

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DE
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DEL INSTITUTO PEDAGÓGICO
VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE, JAÉN, CAJAMARCA-2019**

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

**Autores: Bach. Cristhian Leonar Giron Delgado
 Bach. Malleli Keider Carrasco Bautista**

Asesor: MSc. Ing. Edinson V. Llamgo Goicochea

JAÉN - PERÚ, DICIEMBRE, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo, Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la Ciudad de Jaén, el día 11 de diciembre del año 2019, siendo las 12:30 horas, se

Reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Mena Antonio Aguirre Camecha

Secretario: Ing. Juan Alberto Contreras Moreta

Vocal: Mg. Marcos Antonio Gonzales Santisteban

Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

() Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

La Vulnerabilidad Sísmica Mediante el Método de
Índice de Vulnerabilidad del Instituto Pedagógico
Victor Andrés Belavade. Jaén, Cajamarca - 2019??

Presentado por estudiante/egresado o Bachiller Christian Genar Girona Delgado
Malleki Keider Carrasco Bautista

De la Carrera Profesional de Ingeniería Civil

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

() Aprobar () Desaprobado () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|---|------------|---------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| <input checked="" type="radio"/> c) Bueno | 14, 15 | (<u>14</u>) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 14:00 Hora del mismo día, el Jurado concluye el acto sustentado confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Secretario

Presidente

Vocal

ÍNDICE

ÍNDICE.....	iii
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Situación problemática	13
1.2. Justificación	14
1.2.1. Justificación técnica.....	14
1.2.2. Justificación social.....	14
1.3. Antecedentes	15
1.3.1. A nivel internacional	15
1.3.2. A nivel nacional.....	16
1.3.3. A nivel local	17
1.4. Bases teóricas.....	18
1.4.1. Sismo	18
1.4.2. Zonificación sísmica del Perú.....	18
1.4.3. Vulnerabilidad sísmica	19
1.4.4. Riesgo sísmico.....	21
1.4.5. Metodología del índice de vulnerabilidad	22
1.4.6. Descripción de los parámetros del método del índice de vulnerabilidad	24
II. OBJETIVOS.....	33
2.1. Objetivo general.....	33
2.2. Objetivos específicos	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Ubicación geográfica	34
3.2. Población y muestra.....	34
3.3. Tipo de investigación.....	34
3.3.1. Según su finalidad	34
3.3.2. Según su diseño	34
3.3.3. Según su enfoque.....	35
3.4. Línea de investigación	35
3.5. Hipótesis	35

3.6.	Variables	35
3.6.1.	Variable dependiente	35
3.6.2.	Variables independientes	35
3.7.	Materiales.....	35
3.8.	Métodos	35
3.8.1.	Inductivo – deductivo	35
3.9.	Técnicas	36
3.9.1.	La observación.....	36
3.10.	Procedimiento de recolección de datos	36
3.10.1.	ETAPA 1: Gestión del permiso de investigación	36
3.10.2.	ETAPA 2: Recolección de información	36
3.10.3.	ETAPA 3: Visita a las instalaciones del instituto para la recolección de datos	37
3.10.4.	ETAPA 4: Identificación de los materiales predominantes en la construcción de la infraestructura.....	39
3.10.5.	ETAPA 5: Medición de algunos elementos estructurales y algunas fisuras encontradas.....	39
3.10.6.	ETAPA 6: Identificación del tipo y estado actual de la cobertura de los módulos	40
3.10.7.	ETAPA 7: Identificación y situación actual de los elementos estructurales	40
3.10.8.	ETAPA 8: Identificación y situación actual de los elementos no estructurales	41
IV.	RESULTADOS	42
4.1.	Parámetro 01: Tipo y organización del sistema resistente.....	42
4.2.	Parámetro 02: Calidad del sistema resistente.....	42
4.3.	Parámetro 03: Resistencia convencional	43
4.3.1.	Módulo 01	43
4.3.2.	Módulo 02	44
4.3.3.	Módulo 03	46
4.4.	Parámetro 04: Posición del edificio y de la cimentación.....	47
4.5.	Parámetro 05: Diafragmas horizontales.....	48
4.6.	Parámetro 06: Configuración en planta	49

4.6.1.	Módulo 01	49
4.6.2.	Módulo 02	49
4.6.3.	Módulo 03	49
4.7.	Parámetro 07: Configuración en elevación.....	50
4.8.	Parámetro 08: Distancia máxima entre muros y columnas.....	50
4.9.	Parámetro 09: Tipo de cubierta.....	51
4.10.	Parámetro 10: Elementos no estructurales	51
4.11.	Parámetro 11: Estado de conservación.....	52
4.12.	Nivel de vulnerabilidad sísmica	54
V.	DISCUSIÓN.....	55
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
6.1.	Conclusiones	57
6.2.	Recomendaciones	57
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
	AGRADECIMIENTO	60
	DEDICATORIA.....	61
	ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini para edificaciones de concreto armado	25
Tabla 2. Interpolación lineal para el método	25
Tabla 3. Rangos de Índices de Vulnerabilidad.....	26
Tabla 4. Calificación por módulos del parámetro N°01	42
Tabla 5. Calificación por módulos del parámetro N°01	42
Tabla 6. Áreas resistentes en X módulo 01.	43
Tabla 7. Áreas resistentes en Y módulo 01.	43
Tabla 8. Áreas resistentes en X de módulo 02.	44
Tabla 9. Áreas resistentes en Y de módulo 02.	44
Tabla 10. Áreas resistentes en X de módulo 03.	46
Tabla 11. Áreas resistentes en Y de módulo 03.	46
Tabla 12. Calificación por módulos del parámetro N°03.....	47
Tabla 13. Calificación por módulos del parámetro N°04.....	48
Tabla 14. Calificación por módulos del parámetro N°05.....	48
Tabla 15. Calificación por módulos del parámetro N°6.....	50
Tabla 16. Calificación por módulos del parámetro N°7.....	50
Tabla 17. Calificación por módulos del parámetro N°8.....	51
Tabla 18. Calificación por módulos del parámetro N°9.....	51
Tabla 19. Calificación por módulos del parámetro N°10.....	52
Tabla 20. Calificación por módulos del parámetro N°11.....	52
Tabla 21. Evaluación índice de vulnerabilidad Benedetti - Petrini	54
Tabla 22. Nivel de vulnerabilidad Sísmica.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas sísmicas.	19
Figura 2. Configuración en planta de la estructura.....	30
Figura 3. Configuración en altura.	31
Figura 4. Entrega de solicitud de permiso.	36
Figura 5. Aceptación de solicitud de permiso.	36
Figura 6. Revisión de los planos de la institución.	37
Figura 7. Revisión de información de la institución.....	37
Figura 8. Primer piso de módulo 01	37
Figura 9. Primer y segundo piso del módulo 01.....	37
Figura 10. Primer y segundo piso de módulo 02.....	38
Figura 11. Primer y segundo piso de módulo 02.....	38
Figura 12. Segundo piso de módulo 03.	38
Figura 13. Primer piso de módulo 03.	38
Figura 14. Losas aligeradas de concreto armado.....	39
Figura 15. Columnas y vigas de concreto armado	39
Figura 16. Medición de columna (Módulo 01 primer piso).	39
Figura 17. Medición de columna (Módulo 01 primer piso).	39
Figura 18. Cobertura de losa aligerada de concreto armado de módulo 03.	40
Figura 19. Cobertura de losa aligerada de concreto armado de módulo 03.	40
Figura 20. Inspección de columna (Módulo 02)	40
Figura 21. Fisura de 1.20m de largo y 3mm de espesor (Módulo 01).	40
Figura 22. Fisura en escalera de 4 mm aproximadamente.	41
Figura 23. Pasamanos del módulo 03 (segundo piso).	41
Figura 24. Figura 25. Conexión entre el diafragma y elementos estructurales es eficaz (módulo 3)	48
Figura 26. Figura 27. Escalera con deficiencias en su conexión que conecta el módulo 1 con el módulo 2.	52
Figura 28. Fisuras presentadas en la losa-columna (módulo 1).	53
Figura 29. Fisura en columna-muro (módulo 3).	53
Figura 30. Mala conexión en escalera (módulo 01).	53
Figura 31. Fisura en columna (módulo 03).	53
Figura 32. Lugar de filtración de agua en losa (módulo 01).	53

Figura 33. Fisura en losa aligerada (módulo 01).	53
Figura 34. Escalera de módulo 03	70
Figura 35. Medición de fisura en piso.	70
Figura 36. Separación de vereda.	70
Figura 37. Medición de vereda.	70
Figura 38. Descascaramiento de pintura.	71
Figura 39. Inspección en módulo 01.	71
Figura 40. Inspección de módulo 03.	71
Figura 41. Inspección de módulo 02.	71
Figura 42. Visita al I.S.P. V.A.B.	71
Figura 43. Inspección de losa aligerada (módulo 03).	71
Figura 44. Fisura en pared de módulo 03.	71
Figura 45. Inspección de losa (módulo 02)	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plano de Ubicación – Localización del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde.	62
Anexo 2. Solicitud de permiso para poder realizar esta investigación en la infraestructura del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde.....	64
Anexo 3. Plano de distribución de aulas primer piso módulos 1 y 2.	65
Anexo 4. Plano de distribución de aulas segundo piso módulos 1 y 2.....	65
Anexo 5. Plano de distribución de oficinas administrativas primer piso módulo 3.	65
Anexo 6. Formato utilizado para la recolección de datos en campo	69
Anexo 7. Panel fotográfico del trabajo realizado.	70

RESUMEN

La presente investigación consistió en determinar el índice de vulnerabilidad sísmica a través del método propuesto por Benedetti-Petrini del Instituto Superior pedagógico Víctor Andrés Belaunde, para ello se realizó una serie de procedimientos para la recolección de datos y poder llegar al objetivo principal, este trabajo se inició por la recolección de bibliografía relacionada con el tema, luego se realizó las coordinaciones y explicación de los objetivos de esta investigación, los beneficios y aportes que esta tiene con las autoridades encargadas de esta institución, en esta etapa también se revisó y solicitó los planos de dicha institución para su estudio respectivo; en la etapa de campo se realizó inspecciones visuales a cada uno de los ambientes de cada módulo que conforma esta institución, finalmente en gabinete se realizó los cálculos necesarios y procesamiento de demás datos para la obtención de los resultados respectivos. Los resultados de esta investigación fueron los siguientes: los módulos 01 y 02 presentan un índice de vulnerabilidad sísmica media, en tanto el módulo 03 presenta un índice de vulnerabilidad baja. En conclusión el Instituto Superior pedagógico Víctor Andrés Belaunde, de acuerdo con esta investigación y la zona sísmica donde se encuentra, no sufriría mayores daños en sus estructuras ni en sus ocupantes ante un evento sísmico.

PALABRAS CLAVE: Vulnerabilidad Sísmica, Sismo, Estructuras.

ABSTRACT

The present investigation consisted of determining the index of seismic vulnerability through the method proposed by Benedetti-Petrini of the Higher Pedagogical Institute Víctor Andrés Belaunde, for this a series of procedures for data collection were carried out and to reach the main objective, this work It was started by the collection of bibliography related to the topic, then the coordination and explanation of the objectives of this research, the benefits and contributions that it has with the authorities in charge of this institution, was also reviewed and requested at this stage plans of said institution for their respective study; In the field stage, visual inspections were carried out on each of the environments of each module that makes up this institution, finally in the cabinet the necessary calculations and processing of other data were carried out to obtain the respective results. The results of this research were the following: modules 01 and 02 have a medium seismic vulnerability index, while module 03 has a low vulnerability index. In conclusion, the Víctor Andrés Belaunde Higher Pedagogical Institute, according to this research and the seismic zone where it is located, would not suffer major damage to its structures or its occupants before a seismic event.

KEY WORDS: Seismic Vulnerability, Earthquake, Structures.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad y seguridad que ofrezcan las estructuras que componen una edificación es indispensable ante un posible evento sísmico, y peor aun cuando se trata de infraestructura que alberga a estudiantes y personal administrativo de una institución, quizá debido a que la ciudad de Jaén se encuentra en la zona sísmica 2 de acuerdo con la (Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, 2018) del Reglamento nacional de Edificaciones (RNE), es que existen pocos estudios acerca de este tema, pero no por ello se debe dejar de investigar más a profundidad estos temas relacionados con eventos sísmicos, pues un sismo puede ocurrir en cualquier momento y debemos de tratar de que produzca los menos daños posibles en las estructuras construidas y en sus ocupantes.

Algunos estudios realizados a nivel local como el que hizo (Marín , 2014), realizado en la I.E Ramón Castilla y Marquesado, en el cual determinó que el índice de vulnerabilidad ante un evento sísmico está entre medio y alto, lo cual puede traer consecuencias graves, debido a que su material de construcción es aún rústico (adobe) y son estos antecedentes y otros a nivel nacional y local que motivaron a la realización de esta investigación para conocer el índice de vulnerabilidad sísmica del Instituto Superior pedagógico Víctor Andrés Belaunde de la ciudad de Jaén.

Esta investigación aplicó el método de índice de vulnerabilidad propuesto por Benedetti - Petrini para evaluar el índice de vulnerabilidad sísmica de las estructuras que componen el Instituto Superior pedagógico Víctor Andrés Belaunde de la ciudad de Jaén, región Cajamarca, obteniéndose de esta evaluación que los módulos 01 y 02 presentan un índice de vulnerabilidad bajo y el módulo 03 un índice de vulnerabilidad medio; y es muy probable que ante cualquier evento sísmico los daños en esta institución evaluada sean menores.

1.1. Situación problemática

Dado el informe del Instituto Geofísico del Perú (IGP), en los últimos años se presentó un crecimiento sísmico acelerado, como en el año 2014 que registro 217 sismos, 2015 se registró 277 sismos, 2016 se registró 413, en el 2017 se registró 397 sismos y en 2018 (Enero – Agosto) 395 sismos; se registró siendo entonces irregular el promedio anual del crecimiento sísmico. En consecuencia, ante estos resultados sísmicos, se llevó a cabo el Censo de Infraestructura Educativa (CIE) 2014, que permitió conocer por primera vez el estado real de la infraestructura educativa pública del país.

Se delegó a más de 400 ingenieros quienes visitaron 42 331 establecimientos escolares estatales en todo el ámbito nacional, y encontraron que gran parte de ellos no contaban con condiciones adecuadas en lo que se refiere a seguridad ante eventos sísmicos, acceso de calidad a los principales servicios básicos. (CIE, 2014)

Cuando hablamos de infraestructura educativa, el requisito indispensable debe ser la seguridad de los alumnos. La información registrada por el censo muestra que cerca de un tercio de edificaciones han sido levantadas antes de que existieran normas nacionales de sismoresistencia (1998), y que el 41% de ellas han sido construidas por las asociaciones de padres de familia (APAFA) sin seguir los criterios de seguridad adecuados, acción que no corresponde a dicha asociación. Si en conjunto se consideran las escuelas construidas sin considerar la normativa sismoresistente NTP. E.030 (2018).

Según el informe se tiene que más de la mitad de las edificaciones escolares presentaban un alto riesgo de colapso frente a amenazas sísmicas, lo cual constituía un grave problema de seguridad para los escolares. El informe concluye que, alrededor del 48% de las infraestructuras educativas requieren ser sustituidas por problemas estructurales, cerca de los 18%, reforzadas, y sólo la tercera parte de la infraestructura escolar pública estaba en buen estado. (CIE, 2014)

Las edificaciones del pabellón de aulas y oficinas administrativas, del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, construida en la década de los años 80, frente a un sismo severo puede ser que colapse y presente daños considerables, debido a su antigüedad y más aún por los materiales y normativas utilizadas en dicha época, que no son las mismas al año 2019.

Al año 2019, la institución educativa en funcionamiento, tiene una cantidad aproximada de 300 personas, incluyendo la infraestructura de laboratorios en ciencias y multimedios, que también hace uso la I.E. Aplicación, que es un anexo al Instituto, por lo tanto es necesario realizar una evaluación de vulnerabilidad de dichas edificaciones, con ello hacer un alcance de cuáles son los puntos críticos de las diferentes estructuras, que estarían para reforzamiento o demolición, coadyuvando a la filosofía del diseño de edificaciones según la Norma E.030(2016), planteándose la expectativa a demoler parcial o total la edificación, sabiendo que puede estar la opción por salvaguardar la vida de sus habitantes, en reforzar y sobre todo en qué lugares o elementos estructurales.

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación técnica

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica a nivel mundial empieza en aquellas edificaciones existentes que presenten un valor y necesidad para la continuidad de la vida, la sociedad y la economía. El conocer el grado de vulnerabilidad sísmica utilizada en las edificaciones del Instituto pedagógico, Víctor Andrés Belaunde , tiene justificación técnica, teniendo en cuenta que la ciudad de Jaén es una zona de alta actividad sísmica (zona 2, según el reglamento nacional de edificaciones NTE-E.030-2018), a pesar de su categoría mediamente en el peligro sísmico, la edificación en estudio se hizo en los años 80, con normas que no registran; por otro lado las investigaciones al respecto son pocas en esta región y hay un desconocimiento respecto al tema.

1.2.2. Justificación social

La filosofía del diseño de edificaciones según la Norma E.030 (2016) indica que las edificaciones deben salvaguardar las vidas de sus ocupantes ante un evento sísmico, aunque las estructuras tengan severos daños.

De esta manera se puede responder a las siguientes interrogantes:

¿Por qué es necesaria esta investigación?

Esta investigación es necesaria porque nos permite conocer el grado de vulnerabilidad sísmica de dicha institución ante un acontecimiento sísmico para plantear un mejoramiento o demolición de la infraestructura si fuera el caso, y sobre salvaguardar las vidas humanas.

¿A quiénes beneficia esta investigación?

Esta investigación beneficiará a la sociedad, en especial a los ocupantes de la I.E. superior pedagógica Víctor Andrés Belaunde, que podrán tomar decisiones políticas en su gestión, con aportes técnicos para mejorar su infraestructura, hacia una nueva construcción o demoliciones parciales, teniendo como una opción el reforzamiento de las estructuras, que velan por un lugar seguro para sus hijos.

1.3. Antecedentes

1.3.1.A nivel internacional

(Serna & Gulfo, 2015), Analizó la vulnerabilidad sísmica en la estructura de 36 Instituciones Educativas públicas del sector urbano, la metodología que usaron fue la propuesta de Cardona y Hurtado y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10. Realizaron una caracterización y una modelación numérica de las estructuras, logrando el cálculo de las solicitantes sísmicas, los índices de sobreesfuerzo y flexibilidad, donde establece el nivel de vulnerabilidad de las estructuras. Concluyendo que la evaluación cualitativa de la estructura arrojó un valor de vulnerabilidad sísmica, basado principalmente en las bajas alturas de las estructuras, finalmente se resalta la necesidad de implementar un programa de rehabilitación de los centros educativos en ese sector, con la finalidad de atenuar daños durante un sismo.

(Suárez, Dávila, Inglessis, & Rivero, 2009), en su investigación evaluaron la vulnerabilidad sísmica, en términos cualitativos, de 65 edificaciones del sector público, ubicados a lo largo de la terraza de la ciudad de Mérida, la evaluación se hizo de acuerdo a un formato que contempla el estudio de diferentes parámetros que se dividen en formularios que contienen preguntas donde se valoran, por ejemplo, el entorno y ubicación, suelos, seguridad y zonas de evacuación; edad de la edificación y número de pisos, cambio de uso y ampliaciones, posibilidad de golpeteo, estado y tipo de cubierta, aspectos geométricos, aspectos constructivos y grado de deterioro; estado de la estructura, muros y antepechos.

El grado de vulnerabilidad fue el resultado de la ponderación, sobre las calificaciones asignadas a cada pregunta de cada formulario, en base a un porcentaje de incidencia distinto de acuerdo a la influencia de cada uno de los aspectos

considerados en la vulnerabilidad de la edificación. Los resultados mostraron que el 51% de los planteles evaluados tienen un índice de vulnerabilidad media. Sin embargo, cuando se evalúan individualmente algunos parámetros se obtienen índices de vulnerabilidad alto y muy alto. Uno de los mayores problemas, presente en el 81% del grupo analizado, lo constituye el grado de deterioro por presencia de fisuras, humedades y otros elementos que afectan la calidad de la estructura. (Suárez, Dávila, Inglessis, & Rivero, 2009).

1.3.2.A nivel nacional

(Pecori & Cruz, 2018), evaluaron el grado de vulnerabilidad sísmica de la I.E. Emblemática San Juan, con el método de índice de vulnerabilidad, tomando en cuenta estudios de suelos y el ensayo de esclerómetro, también realizó la modelación estructural del pabellón C del centro educativo en el programa ETABS, obteniendo como resultados que el grado de vulnerabilidad sísmica de los pabellones A, C y J del centro educativo con el método del Índice de Vulnerabilidad fue medio – bajo, Los parámetros que obtuvieron las calificaciones más bajas fueron: configuración en planta, configuración en elevación y distancia máxima entre muros. El ensayo de esclerómetro realizado a las vigas, columnas, placas y alfeizares arrojó una resistencia a la compresión axial promedio de 210 kg/cm². La distorsión de entrepiso obtenida en el análisis de los bloques I y II del pabellón C, cumplen con los índices máximos indicados en la norma E.030.

(Quiroz & Vidal, 2015), en su investigación realizada en el sector la esperanza parte baja de la ciudad de Trujillo, la cual presenta una incertidumbre en cuanto a su grado de vulnerabilidad sísmica debido a que la mayoría de edificaciones no han sido diseñadas según la norma vigente y no han tenido el control necesario en su construcción. Para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en una primera etapa se aplicó la encuesta “Realidad de las construcciones en el distrito de La Esperanza-parte baja para determinar las fallas constructivas”, con lo cual se pudo tener un antecedente de la realidad de las construcciones en el distrito, los datos obtenidos fueron desde la década del 70 hasta el año 2014, se realizó un procesamiento de datos y se obtuvo las características de los elementos estructurales, de los materiales y las condiciones de construcción pasados y actuales.

Se realizó de igual manera un análisis de arquitecturas de un número representativo de edificaciones de concreto, para lo cual se hicieron los levantamientos correspondientes, obteniendo así datos promedio de densidad de muros, área de terreno y número de columnas para que finalmente generemos un modelo típico de edificación, ajustándonos a la realidad de la zona. Y así mediante este análisis se procedió a empezar con las pruebas estructurales para edificaciones a porticadas y de albañilería confinada. Para el diseño del instrumento de evaluación de las edificaciones, se realizaron pruebas estructurales en modelos típicos usando los datos tradicionales de construcción, se aplicó el estudio en alrededor de 300 edificaciones entre comunes y especiales, determinando así que 75.4% de edificaciones tienen un alto grado de vulnerabilidad sísmica (Quiroz & Vidal, 2015)

1.3.3. A nivel local

(Marín , 2014), en el estudio se comprobó que los pabellones de la institución educativa estatal Ramón Castilla y Marquesado tienen vulnerabilidad sísmica alta y media respectivamente a causa de su comportamiento sísmico inadecuado, elevada rigidez de la columna corta, inestabilidad de tabiques y su mal estado de conservación.

(Sánchez, 2014), la recolección de los datos se obtuvieron en los meses de agosto a octubre del 2014, donde se puede determinar que el 66.67% de viviendas presentan un nivel de peligro bajo y el 33.33% de viviendas presentan un nivel de peligro medio. Sin embargo el 100% de las viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad muy alta. Los datos fueron obtenidos mediante la aplicación de las fichas de verificación para determinar el nivel de peligro y el nivel de vulnerabilidad concedidas por INDECI, lo que dan mayor credibilidad a los resultados logrados, los que permiten precisar que las viviendas del sector Sargento Lores no brindan seguridad a sus propietarios ante un sismo, poniendo en riesgo la vida de los mismos.

(Villegas, 2014), para obtener la información requerida se procedió a realizar encuestas a los pobladores de dicho sector y al llenado de una ficha técnica que nos permitirá describir la vivienda en el estado que se encuentra, para luego procesar la información que nos permita hacer un análisis respectivo del estado en el que

encuentra el sector de Morro Solar Bajo. Una vez realizado el procesamiento de datos obtenemos que la mayoría de las viviendas encuestadas presentan un nivel de peligro alto, tenemos también que más de la mitad de las viviendas encuestadas tienen un nivel de vulnerabilidad alto, de donde concluyó que el nivel de riesgo que se presenta en el sector de Morro Solar Bajo es muy alto, debido a la informalidad en la construcción de viviendas que ha ocurrido en los últimos años.

1.4. Bases teóricas

1.4.1. Sismo

Según el Instituto geofísico del Perú (IGP, 2019), es el proceso de generación y liberación de energía para posteriormente propagarse en forma de ondas por el interior de la tierra. Al llegar a la superficie, estas ondas son registradas por las estaciones sísmicas y percibidas por la población y por las estructuras.

1.4.2. Zonificación sísmica del Perú

Según la Norma Técnica de Edificación (NTE-E.060, 2018, P. 7), el territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la figura 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. La ciudad de Jaén se encuentra ubicada en la zona sísmica 2.



Figura 1. Zonas sísmicas.

Fuente: (NTE-E.060, 2018, P. 7)

1.4.3. Vulnerabilidad sísmica

“Grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características” (Visconde, 2004).

La vulnerabilidad no es un escenario estático, por lo contrario, es un sistema dinámico que cambia constantemente en el espacio-tiempo de acuerdo con las amenazas que la originan y al hábitat en los que se presenta, a esto se le debe sumar que pertenece al campo de la incertidumbre y al azar, lo que la convierte en relativa y propia de cada lugar o comunidad, y evoluciona. (Chardon, 2008).

La vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a sí misma, y, además, es independiente de la peligrosidad del lugar ya que se ha observado en sí mismos anteriores que edificaciones de un tipo estructural similar sufren daños diferentes. En otras palabras, una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica. (Vizconde, 2004).

a) Clasificación de la vulnerabilidad sísmica

- Vulnerabilidad física

“Es el grado de susceptibilidad o predisposición de los elementos estructurales y no estructurales a sufrir daño o pérdida, puede ser de tipo estructural o no estructural”. (Peralta, 2002)

La Organización Panamericana de la Salud (2004), en adelante llamada por las siglas OPS, indica que “la vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes del establecimiento que lo mantienen en pie ante un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas”. El mismo comprende el deterioro físico de aquellos elementos o componentes que forman parte íntegra del sistema resistente, estos constituyen la estructura de soporte de una edificación y comprenden: cimentaciones, columnas, vigas, muros y losas. (Safina, 2003).

“La Vulnerabilidad no estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos no estructurales de sufrir daño debido a un sismo, lo que se ha llamado daño sísmico no estructural”. (Cardona, 1999).

- Vulnerabilidad funcional

OPS (2004) afirma que “la vulnerabilidad funcional se da en términos de los efectos del sismo, en el buen funcionamiento de una edificación para el fin que tiene propuesto.

(Barbat, 1998), La vulnerabilidad funcional describe la predisposición de la instalación de ver perturbado su funcionamiento como consecuencia del incremento de la demanda de sus servicios. Son diversos los factores que pueden contribuir a incrementar el nivel de perturbación funcional, aumentando así la vulnerabilidad funcional de estas instalaciones, entre los que destacan:

- Una distribución inadecuada de las áreas de servicios, lo cual para edificaciones de la salud es determinante, si se tiene en cuenta que las mismas deben estar en capacidad de prestar atención masiva a pacientes.
- La ausencia de un probado plan de emergencia, que permita hacer frente a la crítica situación, sobre todo en lo referente al manejo de información.
- La dotación inapropiada de infraestructura, que permita atender las exigencias de la crisis sísmica.
- Una inadecuada distribución y relación entre espacios arquitectónicos, así como ineficientes sistemas de evacuación y vías de escape.
- Inapropiados sistemas de comunicación, señalización y vialidad de acceso.

La vulnerabilidad funcional depende directamente de la distribución de los ambientes y la correcta interrelación de sus servicios así como de los procesos administrativos propios del uso que se le da a la edificación. Por lo tanto una adecuada relación entre sus ambientes y una oportuna zonificación garantizan no sólo su funcionamiento normal durante situaciones cotidianas, sino también durante situaciones de riesgo. (Fernández Cruz, 2014)

1.4.4. Riesgo sísmico

Se entiende por riesgo sísmico, el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica. A dicho lapso de tiempo se le denomina periodo de exposición o período de vida útil de la estructura. Por otra parte, la mitigación de los desastres, en el ámbito de la ingeniería, corresponde a la totalidad de las acciones que tienen como objetivo la mejora del comportamiento sísmico de los edificios de una zona, a fin de reducir los costes de los daños esperados durante el terremoto (Barbat, 1998).

El riesgo se incrementa con el factor de vulnerabilidad considerando que el peligro es un fenómeno natural que no puede ser eliminado o reducido. Debido a que predecir un sismo es muy difícil, se puede establecer la ocurrencia de un evento sísmico en un periodo de años pero no se puede en una fecha determinada. (Sarmiento, 2004).

1.4.5. Metodología del índice de vulnerabilidad

Propuesta por un grupo de investigadores italianos en 1982, que fue desarrollada a partir de la información de daño en edificios provocados por terremotos desde 1976. A partir de esta información se elaboró una gran base de datos con el índice de vulnerabilidad de cada edificio y el daño sufrido por terremotos de determinada intensidad. Algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología fueron: a) Está fundamentada en datos reales. b) Se puede aplicar en estudios a nivel urbano. c) Se tiene la experiencia de haberse aplicado en diferentes ciudades de Italia con buenos resultados y como consecuencia se adoptó oficialmente por un organismo gubernamental de protección civil (Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti, GNDT). d) Se ha aplicado en España en los sismos de Almería en 1993 y 1994 (Yépez, 1994) y Murcia en 1999 (Mena, et al 1999). e) En general se ha aplicado en diversos trabajos como los de Angeletti et al, 1988; Benedetti et al, 1988; Caicedo, 1993; Barbat et al, 1996; Grimaz, 1994; Yépez, 1996; Mena, 1997a; el proyecto europeo SERGISAI, 1998; Mena et al, 1999, entre otros.

Según DOLCE M. (1994) propone un nuevo criterio de clasificación

- Métodos Estadísticos, basados en un análisis estadístico de las construcciones, caracterizadas por los datos de entrada
- Métodos Mecánicos, en los cuales se estudian los principales parámetros que gobiernan el comportamiento dinámico de las estructuras como, por ejemplo; deriva de piso, ductilidad, etc
- Métodos basados en Juicios de Expertos, donde se evalúan cualitativa y cuantitativamente los factores que gobiernan la respuesta sísmica de las edificaciones.

Según Benjamín Hernández, se clasifica en dos tipos.

- El método cualitativo

Evalúa la edificación de manera visual, teniendo en cuenta ciertos parámetros como el aspecto de la edificación, el tipo de estructuración, presencia de patologías, irregularidades en planta y elevación presencia de piso débil, discontinuidad vertical, concentraciones de masa, presencia de sótanos, efecto de columnas cortas. Dentro de este grupo se recomienda el procedimiento seguido por el FEMA-154.

- El método cuantitativo, en el cuál además de contemplar todos los criterios usados en el método cualitativo, determinan la resistencia de los materiales (acero y concreto), determina el tipo y cantidad de acero en los elementos estructurales, las características dinámicas (masa. Amortiguamiento, rigidez), interacción suelo estructura y la interacción de la estructura con los elementos no estructurales.

Según MORALES FRANCIS, esta clasificación reúne en tres grupos.

- Método Cualitativo, el cuál es usado para un análisis superficial y sencillo de un grupo de construcciones, para posteriormente seleccionar las que requieran un análisis más profundo.
- Método experimental, el cuál realiza una correlación entre las características del sismo y las del terreno de cimentación, los daños, las configuraciones estructurales, cuyos valores tienen un alto grado de incertidumbre.

SEGÚN Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT, 1990). Recurren a ensayos dinámicos para determinar las propiedades de las estructuras y/o sus componentes. Generalmente constituyen ensayos “in situ” (menos frecuente de laboratorio), orientados a determinar las propiedades dinámicas y otras características esenciales de la estructura, involucrando aspectos tan importantes como la interacción suelo-estructura, la incidencia de los elementos no estructurales, etc

- Método analítico

Generalmente son usados para un análisis profundo de la vulnerabilidad sísmica de una estructura, ante sismos de diferentes magnitudes. Dentro de los más destacados están el ATC-21(FEMA154) y el método FEMA 273. (Morales, 2015)

SEGÚN Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT, 1990). Generalmente son bastante laboriosos y dependen en cierta medida del grado de sofisticación de la evaluación, de la calidad de la información y de la representatividad de los modelos empleados.

La selección de una determinada metodología está relacionada con el nivel de análisis y las características propias de la estructura en estudio, por ejemplo el estudio del riesgo sísmico de elementos particulares o aislados como edificios, puentes, presas, etc., generalmente se basa en evaluaciones deterministas de vulnerabilidad, mientras que el estudio del riesgo sísmico de sistemas territoriales o categorías de elementos como tipo de edificios, líneas visuales, generalmente se basa en enfoques probabilistas, que pueden tratarse con sistemas

de información geográfica. (Herrera, 2013).

El modelo propuesto cuantifica la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en función de once (11) parámetros que representan la predisposición de una edificación a sufrir daño debido a un evento sísmico. Los parámetros que se encuentran en el modelo son referidos a:

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

1.4.6. Descripción de los parámetros del método del índice de vulnerabilidad

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras en este caso de concreto armado, se obtiene mediante una suma ponderada de los valores numéricos que expresan la “calidad sísmica” de cada uno de los parámetros estructurales que juegan un papel importante en el comportamiento sísmico de las estructuras. A cada parámetro se le atribuye, durante las observaciones de campo, una de las tres calificaciones A, B y C; siguiendo una serie de instrucciones detalladas. Una vez evaluado cada parámetro se realiza una suma ponderada utilizando los factores de peso, para obtener el índice de vulnerabilidad final mediante la siguiente expresión:

$$I = 100. \frac{(\sum_{i=1}^{11} k_i * W_i) + 1}{34} \dots\dots\dots \text{Ec. 01}$$

Donde:

IV: Índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini

Ki: Valor numérico del índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini

Wi: Coeficiente de Peso del índice de vulnerabilidad de Benedetti – Petrini

En esta investigación se trabajó con los onces parámetros originales no se añadió ningún parámetro adicional al del índice de vulnerabilidad.

Tabla 1. *Escala de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini para edificaciones de concreto armado*

<i>i</i>	Parámetro	<i>Ki A</i>	<i>KiB</i>	<i>Ki C</i>	<i>Wi</i>
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4.0
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1.0
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1.0
4	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1.0
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1.0
6	Configuración en planta	0	1	2	1.0
7	Configuración en elevación	0	1	2	2.0
8	Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1.0
9	Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1.0
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1.0
11	Estado de conservación	0	1	2	1.0

Fuente: (Benedetti & Petrini, 1984)

Una vez calculado el índice de vulnerabilidad (I_v), el cual varía de 0 a 94.12, según la metodología por Benedetti – Petrini, se realiza una interpolación lineal para obtener un índice de vulnerabilidad normalizado, en un rango de 0 a 100:

Tabla 2. *Interpolación lineal para el método*

Interpolación lineal	
0	0
I_v	I_{v_n}
94.12	100

FUENTE: Elaboración propia

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos se definieron los rangos de vulnerabilidad que se tomaron en cuenta de Quispe N. (2004).

Tabla 3. Rangos de Índices de Vulnerabilidad.

Escala de valorización de la Vulnerabilidad	
Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
$0 < I_v \text{ norm.} < 20$	BAJA
$20 \leq I_v \text{ norm.} < 40$	MEDIA
$I_v \text{ norm.} \geq 40$	ALTA

FUENTE: (Quispe, 2004)

a) Parámetro N°01: Tipo y organización del sistema resistente.

La aplicación de la NTE-E.030 es muy importante, pues dicho parámetro analiza las características del sistema resistente y también se considera la participación de un profesional con experiencia.

Por lo tanto, el parámetro 1, se asignará de acuerdo a los puntos descritos a continuación:

- A. Año de construcción mayor a 1997 y asesoría técnica.
- B. Año de construcción menor a 1997 y asesoría técnica.
- C. Sin asesoría técnica.

b) Parámetro N°02: Calidad del sistema resistente.

La atribución de una edificación a una de las tres clases se efectúa en función de dos factores:

- El tipo de material y la forma de los elementos que constituyen la mampostería.
 - Segundo, la homogeneidad del material y de las piezas (bloques, ladrillos – cemento, ya sean pre fabricados, cocidos o con un leve refuerzo) por toda el área del muro.
- A. Año de construcción mayor a 1997 y asesoría técnica
 - B. Año de construcción menor a 1997 y asesoría técnica
 - C. Sin asesoría técnica

c) Parámetro N°03: Resistencia convencional.

Para estructuras de concreto armado la evaluación requiere del cálculo del coeficiente “ α_h ”, que representa la relación de la fuerza resistente y la fuerza de diseño mediante las siguientes relaciones:

- Determinar A_x y A_y que son las áreas totales resistentes de muros (m^2) en la dirección X e Y respectivamente, cuyo valor para este trabajo se inferirá de los estudios realizados. Cuando los paneles resistentes no siguen las direcciones ortogonales x o y, sino que forman un ángulo b diferente de cero con dichos ejes, los valores de A_x y de A_y se evalúan multiplicando dichas áreas por $(\cos b)^2$.
- Determinar la resistencia cortante menos favorable, considerando la menor área de muros en un plano en el primer piso de la edificación. La resistencia cortante se calcula como:

$$Vr = \min(A_x, A_y) * \tau \dots\dots\dots \text{Ec. 02}$$

Donde τ es el valor de la resistencia a cortante de los elementos del sistema resistente, cuyo valor se calcula en ensayos experimentales de muestras de los edificios de estudio.

Para este trabajo se utilizó $v = 15 \text{ t/m}^2$ para mampostería confinada.

- Calcular el peso de la edificación que es resistido por la estructura (W), lo cual será la contribución tanto del peso de los muros, peso de los pisos y cubiertas.

$$W = N * (A_x + A_y) * H * P_m + N * C_x * H * P_{co} + M * P_s * A_t + A_c * P_c \dots \text{Ec.03}$$

En donde:

A_t = Área total construida en Planta

N = Número de pisos

A_x, A_y = área de muros en X e Y

H = Altura promedio

P_m = Peso específico de la mampostería)

P_{co} = Peso específico del concreto)

P_s = Peso por unidad de área del diafragma horizontal

M = Número de diafragmas horizontales

A_c = área total de cubierta

P_c = Peso por unidad de cubierta

τ_m = Resistencia al corte de los muros

τ_c = Resistencia al corte del concreto

Valores para P_m :

Para mampostería de ladrillo solido se utilizará 1.8 t/m³.

Valores para P_s :

Para valores de aligerados se utilizará 0.3 t/m².

Valores para P_c

Para valores de coberturas de teja se utilizará 0.16 t/m².

Para valores de coberturas de zinc se utilizará 0.03 t/m².

Para el valor del área de cubierta se considera un 20% más del área construida, debido a los aleros y pendientes que tienen las viviendas de la zona, este incremento solo será para construcciones que tienen pendientes.

Calcular el coeficiente sísmico resistente CSR, es decir, el porcentaje del peso de la edificación que es resistido por la estructura, como cortante horizontal en la dirección más desfavorable.

$$CSR = \frac{V_r}{W} \dots\dots\dots \text{Ec. 04}$$

- Calcular el coeficiente sísmico exigido CSE el cual será el valor del espectro de aceleraciones de diseño para un periodo de vibración dado, tal como menciona el reglamento Sismo resistente.

Para albañilería (E – 030):

$$CSE = \frac{ZUGS}{R} \dots\dots\dots \text{Ec. 05}$$

- Calcular la demanda de ductilidad DD como la relación:

$$DD = \frac{CSE}{CSR} \dots\dots\dots \text{Ec. 06}$$

- Calcular el Coeficiente α_h

$$\alpha_h = \frac{CSR}{CSE} \dots\dots\dots \text{Ec. 07}$$

Para los módulos con techo de losa aligerada hemos supuesto un peso (W) por piso de 1tn/m².

Se podrá clasificar con la siguiente adaptación:

- A. Edificio con $\alpha_h \geq 1.20$
- B. Edificio con $0.6 \leq \alpha_h \leq 1.20$
- C. Edificio con $\alpha_h \leq 0.60$

d) Parámetro N°04: Posición del edificio y cimentación

Para ello se tiene en cuenta algunos aspectos, tales como:

- La consistencia y la pendiente del terreno.
 - La eventual ubicación de la cimentación a diferente cota.
 - La presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
 - Presencia de humedad, sales, etc.
- A. Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño Sismo resistente E – 030.
 - B. Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño Sismo resistente E – 030. Presencia de sales y humedad.
 - C. Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica, y presencia de sales y humedad.

e) Parámetro N°05: Diafragmas horizontales.

La calidad del sistema resistente del piso tiene una considerable importancia al influir en el buen funcionamiento de los elementos resistentes verticales.

- A. Edificación con diafragmas que satisfacen las siguientes condiciones:
 - Ausencia de planos a desnivel
 - La deformabilidad del diafragma es despreciable (ideal de concreto)
 - La conexión entre el diafragma y elementos estructurales es eficaz.
- B. Edificación que no cumple con una de las condiciones de la clase A.
- C. Edificación que no cumple con dos de las condiciones de la clase A.

f) Parámetro N°06: Configuración en planta.

El comportamiento sísmico de un edificio depende en parte de la forma en planta del mismo. La asignación de las edificaciones posibles se puede explicar definiendo los parámetros $\beta_1 = a/L$ y $\beta_2 = b/L$, donde:

a: Representa la dimensión menor del edificio.

L: Representa la dimensión mayor del edificio.

b: Representa la dimensión de los elementos que sobresalgan de las dimensiones principales a y L de la planta.

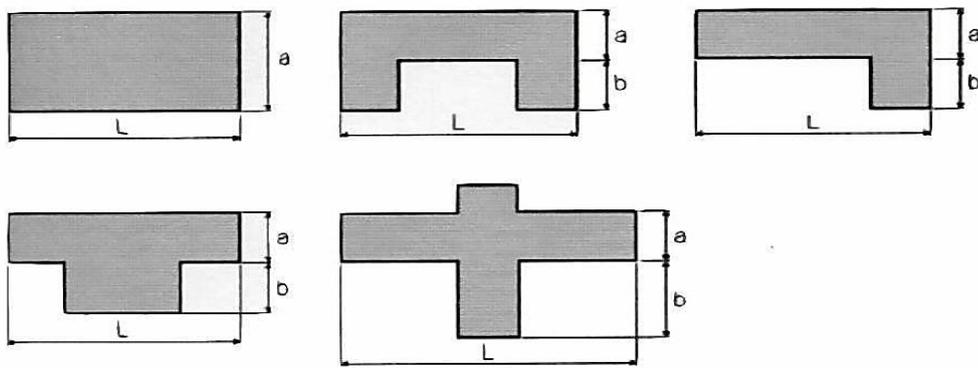


Figura 2. Configuración en planta de la estructura

Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España)

El método evalúa la condición de simetría en planta de los edificios, proponiendo los valores más altos del parámetro cuando las dimensiones en planta se asemejan a secciones cuadradas, sin protuberancias adicionales y castigando las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias demasiado grandes, las cuales pueden provocar problemas de torsión en planta y concentraciones de esfuerzos en las esquinas y en los elementos más alejados de los centros de gravedad y rigidez. Y las clases de los parámetros se definieron de la siguiente manera:

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$.
- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.25$.
- C. Edificio con $0.4 > \beta_1$ o $0.25 < \beta_2$

g) Parámetro N°07: Configuración en elevación.

La irregularidad en elevación de edificios de concreto armado suele estar determinada por configuraciones como la presentada en la figura adjunta. Para evaluar dicho parámetro se consideran las dimensiones de H y T, cuya relación se utiliza para evaluar este parámetro. Se puede apreciar fácilmente, que el método califica favorablemente la existencia de variaciones excesivas en la masa de dos pisos consecutivos. Por lo tanto, evaluación de éste parámetro se realiza utilizando la variación de la altura en el edificio, es decir, los valores de la altura mínima (obtenido de H-T) y máxima del edificio (H). El valor del parámetro se obtiene calculando RL que es la relación entre las dos alturas o altura promedio del edificio.

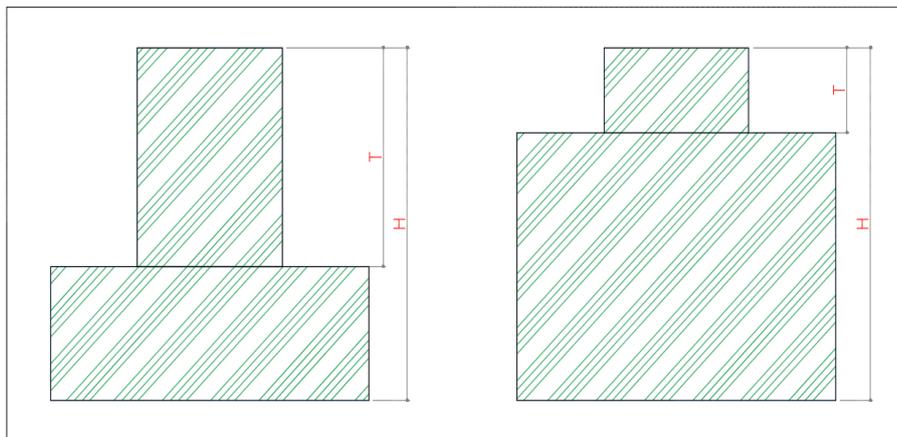


Figura 3. Configuración en altura.

Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España)

h) Parámetro N°08: Distancia máxima entre muros o columnas.

Para edificios de concreto armado, analiza el tipo de conexión entre elementos críticos resaltando la importancia que tienen las uniones vigas – columnas o losa – columnas; por lo tanto, tomaremos en cuenta determinando la presencia de asesoría técnica y el año de construcción.

- A. Edificio con $RL > 0.66$
- B. Edificio con $0.33 < RL \leq 0.66$
- C. Edificio con $RL \leq 0.33$ Presenta irregularidades en el sistema resistente vertical.

i) Parámetro 9: Tipo de cubierta.

Para el proyecto que estamos trabajando con concreto armado la influencia del tipo de cubierta en el comportamiento sísmico de un edificio es muy importante, factores como su tipología y peso determinan dicho comportamiento.

Según las observaciones de campo se pudieron apreciar dos tipos de cubiertas: eternit y calamina; y combinaciones entre estas.

- A. Cubierta estable debidamente amarrada a las vigas con conexiones adecuadas y material liviano. Edificación con cubierta plana.
- B. Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.
- C. Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

j) Parámetro 10: Elementos no estructurales.

Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de balcones, cornisas, parapetos, tanques elevados o cualquier otro elemento no estructural que pueda causar daño. Se trata de un parámetro secundario para fines de evaluación de la vulnerabilidad.

- A. Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.
- B. Edificio con parapetos mal conectados al sistema resistente.
- C. Edificio que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal construido, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificios con balcones.

k) Parámetro 11: Estado de conservación.

Para éste último, este parámetro, enteramente subjetivo califica de una manera visual la presencia de desperfectos internos de la estructura, así como posibles irregularidades como productos de fallos en el proceso constructivo.

- A. Buen estado.
- B. Ligeramente dañado.
- C. Mal estado de conservación.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- a) Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica mediante el método de índices de Benedetti - Petrini de las edificaciones del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde, Jaén, Cajamarca-2019.

2.2. Objetivos específicos

- a) Medir el índice de vulnerabilidad (Benedetti & Petrini, 1982), en las edificaciones del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde, Jaén – Cajamarca.

- b) Determinar las condiciones que están asociadas a la vulnerabilidad sísmica, según Benedetti – Petrini en las edificaciones del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde, Jaén – Cajamarca.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

La ubicación geográfica del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, lugar donde se realizó esta investigación, es la siguiente y en el anexo 1 se presenta el plano de Ubicación y Localización, detallando sus coordenadas.

Departamento : Cajamarca

Provincia : Jaén

Distrito : Jaén

3.2. Población y muestra

La población y muestra de esta investigación fueron las edificaciones distribuidos en tres módulos del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde de la ciudad de Jaén.

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Según su finalidad

Esta investigación es de tipo aplicada, porque se realizó visitas técnicas con la finalidad de poder evaluar cada ambiente del Instituto Víctor Andrés Belaúnde y con ello se realizó el procesamiento de datos y finalmente se obtuvo el nivel de vulnerabilidad sísmica.

3.3.2. Según su diseño

Esta investigación es de tipo descriptiva, porque no se realizó ningún ensayo de laboratorio y se realizó una caracterización e identificación de los parámetros sísmicos de cada módulo para la evaluación, luego de ello se describe la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde.

3.3.3. Según su enfoque

Esta investigación es de tipo cualitativa, porque se describirá cada parámetro evaluado y con ello se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica del Instituto Superior Víctor Andrés Belaúnde.

3.4. Línea de investigación

Mecánica y análisis estructural.

3.5. Hipótesis

Las estructuras del Instituto Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica “medio”.

3.6. Variables

3.6.1. Variable dependiente

- a) Nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde.

3.6.2. Variables independientes

- a) Elementos estructurales y no estructurales del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde.

3.7. Materiales

- a) **Wincha:** Que sirvió para realizar las mediciones de algunas fisuras encontradas en algunos elementos estructurales y no estructurales.
- b) **Cámara fotográfica:** Que sirvió para registrar cada tipo de dato, detalle, fisura, entre otras que ayudan a enriquecer esta investigación.

3.8. Métodos

3.8.1. Inductivo – deductivo

A través de este método se pudo inducir la vulnerabilidad sísmica de cada edificación que compone el Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde y con ello se pudo deducir la vulnerabilidad de toda la institución en su conjunto.

3.9. Técnicas

3.9.1. La observación

A través de la metodología propuesta por Benedetti – Petrini, se pudo verificar algunos parámetros en campo que nos permitieron realizar esta investigación como: condición de las estructuras, existencias de algunas fisuras, identificación de las áreas, entre otros.

3.10. Procedimiento de recolección de datos

3.10.1. ETAPA 1: Gestión del permiso de investigación

Esta etapa consistió en realizar las coordinaciones con el director del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde de la ciudad de Jaén, ahí se le explicó los objetivos de esta investigación, las actividades que se realizarán para hacer realidad esta investigación. Para obtener el permiso necesario y poder realizar lo anteriormente mencionado se presentó una solicitud al Director de dicha institución, la cual se presenta en el anexo 2.

En las figuras 4 y 5, se presentan evidencias de la entrega de solicitud de permiso al administrador del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde institución Sr. Antonio Dávila Pérez.



Figura 4. Entrega de solicitud de permiso.



Figura 5. Aceptación de solicitud de permiso.

3.10.2. ETAPA 2: Recolección de información

En las figuras 6 y 7, se muestra la etapa de revisión de planos del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde.



Figura 6. Revisión de los planos de la institución.



Figura 7. Revisión de información de la institución.

3.10.3. ETAPA 3: Visita a las instalaciones del instituto para la recolección de datos

Esta etapa consistió en realizar la inspección visual de cada uno de los módulos que componen el Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde.

a) Situación actual del módulo 01

En las figuras 8 y 9 se presenta las instalaciones del módulo 01, el cual en el primer piso consta de: cinco aulas y servicios higiénicos para varones y mujeres, mientras que en el segundo piso consta de: una aula, una aula de audiovisuales, un laboratorio de biología y química, servicios higiénicos para varones y mujeres.



Figura 8. Primer piso de módulo 01



Figura 9. Primer y segundo piso del módulo 01.

b) Situación actual del módulo 02

En las figuras 10 y 11, se presenta las instalaciones del módulo 02, el cual en el primer piso consta de: cinco aulas y servicios higiénicos para varones y mujeres, mientras que en el segundo piso consta de: dos aulas, dos aulas de computación y servicios higiénicos para varones y mujeres.



Figura 10. Primer y segundo piso de módulo 02.



Figura 11. Primer y segundo piso de módulo 02.

c) Situación actual del módulo 03

En las figuras 12 y 13, se presenta las instalaciones del módulo 03, el cual en el primer piso consta de dos salas de lectura, un ambiente para la atención entrega de libros y dos depósitos, mientras que en segundo piso funcionan oficinas administrativas con sus respectivos servicios higiénicos.



Figura 13. Primer piso de módulo 03.



Figura 12. Segundo piso de módulo 03.

3.10.4. ETAPA 4: Identificación de los materiales predominantes en la construcción de la infraestructura.

En las figuras 14 y 15, presenta la identificación de los materiales utilizados para la construcción, donde los materiales predominantes fueron: muros de ladrillo tarrajeados y pintados, columnas de concreto armado, vigas y losas aligeradas de concreto armado y puertas de hierro.



Figura 14. Losas aligeradas de concreto armado



Figura 15. Columnas y vigas de concreto armado

3.10.5. ETAPA 5: Medición de algunos elementos estructurales y algunas fisuras encontradas

En la figura 16, se presenta la medición con wincha de un elemento estructural (columna) y en la figura 17, se presenta la medición otro elemento estructural (columna), esto se realizó con la finalidad de corroborar las medidas que especifican en los planos de los tres módulos.



Figura 16. Medición de columna (Módulo 01 primer piso).



Figura 17. Medición de columna (Módulo 01 primer piso).

3.10.6. ETAPA 6: Identificación del tipo y estado actual de la cobertura de los módulos

En las figuras 18 y 19, se presenta el recorrido que se realizó para identificar el tipo y estado actual de la cobertura de las edificaciones, el tipo de cobertura son de losas aligeradas de concreto armado; en el módulo 03 se observó que existe una filtración que fue reparada, pero que las consecuencias se reflejan en la parte inferior de un aula, mientras que en los módulos 01 y 02 no se presentó ese ni ningún otro tipo de falla.



Figura 18. Cobertura de losa aligerada de concreto armado de módulo 03.



Figura 19. Cobertura de losa aligerada de concreto armado de módulo 03.

3.10.7. ETAPA 7: Identificación y situación actual de los elementos estructurales

En las figuras 20, se presenta la inspección visual para la identificación de la situación actual de la columna (módulo 02) y en la figura 21, se presenta una fisura encontrada en una columna del módulo 01, la cual mide 1.20 metros de largo y 3 milímetros de espesor



Figura 20. Inspección de columna (Módulo 02)



Figura 21. Fisura de 1.20m de largo y 3mm de espesor (Módulo 01).

3.10.8. ETAPA 8: Identificación y situación actual de los elementos no estructurales

En la figura 22 se presenta la escalera que conecta el segundo piso módulo 01 con el segundo piso del módulo 02, la cual tiene una fisura de 4 cm aproximadamente, mientras que en la figura 23 se presenta los pasamanos del módulo 03, los cuales se encuentran en condiciones normales.



Figura 22. Fisura en escalera de 4 mm aproximadamente.



Figura 23. Pasamanos del módulo 03 (segundo piso).

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetro 01: Tipo y organización del sistema resistente

El Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde consta de tres módulos, los cuales se presentan en el anexo 3, 4 y 5; a los cuales se les designará y nombrará de aquí en adelante con los códigos de M – 01, M – 02 y M – 03. Los cuales fueron construidos en el año 1978, por lo cual se le asigna la calificación presentada en la siguiente tabla.

Tabla 4. *Calificación por módulos del parámetro N°01*

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01		X	
I.S.P. V.A.B	M - 02		X	
	M - 03		X	

Fuente: Elaboración propia

4.2. Parámetro 02: Calidad del sistema resistente

Según los parámetros propuestos por Benedetti – Petrini este parámetro se toma el mismo que el parámetro N°01, pues el tipo de material utilizado para la construcción de las edificaciones son: concreto para los elementos estructurales tales como zapatas, vigas de cimentación, columnas, vigas y losas aligeradas; mientras que para los muros fueron construido de ladrillo las cuales se encuentran tarrajeados y pintados.

Tabla 5. *Calificación por módulos del parámetro N°01*

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01		X	
I.S.P. V.A.B	M - 02		X	
	M - 03		X	

Fuente: Elaboración propia

4.3. Parámetro 03: Resistencia convencional

4.3.1. Módulo 01

En los anexos 3 y 4 se presentan los planos del módulo 1 primer y segundo piso respectivamente.

Tabla 6. Áreas resistentes en X módulo 01.

ELEMENTOS	N	L	e	L*e
Columnas				2.340
Cx 1	26	0.30	0.30	2.340

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Áreas resistentes en Y módulo 01.

ELEMENTOS	N	L	e	L*e
Columnas				2.340
Cy 1	26	0.30	0.30	2.340

Fuente: Elaboración propia

At (Área total construida en Planta)	At =	291.38 m ²
N (número de pisos)	N =	2
Cx (área de concreto en X)	Cx =	2.34 m ²
Cy (área de concreto en Y)	Cy =	2.34 m ²
H (altura promedio)	H =	3.00 m
M (número de diafragmas horizontales)	M =	2
Ac (área total de cubierta)	Ac =	291.38 m ²
Pc (Peso por unidad de cubierta)	Pc =	0.03 tn/m ²
τ_c (resistencia al corte del concreto)	$\tau_c =$	70 tn/m ²
(S) Suelo	S =	1.40
(U) Uso	U =	1.50
(Z) Zona Sísmica	Z =	0.25
(C) Coeficiente Sísmico	C =	2.50
(R) Coeficiente de reducción sísmica	R =	8

Vr = Resistencia cortante menos

1.00 favorable

$$V_r = \min(A_x; A_y) * \tau$$

$$V_r = \mathbf{163.800}$$

2.00 W = Cálculo del peso de la edificación que es resistido por la estructura:

$$W = A_t * M + A_c * P_c$$

$$W = \mathbf{591.501}$$

3.00 Cálculo del coeficiente sísmico resistente CSR:

$$CSR = V_r / W$$

$$CSR = \mathbf{0.277}$$

4.00 Cálculo del coeficiente sísmico exigido CSE:

$$CSE = ZUCS / R$$

$$CSE = \mathbf{0.164}$$

5.00 Relación entre la fuerza resistente y la fuerza de diseño (α_h)

$$\alpha_h = CSR / CSE$$

$$\alpha_h = \mathbf{1.688}$$

Por lo tanto al módulo 01 se le asigna la calificación “A”, debido a que $\alpha_{h\ es} \geq 1.20$ de acuerdo con lo propuesto por Benedetti – Petrini.

4.3.2. Módulo 02

En los anexos 3 y 4 se presentan los planos del módulo 1 primer y segundo piso respectivamente.

Tabla 8. Áreas resistentes en X de módulo 02.

ELEMENTOS	N	L	e	L*e
Columnas				2.340
Cx 1	26	0.30	0.30	2.340

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Áreas resistentes en Y de módulo 02.

ELEMENTOS	N	L	e	L*e
Columnas				2.340
Cy 1	26	0.30	0.30	2.340

Fuente: Elaboración propia

At (Área total construida en Planta)	At =	291.06 m ²
N (número de pisos)	N =	2
Cx (área de concreto en X)	Cx =	2.34 m ²
Cy (área de concreto en Y)	Cy =	2.34 m ²
H (altura promedio)	H =	3.20 m
M (número de diafragmas horizontales)	M =	2
Ac (área total de cubierta)	Ac =	291.06 m ²
Pc (Peso por unidad de cubierta)	Pc =	0.03 tn/m ²
τ_c (resistencia al corte del concreto)	$\tau_c =$	70 tn/m ²
(S) Suelo	S =	1.40
(U) Uso	U =	1.50
(Z) Zona Sísmica	Z =	0.25
(C) Coeficiente Sísmico	C =	2.50
(R)Coeficiente de reducción sísmica	R =	8

	$V_r =$ Resistencia cortante menos favorable
1.00	$V_r = \min(A_x; A_y) * \tau$ $V_r = 163.800$
2.00	W = Cálculo del peso de la edificación que es resistido por la estructura: $W = At * M + Ac * Pc$ $W = 590.852$
3.00	Cálculo del coeficiente sísmico resistente CSR: $CSR = V_r/W$ $CSR = 0.277$
4.00	Cálculo del coeficiente sísmico exigido CSE: $CSE = ZUCS/R$ $CSE = 0.164$
5.00	Relación entre la fuerza resistente y la fuerza de diseño (α_h) $\alpha_h = CSR/CSE$ $\alpha_h = 1.690$

Por lo tanto al módulo 02 se le asigna la calificación “A”, debido a que $\alpha_{h\ es} \geq 1.20$ de acuerdo con lo propuesto por Benedetti – Petrini.

4.3.3. Módulo 03

En el anexo 5 se presentan los planos del módulo 1 primer piso.

Tabla 10. Áreas resistentes en X de módulo 03.

ELEMENTOS	N	L	e	L*e
Columnas				2.880
Cx 1	32	0.3	0.3	2.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Áreas resistentes en Y de módulo 03.

ELEMENTOS	N	L	e	L*e
Columnas				2.88
Cy 1	32	0.3	0.3	2.88

Fuente: Elaboración propia

At (Área total construida en Planta)	At =	406.650 m ²
N (número de pisos)	N =	2
Cx (área de concreto en X)	Cx =	2.88 m ²
Cy (área de concreto en Y)	Cy =	2.88 m ²
H (altura promedio)	H =	3.00 m
M (número de diafragmas horizontales)	M =	2
Ac (área total de cubierta)	Ac =	406.50 m ²
Pc (Peso por unidad de cubierta)	Pc =	0.03 tn/m ²
τ_c (resistencia al corte del concreto)	$\tau_c =$	70 tn/m ²
(S) Suelo	S =	1.40
(U) Uso	U =	1.50
(Z) Zona Sísmica	Z =	0.25
(C) Coeficiente Sísmico	C =	2.50
(R) Coeficiente de reducción sísmica	R =	8

1.00	$V_r =$ Resistencia cortante menos favorable $V_r = \min(A_x; A_y) * \tau$ $V_r = 201.600$
2.00	$W =$ Cálculo del peso de la edificación que es resistido por la estructura: $W = A_t * M + A_c * P_c$ $W = 825.495$
3.00	Cálculo del coeficiente sísmico resistente CSR: $CSR = V_r / W$ $CSR = 0.244$
4.00	Cálculo del coeficiente sísmico exigido CSE: $CSE = ZUCS / R$ $CSE = 0.164$
5.00	Relación entre la fuerza resistente y la fuerza de diseño (α_h) $\alpha_h = CSR / CSE$ $\alpha_h = 1.489$

Por lo tanto al módulo 03 se le asigna la calificación “A”, debido a que $\alpha_h \text{ es } \geq 1.20$ de acuerdo con lo propuesto por Benedetti – Petrini.

En la siguiente tabla, se presenta la tabla con la asignación a cada módulo que constituye el Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde.

Tabla 12. *Calificación por módulos del parámetro N°03*

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01	X		
I.S.P. V.A.B	M - 02	X		
	M - 03	X		

Fuente: Elaboración propia

4.4. Parámetro 04: Posición del edificio y de la cimentación

Para este parámetro se tomó en cuenta la pendiente, el nivel de las cimentaciones y la presencia o no de sales en el suelo; por lo tanto se le asignó la letra A, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. Calificación por módulos del parámetro N°04

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01	X		
I.S.P. V.A.B	M - 02	X		
	M - 03	X		

Fuente: Elaboración propia

4.5. Parámetro 05: Diafragmas horizontales

Los cuatro módulos, no presentan deformabilidad del diafragma, ausencia de planos a desnivel y la conexión entre el diafragma y elementos estructurales es eficaz, por lo tanto, le asignamos una calificación A.



Figura 24. Figura 25. Conexión entre el diafragma y elementos estructurales es eficaz (módulo 3)

Tabla 14. Calificación por módulos del parámetro N°05

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01	X		
I.S.P. V.A.B	M - 02	X		
	M - 03	X		

Fuente: Elaboración propia

4.6. Parámetro 06: Configuración en planta

4.6.1. Módulo 01

Dimensiones:

$$a = 6.30 \text{ m}$$

$$L = 46.25 \text{ m}$$

$$b = 0.00 \text{ m}$$

$$\beta_1 = 0.14 \text{ m}$$

$$\beta_2 = 0.00 \text{ m}$$

Por lo tanto, para el M - 01 le corresponde la calificación C.

4.6.2. Módulo 02

Dimensiones:

$$a = 6.30 \text{ m}$$

$$L = 46.20 \text{ m}$$

$$b = 0.00 \text{ m}$$

$$\beta_1 = 0.14 \text{ m}$$

$$\beta_2 = 0.00 \text{ m}$$

Por lo tanto, para el M - 01 le corresponde la calificación C.

4.6.3. Módulo 03

$$A = 6.10 \text{ m}$$

$$L = 41.80 \text{ m}$$

$$B = 0.00 \text{ m}$$

$$\beta_1 = 0.15 \text{ m}$$

$$\beta_2 = 0.00 \text{ m}$$

Por lo tanto, para el M - 01 le corresponde la calificación C.

En la siguiente tabla, se presenta la calificación asignada a cada módulo luego de realizar la evaluación con el parámetro 06.

Tabla 15. Calificación por módulos del parámetro N°6

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01			X
I.S.P. V.A.B	M - 02			X
	M - 03			X

Fuente: Elaboración propia

4.7. Parámetro 07: Configuración en elevación

Para los módulos M – 01, M- 02 y M – 03 son de un nivel, por lo tanto:

$$RL = \frac{3.00m - 0m}{3.00} = 1$$

Entonces M – 01, M- 02 y M - 03 son estructuras que presentan RL=1, por lo tanto, la calificación que le corresponde será “A”.

Tabla 16. Calificación por módulos del parámetro N°7

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01	X		
I.S.P. V.A.B	M - 02	X		
	M - 03	X		

Fuente: Elaboración propia

4.8. Parámetro 08: Distancia máxima entre muros y columnas

Para la distancia entre columnas se tuvo en cuenta determinando la presencia de asesoría técnica y el año de construcción, en campo se verificó que la distancia máxima entre columnas en los módulos 01 y 02 fue de 5.70 metros tal como se muestra en el anexo 3 y 4, mientras que la distancia máxima entre columnas del módulo 03 fue de 5.10 metros como se muestra en el anexo 5. Por lo tanto, la calificación de éste parámetro será tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. *Calificación por módulos del parámetro N°8*

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01	X		
I.S.P. V.A.B	M - 02	X		
	M - 03	X		

Fuente: Elaboración propia

4.9. Parámetro 09: Tipo de cubierta

La cubierta de los tres módulos es de losa aligerada, el vaciado de las mismas es monolítico con las vigas, según la inspección visual y con cubierta plana, por lo tanto, se le asigna una calificación A.

Tabla 18. *Calificación por módulos del parámetro N°9*

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01	X		
I.S.P. V.A.B	M - 02	X		
	M - 03	X		

Fuente: Elaboración propia

4.10. Parámetro 10: Elementos no estructurales

Para los módulos 02 y 03, se le asignará la calificación A, por no tener elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente; y para el Módulo 01 se le asignará la calificación B, por tener una escalera con conexión deficiente, que puede fallar en caso de un evento sísmico.



Figura 26. Figura 27. Escalera con deficiencias en su conexión que conecta el módulo 1 con el módulo 2.

Tabla 19. Calificación por módulos del parámetro N°10

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01		X	
I.S.P. V.A.B	M - 02	X		
	M - 03	X		

Fuente: Elaboración propia

4.11. Parámetro 11: Estado de conservación

Debido a que éste parámetro es cualitativo sea optado por asignar al módulo 01 una calificación B, ya que presenta mayor cantidad de fisuras en sus estructuras, mala conexión de una escalera y una filtración de agua en la losa aligerada que fue refaccionada; para los módulos 02 y 03 se le asignó la calificación A, pues en comparación con el módulo 01 presenta menos presencia de esas cualidades.

Tabla 20. Calificación por módulos del parámetro N°11

Infraestructura	N° de módulo	Calificación		
		A	B	C
	M - 01		X	
I.S.P. V.A.B	M - 02	X		
	M - 03	X		

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se presenta el estado de conservación de los tres módulos que componen el Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde evaluados.



Figura 28. Fisuras presentadas en la losa-columna (módulo 1).



Figura 29. Fisura en columna-muro (módulo 3).

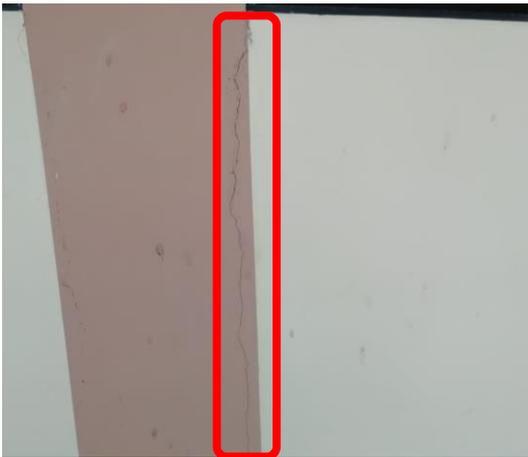


Figura 31. Fisura en columna (módulo 03).



Figura 30. Mala conexión en escalera (módulo 01).



Figura 33. Fisura en losa aligerada (módulo 01).



Figura 32. Lugar de filtración de agua en losa (módulo 01).

4.12. Nivel de vulnerabilidad sísmica

Tabla 21. *Evaluación índice de vulnerabilidad Benedetti - Petrini*

i	Parámetro	K _{iA}	K _{iB}	K _{iC}	W _i	KW _i		
						M-01	M-02	M-03
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4	3	3	3
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1	1	0	0
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1	-1	-1	-1
4	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1	2	2	2
5	Diafragma horizontales	0	1	2	1	0	1	0
6	Configuración en planta	0	1	2	1	0	2	1
7	Configuración en elevación	0	1	3	2	0	0	0
8	Distancia máxima entre muros y columnas	0	1	2	1	1	0	0
9	Tipo de Cubierta	0	1	2	1	1	0	0
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1	2	0	0
11	Estados de conservación	0	1	2	1	1	2	0
IV (Índice de Vulnerabilidad)						32.35	29.412	17.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. *Nivel de vulnerabilidad Sísmica*

INFRAESTRUCTURA	MÓDULO	I _v	I _{vn}	VULNERABILIDAD SÍSMICA
	M -01	32.4	34.37	MEDIA
I.S.P. V.A.B	M -02	29.4	31.25	MEDIA
	M -03	17.6	18.75	BAJA

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Al realizar la evaluación con el parámetro 01 propuesto por Benedetti – Petrini y denominado “Tipo y organización del sistema resistente” de las edificaciones del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde compuesto según los planos en tres módulos; se le asignó una calificación “B” para los tres módulos, debido a que fue construido en el año 1978, el cual a la vez fue construido con asesoría técnica. De acuerdo a éste parámetro la calificación este dentro de las condiciones normales y no hay mayor influencia sobre el índice de vulnerabilidad sísmica. Luego de realizar la evaluación con el parámetro 02 denominado “Calidad del sistema resistente” de los tres módulos, se le asignó una calificación “B” a todos los módulos evaluados, debido a que sus elementos estructurales fueron construidos de concreto y los muros de ladrillo y también de acuerdo al año de construcción. Esta asignación para este parámetro tampoco hay una incidencia mayor sobre la vulnerabilidad sísmica.

Mientras que al realizar la evaluación aplicando el parámetro 03 denominado por Benedetti – Petrini como “Resistencia convencional”, donde se obtuvo como resultado una calificación “A” para los tres módulos que componen el Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, puesto que en los tres se obtuvo resultados de $\alpha h \geq 1.20$, el cual representa la relación de la fuerza resistente y la fuerza de diseño. Mientras que realizando la evaluación con el parámetro de evaluación 04, denominado “Posición del edificio y la cimentación”, en la cual como su mismo nombre lo dice se evaluó la posición del edificio, nivel de las cimentaciones, pendiente del terreno, ausencia de humedad y ausencia de sales, se le asignó una calificación “A”, por lo que no existe mayor influencia sobre el nivel de vulnerabilidad sísmica de la infraestructura.

Luego de realizar la evaluación de cada módulo del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde con el parámetro 05 denominado “Diafragmas horizontales”, se le asignó a los tres módulos una calificación “A”, pues no presentaron deformabilidad del diafragma y la conexión entre diafragma y elementos rígidos es eficaz. Al realizar la evaluación con el parámetro 06 denominado por Benedetti – Petrini “Configuración en planta”, se le asignó

una calificación “C” a los tres módulos, esto debido a que $\beta_1 = 0.14$ y el módulo 01 y 02, mientras que $\beta_1 = 0.15$ en el módulo 03.

Habiendo realizado la evaluación con el parámetro 07 denominado “Configuración en elevación de cada módulo del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, se le asignó una calificación “A”, pues no existe ninguna variación de las alturas de los dos pisos de cada módulo. Evaluando cada módulo con el parámetro 08 denominado “Distancia máxima entre muros y columnas”, se le asignó una calificación “A” para los tres módulos, pues la distancia máxima ente columnas de los módulos 01 y 02 es de 5.70 metros y del módulo 03 de 5.10 metros; además se tuvo en cuenta que las edificaciones si fueron construidas con asesoría técnica.

Al realizar la evaluación de cada módulo del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, aplicando el parámetro 09 “Tipo de cobertura”, se le asignó la calificación “A” a todos los módulos, pues todos tienen cubierta estable de losa aligerada compuesta por vigas debidamente amarradas. Realizando la evaluación con el parámetro 10 “Elementos no estructurales” de los tres módulos que componen el Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, se le asignó una calificación “A” a los módulos 02 y 03, pues los elementos no estructurales están bien conectados y no presentan ningún tipo de falla o fisura, mientras que al módulo 01 se le asignó una calificación “B”, pues en la escalera que conecta del módulo 02 presenta una fisura de 4 cm aproximadamente el cual es un peligro latente ante cualquier evento sísmico.

Realizando la evaluación con el parámetro 11 “Estado de conservación”, se le asignó una calificación “B” al módulo 01, debido a que en este se encontró la mayor cantidad de fisuras en paredes, fallas en una escalera, pisos fisurados, entre otros y a los módulos 02 y 03 se le asignó una calificación “A” pues en comparación con el módulo 01 se encuentran en un mejor estado de conservación.

Para la evaluación de los 11 parámetros de Benedetti Petrini se realizó visitas para inspeccionar visualmente el estado actual de cada uno de los módulos que componen la institución en estudio, en las cuales se obtuvo como resultado que los módulos 01 y 02 presentan un índice de vulnerabilidad media, mientras que el módulo 03 presenta un índice de vulnerabilidad baja.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- a) Al aplicar el método de índices de vulnerabilidad propuesto por Benedetti - Petrini, en las edificaciones del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaunde, se concluye que el índice de vulnerabilidad sísmica es de media a baja, por lo tanto ante un evento sísmico de gran magnitud no sufriría daños en sus estructuras en general.

- b) Luego de realizar la evaluación y clasificación a través del método mencionado de los tres módulos que componen el Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde, se concluye que: el módulo 01 y 02 presentan un índice de vulnerabilidad sísmica medio, en tanto que el módulo 03 presenta un índice de vulnerabilidad bajo.

6.2. Recomendaciones

- a) Se recomienda realizar el mantenimiento adecuado en algunas estructuras en las cuales se observó algunas fisuras y otros daños menores (principalmente en la escalera que conecta el segundo piso del módulo 01 con el módulo 02), pues de no realizarse, con el pasar de los años podría tornarse peligroso para toda la estructura en su conjunto ante un evento sísmico de gran magnitud.

- b) Realizar una inspección de las principales fisuras y otras fallas menores encontradas durante el desarrollo de esta investigación con la finalidad de que puedan reparar estas fisuras o fallas y en el caso de la escalera que conecta el segundo piso del módulo 01 y 02 se recomienda la demolición y reconstrucción debido a su antigüedad, pues ante un evento sísmico de gran magnitud es la principal vía de evacuación que sufriría daños en consecuencia los estudiantes que evacúen por esta escalera también.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbat. (1998). “*Análisis y gestión del riesgo sísmico de edificios y sistemas esenciales*”.
- Chardon, A. C. (2008). “*Amenaza, vulnerabilidad y sociedades urbanas una visión desde la dimensión institucional Gestión y Ambiente*”.
- Marín, F. R. (2014). “*Determinación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la I.E. Estatal Ramón Castilla y Marquesado del distrito de Jaén – Cajamarca*”. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén, Cajamarca, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente. Recuperado de <http://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- Pecori, C. G., & Cruz, O. (2018). “*Estudio de vulnerabilidad sísmica de la I.E. Emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo*”. (Tesis de pregrado), Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Quiroz, L. R., & Vidal, L. d. (2015). “*Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica estructural en edificaciones conformadas por sistemas apertados y de albañilería confinada en el sector de la Esperanza parte baja - Trujillo, 2014*”. (Tesis de pregrado), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Sánchez, V. (2014). “*Estimación de riesgo sísmico en viviendas de adobe del sector Sargento Lores, Jaén – Cajamarca*”. (Tesis de pregrado), Universidad nacional de Cajamarca, Jaén, Cajamarca.
- Serna, L., & Gulfo, A. (Julio de 2015). “*Vulnerabilidad sísmica de la infraestructura escolar urbana en Girardot – Cundinamarca*”. *Ingenierías*, XVIII (68), 23-31. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5247959>

Suárez, L., Dávila, N., Inglessis, P., & Rivero, P. (Agosto-Noviembre de 2009). “Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en la ciudad de Mérida”. *Ciencia e Ingeniería*, 30, 269-278. Recuperado de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/view/1109>

Villegas, J. (2014). “*Análisis de la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en el sector Morro Solar Bajo de Jaén – Cajamarca*”. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén Cajamarca, Perú

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarnos su bendición todos los días de nuestras vidas y darnos la fuerza necesaria para luchar cada día por nuestros sueños.

A nuestros padres y toda nuestra familia por su apoyo incondicional y por inculcarnos siempre buenos valores.

A nuestros amigos, por su apoyo para la realización de esta investigación y por su apoyo constante en todo.

A nuestro asesor, el Ingeniero Edinson V. Llamo Goicochea, por su apoyo en todo momento a la realización de esta investigación.

DEDICATORIA

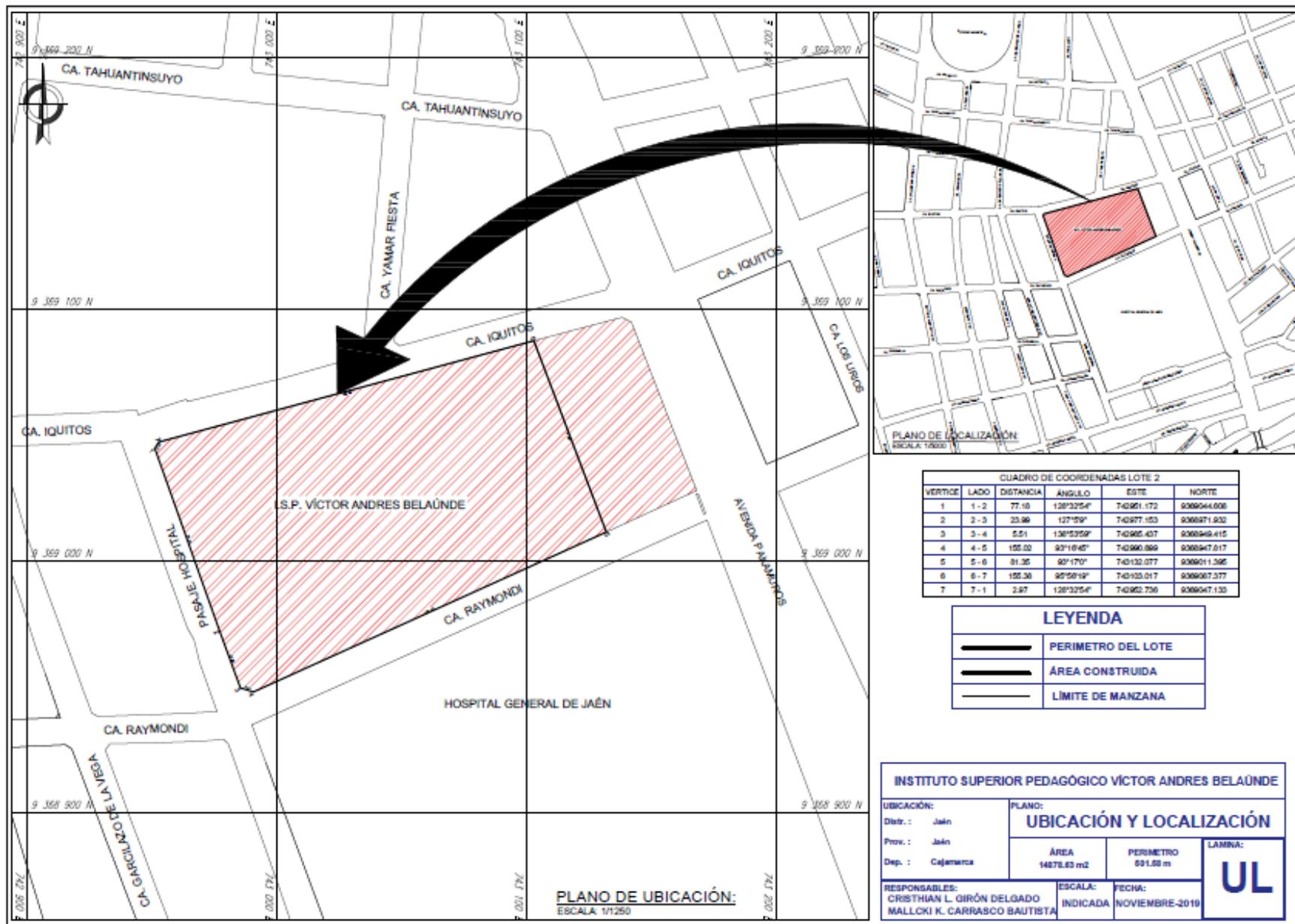
A nuestra familia y especialmente a nuestros padres, pues gracias a ellos y por ellos estamos cumpliendo cada día nuestras metas trazadas.

A nuestra alma máter Universidad Nacional de Jaén, porque nos formó como buenos profesionales y buenos ciudadanos.

A nuestros docentes, por sus enseñanzas transmitidas durante nuestra formación académica y por enseñarnos siempre buenos valores.

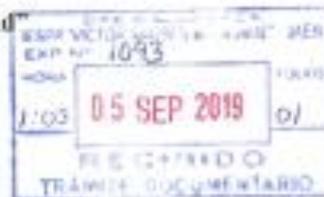
ANEXOS

*Anexo 1. Plano de Ubicación – Localización del Instituto Superior Pedagógico Víctor
Andrés Belaúnde.*



Anexo 2. Solicitud de permiso para poder realizar esta investigación en la infraestructura del Instituto Superior Pedagógico Víctor Andrés Belaúnde.

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"



CARTA N° 01-2019-UNJ

SR:

DIRECTOR DEL INSTITUTO SUPERIOR PEDAGÓGICO VÍCTOR ANDRÉS BELAÚNDE

ASUNTO: SOLICITAMOS AUTORIZACIÓN PARA EJECUCIÓN DE TESIS

Carrasco Bautista Malleikeider, identificado con DNI N°70744853 con domicilio en la Prolongación Orellana N°1326 y, Girón Delgado Cristhian Leonard, con domicilio en la calle Diego Palomino #1772 - Jaén, egresados de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, nos presentamos ante usted para exponerle lo siguiente.

Encontrándonos desarrollando nuestro proyecto de tesis denominado: "VULNERABILIDAD SISMICA MEDIANTE EL METODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DEL INSTITUTO PEDAGÓGICO VÍCTOR ANDRÉS BELAÚNDE, JAÉN, CAJAMARCA-2019", solicitamos a usted la autorización para la ejecución de dicho proyecto para el día lunes 09 del presente mes, dicho trabajo consistirá en visitar los ambientes del instituto, realizar algunas mediciones, toma de fotografías, entre otras actividades que ayudarán a realizar nuestra tesis y que a su vez servirá para verificar que en grado de vulnerabilidad se encuentra la institución ante un posible movimiento sísmico.

Sin otro particular, aprovechamos la oportunidad para reiterar las muestras de especial consideración.

Jaén, 05 de setiembre del 2019

Atentamente:

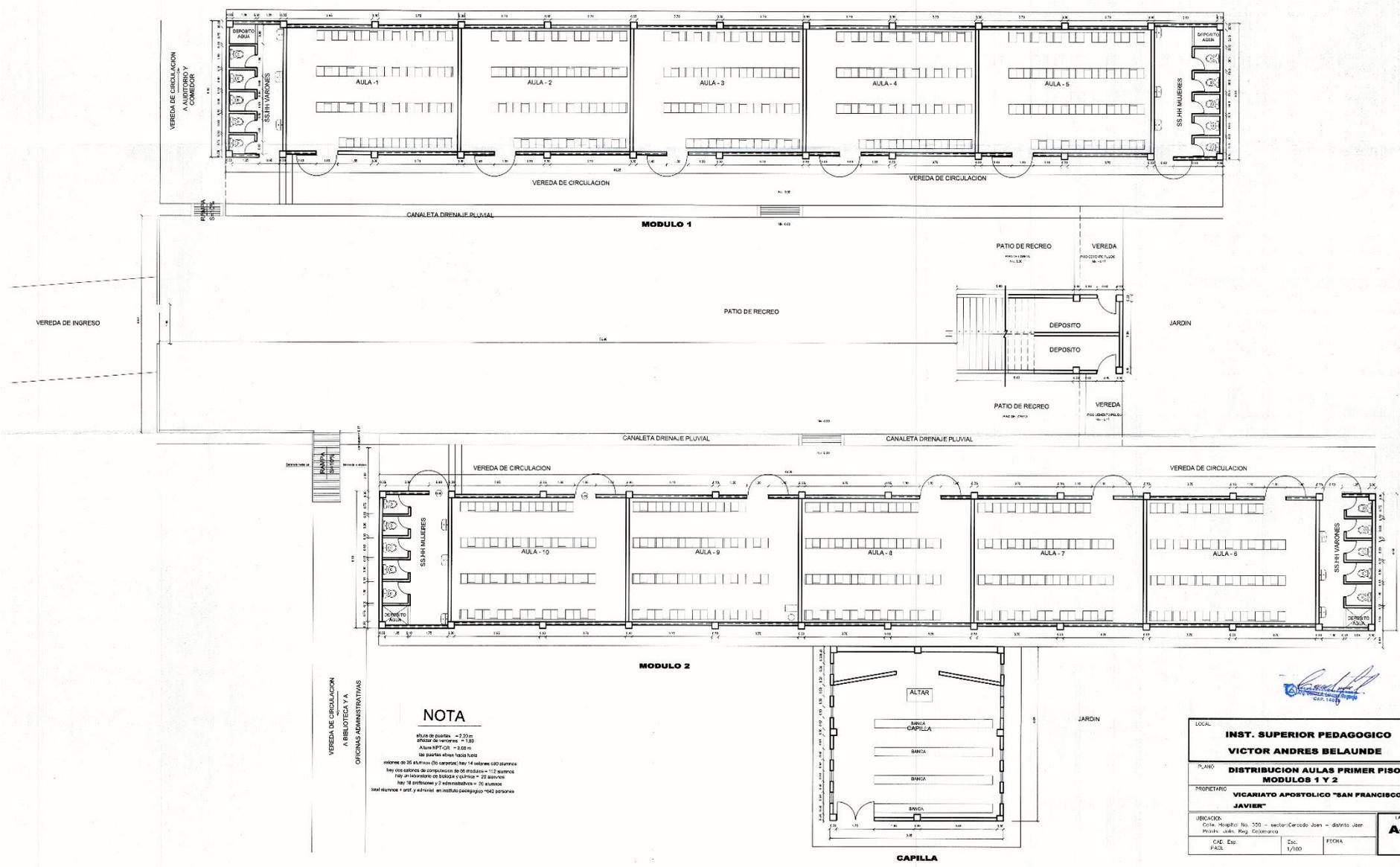

Bach. Ing. Carrasco Bautista
Malleikeider
DNI: 70744853


Bach. Ing. Girón Delgado
Cristhian Leonard
DNI: 48144670

Anexo 3. Plano de distribución de aulas primer piso módulos 1 y 2.

Anexo 4. Plano de distribución de aulas segundo piso módulos 1 y 2.

Anexo 5. Plano de distribución de oficinas administrativas primer piso módulo 3.

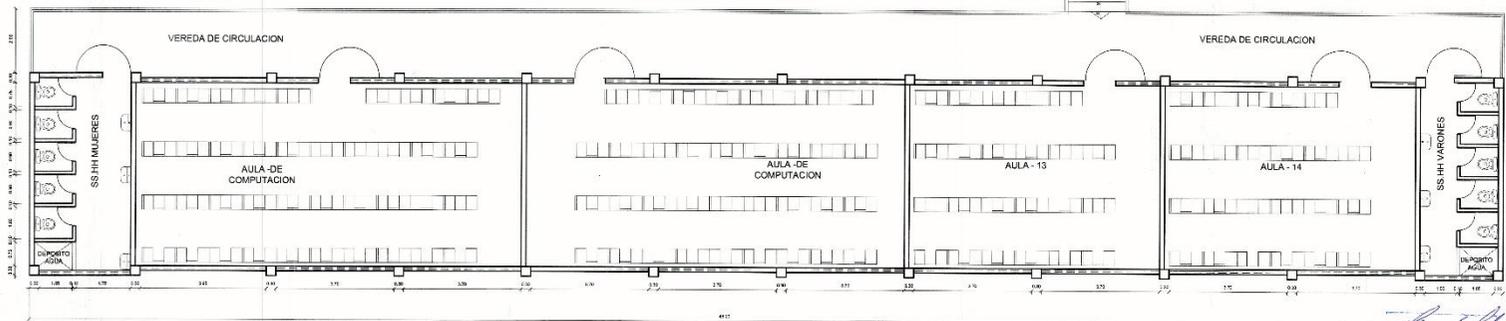
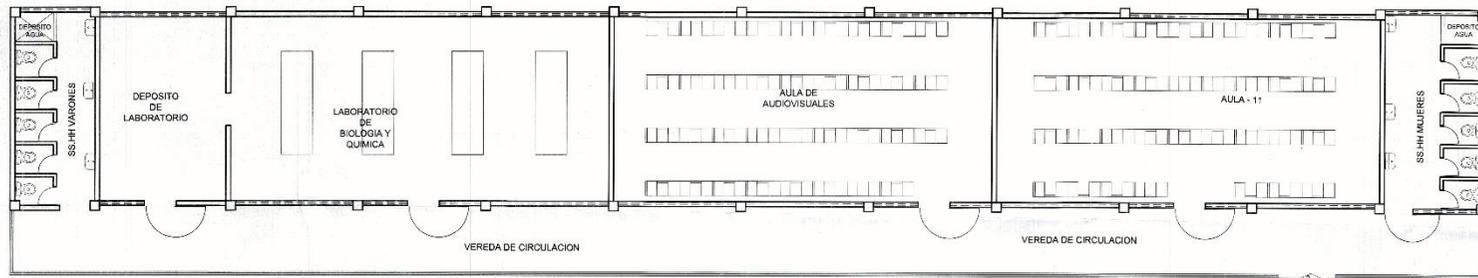


NOTA

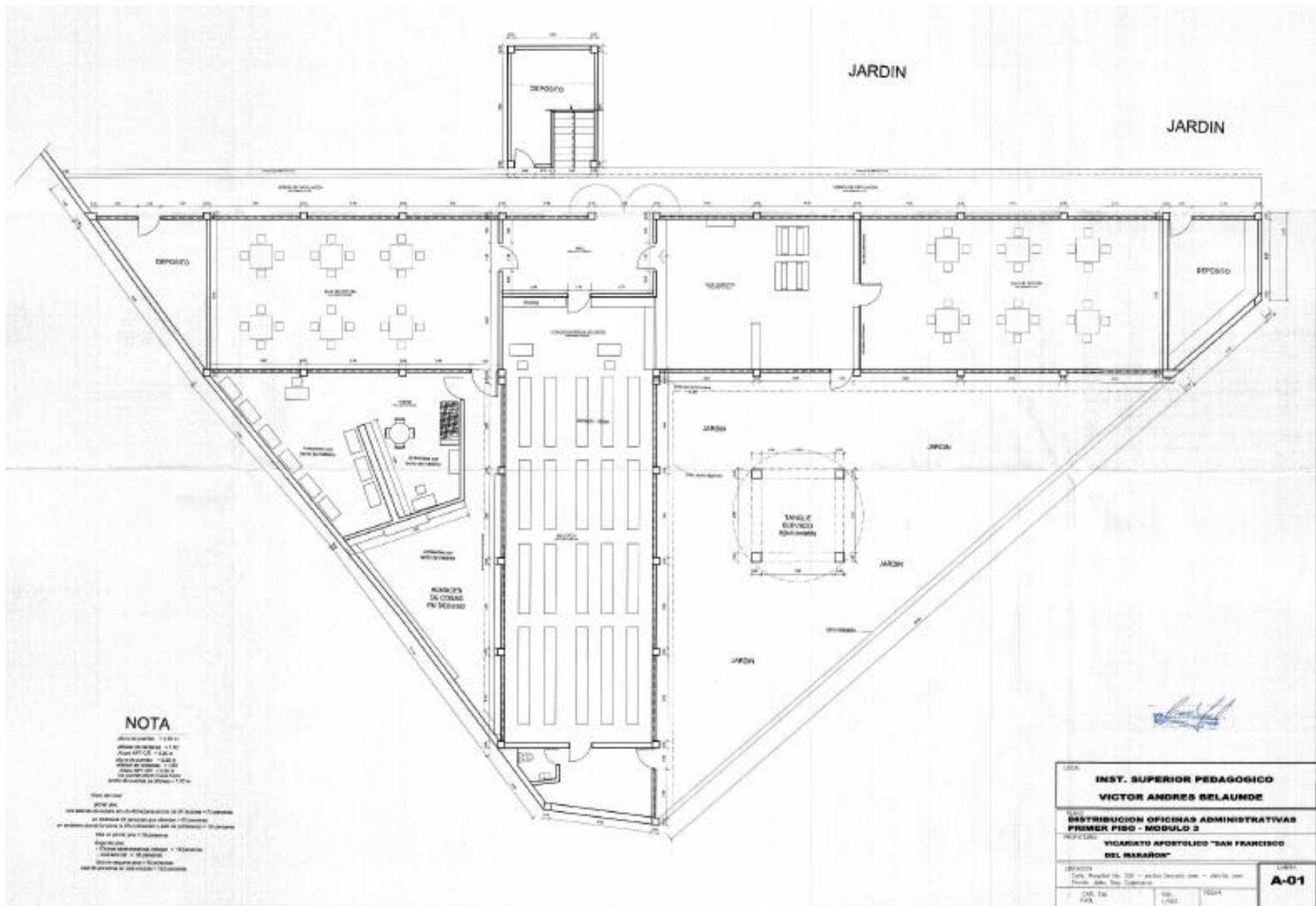
altura de puertas = 2.20 m
 altura de ventanas = 1.80 m
 altura HPT-OR = 3.05 m
 las puertas deben estar cerradas

edifico de 35 alumnos (25 varones) / hall 14 sillas / 020 alumnos
 hay dos salones de computación de 50 mesas = 112 alumnos
 hay un laboratorio de idiomas / computar = 02 salones
 hay 18 profesoras y 2 administrativas = 20 alumnos
 total alumnos = 200 / profesoras = 20 / administrativas = 002 personas

LOCAL	INST. SUPERIOR PEDAGOGICO VICTOR ANDRES BELAUNDE		
PLANO	DISTRIBUCION AULAS PRIMER PISO MODULOS 1 Y 2		
PROPIETARIO	VICARIATO APOSTOLICO "SAN FRANCISCO JAVIER"		
UBICACION	Calle Huayhuasi No. 200 - sector Cerros de Jerez - distrito Jazayr Provincia - Lima - Reg. Edificación	LAMINA	A-03
CAD. Exp. PAUL	Esc. 1/100	FECHA	



LOCAL	INST. SUPERIOR PEDAGOGICO VICTOR ANDRES BELAUNDE		
PLANO	DISTRIBUCION AULAS SEGUNDO PISO MODULOS 1 Y 2		
PROPIETARIO	VICARIATO APOSTOLICO "SAN FRANCISCO DEL MARAÑON"		
UBICACION	Calle Hospital s/n. 190 - sector Cercado Jun - distrito Jun Provinc. Junin, Reg. Cajamarca		LAMINA A-04
Auto. Exp. P.A.N.	Esc. 1/100	TECNOLOGIA	



NOTA

1. Este plano es un proyecto preliminar y no debe utilizarse para la construcción de la obra sin el consentimiento expreso del arquitecto.

2. El propietario se compromete a cumplir con las normas de construcción y a mantener actualizado el plano de obra.

3. El arquitecto no es responsable de los errores de construcción que se cometan durante la ejecución de la obra.

4. El arquitecto no es responsable de los daños materiales o personales que se sufran durante la ejecución de la obra.

5. El arquitecto no es responsable de los costos de construcción que se incurran durante la ejecución de la obra.

6. El arquitecto no es responsable de los impuestos que se paguen durante la ejecución de la obra.

7. El arquitecto no es responsable de los seguros que se paguen durante la ejecución de la obra.

8. El arquitecto no es responsable de los gastos de honorarios que se paguen durante la ejecución de la obra.

9. El arquitecto no es responsable de los gastos de materiales que se paguen durante la ejecución de la obra.

10. El arquitecto no es responsable de los gastos de mano de obra que se paguen durante la ejecución de la obra.

INST. SUPERIOR PEDAGOGICO VICTOR ANDRES BELAUDE	
DISTRIBUCION OFICINAS ADMINISTRATIVAS PRIMER PISO - MODULO 3	
VIGARIATO APOSTOLICO "SAN FRANCISCO DEL MARAÑON"	
DISEÑADO POR: Carlos Huamani	LUBRO: A-01
DISEÑADO EN: Lima, Perú	ESCALA: 1/50

Anexo 6. Formato utilizado para la recolección de datos en campo

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA			
MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD			
FICHA DE EVALUACIÓN PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO			
DATOS REFERENCIALES	PARÁMETRO	CLASE	ELEMENTO DE EVALUACIÓN
Fecha:..... Ubicación:..... Propietario:.....	1	TIPO Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	Completar y marcar según lo observado: Año de construcción <input type="text"/> Asesoría Técnica <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
Uso actual:..... N° de pisos:	2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Marcar según lo observado Estado de los materiales Bueno <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Proceso constructivo Bueno <input type="checkbox"/> Deficiente <input type="checkbox"/>
	3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	Especificar según lo observado en la estructura M : Número de diafragmas: Ax: Área de muros en X (m2): Ay: Área de muros en Y (m2): h : Altura promedio de entrepiso (m): Ps: Peso del sistema resistente (ton/m2): At: Área techada (m2): Ac: Área de cubierta (m2): Pc: Peso de cubierta (ton/m2):
	4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y DE LA CIMENTACIÓN	Marcar según lo observado: Presencia de sales <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Presencia de filtraciones <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
	5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	Marcar según lo observado: Discontinuidades abruptas <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Buena conexión diafragma - elemento vertical <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Deflexión del diafragma <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
	6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	Especificar los siguientes parámetros: a: b: L:
	7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	Especificar y marcar según lo acordado: Aumento o reducción de masas o áreas: % T/H: Piso blando: <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Irregularidad del S.R. <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Columna corta: <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
	8	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE COLUMNAS	Especificar: L (espaciamiento de columna en metros): S(espesor de columna maestra en metros): Factor L/S:
	9	TIPO DE CUBIERTA	Marcar según lo observado: Cubierta estable. <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Conexión cubierta - elemento vertical adecuada. <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Cubierta plana. <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Material liviano. <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Cubierta en buenas condiciones. <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
	10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Calificar con B(bueno), R (regular) y M(malo) según conexión al S.R : Corniza y parapetos. <input type="checkbox"/> Tanques de agua prefabricados. <input type="checkbox"/> Balcones y volados. <input type="checkbox"/> Pequeños elementos. <input type="checkbox"/>
	11	ESTADO DE CONSERVACIÓN	Estructuras de concreto armado en: <input type="checkbox"/> Buen estado <input type="checkbox"/> Ligeramente dañado <input type="checkbox"/> Mal estado de conservación

Anexo 7. Panel fotográfico del trabajo realizado.



Figura 34. Escalera de módulo 03



Figura 35. Medición de fisura en piso.



Figura 36. Separación de vereda.



Figura 37. Medición de vereda.



Figura 38. Descascaramiento de pintura.



Figura 39. Inspección en módulo 01.



Figura 40. Inspección de módulo 03.



Figura 41. Inspección de módulo 02.



Figura 42. Visita al I.S.P. V.A.B.



Figura 43. Inspección de losa aligerada (módulo 03).



Figura 44. Fisura en pared de módulo 03.



Figura 45. Inspección de losa (módulo 02)