placas de concreto, la deformabilidad es despreciable, la conexión entre el diafragma y muro es eficaz.					(x)
B	Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas.					
C	Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero no cumplen con las dos condiciones pasadas.					
D	Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.					
6. Configuración en planta						
Marcar según lo observado						
A	Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$					
B	Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$					
C	Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$					
D	Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$					(x)
7. Configuración en elevación						
Marcar según lo observado						
A	Estructura con $-\Delta A/A < 10\%$					
B	Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con $10\% \leq -\Delta A/A < 20\%$					
C	Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con $-\Delta A/A > 20\%$ o $T/H < 2/3$					
D	Estructura con una superficie mayor al 20% con $\Delta A/A > 0$ o con $T/H > 2/3$					(x)
8. Separación máxima entre muros						
Marcar según lo observado						
A	Si $L/S \leq 15$					
B	Si $15 < L/S \leq 18$					
C	Si $18 < L/S \leq 25$					
D	Si $25 > L/S$					(x)
9. Tipos de Cubierta						
Marcar según lo observado						
A	Presencia de la cubierta estable con viga cumbreira o de soporte. Edificio con cubierta plana.					(x)

B	Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería, sin viga de soporte. Edificio con cubierta parcialmente estable provista de viga de soporte.	
C	Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.	
D	Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.	
<b>10. Elementos no estructurales</b>		
Marcar según lo observado		
A/B	Edificio sin cornisas, parapetos ni balcones. Edificio con cornisas bien conectadas a los paneles con chimeneas de pequeña dimensión y bajo peso. Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.	X
C	Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal.	
D	Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectado a la estructura, que pueden caer en caso de terremoto. Edificio con balcones sin conexión a los forjados o con balcones construidos en etapas posteriores a la construcción de la estructura, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería.	
<b>11. Estado de conservación</b>		
Marcar según lo observado		
A	Muros de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.	
A	Muros con presencia de agrietamientos, tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción en los casos en que dicho agrietamiento ha sido provocado por terremotos	X
B	Muros con grietas de mediano tamaño (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presenta agrietamiento, pero se caracteriza por un estado mediocre de conservación de los paneles.	
C	Muros que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamiento superior a 3mm.	

  
Alvaro Rolando Centurion León  
INGENIERO CIVIL  
Registro Colegio de Ingenieros N° 96786

  
INGENIERO CIVIL  
REG. VERIFICADOR COMERCIO (CIP 15774)  
CIV 010659UC2R II

  
Miguel A. Mosqueira Moreno  
DOCTOR EN CIENCIAS E INGENIERIA  
Reg. CIP. 67092