



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Abad Alva, Juan Carlos ([orcid.org/0000-0002-1912-8130](https://orcid.org/0000-0002-1912-8130))

Ramírez Villar, Inés Vasti ([orcid.org/0000-0002-4985-1485](https://orcid.org/0000-0002-4985-1485))

**ASESOR:**

Dr. Meza Rivas, Jorge Luis ([orcid.org/0000-0002-4258-4097](https://orcid.org/0000-0002-4258-4097))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

## **Dedicatoria**

Principalmente dedico este trabajo a Dios, por brindarme la vida y proyección de hacer el bien, permitiéndome llegar a estas circunstancias tan importante de mi formación profesional. A mis queridos padres, hermana, esposa e hija por brindarme el apoyo, la confianza y la motivación a lo largo de mi vida universitaria, para salir adelante frente a muchos obstáculos y adversidades, superando con perseverancia, entusiasmo y constancia por el bien de mi persona y de los mencionados. A toda mi familia que me brindo su apoyo emocional y apoyo mutuo con la finalidad de escalar un paso más de las metas proyectadas.

***Juan Carlos Abad Alva***

*Con todo mi cariño le dedico este proyecto a mi padre que siempre ha creído en mí, y me ha dado su apoyo incondicional en esta etapa de crecimiento y desarrollo profesional, a mi madre que me dio la vida y me ha formado con principios y valores, a mis hermanos por compartir momentos agradables junto a ellos, que fueron mi motivo de seguir adelante.*

***Inés Vasti Ramírez Villar***

## **Agradecimiento**

### **A Dios redentor y todopoderoso**

Por ser mi guía, protector y fortaleza que me ayudó a culminar una meta más de mis proyecciones de vida.

### **A mi familia**

Por su incondicional y desinteresado apoyo en cada etapa de mi desarrollo como universitario.

### **A mi asesor**

Que gracias a sus orientaciones y la preocupación constante para el desarrollo de esta investigación.

**A todos los profesionales y compañeros** que de alguna manera repercutieron en mi desarrollo con su apoyo incondicional para culminar esta investigación.

***Juan Carlos Abad Alva***

### **A mi familia y amigos**

Por su comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mi desarrollo académico, porque estuvieron conmigo en los momentos más difíciles y supieron alentarme.

### **A mi asesor**

Por su guía y asesoramiento en esta etapa importante de crecimiento profesional, y en mi formación como investigador.

### **A todos los profesionales y compañeros**

Que aportaron y enriquecieron mi formación académica, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

***Inés Vasti Ramírez Villar***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
<b>Índice de contenidos</b> .....	iv
Índice de Figuras .....	v
Índice de Tablas .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Generalidades de Sismología.....	16
2.2. Parámetros Sísmicos .....	23
2.3. Análisis Sísmico.....	29
III. METODOLOGÍA .....	43
3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación .....	43
3.2. Operacionalización de variables .....	44
3.3. Población, muestra y muestreo.....	45
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	45
3.5. Procedimiento .....	48
3.6. Método de análisis de datos.....	51
3.7. Aspectos éticos.....	52
3.8. Desarrollo de tesis.....	53
IV. RESULTADOS.....	81
4.1. Estudio de Suelos. ....	81
4.2. Evaluación de Planos .....	81
4.3. Análisis mediante Método Benedetti y Petrini .....	83
4.4. Análisis Sísmico.....	83
4.5. Comparación de los métodos empleados .....	86
V. DISCUSIÓN .....	86
VI. CONCLUSIONES .....	89
VII. RECOMENDACIONES.....	91
<b>Referencias</b> .....	92
Anexos .....	96
Anexo 1: Zonificación.....	96
Anexo 2: Variables.....	97

## Índice de Figuras

Figura N° 1: Sismos registrados en los años 1960 a 2017.....	17
Figura N° 2. Método de Benedetti - Petrini. ....	40
Figura N° 3: Diseño descriptivo simple.....	44
Figura N° 4: Procedimiento.....	48
Figura N° 5: Resultados del Laboratorio de Suelos.....	53
Figura N° 6: Vista de Planos en Autocad.....	54
Figura N° 7: Fachada de la edificación.....	56
Figura N° 8: Clasificación del Parámetro 1.....	57
Figura N° 9: Clasificación del Parámetro 2.....	57
Figura N° 10: Se observa cangrenas y fisuras superficiales.....	58
Figura N° 11: Se observa que la viga y paredes no están correctamente alineados.....	58
Figura N° 12: Se observa que el gancho de los estribos es demasiado corto estructural.....	59
Figura N° 13: Se observa que las instalaciones sanitarias atraviesan por un elemento.....	59
Figura N° 14: Se observa una separación entre el muro y la escalera.....	59
Figura N° 15: Se observa un mal vaciado de un elemento estructural.....	59
Figura N° 16: Clasificación del Parámetro 4.....	63
Figura N° 17: Clasificación del Parámetro 5.....	63
Figura N° 18:Falta de columnetas en los voladizos.....	67
Figura N° 19: Fisura de un elemento estructural.....	67
Figura N° 20:En el software Etabs.19, para el caso de diseño en la dirección X-X:.....	79
Figura N° 21: En el software Etabs.19, para el caso de diseño en la dirección Y-Y:.....	80
Figura N° 22: Desplazamientos Máximos X-X.....	84
Figura N° 23: Desplazamientos Máximos Y-Y.....	85

## Índice de Tablas

Tabla N° 1: Factores de Zona.....	23
Tabla N° 2: Perfiles de suelo .....	23
Tabla N° 3: Factor de amplificación de suelo (S).....	24
Tabla N° 4: Periodos “T <sub>P</sub> ” y “T <sub>L</sub> ” .....	24
Tabla N° 5: Factor de Uso (U) .....	25
Tabla N° 6: Irregularidades Estructurales En Altura .....	28
Tabla N° 7: Irregularidades Estructurales En Planta .....	28
Tabla N° 8: Coeficiente básico de Reducción Sísmica (R <sub>0</sub> ) .....	29
Tabla N° 9: Clasificación de los daños en función de la demanda de ductilidad.....	34
Tabla N° 10: Componentes.....	37
Tabla N° 11: Contraste entre el RNE y los parámetros propuestos por el método del índice de vulnerabilidad.....	39
Tabla N° 12: Método de Benedetti - Petrini para edificaciones de concreto armado.....	41
Tabla N° 13: Matriz de clasificación de variables.....	45
Tabla N° 14: Instrumentos de recolección de datos .....	46
Tabla N° 15: Tabla de recolección de datos (ejemplo) .....	52
Tabla N° 16: Características de la Edificación .....	56
Tabla N° 17: Parámetros Sismorresistentes.....	62
Tabla N° 18: Parámetros de suelo .....	81
Tabla N° 21:Calculo Índice de Vulnerabilidad .....	83
Tabla N° 19:Resumen de las derivas X-X.....	84
Tabla N° 20:Resumen de las derivas Y-Y.....	85
Tabla N° 22: Cuadro comparativo .....	86

## Resumen

La presente investigación se realizó en el distrito de Huaraz, Provincia de Huaraz y departamento Ancash, realizando un análisis de vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos mediante 2 métodos: Método Italiano Benedetti y Petrini y Método de Análisis Sísmico mediante la norma E-030, con la finalidad de cuál sería la reacción estructural frente a un inesperado movimiento sísmico, por cual esta tesis se utilizó un diseño no experimental descriptivo. El método Italiano Benedetti y Petrini consiste en desarrollar 11 parámetros con un rango de calificación, para luego hacer un cuadro estadístico y finalmente proporcionar el índice de vulnerabilidad sísmica; sin embargo, el Método de Análisis Sísmico mediante la norma E-030, se realizó un modelamiento de la estructura mediante el software ETABS, en base a los planos obtenidos por el propietario de la misma, haciendo un análisis estático y dinámico, siendo el resultado en ambos métodos coinciden que la estructura dual de 7 pisos tiene una vulnerabilidad alta. Cabe resaltar que el análisis vulnerabilidad sísmica es ignorado actualmente por las autoridades que controlan el sector construcción, siendo un estudio importante que nos permitiría tomar medidas preventivas, evitando pérdidas económicas y la más importante pérdidas humanas, en caso las consecuencias sean desastrosas, es por ello que recomendamos concientizar y crear una normativa que rija el control por parte de las autoridades pertinentes de la localidad, en la cual se lleve a cabo este análisis a toda estructura, de tal manera se pueda tomar medidas preventivas, mejorando las condiciones estructurales y no estructurales.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad Sísmica, Programa ETABS, Terremoto, Sismos, Método Benedetti Petrini, Sistema Dual, Análisis Estructural.

## **Abstract**

The present investigation was carried out in the district of Huaraz, Huaraz Province and department of Ancash, performing a seismic vulnerability analysis of a 7-story dual structure using 2 methods: Italian Benedetti and Petrini Method and Seismic Analysis Method using the E-030 standard, with the purpose of determining the structural reaction to an unexpected seismic movement, for which this thesis used a descriptive non-experimental design. The Italian Benedetti and Petrini method consists of developing 11 parameters with a rating range, to then make a statistical table and finally provide the seismic vulnerability index; however, the Seismic Analysis Method using the E-030 standard, a modeling of the structure was performed using the ETABS software, based on the plans obtained by the owner of the structure, making a static and dynamic analysis, and the result in both methods coincides that the 7-story dual structure has a high vulnerability. It should be noted that the seismic vulnerability analysis is currently ignored by the authorities that control the construction sector, being an important study that would allow us to take preventive measures, avoiding economic losses and most importantly human losses, in case the consequences are disastrous, which is why we recommend raising awareness and creating a regulation governing the control by the relevant authorities of the locality, in which this analysis is carried out to all structures, so that preventive measures can be taken, improving the structural and non-structural conditions.

**Keywords:** Seismic Vulnerability, ETABS Program, Earthquake, Earthquakes, Benedetti Petrini Method, Dual System, Structural Analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

Las edificaciones construidas dentro de las zonas consideradas como alto riesgo sísmico, en su mayoría no cuentan con los estudios pertinentes que exige la Norma E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE RM-043-2019, del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Dado estas diversas evidencias de edificaciones con fallas estructurales, que a su vez, generan gastos económicos exponenciales, entre otros diversos recursos, hasta pérdidas humanas en caso grave; ocasionados por la falta de consideración de investigaciones de la vulnerabilidad sísmica, surge la necesidad de perfeccionar un método para definir el grado de vulnerabilidad sísmica en los inmuebles recientes y antiguos, según Babat, define que, “La vulnerabilidad sísmica de una armadura, grupo de armaduras o de un sector urbano en específico, viene siendo afectada por la incitación intrínseca a padecer deterioro ante la agudeza de un movimiento sísmico y está relacionada con sus cualidades físicas y armaduras de diseño” (Barbat, 1998)

En Valencia - España, (Ballesteros Salazar, y otros, 2020), desarrollaron una guía sísmica para calcular la vulnerabilidad sísmica en colegios, basándose en la guía FEMA P-1000. Para lo cual se evaluaron características generales de la estructura que son, estado de componentes estructurales, elementos no estructurales, año de construcción, cantidad de pisos, modelo de edificación y prototipo de suelo. Finalmente, luego de obtener los resultados se determinó tres intervalos de vulnerabilidad sísmica, alto, medio y bajo, además se concluyó que el año de antigüedad y el material con que se construyeron las instituciones, fueron factores que determinaron el rango de vulnerabilidad. Esta guía fue aplicada en la investigación de (Aguirre Ramos, y otros, 2022), para evaluar las unidades y establecimientos militares en el valle interandino entre Tulcán y Riobamba, los investigadores calificaron esta guía como eficiente para conocer el estado de las estructuras que logra posicionarlas dentro de un grado de vulnerabilidad, permitiendo categorizar cada edificación con la finalidad de tomar medidas preventivas. Sin embargo, estos resultados no son definitivos por lo que recomiendan se debe realizar

un análisis estructural detallado para evaluar las edificaciones. (Aguirre Ramos, y otros, 2022).

En Argentina, presentaron un artículo siendo el tema el desarrollo de una metodología de peritaje de la vulnerabilidad sísmica de puentes tradicionales en Argentina haciendo uso de curvas de fragilidad. Para el objetivo se usaron dos puentes de aprendizajes, los cuales son estadísticamente simbólicos de los tipos: a) Vigas de hormigón simplemente apoyadas de tramos múltiples y b) Vigas cajón de hormigón continuas de tramos múltiples. Se incrementan curvas de fragilidad para determinar el desempeño sísmico de las dos armaduras. Se inventaron prototipos 3D de los puentes en la base de componentes finitos OpenSees con deferencia de la interacción suelo-estructura. Se usaron 25 matrículas de sismos simbólicos de la sismicidad de la zona de aprendizaje, que corresponde al centro-oeste argentino. Se crearon prototipos de demanda sísmica estadística, tomando como parámetro de demanda ingeniería la ductilidad por curvatura en las columnas. En principio a estos prototipos se edificaron las curvas de fragilidad considerando diferentes estados de deterioro. Por medio del uso de estas curvas, luego se constituye un método de priorización acorde al requisito de restauración. La superior vulnerabilidad sísmica se manifiesta por los más altos vínculos de precios de rehabilitación, tal como, los mayores perjuicios económicos directos que pertenecen al caso del puente de la clase b). (Saracho, y otros, 2021)

En Colombia, se realizó una tasación de vulnerabilidad sísmica para una zona de la población "2" del consejo de Dosquebradas-Risaralda-Colombia, con la determinación de acrecentar un proyecto del territorio.

Para el crecimiento de este estudio se usó la metodología de la Plataforma CAPRA (Evaluación Probabilística del Riesgo), cuya finalidad fue determinar la probabilidad de amenaza sísmica, Para ello se basaron en información vigente sobre el estudio de riesgos sísmicos. Durante el proceso del estudio se hicieron varias visitas de campo en las construcciones del conjunto II, III y IV con el apoyo de dispositivos de datos geográficos, se recabó información

disponible de las viviendas en los municipios. Desde luego, la información recabada fue ingresada en una base de datos propuesta por diferentes autores y por ERN (evaluación de riesgos naturales), posteriormente se utilizó el software CAPRA donde se obtuvieron los indicativos de perjuicios de estas viviendas, proyectado para distintos ambientes sísmicos, gracias a estos datos, se realizaron mapas digitales que contienen información de los niveles del riesgo sísmico. Se evaluaron un total de 4607 edificaciones alrededor de los años 1894, de los cuales más del 50% fueron construidas sin los estándares permitidos de construcción establecidos en la Norma Sismorresistente (NSR-10) Los resultados mostraron que existe la probabilidad de actividad sísmicas en los escenarios correspondiente a las fallas sísmicas de (Romeral, Caldas), con un posible evento de magnitud de 6.52 Mw , intermedia (Ibagué) de magnitud 6.74 Mw y lejana (Subducción) con un sismo de magnitud 8.3 Mw; cuantificando pérdidas humanas y daños de materiales. (Villalba Yate, y otros, 2020)

En Perú, se definió la vulnerabilidad sísmica del colegio particular San José School, para saber su crecimiento estructural ante movimientos sísmicos, por lo cual se aplicó el método de Benedetti y Petrini en componentes no estructurales, también se realizó el análisis dinámico y estático de la institución, según las reglas estructurales de diseño sismorresistente (NTP E.030), de la norma técnica peruana; donde se encontró irregularidades en la configuración en planta, como son irregularidad torsional e irregularidad por esquinas entrantes. Después de contrastar los resultados de vulnerabilidad de la institución, hallados mediante el método Benedetti y Petrini con respecto a la norma, se percibió que fueron coherentes con los resultados evaluados mediante la norma E.030, por lo que se puede concluir que dicho método complementa y aporta datos importantes para el estudio sísmico de una edificación (Briones Soria, y otros, 2020)

En Huaraz, se realizó una investigación para evaluar la autoconstrucción de Viviendas y la Vulnerabilidad Sísmica Estructural en el Barrio de Nicrupampa, Distrito De Independencia, considerando la intervención de mano de obra calificada y no calificada, encontrando que un 98.22% de las

viviendas en Nicrumpampa fueron construidas solo con la presencia de mano no calificada y sin la supervisión de un ingeniero o arquitecto, así mismo, se evaluaron el desarrollo constructivo, las cualidades de las viviendas y la calidad de los materiales, así como el uso de aditivos en la construcción. Las conclusiones de la tasación de las casas mostraron que el autoconstrucción influye de forma negativa en la vulnerabilidad sísmica. Los resultados, evidenciaron que, de las casas del barrio de Nicrupampa, un 10.06 % de las casas presentan vulnerabilidad sísmica elevada, 84.62 % de las casas tienen vulnerabilidad media y un 5.32 % vulnerabilidad reducida, también demostraron la similitud entre los métodos Benedetti pretrini con el análisis del software Robot Structural, reluciendo una vez más su eficacia para determinar la vulnerabilidad en las viviendas. (Collazos Jauregui, y otros, 2021)

Con la determinación de minimizar el grado vulnerabilidad sísmica en las diversas estructuras, el diseño antisísmico debe realizarse estrictamente para brindar más seguridad y confort, teniendo que apoyarse de la Norma actualizada E.030 – 2021. Siendo estructuras diseñadas para hotelería con proyección mayor de 3 pisos, deben tener resistencia para el impacto de un sismo y no sufrir daños estructurales que ocasionen pérdidas económicas y mucho menos humanas.

(Campos Félix, 2020) En la Tasación de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones autoconstruidas en el barrio Palmira Alta-Independencia-Huaraz-Ancash, donde se evaluaron un total de 20 edificaciones, con ello los primordiales coeficientes de estudio, el material con que está hecho la estructura, el método en el diseño y/o construcción, antigüedad de la estructura, topografía de la vivienda y colindante, el tipo de suelo que presenta, configuración geométrica, concentración de masas, juntas de dilatación sísmica, cualidades de primordiales componentes estructurales y por finalizar aquellos coeficientes que influyen a la vulnerabilidad.

(Cari Anco, 2018) realizó la “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de viviendas de albañilería confinada en el centro poblado La Curva, Distrito de Deán Valdivia, Arequipa”; para esta investigación se

hicieron pruebas de resistencia a la compresión de los elementos de construcción para evaluar la vulnerabilidad de las viviendas; se realizó el análisis por sismo Raro y por sismo de Servicio, así mismo, se realizó el cálculo del peligro sísmico, en función de la vulnerabilidad y el tipo de peligro; con los posteriores productos, el 38% restante presenta alta vulnerabilidad sísmica, el 41% manifiestan vulnerabilidad sísmica Media y el 21% de las casas de albañilería confinada manifiesta vulnerabilidad sísmica reducida, y de esta forma se determina que gran % de las casas tienen una vulnerabilidad sísmica de media a alta. Con ello también se generó una historial de apuntes para desarrollar el método italiano, con información de cada vivienda como son: la insuficiencia más usual debida a suelo de cimentación, configuración estructural, desarrollo constructivo, concepción, calidad de los materiales y estado de protección, para finalmente determinar el índice de vulnerabilidad. Esta indagación aportó instrumentos para desarrollar un sistema sobre las medidas de mitigación.

(Zanelli Flores, 2019) En su investigación, realizó una tasación de vulnerabilidad sísmica de pircas por medio modelación numérica en componentes discretos: aplicación al caso de las pircas en Carabayllo, Lima; estos bloques de piedra constituyen la base de las edificaciones en estudio, la caracterización se hizo en función a la longitud y su altura, sin embargo, su estudio tiene limitaciones debido a la variabilidad por ser estructuras informales, por lo que el tamaño varía de acuerdo al constructor. Se consideró una simulación de la respuesta estructural ante la aceleración sísmica para casos de sismos frecuentes y ocasionales. Las evidencias arrojaron que, frente a sismos ocasionales, las cosas sobre pircas reducidas resultarían con un daño del 70% y las demás colapsarían por lo que se concluyó que el nivel de deterioro en los bloques de piedra frente a los movimientos sísmicos, son mayores que en cualquier otra estructura. Este tipo de viviendas de ladera, presentan inseguridad sísmica, por lo que esta investigación contribuye para elaborar un plan con medidas sísmicas y determinar advertencias prácticas, para prevenir la desorientación de vidas humanas y aminorar prejuicios estructurales.

En el Perú se han vivido acontecimientos sísmicos con graves daños dejando a la población indefensa, donde el epicentro es donde se concentra el daño mayor, con pérdidas humanas y económicas, es por ello que necesariamente se debe realizar un aprendizaje de vulnerabilidad sísmica de tal manera identificar las fallas a tiempo y mejorar la estructura como un acto de prevención para un próximo sismo.

La empresa “Disaster Risk Reduction Perú International SAC” con registro de Ruc: 20538805093, investigó el análisis de vulnerabilidad sísmica de la base de la SUNAT, un edificio de 14 niveles, donde se ha considerado la instalación de disipadores de energía, para ello se realizó cálculos estructurales y elementos no estructurales del proyecto.

La empresa ejecutó el aprendizaje de microzonificación sísmica y vulnerabilidad de construcciones, con la finalidad de capacitar los comités de defensa civil y elaborar las medidas de accidentes ante sismos y tsunamis.

Los edificios con estructuras con proyección mayor de 3 a 5 pisos, por lo general no hacen un análisis de vulnerabilidad sísmica, sin embargo, cuando ya se genera el sismo provoca daños o fallas estructurales generando pérdidas económicas para el empresario que se dedican al rubro de hotelería, siendo con mayor razón dado que dentro de las instalaciones hay vidas humanas en riesgo, por lo tanto se recomienda hacer un análisis a toda estructura como prevención de tal manera evalúe el grado de vulnerabilidad sísmica y hacer acción correctiva de acuerdo sea los resultados de los análisis.

El problema de estas edificaciones es que no cuentan con un diseño estructural y arquitectónico, es por ello que se recomienda un diseño antisísmico como un factor de importancia, de tal manera la estructura se encuentre preparado a resistir un acontecimiento sísmico.

Uno de las dudas más evidentes que conseguí predominar en nuestra unidad de investigación es la deficiencia de acero en los componentes estructurales que encontramos en los planos de estructuras, después de una visita al

edificio se observó que presenta fisuras en la viga, ausencia de columnas de amarre en la fachada, además, presenta cangrejeras, debido al mal proceso constructivo, entre otras irregularidades, por lo que en este estudio se plantea realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica, para determinar si la estructura cumple con la Norma NTE. E030.

El actual plan de estudio se ejecutó con la determinación de conocer el estado actual en el que se encuentra una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, para así poder definir la vulnerabilidad sísmica de la estructura, pudiendo ser un daño para los individuos que incurran en el inmueble.

La consecuencia de no realizar un correcto análisis de la vulnerabilidad sísmica, es que se desconocería de la etapa presente en que se encuentra la armadura, es decir el riesgo sísmico, siendo un impedimento para alertar sobre las posibles fallas encontradas, poniendo en riesgo a los huéspedes y personal del Hotel que se localizará en el establecimiento en motivo ocurriese cualquier ocupación sísmica.

Dado las diversas situaciones presentadas sobre vulnerabilidad sísmica en diferentes lugares de mundo, a nivel nacional y local, nos hemos planteado la duda, siendo, ¿Cuál puede ser el análisis de vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú, usando el método italiano, Benedetti-Petrini y la norma E-030, que permita comparar su vulnerabilidad sísmica?

Además, siendo la excusa el argumento por lo que se está realizando este estudio es para indagar la Vulnerabilidad Sísmica de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú, siendo una ciudad con antecedentes de movimiento sísmico, de acuerdo a los promedios obtenidos, se podrá determinar la vulnerabilidad sísmica del edificio, que servirán como una base de datos para tomar acciones preventivas en un futuro, con la finalidad de proteger a los habitantes que residan en la estructura.

Este estudio se ejecuta con el deseo de apoyar al análisis de vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú, haciendo uso del método de Benedetti y Petrini. El análisis de vulnerabilidad sísmica de dicha estructura aportará conocimiento del estado actual de la estructura; previniendo la pérdida de vidas humanas.

Este estudio se basa en tasar la vulnerabilidad sísmica mediante el instrumento de la observación detectando fallas en la estructura, a su vez analizaremos la información técnica disponible.

Se evaluará según el método italiano, debido a su eficiencia reflejada en otras investigaciones, y por último se realizará el análisis sísmico de la armadura utilizando el software Etabs 2019 según la norma E.030 para el modelamiento de la estructura. Debido a que existe evidencia de fallas estructurales por lo que necesariamente se debe realizar un Análisis de Vulnerabilidad Sísmica, cuyos resultados provocara tomar medidas correctivas y preventivas, con la necesidad de salvaguardar de los habitantes que estarán en la edificación, para luego tomen sus acciones correctivas y reforzamiento

El estudio de la vulnerabilidad sísmica en la estructura dual de 7 pisos en la ciudad de Huaraz, para el desarrollo de la metodología, se hizo un trabajo de investigación de antecedentes como tesis, artículos y libros, con la finalidad de elegir el método más adecuado para el estudio. Los rendimientos de esta indagación serán necesarios para hacer un diagnóstico del estado y vulnerabilidad sísmica de la estructura en estudio y aportará también para otras investigaciones futuras, además, se hace con la finalidad de identificar a tiempo la resistencia de la estructura a un posible sismo, poniendo en relieve la protección de los habitantes de la edificación, por medio el método de Benedetti y Petrini, de tal manera, una vez que sean manifestados su autenticidad y confiabilidad podrán ser usados en otros laburos de indagación y en otras edificaciones.

Por lo cual deducimos la siguiente hipótesis que el análisis de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú, usando método Benedetti- Petrini y la norma E-030, permitirá comparar su vulnerabilidad sísmica

Proyectándose como objetivo general comparar el análisis de vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú, usando método Benedetti- Petrini y la norma E-030.

Además, consideramos como *objetivos específicos*, lo siguiente: Analizar el Estudio de suelos, evaluar los planos de la estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú, determinar el índice de vulnerabilidad sísmica mediante el método italiano de Benedetti y Petrini, realizar el análisis sísmico según la Norma E-030-2020, por medio del uso del Software ETABS, confrontar el análisis de vulnerabilidad sísmica de un edificio dual de 7 pisos, usando Benedetti, Petrini y análisis estático lineal según la norma E-030.

## II. MARCO TEÓRICO

Como precedentes de la investigación, se revisaron los siguientes estudios, para conocimiento más efectivo sobre el tema; detallamos a las siguientes citas:

### ***“Evaluación Sísmica del Edificio de la Facultad de Ingeniería Mediante Código ASCE 41-13”.***

(Redin Santacruz, 2018) Esta investigación, tuvo como objetivo determinar el estudio sísmico del inmueble de la Facultad de Ingeniería de la PUCE para reconocer el riesgo sísmico de la estructura de dicha Facultad, (p.17,2), La metodología que se desarrolló fue mediante la recopilación de información técnica y evaluación visual. Se aplicó el método del Código ASCE 41-13 el cual se basa en checklist según el tipo de armadura, complementariamente a esta tasación se presentó un análisis sísmico modelado en el software ETABS para comprobar el rendimiento estructural, por último, se redactó los reportes finales obtenidos de los resultados (p.17). En una comparativa de espectros de resultados entre NEC 15 y ASCE 41-13 se determinó contestaciones elevadas. De acuerdo a los resultados la edificación en cuestión cumple con la evaluación sísmica 01 que indica que la estructura puede ser ocupada en actividades académicas (p.102).

El presente estudio nos esclarece una alternativa de evaluación para concluir con el grado de vulnerabilidad de una estructura, teniendo en cuenta la información técnica, como planos, resistencia de los materiales y evaluación visual.

### ***“Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica basada en los métodos Benedetti y Petrini; Fema 154 del edificio Carrera de Ingeniería Agropecuaria - UNESUM”.***

(Marcillo Gutiérrez , 2019) Realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, mediante los métodos Benedetti y Petrini; Fema 154 y hacer una comparación entre ellos (p.03) se

usó la metodología de selección de indagación como planos, estudios y evaluación visual. Para el primer método se obtuvo un grado de vulnerabilidad baja con un valor de 21.75 (p.83) y para el método de Fema 154 los resultados indicaron también una baja vulnerabilidad sísmica con un valor de 4.10 (p.88) Se sugiere que el método italiano es más efectivo en evaluar la vulnerabilidad sísmica estructural debido a que sus parámetros son más eficientes y abarcan elementos estructurales y no estructurales. (p.89)

Debido a los resultados y después de ver la complejidad de cada método se puede reafirmar que el método de Benedetti y Petrini es el más apropiado para nuestro estudio.

### ***“Índice De Vulnerabilidad en las Edificaciones Informales en la Ciudad de Bogotá Localidad de Suba Barrio Rincón”.***

(Toro Beltran, y otros, 2021) Investigación de los daños en las edificaciones informales en la localidad de Suba Barrio “El Rincón”, en el Distrito de Bogotá. (p.13) La metodología de este estudio fue la siguiente, se realizó la recopilación de datos sísmicos hasta el año 2021, haciendo un cuadro comparativo de las viviendas, luego se realizó una evaluación visual para luego clasificarlas según el formato FEMA. (p.26). Con ayuda de la base de datos se realizó un conteo de 6.000 sismos registrados, durante los años 1644 a 2016, el pico más alto fue encontrado con dimensión de 8,8 en la medida de Richter y las regiones con más ocurrencia de sismos se presenta en la región Andina, (p.55-58)

A partir de la inspección visual rápida para analizar la vulnerabilidad de las edificaciones se puede afirmar que es un procedimiento sencillo, de sencilla aplicación, con los datos obtenidos se pueden tomar decisiones in-situ y no requiere de estudios más detallados. (método cuantitativo). (p.62)

Estos estudios se basan en la visualización por lo que no son tan detallados, sin embargo, nos da un panorama del concepto de vulnerabilidad sísmica para definir lo que estamos buscando en nuestra investigación.

***“Vulnerabilidad sísmica del sector B y D del Hospital Regional de Cajamarca”.***

(Cholán Caruajulca, 2018). El actual plan de investigación estableció en conseguir el grado de vulnerabilidad sísmica de la zona B y D del Hospital Regional de Cajamarca (HRC), se calculó la vulnerabilidad No estructural, funcional y sísmica, aplicando las metodologías desarrolladas por el ATC 21 - FEMA 154 (2002) e Hirosawa de 2° sistema (1992). Para esta metodología se usaron los apuntes de tipo cualitativos y cuantitativos provenientes del Exp. Tec., planos replanteados y la advertencia directa simple (p.54) para el método FEMA 154 se concluyó que el 72.50 % de los inmuebles colegiales son frágiles frente a sucesos sísmicos rigurosos, producto que acredita con la metodología del ATC 21. Mientras que para el método de Hirosawa se determinan que el 17% de los patrones evaluados en las Instituciones Educativas de Huancayo, tienen alta vulnerabilidad, el 69% tienen vulnerabilidad y el 14% son no vulnerables, de este porcentaje en su mayoría se trataría de estructuras de tipo aporricado (p.103)

Se concluyó que la vulnerabilidad sísmica es media, obteniendo así resultados similares al aplicar estos métodos lo que válida la metodología utilizada.

Esta investigación nos muestra la similitud que hay entre estos métodos, por lo que cualquiera podría ser válida al tomarse individualmente.

***“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Particular San Agustín, San Juan de Lurigancho – 2018”.***

(Victoria Salvatierra , 2018) La actual tesis pretende decretar la vulnerabilidad sísmica de uno de los patrones de los colegios Particulares San Agustín. Para obtener la información se realizó una inspección visual donde se encontraron problemas estructurales de columna corta y no estructurales como anomalías en la tabiquería, además de esto, se solicitaron los planos arquitectónicos de la institución en estudio para determinar el modelamiento en la aplicación ETABS v.2016, los resultados determinaron que las distorsiones no cumplen con el R.N.E. E.030-2016

Diseño Sismorresistente, obteniéndose valores superiores a lo establecido por la norma. El procedimiento que se usó para la indagación, fue el método cualitativo, basándose en la visualización, la investigación tiene como propósito ser utilizada, con un diseño de indagación no experimental – transversal y el nivel de indagación es descriptivo. En terminación, se determinó en la actual tesis es que el colegio Particular San Agustín determina vulnerabilidad sísmica, porque no satisface los parámetros determinados por la norma E.030-2016 (p.72).

Esta investigación nos ofrece un itinerario para la tasación de la vulnerabilidad usando la información técnica disponible y haciendo uso del programa Etabs.

***“Vulnerabilidad sísmica aplicando los índices de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en los edificios de la ciudad de Tumán”.***

(Carhuallanqui Flores, y otros, 2019) Realizar la indagación de vulnerabilidad de la zona urbano del Distrito de Tumán, aplicando la metodología de Benedetti y Petrini el cual estudia 11 parámetros que nos permite revisar y evaluar los componentes de una estructura por elemento (p.4) Se desarrolló un método analítico simplificado y también cualitativo permitiendo recolectar indagación de una gran parte de las construcciones de Tumán, para el estudio y previsión de los registros de vulnerabilidad así como la escala de prejuicios en distintos escenarios sísmicos. Después de la evaluación realizada se identificó un elevado número de construcciones de albañilería aprox. 61.29%. En 2° escala se identificaron las casas de adobe con un 31.77% y para concluir las casas de concreto armado con un 0.33%. Prácticamente, la mayoría de las edificaciones de adobe presentaron una elevada vulnerabilidad con un % de 71.26%, les siguieron las estructuras de albañilería que conforman un 55.31%. y por ultimo las construcciones de concreto armado tienen una vulnerabilidad mayormente reducida con un % de 83.33%. (p,142) Dado los resultados se determinó que la vulnerabilidad elevada de las construcciones de adobe se determina en parte a su longevidad, así mismo, porque se trata de un material de bajo aguante.

Igualmente, es común que estos inmuebles no hayan sido construidos de acuerdo a la norma E-080. (p.173).

La presente investigación nos da un ejemplo de cómo aplicar el método de Benedetti y Petrini, pudiendo determinar que se puede usar este método en distinto distrito urbana del Perú.

***Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura educativa de Coyllur, ciudad de Huaraz - región Ancash 2018.***

(Reyes Roque, 2018). La motivación del siguiente trabajo de investigación es evaluar y concluir la Vulnerabilidad Sísmica de las construcciones de los colegios de Coyllur con la determinación de desarrollar un plan de acciones de prevención ante un suceso sísmico, de conformidad al reglamento (NTP-E30), de este modo salvaguardar la vida de los colegiales y de los empleadores que allí labora. En este sentido el estudio se enfocó en medir el nivel de deterioro que pueden lograr las estructuras frente a un suceso de sismo, que en su medida difieren dependiendo del sistema estructural. Para este proyecto se realizó la modelación por medio de la aplicación SAP, el cual presentó resultados como son: los ahíncos de desplazamientos y rotulas flexibles. Por otro lado, la herramienta que se utilizó para la modelación fue por medio de la aplicación pushover que acordó la relación entre la resistencia de la carga lateral y su desplazamiento. Asimismo, determinaron la Rigidez, Resistencia y Ductilidad, Contrastando con las N.T. Reyes determina que la sección en indagación manifiesta arrinconamiento en ambos ejes, sin embargo se encuentran dentro de lo determinado en la Norma E.0.30, también se visualiza rotulas flexibles generadas en columnas y en vigas la sección correspondiente, cumpliendo con los desplazamientos supremos admisibles en los ejes X y Y, determinándose que la estructura tiene una sección mesurado de vulnerabilidad sísmica. (p.106).

De esta investigación se puede realizar un contraste del manejo del programa SAP, para conocer la vulnerabilidad sísmica de un inmueble.

***Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural del barrio  
Confraternidad Internacional Sur distrito de Tacllan – provincia - Huaraz  
– Ancash.***

(Mena Ita, y otros, 2018) En la presente tesis se ha investigado las cualidades de destrezas, así también, los fallos constructivos, arquitectónicos y estructurales de casas edificadas negligentemente. La metodología de esta investigación es de tipo aplicada, siendo la indagación de encuadre cuantitativo, debido a que se sustenta en evidencia y datos estadísticos para desarrollar cada uno de los objetivos (p.21). Para recabar la información para este trabajo de tesis se elaboraron unas encuestas a las 30 casas en el distrito de Tacllan del distrito de Huaraz, las preguntas de las fichas fueron cuidadosamente seleccionadas para recopilar información como de sus cualidades morfológicas, y la existencia de casas informales de albañilería. Se recolectó también en las cedulas de sondeo, apuntes de posición, evolución constructiva, estructuración, y cualidad de la edificación. A continuación, se elaboraron un estudio sísmico simplificado a través de la viscosidad de muros, concluyendo la vulnerabilidad, amenaza y peligro sísmico de las casas en estudio. A continuación, con el dato conseguido se clasificó las primordiales deficiencias de construcción encontradas en las viviendas estudiadas. Con dichos resultados se elaboraron una cartilla para determinar los parámetros para evaluar el deterioro de las viviendas y realizar un mantenimiento de las viviendas de las mismas, teniendo en cuenta que es un sector de elevada amenazada sísmica (p.33).

En esta investigación se puede constatar que la construcción informal de viviendas y demás edificaciones son de alto peligro sísmico. Siendo necesario la tasación de vulnerabilidad sísmica en el distrito de Huaraz.

***“Autoconstrucción de viviendas y la vulnerabilidad sísmica estructural  
en el Barrio de Nicrupampa, Distrito de Independencia”***

(Collazos Jauregui, y otros, 2021) La presente investigación se realizó debido a una constante expansión y autoconstrucción de viviendas, las cuales están exentas de un diseño estructural y por lo mismo son propensas a tener daños sísmicos después de un sismo, debido a ello la investigación

tuvo por objetivo de determinar el impacto y efectos de la autoconstrucción de casas con respecto a la fragilidad sísmica estructural, del suburbio de Nicrupampa, ciudad de Independencia; Se evaluaron 169 casas seleccionadas del suburbio de Nicrupampa, el método que se determinó fue el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini. El método utilizado para esta investigación fue cuantitativo, siendo el clasificador de indagación imputada, y el diseño imputado fue de carácter, no empírica, las técnicas y elementos que se emplearon fueron la cedula de comprobación y la cedula de interviú desarrollados dentro de los parámetros constituidos por el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini. Después de una exhaustiva evaluación, dio como consecuencia que un 10.06 % de las casas tienen una vulnerabilidad elevada, el 84.62 % de las casas tienen vulnerabilidad media y un 5.32 % de las casas se presentan en un deficiente estado de vulnerabilidad baja. Por lo que los investigadores concluyeron, e identificaron las circunstancias que determinan en la vulnerabilidad sísmica de una armadura, dentro de ellos se encuentra, el desarrollo edificante, algunas cualidades de la casa y los materiales de edificación que repercuten en la fragilidad sísmica de las construcciones (p.41).

De esta indagación se concluye que el método de italiano es aplicable en una muestra amplia de viviendas y en diferentes tipos de edificaciones por lo que la hace adecuada para la investigación.

Respecto a las bases teóricas, consideramos diversos conceptos que se verán incluidos dentro del presente texto, con la finalidad sea su comprensión.

## **2.1. Generalidades de Sismología**

La sismología estudia las causas que originan los sismos, recopila y comprende los fundamentos hipotéticos y los apuntes empíricos que los describen y caracterizan, y, sobre todo, en lo probable, el aprendizaje de su vaticinio. La Ingeniería Sísmica es la encargada de aplicar, a partir de los productos inyectados por la sismología, para el análisis del diseño de las edificaciones

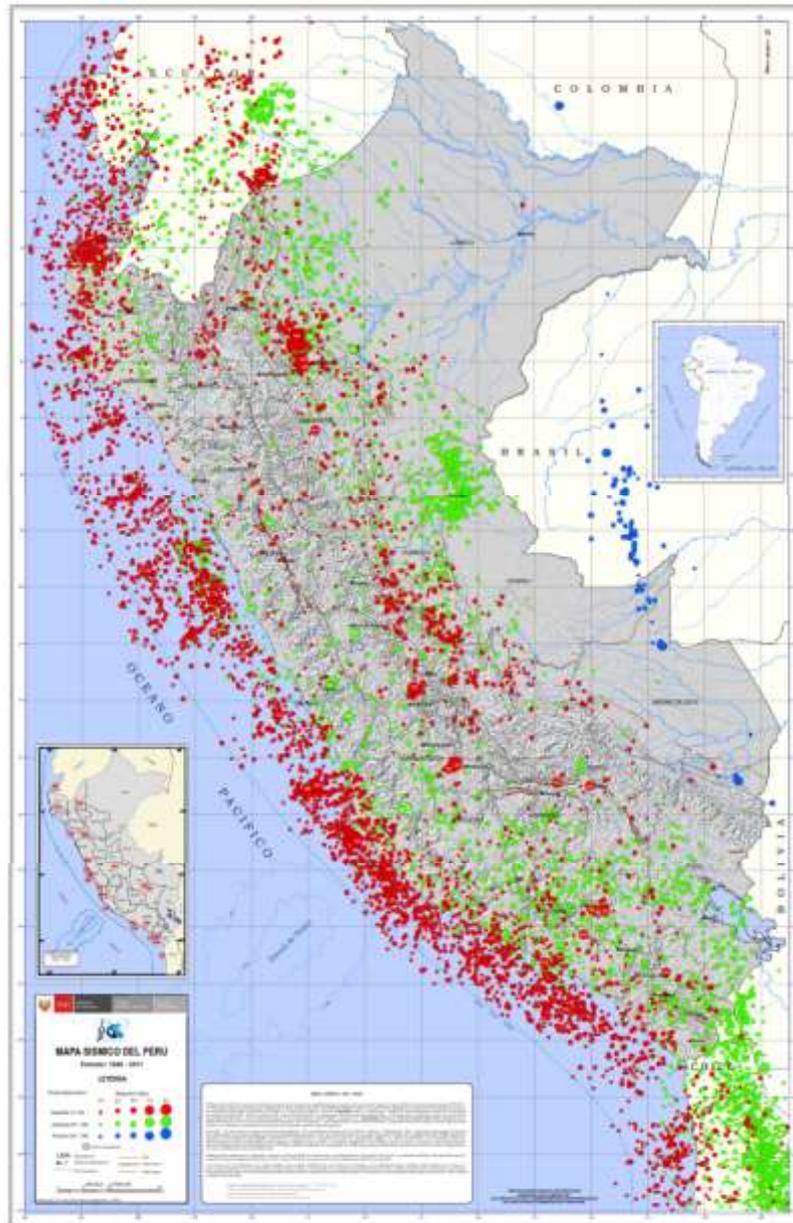
impuestas a las cargas naturales elaboradas por el desplazamiento de suelos y placas.

Siguiendo la lógica, es posible una catástrofe mayor, “en la misma medida que más elevada sea el terremoto, cuanto más cercano esté de un casco urbano, cuanto más abundante sea los habitantes, superior es la influencia en crecimiento económico y más diminuto la altura de planificación” (Bertero, 1992)

### **Sismicidad en el Perú**

El Perú forma parte de las naciones de más elevado dinamismo sísmico que existe entre otros, esencialmente se debe por la sucesión de subducción de la placa oceánica por debajo de la placa continental, produciendo terremotos de escalas elevadas. Un 2° tipo de actividad es debido a las alteraciones manifestadas a lo largo de la Cordillera de los Andes en menor magnitud, esta cordillera se extiende a partir de Venezuela hasta el sur de Chile - Perú. “La mayor rapidez de acoplamiento de placas accede a la solidificación entre ellas, provocando seísmo de distintas magnitudes a variados niveles de abismo, ya sea en la corona de frotación de las placas, en el intrínseco de la placa continental o en el intrínseco de la placa oceánica que se desliza bajo la masa terrestre” (Tavera, 2005). En la fig.1 se puede ver los sismos registrados en Perú según su magnitud, en los años 1960 a 2017.

Figura N° 1: Sismos registrados en los años 1960 a 2017



Fuente: [sinia.minam.gob.pe](http://sinia.minam.gob.pe)

### 2.1.1. Tipos de sismos:

**Sismos naturales:** Son esos que generan un elevado número de potencia, por lo tanto, sus efectos son más estrictos. Se dividen en:

- Sismos tectónicos: Elaborados por la fricción entre placas. Pueden ser: intraplaca, que son efectos de la alteración continental requerido al choque entre placas o interplaca, producidos por el roce en las áreas de fricción de los trozos. Los tsunamis se

asemejan a grandes olas, y son la consecuencia de un sismo tectónico que inicia en la parte más baja del océano.

- Sismos volcánicos: En jurisdicciones corrientes, se provocan, exigido a la fisura de piedras por el transcurso del magma. Sin poco severos en comparación a los aludidos precedentemente.
- Sismos de colapso: Se generan por derrumbes de la cobertura de minas y cuevas naturales. Suelen desarrollarse cerca de la cobertura y son observados en un área diminuta.

**Sismos artificiales:** Son creados a consecuencia de las explosiones habituales o nucleares, generadas por el humano, con la finalidad de indagación, búsqueda y extracción de minerales, etc.

Las explosiones nucleares pueden ser lo idóneamente enormes para ser identificadas por elementos de descubrimientos sísmicos situados en algunos partes de la tierra, no obstante, para su reconocimiento deben llegar a percibirse en las zonas aledañas donde se realizaron los ensayos.

### 2.1.2. Medición de los sismos

**Intensidad:** El impacto que produce un desplazamiento telúrico, es de temple subjetivo e intercambia en ocupación de la dificultad de las oscilaciones y los deterioros generados en una región señalada. También se estima los daños colaterales mostradas en objetos, terrenos y habitantes, en 1880 Rosi y Florel crearon la primera escala de intensidad. Tiempo después, en 1902, el sismólogo Mercalli elaboró una medida que tenía los valores de I a XII. Fue conocida como medida Mercalli Modificada. En la actualidad, a pesar de la supervivencia de diferentes medidas para medir la magnitud sísmica, Este método es la mayor utilizada en la zona americana. Y se divide desde I – XII, donde I es casi imperceptible y XII una catástrofe donde todo ha quedado arrasado.

**Magnitud:** Se describe como una medición instrumental, que está conectada con la electricidad elástica que se despierta producto de un desplazamiento telúrico, y es extendida como movimientos telúricos en la zona interior y superficial del suelo.

Se despuntan los siguientes prototipos de magnitudes:

- Magnitud de ondas de cuerpo (Mb): Depende de la mayor amplitud, concerniente a las ondas de cuerpo, mostrando permanencias siguientes a 1 seg.
- Magnitud de ondas de superficie (MS): Se fundamenta en la mayor amplitud, teniendo lugar por medio de las ondas de superficie, el tiempo de duración se aproxima unos 20 seg.
- Magnitud momento (Mw): Se caracteriza por la proporción de la dimensión, que calcula la dimensión de los sucesos sísmicos en jurisdicciones de la cuantía de energía extendida.
- Magnitud o escala de Richter (ML): También señalada magnitud local, es de prototipo logarítmica, sus números se manifiestan por medio de cifras decimales, y no se limita con un intervalo mayor o menor. Es un logaritmo de apoyo 10 de la amplitud mayor vista por medio de un sismógrafo Wood - Anderson, que es la que difiere una modificación de alejamiento (D) entre el centro y el lugar donde se realizó el apunte, respecto al logaritmo de la amplitud (Ao) que tiene un sismo de dimensión cero a ese alejamiento. La energía dispersa a través del desplazamiento telúrico cambia por un elemento de 10, a causa de su aspecto logarítmico.

### **2.1.3. características de la aceleración de los terremotos**

#### **Aceleración Vertical:**

El elemento vertical anotada por acelerógrafos es mayormente más diminuta que los convenientes de los elementos horizontales y habitualmente tienen mayor apariencia de etapas reducidas. Se cree habitualmente que la celeridad pico vertical es  $2/3$  del número de

incremento cúspide horizontal. No obstante, que esto aparenta sensato, en determinados sucesos se ha manifestado un aumento del elemento vertical para apuntes próximos, donde el pico de los elementos horizontales y la vertical generalmente son de magnitud igual. De cualquier forma, el elemento vertical no es de gran peso para el diseño de armaduras a causa que habitualmente es mínima que los elementos horizontales y también las cualidades de la provisión de resistencia en ese rumbo compensado por el diseño de cargas en rumbo de la gravedad en construcciones. (Máximo, 2012, pp 14)

### **Influencia de rigidez del suelo:**

Es mayormente admitido, que las tierras dúctiles cambias las cualidades de las transmisiones de los desplazamientos sísmicos, a la corona desde la roca yacente. Se manifiesta una extensión de los elementos de etapa larga y habitualmente la celeridad pico en la categoría de etapas cortas se disminuye, esto como producto de las restricciones de aguante del suelo. Así mismo, aparenta que el aumento del desplazamiento fornido es a causa de la magnitud del terremoto. El mayor nivel de aumento del lugar en suelo dúctil con réplicas posiblemente no es acoplable para altos niveles de irritación por el aumento de aminoración y la dureza restringida del suelo. Los tipos elásticos rectilíneos habituales de difusión vertical de ondas de corte, son una escasa exhibición de la contestación y desconocen las influencias de las ondas en zonas. No obstante, el aumento de la contestación del suelo es extremadamente valorada en mayores de 15 casos. Un habitual modelo es la contestación de los almacenes de material suave del lago por debajo del distrito de México. Estos almacenes son elásticos a súper distorsiones de corte, manifestada un mayor aumento de contestación de la base rocosa. Hay aceleramientos anotados por zonas adyacentes en roca y en almacenes del lago de mediana precipicio del terremoto de 1985 de México. México está a unos 400 km del centro del terremoto y la aceleración pico en roca fue de 0.05g, este se aumento 5 veces, debido a que las cualidades elásticas del lecho del viejo lago cambiaron el terremoto con energía en la que prevalecieron las etapas

entre 2 y 3 seg. Como efecto, las construcciones con etapas naturales en esta categoría accedieron en resonancia y obtuvieron una contestación extremadamente agresiva con el producto de mayores sincopes. Todavía es un debate la escala de aumento que se puede aguardar para almacenes hondos de material aluvional de altos terremotos. (Máximo, 2012, pp15).

## 2.2. Parámetros Sísmicos

De acuerdo al RNP (2019), menciona que:

### 2.2.1. Zonificación:

El litoral peruano se manifiesta dividida en cuatro sectores, tal como se evidencia en el Anexo 1, a cada sector se concede un factor Z, como se observa en la tabla 1. El coeficiente Z se define como el aceleramiento máximo de un suelo o en su defecto como la *demanda sísmica bidireccional* sobre la estructura.

Tabla N° 1: Coeficientes de Zona

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: (NTP E.030 Diseño Sismorresistente)

### 2.2.2. Perfiles de Suelo

De acuerdo a la (NTP E.030 Diseño Sismorresistente), "las formas de suelo se ordenan tomando en cuenta la rapidez cociente de difusión de las ondas de cortadura".

Los prototipos de formas de suelos son 5:

Tabla N° 2: Tipos de suelo

a. Perfil Tipo S0:	Roca Dura
b. Perfil Tipo S1:	Roca o Suelos Muy Rígidos
c. Perfil Tipo S2:	Suelos Intermedios, suelos medianamente rígidos
d. Perfil Tipo S3:	Suelos Blandos
e. Perfil Tipo S4:	Condiciones Excepcionales

Fuente: (NTP E.030 Diseño Sismorresistente)

➤ **Parámetros de Sitio (S, TP y TL):**

Se considera un factor S, que se deduce como un coeficiente de modificación del aceleramiento para un perfil de suelo y etapas TP y TL manifestados en las Tablas N° 3 y N° 4.

Tabla N° 3: Tipo de amplificación de suelo (S)

SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: (NTP E.030 Diseño Sismorresistente)

Tabla N° 4: Etapas "TP" y "TL"

	Perfil de Suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (s)	0.3	0.4	1.6	1.0
T <sub>L</sub> (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: (NTP E.030 Diseño Sismorresistente)

➤ **Factor de Amplificación Sísmica (C)**

El aceleramiento máximo que llegaría una organización elástica de una escala de libertad, necesita del aceleramiento que viene del apoyo y de la fase fundamental (T). Para efectos de cálculo el coeficiente de aumento sísmico (C) se define por las estos enunciados:

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

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

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

### 2.2.3. Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

Según la Norma ordena las construcciones de acuerdo al grado de importancia, funcionamiento adecuado para el empleo de accidentes, capacidad de individuos que podría acoger, etc.

En las *edificaciones esenciales* estarían los hospitales, terminal de bomberos, matriz de comunicación, inmuebles que puedan ser aptos como albergues después de un sismo, etc.

Las edificaciones que contienen patrimonio cultural o reinciden gran cantidad de personas, deberían ser menos vulnerables para evitar pérdidas sociales o de patrimonio; estas edificaciones pertenecen a la categoría de *edificaciones importantes*, como aeropuertos, cines, estadios, etc.

Las viviendas, hoteles oficinas y demás edificaciones se consideran como *edificaciones comunes*.

#### ➤ Factor de Uso (U):

Para lograr un desempeño diferente en cada categoría, la norma utiliza un coeficiente de significación “U” como un aumento de requerimientos sísmicos, al ampliar los requerimientos de diseño se amplifican los desplazamientos por lo que es prescindible aumentar la inflexibilidad para poder satisfacer las demandas de diseño. Por ende, a mayor consideración de la construcción, el coeficiente es mayor; para las edificaciones comunes vendría a ser 1.0, es decir, no se aplica ningún amplificador.

CATEGORIA	FACTOR U
A. Edificaciones Esenciales	1.5
B. Edificaciones Importantes	1.3
C. Edificaciones Comunes	1.0

Tabla  
Nº 5:

Factor de Uso (U)

Fuente: (NTP E.030 Diseño Sismorresistente)

## 2.2.4. Sistemas Estructurales

### ➤ Tipos de sistemas estructurales

- **Inmuebles de adobe**

(Blondet, y otros, 2003) Se refieren a que son estructuras que normalmente, no habitualmente manifiestan una buena conducta estructural ante un sismo, debido al exceso de carga, en combinación con su reducida vitalidad y conducta frágil del material.

Sus formas usuales de defectos que se distinguen mientras hay un desplazamiento telúrico son la ruptura de paredes, el crecimiento de fisuras prominentes y desplazamiento hasta perder la unión en los ángulos, produciendo una declinación de paredes y coberturas, que suele terminar en la inevitable caída de la estructura.

- **Inmuebles de albañilería confinada**

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006) manifestó que se ubican compuestas por paredes de albañilería portantes construida a fundamento de concreto o arcilla, conectadas por medio de cemento y mortero de arena. Su inflexibilidad está en función a la consistencia de las paredes en el sentido tomado, sin considerar los muros verticales. Es decir, en el caso de que se agreguen columnas, a alejamientos apropiados, y vigas de amarre; el perjuicio disminuiría hasta el grado 1, dando como resultado grietas, que se esconderían con pintura, hasta un reciente desplazamiento sísmico. (“Plan Nacional de Saneamiento 2006 - 2015, 2006)

- **Edificaciones de concreto armado**

(Perea Rentería, 2012) Se definen así a estructuras que están conformadas por pórticos de concreto armado, conformados por un compuesto de vigas y columnas, asociados por medio de nudos. La inflexibilidad es causa de la viscosidad de las paredes en el sentido designado. Si se integran placas,

su inflexibilidad suministra una vitalidad superior al movimiento y menos correría en la categoría inelástica.

- a. **Pórticos:** Al menos el 80% del esfuerzo cortante basal se concentra en las columnas. En caso que se usen placas, estas deben tener que diseñarse para soportar un % de la carga por sismo del entero. Delgado (2011) mencionó que toda armadura aporticada está formada por losas, vigas, columnas y zapatas.
- b. **Muros estructurales:** En esta situación, el vigor sísmico se da sobresalientemente a principio de las placas. En estas surge, alrededor del 70 % del esfuerzo cortante basal.
- c. **Dual:** los esfuerzos sísmicos son sostenidas por las paredes estructurales y los pórticos. Las paredes toman un esfuerzo cortante que se distingue desde el 20% - 70%, también, deben diseñarse para soportar no menos el 30% de este esfuerzo en la base.

### 2.2.5. Regularidad Estructural:

Las armaduras son clasificadas como regularizadas o irregularizadas con el propósito de:

- Determinar el coeficiente R de reducción de esfuerzos sísmicos según el posterior patrón:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

#### ➤ Irregularidades en la Altura (Ia)

Son cambios abruptos de resistencia, geometría, rigidez, la masa, dimensiones en planta, y por último la discontinuidad de elementos verticales, que llevan a una repartición irregularizada de esfuerzos y alteraciones a lo largo de la altura del inmueble.

Tabla N° 6: Irregularidades Estructurales En Altura

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_a</math></b>
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	0.75
Irregularidad de Masa o Peso	0.90
Irregularidad Geométrica Vertical	0.90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80

Fuente: (NTP E.030 Diseño Sismorresistente)

➤ **Irregularidades en Planta ( $I_p$ )**

Se refieren a las deformidades en planta, según la N. E.030 considera los posteriores aspectos; torsión, vértices entrantes, intermitencia de diafragmas y ejes no equidistante.

Tabla N° 7: Irregularidades Estructurales En Planta

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_a</math></b>
Irregularidad Torsional	0.75
Esquinas Entrantes	0.90
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	0.90

Fuente: (NTP E.030 Diseño Sismorresistente)

➤ **Coficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_0$ )**

Los métodos estructurales se ordenarán de acuerdo a los materiales utilizados y el método de estructuración sismorresistente en cada sentido de estudio, tal como se manifiesta en la Tabla N° 6.

Cuando en el sentido de estudio, el inmueble manifiesta más de un método estructural, se escogerá el menor factor  $R_0$  que pertenezca.

Tabla N° 8: Coeficiente básico de Reducción Sísmica ( $R_0$ )

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b> Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF) Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF) Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF) Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF) Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8 7 6 8 6 8
<b>Concreto Armado:</b> Pórticos Dual De muros estructurales Muros de ductilidad limitada	8 7 6 4

Fuente: (NTP E.030 Diseño Sismorresistente)

(\*) Estos factores se utilizarán solamente a armaduras en las que los componentes verticales y horizontales acepten la disolución de la energía conservando el equilibrio de la armadura. No se utilizan en armaduras con prototipo péndulo invertido.

## 2.3. Análisis Sísmico

### 2.3.1. Desplazamientos y derivas

El Análisis Sísmico se ejecuta usando un prototipo matemático tridimensional en donde los componentes verticales están enlazados por medio de diafragmas horizontales, ya que estos se suponen ilimitadamente recios, conllevando a una distribución uniforme de la fuerza sísmica actuante en cada entrepiso, hacia los elementos estructurales verticales. Se presenta a continuación, acorde a lo establecido en la N.T.P. 030 – “Diseño Sismorresistente”, los desplazamientos absolutos y relativos, así como la obtención de las derivas inelásticas, debiendo ser estas menores a las establecidas por la mencionada Norma.

## ➤ Estructuración

Se debe tener en consideración, para la colocación de componentes amazónicos y no amazónicas, todo lo estipulado en consideración a pautas de estructuración se deben de acoger para la fecundación estructural del plan arquitectónico, como son simplicidad, simetría, resistencia, argumentos de diafragma recio, traslados de pesos hacia la sub-estructura y persistencia de componentes estructurales.

## ➤ Planteamiento estructural

La propuesta estructural deberá considerar la gran parte de los siguientes aspectos:

- **Simplicidad:** por la comodidad de vaticinio de la conducta estructural, y de idealización de los componentes estructurales. Habiéndose manifestado con el ejercicio la mayor conducta estructural de armaduras sencillas.
- **Simetría:** asociada con la simplicidad, facilita a la armadura una correcta repartición de fuerzas producto de pretensiones, tanto estáticas como dinámicas. También, elude una mayor desigualdad en alejamiento entre el núcleo de pesos con el núcleo de rigores, no elaborándose aumentos en los impulsos debido a desmesurados giros en planta ante pretensiones sísmicas.
- **Resistencia:** se debe de suministrar de una buena inflexibilidad lateral en las primordiales direcciones de estudio de una construcción, obteniéndose esto con la suma de paredes de corte o placas a pórticos de columnas y vigas peraltadas. También, comprobar en los lazos de columnas con vigas, que las columnas manifiestan una alta rigidez que las vigas, a fin de eludir rotulas plásticas (abandonado de la cavidad resistente) en aquellas, para eludir impulsarse así, una hendidura en la columna (responsabiliza el equilibrio de toda la armadura) antes que en la viga

(responsabiliza solo al señalado componente estructural y a componentes no estructurales).

- **Diafragma rígido:** el manifiesto de un diafragma rígido, solicitado por el manifiesto de losas, admite la idealización monolítica de la armadura, aprobando que todo componente estructural vertical se deslice semejante ante solicitudes sísmicas. También, para alcanzar que la armadura se porte como un global, se deben de eludir mayores agujeros en planta, y armaduras muy prolongadas o en tamaños no habituales como L, H, U o T.
- **Continuidad:** se debe suministrar a la armadura de persistencia ya sea en planta como en ascenso, en los componentes estructurales y en la concepción arquitectónica, alcanzando eludir desde ya viables desigualdades estructurales.

### 2.3.2. Vulnerabilidad sísmica

Radica desde la observación y enumerar cuantitativamente los daños ocasionados producto de los terremotos, por lo que se puede denominar Vulnerabilidad vista, ya que está compuesta en procesos de carácter empírico o subjetivo. Por consiguiente, considerando que los sucesos sísmicos son esporádicos, hasta a tal punto que no se lleguen a dar ningún sismo en toda su vida conveniente de la armadura, sin embargo, es factible cuantificar el porcentaje de daño generado por un sismo a base de simulaciones mediante cálculo matemático o mecánico, por el avance de las metodologías en laboratorio, en esos casos se denominan *Vulnerabilidad Calculada*. (Yepez, y otros, 1995)

#### ➤ Vulnerabilidad No Estructural

Se relaciona con la impotencia de los componentes o partes no estructurales para soportar el perjuicio debido a un seísmo, lo que se ha definido falla sísmica no estructural. (Cardona, 1999). Esto incorpora el desperfecto real de esos componentes o partes que no son una pieza vital del marco seguro o del diseño de la estructura y que pueden caracterizarse

en partes compositivas (paredes de parcela, puertas, ventanas, techos, etc.) y partes electromecánicas (canales, embudos, enlaces, equipos, etc.) que desempeñan papeles significativos adentro de los establecimientos de la estructura (ATC-29-1, 1998).

Hay que tener en cuenta que los daños no estructurales se examinan en función de las deformidades y torsiones reflejadas en el diseño y según las frecuencias producidas (Yepez, y otros, 1995)

#### ➤ **Vulnerabilidad Estructural**

Consiste en la posibilidad de que los elementos estructurales sufran daños a causa de sismos. “Por tal motivo se debe deducir que los encargados de la transmisión de los pesos estáticos y dinámicos es en base a los elementos estructurales como son las vigas, columnas, zapatas, etc. (Criollo Paucar, y otros, 2018)

### **2.3.3. Método para evaluar la vulnerabilidad sísmica**

Los métodos son cualitativos, cuantitativos y mixtos. Las metodologías son las siguientes:

#### ✓ **Método venezolano (1985):**

Examinado y evaluado por I. Rivera de la U., D. Grisolia de la C. también, B. Sarmiento de la Universidad de los Andes de Mérida. Relevante en estructuras reducidas de cemento o ladrillo. Esta técnica tasa segmentos separados y después rastrea una proporción en base a cortes de piso a techo.

El método es el siguiente:

A. En el momento en que existen informes, se realiza un estudio total de los semejantes.

B. En asuntos de que no se encuentran planos, se realiza un estudio de los componentes comunes de la estructura y del diseño, con todos los

detalles de los componentes vigorosos a las potencias paralelas.

C. Investigación punto por punto de la estructura inspeccionando cuidadosamente el armazón primario, los posibles desvíos de trozos y barras, la rotura, el debilitamiento de los materiales constitutivos de la construcción, las asociaciones y soportes entre componentes, etc.

D. Inspección de la rotura y del estado general de los muros. Compruebe si están apoyados para que no haya posibilidad de volcarse. Observe si existe la posibilidad de una disposición de sección corta debido a la presencia de ventanas.

E. Investigación de la sujeción de aquellos componentes no primarios que podrían segregarse mientras hay un temblor sísmico, voladizos, luces, instalaciones eléctricas y de limpieza, entre otros.

F. Investigación del método de salida y del estado de los marcos de anticipación de incendios. Comprobación de que las bocas de riego están en buen estado y de que los extintores funcionan.

G. Aseguramiento de las potencias de corte sísmico  $V_u$ . Para ello, se utilizan las potencias de cizallamiento traslacional según los estados sísmicos del lugar, el tipo de diseño y las circunstancias de la tierra.

H. Las potencias de cizallamiento opuestas del entrepiso no están totalmente establecidas. Se determinan como la cantidad de las fuerzas cortantes opuestas de los componentes, esperando que no cada uno de ellos pueda llegar a su resistencia completa, debido a la falla inoportuna de los componentes más delicados.

Se puede aplicar a edificaciones de poca altura, que pueden ser de hormigón armado. Proporciona un buen control de la estructura a analizar ya que examina los sistemas utilizados, posibles deformaciones en losas

y vigas, fisuras, desperfectos de materiales de construcción, conexiones reales, apoyo entre componentes, etc. No es adecuado para analizar la vulnerabilidad de grandes números de edificios, ya que es un método muy detallado de adquisición y uso de información. (Cajan Hernández, y otros, 2020)

✓ **Método Hurtado y Cartona (1990)**

Este método fue creado por los ing. Omar Darío Cardona y Jorge Eduardo Hurtado en 1990:

1. Decidir la longitud de los muros.
2. Determinar la resistencia cortante.
3. Tasar el peso de la estructura que resiste la construcción.
4. Tasar el factor de seguridad sísmica CSR, o al menos, el nivel del peso de la estructura porcentualmente, a la que se resiste la construcción, como cortante plano en el apoyo más negativo.
5. Tasar el factor sísmico esperado CSE de la construcción a través del rango de reacción elegido.
6. Tasar el interés de flexibilidad, como la proporción sobre el factor sísmico esperado y el coeficiente sísmico seguro.
7. Los daños se pueden caracterizar y atraer de forma subjetiva según la escala de la tabla 9, que depende de motivos hipotéticos.

Tabla N° 9: Clasificación de los daños en función de la demanda de ductilidad.

<b>Categoría y estado de daños</b>	<b>Criterio con relación al valor de la demanda de ductilidad (DD)</b>
1. Ninguno	$DD < 0.50 CD$
2. Menores	$0.50 CD < DD < 0.75 CD$
3. Moderados	$0.75 CD < DD < 1.00 CD$
4. Mayores	$1.00 CD < DD < 1.50 CD$
5. Totales	$1.50 CD < DD < 2.00 CD$

Las consecuencias de la construcción por cada clase de imperfección son las siguientes

1. No hay daño.
2. Daños menores en los componentes del edificio.
3. Daño ilimitado a los componentes de ingeniería y daño menor a los componentes estructurales.
4. Daño sumado a los componentes arquitectónicos y de ingeniería.
5. Daño al diseño que no puede ser arreglado, de esta manera, la estructura debe ser derribada y suplantada.
6. Fabricación parcial o completamente destruida debido al desequilibrio.

Esta estrategia fue imaginada desde el inicio para calcular viviendas de 1 y 2 pisos con los prerequisites de la CCCSR-84 y sin duda puede ajustarse a las circunstancias sísmicas provinciales, es decir, piensa en los impactos cercanos. Presenta el detrimento de no pensar en anomalías de plano y nivel, sin embargo, es factible ajustar las contemplaciones de la NSR-98 con los factores que modifican el número de  $R_o$ . Vincula inmediatamente el nivel de vulnerabilidad evidenciado como el número del interés de la flexibilidad, con la representación de las consecuencias sísmicas concebibles para el diseño.

La ventaja es que este método clasifica el daño en una escala de 0 a 6 con respecto a los métodos anteriores que no predecían el daño. Su limitación es que no presta atención a las irregularidades en altura y plano.

✓ **Método de Hirosawa (1992)**

La técnica propuesta por Hirosawa es utilizada con autoridad en Japón por el Ministerio de la Construcción en la tasación de la garantía sísmica de las estructuras sustanciales construidas. La estrategia sugiere tres

grados de evaluación, que van de lo fácil a lo minucioso, y depende del estudio de la forma de conducta sísmica de cada planta de la estructura en los ángulos de la planta principal.

A causa de la presencia de un diafragma rígido, el instrumento de avería sea del prototipo panel con segmentos que alcanzan a tal punto de llegar al límite más extremo de la estructura determinado a partir de una investigación espectral de la misma. La técnica piensa igualmente en la geografía y la morfología del almacén, también, en el grado de desperfecto actual, deterioro a largo plazo del almacén primario y el impacto de las condiciones de vecindad en el espacio donde se encuentra la estructura (MINSAs, y otros, 1997)

El análisis inicialmente se originó con el fin de ser utilizados en edificaciones de altura media o que hayan sufrido daño, siendo de hormigón armado, tomando en cuenta 6 a 8 pisos estructurales con paredes o pórticos. Últimamente sea utilizado este tipo de análisis a inmuebles mixtos, es decir, concreto armado y albañilería.

✓ **Método de SCARLET:**

La metodología SCARLET es la variación de la estrategia PORE al área financiera. SCARLET da ciclos dirigidos a grupos de procedimientos durante la mejora del proceso en marcos simultáneos, donde los prerrequisitos de los socios, la ingeniería del marco y las piezas de los solicitantes no se fijan en piedra simultáneamente. Los requisitos previos de los socios iluminan la ingeniería del marco y contribuyen a la determinación de las piezas de los competidores, y el plan de ingeniería y la elección de las piezas COTS producen limitaciones a las necesidades de los socios.

La estrategia se basa en los apuntes alcanzados de los elementos, para que el grupo de metodología decida si el complemento cumple con las necesidades de los clientes. La técnica SCARLET piensa que durante la ejecución de estos ciclos pueden surgir diferentes circunstancias en cualquier punto. Por ello la estrategia da un modelo de lo que está

pasando, donde se espera controlar las distintas condiciones de las necesidades del cliente, en cuanto a los atributos de los componentes. Las partes se registran a continuación:

Tabla N° 10: Componentes

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Procesos entrelazados	+	+						
Varios tipos de plantillas.		+					+	
Vendedor dejado afuera			+		+			
AHP, Volere y otras tecnicas						+	+	
Orientación del proceso					+			
Sin repositorio					+		+	+
Evaluación de archivos								+
Roles no definidos				+		+		
Proceso Especializado						+		
Gestión de contratos y proveedores			+		+			
Arquitectura Existe	+				+			

✓ **Método Demanda – Resistencia:**

Esta metodología se fundamenta en el análisis de la solicitud sísmica de la armadura y su capacidad sísmica para comparar. Para la puesta en acción de esta metodología se considera la resistencia mecánica del material requerido y la vitalidad del material que verídicamente tiene la armadura, por lo que se estima equiparar la resistencia  $f_c$  con la  $f_c$  requerida, mientras que el esfuerzo auténtico requiere refuerzo. Para clasificar la resistencia  $f_c$  se realizaron estudios de endurecimiento y se determinó el refuerzo requerido, se aplicó la armadura en la aplicación ETABS y se compararon los resultados de los ensayos de endurecimiento. (Soto Raico, 2018)

✓ **Método del índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1982)**

Dicha metodología orientado por medio de un equipo de científicos italianos en 1982, basándose de los daños ocasionados por terremotos desde 1976. Según la información obtenida, se procede a procesar una data tomando en cuenta el apunte de vulnerabilidad por cada inmueble y los daños evidenciados por terremotos de intensidad concluida.

La metodología del apunte de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1984) va reconociendo los parámetros más relevantes que evidencia los efectos causados por un sismo.

La técnica del apunte de la vulnerabilidad puede ordenarse como intrínseco, a la luz del hecho de que desempeña una calificación subjetiva de las estructuras en vista de las estimaciones trabajadas de los diseños, con lo que se trata de distinguir los límites más importantes que gobiernan el deterioro subyacente, límites importantes que controlan el daño primario. La calificación de las estructuras se termina a través de un coeficiente llamado registro de vulnerabilidad. Esta lista está directamente relacionada con la fragilidad o nivel de deterioro de la

construcción a través de las capacidades de fragilidad. Estas capacidades admiten averiguar el registro de fragilidad por cada nivel de potencia sísmica macrosísmica y tasar velozmente y eficazmente la fragilidad sísmica de las estructuras, requisitos que son fundamentales para el avance de las investigaciones metropolitanas de gran alcance. (Yepez, y otros, 1995)

La credibilidad se basa por su extensa aplicación en países internacionales como España, Italia, Colombia, Ecuador, Perú, etc; también, siendo muy asertivos con los resultados obtenidos se logra la satisfacción plena. Este análisis se ejecutó para construcciones de concreto armado y mampostería. Siendo aclimatada a la sustantividad, tomando en cuenta las N.P. recientes, estas que se manifiestan en la tabla 11:

Tabla N° 11: Contraste entre el RNE y los parámetros propuestos por el método del índice de vulnerabilidad.

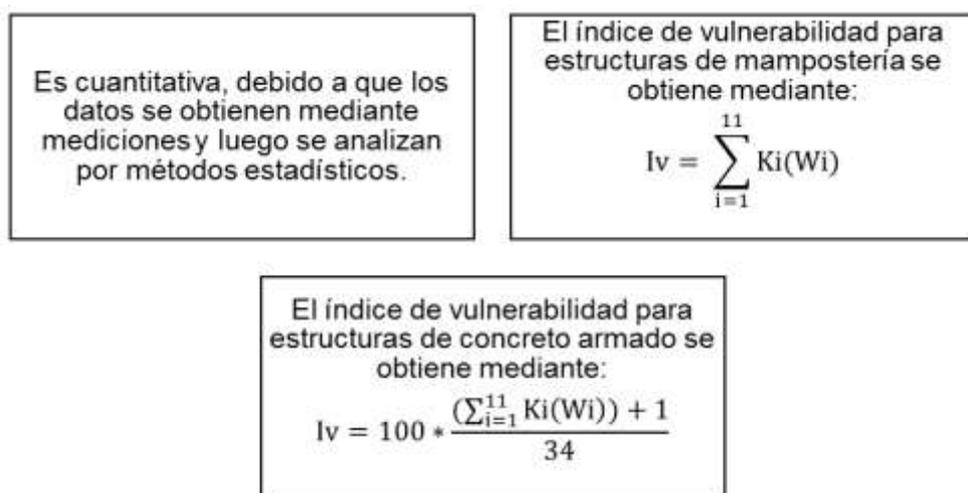
<b>Método de Benedetti - Petrini</b>		<b>Criterio Propuesto por el RNE</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	
1	Organización del sistema resistente	Asesoría Técnica y Criterio de estructuración en adobe y albañilería (Norma E-070 y E-080)
2	Calidad del sistema resistente	Calidad del material y proceso constructivo. Norma E.060, E.070 y E.080.
3	Resistencia convencional	Parámetros de sitio (Z, U, S, C, R, Tp). Norma E.030, Art. 5-10.
4	Posición de edificios y cimentación	Condiciones geotécnicas: tipo de suelo rígido, intermedio y flexible. Norma E.050
5	Diafragmas horizontales	Consideraciones para diafragmas. Norma E.030, E.060, E.070 y E.080.

6	Configuración estructural en planta	Irregularidades estructurales en planta Norma E.030, Art. 11.
7	Configuración estructural en elevación	Irregularidades estructurales en altura. Norma E.030, Art. 11.
8	Separación Máxima entre muros	Densidad de muros en las edificaciones. Norma E.070 y E.080.
9	Tipo de cubierta	Condición de la unión de la cobertura con el sistema resistente.
10	Elementos no estructurales	Conexión de los elementos no estructurales. Norma E.070, Cap. 9-10.
11	Estado de conservación	Condición actual de la vivienda

Fuente: (Mesta, 2014). Determinación de la fragilidad sísmica de las construcciones habituales en el distrito de Pimentel (tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Chiclayo, Perú.

El Método de Benedetti - Petrini fue constatado para las construcciones de mampostería y concreto armado, está precisado en la posterior fig. 01

Figura N° 1. Método de Benedetti - Petrini.



Fuente:

(Aguar Falconí, y otros, 1994) Fragilidad sísmica de inmuebles. Barcelona, España: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE).

### Índice de vulnerabilidad para construcciones de concreto armado:

Este enfoque tiene diferentes consideraciones, como la construcción de elementos en planta y altura, estructurales y no estructurales. Se ha elaborado una tabla que tiene en cuenta los parámetros más relevantes para la valoración de los materiales de coste único que afectan a la vulnerabilidad y estado de la edificación, en particular clasificados en un grado numérico (dañados por peso W, que intenta resaltar su trascendencia concerniente en el producto ultimo), proporcionando valores numéricos para las propiedades estructurales o la fragilidad sísmica de las construcciones de hormigón.

Considerando un completo de once parámetros que tomando en cuenta su elevado factor se alcanza un índice de 94.12 (donde el factor ínfimo es 0.0). A continuación, en la Tabla N° 12 manifiesta un ejemplo con los 11 parámetros, calificados con valores que se determina a las armaduras, la valoración adecuada a los factores de cualificación posible K ya sea en el requisito de cualidad (es de A = inmejorable a C = adverso) y, también, a los elementos de peso W sujetos para cada parámetro.

Tabla N° 12: Método de Benedetti - Petrini para edificaciones de concreto armado

Método Benedetti - Petrini		Clase (Ki)			Peso
Parámetro	Descripción	A	B	C	
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1
4	Posición de edificios y cimentación	0	1	2	1

5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1
6	Configuración estructural en planta	0	1	2	2
7	Configuración estructural en elevación	0	1	3	1
8	Separación Máxima entre muros	0	1	2	1
9	Tipo de cubierta	0	1	2	1
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1
11	Estado de conservación	0	1	2	1

Fuente. (Mesta, 2014) Análisis de la fragilidad sísmica de las armaduras comunes en el distrito de Pimentel (tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Chiclayo, Perú.

Los enfoques particulares que se terminaron para considerar esta estrategia fueron: Los argumentos que se consideraron para elegir esta técnica fueron: 1:

1. Depende de antecedentes genuinos
2. Su aplicación es más minuciosa y completa, evaluando tanto los componentes subyacentes como los no primarios.
3. Hay pruebas de su ejecución en varias comunidades urbanas de Italia, que muestran sus grandes resultados, y esto hace que pueda ser pulido con autoridad por un elemento eclesiástico de seguridad común.
4. De acuerdo (Yépez, 1994), se determinó en España y Almería en 1993 y 1994.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Enfoque de investigación

El levantamiento existente adopta un encuadre cuantitativo, ya que los datos obtenidos se basan en mediciones o indicadores precisos, a través de cuadros resumen, como espesor de columna, viga, losa, etc.

(Hernandez et al., 2014), la investigación utilizó un encauzamiento cuantitativo ya que se apoyó en pruebas estadísticas para dar respuesta a las metas planteadas en el estudio.

##### 3.1.2. Tipo de investigación

###### ➤ Tipo de investigación por el propósito

Se aplicará este prototipo de estudio ya que pretende aplicar los conocimientos adquiridos en esta encuesta y se basa en la normativa vigente.

(Rodríguez, 2020) insiste en que su propósito es desarrollar teoría general y ponerla en práctica para resolver problemas.

###### ➤ Tipo de investigación por el diseño

Se utilizará un boceto descriptivo no experimental.

(Hernandez, y otros, 2014), señalaron que en los diseños no experimentales no se mangonean los valores de investigación, también, se evalúan las variables en su entorno natural. Este tipo de diseño se basa en antecedentes de investigaciones ya existentes. La investigación descriptiva examina propiedades de rasgos o características particulares que analicen el cambio. (p.270)

###### ➤ Tipo de investigación por el nivel.

Se usará la indagación Descriptivo.

(Rodríguez, 2020) nos informa que la especificación de las cualidades del elemento de investigación. Se ajusta a la advertencia sin encontrar aclaración.

### 3.1.3. Diseño de investigación

El bosquejo de la evaluación es Transversal - Descriptiva - no empírico.

El bosquejo de la evaluación es no empírico, en razón de que la variable en estudio no será controlada, de igual manera es Transversal en razón de que la información se recoge en un tiempo solitario y Descriptiva en razón de que el objeto de estudio será representado.

(Hernández, et al., 2014), sabemos que es el surtido de información en un periodo, en un tiempo solitario. Representar los factores y desglosar su ritmo en un acontecimiento determinado (p.273).

Figura N° 2: Diseño descriptivo simple



Donde:

M1: Muestra de estudio: Estructura dual de 7 pisos.

O1: Observación de la variable de estudio: Análisis de vulnerabilidad sísmica

## 3.2. Operacionalización de variables

### 3.2.1. Variables

Variable: Fragilidad sísmica

(Barbat, 1998), la fragilidad sísmica se caracteriza como la inclinación inherente del diseño para soportar los daños cuando se produce un terremoto. Está relacionada con las cualidades del plano de la construcción. Para este estudio, se utilizará una sola variable.

(Mejía Jervis, 2020), muestra que el valor depende de cada situación y se ajusta en distintas circunstancias.

### 3.2.2. Matriz de clasificación de variables

Fabricación de la matriz de clasificación de los elementos

Tabla N° 13: Matriz de clasificación de variables

CLASIFICACIÓN					
Variable	Relación	Naturaleza	Escala de Medición	Dimensión	Forma de Medición
Vulnerabilidad Sísmica	Independiente	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta

Elaboración propia de los autores.

### 3.2.3. Matriz de Operacionalización de variables ([ver anexo 2.1](#))

#### 3.3. Población, muestra y muestreo

##### 3.3.1. Población

Todo inmueble dual de 7 pisos, Huaraz, 2022.

##### 3.3.2. Muestra

El espécimen de investigación es la edificación dual de 7 pisos, Huaraz, 2021.

#### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

##### 3.4.1. Técnica

Los procedimientos utilizados en esta investigación fueron 2: el método de investigación narrativa y la percepción directa, para lo cual se recogerá información a través de la percepción de la región de revisión, y el método narrativo se extraerá de la información de la revisión de la sociedad y de los planos subyacentes y de ingeniería.

### 3.4.2. Instrumento de recolección de datos:

En el actual plan de indagación se recolectó información de la infraestructura dual de 7 pisos, Huaraz, mediante una guía de observación, con la finalidad de extraer los datos del estudio para captar información de manera ordenada y necesaria para el respectivo análisis de vulnerabilidad, de tal forma para la ejecución de la metodología Benedetti y Petrini.

Tabla N° 14: Instrumentos de recopilación de datos.

<b>Etapas de Investigación</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Validación</b>
Estudio de suelos Analizar el estudio de suelos.	Guía de observación	Según Norma E-030
Analizar los planos de la estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz	Guía de observación	Veredicto de especialista
Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica Método Italiano Benedetti y Petrini	Guía de observación	Veredicto de especialista
Análisis sísmico de acuerdo a la Norma E.030-2021	Software ETABS	Según Norma E-030 Veredicto de especialista
Comparar metodológica		

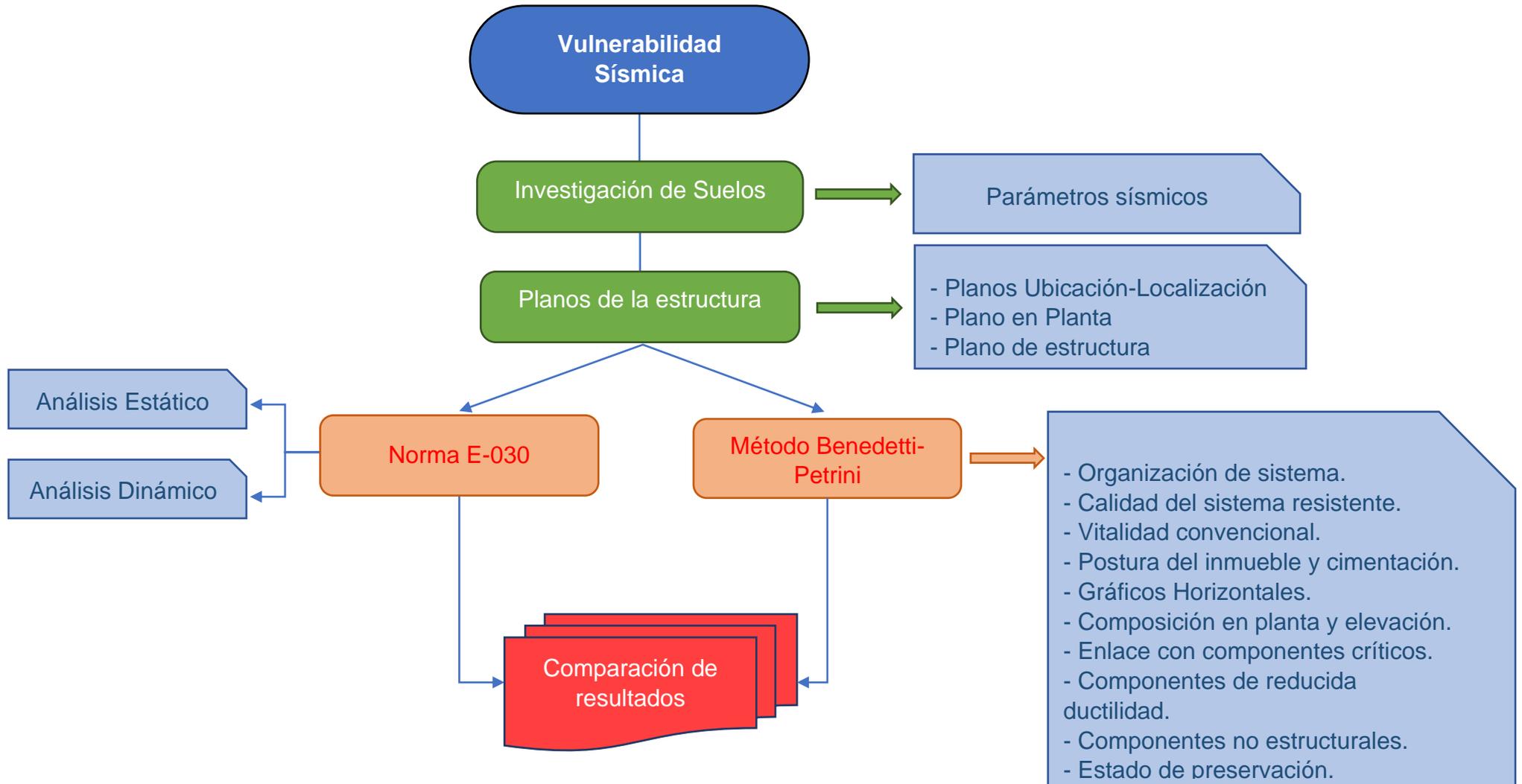
Elaboración propia de los autores.

### **3.4.3. Validación del Instrumento de recolección de datos.**

El elemento de recopilación de apuntes, nombrado manual de observación que nos alcanzará para ejecutar la fragilidad de la estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz.

### 3.5. Procedimiento

Figura N° 3: Procedimiento



❖ *Evaluación de estudio de suelos*

Teniendo en cuenta que, según el tipo de suelos en el área del diseño, es vital hacer un informe de tierra para conocer los diversos tipos de suelos. estructura, es vital hacer un informe de tierra para conocer los diversos tipos y cualidades de la tierra, ya sea la capacidad de humedad, prototipo de suelo, y así sucesivamente y cualidades de la tierra, por ejemplo, el contenido de humedad, tipo de suelo, y así sucesivamente. Para el presente proyecto de exploración dependemos del informe de suelos de Huaraz, para evaluar la revisión de suelos adquiridos y de esta manera realizar los límites sísmicos según la norma peruana de seguridad sísmica E - 030: zona sísmica, prototipos de elementos de suelos, clasificaciones de estructuras y coeficiente de uso, factor de intensificación sísmica.

❖ *Evaluación de los planos de la estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz.*

Se llegó a obtener los planos arquitectónicos y estructuras de la estructura dual de 7 pisos, con el fin de analizar los elementos estructurales y proceder realizar un ejemplo en el ETABS.

❖ *Análisis sísmico*

Con la información obtenida de los límites sísmicos, se realiza un estudio para conocer la forma de comportamiento de la construcción en caso de una ocasión sísmica. Para esta situación, se utilizaron dos técnicas: la investigación estática y la investigación dinámica.

Investigación estática, como paso inicial se rastrean los límites sísmicos según la norma E-0.30, donde se encuentra la estructura de 7 pisos, clase, uso, tipos de suelo, factor de intensificación sísmica, luego, en ese momento, se obtiene el coeficiente base de la estructura (R) de disminución de las potencias sísmicas según las anomalías en planta y nivel que podría presentar la construcción, luego se trabaja la carga completa del diseño para tener el cortante basal así en el pivote x como en el eje y.

Investigación dinámica, con la información obtenida de la investigación estática continuaremos calculando los modos de vibración dados por la

programación de ETABS, así como el rango de reacción, por último elaboramos los flotadores, La NTE. E.030, especifica que los mayores desplazamientos horizontales se incrementan en  $0,75R$  y en  $0,85R$  para los diseños ordinarios e imprevisibles individualmente, estas cualidades se separan de ETABS. Además, la norma verifica que para los diseños sustanciales apoyados la flotación más extrema debe ser de  $0,007$  y para las obras de piedra de  $0,005$ . Cada una de las informaciones adquiridas que son los planos primarios, la evaluación de la revisión de la suciedad, el cizallamiento basal, las anomalías en el plano y el nivel nos ayudarán con la incrustación en la programación de ETABS para conseguir la demostración del diseño que realmente queremos para acabar con la posibilidad de deterioros ante las potencias sísmicas.

❖ *Método Benedetti y Petrini,*

La técnica de Benedetti y Petrini es la estrategia decidida para hacer la tasación de la fragilidad de nuestra unidad de revisión, en la que se reflejará la información adquirida a través de la percepción directa como la veríamos guiar, que detallará los límites que determina.

Evaluación a través de los 11 límites, se evaluará hasta el último de los límites adjuntos:

- Tipo y asociación del marco seguro, en este límite se considerará el tiempo prolongado de desarrollo de la estructura, adicionalmente en el caso de que haya tenido asesoría especializada durante su desarrollo.
- Naturaleza de la estructura de seguridad, se revisará el material utilizado para su desarrollo.
- Obstrucción tradicional, se evaluará la conexión entre la resistencia de la caja fuerte y la resistencia del plan.
- Posición de la estructura y el establecimiento, se calculará si la estructura manifiesta estados de humedad, sales, entre otros.
- Estómagos planos, se evaluarán las desfiguraciones que pueda haber en el estómago y suponiendo que la asociación, a través de, el estómago y los componentes de la firmeza sean grandes.

- Configuración del plano, se evaluará la uniformidad en el plano de la estructura.
- Composición en elevación, se comprobará la variedad de niveles de las plantas de cada estructura.
- Asociación con componentes básicos, se calculará el prototipo de asociación, a través de, los componentes básicos, descollando la significación entre las asociaciones de segmentos de pilares o secciones de trozos.
- Componentes de baja flexibilidad, se confirmará la presencia de segmentos cortos, que es quizás de las decepciones más continuas que se producen durante los temblores.
- Componentes no subyacentes, se comprobará si los componentes no primarios están muy asociados entre sí.
- Condición de protección: se revisará el diseño para decidir qué tan salvado está todo.

Cómputo del índice de fragilidad, cuando se alcanza la agrupación de los once límites, la vulnerabilidad no es del todo inamovible.

Correlación de la ejecución subyacente, obteniendo por fin las consecuencias de la estrategia de Benedetti y Petrini, también, las consecuencias del estudio sísmico estático y dinámico con la programación ETABS, las distinciones entre las 2 técnicas se mostrarán en una tabla de resultados similar.

### **3.6. Método de análisis de datos**

#### **3.6.1. Técnica de análisis de datos**

Por ser el plan de indagación de prototipo de diseño no empírico se usará el posterior método de análisis de notas:

##### **➤ Estadística Descriptiva**

El actual plan de indagación al ser de elemento cuantitativo; se usará el software Excel para el acopio de datos alcanzados de la guía de observación y se llenará los apuntes en tabla de frecuencia.

- Vulnerabilidad Sísmica: Se usará el manual de observación para tener los apuntes acerca de la fragilidad en que se localiza la armadura dual de 7 pisos por medio de una tabla de frecuencia de notas.

Tabla N° 15: Tabla de recopilación de notas (ejemplo)

Resumen de los índices de deterioros en construcciones en tapia

Aceleración	Zona	Is:x			Is:y		
		Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
0.02g	6	0.18	2.13	1.155	0.24	0.96	0.6
	7	0.4	1.16	0.98	0.19	0.41	0.3
	8	0.36	1.27	0.815	0.31	0.75	0.53
	9	0.4	0.99	0.695	0.23	0.71	0.47
	13	0.27	1.62	0.945	0.21	0.45	0.33
	15	0.65	0.74	0.695	0.34	0.37	0.355
	16	0.67	0.74	0.705	0.37	0.45	0.41
				0.827			0.428

Fuente: (Maldonado Rondón, y otros, 2009)

### 3.7. Aspectos éticos

Principalmente a la moral ya que su importancia depende de la conducta humana legítima en su trabajo diario y en la realización de sus ejercicios en su campo de trabajo, razón por la cual aseguramos la veracidad y calidad inquebrantable de la información obtenida. Por lo tanto, abrazamos que el actual plan de indagación es único, honesto y genuino ya que ha sido referido de orígenes sólidas, por ejemplo, proposiciones, artículos de investigación y principios de impulso, citando con precisión el Manual ISO 690 y 690-2, confirmando además su creatividad utilizando la aplicación de comparabilidad Turnitin.

### 3.8. Desarrollo de tesis

#### 3.8.1. Estudios de Suelos

Para el desarrollo de esta indagación se contó con la información disponible en este caso el informe del laboratorio de suelos de donde se obtuvieron los datos necesarios.

Figura N° 4: Resultados del Laboratorio de Suelos

**DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO**  
**(TEORÍA DE TERZAGHI)**

FORMULARIO N° 214-2019-38-GEOTEC

SOLICITA : JOSÉ CARLOS RAMÍREZ PÉREZ  
PROYECTO : "HOTEL - 7 PISOS + AZOTEA"  
FECHA : 02 de Mayo del 2019

Clasificación SUCS de los testigos:

	C-61	C-62
	SM	SM-SC

Por las características obtenidas de los ensayos estándar de laboratorio para la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) y el ensayo de corte directo, se tienen los siguientes parámetros para el cálculo de la capacidad de carga:

Por Teoría de Terzaghi:  
Se conoce que para una cimentación cuadrada la capacidad de carga última es:  
 $q_u = 1.3 c N_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$

Se ha asumido los siguientes parámetros para el cálculo:

c = cohesión del suelo	0.20 Tn/m <sup>2</sup>
γ = peso unitario del suelo	1.779 Tn/m <sup>3</sup>
D <sub>f</sub> = profundidad de la cimentación	2.20 m.
B = ancho de la zapata de cimentación	2.20 m.
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub> = factores de capacidad de carga	
φ = ángulo de fricción interna del suelo	21.46 °

Referencia: Cimentaciones de Concreto Armado - ACI

Para φ = 21.46 °	N <sub>c</sub> = 16.31
	N <sub>q</sub> = 7.42
	N <sub>γ</sub> = 6.63

q<sub>u</sub> = 43.64 Tn/m<sup>2</sup>

F.S. = 3.00

q<sub>a</sub> = q<sub>u</sub> / F.S.

q<sub>a</sub> = 14.55 Tn/m<sup>2</sup>

q<sub>a</sub> = 1.45 Kg/cm<sup>2</sup>

Presión Admisible del Terrazo para el Proyecto :

q<sub>a</sub> = 1.45 Kg/cm<sup>2</sup>



Ing. Ricardo M. Torres López, M.Sc. D.S.  
INGENIERO CIVIL, CIP Nº 47000  
Calle Juan de Orosio - Av. N° 2142  
Mantiva en vigencia hasta:

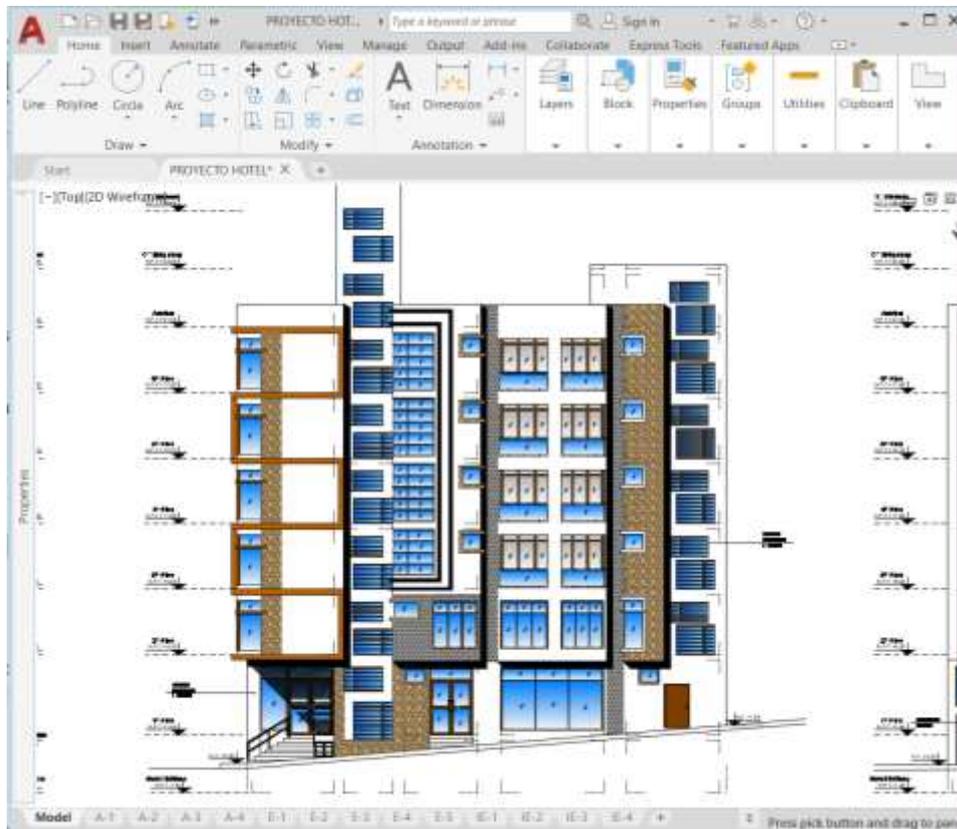
Fuente: 3R. GEOINGENIERIAS S.A.C

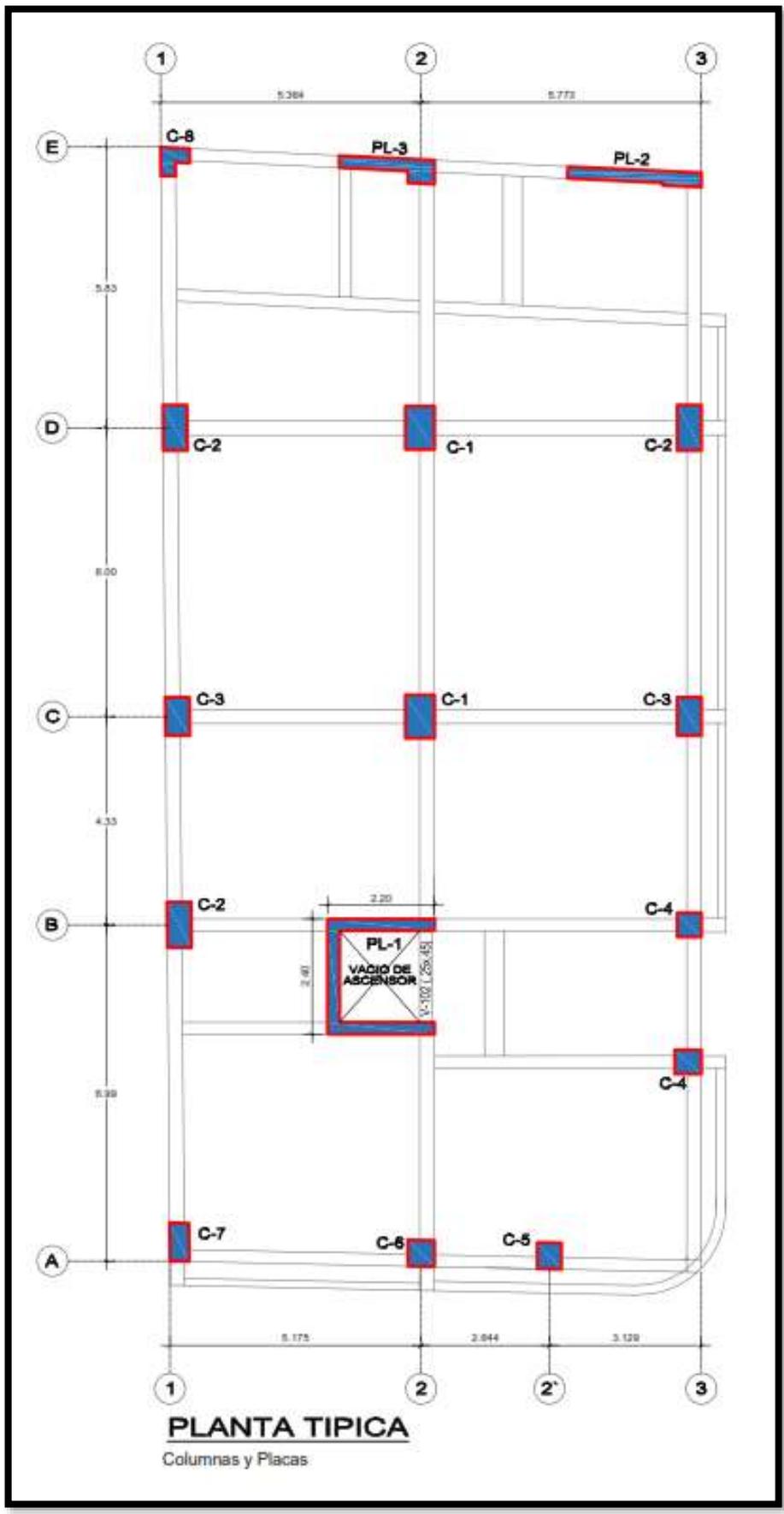
#### 3.8.2. Evaluación de Planos

Se obtuvieron previamente, los croquis de la edificación, los cuales fueron evaluados para el desarrollo de esta investigación. De los planos de corte y elevación se obtuvieron las medidas de los entrepisos, el área total techada y la distribución de las áreas, de los planos de estructuras se extrajeron las medidas de

los componentes estructurales como vigas, columnas, placas, etc., así como las especificaciones técnicas; toda la información fue evaluada y contrastada en base a la N.D.S.

Figura N° 5: Vista de Planos en Autocad





### 3.8.3. Método Benedetti Petrini

Tabla N° 16: Características de la Edificación

Departamento	Ancash
Provincia	Huaraz
Distrito	Huaraz
Tipo de Uso	Hotel
Sistema Estructural	Dual
Aplicación para Benedetti	Concreto Armado

Elaboración propia de los autores

Figura N° 6: Fachada de la edificación



#### **Parámetro N°01: Tipo y organización del sistema resistente.**

Para este prototipo se consideró los siguientes aspectos:

- Año de edificación superior a 1997.
- Consultoría técnica.

Figura N° 7: Clasificación del Parámetro 1

Clase A	Cumple con todas las características
Clase B	No cumple con 1 característica
Clase C	No cumple con 2 características
Clase D	No cumple con ninguna característica. Edificación de tapial o adobón

La edificación actualmente está en proceso de edificación y cuenta con la consultoría técnica, por lo que se clasifica como **clase A**

**Parámetro N°02: Calidad del sistema resistente.**

Para este parámetro se consideraron la cualidad de los materiales con que se construyó la edificación, así como el proceso constructivo. Nos basamos en los siguientes aspectos:

- Año de construcción superior a 1997.
- Materiales de calidad.
- Buen proceso constructivo.

Figura N° 8: Clasificación del Parámetro 2

Clase A	Cumple con todas las características
Clase B	Cumple con 2 características, pero tiene un año de construcción menor a 1997
Clase C	No cumple con ninguna característica



Figura N° 9: Se observa cangrenas y fisuras superficiales



Figura N° 10: Se observa que la viga y paredes no están correctamente alineados



Figura N° 11: Se observa que el gancho de los estribos es demasiado corto estructural



Figura N° 12: Se observa que las instalaciones sanitarias atraviesan por un



Figura N° 13: Se observa una separación entre el muro y la escalera



Figura N° 14: Se observa un mal vaciado de un elemento estructural

Según lo observado en la edificación se considera como **Clase B**

### Parámetro N°03: Resistencia convencional

#### a. Área de los muros portantes en X (Ax) y Y (Ay):

Para hallar el área de las paredes portantes se obtiene el área cubierta en el 1° nivel y el número de plantas, y se reemplaza ambos datos en la ecuación de tendencia de concreto armado.

$$A_{x,y} = 0.0655 * (A_t * N)^{0.7409}$$

Remplazando:  $A_t = 255.54$  y  $N = 7$

- Para eje x (Ax):

$$A_x = 0.0655 * (255.54 * 7)^{0.7409}$$

$$A_x = 16.83 \text{ m}^2$$

- Para eje y (Ay):

$$A_y = 0.1893 * (A_t * N)^{0.7921}$$

$$A_y = 71.37 \text{ m}^2$$

#### b. Relación entre la mínima área de elementos resistentes verticales y el área techada del primer nivel (A0):

A0 se evalúa por:

$$A_0 = \frac{\min(A_x, A_y)}{A_t}$$

Sustituyendo:

$$\mathbf{A_0 = 0.07}$$

**c. Peso de la edificación, por unidad de área (q):**

Se halla a través de la siguiente formula:

$$q = \frac{Ax + Ay}{At} h * Pm + Ps$$

Donde:

- Ax: Área de placas y columnas en X = 16.83 m<sup>2</sup>
- Ay: Área de placas y columnas en Y = 71.37 m<sup>2</sup>
- At: Área techada del primer nivel = 255.54 m<sup>2</sup>
- h: Altura promedio de entrepiso = 2.90 m
- Pm: Peso del concreto armado = 2.40 tn/m<sup>3</sup>
- Ps: Peso de la losa = 0.77 tn/m<sup>2</sup>, para losas de concreto, según la [figura 21](#).

Remplazamos, entonces:

$$q = 1.77 \text{ tn/m}^2$$

**d. Coeficiente VR':**

VR' se evalua por:

$$VR' = \frac{A_0 * \tau}{q * N}$$

Donde:

- t: Resistencia cortante de la estructura = 77 tn/m<sup>2</sup>, porque el f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Sustituyendo:

$$VR' = 0.435$$

e. Coeficiente  $\alpha_n$ :

$\alpha_n$  se determina por:

$$\alpha_h = \frac{VR'}{\frac{ZUSC}{R}}$$

Ejecutando la NTE E. 030 Diseño Sismorresistente:

Tabla N° 17: Parámetros Sismorresistentes

ITEM	NOMENCLATURA	FACTOR	JUSTIFICACION
FACTOR DE ZONA	<b>Z3</b>	<b>0.35</b> g	-
FACTOR DE SUELO	<b>S2</b>	<b>1.15</b>	S2.
	TP	0.60 seg	
	TL	2.00 seg	
FACTOR DE USO	<b>U</b>	<b>1.00</b>	Uso común.
COEFICIENTE DE AMPLIFICACION SISMICA	Cx	2.27	Dependen del periodo natural de vibración.
	Cy	2.50	
FACTOR DE REDUCCION SISMICA	<b>X - MUROS ESTRUCTURALES</b>		Muros estructurales.
	Rxo	<b>6.00</b>	
	Iax	1.00	
	Ipx	<b>0.75</b>	
	<b>Rx</b>	<b>4.50</b>	
	<b>Y - SISTEMA DUAL</b>		Sistema dual.
	Ryo	<b>7.00</b>	
	Iay	1.00	
	Ipy	1.00	
	<b>Ry</b>	<b>7.00</b>	
VERIFICACION C/R	Cx/Rx	0.38 <b>CUMPLE</b>	Superan el valor de 0.11.
	Cy/Ry	0.36 <b>CUMPLE</b>	
COEFICIENTE SISMICO	<b>CsX</b>	<b>0.2033</b>	ZUCS/R.
	<b>CsY</b>	<b>0.1438</b>	

FATOR		VALOR
FACTOR DE ZONA (Z)	Z3	0.35
FACTOR DE USO (U)	U	1.00
COEFICIENTE DE AMPLIFICACION SISMICA (C)	CX	2.27
	CY	2.50
FACTOR DE SUELO (S)	S2	1.15

Como el factor sísmico es menor o igual a 1.20, le compete **clase A**.

#### **Parámetro N°04: Posición del edificio y de la cimentación**

En la construcción no existía manifiesto de sales ni infiltraciones. Para organizar el parámetro 4, se tuvo en cuenta:

- Cumplimiento de la norma NTE E. 030.
- Sin existencia de sales o humedad.

Figura N° 15: Clasificación del Parámetro 4

Clase A	Cumple con todas las características
Clase B	Presencia de humedad o sales
Clase C	No cumple con ninguna característica

Para este caso se clasifica como **Clase A**

#### **Parámetro N°05: Diafragmas horizontales**

La construcción tiene un techo en óptimas condiciones. El parámetro 5 se estima clase A si la construcción tiene una losa maciza o aligerada, con las posteriores cualidades:

- Omisión de desniveles.
- Reducida alteración del diafragma.
- Óptima unión diafragma y columnas / muros.

Figura N° 16: Clasificación del Parámetro 5

Clase A	Cumple con todas las características
Clase B	No cumple con 1 característica
Clase C	No cumple con 2 características

Para este parámetro se le designa la **Clase A**.

## Parámetro N°06: Configuración en planta

En la reacción sísmica, es vital tomar en consideración la estructura de la planta. De presentar una forma de edificación rectangular, la razón  $\beta_1=a/l$ . Además, considerar las desiguales relacionado al cuerpo primordial por medio del vínculo  $\beta_2=b/l$ .

Donde:

a: Dimensión menor del edificio.

l: Dimensión mayor del edificio.

b: Dimensión de los elementos que sobresalgan de las dimensiones principales a y l de la planta.

Concreto armado

A: Edificación con  $\beta_1 \geq 0.75$  o  $\beta_2 \leq 0.1$

B: Edificación con  $0.75 > \beta_1 \geq 0.5$  o  $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$

C: Edificación con  $0.5 > \beta_1$  o  $0.2 < \beta_2$

Dimensiones

a: 11.20m

L: 23.20m

b: 11.00m

- $\beta_1 = 11.20\text{m}/23.20\text{m}=0.48$   
 $\beta_1 = 0.48$
- $\beta_2 = 11.00\text{m}/23.20\text{m}=0.47$   
 $\beta_2 = 0.47$

Por lo tanto, para la estructura dual de 7 pisos le corresponde la **clase C**.

## Parámetro N°07: Configuración en Elevación

Con respecto al análisis del parámetro en inmuebles de concreto armado, se avoca que las irregularidades en ascenso se basan a las dimensiones H y T, siendo fácilmente de percibir cuando hay 2 pisos consecutivos, sin embargo, este proyecto

es una sola edificación. Para calcular RL se toma en cuenta los siguiente: altura mínima (H-T) y máxima (H) del edificio, entonces  $RL = H - TH$

### **Concreto armado**

A: Si  $RL > 0.66$

B: Si  $0.33 < RL \leq 0.66$

La armadura manifiesta igualdad tanto en altura y como peso, así también, para la estructura dual de 7 pisos le corresponde la calificación de **clase A**.

### **Parámetro N°08: Distancia máxima entre muros y columnas**

Se evalúa el prototipo de vínculo entre variables críticos destacando la significación que poseen las relaciones vigas – columnas, considerando el manifiesto de consultoría técnica y el año de edificación.

Para el 8° parámetro se lo ordenara conforme a lo puntualizado a prosecución:

A. La conexión viga – columna es óptima y la magnitud de la columna superior a 25 cm.

B. No concierne al tipo “A” ni “C”.

C. Vínculo defectuoso de unión viga – columna, si el ancho de la viga es superior que el ancho de la columna.

La armadura manifiesta igualdad tanto en altura y como peso, así también, para la estructura dual de 7 pisos le corresponde la calificación de **clase C**.

### **Parámetro N°09: Tipo de cubierta.**

La cavidad de la cubierta forma un rol importante para este parámetro, evaluando la resistencia frente a fenómenos sísmicos. Tipología, conexión y peso son factores a evaluar para su clasificación. Según las siguientes calificaciones a considerar:

### **Concreto armado**

A: La construcción tiene las posteriores cualidades:

- Cubierta estable: Abastecida de una armadura que la sostiene con tijerales y correas oportunamente dispersadas.

- Cubierta fijada oportunamente a la armadura que lo sostiene por medio de elementos de sujeción (tirafones, pernos, etc.).

B: Construcción que no cuenta con una de las cualidades señaladas en la clase A.

C: Construcción que no cuenta con al menos 2 de las cualidades señaladas en la clase A.

Por lo tanto, la estructura dual de 7 pisos le pertenece la cualificación de **clase C**.

### **Parámetro N°10: Elementos no estructurales**

Siendo las cornisas, parapetos u otra variable no estructural como ventanas y puertas, que puedan causar daño en caso de un fenómeno sísmico. Se detalla la clasificación:

#### **Adobe y albañilería**

A: Construcción sin elementos no estructurales.

B: Construcción con balcones, parapetos, bien vinculadas a la estructura resistente.

#### **Concreto armado**

A: Cumpliendo con el tipo A o B de albañilería y adobe

B: Edificación con parapetos mal vinculadas a la estructura resistente.

C: Edificación que cuenten almacenamientos de agua u otro distinto componente en la losa aligerada mal vinculada a la armadura.

Por lo tanto, la estructura dual de 7 pisos le pertenece la calificación de **Tipo A**.

### **Parámetro 11: Estado de conservación.**

Las fisuras son las fallas que se toma en cuenta en este parámetro, su condición estructural y conservación de la edificación. A continuación, mencionas las clases a tomar en cuenta para su calificación.

#### **Albañilería**

A: Construcción con paredes en óptimas condiciones, sin grietas evidentes.

B: Construcción con paredes en óptimas condiciones, pero con diminutas grietas, menores a 2 mlt.

C: Construcción que no manifiesta grietas en sus paredes, pero en pésimo estado de preservación; o paredes con grietas de 2-3 mlt.

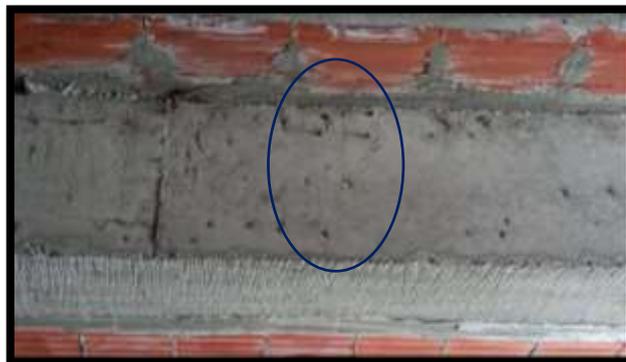
D: Construcción con paredes que tienen bastante daño en sus elementos.

Por lo tanto, la estructura dual de 7 pisos le toca a la calificación de **clase B**.

Figura N° 17:Falta de columnetas en los voladizos



Figura N° 18: Fisura de un elemento estructural



Después de lo observado en la estructura, se considera **Clase B**

### 3.8.4. Análisis sísmico

Se impondrá a la armadura al método de análisis establecido en la E.030, análisis dinámico de superposición modal espectral, a fin de tener la contestación de los componentes estructurales ante la probable ingeniosidad de sismos, teniendo los de mayor intensidad los de gran significación. Se tendrá en contemplación todo lo decretado en la N.T.P. E.030 – “Diseño sismorresistente” para la ejecución del actual ítem.

La propuesta estructural adecuado a la elección de concreto armado se manifiesta posteriormente.

- Se han de considerar dos direcciones principales de análisis, X-X e Y-Y. La orientación X-X cuenta como plan estructural muros estructurales de concreto armado, con columnas de secciones variables, conectados mediante vigas peraltadas de secciones variables. La orientación Y-Y cuenta como plan estructural dual, con columnas de secciones variables, conectados mediante vigas peraltadas de secciones variables. La losa de entrepiso es de tipo aligerada en una dirección con  $e=$  de 20 cm, y la losa de techo es de igual forma de tipo aligerada con espesor de 20 cm.

Para el estudio sísmico se tendrá en consideración los posteriores aspectos estructurales:

➤ **Normativa empleada:**

El estudio y diseño sismorresistente de la(s) edificación(es) se ejecutará(n) teniendo en cuenta las siguientes N.T. actuales (mayo 2022):

- Norma Técnica E.020 – “Cargas”
- Norma Técnica E.030 – “Diseño sismorresistente”
- Norma Técnica E.050 – “Suelos y cimentaciones”
- Norma Técnica E.060 – “Concreto armado”
- Norma Técnica E.070 – “Albañilería”

➤ **Especificaciones – Materiales empleados**

**Concreto armado:**

- Resistencia a la compresión del concreto :  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del concreto :  $E_c = 218,819.8 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico del concreto simple :  $\gamma_{cs} = 2300 \text{ kg/m}^3$
- Peso específico del concreto armado :  $\gamma_{ca} = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Módulo de Poisson :  $\mu = 0.15$
- Resistencia a la fluencia del acero :  $f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del acero :  $E_s = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$

**Elemento aligerante de losas:**

- Bloques de arcilla :  $\gamma_a = 8.5 \text{ kg/und}$

➤ **Cargas**

**Losa aligerada**

- **Carga muerta:** se tomará en cuenta un peso de componente aligerante correspondiente a  $90 \text{ kg/m}^3$  para todas las clases de la construcción.

$$e = 20\text{cm} \rightarrow P_p = 300 \text{ kg/m}^2$$

El peso de los acabados ( $P_a$ ) estará conceptualizado como una carga correspondiente de  $20 \text{ kg/m}^2$  por cm de  $e^\circ$ . Se tomarán en cuenta 5 cm de espesor de acabados, por eso:

$$e_{acabados} = 5\text{cm} \rightarrow P_a = 100 \text{ kg/m}^2$$

- **Carga viva (o sobre-carga):** se tomarán en cuenta los elementos para la sobre-carga semejante a:

$$S/c \text{ lugar de asamblea} = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$S/c \text{ hotel} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$S/c \text{ azotea} = 100 \text{ kg/m}^2$$

## Escalera

- **Acabados:** El peso de los acabados ( $P_a$ ) estará conceptualizado como una carga semejante de 20 kg/m<sup>2</sup> por cm de espesor. Se tomarán en cuenta 5 cm de espesor de acabados, así como:

$$e_{\text{acabados}} = 5\text{cm} \rightarrow P_a = 100 \text{ kg/m}^2$$

- **Carga viva (o sobre-carga):** se tomarán en cuenta los factores para la sobre-carga semejantes a (escaleras y corredores):

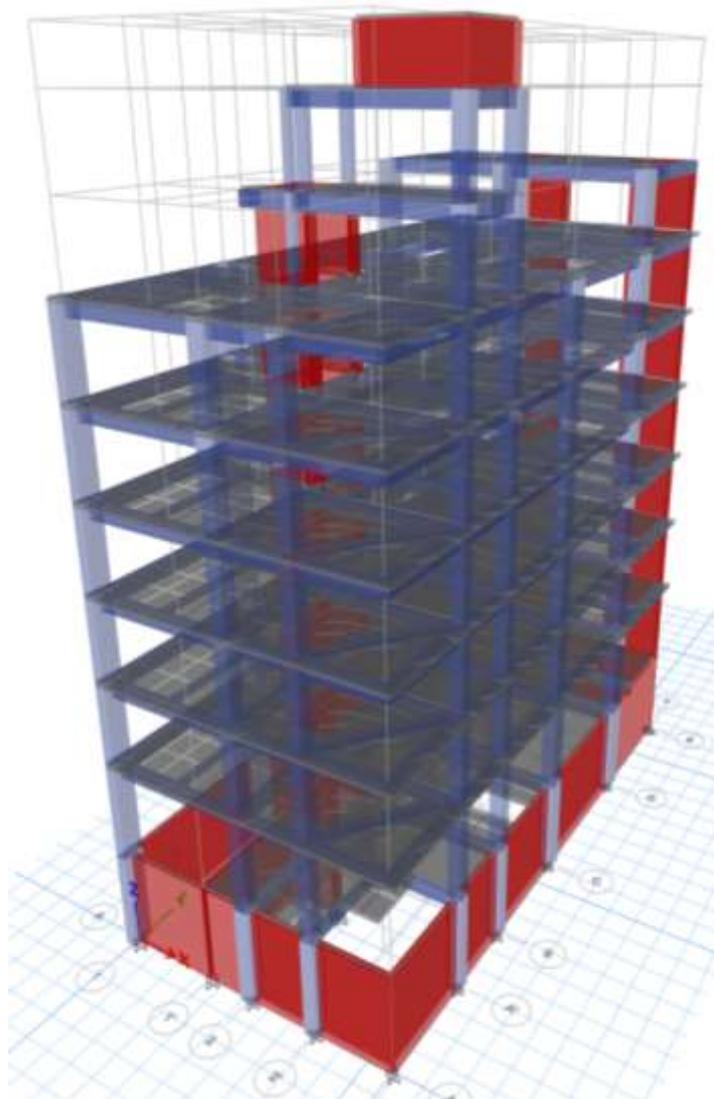
$$S/c \text{ escalera} = 400 \text{ kg/m}^2$$

### ➤ Modelo estructural automatizado

El prototipo estructural en esta parte aborda la idealización subyacente de la estructura. Las diferentes medidas subyacentes y sísmicas deben ser consideradas en el modelo estructural. Para su elaboración se considerarán los niveles de cada planta, la cantidad de niveles, la circulación en montón de las paredes de la parcela, el diseño, los aspectos, las propiedades y los materiales de cada componente primario, los tomahawks fundamentales de investigación y los orificios de alumbrado y aireación concebibles. Asimismo, se pensará en una agrupación masiva de cada planta en el nivel de entresuelo, para disminuir los ilimitados niveles de oportunidad de un diseño a sólo 3, 2 traslacionales y uno rotacional.

El prototipo estructural en la actual sección, simboliza la idealización estructural agrupada de la construcción. Se debe considerar los distintos principios

de estructuración y sismorresistencia en el prototipo estructural. Se tomará en cuenta para su procreación, las tallas de cada piso, el número de pisos, la repartición de carga de tabiquería, la distribución, magnitud, propiedades y materiales de cada componente estructural, los ejes primordiales de análisis y probables hendiduras de alumbrado y aireación. Se tomará en cuenta, también, una sollicitación de masa de cada planta a nivel de entrepiso, para minimizar los ilimitados niveles de liberación de una armadura, a sólo 3, 2° de liberación traslacionales y uno rotacional.



➤ **Verificación de irregularidades**

➤ **Irregularidad de rigidez**

Se manifiesta cuando hay desigualdad destacada entre rigideces de entre niveles, por la deferenca de componentes estructurales de distintas magnitudes.

$K_i < 0.70 \times K_{i+1}$	o	$K_i < 0.80 \times \frac{K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}}{3}$							
$\frac{V_i}{\Delta e_{cm(i)}} < 0.70 \times \frac{V_{i+1}}{\Delta e_{cm(i+1)}}$	o	$\frac{V_i}{\Delta e_{cm(i)}} < 0.80 \times \left( \frac{V_{i+1}}{\Delta e_{cm(i+1)}} + \frac{V_{i+2}}{\Delta e_{cm(i+2)}} + \frac{V_{i+3}}{\Delta e_{cm(i+3)}} \right)$							
IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - DIRECCION X-X									
Story	Load Case	VX	UX	Ki	0.7*K(i+1)	ESTRUCTURA	Ki	0.8*(K(i+1)+K(i+2)+K(i+3))/3	ESTRUCTURA
		tonf	mm						
Tanque Techo	Sismo X + 5%	3.3694	0.123	27.393		REGULAR	27.393		REGULAR
Tanque Base	Sismo X + 5%	9.0965	1.240	7.336	19.175	IRREGULAR	7.336		REGULAR
C. Maquinas	Sismo X + 5%	21.2557	1.589	13.377	5.135	REGULAR	13.377		REGULAR
Azotea	Sismo X + 5%	53.809	2.042	26.351	9.364	REGULAR	26.351	12.828	REGULAR
Piso 6	Sismo X + 5%	86.0762	2.386	36.076	18.446	REGULAR	36.076	12.550	REGULAR
Piso 5	Sismo X + 5%	112.2307	2.673	41.987	25.253	REGULAR	41.987	20.214	REGULAR
Piso 4	Sismo X + 5%	132.1523	2.777	47.588	29.391	REGULAR	47.588	27.844	REGULAR
Piso 3	Sismo X + 5%	145.5928	2.558	56.917	33.312	REGULAR	56.917	33.507	REGULAR
Piso 2	Sismo X + 5%	153.0486	1.971	77.650	39.842	REGULAR	77.650	39.064	REGULAR
Piso 1	Sismo X + 5%	155.3647	0.215	722.627	54.355	REGULAR	722.627	48.575	REGULAR
F.I. (X)						1	F.I. (X)		1

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - DIRECCION X-X									
Story	Load Case	VX	UX	Ki	0.7*K(i+1)	ESTRUCTURA	Ki	0.8*(K(i+1)+K(i+2)+K(i+3))/3	ESTRUCTURA
		tonf	mm						
Tanque Techo	Sismo X - 5%	3.0018	0.104	28.863		REGULAR	28.863		REGULAR
Tanque Base	Sismo X - 5%	8.2546	1.167	7.073	20.204	IRREGULAR	7.073		REGULAR
C. Maquinas	Sismo X - 5%	16.5277	1.360	12.153	4.951	REGULAR	12.153		REGULAR
Azotea	Sismo X - 5%	42.7859	1.856	23.053	8.507	REGULAR	23.053	12.824	REGULAR
Piso 6	Sismo X - 5%	68.7439	2.179	31.548	16.137	REGULAR	31.548	11.274	REGULAR
Piso 5	Sismo X - 5%	89.7987	2.460	36.504	22.084	REGULAR	36.504	17.801	REGULAR
Piso 4	Sismo X - 5%	105.9912	2.580	41.082	25.552	REGULAR	41.082	24.295	REGULAR
Piso 3	Sismo X - 5%	117.2294	2.406	48.724	28.757	REGULAR	48.724	29.102	REGULAR
Piso 2	Sismo X - 5%	123.768	1.892	65.416	34.107	REGULAR	65.416	33.682	REGULAR
Piso 1	Sismo X - 5%	126.3309	0.188	671.973	45.792	REGULAR	671.973	41.393	REGULAR
F.I. (X)						1	F.I. (X)		1

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - DIRECCION Y-Y									
Story	Load Case	VY	UY	Ki	0.7*K(i+1)	ESTRUCTURA	Ki	0.8*(K(i+1)+K(i+2)+K(i+3))/3	ESTRUCTURA
		tonf	mm						
Tanque Techo	Sismo Y + 5%	3.076	0.661	4.654		REGULAR	4.654		REGULAR
Tanque Base	Sismo Y + 5%	8.4023	1.850	4.542	3.257	REGULAR	4.542		REGULAR
C. Maquinas	Sismo Y + 5%	18.8506	1.381	13.650	3.179	REGULAR	13.650		REGULAR
Azotea	Sismo Y + 5%	46.8311	1.576	29.715	9.555	REGULAR	29.715	6.092	REGULAR
Piso 6	Sismo Y + 5%	74.835	1.871	39.997	20.801	REGULAR	39.997	12.775	REGULAR
Piso 5	Sismo Y + 5%	97.6083	2.119	46.063	27.998	REGULAR	46.063	22.230	REGULAR
Piso 4	Sismo Y + 5%	115.0759	2.239	51.396	32.244	REGULAR	51.396	30.874	REGULAR
Piso 3	Sismo Y + 5%	127.0746	2.145	59.242	35.977	REGULAR	59.242	36.655	REGULAR
Piso 2	Sismo Y + 5%	133.6627	1.742	76.729	41.470	REGULAR	76.729	41.787	REGULAR
Piso 1	Sismo Y + 5%	133.9912	0.058	2310.193	53.711	REGULAR	2310.193	49.965	REGULAR
F.I. (Y)						1	F.I. (Y)		1

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - DIRECCION Y-Y										
Story	Load Case	VY	UY	Ki	0.7*K(i+1)	ESTRUCTURA	Ki	0.8*(K(i+1)+K(i+2)+K(i+3))/3	ESTRUCTURA	
		tonf	mm							
Tanque Techo	Sismo Y - 5%	3.3759	0.721	4.682		REGULAR	4.682		REGULAR	
Tanque Base	Sismo Y - 5%	9.4098	2.198	4.281	3.278	REGULAR	4.281		REGULAR	
C. Maquinas	Sismo Y - 5%	21.4961	1.577	13.631	2.997	REGULAR	13.631		REGULAR	
Azotea	Sismo Y - 5%	54.1616	1.787	30.309	9.542	REGULAR	30.309	6.025	REGULAR	
Piso 6	Sismo Y - 5%	87.0131	2.117	41.102	21.216	REGULAR	41.102	12.859	REGULAR	
Piso 5	Sismo Y - 5%	113.7957	2.393	47.554	28.771	REGULAR	47.554	22.678	REGULAR	
Piso 4	Sismo Y - 5%	134.2583	2.523	53.214	33.288	REGULAR	53.214	31.724	REGULAR	
Piso 3	Sismo Y - 5%	148.1567	2.416	61.323	37.250	REGULAR	61.323	37.832	REGULAR	
Piso 2	Sismo Y - 5%	155.6291	1.966	79.160	42.926	REGULAR	79.160	43.224	REGULAR	
Piso 1	Sismo Y - 5%	155.9894	0.066	2363.476	55.412	REGULAR	2363.476	51.653	REGULAR	
					F.I. (Y)	1			F.I. (Y)	1

Se valida la no presencia de desigualdad de rigidez o planta suave.

### ➤ Irregularidad de masa o peso

Se manifiesta esta desigualdad, cuando hay desigualdad considerable en cuanto a cargas existentes en entre niveles contiguos en el inmueble.

$W_i > 1.50 \times (W_{i+1}; W_{i-1})$							
Story	M <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	1.50 × W <sub>i+1</sub>	ESTRUCTURA	W <sub>i</sub>	1.50 × W <sub>i-1</sub>	ESTRUCTURA
	Kg	Kgf	Kgf		Kgf	Kgf	
Tanque Techo	11825.81	11825.81		0	11825.81	34617.765	REGULAR
Tanque Base	23078.51	23078.51	17738.715	IRREGULAR	23078.51	107732.865	REGULAR
C. Maquinas	71821.91	71821.91	34617.765	IRREGULAR	71821.91	341618.04	REGULAR
Azotea	227745.36	227745.36	107732.865	IRREGULAR	227745.36	404390.355	REGULAR
Piso 6	269593.57	269593.57	341618.04	REGULAR	269593.57	404390.355	REGULAR
Piso 5	269593.57	269593.57	404390.355	REGULAR	269593.57	404390.355	REGULAR
Piso 4	269593.57	269593.57	404390.355	REGULAR	269593.57	407895	REGULAR
Piso 3	271930	271930	404390.355	REGULAR	271930	431702.16	REGULAR
Piso 2	287801.44	287801.44	407895	REGULAR	287801.44	482799.405	REGULAR
Piso 1	321866.27	321866.27	431702.16	REGULAR	321866.27		
	2024850.01		F.I.	1		F.I.	1

Esta condición no aplica a azoteas, por lo que no se presenta desigualdad de masa o peso.

### ➤ Irregularidad torsional

Se manifiesta esta desigualdad, cuando los movimientos altos en los límites de la construcción son evidentemente distintos.

IRREGULARIDAD TORSIONAL - VERIFICACION DE DERIVAS - DIRECCION X-X						
Story	Load Case	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Relación Max Drift/Prom
Tanque Techo	Sismo X	Diaph D1 X	0.000494	0.000494	1.001	1.001
Tanque Base	Sismo X	Diaph D1 X	0.00309	0.003012	1.026	1.026
C. Maquinas	Sismo X	Diaph D1 X	0.004726	0.003912	1.208	1.208
Azotea	Sismo X	Diaph D1 X	0.005924	0.004816	1.23	1.230
Piso 6	Sismo X	Diaph D1 X	0.00698	0.005707	1.223	1.223
Piso 5	Sismo X	Diaph D1 X	0.007956	0.006468	1.23	1.230
Piso 4	Sismo X	Diaph D1 X	0.008458	0.006782	1.247	1.247
Piso 3	Sismo X	Diaph D1 X	0.008037	0.006298	1.276	1.276
Piso 2	Sismo X	Diaph D1 X	0.005358	0.003908	1.371	1.371
Piso 1	Sismo X	Diaph D1 X	0.000412	0.000385	1.069	1.069

IRREGULARIDAD TORSIONAL - VERIFICACION DE DERIVAS - DIRECCION Y-Y						
Story	Load Case	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Relación Max Drift/Prom
Tanque Techo	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.002896	0.002894	1.001	1.001
Tanque Base	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.006418	0.005351	1.199	1.199
C. Maquinas	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.004062	0.003868	1.05	1.050
Azotea	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.004162	0.00392	1.062	1.062
Piso 6	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.00497	0.004659	1.067	1.067
Piso 5	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.005664	0.005281	1.072	1.072
Piso 4	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.006007	0.005578	1.077	1.077
Piso 3	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.005766	0.005349	1.078	1.078
Piso 2	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.003764	0.003557	1.058	1.058
Piso 1	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.000124	0.00012	1.034	1.034

Se valida la presencia de desigualdad torsional en la orientación X-X.

➤ **Irregularidad por discontinuidad del diafragma**

Se manifiesta esta desigualdad, cuando se toman en cuenta muchas hendiduras en los techos de entrepiso, o hendiduras muy significativas en la misma.

$A_{abertura} > 0.50 \times A_{piso}$		o	$S_{resistente} < 0.25 \times S_{\text{área bruta}}$			
$A_{piso} =$	259.58 m <sup>2</sup>		$S_{\text{área bruta}} =$	11.11 m <sup>2</sup>		
$0.50 \times A_{piso} =$	129.79 m <sup>2</sup>		$0.25 \times S_{\text{área bruta}} =$	2.7775 m <sup>2</sup>		
$A_{abertura} =$	38.77 m <sup>2</sup>		$S_{resistente} =$	3.77 m <sup>2</sup>		
<b>ESTRUCTURA</b>	<b>REGULAR</b>		<b>ESTRUCTURA</b>	<b>REGULAR</b>		
F.I.	1		F.I.	1		

Se valida la no presencia de desigualdad por intermitencia del diafragma.

➤ **Cuadro resumen de irregularidades**

REGLAMENTO E.030		ESTRUCTURA	
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	FACTOR (Ia)	X-X	Y-Y
Irregularidad de rigidez - Piso blando	0.75	1	1
Irregularidad de resistencia - Piso debil	0.75	1	
Irregularidad extrema de rigidez	0.5	No aplica	No aplica
Irregularidad extrema de resistencia	0.5	No aplica	
Irregularidad de masa o peso	0.9	1	
Irregularidad geometrica vertical	0.9	1	1
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0.8	1	
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	0.6	No aplica	

REGLAMENTO E.030		ESTRUCTURA	
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	FACTOR (Ip)	X-X	Y-Y
Irregularidad torsional	0.75	<b>0.75</b>	1
Irregularidad torsional extrema	0.6	No aplica	No aplica
Esquinas entrantes	0.9	1	
Discontinuidad del diafragma	0.85	1	
Sistemas no paralelos	0.9	1	

➤ **Verificación del sistema estructural**

**Para la dirección X-X:**

VERIFICACION SISTEMA ESTRUCTURAL X-X			
COLUMNAS	40.4336	25%	
PLACAS	120.3719	75%	
	160.8055	100%	
	<b>R=</b>		<b>6</b>

Se cuenta con un porcentaje de fuerza cortante a nivel de base del 75% para las placas, por lo que el sistema en la orientación X-X es del tipo paredes estructurales, con un  $R_o = 6$ .

**Para la dirección Y-Y:**

VERIFICACION SISTEMA ESTRUCTURAL Y-Y			
COLUMNAS	83.9453	53%	
PLACAS	73.9418	47%	
	157.8871	100%	
	<b>R=</b>		<b>7</b>

Se cuenta con un porcentaje de fuerza cortante a nivel de base del 47% para las placas, por lo que el sistema en la dirección Y-Y es del tipo Dual, con un  $R_o = 7$ .

### ➤ Parámetros sísmicos

El estudio sísmico se hace usando un prototipo matemático tridimensional en donde los componentes verticales están enlazados con diafragmas horizontales, los cuales se conjeturan incalculablemente rígidos en sus planos. También, para cada orientación, se ha tomado en cuenta una singularidad accidental de 0.05 veces la magnitud del inmueble en la orientación perpendicular al movimiento de la fuerza. Los parámetros sísmicos que considera la N.D.S. (Norma Técnica E.030) tomando en cuenta estos ítem:

ITEM	NOMENCLATURA	FACTOR	JUSTIFICACION
MASA	M	2024.85 ton	Se supera ligeramente el valor de 1 ton/m2
AREA TOTAL	A <sub>t</sub>	1920.21 m2	
RATIO MASA/AREA	M/A <sub>t</sub>	1.05 ton/m2	
PERIODO NATURAL DE VIBRACION	T <sub>x</sub>	0.66 seg	Cercanos al valor de 0.10 veces la cantidad de niveles.
	T <sub>y</sub>	0.60 seg	
FACTOR DE ZONA	Z <sub>3</sub>	0.35 g	-
FACTOR DE SUELO	S <sub>2</sub>	1.15	S <sub>2</sub> .
	TP	0.60 seg	
	TL	2.00 seg	
FACTOR DE USO	U	1.00	Uso común.
COEFICIENTE DE AMPLIFICACION SISMICA	C <sub>x</sub>	2.27	Dependen del periodo natural de vibración.
	C <sub>y</sub>	2.50	
FACTOR DE REDUCCION SISMICA	<b>X - MUROS ESTRUCTURALES</b>		Muros estructurales.
	R <sub>xo</sub>	6.00	
	I <sub>ax</sub>	1.00	
	I <sub>px</sub>	0.75	
	R <sub>x</sub>	4.50	Sistema dual.
	<b>Y - SISTEMA DUAL</b>		
	R <sub>yo</sub>	7.00	
	I <sub>ay</sub>	1.00	
I <sub>py</sub>	1.00		
R <sub>y</sub>	7.00		
VERIFICACION C/R	C <sub>x</sub> /R <sub>x</sub>	0.38 CUMPLE	Superan el valor de 0.11.
	C <sub>y</sub> /R <sub>y</sub>	0.36 CUMPLE	
COEFICIENTE SISMICO	C <sub>sX</sub>	0.2033	ZUCS/R.
	C <sub>sY</sub>	0.1438	

### 3.8.4.1. Análisis sísmico estático

- **Fuerza cortante en la base:** se decretará, para cada orientación vital de estudio, con los apuntes abreviados y posteriormente manifestados:

La cortante basal para cada orientación primordial de estudio será:

ITEM	NOMENCLATURA	FACTOR	JUSTIFICACION
CORTANTE BASAL ESTATICA	Vx	411.62 ton	Cortante basal estatica minima a considerar en el analisis dinamico modal espectral.
	Vy	291.07 ton	
	Vx minimo	370.46 ton	
	Vy minimo	232.86 ton	

### 3.8.4.2. Análisis sísmico dinámico

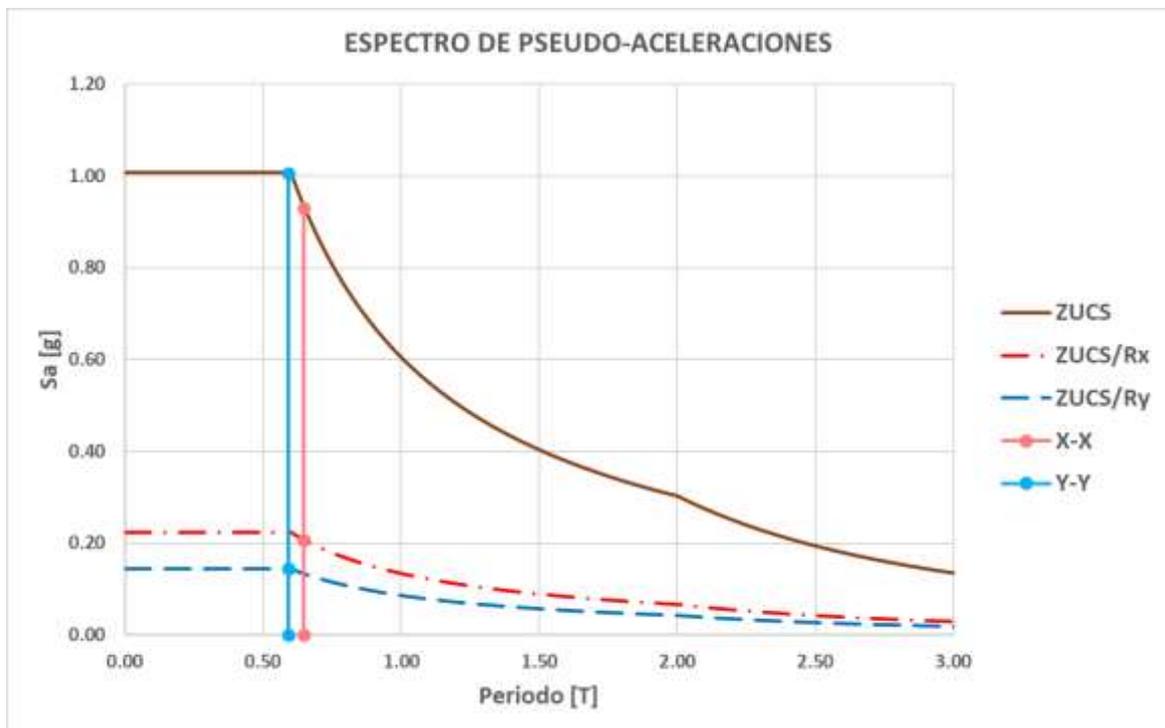
- **Modos de vibración:** se ha de estimar un número de 3 formas de temblor por piso, teniendo un total de 24 modos de oscilación para el inmueble en investigación.

Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	0.660	0.4587	0.1285	0.4587	0.1285	0.0905	0.0905
2	0.599	0.1634	0.4985	0.6221	0.627	0.006	0.0965
3	0.465	0.0477	0.0428	0.6697	0.6698	0.5661	0.6626
4	0.204	0.0409	0.0451	0.7106	0.7149	0.0171	0.6797
5	0.183	0.0576	0.0501	0.7683	0.765	0.0012	0.6809
6	0.133	0.0273	0.0059	0.7956	0.7709	0.0796	0.7605
7	0.125	0.0004	0.0285	0.796	0.7994	0.0019	0.7624
8	0.11	0.0189	0.0013	0.8149	0.8007	0.0187	0.7811
9	0.088	0.0002	0.0144	0.8151	0.8151	0.0034	0.7845
10	0.076	0.0116	0.0118	0.8268	0.827	2.226E-05	0.7845
11	0.073	0.029	0.0073	0.8557	0.8343	4.324E-05	0.7846
12	0.061	0.0044	0.0013	0.8602	0.8356	0.0425	0.8271
13	0.052	0.001	0.0135	0.8612	0.8491	0.001	0.8281
14	0.046	0.0281	0.0014	0.8892	0.8506	0.0003	0.8284
15	0.038	0.0007	0.008	0.89	0.8586	1.036E-05	0.8284
16	0.036	0.0112	0.0001	0.9011	0.8587	0.0267	0.8551
17	0.032	0.0236	0.0001	0.9248	0.8589	0.0011	0.8562
18	0.031	0.0005	0.0046	0.9253	0.8635	0.0001	0.8563
19	0.026	0.0369	0.0006	0.9622	0.8641	0.0041	0.8604
20	0.026	0.0089	0.0013	0.9711	0.8654	0.0027	0.863
21	0.024	9.242E-06	0.0005	0.9711	0.8659	0.0117	0.8747

22	0.023	0.0156	1.707E-06	0.9867	0.8659	0.0024	0.8771
23	0.022	0.0111	0.0003	0.9977	0.8662	0.0000384	0.8771
24	0.02	0.0002	0.0002	0.9979	0.8664	0.0008	0.8779
25	0.019	4.021E-05	0.1239	0.998	0.9903	0.0063	0.9842

Se verifican los porcentajes de masa efectiva en cada modo para conocer su dirección principal de acción.

- **Aceleración espectral:** para cada orientación primordial de investigación, se utilizará un Espectro inelástico de pseudo-aceleramientos:



- **Fuerza cortante mínima:** cada orientación primordial de investigación es estructuralmente promedio, por lo que se tendrá que formalizar con:

ITEM	NOMENCLATURA	FACTOR	JUSTIFICACION
CORTANTE BASAL ESTATICA	Vx	411.62 ton	Cortante basal estatica minima a considerar en el analisis dinamico modal espectral.
	Vy	291.07 ton	
	Vx minimo	370.46 ton	
	Vy minimo	232.86 ton	
CORTANTE BASAL DINAMICA	Vx	279.77 ton	Factor de escalamiento para DISEÑO.
	Vy	183.45 ton	
	F.E. SFX	1.3241	
	F.E. SFY	1.2693	

Figura N° 19: En el software Etabs.19, para el caso de diseño en la dirección X-X:

**E Load Combination Data** [X]

**General Data**

Load Combination Name: FSDX

Combination Type: Envelope

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

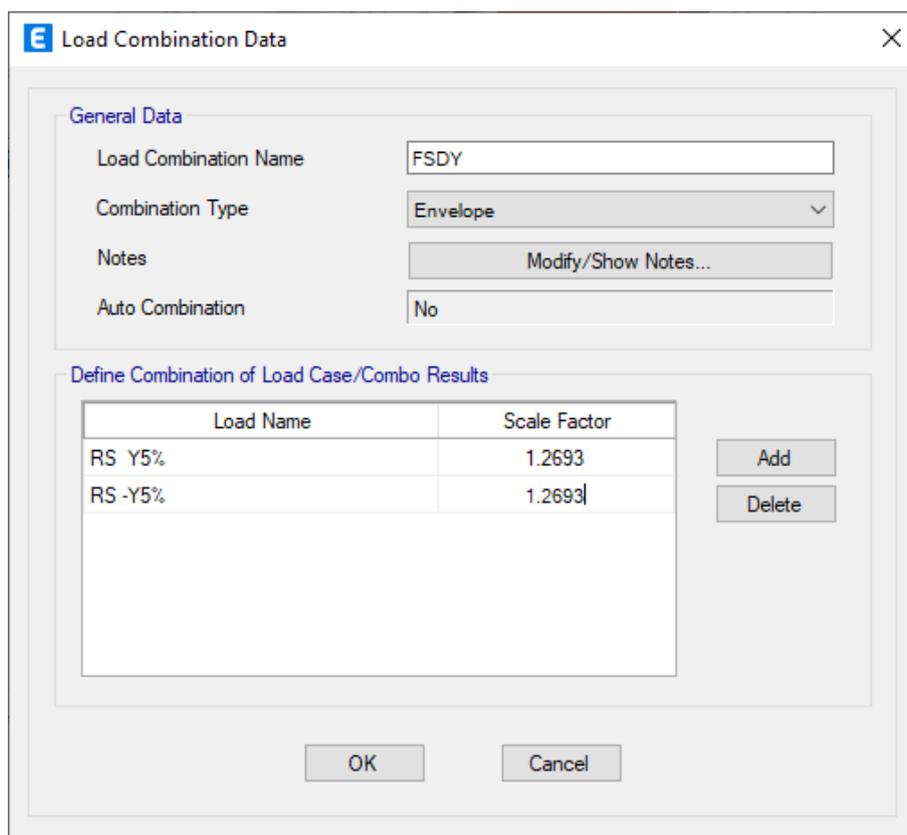
**Define Combination of Load Case/Combo Results**

Load Name	Scale Factor
RS X5%	1.3241
RS -X5%	1.3241

Add Delete

OK Cancel

Figura N° 20: En el software Etabs.19, para el caso de diseño en la dirección Y-Y:



### 3.8.5. Comparación de los métodos empleados

Es preciso resaltar que el proceso italiano Benedetti y Petrini es un estudio cualitativo, sin embargo, el método análisis sísmico mediante software ETABS es un estudio cuantitativo. El primero nos arroja un resultado de vulnerabilidad alta, al igual que el análisis sísmico, por lo cual se deberá tomar las medidas respectivas para la estabilidad de los próximos habitantes de aquella estructura cuando empiece su funcionamiento. A pesar que el Método Benedetti y Petrini contiene 11 parámetros en la cual abarca diferentes aspectos de la evaluación de una estructura, resaltamos que el método estudio sísmico estático y dinámico con el modelamiento en el software ETABS, nos brinda mayor información detallada, provocando más confiabilidad y precisión donde tomar medidas preventivas.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Estudio de Suelos.

Tabla N° 18: Parámetros de suelo

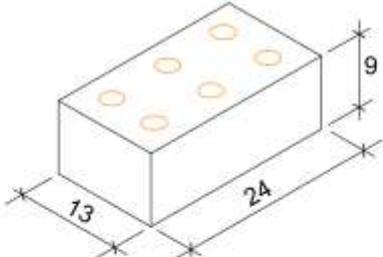
FATOR		VALOR
FACTOR DE ZONA (Z)	Z3	0.35
FACTOR DE USO (U)	U	1.00
COEFICIENTE DE AMPLIFICACION SISMICA (C)	CX	2.27
	CY	2.50
FACTOR DE SUELO (S)	S2	1.15

### 4.2. Evaluación de Planos

Características generales que se obtuvo de los planos:

- Longitud del edificio 23.00 m
- Ancho del edificio 11.0 m
- La altura típica del entrepiso es de 2.90 m
- La altura entre el primer piso y el semisótano es de 6.40 m
- La altura total de la edificación es 29.45 m incluyendo cuarto de máquinas y estructura para el tanque elevado.
- Las vigas de ancho 0.30m y de peralte 0.60m (principales)
- Las vigas de ancho 0.25m y de peralte 0.50m (secundarias)
- Las columnas varían en medidas, las principales son de 0.60 x 0.90m
- Las placas son de espesor de 0.25m
- Las losas aligeradas en una dirección de 0.25m

➤ Especificaciones Técnicas:

<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	
<b>- CONCRETO SIMPLE:</b>	
FALSAS ZAPATAS	C/H = 1:12 (De requerirse)
CIMENTOS	C/H = 1/10 + 30% P.G., 8" T.M.
SOBRECIMENTOS	C/H = 1/10 + 25% P.G., 6" T.M.
<b>- CONCRETO ARMADO:</b>	
$f'c = 210\text{kg/cm}^2$ .	
$f_y = 4200\text{kg/cm}^2$ . (Acero Corrugado Grado 60)	
<b>- CARGAS PERMANENTES:</b>	
Piso Terminado y Cielo Raso = 100kgf/m <sup>2</sup>	
Tabiqueria (Incluye acabados) = 100kgf/m <sup>2</sup>	
<b>- SOBRECARGAS:</b>	
ALIGERADOS	= Indicadas en Planta
ESCALERA	= 400kgf/m <sup>2</sup>
R.T.	= 1.45kgf/cm <sup>2</sup> (E.M.S.)
<b>- RECUBRIMIENTOS:</b>	
COLUMNAS Y VIGAS	= 4cm
ALIGERADO Y VIGAS CHATAS	= 2.5 cm
CIMENTOS Y ZAPATA	= 7.5 cm
LOSAS Y ESCALERAS	= 2.5 cm
<b>- ALBAÑILERIA:</b>	
UNIDAD	: LADRILLO DE ARCILLA TIPO IV
TIPO DE UNIDAD	: SOLIDA (Max. 25% de Vacios)
$f_m = 45 \text{ Kg f/cm}^2$ ; $f'_b = 130\text{kgf/cm}^2$ (Sobre área bruta)	
MORTERO TIPO P1	: Cemento / Arena = 1:4
ESPESOR DE JUNTA	: Min. = 1cm. ; Max.= 1.5cm
	
<b>- PARAMETROS SISMICOS:</b>	
Zona Sísmica: 3	Factor de Zona Z=0.35g
Perfil de Suelo Tipo: S2	Factor de Suelo S=1.20
	Periodo Tp=1.00
Categ. del Edificio: C-Comunes	U=1
Sistema Estructural : Pórticos-C <sup>o</sup> A <sup>o</sup>	$R_{ox} = R_{oy} = 8$
Coef. Irregularidad:	$I_{ax} = I_{ay} = I_{px} = I_{py} = 0.80$
Coef. Reducción:	$R_x = I_{ax} * I_{px} * R_{ox} = 6.12$
	$R_y = I_{ay} * I_{py} * R_{oy} = 6.12$
Coef. $C_{TX} = C_{TY} = 35$ ; $h_{nx} = h_{ny} = 26.65\text{m}$ ; $T_x = T_y = 0.632\text{seg}$	
$S_a = ZUSC \cdot g/R$ ; $C = 2.5x(T_p/T)$ ; $C_x = C_y = 2.5$	
Desplazamientos Relativos de Entrepisos:	
Direc. X-X = 0.00655 / Direcc. Y-Y = 0.00512	

### 4.3. Análisis mediante Método Benedetti y Petrini

Según la calificación asignado en los 11 parámetros desarrollados, procedemos a calcular el apunte de fragilidad sísmica, detallando en el cuadro a continuación:

Tabla N° 19:Calculo Índice de Vulnerabilidad

PARAMETROS	CLASE Ki		PESO Wi	RESULTA DO
	Calificación	Ki		
1. Tipo y organización del sistema resistente.	A	0	4	2.9
2. Calidad del sistema resistente.	B	1	1	5.9
3. Resistencia convencional	A	-1	1	0.0
4. Posición del edificio y de la cimentación	A	0	1	2.9
5. Diafragmas horizontales	A	0	1	2.9
6. Configuración en planta	C	2	2	14.7
7. Configuración en Elevación	A	0	1	2.9
8. Distancia máxima entre muros y columnas	C	2	1	8.8
9. Tipo de cubierta.	A	0	1	2.9
10. Elementos no estructurales	A	0	1	2.9
11. Estado de conservación.	B	1	1	5.9
Tabla elaborado por los autores.		5	15	52.9

De acuerdo es estos resultados, e acuerdo a los rangos de vulnerabilidad, concluimos que la estructura dual de 7 pisos, ubicado en la ciudad de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú, tiene **Vulnerabilidad Alta**.

### 4.4. Análisis Sísmico

#### Respuesta sísmica

##### ➤ Dirección X-X

Se presentan las máximas derivas inelásticas de entrepiso para la orientación primordial de análisis para X-X:

Figura N° 21: Desplazamientos Máximos X-X

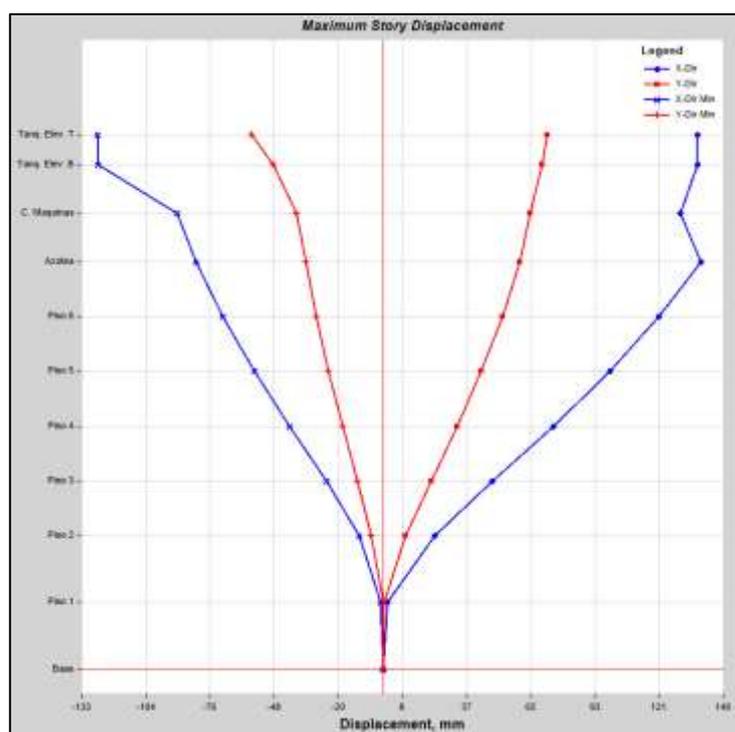


Tabla N° 20: Resumen de las derivas X-X

Nivel	Max Drift	Avg Drift	Relación Max Drift/Prom	>1.3	Distorsión		Análisis Dinámico
					X	>0.007	
Tanque Techo	0.000494	0.000494	1.001	SI	0.0005	SI	
Tanque Base	0.00309	0.003012	1.026	SI	0.0031	SI	
C. Maquinas	0.004726	0.003912	1.208	SI	0.0047	SI	
Azotea	0.005924	0.004816	1.230	SI	0.0059	SI	
Piso 6	0.00698	0.005707	1.223	SI	0.0070	SI	
Piso 5	0.007956	0.006468	1.230	SI	0.0080	NO	
Piso 4	0.008458	0.006782	1.247	SI	0.0085	NO	
Piso 3	0.008037	0.006298	1.276	SI	0.0080	NO	
Piso 2	0.005358	0.003908	1.371	NO	0.0054	SI	
Piso 1	0.000412	0.000385	1.069	SI	0.0004	SI	

Como se puede apreciar el desplazamiento máximo cuando hay un sismo en el eje X-X es de 0.0085 mm en el nivel 4, y le siguen los niveles 5 y 3 con un desplazamiento de 0.008 mm

➤ **Dirección Y-Y**

Se presentan las máximas derivas inelásticas de entrepiso para la orientación primordial de investigación para Y-Y:

Figura N° 22: Desplazamientos Máximos Y-Y

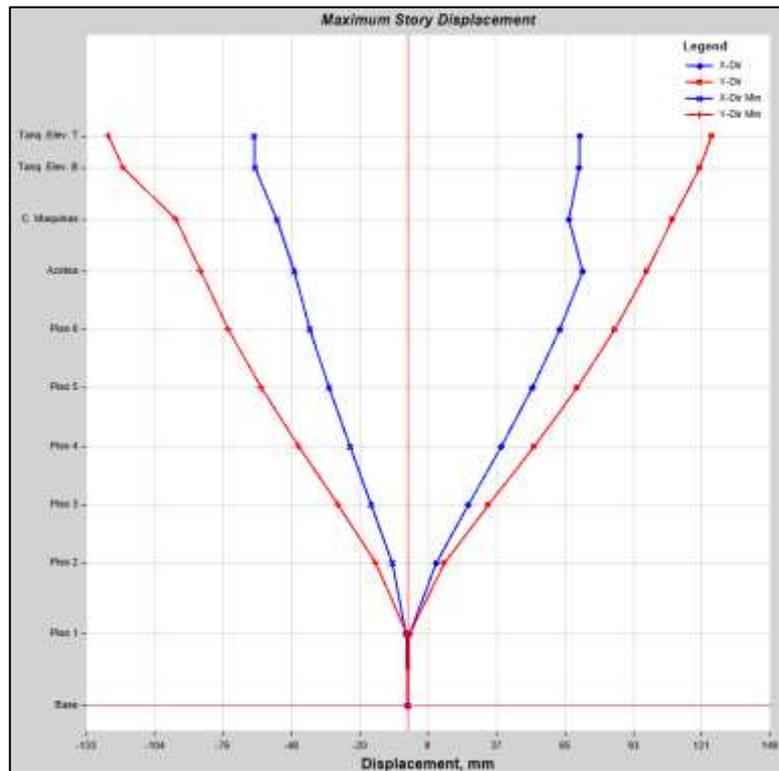


Tabla N° 21: Resumen de las derivas Y-Y

Nivel	Max Drift	Avg Drift	Relación Max Drift/Prom	>1.3	Análisis Dinámico	
					Distorsión Y	>0.007
Tanque Techo	0.002896	0.002894	1.001	SI	0.0029	SI
Tanque Base	0.006418	0.005351	1.199	SI	0.0064	SI
C. Maquinas	0.004062	0.003868	1.050	SI	0.0041	SI
Azotea	0.004162	0.00392	1.062	SI	0.0042	SI
Piso 6	0.00497	0.004659	1.067	SI	0.0050	SI
Piso 5	0.005664	0.005281	1.072	SI	0.0057	SI
Piso 4	0.006007	0.005578	1.077	SI	0.0060	SI
Piso 3	0.005766	0.005349	1.078	SI	0.0058	SI
Piso 2	0.003764	0.003557	1.058	SI	0.0038	SI
Piso 1	0.000124	0.00012	1.034	SI	0.0001	SI

Como se puede apreciar, el desplazamiento máximo encontrado cuando hay un sismo en el eje Y-Y fue de 0.006418 mm.

#### 4.5. Comparación de los métodos empleados

Tabla N° 22: Cuadro comparativo

	<b>NORMA E-030</b>	<b>VULNERABILIDAD SISMICA</b>
<b>METODO BENEDETI</b>	NO CUMPLE	ALTA
<b>ETABS</b>	NO CUMPLE	ALTA

#### V. DISCUSIÓN

La vulnerabilidad sísmica se considera un factor muy importante dado que consiste en la predisposición intrínseca, de una estructura o estructuras de un sector, pueda sufrir daños por la ocurrencia de un sismo, que puede ocasionar pérdidas económicas y lo más importante pérdidas humanas.

El actual proyecto de investigación se ha desarrollado de forma no empírico, transversal, descriptivo, de tal manera basándose a la hipótesis planteada nos hemos abocado en analizar o calcular la fragilidad sísmica de la estructura dual de 7 niveles, ubicado en distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú, con el método italiano Benedetti y Petrini y el método de análisis establecido en la E.030, análisis dinámico de superposición modal espectral, a fin de obtener la respuesta de los elementos estructurales ante la posible ocurrencia de sismos, con la finalidad de hacer una comparación de los resultados del índice de vulnerabilidad sísmica y determinar que método es más efectivo.

De acuerdo a los resultados del método italiano Benedetti y Petrini, en base a la tabla Nro. 12 se asignó valores ( $K_i$  y  $W_i$ ) en cada parámetro de acuerdo a su calificación como se puede apreciar en la tabla Nro. 18, obteniendo un resultado de 52.9 %, por lo tanto, se concluye que la estructura mencionada tiene una vulnerabilidad alta. Además, según la figura Nro. 02 se utilizó la fórmula para una estructura de concreto armado, de la fuente (Aguar Falconí, y otros, 1994) Vulnerabilidad sísmica de edificios. Barcelona, España: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE).

Según la investigación de Marcillo Gutiérrez (2019), realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Edificio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, mediante los métodos Benedetti y Petrini; Fema 154 y hacer una comparación entre ellos (p.03) se utilizó la metodología de recopilación de información como planos, estudios y evaluación visual. En la presente investigación, para el primer método se obtuvo un grado de vulnerabilidad baja con un valor de 21.75 (p.83) y para el método de Fema 154 los resultados indicaron también una baja vulnerabilidad sísmica con un valor de 4.10 (p.88), de acuerdo a esos resultados sugiere que el método Benedetti y Petrini, es más efectivo por que evalúa elementos estructurales y no estructurales.

Tomando en cuenta la investigación de Carhuallaqui Flores, y otros (2019), hizo el estudio de vulnerabilidad del casco urbano del Distrito de Tumbay, aplicando la metodología de Benedetti y Petrini, llegando a desarrollar un método analítico simplificado y también cualitativo, captando información de una gran parte de los edificios de Tumbay, para el estudio y cálculo de los índices de vulnerabilidad así como el grado de daño en diferentes escenarios sísmicos. Después de la evaluación realizada se identificó un mayor número de edificaciones de albañilería aproximadamente 61.29%. En segundo orden se encontraron las viviendas de adobe con un 31.77% y finalmente las viviendas de concreto armado con un 0.33%. Practicamente, casi todas las edificaciones de adobe presentaron una alta vulnerabilidad con un porcentaje de 71.26%, les siguieron las estructuras de albañilería que conforman un 55.31%. y por ultimo las edificaciones de concreto armado presentan una vulnerabilidad generalmente baja con un porcentaje de 83.33%. (p,142) Dado los resultados se determinó que la vulnerabilidad alta de las edificaciones de adobe se debe en parte a su antigüedad, y también porque se trata de un material de poca resistencia. Además, es común que estas edificaciones no hayan sido construidas de acuerdo a la norma E-080. (p.173). Según el investigador saca la conclusión que el método Benedetti y Petrini se puede utilizar en cualquier ciudad del Perú, con un resultado confiable.

Después de analizar los resultados del análisis Sismico de la edificación dual de 7 pisos, mediante el programa de ETABS, y verificando los desplazamientos en X-X y Y-Y en las tablas 18 y 19, se observa que los resultados de desplazamiento

maximo (derivadas) al ocurrir un sismo en el eje X-X es de 0.0085 mm en el nivel 4 Y 0.008 mm los niveles 5 y 3, según la Norma sismoresistente los desplazamientos maximos son menores a 0.007 para concreto armado, por lo que estos 3 niveles tendrian una alta vulnerabilidad sismica al momento de un sismo

En el cuadro también se puede observar que existe una mayor torsión que se da el nivel 2 con un valor de 0.371 rebasando lo permitido por la norma E-030 que nos indica que debe ser menor a 0.3. Los resultados en el análisis dinámico en el eje Y-Y fueron favorables, teniendo valores máximos de desplazamiento, con sismo en Y-Y de 0.006418 mm y valores de torsión de 1.078 cumpliendo con la norma E-030.

## VI. CONCLUSIONES

- El estudio de suelos nos sirvió, para determinar el perfil de suelo donde se encuentra ubicado la edificación de 7 pisos, también se obtuvo información de las características del suelo.
- Los planos estuvieron disponibles para el desarrollo de la investigación, la información que se obtuvo de los planos arquitectónicos fueron las dimensiones de la edificación que tiene 23m de largo y 11m de ancho y una altura total de 29.45m, así como la distribución y áreas en cada piso; de los planos estructurales se obtuvieron las medidas de vigas principales (30x60) y viga secundaria de (0.25x0.50), columnas que varían en dimensión, siendo las principales de (60x90), placas del espesor de 0.25m y losa aligerada de 0.25 de espesor, así como la cuantía de acero que se utilizó.
- Se determinó la vulnerabilidad sísmica aplicando el método Benedetti y Petrini para la edificación dual de 7 pisos, el cual se encuentra en proceso constructivo. Para hallar el índice de vulnerabilidad se desarrolló los 11 parámetros establecido por el método, el resultado fue de 52.9 que indica una vulnerabilidad alta.
- En el análisis sísmico se obtuvo como resultado desplazamientos en el eje X-X de 0.0085 mm en el nivel 4 Y 0.008 mm los niveles 5 y 3, también una irregularidad por torsión que se da el nivel 2 con un valor de 0.371; en el eje Y-Y se obtuvieron valores máximos de desplazamiento de 0.006418 mm y valores de torsión de 1.078 los cuales están dentro de lo permitido. Sin embargo, debido a los desplazamientos en X-X indicarían que la edificación de 7 pisos tiene una vulnerabilidad alta.
- Al contrastar los resultados obtenidos con el método de italiano y los resultados usando el programa Etabs 2019, se consideró que ambos métodos son distintos en cuanto uno es cualitativo y evalúa elementos no estructurales y el otro es cuantitativo, y evalúa elementos estructurales, los resultados indicarían que en ambos casos la edificación de 7 pisos es

altamente vulnerable ya que sus elementos no soportarían un sismo; cabe destacar la eficiencia del método italiano como complemento del análisis sísmico según la norma E-030. Sin embargo, una desventaja es que la edificación debe ser existente mientras que un análisis sísmico en un programa como es Etabs y otros softwares, pueden darnos un escenario completo de los resultados y efectos de un sismo antes de construir, evitando gastos innecesarios y previendo fallas en la estructura. Sin embargo, el Método Benedetti no pierde vigencia debido a que actualmente existe la autoconstrucción de viviendas sin supervisión ni soporte profesional lo que nos conlleva a usar estos métodos que resultan efectivos para tomar medidas de precaución ante la urgencia por conocer la vulnerabilidad de las edificaciones ya construidas.

## VII. RECOMENDACIONES

Para las próximas investigaciones sobre ésta estructura que ha sido analizada, u otras edificaciones, se recomienda contar con el análisis de suelos, dado que es importante saber las características de ésta, para saber que tan vulnerable es la edificación.

Se recomienda tener los planos arquitectónicos dado que es información básica para hacer el modelamiento en el Software ETABS para el análisis sísmico, además, resolver algunos parámetros que forman parte de los 11 parámetros del Método Italiano Benedetti y Petrini.

Se recomienda que a pesar de brindar mayor precisión en información el método de análisis sísmico estático y dinámico, se debe tomar en cuenta la evaluación por el método italiano Benedetti y Petrini, dado que toma en cuenta en mayor proporción elementos no estructurales que también forman parte funcional en una estructura.

Es preciso resaltar que el análisis de vulnerabilidad sísmica es de gran importancia, es por ello se recomienda se realice a toda estructura, con la finalidad de evitar pérdidas económicas y de mayor importancia pérdidas humanas.

Consideramos importante que se debería formalizar mediante una norma obligatoria, que cada estructura debe tener un informe con análisis de vulnerabilidad sísmica, en la cual debe ser inspeccionado por las autoridades pertinentes de la localidad.

Además, culminamos recomendando a los propietarios de la estructura dual de 7 pisos que ha sido evaluado en el presente trabajo de investigación después de haber hecho la comparación de ambos métodos, que necesariamente se debe hacer mejoramientos estructurales, con el propósito de estar prevenidos ante un fenómeno sísmico de magnitud considerable.

## Referencias

1. **"Plan Nacional de Saneamiento 2006 - 2015. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2006.** 2006.
2. **Aguar Falconí, Roberto, y otros. 1994.** *Vulnerabilidad Sísmica de edificios.* Barcelona, España : Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE)., 1994.
3. **Aguirre Ramos, Kevin Alexander, y otros. 2022.** *Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades y recintos militares en el valle interandino entre Tulcán y Riobamba, basada en la guía FEMA P-1000.* ESPE, Sangolquí, Ecuador : 2022.
4. **ATC-29-1. 1998.** *"Proceeding of seminar on seismic design, retrofit, and performance".* Applied Technology Council, Redwood City, California : 1998.
5. **Ballesteros Salazar, Kevin Sebastián y Caizaguano Montero, Diego German. 2020.** *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas.* ESPE, Sangolquí, Ecuador : 2020.
6. **Barbat, Alex H. 1998.** *El riesgo sísmico en el diseño de edificios.* Madrid : Calidad Siderúrgica, 1998.
7. **Bertero, Raúl. 1992.** *Tall reinforced concrete buildings: conceptual earthquake-resistant.* Universidad de California en Berkeley, California : Reporte UCB/EERC-92/16, 1992.
8. **Blondet, Marcial, Garcia M., Gladys Villa y Brzev, Svetlana. 2003.** *Earthquake-Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial.* Oakland : Marjorie Greene, EERI, 2003.
9. **Briones Soria, Kristofferson Enrique y Mora Villanueva, Percy Endis. 2020.** *Vulnerabilidad sísmica de la institución educativa particular San José School, Trujillo, 2020 .* UCV, Trujillo : 2020.
10. **Cajan Hernandez, Nicole Aracelli y Falla Lecca, Ximena del Carmen. 2020.** *Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti -Petrini de las edificaciones categoría C descritas en la norma E.030 de nueve sectores de la ciudad de Requena, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.* USMP, Lima : 2020.
11. **Campos Félix, Magaly. 2020.** *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones autoconstruidas en el barrio Palmira Alta-Independencia-Huaraz-Ancash 2019.* UCV, Huaraz : 2020.

12. **Cardona, O. D. 1999.** *fundamentos para ingenieros y arquitectos.* Barcelona : Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1999. ISBN: 84-89925-33-X.
13. **Cardona, O. y Hurtado, J. 1990.** *Propuesta metodológica para los análisis de vulnerabilidad.* Santiago de Cali, Colombia : s.n., 1990. Informe de consultoría, proyecto UNDRRO/ACDI/ONAD para la Mitigación de Riesgos en Colombia.
14. **Carhuallanqui Flores, Felipe y Medina Fernández, Gabriel Eduardo. 2019.** *Vulnerabilidad sísmica aplicando los índices de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en los edificios de la ciudad de Tumbán.* UNPRG, Lambayeque - Perú : 2019.
15. **Cari Anco, Edwin Aaron. 2018.** *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de viviendas de albañilería confinada en el centro poblado La Curva, Distrito de Deán Valdivia, Arequipa.* UPU, Arequipa : 2018.
16. **Cholán Caruajulca, Teófilo Emanuel. 2018.** *Vulnerabilidad sísmica del sector B y D del Hospital Regional de Cajamarca.* Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca : 2018.
17. **Collazos Jauregui, Ruddy y Palacios Roca, Cristofer. 2021.** *Autoconstrucción de viviendas y la vulnerabilidad sísmica estructural en el Barrio de Nicrupampa, Distrito de Independencia.* UCV, Huaraz : 2021.
18. **Criollo Paucar, José Alexis y Santisteban Jacinto, Alex Guillermo. 2018.** *Vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti Petrini) en la ciudad de San José, distrito de San José, provincia Lambayeque, departamento Lambayeque.* Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque : 2018.
19. **Hernandez, Roberto, Fernandez, Carlos y Baptista, Pilar. 2014.** *Metodología de la investigación.* 6º Edición. México : Mc Graw Hill, 2014. ISBN: 978-607-15-02919.
20. **Inga Paz, Patricio. 2020.** *Análisis de la vulnerabilidad sísmica frente a los sismos ocurridos en Perú-Yungay 1970 Y Perú-Ica 2007, de dos edificios de 06 pisos en urbanización San Isidro, Trujillo.* UPN, Trujillo : 2020.
21. **Maldonado Rondón, Esperanza y Gustavo, Chio Cho. 2009.** *Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra.* Barranquilla : Fundación Universidad del Norte, 2009. ISSN 2145-9371.
22. **Marcillo Gutiérrez , Guillermo Teodoro. 2019.** *Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica basada en los métodos Benedetti y Petrini; FEMA 154 del edificio Carrera de Ingeniería Agropecuaria - UNESUM.* Universidad Estatal Del Sur De Manabì, Ecuador : 2019.
23. **Martínez, S. 2014.** *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Aplicación*

- en la ciudad de Lorca, región de Murcia. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España : 2014.*
24. **Mejia Jervis, Tatiana. 2020.** Investigación descriptiva: características, técnicas, ejemplos. . *Lifeder*. [En línea] 2020.  
[https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/..](https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/)
  25. **Mena Ita, Omar Guido y Peña Fabian, Jimmy Dante. 2018.** *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural del barrio Confraternidad Internacional Sur distrito de Tacllan – provincia - Huaraz – Ancash.* UCV, Huaraz Perú : 2018.
  26. **Mesta, C. 2014.** *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones comunes en la ciudad de Pimentel.* Universidad de San Martín de Porres,, Chiclayo, Perú : 2014.
  27. **MINSA, ECHO y OPS, & OMS. 1997.** *Proyecto de la vulnerabilidad sísmica en hospitales del Perú.* s.l. : Hospital Nacional dos de Mayo, 1997. Vol. Tomo I.
  28. **Montequin Morales, David. 2019.** *Vulnerabilidad sísmica del Barrio de San Francisco de Valencia.* Universitat Politècnica de València, España : 2019.
  29. **NTP E.030 Diseño Sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones. 2019.** s.l. : Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA, 2019.
  30. **Perea Rentería, Yubely Aleida. 2012.** *Sistemas constructivos Y estructurales aplicados al desarrollo habitacional.* Universidad de Medellín, Medellín : 2012.
  31. **Redin Santacruz, Francisco Javier. 2018.** *Evaluación Sísmica del Edificio de la Facultad de Ingeniería Mediante Código ASCE 41-13.* PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Ecuador : 2018.
  32. **Reyes Roque, Mercedes Soberanis. 2018.** *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura educativa de Coyllur, ciudad de Huaraz - región Ancash 2018.* UCV, Huaraz - Perú : 2018.
  33. **Rodríguez, Daniela. 2020.** *Investigación aplicada: características, definición, ejemplos.* s.l. : Lifeder., 2020.
  34. **Saracho, José Aníbal, Perez, Gustavo Ariel y Dip, Oscar. 2021.** *Propuesta para Evaluación de la Vulnerabilidad.* Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina : 2021.
  35. **Soto Raico, Edelmira Elizabeth. 2018.** *Comparación de los métodos: fema 154, hirosawa y demanda - resistencia para evaluar vulnerabilidad sísmica en infraestructura educativa – Baños del Inca.* Universidad Privada del Norte, Trujillo : 2018.

36. **Tavera, H. y Bernal, I. 2005.** *Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste de Perú.* 2005. págs. SGP, 89-102. Vol. Vol. 6.
37. **Toro Beltran, Maria Fernanda y Rivera Rivera, Yamid Andres. 2021.** *Índice De Vulnerabilidad en las Edificaciones Informales en la Ciudad de Bogotá Localidad de Suba Barrio Rincón.* Universidad Católica de Colombia, Colombia : 2021.
38. **Victoria Salvatierra , Pablo . 2018.** *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Particular San Agustín, San Juan de Lurigancho – 2018.* UCV, Lima : 2018.
39. **Villalba Yate, Maria Andrea y Gonzalez D., Manuel Fernando. 2020.** *Evaluación de vulnerabilidad sísmica para un sector de la comuna 2 del Municipio de Dosquebradas-Risaralda-Colombia.* UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, Bogotá, Colombia : 2020.
40. **Yepez, Fabricio, H., Barbat Alex y Canas, Jesus Alberto. 1995.** *Seismic vulnerability of existing buildings.* s.l. : CIMNE, MIS12, 1995. ISBN: 84-87867-50-2.
41. **Zanelli Flores, Criss Talita. 2019.** *Evaluación de vulnerabilidad sísmica de pircas mediante modelación numérica en elementos discretos: aplicación al caso de las pircas en Carabaylo, Lima.* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima : 2019.

## Anexos

### Anexo 1: Zonificación



Anexo 2: Variables

**2.1: Matriz de Operacionalización de Variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
Vulnerabilidad Sísmica	“Es la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño de la estructura” (Barbat, 1998)	De diferentes fuentes que estudiaron el tema sobre la vulnerabilidad sísmica, con el propósito de profundizar en el conocimiento sobre dicho tema, por lo cual se trabajará con distintos factores estructuralmente, parámetros y escalas de medición respecto al tema, concluyendo mediante un software para analizar el comportamiento de la estructura.	Estudios de suelos	Parámetros Sísmicos	Razón
			Análisis de planos estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plano Ubicación - Localización.</li> <li>- Plano planta.</li> <li>- Plano de estructuras.</li> </ul>	
			Método italiano Benedetti - Petrini	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organización de sistema.</li> <li>- Calidad del sistema resistente.</li> <li>- Resistencia convencional.</li> <li>- Posición del edificio y cimentación.</li> <li>- Diagramas Horizontales.</li> <li>- Configuración en planta y elevación.</li> <li>- Conexión con elementos críticos.</li> <li>- Elementos de baja ductilidad.</li> </ul>	

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos no estructurales.</li> <li>- Estado de conservación.</li> <li>- Cálculo del índice de vulnerabilidad.</li> </ul>	
			Análisis sísmica Norma E-030	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis estático.</li> <li>- Análisis dinámico.</li> </ul>	
			Comparación de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vulnerabilidad según Benedetti-Petrini.</li> <li>Vulnerabilidad según software ETABS.</li> </ul>	

## 2.2: Indicadores de variables

<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TÉCNICA / INSTRUMENTO</b>	<b>TIEMPO EMPLEADO</b>	<b>MODO DE CÁLCULO</b>
Analizar el estudio de suelos.	Estudios de suelos	Parámetros Sísmicos	El estudio de suelos se analizó de un informe técnico de estudio de suelos realizado cerca de la zona de estudio.	Guía de observación	1 semana	-----
Analizar los planos de la estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú	Análisis de planos estructural	- Plano Ubicación - Localización. - Plano planta. - Plano de estructuras.	El análisis de planos se realizó de los planos obtenidos de la zona de estudio.	Guía de observación	3 semana	-----
Determinar el índice de	Método italiano Benedetti - Petrini	- Organización de sistema.	Para la calificación que se asignará a cada parámetro, el	Guía de observación	3 semana	-----

<p>vulnerabilidad sísmica mediante el método italiano de Benedetti y Petrini.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad del sistema resistente.</li> <li>- Resistencia convencional.</li> <li>- Posición del edificio y cimentación.</li> <li>- Diagramas Horizontales.</li> <li>- Configuración en planta y elevación.</li> <li>- Conexión con elementos críticos.</li> <li>- Elementos de baja ductilidad.</li> <li>- Elementos no estructurales.</li> <li>- Estado de conservación.</li> <li>- Cálculo del índice de vulnerabilidad.</li> </ul>	<p>coeficiente de peso “Wi” representa la importancia de cada uno de los parámetros en estudio. Así mismo, para determinar las categorías (A, B, C y D) que se le asignará a cada parámetro del método, se considerarán lo siguiente:</p> <p>A = Vulnerabilidad Baja  B = Vulnerabilidad Media a Baja  C = Vulnerabilidad Media a Alta  D = Vulnerabilidad Alta</p>			
<p>Realizar el análisis sísmico de acuerdo a la</p>	<p>Análisis sísmica Norma E-030</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis estático.</li> <li>- Análisis dinámico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Región sísmica. Sistema.</li> <li>- Tipo de suelo.</li> <li>- Irregularidad en altura.</li> </ul>	<p>Software ETABS</p>	<p>3 semana</p>	<p>Mediante el Software Excel y ETABS</p>

<p>Norma E.030-2021, mediante la utilización del Software ETABS.</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Irregularidad en planta.</li> <li>- Altura de la edificación.</li> <li>- Zona sísmica.</li> <li>- Uso de la edificación.</li> <li>- Coeficiente de amplificación.</li> <li>- Irregularidades.</li> <li>- Perfil de suelo.</li> <li>- Sistema estructural.</li> <li>-Derivas.</li> </ul>			
<p>Comparar su desempeño estructural frente a sismos usando Benedetti, Petrini - ETABS</p>	<p>Comparación Metodológica</p>	<p>Vulnerabilidad según Benedetti-Petrini. Vulnerabilidad según software ETABS.</p>		<p>-----</p>	<p>1 semana</p>	<p>-----</p>



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MEZA RIVAS JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Análisis vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú", cuyos autores son ABAD ALVA JUAN CARLOS, RAMIREZ VILLAR INES VASTI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
MEZA RIVAS JORGE LUIS <b>DNI:</b> 17902304 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4258-4097	Firmado electrónicamente por: JLMEZAR el 09-12- 2022 04:45:00

Código documento Trilce: TRI - 0475420