

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

## **Carrera de ingeniería civil**

"ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA FRENTE A  
LOS SISMOS OCURRIDOS EN PERÚ-YUNGAY 1970 Y  
PERÚ-ICA 2007, DE DOS EDIFICIO DE 06 PISOS EN  
URBANIZACIÓN SAN ISIDRO, TRUJILLO"

Tesis para optar el título profesional de:

## **Ingeniero Civil**

**Autor:**

Patricio Inga Paz

**Asesor:**

Mg. Josualdo Carlos Villar Quiroz

Trujillo – Perú

2020

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Patricio Inga Paz**, denominada:

**“ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA FRENTE A LOS SISMIOS OCURRIDOS EN PERÚ-YUNGAY 1970 Y PERÚ-ICA 2007, DE DOS EDIFICIO DE 06 PISOS EN URBANIZACIÓN SAN ISIDRO, TRUJILLO”**

---

Mg. Josualdo Carlos Villar Quiroz

**ASESOR**

---

Ing. Diaz Garcia Gonzalo

**JURADO**

**PRESIDENTE**

---

Ing. Rodriguez Beltan Eduar

**JURADO**

---

Ing. Vasquez Díaz Alberto

**JURADO**

---

Ing. Ramos Morante Rolando Iván

**ACCESITARIO**

## DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis, al Dios todo poderoso, que fue mi motor, mi eje central en el cual giraron todos mis anhelos, metas y sueños, y que aun seguiré con ese principio. Como creyente, soy consciente que sin la ayuda de Dios no hubiese llegado hasta el final del camino universitario. A mis padres que en su mayor esfuerzo por hacer un hijo profesional por fin se ve reflejada, por su apoyo, sus constates consejos que me mantuvieron al margen de nunca bajar la guardia. A mis hermanos porque a pesar de que son menores en muchas veces seguí adelante por ver que ellos seguían mis pasos y que mi anhelo es que puedan ser mejores que yo, porque se hicieron mi fuerza. A mis familiares, primos, tíos que se esforzaron por mi educación universitaria dejando muchas veces de lado su familia para apoyarme. A mis docentes que se esforzaron por brindarme sus mejores conocimientos haciéndose mis amigos para enseñarme de manera más cercana, por sus consejos que se vuelven un gran legado y de valor incalculable con cada uno de ellos.

A mis compañeros de promoción, que siempre estuvieron dispuestos a seguir adelante, por su gran esfuerzo y su amistad brindada. A mis amigos que siempre se hicieron presentes con los ánimos y en muchas ocasiones con ayuda. A mi pastor de la iglesia Dios de la Profecía, que fue mi mentor mi ayuda en tiempos difíciles. A todos ellos muchas gracias.

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, por haberme dado las fuerzas para llegar hasta el final de mi carrera profesional, manteniéndome con salud física y espiritual, por su infinito amor y misericordia, ya que de él recibimos la sabiduría, paz y paciencia plena.

A mis padres Pedro Inga Guillen y Joba Paz Florez, Gracias por su apoyo incondicional, en lo económico y en lo moral, por sus consejos por sus palabras constantes, por no bajar la guardia incitándome a seguir adelante siempre.

A mi asesor de tesis Mg. Josualdo Carlos Villar Quiroz, por su paciencia y entrega de tiempo brindado para hacer realidad este gran proyecto.

A todos mis docentes, por sus conocimientos impartidos, cada uno supo dejar lo mejor de sí para dejar una generación excelente con mejores conocimientos y mejor calidad de profesionales, sabiendo orientarme durante el periodo de vida universitaria.

A mis compañeros de la promoción, por su apoyo incondicional, por su cariño y comprensión por saber trabajar en equipo, por enseñarme a hacerlo con cada uno de ustedes.

A mis amigos, por su apoyo moral y económico en muchas ocasiones, por saber darme buenos consejos, gracias por los ánimos en tiempos de desánimo, por compartir momentos gratos que llevaremos guardados en nuestras memorias.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 2.MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO 3.HIPÓTESIS .....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO 4.MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO 5.DESARROLLO.....</b>	<b>74</b>
<b>CAPÍTULO 6.RESULTADOS.....</b>	<b>86</b>
<b>CAPÍTULO 7.DISCUSIÓN .....</b>	<b>115</b>
<b>CAPÍTULO 8.CONCLUSIONES.....</b>	<b>121</b>

<b>CAPÍTULO 9.RECOMENDACIONES.....</b>	<b>124</b>
<b>CAPÍTULO 10.           REFERENCIAS .....</b>	<b>125</b>
<b>CAPÍTULO 11.           ANEXOS .....</b>	<b>128</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2 Clasificación de los perfiles de suelo .....	44
Tabla 3 Factor de suelo "S" .....	46
Tabla 4 Periodos $T_p$ y $T_l$ .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 plano primer piso edificio 01.....	87
Ilustración 2 plano segundo piso planta típica Edificio 02.....	88
Ilustración 3 Modelado en el programa Etabs .....	89
Ilustración 4 Vista 3D y planta del edificio 01 .....	89
Ilustración 5 Periodos de vibración con la envolvente para el edificio 01 .....	92
Ilustración 6 Envolvente de cargas para el edificio 01 .....	94
Ilustración 7 Desplazamientos máximos en el análisis tiempo-historia con el sismo Ica2007. .....	96
Ilustración 8 Desplazamientos máximos en el análisis estático .....	96
Ilustración 9 desplazamiento máximo análisis Tiempo-historia Yungay 1970.....	97
Ilustración 10 Desplazamientos máximos en el análisis estático. ....	97
Ilustración 11 Derivas máximas en el análisis tiempo-historia Yungay 1970. ....	98
Ilustración 12 Derivas máximas análisis tiempo-historia Ica 2007.....	99
Ilustración 13 Primer piso edificio 02 .....	101
Ilustración 14 plano segundo piso, planta típica edificio 02 .....	102
Ilustración 15 Modelamiento 3D edificio 02.....	103
Ilustración 16 Vista en planta y 3D del modelado edificio 02 .....	103
Ilustración 17 Periodos de la envolvente del análisis estático del edificio 02.....	106
Ilustración 18 Envolvente de cargas aplicadas edificio 02.....	108
Ilustración 19 Desplazamientos máximos análisis tiempo-historia Ica 2007.....	110
Ilustración 20 desplazamientos máximos análisis estático.....	110
Ilustración 21 Desplazamientos máximos análisis estático edificio 02.....	111
Ilustración 22 Desplazamiento máximo análisis tiempo-historia Yungay 2007 .....	111



Ilustración 23 Desplazamientos máximos análisis tiempo-historia Yungay 1970.....	112
Ilustración 24 Desplazamientos máximos análisis tiempo-historia Ica 2007.....	113
Ilustración 25 vista frontal Edificio 01 .....	129
Ilustración 26 Vista lateral edificio 02 .....	130
Ilustración 27 Vista frontal edificio 02.....	131
Ilustración 28 Zonificación sísmica del Perú .....	132

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Velocidad promedio de propagación .....	45
Ecuación 2 Promedio estándar de penetración .....	45
Ecuación 3 Resistencia promedio al corte .....	46
Ecuación 4 Espesor de losa .....	70
Ecuación 5 Peralte de viga.....	70
Ecuación 6 Peralte de viga.....	70
Ecuación 7 Área de columna .....	71
Ecuación 8 Área de zapata.....	71
Ecuación 11 Factor de dureza.....	71

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca analizar y determinar la vulnerabilidad de los edificios de más de 5 pisos en Trujillo, Urbanización San Isidro, Construidos mediante el sistema apoticado, se plantea verificar si las edificaciones cumplen con las especificaciones mínimas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y qué tan (vulnerables) resultan frente a la acción de los sismos registrados en el 15 de agosto de año 2007 en Ica – Perú que hasta la fecha es uno de los mayores registrados en la historia del Perú, y el Sismo de Yungay-Perú 1970, que también es uno de los sismos más fuertes registrados y que desato una de las más grandes catástrofes en nuestro país dejando a su paso más de 6000 muertos sepultando casi por completo a la ciudad de Yungay. Usando el programa “Etabs” de Análisis estructural se harán comparaciones con un análisis espectral usando un acelerograma de suelo intermedio según reglamento, un análisis Tiempo Historia usando la representación sísmica registrada en Ica 2007 y la representación Sísmica del terremoto de Yungay en 1970 y a partir de ello poder determinar qué tan vulnerables resultan las edificaciones existentes. De presentar algunas fallas o de no cumplir con las especificaciones mínimas, se hará un modelo para edificaciones de ese tipo, ya que en esta zona la construcción sigue aumentando en un porcentaje muy significativo y se pretende que la ciudad tenga facilidad y conocimiento para entender de ello.

## ABSTRACT

This research work seeks to analyze and determine how vulnerable are buildings with more than 5 floors in Trujillo, San Isidro. Built with systems. Provided, verify if the buildings meet the minimum specifications of the National Building Regulations (RNE) and how (vulnerable) they are to the action of the earthquakes registered on August 15, 2007 in Ica - Peru, which to date It is one of the largest recorded in the history of Peru and the Yungay earthquake in Peru 1970, which is one of the strongest earthquakes recorded in the countries near our Peru. Using the SAP2000 Structural Analysis program, comparisons will be made with a spectral analysis using an intermediate soil accelerogram according to regulations, a Time History analysis using the seismic representation registered in Ica 2007 and the Seismic representation of the Yungay earthquake in Peru 1970 and from there be able to determine how vulnerable existing buildings are. If there are some faults or if the minimum specifications are not met, a model will be made for buildings of this type, since in this area construction continues to increase by a very significant percentage and it is intended that the city have the facility and knowledge to understand this matter.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la universidad politécnica de Catalunya, Barcelona (2020), menciona que, la mayoría de las pérdidas, tanto de vidas como económicas, ocasionadas por terremotos a lo largo de la historia, han sido causadas por un comportamiento sísmico deficiente de las estructuras. Este comportamiento puede dar lugar a colapsos parciales e incluso totales de las estructuras, así como a la aparición de otros peligros colaterales, como incendios o explosiones, que a veces incrementan las pérdidas. No obstante, aunque las normativas existentes de construcción antisísmica mejoran día a día, enriquecidas con la información obtenida a partir de nuevas investigaciones y experiencias, todavía continúan ocurriendo catastróficas pérdidas en muchos países del mundo, incluso en aquellos en que los estudios en el campo de la ingeniería sísmica constituyen una de las actividades prioritarias.

Este tipo de actividades se concentran en una zona denominada “Cinturón de Fuego del Pacífico”. Según Tavera (2020) “El Cinturón de Fuego del Pacífico es resultado de la tectónica de placas, del proceso de convergencia de la placa del Pacífico con otras que rodean países como Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Centro y Norteamérica, Japón, Indonesia hasta llegar a Nueva Zelanda. Con una extensión aproximada de 40 000 km, en esta zona se produce cerca del 90 % de todos los sismos que ocurren cada año en el mundo y, además, se concentra más del 75 % de los volcanes activos existentes en el planeta. Los terremotos y erupciones más grandes de la historia han ocurrido aquí; por ello, recibe también el nombre de Anillo de Fuego del Pacífico”.

A causa de esto las construcciones civiles son las más afectadas, por esta razón los

ingenieros se ven obligados a hacer construcciones cada vez más eficientes y seguras para la sociedad.

En Colombia, Campus Unisabana (2017) menciona que, la Facultad de Ingeniería sigue liderando de manera virtual el proyecto Vulnerabilidad Sísmica de Sabana Centro, cuyo objetivo se centra en definir cuáles son los escenarios de riesgo sísmico de esta zona del país. Para este fin, los estudiantes del curso de Diseño Estructural de la carrera de Ingeniería Civil fueron capacitados por el profesor Orlando Arroyo, para que identifiquen cuáles son los elementos de las viviendas que las convierten en vulnerables frente a los sismos. “[...] Utilizar este tipo de herramientas nos brinda los medios para identificar de forma remota la taxonomía de las viviendas y realizar el análisis de vulnerabilidad. Continuar con el proyecto es una oportunidad que genera un impacto directo en la sociedad, aplicando la relevancia práctica del conocimiento aprendido a lo largo de la carrera”, asegura Dirsa Feliciano, estudiante de Ingeniería Civil y miembro del Semillero de Investigación de Análisis y Modelamiento de Sistemas e Ingeniería (AMSI). Tabio, Tenjo y Cogua han sido los municipios donde se ha trabajado como parte del programa Sabana Sostenible que desarrolla la Universidad en la provincia Sabana Centro, con el apoyo de la Dirección de Proyección Social y Aprendizaje Práctico. Los resultados han sido entregados de manera confidencial a las respectivas alcaldías. De forma general, la región tiene los siguientes desafíos:

- ✓ Completar el diagnóstico global de la región, generando un escenario sísmico en el cual se cuantifique el impacto que tendría un terremoto.

- ✓ Adelantar campañas de capacitación a maestros constructores para disminuir la vulnerabilidad sísmica de viviendas nuevas que sean construidas informalmente
- ✓ Reforzar estructuralmente los hospitales, colegios y edificaciones de atención a la comunidad, debido a que el desempeño sísmico esperado de buena parte de estos no sería el adecuado en caso de un terremoto.

En Ecuador, Vizconde & delgado (2019) menciona, en Ecuador es totalmente factible aplicar las dos metodologías aquí presentadas con el fin de inspeccionar, evaluar la vulnerabilidad sísmica y el riesgo, así como para obtener índices de priorización, las cuales se utilizan en 50 edificaciones en el sector residencial, comercial y turístico de la Isla Isabela (Galápagos), con sismicidad moderadamente alta según FEMA P-154. Para ello, se adaptaron dos distintos formatos de recolección de datos e inspección basados en el FEMA P-154 y el FUNVISIS donde se recoge información de las características estructurales y no estructurales de esas edificaciones.

En México, Ruiz, Vidal, Rodrigues & Santos (2019) mencionan que, un 44% de las edificaciones evaluadas en la isla Isabela tienen poseen un índice de vulnerabilidad  $I_v > 55.40$ , el cual es índice alcanzado por el hostel El Ancla, el cual fue severamente afectado por el terremoto de Pedernales. Estas edificaciones entrarían dentro de la clasificación de vulnerabilidad elevada a vulnerabilidad muy elevada.

El total de las edificaciones inspeccionadas se encuentran en una zona de alta amenaza sísmica según la NEC y moderada alta según FEMA P-154. Se observa que un 72 % de las edificaciones inspeccionadas muestran valores de índice de riesgo mayor o igual

al rango obtenido por las edificaciones severamente afectadas por el terremoto de Pedernales, siendo éste de elevado a muy elevado.

Los resultados del análisis de los datos de las 1942 edificaciones del Distrito Centro de Tuxtla, Chiapas, muestran que el sistema estructural predominante (91.81 %) es el de muros de carga (de adobe, de ladrillos o de bloques), la mayoría con diafragma rígido (78.26 %, la mitad estructuras de mampostería confinada) y el resto flexible. Las estructuras de pórticos de concreto reforzado (CR) sin muros de corte son el 7.93 %, de las que sólo el 36.37 % tienen un buen diseño sismorresistente (DSR) pero no las restantes, cuyo nivel es bajo y sin él. Las estructuras de acero estructural son muy escasas (0.26 %) y no hay ninguna tipología de madera.

La valoración de la vulnerabilidad sísmica, utilizando la clasificación tipológica y los criterios de la Escala Macro sísmica europea (EMS-98), indica que la mayoría de las edificaciones (64.15%) son de vulnerabilidad media-alta (clase C), generalmente estructuras de mampostería con diafragma rígido. Un número significativo (15.75 %) son de vulnerabilidad muy alta (clase A) y un 10.04 % son de vulnerabilidad alta (clase B), que corresponden a estructuras de mampostería de adobe o de ladrillo en mal estado y a mampostería con diafragma flexible, respectivamente. Las estructuras de clase D (9.22 %) son las de concreto reforzado de buena calidad de construcción (normalmente menos de 15 años) y buen nivel de DSR, mientras que aquellas con alto nivel de diseño sísmico, junto con las de acero, se clasificaron (0,83 % del total) como E o F. Esto indica que las construcciones menos vulnerables se encuentran en el núcleo administrativo del Distrito (en la parte central), con edificios como el Palacio Federal, de clase E. Sin embargo, a medida que nos alejamos del centro los niveles de vulnerabilidad aumentan considerablemente, al haber más edificaciones de



mampostería, que son generalmente más antiguas y muchas de ellas producto de la autoconstrucción. Se confirma que la vulnerabilidad sísmica estimada con el método EMS es rápida y sirve para dar una primera aproximación aplicable a inventarios muy grandes de edificaciones. Estos resultados, en una zona de peligro sísmico alto, son un indicador de las condiciones del riesgo sísmico alto existente en el Centro Histórico de Tuxtla Gutiérrez y ponen de manifiesto la necesidad que tienen el 90 % de las estructuras existentes en la zona estudiada de medidas de renovación, en las primeras, y de refuerzo, en las segundas. Igualmente indican la necesidad de efectuar un estudio de la vulnerabilidad del resto de la ciudad para realizar un diagnóstico completo que sea útil para la prevención de daños y la gestión de la emergencia sísmica.

En Perú, Minaya (2019) menciona que, los muros portantes que no alcanzan al terreno; ocasionando los nombrados pisos blandos, eso quiere decir, el piso uno tenía poca rigidez relación a los siguientes pisos. Se verifico que conociendo los tipos de fallas se pueden determinar la vulnerabilidad sísmica en los muros, ya que estas nos facilitan el inicio de la situación real de cómo está la estructura a examinar. Estas se pueden comprobar inicialmente con las fichas de observación, luego de que se deben realizar ensayos de laboratorio en las estructuras donde se evidencien más fallas. En nuestro caso se comprobó que las estructuras tuvieron fallas por aplastamiento, por tracción diagonal y por cizalle, los cuales fueron fundamentales para seguir adelante con nuestra investigación. Según los ensayos ejecutados el ladrillo posee una resistencia a la compresión característica de 132.56 kg/cm<sup>2</sup>.

Debido a los acontecimientos sísmicos en los 15 últimos años, la zona costera del Perú ha soportado innumerables sismos y el más devastador que marco nuestra historia ocurrió en el año 2007 en Ica, afectando la zona costera de nuestro país dejando miles de heridos y cientos de muertos a su paso. En el vecino país de Chile observamos una gran tragedia ocurrida con el sismo de Valdivia 1960, dejando como consecuencia el colapso de muchas estructuras entre los cuales las estructuras especiales como colegios y hospitales.

Según la Norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2019), que es lo normativa a la que se va ah apegar para desarrollar la presente investigación. Esta Norma establece las condiciones mínimas para el Diseño Sismorresistente de las edificaciones, mientras no se cuente con normas nacionales específicas para estructuras tales como: reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, túneles y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se debe utilizar los valores Z y S del Capítulo II amplificados de acuerdo a la importancia de la estructura considerando la práctica internacional.

Es de aplicación obligatoria a nivel nacional. Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las estructuras que resulten dañadas por la acción de los sismos.

En Trujillo – Perú, (Aguilar & Mudarra, 2018) encontraron que. Se determinó la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la I.E. Liceo Trujillo, mediante el método de índice de vulnerabilidad, con el cual se obtuvo un 75% de los pabellones antiguos (A1, A2, A3, A4, A5-1, A5-2, A6, A7 y A8) y una vulnerabilidad sísmica media alta;

un 25% para los pabellones modernos (B1, B2 y B3) con una vulnerabilidad media – baja.

(Espinoza & Llamocca, 2018) encontraron que. En la evaluación de los índices de vulnerabilidad de las viviendas del Asentamiento Humano Nueva Generación 2000 predomina el nivel alto de vulnerabilidad sísmica, según el método de índice de vulnerabilidad.

(Santos, 2017) encontró que. La investigación nos muestra que según INDECI, el 54% de viviendas autoconstruidas presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica muy alto, el 38% presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica alto y el 8% presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica moderado; según el ATC 21, para el 50% de las viviendas autoconstruidas no se aplica la ficha por el motivo de que son de material de adobe, el 47% presentan un nivel de vulnerabilidad media a alta, y el 3% presentan un nivel de vulnerabilidad baja a media; y según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, el 38% de las viviendas autoconstruidas presentan una vulnerabilidad alta, el 58% presentan una vulnerabilidad media y el 4% presentan una vulnerabilidad baja. En conclusión, las viviendas autoconstruidas analizadas en el distrito de Chilca presentan vulnerabilidad sísmica alta y podrían colapsar ante un movimiento sísmico de intensidad V en la escala de Mercalli o de magnitud superior a 5.5 grados en la escala de Richter.

Instituto Geofísico del Perú IGP (2020), Durante la “IX Convención Regional de Profesionales de las Ciencias de la Salud”, desarrollada en Trujillo, se evaluó la vulnerabilidad sísmica de los hospitales públicos, el sistema de gestión de

medicamentos en zona de desastre, las afecciones médicas frecuentes posdesastre, así como las traumatologías quirúrgicas, entre otros temas.

Entre los expositores estuvieron presentes el Dr. Hernando Tavera, director del área de Investigación en Sismología del Instituto Geofísico del Perú (IGP), y Celso Bambarén, consultor en Servicios y Sistemas de Salud de la Organización Panamericana de la Salud(OPS/OMS) en el Perú; entre otros.

Asimismo, este evento congregó a distintos profesionales de las ciencias de la salud como médicos, cirujanos, dentistas, químicos farmacéuticos, epidemiólogos, especialistas en salud mental, emergenciólogos y otros quienes tratarán temas que incluyen también atención de lesiones menores en desastres como terremotos y el importante rol de la población organizada frente a ellos.

Es de necesidad prioritaria realizar un estudio integral de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de las Edificaciones Esenciales de Lima y el interior del país. 2. Estos esfuerzos deberán ser consensuados entre los gobiernos regionales, locales y entidades científicas involucradas en la prevención y mitigación de Desastres. 3. Los avances de los resultados obtenidos en Lima, concluyen en la necesidad de la reducción de la Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones Esenciales.

El Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) (2020), Nuestro principal objetivo es sensibilizar a la población en general sobre el estado actual de sus viviendas, ya que nuestro país se encuentra ubicado en una zona de alta amenaza sísmica, ocasionando cuantiosas pérdidas materiales y humanas de manera recurrente en edificaciones vulnerables.

Por tal motivo, se ha desarrollado esta plataforma virtual de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, aplicando tecnologías de información y comunicación, lo cual permite abarcar una mayor área de investigación con un menor costo de aplicación. La información recopilada, brindará indicadores para que profesionales en gestión y mitigación de riesgos puedan definir los protocolos adecuados de protección civil ante la ocurrencia de sismos severos.

Debido a los acontecimientos sísmicos en los 15 últimos años, la zona costera del Perú ha soportado innumerables sismos y el más devastador que marco nuestra historia ocurrió en el año 2007 en Ica, afectando la zona costera de nuestro país dejando miles de heridos y cientos de muertos a su paso. En el vecino país de Chile observamos una gran tragedia ocurrida con el sismo de Valdivia 1960 dejando como consecuencia el colapso de muchas estructuras entre los cuales estructuras especiales como colegios y hospitales. Siendo la preocupación de los ingenieros civiles el hacer construcciones resistentes a este tipo de eventos naturales y minimizar las pérdidas económicas y humanas que se viene dando desde tiempo atrás y con mucha frecuencia.

En base a este acontecimiento este proyecto busca, determinar, que tan vulnerables resultan los edificios de concreto estructural de 6 pisos frente al sismo más grande registrado en la historia del Perú (Pisco 2017) y Perú (Yungay 1970) y como poder aumentar su resistencia de las construcciones ante futuros sismos de la misma magnitud y así poder conocer si las edificaciones de este tipo necesitan un posible reforzamiento en alguno de sus elementos estructurales y demostrar la realidad que se tiene que afrontar en la actualidad con las edificaciones mayores a 5 pisos en la ciudad de Trujillo en la urbanización San Isidro.

De acuerdo a lo expuesto en los párrafos anteriores es de vital importancia el hacer un correcto análisis de vulnerabilidad sísmica tanto de las edificaciones comunes y las importantes, construidas y por construir y más en este tiempo de apogeo de la población y la excesiva autoconstrucción en este sector de la ciudad de Trujillo. para obtener resultados acertados y certeros de cada edificación se tomará las muestras más significativas en vista de la observación realizada. Siempre se ha hecho el análisis de vulnerabilidad a simple vista, pero no se han planteado aun ¿qué tal vulnerable resultaría a un sismo de magnitud real simulando el sismo a escala real? Por ello es por lo que, para el estudio se analizara dos edificaciones simulando un sismo real y después de este ver que tan vulnerable resultarían las construcciones de la misma similitud frente a la acción del sismo.

Esta investigación ayudará a ver qué tan eficientes son las construcciones frente a los movimientos sísmicos, y en base a esto poder plantear un reforzamiento adecuado a las construcciones existentes, y para edificación similares que se vayan a construir a futuro, dejar un modelo estándar a tener en cuenta para un eficiente desempeño de la edificación. De esta manera reducir la vulnerabilidad a la que está expuesta la ciudad para poder reducir pérdidas económicas y humanas en el futuro.

De no hacerse esta investigación la población seguirá teniendo como mayor referente a los métodos de construcción tradicionales para la construcción de edificaciones, y no se sabrá el grado de vulnerabilidad que esto representa para la ciudad y las pérdidas a las que estamos propensos. Que a pasar del tiempo no se soluciona este gran problema en nuestra realidad actual en el país.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el análisis de la vulnerabilidad sísmica frente a los sismos ocurridos en Perú-Ica 2007 y Perú- Yungay 1970, de dos edificios de 06 pisos en la urbanización San Isidro, Trujillo 2020?

## 1.3. Justificación

En la actualidad, “en pleno siglo XXI”, los desastres más preocupantes en Perú y el mundo son los sismos y terremotos. Ya que estos ocurren frecuentemente y cada vez con más severidad afectando viviendas comunes y estructuras especiales tal es el caso de hospitales, colegios, puentes, etc. que deben ser estructuras diseñadas para soportar estos desastres y después de este seguir en funcionamiento adecuado para salvaguardar la integridad de sus ocupantes. Este tipo de desastres naturales se da en el mundo en una zona específica, zona denominada “cinturón de fuego del Pacífico” o “anillo de fuego del pacifico” y nuestro país, está ubicado en esta zona, razón por la cual es necesario realizar estudios a profundidad del comportamiento de las placas tectónicas en lo profundo de la tierra y lo mismo de las edificaciones ante este tipo de eventos para poder desarrollar una adecuada construcción y poder prevenir catástrofes futuras. Pero para las edificaciones ya construidas sin ninguna supervisión técnica o en otras palabras la autoconstrucción de estructuras existentes que el Perú es más del 60%. Es por esta razón que existe la necesidad de saber que tan vulnerables son las edificaciones de Trujillo centrándose en la Urbanización San Isidro. La presente investigación pretende analizar una muestra de edificios sobresalientes para determinar el grado de vulnerabilidad que estos pueden presentar si se volviera a repetir un sismo a la magnitud de los terremotos pasados como: el de Ica-Perú 2007 y Yungay-Perú 1970, desarrollar de manera estándar un prototipo de proyecto de

construcción similar que servirá de modelo para construcciones de más de 5 pisos, ya que son este tipo de estructuras que abunda en esta zona en especial. Este estudio también contribuirá a la mejora en el campo de la construcción tanto de la ciudad de Trujillo como para el Perú.

Actualmente en Trujillo la información acerca de la vulnerabilidad sísmica para el sector San Isidro es poca, ya que la mayoría de construcciones en la zona son de personas no profesionales y solo construyen por la necesidad de querer generar ingresos, producto de los alquileres y/o de poner un negocio. Debido a que esta zona está creciendo de manera significativa, la preocupación es tener construcciones seguras y poder de esta manera reducir los daños y pérdidas tanto económicas como humanas en un evento sísmico de la magnitud de los sismos a analizar. La presente investigación es esencial, para poder determinar el grado de vulnerabilidad de la urbanización y también de la ciudad entera, si bien es cierto hay muchas investigaciones de vulnerabilidad sísmica, pero como autor del tema se busca analizar la vulnerabilidad con un programa estructural usando el registro de sismos reales y en la simulación, determinar qué tan vulnerables resultarían después de dichos sismos si de ser el caso se repetirían a la misma magnitud. En tal sentido esta información servirá de guía para presentar como un modelo general con las características mínimas que cada construcción debería tener para hacer edificaciones seguras y eficientes ante una catástrofe, estar preparadas para este tipo de eventos. También, para tesis de investigaciones futuras para estudiantes interesados en el ámbito investigaciones futuras.



#### **1.4. Limitaciones**

En la realización de la investigación existen algunas dificultades de las cuales se tiene:

Primero, el acceso a las estaciones acelerométricas para la búsqueda de los registros sísmicos, debido a que son sismos relativamente antiguos y para esos años no se contaba con muchas estaciones acelerograficas y las que hay en Perú son prácticamente nuevas y las más antiguas que hay están fuera de servicio y el sismo que se necesita ocurrió en el año 1970, por lo que hallar el registro sísmico real se vuelve un tanto tediosa.

Segundo, la información para antecedentes es escasa debido a que hay temas de estudios parecidos, pero usando métodos diferentes para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica y no con sismos reales como la investigación que se plantea hacer. Sin embargo, con ayuda de páginas sismológicas de otros países más desarrollados se hará busca de los registros sísmicos reales para concluir la investigación y poder realizarla de manera eficiente

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo General**

Realizar el análisis de la vulnerabilidad sísmica frente a los sismos ocurridos en Perú-Ica 2007 y Yungay-Perú 1970, de dos edificios de 06 pisos en la urbanización San Isidro, Trujillo, 2020.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos**

O.E.1 Verificar la estructuración de dos edificios de 6 pisos en la Urbanización San Isidro.

O.E.2 Verificar si la construcción es regular o irregular, tanto en planta como en altura.

O.E.3 En base a lo observado recomendar lo que sería un posible reforzamiento en la estructura basándose en la norma E060 del Reglamento Nacional de Edificaciones y en resultados del programa Etabs 2019.

O.E.4 Hacer el modelamiento de la estructura en 3d con ayuda del programa ETABS2019.

O.E.5 Verificar el comportamiento dinámico de las edificaciones según el Reglamento nacional de Edificaciones norma E030 con el fin de analizar las posibles soluciones que se puede dar.

O.E.6 Hacer un análisis tiempo historia con los registros sísmicos de terremoto en Ica – Perú 2007 y Yungay-Perú 1970.

O.E.7 Comparar el análisis estático de la estructura vs el análisis tiempo historia usando el sismo ocurrido en Ica - Perú 2007.

O.E.8 Comparar el análisis estático de la estructura vs el Análisis tiempo Historia usando el sismo ocurrido en Yungay-Perú 1970.

O.E.9 Comparar los análisis tiempo historia de ambos sismos.

O.E.10 Verificar que las deformaciones sean según lo establecido en el RNE con  $R = 8$  para pórticos.

O.E.11 Determinar qué tan vulnerables resultan las estructuras frente a este tipo de eventos de la naturaleza de darse en nuestro país a la misma magnitud.

O.E.12 Recomendar la mejor manera de reforzamiento en caso se encuentre fallas.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

*“Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de Vulnerabilidad (Fema p-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales”, (Alvares & Pulgar 2019) Determinó la vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos del distrito de Villa María del Triunfo, mediante el análisis cualitativo “Rapid Visual Screen of Buildings for Potencial Seismic – FEMA P -154” y cuantitativo “Distorsiones laterales” en un escenario de sismo severo.*

En este trabajo se mostró las condiciones reales y actuales de las instituciones educativas estatales del distrito en estudio; así como, el análisis de los pabellones públicos por las dos metodologías empleadas.

Las 2 metodologías poseen diferentes formas de evaluar una estructura, pero los resultados son similares en los posibles efectos que pueden llegar a tener las construcciones, por lo que la metodología cualitativa puede ser efectivamente utilizada para evaluar de una manera más rápida todas las construcciones. Además, que esta metodología contempla todos los sistemas estructurales. Los colegios públicos del distrito de Villa María del Triunfo no serían suficientes para refugiar a más de 300,000 mil habitantes, ya que el 60% o 290 estructuras son vulnerables.

La presente investigación nos aporta una idea y un método de evolución de vulnerabilidad sísmica en construcciones importantes como el de los colegios que analizó pudiendo a partir de este trabajo sacar una hipótesis más acertada y como la variable a analizar es la vulnerabilidad sísmica la misma que contempla este trabajo

***“Vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de 2 pisos en el sector de Año Nuevo distrito de Comas – 2018”***

(Granados, 2019), Determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de 2 pisos en el sector de “Año Nuevo” distrito de Comas – 2018. Verificó la densidad de muros en viviendas autoconstruidas de 2 pisos en el sector de “Año Nuevo” distrito de Comas – 2018. Analizó la calidad de mano de obra y materiales en viviendas autoconstruidas de 2 pisos en el sector de “Año Nuevo” distrito de Comas – 2018. Calculó la estabilidad de muros al volteo en viviendas autoconstruidas de 2 pisos en el sector de “Año Nuevo” distrito de Comas – 2018.

Las viviendas evaluadas presentan problemas en cuanto a su ubicación, estructuración y factores degradantes. Están construidas en una zona de pendiente pronunciada, que al momento de nivelar el terreno dejan al descubierto la cimentación de las viviendas colindantes o en algunos casos se construyeron un muro de concreto armado pobre hasta el nivel del terreno, prácticamente la cimentación es construida sobre un relleno, por consecuente esto genera un asentamiento diferencial ante un evento sísmico.

Por la existencia de pendiente pronunciada se presenta un desnivel de losa de techo entre viviendas y en peor de los casos estas no cuentan con una junta sísmica, que, durante la actividad sísmica al generarse un contacto entre la losa y el muro, este último puede perder la resistencia e incluso llegar hasta un colapso. Se encontró viviendas que no presentan una uniformidad de materiales empleados, así como el ladrillo; es decir, el primer piso fue construido con ladrillos macizos y el segundo piso de ladrillos pandereta artesanal, por ende, implica una configuración estructural deficiente.

El 54% de las viviendas estudiadas presentan una vulnerabilidad sísmica alta, debido al factor influyente la densidad de muros inadecuados, así como la inestabilidad de

muros no estructurales y la incidencia de baja calidad de mano de obra y materiales. Por otra parte, el 38% de dichas viviendas presentan una vulnerabilidad media, y el 8% presentan un nivel de vulnerabilidad baja.

Este trabajo de investigación nos ayuda a tener más certeza que la autoconstrucción es un factor crucial en el cual las edificaciones son un blanco vulnerable para los sismos sabiendo que, más de la mitad son altamente vulnerables reforzando la hipótesis preliminar planteada.

***“Análisis de la vulnerabilidad sísmica en el pabellón “d” de la Universidad Privada Antenor Orrego”***

(Cortez & Fernández, 2017), Determinaron la Vulnerabilidad Sísmica del Pabellón “D” de la Universidad Privada Antenor Orrego.

Una vez evaluó el índice de vulnerabilidad ( $I_v$ ), el cual varía de 0 a 94.12 para concreto armado, según la metodología de Benedetti – Petrini, se procede a normalizar el índice de vulnerabilidad ( $I_{vn}$ ), en un rango de 0 a 100. Para poder interpretar mejor los resultados obtenidos se definieron los rangos de vulnerabilidad. Los rangos de vulnerabilidad se tomaron como referencia de Quispe N. (2004), los cuales pueden variar dependiendo del detalle que se pretende en el estudio.

La edificación resulto ser vulnerable en ambas direcciones y en el primer y segundo piso de la edificación mientras que en el tercer piso resulto ser seguro únicamente en la dirección X y el cuarto piso resulto no ser vulnerable en ninguna de las direcciones, como lo muestra la tabla 79 después de aplicar el método cualitativo de Hirosawa, así también el método de Benedetti Petrini arrojo una vulnerabilidad media alta a la edificación después de haber inspeccionado la edificación y encontrados problemas como columna corta, parapetos en mal estado, fisuras, grietas, etc. Lo cual evidencia

que la estructura esta predispuesta a sufrir daños considerables ante la presencia de un evento sísmico.

Esta investigación aporta información útil, para validar la hipótesis que se plantea realizar. Ayudando con análisis diferentes para poder saber que, no es el único método el que se plantea hacer para poder determinar la vulnerabilidad de una edificación ya construida so no que, se evalúa de acuerdo al tipo de construcción sea sistema aporticado, confinado, etc.

***“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la i.e liceo trujillo-2018”.***

(Aguilar & Mudarra, 2018), Determinaron la evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E. Liceo Trujillo,2018.

Se realizó la evaluación de cada uno de los 11 parámetros planteados por el método de Benedetti – Petrini, para determinar la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Liceo Trujillo. Para la calificación que se asignará a cada parámetro, el coeficiente de peso  $W_i$  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 determinó la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la I.E. Liceo Trujillo, mediante el método de índice de vulnerabilidad, con el cual se obtuvo un 75% de los pabellones antiguos (A1, A2, A3, A4, A5-1, A5-2, A6, A7 y A8) y una vulnerabilidad sísmica media alta; un 25% para los pabellones modernos (B1, B2 y B3) con una vulnerabilidad media – baja.

Este trabajo aporta información que nos ayuda a corroborar que en Trujillo no solo las autoconstrucciones son vulnerables a los sismos sino también edificaciones

importantes como instituciones educativas que albergan una gran cantidad de alumnos resultan vulnerables a dichos eventos haciendo importante a nuestro tema de investigación.

***“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la institución educativa N° 20475 – los Pelones, del distrito y provincia de Barranca del departamento de Lima”.***

(Hidalgo & Silvestre, 2019), Determinó el nivel de Vulnerabilidad Sísmica de la I.E. N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima.

Para la evaluación se consideró las aulas y oficinas administrativas de la Institución educativa N° 20475, descartándose los 2 baños existentes por tratarse de áreas pequeñas y por ser estructuras de un solo piso, teniéndose 3 bloques (pabellones) de acuerdo a la figura N° 33, de esta manera se realizó la evaluación individual de cada bloque para determinar su nivel de vulnerabilidad. La I.E. N° 20475 – Los Pelones presenta en promedio una VULNERABILIDAD MEDIA ALTA.

Después de aplicar el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, se determinó que: El bloque A de la Institución educativa N° 20475, presenta VULNERABILIDAD MEDIA ALTA, por lo tanto, ante un sismo severo, esta edificación tiene mayor probabilidad de falla total y/o que se presenten daños severos en su estructura, además de ocasionar heridos graves y muerte de sus ocupantes. El bloque B de la Institución educativa N° 20475, presenta VULNERABILIDAD MEDIA BAJA, por lo tanto, ante un sismo severo, esta edificación puede sufrir daños importantes que, aunque no colapsen las estructuras, es peligrosa su utilización. El bloque C de la Institución educativa N° 20475, presenta VULNERABILIDAD MEDIA ALTA, por lo tanto, ante un sismo severo, esta edificación tiene mayor



probabilidad de falla total y/o que se presenten daños severos en su estructura, además de ocasionar heridos graves y muerte de sus ocupantes.

El presente trabajo aporta información que contribuye a tener casos certeros de vulnerabilidad ya que este analiza edificaciones de dos pisos y gracias a este trabajo se sabe que no solo las estructuras de más de 5 pisos son vulnerables, sino que, también las estructuras de menor altura.

***“Vulnerabilidad sísmica del edificio de la facultad de ingeniería de la Universidad de Costa Rica en la sede Rodrigo Facio”***

(Vargas, 2017), Realizó un diagnóstico del edificio de la facultad de ingeniería en la sede Rodrigo Facio en cuanto a su vulnerabilidad sísmica para determinar si es necesario una rehabilitación estructural para albergar el museo de la Universidad de Costa Rica.

Una vez según el CSCR-10. Con este tipo de análisis fue posible revisar las derivas del edificio para compararlas con los límites establecidos por el CSCR-10. También se lograron revisar las características de regularidad de las estructuras, los modos de oscilación principales, las demandas en elementos estructurales y los desplazamientos de los entrepisos.

El edificio de la Facultad de Ingeniería tiene una configuración estructural que se considera frágil. El CSCR-10 prohíbe estructuras sismorresistentes con estas características. Tanto la estructura A como a estructura B del edificio de la facultad de Ingeniería, según el análisis llevando a cabo, no cumplen con las demandas de un análisis elástico para la condición actual, por lo que se considera que no tendrán un comportamiento adecuado ante las sollicitaciones sísmicas y son vulnerables. El edificio debe ser rehabilitado mediante un reforzamiento de los elementos

estructurales, de manera que se asegure un comportamiento elástico del mismo ante eventos sísmico y se aumente la vida útil remanente de manera que pueda ser utilizado por museo + UCR para desempeñar sus funciones de Museo de la Universidad de Costa Rica.

El presente trabajo tiene aportaciones claves para la investigación que se está haciendo ya que nos muestra los métodos usados en otros países para evaluar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones y poder determinar un posible reforzamiento si este lo requiere.

***“vulnerabilidad sísmica de edificios del campus mocambo de la universidad veracruzana”***

(Hernández, 2016”, Determinó el índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones selectas del Campus Mocambo de la Universidad Veracruzana para asegurar la continuidad de los servicios básicos, minimizar daños a la propiedad, minimizar el riesgo de colapso, evitar pérdidas de vida y tener un nivel de seguridad sísmica de acuerdo con el método de análisis que utilizó.

En el presente estudio se ha considerado al cálculo de la vulnerabilidad estructural a partir del índice estructural de Hirosawa (1992) de primer orden, que puede situarse como un método capaz de predecir el riesgo y daño de los edificios y que fue calibrado basado en la experiencia japonesa frente a los eventos sísmicos. El método de primer orden permite la evaluación de un diagnóstico del riesgo del sistema estructural basado en la geometría y morfología del sistema, así como el nivel de daño existente, deterioro en el tiempo del sistema estructural e influencia de las condiciones locales de la zona donde se encuentre el edificio. La evaluación del índice  $I_s$  se ha hecho con la ayuda de una hoja de cálculo (algunas de estas hojas se muestran en el Apéndice 4), siguiendo

el procedimiento adecuado para el cálculo de cada uno de los subíndices que evalúan  $I_s$ . El comportamiento estructural de un edificio frente a un sismo puede evaluarse comprando el índice de vulnerabilidad sísmica de la estructura  $I_s$  con el índice de juicio estructural  $I_{s0}$ , el cálculo de este índice está basado en la máxima respuesta espectral para las condiciones locales donde se encuentre el edificio. Para nuestro caso y para cada uno de los edificios evaluados en este trabajo el índice de resistencia demandada de la estructura es:  $I_s = 0.60$ .

Los modelos estructurales presentados en este trabajo son los más cercanos a las estructuras reales, pues sus periodos obtenidos mediante ambos métodos (experimental y analítico) son muy similares, lo que garantiza un margen de error mínimo en el modelado de dichas estructuras, y la obtención de los parámetros necesarios para la aplicación del método para calcular la vulnerabilidad sísmica. No se presenta el fenómeno de resonancia entre el suelo y los edificios pues en todos los casos no coinciden los periodos fundamentales del suelo con los de la estructura.

La presente investigación aporta una idea general del estado de vulnerabilidad que presentan las edificaciones en otros países, no cumpliendo con las normativas y reglamentos del país, aportando factores claves que se plantea en la hipótesis.

### ***“Evaluación de riesgo sísmico de viviendas unifamiliares de Vinces”***

(Aviles, 2018), Evaluó el riesgo sísmico de viviendas unifamiliares de Vinces, de esta manera evitar que una población sea vulnerable.

La población de estudio comprende a la intervención de las viviendas del cantón Vinces, datos estadísticos del censo poblacional 2010, el cantón cuenta con un perfil de asentamiento territorial marcadamente rural (el 57.8% de la población), tiene alrededor de 18.714 viviendas de las cuales 7.846 viviendas corresponderían a la zona

urbana y 10.868 a la zona rural de Vinces, la evaluación se realizó en la zona urbana solo a viviendas unifamiliares este cantón.

Mediante la ficha de evaluación generada por la Universidad de Guayaquil de un proyecto Semilla denominado Determinación de la estabilidad de una estructura por medio de análisis visual y estadístico, se pudo cuantificar el estado estructural de las viviendas unifamiliares de Vinces, por lo cual los resultados obtenidos de esta encuesta han sido excelentes. De la muestra que nos representa las 7.846 viviendas unifamiliares de la zona urbana del cantón Vinces, determinamos que existen nueve tipologías de viviendas, de las cuales la vivienda con mayor probabilidad con un porcentaje del 41.57%, es la que tiene columnas de 20x20 y vigas de 20x20, y la segunda más probable con un porcentaje de 31.67%, es la que tiene columnas de 20x20 y vigas de 10x20. Se utilizó la norma NEC-15 para determinar el peligro sísmico, aplicándoles a los nueve modelos de viviendas la fuerza sísmica que nos da la norma, en donde se identificó a través de los modelos que las deformaciones que se producen por la aplicación de la fuerza sísmica cumplen con lo que nos indica la norma.

Este trabajo aporta con información que nos ayuda a ver la realidad en nuestro vecino país del Ecuador que la vulnerabilidad de sus edificaciones es más de la mitad similar al de nuestro país de Perú. Esto sigue haciendo a nuestro trabajo un tema de mucha importancia para salvaguardar la seguridad de la población peruana.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Sismo.**

Según (Ramos, 2007), Es una Vibración u oscilación de la superficie terrestre ocasionada por una perturbación transitoria del equilibrio elástico o gravitacional de las rocas en o bajo la superficie. Es un movimiento brusco

de la tierra causado por la brusca liberación de energía acumulada durante un largo tiempo.

#### **2.2.1.1. Hipocentro o foco.**

Es el lugar de la corteza terrestre en el cual se originan los sismos. En este se presentan las causas de los sismos y desde ahí se propagan en forma de ondas en todas las direcciones. Se encuentra a diferentes profundidades en el interior de la tierra; los sismos superficiales son los que se producen hasta los 60 km de profundidad, los intermedios entre los 60 y 300 km y los sismos profundos son aquellos cuyos focos se encuentran a mayores profundidades.

#### **2.2.1.2. Epicentro o Epifoco.**

Es la proyección del foco en la superficie terrestre.

#### **2.2.1.3. Distancia epicentral.**

Es la distancia entre la estación sismológica donde se registra un sismo y el epicentro del mismo.

#### **2.2.1.4. Profundidad focal.**

Es la distancia vertical entre el foco de un sismo y su epicentro.

### **2.2.2. Vulnerabilidad sísmica.**

Según Vizconde (2019), Se denomina vulnerabilidad sísmica al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. De este modo las estructuras se pueden calificar en “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante un evento sísmico. Se debe tener en cuenta que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a la misma, además, es

independiente de la peligrosidad del lugar ya que se ha observado en sismos anteriores que edificaciones de un tipo estructural similar sufren daños diferentes, teniendo en cuenta que se encuentran en la misma zona sísmica. En otras palabras, una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica.

#### **2.2.2.1. Vulnerabilidad estructural**

Este tipo de vulnerabilidad se refiere a la capacidad de los elementos estructurales a ser dañados, frente a sismos que se inducen en ella.

“En este sentido es necesario comprender que los elementos estructurales son los que se encargan en la transmisión de las fuerzas estáticas y dinámicas en la estructura como lo son las columnas, vigas, zapatas, etc.” (Criollo y Santiesteban, 2018).

#### **2.2.2.2. Vulnerabilidad no estructural**

La vulnerabilidad no estructural se referencia al daño que pueden sufrir los elementos no estructurales como los equipamientos, elementos arquitectónicas y artefactos; los cuales evidentemente no afectan estructuralmente a la edificación. Este tipo de vulnerabilidad es muy factible encontrar en edificaciones de alta importancia como escuelas y hospitales (Criollo y Santiesteban, 2018).

#### **2.2.2.3. Vulnerabilidad funcional**

“La vulnerabilidad funcional comprende el estudio de la susceptibilidad de la funcionabilidad una edificación ante la ocurrencia de un sismo; esta consiste en evaluar los principales

servicios, como el de agua potables, desagüe, eléctrico entre otros”  
(Criollo y Santiesteban, 2018).

### **2.2.3. Riesgo sísmico**

Según la revista Geodocente (2020), La actividad sísmica que se produce en la litosfera terrestre está inducida por la liberación súbita de la energía acumulada en las rocas. Esta energía se libera cuando los esfuerzos a los que está sometida la litosfera, producen el movimiento de una falla. La mayoría de estas fuerzas están relacionadas con la tectónica de placas.

Los movimientos de las diferentes placas que conforman la superficie terrestre producen la acumulación de esfuerzos en toda la litosfera. Por ello, la mayor parte de la sismicidad está localizada en los principales límites de placas, aunque también se pueden producir terremotos en zonas alejadas de estos límites (sismicidad intraplaca). También hay que tener en cuenta que, aunque la energía transmitida desde los límites de placas es la responsable de la mayor parte de los terremotos, existen otra serie de procesos que pueden inducir la ocurrencia de sismos, alguno de ellos de origen natural, como los volcanes; y otros de origen antrópico, como pueden ser grandes explosiones, asentamiento de grandes embalses, etc...

Aproximadamente se producen más de un millón de terremotos al año en el mundo, susceptibles de ser registrados por las diferentes agencias y organismos encargados de la vigilancia y prevención sísmica en el mundo. Del total, son menos de 50.000 los que pueden ser sentidos por la población, y de ellos menos de 10.000 son los que producen daños de diversa consideración.

## 2.2.4. PELIGRO SÍSMICO

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNP) (2018), menciona que:

### 2.2.4.1. Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo N° 1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.

### 2.2.4.2. Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio

**Microzonificación Sísmica:** Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

**Estudios de Sitio:** Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos



naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

#### 2.2.4.3. Condiciones Geotécnicas

**Perfiles de Suelo:** Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $\bar{V}_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $\bar{N}_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\bar{S}_u$ ) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, como se indica en el numeral 2.3.2. Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $\bar{N}_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo. Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de  $\bar{N}_{60}$  para los estratos con suelos granulares y de  $\bar{S}_u$  para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

##### a) Perfil Tipo S0: Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $\bar{V}_s$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $\bar{V}_s$ .

**b) Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos**

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $q_u$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $N_{60}$  mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

**c) Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios**

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$ , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

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

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$  menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  menor que 25 kPa.

**e) Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales**

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S4 cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

---

**Tabla N° 2**  
**CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO**

---

Perfil	V <sub>s</sub>	N <sub>60</sub>	S <sub>u</sub>
S0	> 1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

---

**Definición de los Perfiles de Suelo**

Las expresiones de este numeral se aplicarán a los 30 m superiores del perfil de suelo, medidos desde el nivel del fondo de cimentación. El subíndice i se refiere a uno cualquiera de los n estratos con distintas

características, m se refiere al número de estratos con suelos granulares y k al número de estratos con suelos cohesivos.

**a) Velocidad Promedio de las Ondas de Corte,  $\bar{V}_s$**

La velocidad promedio de propagación de las ondas de corte se determinará con la siguiente fórmula:

*Ecuación 1 Velocidad promedio de propagación*

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{V_{si}}\right)}$$

donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los n estratos y  $V_{si}$  es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s).

**b) Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración,  $\bar{N}_{60}$**

El valor  $\bar{N}_{60}$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos granulares en los 30 m superiores del perfil:

*Ecuación 2 Promedio estándar de penetración*

$$\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{N_{60i}}\right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los m estratos con suelo granular y  $N_{60i}$  es el correspondiente valor corregido del SPT.

**c) Promedio Ponderado de la Resistencia al Corte en Condición no Drenada,  $\bar{S}_u$**

El valor  $\bar{s}_u$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos cohesivos en los 30 m superiores del perfil:

*Ecuación 3 Resistencia promedio al corte*

$$\bar{s}_u = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{s_{ui}}\right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $k$  estratos con suelo cohesivo y  $s_{ui}$  es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa).

#### 2.2.4.4. Parámetros de Sitio (S, $T_P$ y $T_L$ )

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los períodos  $T_P$  y  $T_L$  dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

**Tabla N° 3  
FACTOR DE SUELO "S"**

SUELO ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

**Tabla N° 4**  
**PERIODOS "Tp" Y "Tl"**

	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
TP (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
TL (s)	3.00	0.25	2.00	1.60

#### 2.2.4.5. Factor de Amplificación Sísmica (C)

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

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

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

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

T es el período de acuerdo al numeral 4.5.4, concordado con el numeral 4.6.1.

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

#### 2.2.5. Tipos de sismos.

Según, (Noticias ciencia Hoy, 2019). Los sismos pueden ser.

##### **Superficiales:**

son aquellos terremotos cuyo foco no va más allá de los 70 kilómetros de profundidad. Generalmente estos terremotos son los más destructivos, ya que tiene un impacto más directo con la superficie terrestre. Los terremotos

superficiales son también los más frecuentes y generalmente el hipocentro se ubica entre los 10 y 25 kilómetros de profundidad.

**Intermedios:**

el foco ocurre a una profundidad entre 70 y 300 kilómetros de profundidad.

**Profundos:**

estos eventos sísmicos tienen su foco fuera de los límites de la litósfera, a más de 300 kilómetros de profundidad. Son casi imperceptibles debido a la lejanía con la superficie terrestre y también son menos frecuentes, disminuyendo drásticamente en frecuencia cuando el foco se encuentra bajo los 650 kilómetros. Este tipo de sismos se denominan Batisismos.

#### **2.2.6. Análisis Sísmico.**

Según, (Formación y consultoría Eadic. 2020). Para el análisis sísmico de una estructura es necesario estudiar las fuerzas de inercia generadas al producirse una aceleración en la cimentación de la estructura. El problema en estos casos tiene históricamente dos partes, la primera es determinar cuál es la historia de aceleraciones “pésima” dentro de las posibles en una localización determinada, el segundo analizar cómo estas aceleraciones se transmiten en forma de fuerzas.

#### **2.2.7. Cinturón de fuego del pacifico**

“El cinturón de fuego es un conjunto de fronteras de placas tectónicas que se encuentra en el pacífico, comprendiendo, desde las costas de Asia hasta América, donde está la actividad sísmica y volcánica más grande del mundo.



Se extiende sobre 40.000 km y cuenta con la forma de una herradura. Tiene 452 volcanes y en él está más del 75 % de los volcanes activos e inactivos del planeta. Las cifras no dejan lugar a dudas, el 90% de los terremotos del mundo y el 80% de los más grandes del mundo se producen en ésta zona” (Okdiario, 2019)

### **2.2.8. Falla estructural**

Según (Gómez, 2011), El término “falla estructural” no es tan preciso como podemos imaginar. En sentido restringido, una falla estructural se refiere a un colapso en el cual la estructura se rompe en pedazos. Sin embargo, en la mayoría de los casos el término incluye otras condiciones aparte del colapso, que pueden ser no tan drásticas y aun así llevar a pérdidas grandes. Consideremos lo que dicen los autores sobre esto:

“Una falla no necesariamente significa el colapso total, pero también puede aplicarse a una limitación, como cuando una construcción no puede desempeñarse de acuerdo con la intención original” (ASCE, pp. 49).

Las fallas que ocurren en estructuras de concreto se pueden clasificar en las siguientes categorías:

#### **2.2.8.1. Fallas durante la concepción y diseño del proyecto**

Las fallas por concepción y diseño de una estructura pueden darse por muchas razones, entre ellas:

- Por ausencia de cálculos o por no valorar todas las cargas y condiciones de servicio.

- Por falta de un diseño arquitectónico apropiado. El diseño estructural debe incluir los conceptos arquitectónicos y viceversa.
- Por falta de drenajes apropiados. El desagüe sobre el concreto hay que evitarlo; lo mismo que la presencia de agua estancada. Del mismo modo deben reducirse las salpicaduras y los ciclos de humedecimiento y secado.
- Por no proyectar juntas de contracción, de dilatación o de construcción. Hay que entender que el diseño y construcción de estructuras de concreto implica la presencia de fisuras y grietas, que deben ser controladas mediante la disposición del llamado “acero de contracción” o juntas.
- Por no calcular de manera apropiada todos los esfuerzos y confiarse en los programas tecnológicos.
- Por no dimensionar apropiadamente los elementos estructurales y no disponer apropiadamente el refuerzo.
- Por imprecisiones en los métodos de cálculo o en las normas.
- Por no especificar la resistencia y características apropiadas de los materiales que se emplean (concretos y aceros).
- Por no tolerar deformaciones excesivas en el cálculo.
- Por falta de detalles constructivos en los planos.
- Por falta de integración de las necesidades totales de la estructura (redes hidrosanitarias, ventilación, iluminación, necesidades de los clientes).
- Modificaciones en obra no acordadas con los diseñadores

### 2.2.8.2. Fallas por materiales

Como fallas más usuales por materiales, se pueden distinguir las siguientes:

- Por selección inapropiada y falta de control de calidad de los ingredientes de la mezcla.
- Por no diseñar o dosificar adecuadamente la mezcla.
- Por no respetar las tolerancias permisibles en el asentamiento de la mezcla.
- Por utilizar agregados de tamaño equivocado.
- Por utilizar exceso de aire incluido.
- Por adicionar agua sin control a la mezcla.
- Por no disponer de un factor de seguridad apropiado en el diseño de la mezcla.
- Por no usar la curva de relación agua/material cementante de los materiales disponibles.
- Por utilizar poco cemento (mezclas pobres o porosas), o por emplear exceso de cemento (mezclas ricas con alta contracción y fisuración).
- Por usar mezclas pastosas (con exceso de mortero) o piedrudas (con exceso de agregado grueso). Este tipo de mezclas tiene alta tendencia a la segregación y a la exudación.
- Por retardos excesivos en el fraguado. El retraso en el fraguado de un concreto, puede traer como consecuencia la formación de fisuras por asentamiento y/o contracción plástica; además, puede afectar la adherencia mecánica entre el acero de refuerzo y el mismo concreto.

- Por la presencia del fenómeno de falso fraguado, que tiende a inducir un incremento en el agua de mezclado con la consecuente alteración de la relación agua/material cementante.
- Por fraguados acelerados que generan estructuras de pega pobres y por lo tanto bajas resistencias mecánicas.
- Por bajas resistencias en el concreto de calidad al concreto, con lo cual se desconoce su capacidad resistente y su comportamiento.
- Por acero de refuerzo de calidad inapropiada o por insuficiencia en los anclajes y/o longitudes de desarrollo.
- Por no contar con suficientes ensayos de laboratorio que aseguren la calidad de los materiales constitutivos y la resistencia esperada de la mezcla.

### **2.2.8.3. Fallas por construcción**

Existen muchos sistemas de construcción de estructuras de concreto reforzado y preesforzado, que en muchos casos demandan una metodología y unos cuidados específicos. Es decir, que debe haber una experiencia previa, unos cuidados y unas calificaciones de la mano de obra, un control de calidad y unas precauciones que permitan obtener la calidad especificada. Sin embargo, las fallas más comunes por los aspectos constructivos se dan por las siguientes causas:

- Por no calcular y diseñar la formaleta.
- Por defectos o deformación de la formaleta.
- Por no respetar las tolerancias dimensionales permisibles en los elementos.

- Por no inspeccionar la formaleta antes del vaciado, para verificar su integridad y estabilidad.
- Por no colocar apropiadamente ni asegurar el acero de refuerzo, permitiendo el desplazamiento durante el vaciado.
- Por no respetar la separación de barras y el recubrimiento de norma, mediante el uso de separadores adecuados.
- Por no inspeccionar el acero de refuerzo antes del vaciado, para verificar el cumplimiento de los planos y especificaciones.
- Por utilizar malos procedimientos de izaje y montaje de elementos prefabricados, con lo cual se inducen deformaciones no previstas, impactos, u otras condiciones que alteran sus propiedades.
- Por inadecuada interpretación de los planos.
- Por malas prácticas de manejo, colocación y compactación del concreto.
- Por inexistencia o falta de juntas apropiadas de contracción, dilatación o construcción.
- Por no adelantar procedimientos adecuados de protección y curado del concreto.
- Por precargar la estructura antes de que el concreto tenga suficiente capacidad resistente.
- Por picar o abrir huecos en la estructura para soportar o conectar instalaciones anexas a la estructura.

#### **2.2.8.4. Fallas por operación de las estructuras**

El comportamiento real de una estructura y su seguridad bajo las cargas y condiciones previstas de servicio, se fundamentan en un buen diseño, el uso de los materiales indicados, y la calidad de la construcción. Existe un periodo de tiempo para el cual la estructura se considera vigente hasta que se completa un cierto y determinado nivel aceptable de deterioro, bajo las condiciones de uso. Sin embargo, en la práctica la vida útil de servicio, puede acabar antes del tiempo previsto por “abuso” de la estructura (por ejemplo: incremento de las cargas permitidas o acción de fenómenos accidentales como impactos, explosiones, inundaciones, fuego, u otras); o por “cambio de uso” (por ejemplo: cambio de las cargas de servicio y cambio de las condiciones de exposición). Sin embargo, hay que reconocer que las condiciones de servicio y el envejecimiento y deterioro de los materiales como el concreto, en realidad, son impredecibles.

#### **2.2.8.5. Fallas por falta de mantenimiento**

Las condiciones de servicio y el envejecimiento y deterioro de los materiales como el concreto, en la realidad, no son totalmente predecibles; y por lo tanto, para mantener la confianza en la integridad estructural, el comportamiento, la funcionalidad, la estabilidad, la durabilidad y la seguridad, es necesario realizar unas inspecciones rutinarias que derivarán en la necesidad de un mantenimiento, reparación, rehabilitación o refuerzo de la estructura. En la práctica, después de la puesta en servicio de una estructura, debería iniciarse el mantenimiento de la misma con una inspección preliminar y con base en ello y en las condiciones de operación del proyecto elaborar un

“Mantenimiento” Este mantenimiento, puede ser preventivo, correctivo o curativo según el grado de deterioro o de defectos que exhiba la estructura.

**El mantenimiento preventivo** contempla los trabajos de reparación necesarios para impedir posibles deterioros o el desarrollo de defectos ya apreciados.

**El mantenimiento correctivo**, hace referencia a la restitución de las condiciones originales del diseño, de manera tal que se restablezcan los materiales, la forma o la apariencia de la estructura.

**El mantenimiento curativo**, tiene lugar cuando hay que reemplazar porciones o elementos de una estructura, por deterioro o defecto. La demolición reparación de miembros estructurales son técnicas empleadas para practicar el mantenimiento curativo.

#### **2.2.9. Elementos estructurales.**

“Cada una de las piezas que forman parte de una estructura, posee un carácter unitario y se muestra de la misma manera bajo la acción de una carga aplicada. También llamada miembro estructural, pieza estructural”. (Diccionario de Arquitectura y construcción, 2020).

##### **2.2.9.1. Columna**

“Soporte vertical de gran altura respecto a su sección transversal”. (Real Academia Española, 2020).

### 2.2.9.2. Muros

Un muro es una construcción que permite dividir o delimitar un espacio. El término suele utilizarse como sinónimo de pared, muralla o tapia, según el contexto. Por ejemplo: “Tres reclusos escaparon al trepar el muro de la prisión”, “Ten cuidado, no te acerques al muro que acabo de pintarlo”, “La ciudad está dividida por un muro que separa la zona católica de la región musulmana”. (Pérez & Merino, 2012).

### 2.2.9.3. Vigas

Las vigas son elementos estructurales que pueden ser de concreto armado, diseñado para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes, en una sola dirección. Una viga puede actuar como elemento primario en marcos rígidos de vigas y columnas, aunque también pueden utilizarse para sostener losas macizas o nervadas. La viga soporta cargas de compresión, que son absorbidas por el concreto, y las fuerzas de flexión son contrarrestadas por las varillas de acero corrugado, las vigas también soportan esfuerzos cortantes hacia los extremos por tanto es conveniente, reforzar los tercios de extremos de la viga. Para lograr que este elemento se dimensiones cabe tener en cuenta la resistencia por flexión, una viga con mayor peralte (altura) es adecuada para soportar estas cargas, pero de acuerdo a la disposición del proyecto y su alto costo hacen que estas no se convenientes. Para lograr peraltes adecuados y no incrementar sus dimensiones, es conveniente incrementar el área del acero de



refuerzo para compensar la resistencia a la flexión. (Arquitectura Construcción & diseño, 2014).

#### **2.2.9.4. Losas**

Una losa es una piedra lisa, de escaso grosor, que se utiliza en el terreno de la construcción. Con las losas se pavimenta el suelo, se desarrollan tejados y se revisten paredes, por ejemplo.

Las losas, por lo tanto, son materiales constructivos. Más allá de su uso en edificaciones, desde la antigüedad se emplean para elaborar diferentes clases de estructuras. (Pérez & Gardey, 2018).

#### **2.2.10. Rigidez en elementos estructurales.**

Según (Carlos, 2020), es la propiedad que tiene un elemento estructural para oponerse a las deformaciones o, dicho de otra manera, la capacidad de soportar cargas sin deformarse o desplazarse excesivamente. La rigidez de las estructuras está en función del módulo de elasticidad del concreto, el momento de inercia y la longitud del elemento.

#### **2.2.11. Resistencia del concreto.**

Según (Carlos, 2020), es la capacidad de un concreto de soportar esfuerzos sin romperse, y depende de las propiedades mecánicas de los materiales que lo constituyen (resistencia mecánica, módulo de elasticidad, etc.) y del tamaño de la sección.

#### **2.2.12. Acelerograma.**

Según (Carlos, 2020), Descripción en el tiempo de las aceleraciones a que estuvo sometido el terreno durante la ocurrencia de un sismo real.

#### **2.2.13. Aceleración espectral.**

Según (Carlos, 2020), Descripción en el tiempo de las aceleraciones a que estuvo sometido el terreno durante la ocurrencia de un sismo real.

#### **2.2.14. Aceleración pico.**

Según (Carlos, 2020), Descripción en el tiempo de las aceleraciones a que estuvo sometido el terreno durante la ocurrencia de un sismo real.

#### **2.2.15. Inercia**

Según (Significados, 2017), La inercia, en física, es la propiedad que posee los cuerpos de oponerse a un cambio de su estado de reposo o movimiento en que se encuentran. Como tal, la inercia es la resistencia ofrecida por un cuerpo a la alteración de su estado en reposo o movimiento.

Por otro lado, en geometría, momento de inercia o segundo momento de área, es una propiedad geométrica que se relaciona con la adición de los productos que se obtiene de multiplicar cada elemento de la masa por el cuadrado de su distancia al eje. Mayor distancia entre la masa y el centro de rotación, mayor es el momento de inercia.

#### **2.2.16. Distorsión de entrepiso.**

Según (Castillo, 2019), Se conoce como distorsión de entrepiso o deriva al cociente entre la diferencia de desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos de la estructura entre la altura de dicho entrepiso.

## **CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS**

### **3.1. Formulación de la hipótesis influye significativamente (título)**

El análisis de la vulnerabilidad sísmica frente a los sismos ocurridos en Perú-Ica 2007 y Perú-Yungay 1970 de dos edificios de 06 pisos en la urbanización San Isidro Trujillo 2020 resulta con una vulnerabilidad alta, en vista que más del 60% de edificaciones son más de 6 pisos hace que toda la urbanización resulte vulnerable.

### 3.2. Operacionalización de variables

3.3.

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA FRENTE A LOS SISMOS OCURRIDOS EN PERÚ-ICA 2007 Y CHILE-VALDIVIA 1960, DE DOS EDIFICIO DE 06 PISOS EN URBANIZACIÓN SAN ISIDRO, TRUJILLO.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	UNIDADES DE MEDIDA
<b>VULNERABILIDAD SISMICA.</b>	La definición de vulnerabilidad está referida y se aplica a la susceptibilidad que tiene una edificación de sufrir cierto grado de daño y afectación como consecuencia de la acción de un evento sísmico de determinadas características. El grado de daño se define como el nivel de deterioro	Con ayuda de un programa estructural, se hará la modelación de las estructuras en 3D y en este se ntroduciran los sismos reales tanto de Ica-Perú 2007 y Valdivia-Chile 1960, para simular el sismo de igual magnitud en las muestras y en base a esto determinar que tan vulnerables serian este tipo de estructuras frente a los sismos ocurrido en esas fechas. asmismo plantear un modelo de estructura para que las edificaciones	<b>VERIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURACIÓN DE DOS EDIFICIOS</b>	<b>ESTADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	ORDINAL	(m3)
			<b>VERIFICACIÓN SI LA CONSTRUCCIÓN ES REGULAR O IRREGULAR</b>	REGULARIDAD EN PLANTA	ORDINAL	(m)

<p>físico que pueden sufrir los elementos de una edificación, denominándose afectación al nivel de perturbación funcional que puede sufrir la misma. Desde el punto de vista cualitativo el daño sísmico puede ser de dos tipos: el daño estructural y el daño no estructural, dependiendo si el elemento forma parte o no del sistema resistente de la edificación. (Ugel, 2015)</p>	<p>futuras esten seguras y menos vulnerables.</p>	<p>REGULARIDAD EN ALTURA</p>			
		<p>CAMBIO DE MATERIALES</p>	<p>ORDINAL</p>	<p>(m3)</p>	
	<p><b>RECOMENDACIÓN DE UN POSIBLE REFORZAMIENTO</b></p>	<p>ADICION DE MAS MATERIAL</p>			
		<p>MODELAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS EN 3D</p>	<p>EN UN PROGRAMA DE ANALISIS ESTRUCTURAL</p>	<p>ORDINAL</p>	<p>(m3)</p>
		<p><b>VERIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LAS EDIFICACIONES</b></p>	<p>DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES Y LATERALES</p>	<p>ORDINAL</p>	<p>(m/s2)</p>

---

**SUELO  
ESTRUCTURA**

---

DERIVAS DE  
ENTREPISO

---

**HACER UN  
ANÁLISIS TIEMPO  
HISTORIA**

SISMO REAL ICA-  
PERÚ 2007

ORDINAL

(m/s<sup>2</sup>)

SISMO REAL  
VALDIVIA-CHILE  
1960

---

**COMPARACIÓN DEL  
ANÁLISIS ESTÁTICO  
VS EL ANÁLISIS  
TIEMPO HISTORIA  
ICA-PERÚ 2007**

ANALISIS ESTATICO  
VS TIEMPO  
HISTORIA EDFICIO  
01

ORDINAL

(m/s<sup>2</sup>)

---

---

ANALIS ESTATCO  
VS TIEMPO  
HISTORIA EDIFICIO  
02

---

**COMPARACIÓN DEL  
ANÁLISIS ESTÁTICO  
VS EL ANÁLISIS  
TIEMPO HISTORIA  
VALDIVIA-CHILE  
1960**

ANALISIS ESTATICO  
VS TIEMPO  
HISTORIA EDFICIO  
01

ORDINAL (m/s<sup>2</sup>)

ANALIS ESTATCO  
VS TIEMPO  
HISTORIA EDIFICIO  
02

---

**COMPARACIÓN DE  
LOS ANÁLISIS**

ANALISIS TIEMPO  
HISTORIA DEL

ORDINAL (m/s<sup>2</sup>)

---

---

**TIEMPO HISTORIA  
DE AMBOS SISMOS**

EDIFICIO 01 VS  
EDIFICIO 02

---

**VERIFICACIÓN DE  
LAS  
DEFORMACIONES**

DEFORMACIONES  
VERTCALES

ORDINAL

(mm)

DEFORACIONES  
HORIZONTALES

---

**DETERMINACIÓN  
DEL GRADO DE  
VULNERABILIDAD  
QUE TENEN LAS  
ESTRUCTURAS**

VULNERABILIDAD  
BAJA

VULNERAVILIDAD  
MEDIA

ORDINAL

(%)

VULNERABILIDAD  
ALTA

ORDINAL

(m3)

---



---

<b>RECOMENDACIÓN DE LA MEJOR MANERA DE REFORZAMIENTO</b>	<b>REFORZAMIENTO DE VIGAS</b>
	<b>REFORZAMIENTO DE COLUMNAS</b>
	<b>REFORZAMIENTO DE LOSAS</b>

---

## **CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Tipo de diseño de investigación.**

#### **4.1.1. Por el propósito.**

La presente investigación es Aplicada.

#### **4.1.2. Según el diseño de investigación.**

La investigación es no experimental. Ya que para la ejecución del proyecto se tiene únicamente una variable, no se hará manipulación de las variables solo se tomará datos reales.

#### **4.1.3. Según el nivel**

Este trabajo es de carácter descriptivo.

### **4.2. Diseño de la investigación**

La presente investigación es un diseño no experimental

#### **4.2.1. Tipo de diseño.**

La investigación es de tipo longitudinal de panel ya que es el mismo grupo de estudio es examinado.

### **4.3. Material.**

#### **4.3.1. Unidad de estudio.**

Dos edificios de seis pisos cada uno, haciendo un análisis estático y Tiempo Historia para cada edificio usando un programa estructural.

#### **4.3.2. Población.**

Dos edificios de la Urb. San Isidro en la ciudad de Trujillo observado durante el año 2019.

#### **4.3.3. Muestra.**

Dos edificios de 06 pisos, de la urbanización San Isidro – Trujillo-Perú. Los cuales se tomaron de manera conveniente mediante la observación de las estructuras más comunes en la zona, los cuales se analizarán con dos diferentes sismos. Con el análisis estático según la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el análisis tiempo historia con los sismos de Ica-Perú 2007 y Yungay-Perú 1970.

### **4.4. Métodos.**

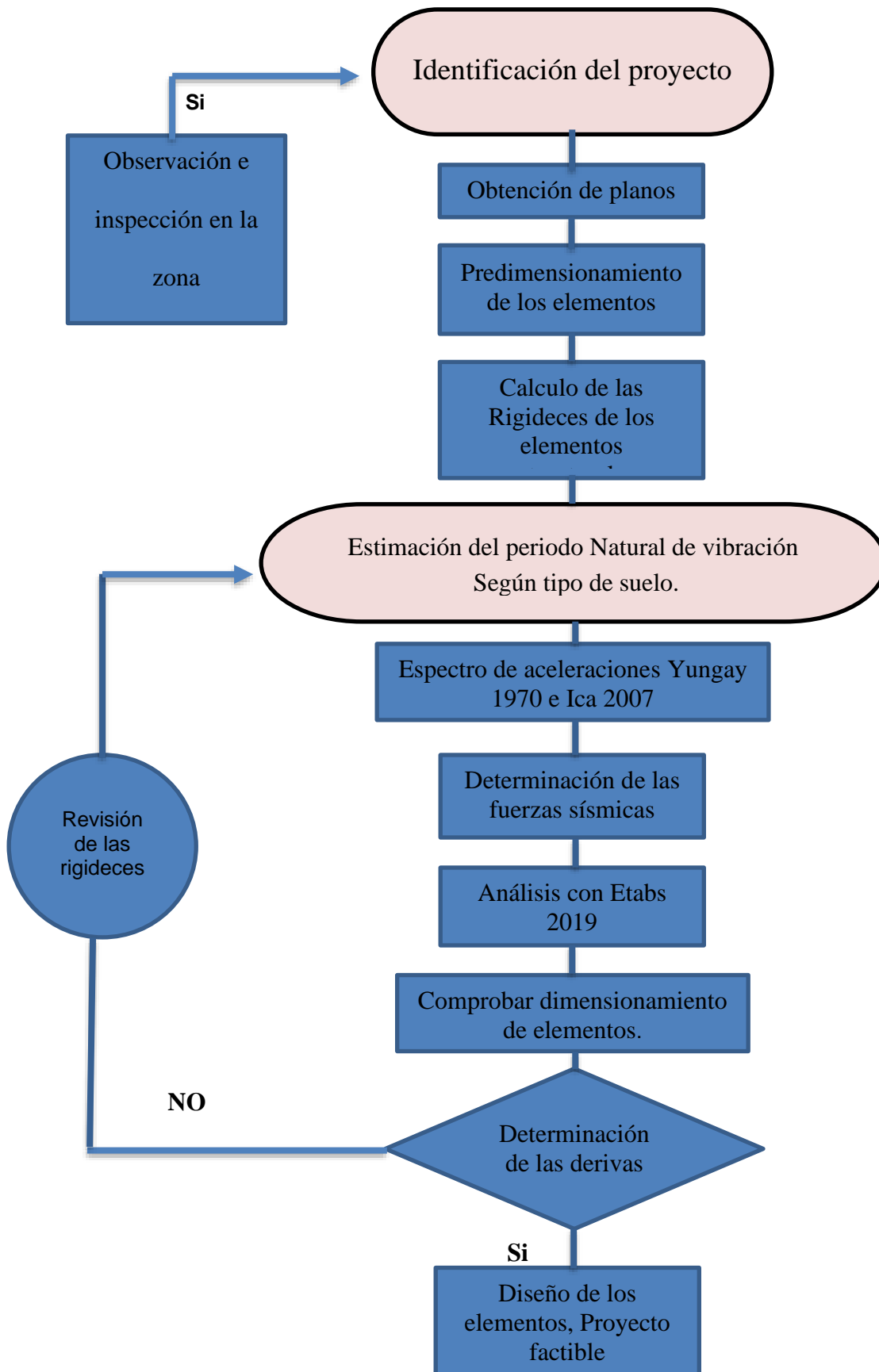
#### **4.4.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos**

Se realizará una observación detallada mediante una guía de observación (Ver anexo N° 1), observando características que delaten a la estructura de estar mal ejecutada y de necesitar una verificación profesional. Tales como columnas muy esbeltas, grietas en los principales elementos estructurales, edificaciones no simétricas, altura de pisos no homogéneas, ver si cuenta con junta sísmica entre cada edificio, en fin el riesgo a la que está expuesta, ya sea cables sin un debido orden que pueden generar un incendio, tubería expuesta a un incendio, el peligro que ocasionará dichos detalles en la edificación, la amenaza que presenta en la ubicación ya que puede generar daños en las edificaciones vecinas, para lo cual se usará una cámara Fotográfica y una libreta de apuntes para registrar el estado en el que se encuentren las edificaciones y una ficha de observación.

#### **4.4.2. Instrumentos de recolección de datos.**

Para la recolección de datos se hizo con ayuda de la guía de observación (anexo 01), observando las edificaciones más importantes en la zona, ya sea por su altura sobresaliente, tal es el caso de hoteles o edificios residenciales, en resumen, los más visibles en la Urbanización, para esto se realizó mediante la observación presencial, recorriendo las calles de la urbanización buscando tener el acceso que permita hacer el proyecto de investigación, tanto externa como interna de las estructuras, siendo elegidas de manera conveniente por la facilidad del acceso para el proyecto de investigación.

#### 4.4.3. Procedimientos



#### 4.4.3.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

##### a) Losa aligerada por cada paño.

Para este proceso se usará la siguiente formula

*Ecuación 4 Espesor de losa*

$$H = \frac{Ln}{25}$$

- H es el espesor de la losa, incluyendo la medida del ladrillo más los 5cm de recubrimiento
- Ln viene a ser la Luz nominal o (luz en sentido del aligerado)

##### b) Vigas por cada tramo

Para este caso usaremos las formulas siguientes. Para determinar el peralte y ancho de cada una de las vigas.

*Ecuación 6 Peralte de viga*

$$\left(\frac{1}{8} \text{ a } \frac{1}{12}\right) L = H$$

*Ecuación 5 Peralte de viga*

$$\left(\frac{1}{2} \text{ a } \frac{2}{3}\right) H = B$$

Donde:

- L es la longitud libre de la viga
- H es el peralte de la biga
- B es el ancho de la viga

### c) Columnas

Para efectuar este cálculo tomaremos en cuenta que la edificación es para una vivienda, perteneciente a la categoría C lo que le correspondería un  $P=1000\text{Kg/m}^2$ .

Teniendo claro esta usaremos siguientes fórmulas para nuestro caso.

*Ecuación 7 Área de columna*

$$\frac{P \text{ servicio}}{0.35 f'c}$$

### d) Zapatas

Considerando que la zona en la que se encuentra la edificación es Trujillo-San Isidro. Se tiene que es un suelo Intermedio y según zonificación  $Z=4$ , para este cálculo se empleara la formula siguiente.

*Ecuación 8 Área de zapata*

$$A_{\text{zap}} = \frac{P_{\text{servicio}}}{K * q_{\text{ad}}}$$

Siendo:

- K factor de dureza del suelo (0.8 para nuestro caso)
- $Q_{\text{ad}}$  = capacidad portante del suelo

### e) Calculo de las rigideces de los elementos estructurales

*Ecuación 9 Elasticidad del concreto*

$$E = 15000\sqrt{f'c}$$

*Ecuación 10 Inercia*

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

*Ecuación 9 Factor de dureza*

$$K = \frac{12EI}{L^3}$$

Para el cálculo de las rigideces se hará en dos partes para el primer piso que es de una altura de 3.5m y para los pisos superiores que es de altura 2.5 respectivamente. Hallando primeramente la inercia de la columna de medidas

(0.6 x 0.3) m y teniendo en cuenta la ecuación número 7 de módulo de elasticidad para un concreto  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$

**f) Estimación del periodo natural según tipo de suelo**

Para cada caso del suelo intermedio. Con el análisis Dinámico espectral con acelerograma de suelo intermedio y para Análisis Dinámico Tiempo Historia con acelerograma de Ica 2007 los periodos se calculan mediante el programa SAP2000 y son iguales.

**g) Espectro de aceleración de los sismos**

Para hacer el Espectro de aceleración se usará, el espectro de suelo intermedio para el análisis Dinámico Espectral, y para el análisis Dinámico Tiempo Historia el programa SeismoMatch, programa recomendado por Taylor – Principal fabricante de disipadores de energía viscosos según el Dr Gener Villareal Castro en su libro Edificaciones con disipadores Viscosos. Escalando el acelerograma con  $R=1$

**h) Determinación de las fuerzas sísmicas.**

Con ayuda del programa SAP2000 se calcularán las fuerzas de diseño por sismo, para el análisis Dinámico Espectral y el análisis dinámico Tiempo Historia

**i) Análisis con Etabs**

Se debe hacer el modelamiento de las estructuras con ayuda del programa el cual nos ayudará para poder hacer un análisis detallado de cada estructura con el método planteado.



**j) Comparación de las distorsiones.**

En el programa podremos observar las distorsiones tanto en el eje X como en el eje y podremos compararlas para ver cuál de las estructuras tiene mayor distorsión y en qué sentido se dan dichas distorsiones.

**k) Periodos de vibración.**

Para determinar los periodos de vibración de cada edificio se debe tener la altura de cada piso que de determina en los planos y verificados en el interior de cada edificio.

**l) Comparación del análisis estático con la norma E030 del RNE**

Con ayuda del programa estructural ETABS se hará el análisis estático rigiéndonos a la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones E030, y se podrá comparar el análisis de cada edificación.

**m) Comparación del análisis tiempo historia de cada edificio.**

De la misma forma que el análisis estático se hará el análisis tiempo historia para cada edificación y se compararan para su respectivo análisis.

**n) Diseño final de la estructura.**

En base a todo el análisis y viendo la vulnerabilidad de cada edificio frente a los sismos analizados se planteará un modelo común para este tipo de estructuras con las especificaciones mínimas para su ejecución.

## CAPÍTULO 5. DESARROLLO

### 5.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

#### Edificio N°01

##### a) Predimensionamiento de losa aligerada

Según el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) se tiene la formula

$$H = \frac{Ln}{25}$$

Tabla 1 Predimensionamiento por paño de losa aligerada edificio N°01.

#### 1) LOSAS ALIGERADA PARA CADA PAÑO

PAÑO	Ln	H
1	4.15	0.166
2	4.20	0.168
3	3.20	0.128
4	4.20	0.168
5	3.20	0.128
6	5.00	0.2

Fuente 1 Espesor de losa por cada paño. Elaboración: Autor de la tesis

Tabla 2 Predimensionamiento por paño de losa aligerada edificio N°02

PAÑO	Ln	H
1	4.55	0.182
2	4.55	0.182
3	4.55	0.182
4	4.55	0.182
5	4.55	0.182
6	4.55	0.182
7	4.55	0.182
8	4.55	0.182
9	3.63	0.145
10	3.63	0.145

Fuente 2 Espesor de losa por cada paño. Elaboración: Autor de la tesis.

Fuente: “Aplicación del Método Marshall y Granulometría Superpave en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño (2012).”

Elaboración: Autor de la tesis

b) **Vigas por cada tramo**

Se hace mediante la siguientes formulas

$$\left(\frac{1}{8} \text{ a } \frac{1}{12}\right) L = H$$

$$\left(\frac{1}{2} \text{ a } \frac{2}{3}\right) H = b$$

Tabla 3 Predimensionamiento de vigas edificio 01.

2) VIGAS CADA TRAMO

SEGÚN ACI									
	N°	L	H			b		b final	Nombre
			1/8	1/12	H final	1/2	2/3		
VERTICAL	1,2,9,10	4.15	0.519	0.346	0.43	0.2165	0.29	0.25	v1
	3,4,5,6,7,8	3.30	0.413	0.275	0.34	0.17	0.23	0.20	v1
HORIZONTAL	1	4.00	0.500	0.333	0.42	0.2085	0.28	0.24	v2
	2,3,4,5	4.00	0.500	0.333	0.42	0.2085	0.28	0.24	v2

Fuente 3 Predimensionamiento de vigas en cada sentido. Elaboración: Autor de la tesis

Tabla 4 Predimensionamiento de vigas edificio 02.

	N°	L	H			b		b final	Nombre
			1/8	1/12	H final	1/2	2/3		
VERTICAL	1--12	2.63	0.329	0.219	0.27	0.1370	0.18	0.16	v1
	3,14	3.63	0.454	0.303	0.38	0.19	0.25	0.22	v2
HORIZONTAL	1--10	4.55	0.569	0.379	0.47	0.237	0.32	0.28	v2
	11	3.27	0.409	0.273	0.34	0.1705	0.23	0.20	v1

Fuente 4 Predimensionamiento de vigas en cada sentido. Elaboración: Autor de la tesis.

Fuente: “Aplicación del Método Marshall y Granulometría Superpave en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño (2012).”

Elaboración: Autor de la tesis

c) Predimensionamiento de columnas

Usando el factor de columna, teniendo en cuenta la categoría de la vivienda se tiene que:

Tabla 5 Predimensionamiento de columnas edificio 01.

3) COLUMNAS F'c 210  
Kg/Cm<sup>2</sup>

	TIPO	FACTOR	P =	1000	Kg/Cm <sup>2</sup>	VIVIENDA	A col. Min =	1000	LADO X (m)	LADO Y (m)	NOMBRE	
			F'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	A trib (m <sup>2</sup> )	P (Cat. C)	P servicio Kg/Cm <sup>2</sup>	N° Pisos	AREA COL. (Cm <sup>2</sup> )				LADO
C1	ESQ	0.35	210	5.35	1000	32100	6	436.73	31.62	30.00	15.00	C1
C2	ESQ	0.35	210	5.35	1000	32100	6	436.73	31.62	30.00	15.00	C2
C3	EXC	0.35	210	11.95	1000	71700	6	975.51	31.23	30.00	33.00	C1
C4	ESQ	0.35	210	12.61	1000	75660	6	1029.39	31.62	30.00	35.00	C2
C5	EXC	0.35	210	14.00	1000	84000	6	1142.86	33.81	30.00	39.00	C3
C6	EXC	0.35	210	14.00	1000	84000	6	1142.86	33.81	30.00	39.00	C3
C7	EXC	0.35	210	15.70	1000	94200	6	1281.63	35.80	40.00	33.00	C2
C8	EXC	0.35	210	15.70	1000	94200	6	1281.63	35.80	40.00	33.00	C2
C9	ESQ	0.35	210	9.10	1000	54600	6	742.86	31.62	30.00	25.00	C3
C10	ESQ	0.35	210	9.10	1000	54600	6	742.86	31.62	30.00	25.00	C3
			11286	112.86	677160.00							

Fuente 5 Predimensionamiento de columnas. Elaboración: Autor de la tesis.

Tabla 6 Predimensionamiento de columnas edificio 02.

		P =	1000	Kg/Cm <sup>2</sup>	VIVIENDA		A col. Min =	1000				
	TIPO	FACTOR	F'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	A trib (m <sup>2</sup> )	P (Cat. C)	P servicio Kg/Cm <sup>2</sup>	N° Pisos	AREA COL. (Cm <sup>2</sup> )	LADO	LADO X (m)	LADO Y (m)	NOMBRE
C1	ESQ	0.35	210	4.16	1000	24951.6	6	339.48	31.62	30.00	12.00	C1
C2	ESQ	0.35	210	7.83	1000	46996.2	6	639.40	31.62	30.00	22.00	C1
C3	CENT	0.45	210	4.16	1000	24951.6	6	264.04	16.25	20.00	14.00	C2
C4	CENT	0.45	210	7.54	1000	45268.8	6	479.03	31.62	30.00	16.00	C2
C5	EXC	0.35	210	14.21	1000	85263	6	1160.04	34.06	30.00	39.00	C3
C6	CENT	0.45	210	7.54	1000	45268.8	6	479.03	21.89	20.00	24.00	C2
C7	CENT	0.45	210	7.54	1000	45268.8	6	479.03	21.89	20.00	24.00	C2
C8	EXC	0.35	210	14.21	1000	85263	6	1160.04	34.06	30.00	39.00	C3
C9	CENT	0.45	210	7.54	1000	45268.8	6	479.03	31.62	30.00	16.00	C2
C10	CENT	0.45	210	7.54	1000	45268.8	6	479.03	31.62	30.00	16.00	C2
C11	EXC	0.35	210	14.21	1000	85263	6	1160.04	34.06	30.00	39.00	C3
C12	CENT	0.45	210	7.54	1000	45268.8	6	479.03	31.62	30.00	16.00	C2
C13	CENT	0.45	210	8.83	1000	52993.2	6	560.77	31.62	30.00	19.00	C2
C14	EXC	0.35	210	11.88	1000	71278.2	6	969.77	31.62	30.00	33.00	C3
C15	CENT	0.45	210	8.83	1000	52993.2	6	560.77	31.62	30.00	19.00	C2
C16	ESQ	0.35	210	5.45	1000	32670.6	6	444.50	31.62	30.00	15.00	C1
C17	ESQ	0.35	210	4.45	1000	26670.6	6	362.87	31.62	30.00	13.00	C1
				143.48	860907.00							

Fuente 6 Predimensionamiento de columnas. Elaboración: Autor de la tesis.

c) Predimensionamiento de zapatas.

Teniendo en cuenta que:

Qadm ZONA 4 0.939 a 1.129

factor	valor	Tipo suelo
K	1	Roca dura
K	0.9	muy rigido
K	0.8	intermedio
K	0.7	Blando

Tabla 7 Predimensionamiento de zapatas edificio 01.

4) ZAPATAS (suelo intermedio)

	P servicio	K	Q adm	A zap	RAIZ	A	B
Z1	32100	0.8	1.129	35540.30115	188.521355	1.89	1.89
Z2	32100	0.8	1.129	35540.30115	188.521355	1.89	1.89
Z3	71700	0.8	1.129	79384.41098	281.752393	2.82	2.82
Z4	75660	0.8	1.129	83768.82197	289.42844	2.90	2.89
Z5	84000	0.8	1.129	93002.65722	304.96337	3.05	3.05
Z6	84000	0.8	1.129	93002.65722	304.96337	3.05	3.05
Z7	94200	0.8	1.129	104295.837	322.94866	3.23	3.23
Z8	94200	0.8	1.129	104295.837	322.94866	3.23	3.23
Z9	54600	0.8	1.129	60451.72719	245.86933	2.46	2.46
Z10	54600	0.8	1.129	60451.72719	245.86933	2.46	2.46
	<b>677160</b>						

Fuente 7 Predimensionamiento de zapatas. Elaboración: Autor de la tesis.

Tabla 8 Predimensionamiento de zapatas edificio 01.

	P servicio	K	Q adm	A zap	RAIZ	A	B
Z1	24951.6	0.8	1.129	27625.77502	166.210033	1.66	1.66
Z2	46996.2	0.8	1.129	52032.9938	228.107417	2.28	2.28
Z3	24951.6	0.8	1.129	27625.77502	166.210033	1.66	1.66
Z4	45268.8	0.8	1.129	50120.46058	223.875994	2.24	2.24
Z5	85263	0.8	1.129	94401.0186	307.247488	3.07	3.07
Z6	45268.8	0.8	1.129	50120.46058	223.875994	2.24	2.24
Z7	45268.8	0.8	1.129	50120.46058	223.875994	2.24	2.24
Z8	85263	0.8	1.129	94401.0186	307.247488	3.07	3.07
Z9	45268.8	0.8	1.129	50120.46058	223.875994	2.24	2.24
Z10	45268.8	0.8	1.129	50120.46058	223.875994	2.24	2.24
Z11	85263	0.8	1.129	94401.0186	307.247488	3.07	3.07
Z12	45268.8	0.8	1.129	50120.46058	223.875994	2.24	2.24
Z13	52993.2	0.8	1.129	58672.71922	242.224522	2.42	2.42
Z14	71278.2	0.8	1.129	78917.40478	280.922418	2.81	2.81
Z15	52993.2	0.8	1.129	58672.71922	242.224522	2.42	2.42
Z16	32670.6	0.8	1.129	36172.05492	190.189524	1.90	1.90
Z17	26670.6	0.8	1.129	29529.00797	171.840065	1.72	1.72
	<b>860907</b>						

Fuente 8 Predimensionamiento de zapatas. Elaboración: Autor de la tesis.



## 5.2. Metrado de cargas por piso.

Tabla 9 Metrado de cargas por piso edificio 01.

### PISO 6

e = 0.20 m

#### CARGA MUERTA

	AREA					
	Y Tn/m <sup>3</sup>	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	Nº VECES	PARCIAL
LOSA ALIGERADA	0.28	79.73		1	6	133.9464
COLUMNA C1	2.4	0.25	0.35	2.8	10	31
VIGA L	2.4	0.25	0.45	33.2	1	36.3
VIGA T	2.4	0.25	0.45	36.4	1	39.5
<b>TOTAL</b>						<b>240.7464</b>

#### CARGA VIVA

0.1	112.85	1	11.28500
<b>P piso 6</b>			<b>246.3889</b>

### PISO 2, 3, 4 Y 5

e = 0.20 m

#### CARGA MUERTA

	AREA					
	Y Tn/m <sup>3</sup>	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	Nº VECES	PARCIAL
LOSA ALIGERADA	0.3	79.73		1	1	23.919
COLUMNA C1	2.4	0.25	0.35	2.8	10	31
VIGA L	2.4	0.25	0.45	33.2	1	36.3
VIGA T	2.4	0.25	0.45	36.4	1	39.5
<b>TOTAL</b>						<b>130.719</b>

#### CARGA VIVA

0.25	112.85	1	28.21250
<b>P piso 2 - 5</b>			<b>144.82525</b>

## PISO 1

### CARGA MUERTA

	AREA					
	Y Tn/m <sup>3</sup>	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	Nº VECES	PARCIAL
LOSA ALIGERADA	0.3	79.73		1	1	23.919
COLUMNA C1	2.4	0.25	0.35	2.8	10	31
VIGA VL	2.4	0.25	0.45	33.2	1	36.3
VIGA VT	2.4	0.25	0.45	36.4	1	39.5
<b>TOTAL</b>						<b>130.719</b>

### CARGA VIVA

0.25	112.85	1	28.21250
<b>P piso 1</b>			<b>144.82525</b>
<b>P TOTAL =</b>			<b>970.51515</b>

Fuente 9 Metrado de cargas. Elaboración: Autor de la tesis.

Tabla 10 Metrado de cargas por piso edificio 02.

## PISO 6

e = 0.20 m

### CARGA MUERTA

	AREA					
	Y Tn/m <sup>3</sup>	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	Nº VECES	PARCIAL
LOSA ALIGERADA	0.28	129.833		1	1	36.35324
COLUMNA C1	2.4	0.3	0.3	2.8	17	50.6
VIGA L	2.4	0.25	0.4	4.55	12	57.65
VIGA T	2.4	0.25	0.4	38.82	1	41.87
<b>TOTAL</b>						<b>186.47324</b>

### CARGA VIVA

0.1	147.2792	1	14.72792
<b>P piso 6</b>			<b>193.8372</b>

## PISO 2, 3, 4 Y 5

e = 0.20 m

### CARGA MUERTA

	AREA					
	Y Tn/m <sup>3</sup>	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	Nº VECES	PARCIAL
LOSA ALIGERADA	0.3	129.833		1	1	38.9499
COLUMNA C1	2.4	0.3	0.3	2.8	17	50.6
VIGA L	2.4	0.25	0.4	4.55	12	57.65
VIGA T	2.4	0.25	0.4	38.82	1	41.87
<b>TOTAL</b>						<b>189.0699</b>

### CARGA VIVA

	0.25	147.2792			1	36.81980
<b>P piso 2 - 5</b>						<b>207.4798</b>

## PISO 1

### CARGA MUERTA

	AREA					
	Y Tn/m <sup>3</sup>	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	Nº VECES	PARCIAL
LOSA ALIGERADA	0.3	129.833		1	1	38.9499
COLUMNA C1	2.4	0.25	0.35	2.8	17	50.6
VIGA VL	2.4	0.25	0.4	4.55	12	57.65
VIGA VT	2.4	0.25	0.4	38.82	1	41.87
<b>TOTAL</b>						<b>189.0699</b>

### CARGA VIVA

	0.25	147.2792			1	36.81980
<b>P piso 1</b>						<b>207.4798</b>
<b>P TOTAL =</b>						<b>1231.2362</b>

Fuente 10 Metrado de cargas. Elaboración: Autor de la tesis.

### 5.3. Criterios de estructuración.

Según el Reglamento Nacional de edificaciones RNE Norma E030:

#### a) Periodo fundamental.

$C_T = 35$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

PISO	H
1	3.5
2	6.1
3	8.7
4	11.3
5	13.9
6	16.5
Hn	60

T = 1.7143

#### b) Factor de ampliación sísmica “C”

Tabla N° 4 PERÍODOS “ $T_p$ ” Y “ $T_L$ ”				
	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

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

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

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

S2 suelo intermedio	
Tp =	0.6
Tl =	2
C =	0.875

**c) Fuerza cortante en la base.**

Se hará el cálculo mediante la siguiente formula, usando los factores de suelo según la zona de estudio.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

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

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ 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

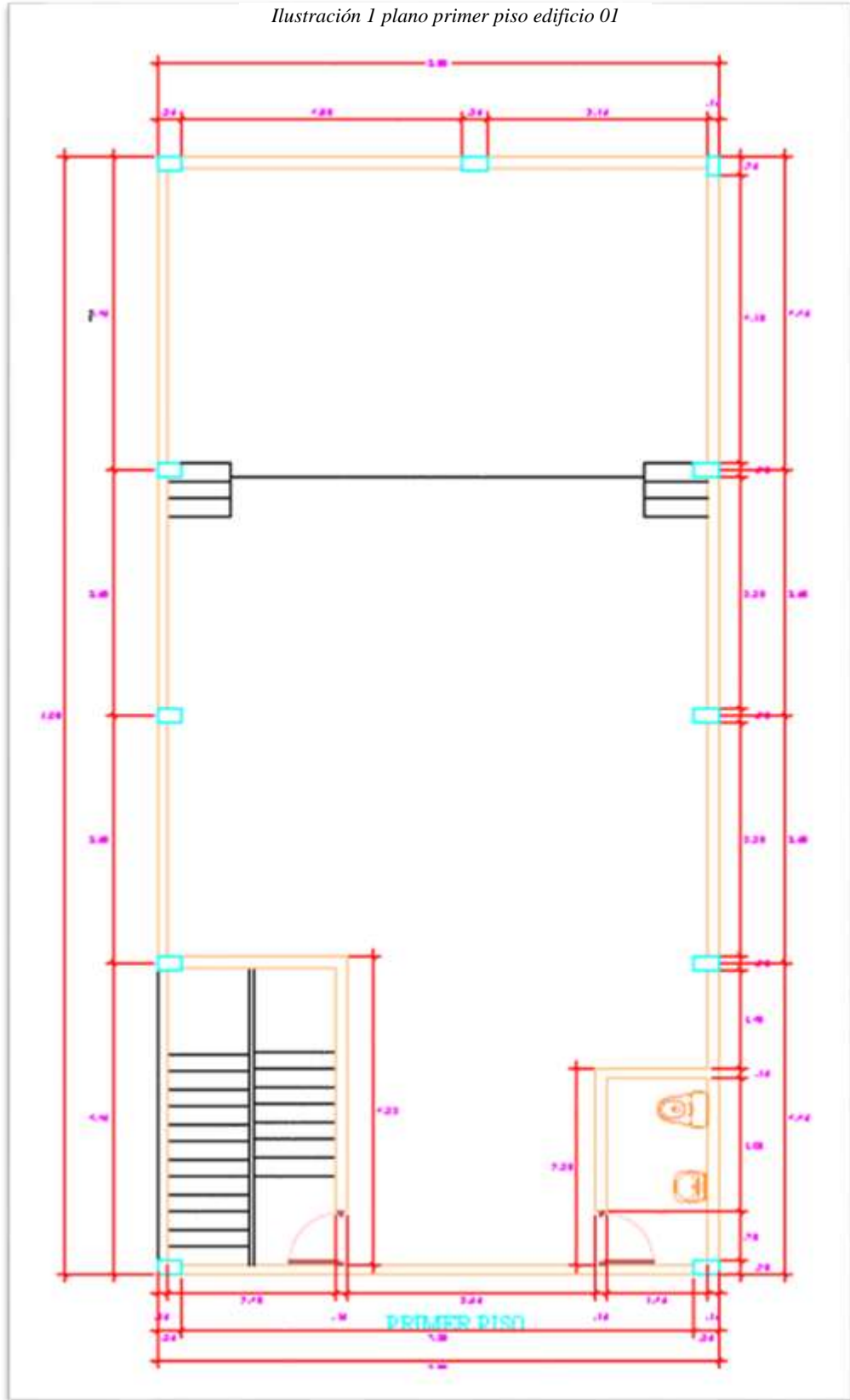
## **CAPÍTULO 6. RESULTADOS**

Según el análisis realizado con el programa Etabs 2019, utilizando la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones, se encontró que las dos edificaciones de estudio, son altamente vulnerables ante los sismoJuss analizados el de Yungay 1970 e Ica 2007. Con la visita a las edificaciones y el acceso a los planos, se hizo el modelamiento de la primera estructura denominada como Edificio N° 01 y la segunda estructura denominada Edificio N° 02 con ayuda del programa Etabs 2019.

### **6.1. Modelamiento estructural.**

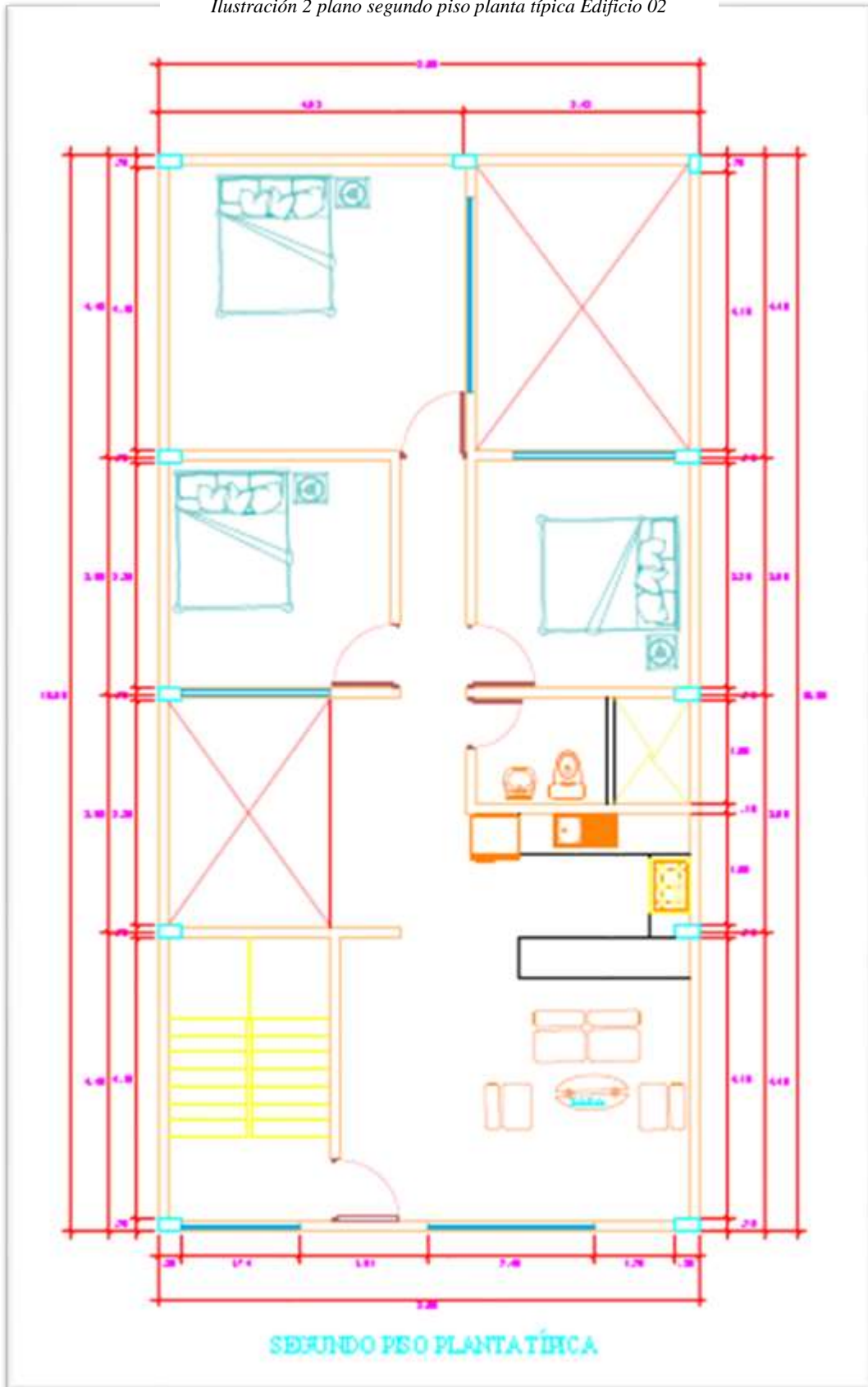
#### **a) Edificio N° 01**

Ilustración 1 plano primer piso edificio 01



Fuente 11 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

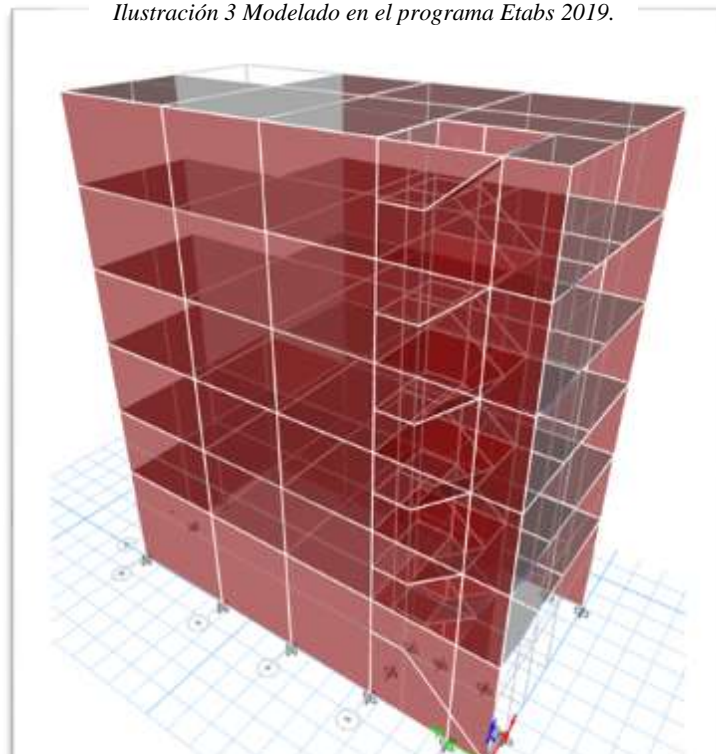
Ilustración 2 plano segundo piso planta típica Edificio 02



Fuente 12 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

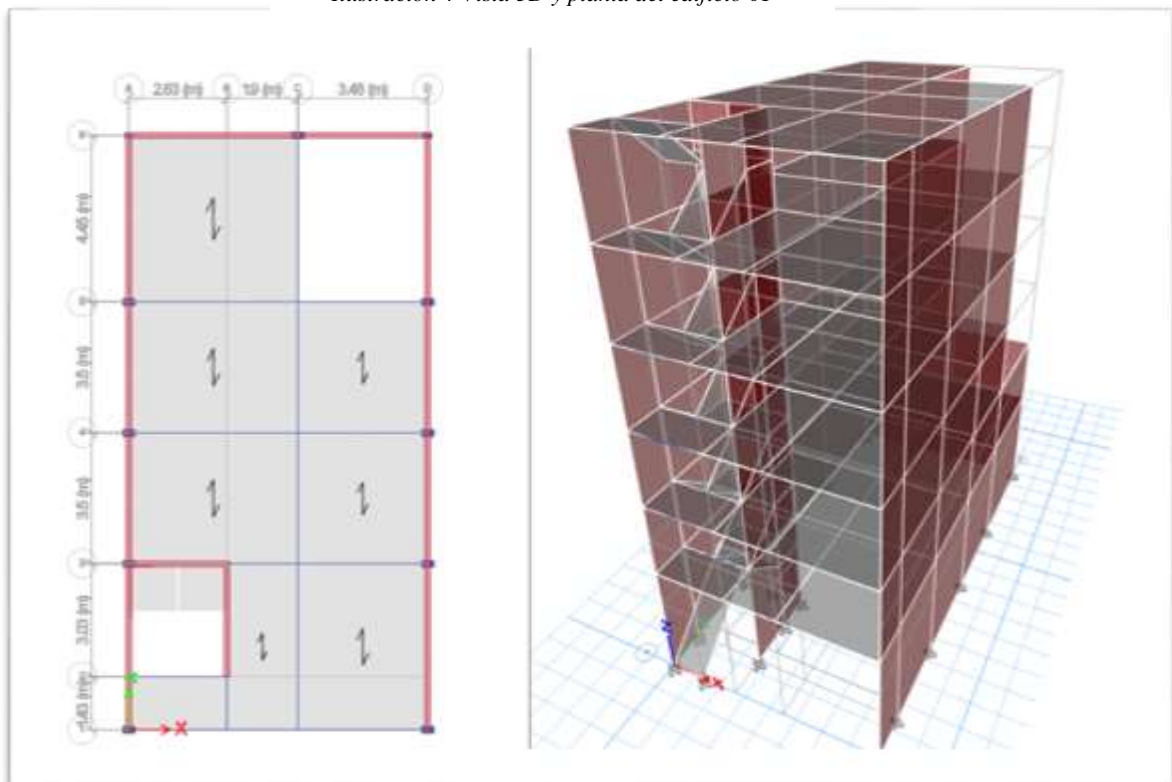


Ilustración 3 Modelado en el programa Etabs 2019.



Fuente 13 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

Ilustración 4 Vista 3D y planta del edificio 01



Fuente 14 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

- ❖ Mediante la visita con ayuda de la guía de observación se puede notar que la estructuración del edificio 01 las columnas son muy esbeltas y aparentemente se necesitará mayor reforzamiento.
- ❖ Según la ficha de observación y en los planos se puede determinar que existe irregularidad tanto en planta como en altura, por lo que el primer piso es de una altura mayor a la de los demás pisos. En planta se tiene que los ductos no son simétricos en el plano.
- ❖ Para poder Verificar el comportamiento dinámico del edificio 01 podemos observar que los periodos no pasan el rango máximo según su altura según el Reglamento nacional de Edificaciones se tiene:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

Donde:

CT = 35 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

CT = 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

b) Pórticos de acero arriostrados.

CT = 60 Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i * d_i^2}{g * \sum_{i=1}^n f_i * d_i}}$$

Donde:

-  $f_i$  es la fuerza lateral en el nivel  $i$  correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

-  $d_i$  es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas

$f_i$

. Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental  $T$  deberá tomarse como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

Según el programa se tiene los siguientes datos.

Ilustración 5 Periodos de vibración con la envolvente para el edificio 01

Modal Participating Mass Ratios															
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ	
Modal	1	0.553	0.7106	0.0003	0	0.7106	0.0003	0	0.0002	0.3378	0.0628	0.0002	0.3378	0.062	
Modal	2	0.215	0.0058	0.446	0	0.7163	0.4463	0	0.1898	0.0268	0.2857	0.19	0.3646	0.348	
Modal	3	0.196	0.001	0.3491	0	0.7173	0.7954	0	0.1035	0.1027	0.4048	0.2934	0.4672	0.753	
Modal	4	0.156	0.2242	0.0154	0	0.9415	0.8108	0	0.0026	0.3694	0.033	0.2961	0.8366	0.786	
Modal	5	0.079	0.0167	0.001	0	0.9502	0.8118	0	0.0002	0.0518	0.0216	0.2962	0.8894	0.807	
Modal	6	0.074	0.0258	0.0547	0	0.984	0.8685	0	0.1299	0.0504	0.137	0.4261	0.9388	0.944	
Modal	7	0.066	0.0044	0.1024	0	0.9883	0.9689	0	0.4785	0.0144	0.0249	0.9046	0.9532	0.969	
Modal	8	0.052	0.0058	2.112E-05	0	0.9941	0.9689	0	4.392E-05	0.0252	0.0007	0.9046	0.9784	0.970	
Modal	9	0.041	0.0001	0.0025	0	0.9943	0.9714	0	0.0077	0.0001	0.0138	0.9123	0.9785	0.984	
Modal	10	0.041	0.0036	0.002	0	0.9979	0.9734	0	0.0057	0.0119	0.0081	0.918	0.9904	0.992	
Modal	11	0.037	0.0004	0.0192	0	0.9983	0.9925	0	0.0466	0.0012	0.0018	0.9646	0.9915	0.994	
Modal	12	0.036	0.0004	0.0004	0	0.9987	0.9929	0	0.0009	0.0017	1.388E-05	0.9655	0.9932	0.994	
Modal	13	0.033	2.144E-05	0	0	0.9987	0.9929	0	3.119E-05	4.265E-05	2.04E-05	0.9656	0.9933	0.994	
Modal	14	0.028	0.0004	0.0005	0	0.9991	0.9934	0	0.002	0.0026	0.0035	0.9675	0.9958	0.997	
Modal	15	0.026	0.0001	0.0042	0	0.9992	0.9976	0	0.0238	0.0005	0.0002	0.9913	0.9964	0.998	
Modal	16	0.023	0.0001	0.0002	0	0.9993	0.9978	0	0.0012	0.0009	0.0013	0.9926	0.9973	0.999	
Modal	17	0.022	3.957E-05	0.0009	0	0.9994	0.9987	0	0.0024	0.0001	0.0001	0.995	0.9974	0.999	
Modal	18	0.021	4.738E-05	0.0005	0	0.9994	0.9988	0	0.0008	0.0001	0.0001	0.9958	0.9976	0.999	

Fuente 15 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

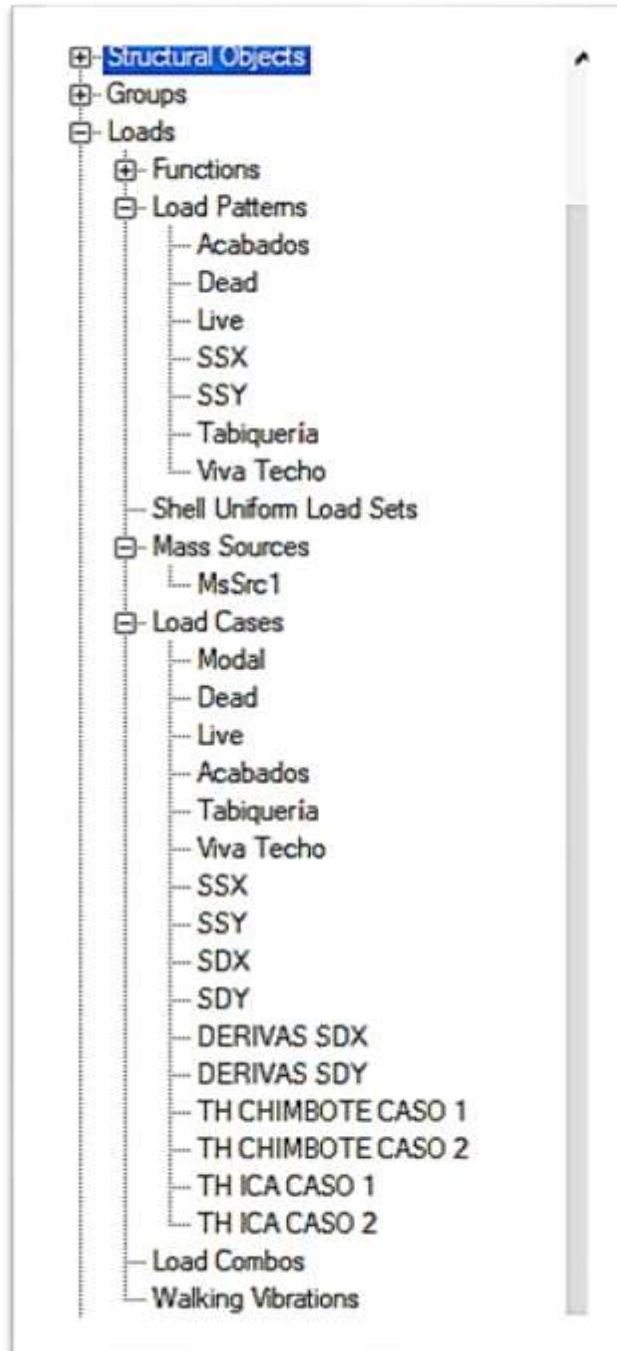
- ❖ Para Hacer un análisis tiempo historia la Norma Técnica Peruana NTP E030 menciona que. “El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados en los numerales 4.5 y 4.6.

En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histórico de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio”.

En este proyecto de investigación se usará sismos reales recogidos de las estaciones acelerográficas. La Norma E030 recomienda que. “Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construirá un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5 % de amortiguamiento. Ambas componentes se escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre  $0,2 T$  y  $1,5 T$  (siendo  $T$  el período fundamental), el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 4.6.2 con  $R = 1$ ”. por lo que para usarlas en el programa debemos escalarlos afectando al factor  $R= 0.85R$ . Para esto se usa

el programa SeismoMatch. Sacando los sismos en ambas direcciones.

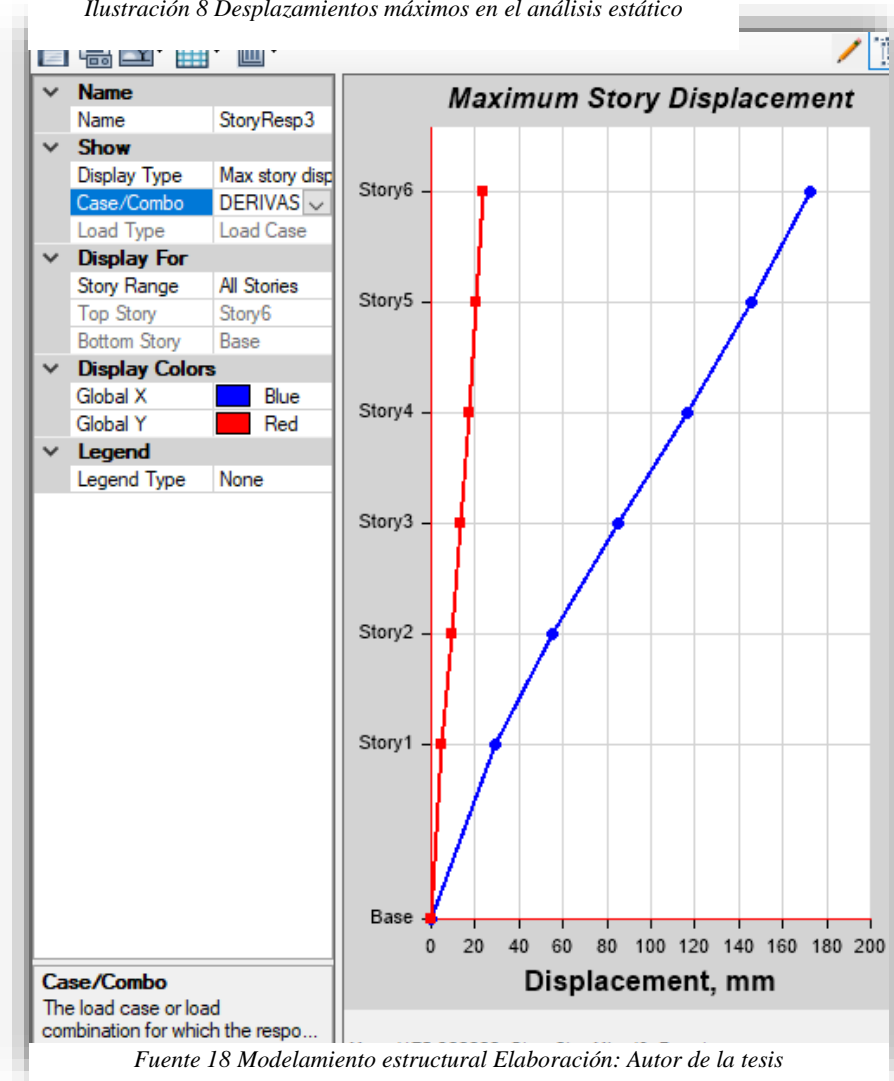
*Ilustración 6 Envoltente de cargas para el edificio 01*



*Fuente 16 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis*

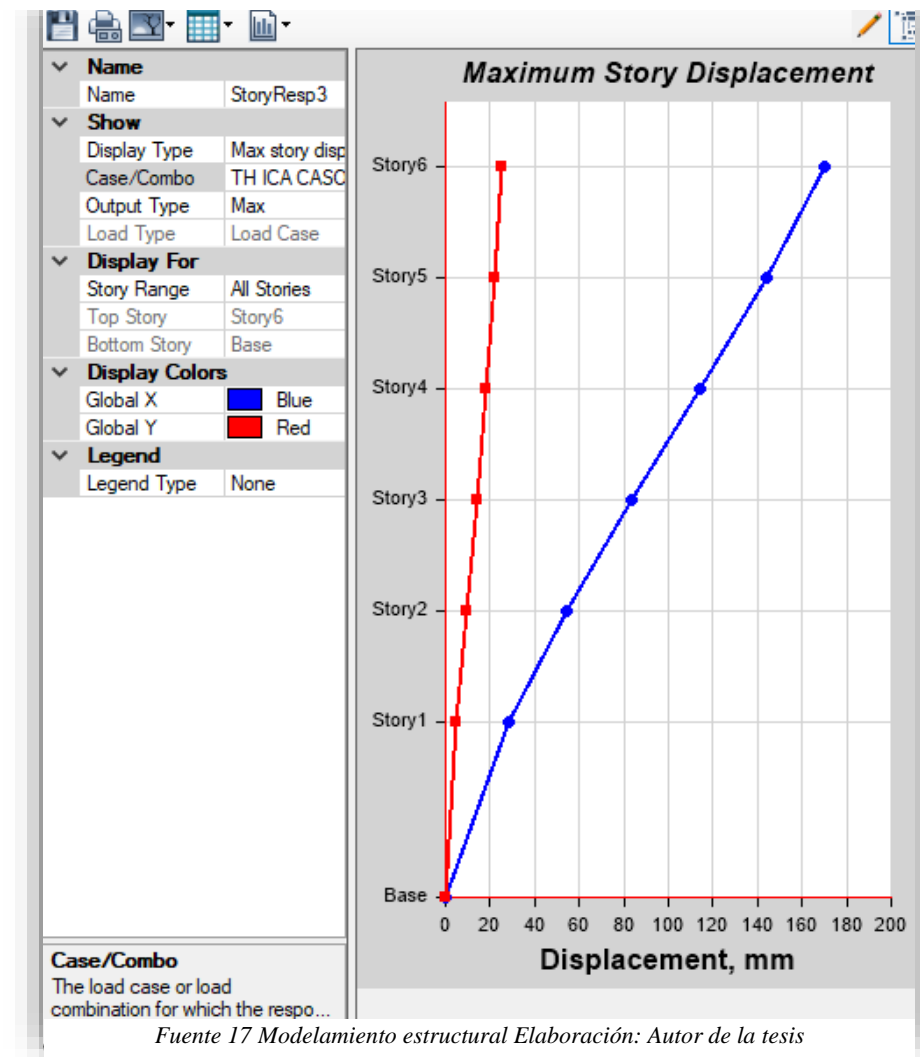
- ❖ Se puede observar que en el análisis estático el desplazamiento máximo es mayor que el análisis tiempo-historia Ica-Perú 2007.

Ilustración 8 Desplazamientos máximos en el análisis estático



Fuente 18 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

Ilustración 7 Desplazamientos máximos en el análisis tiempo-historia con el sismo Ica2007.

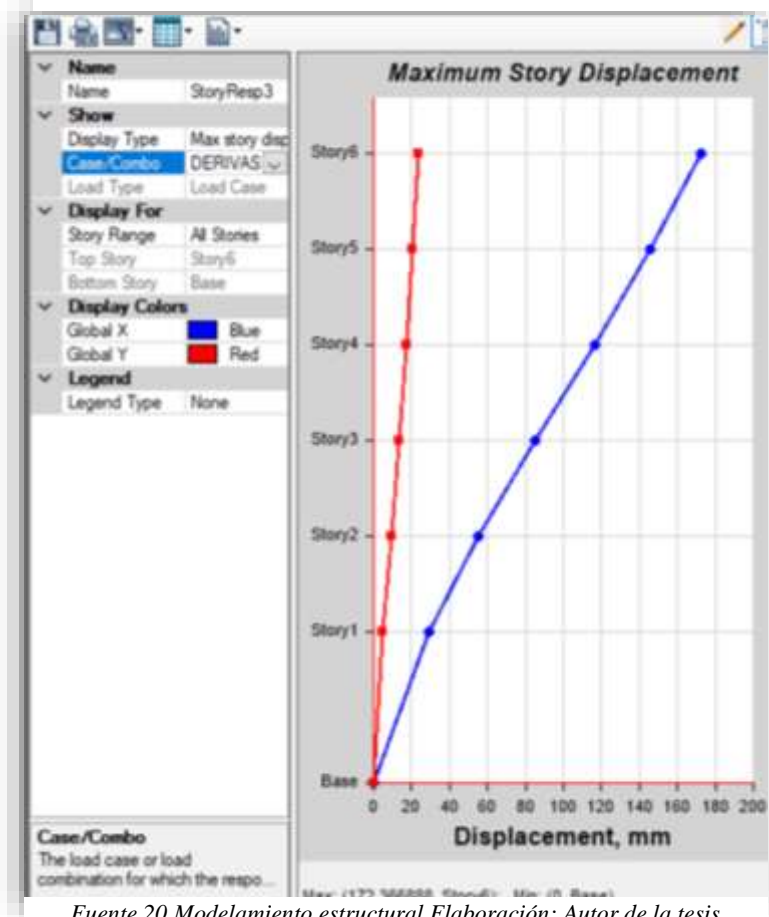


Fuente 17 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis



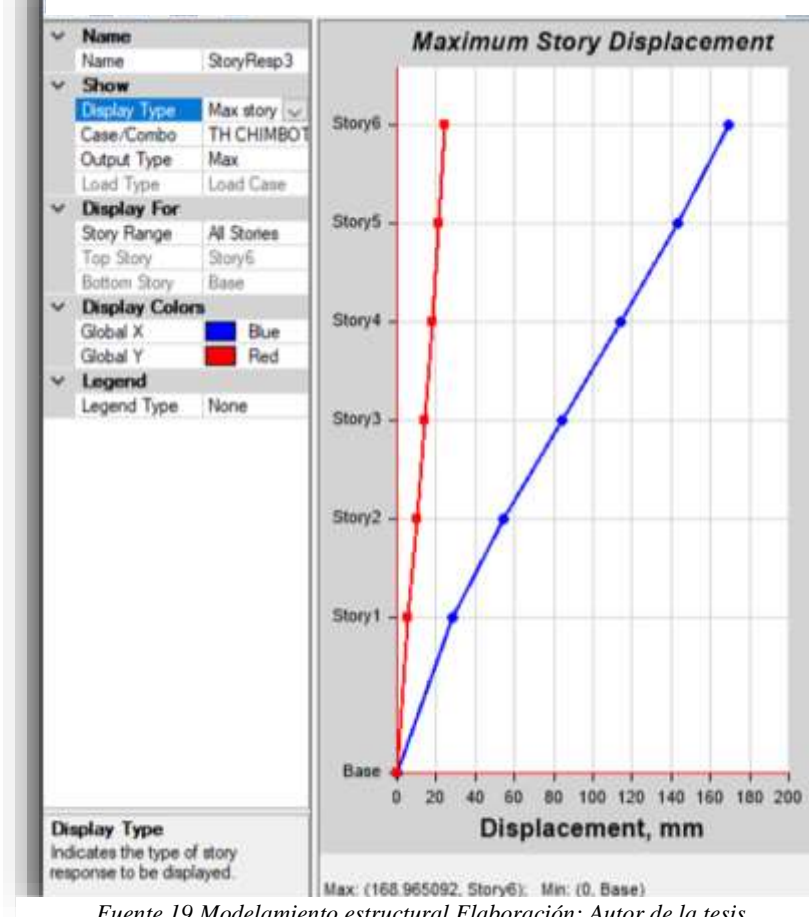
- ❖ De igual modo el análisis estático tiene mayor desplazamiento con respecto al análisis tiempo Historia en Yungay-Perú 1970.

Ilustración 10 Desplazamientos máximos en el análisis estático.



Fuente 20 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

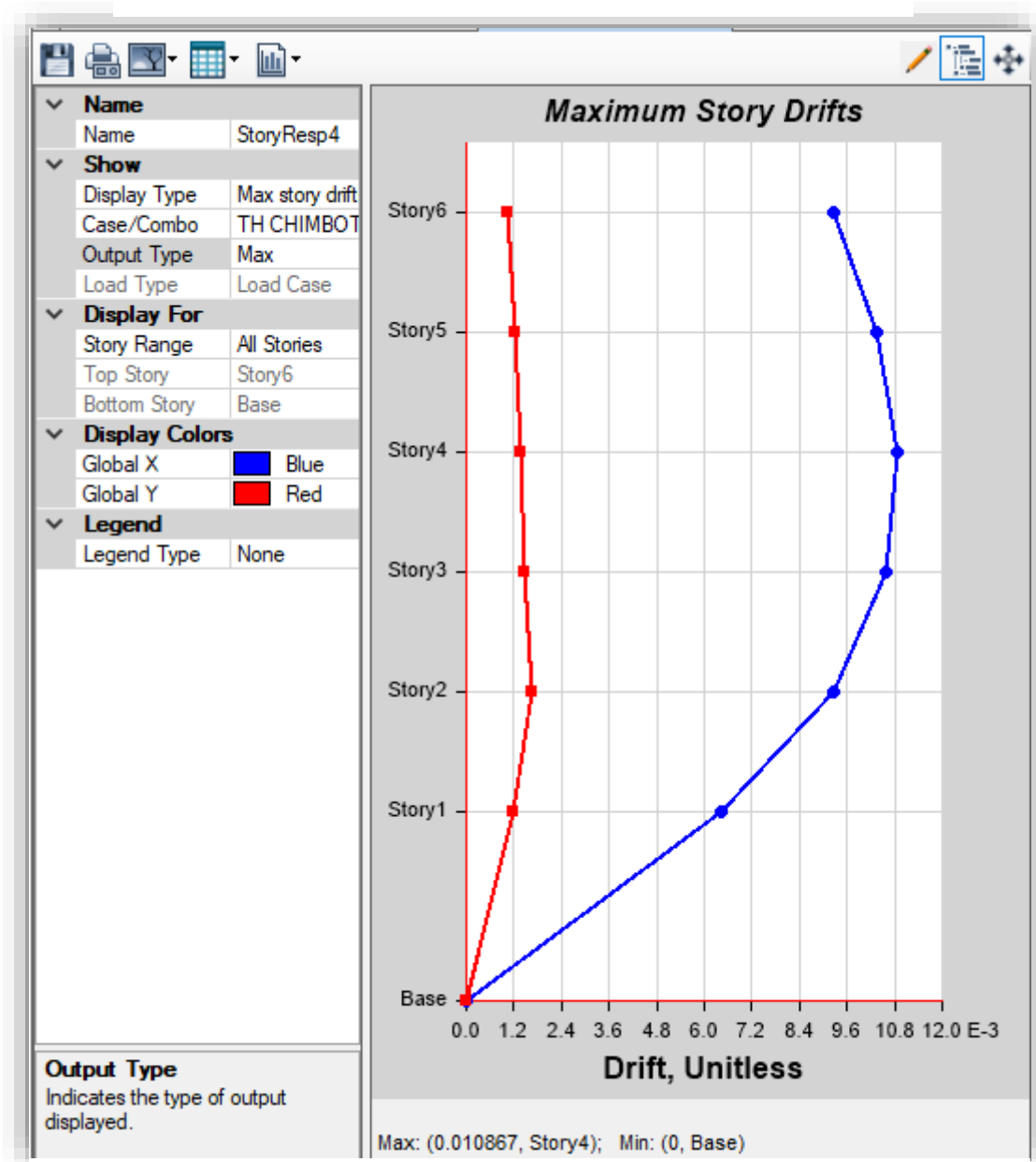
Ilustración 9 desplazamiento máximo análisis Tiempo-historia Yungay 1970



Fuente 19 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

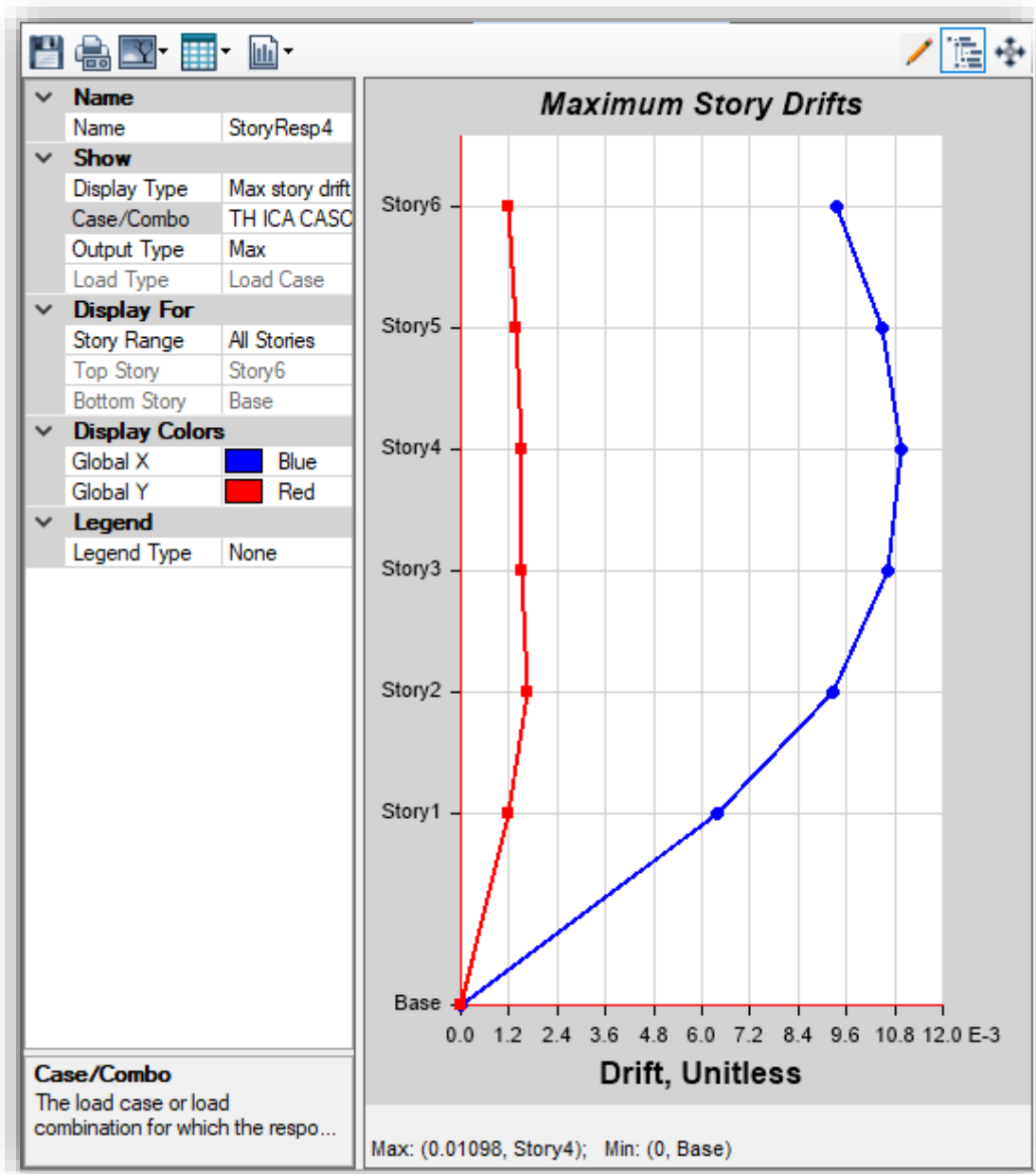
- ❖ En los sismos tiempo-Historia podemos observar las derivas máximas son casi similares teniendo mayor deriva el del sismo en Ica-Perú 2007 siendo el sismo de mayor magnitud, pero en ambos casos sobrepasando las derivas de un diseño optimo que según la norma E030 es 0.007 sismos.

*Ilustración 11 Derivas máximas en el análisis tiempo-historia Yungay 1970.*



*Fuente 21 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis*

Ilustración 12 Derivas máximas análisis tiempo-historia Ica 2007.



Fuente 22 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

❖ De acuerdo al análisis realizado se puede decir que la vulnerabilidad es alta en el edificio 01 tanto con el sismo de

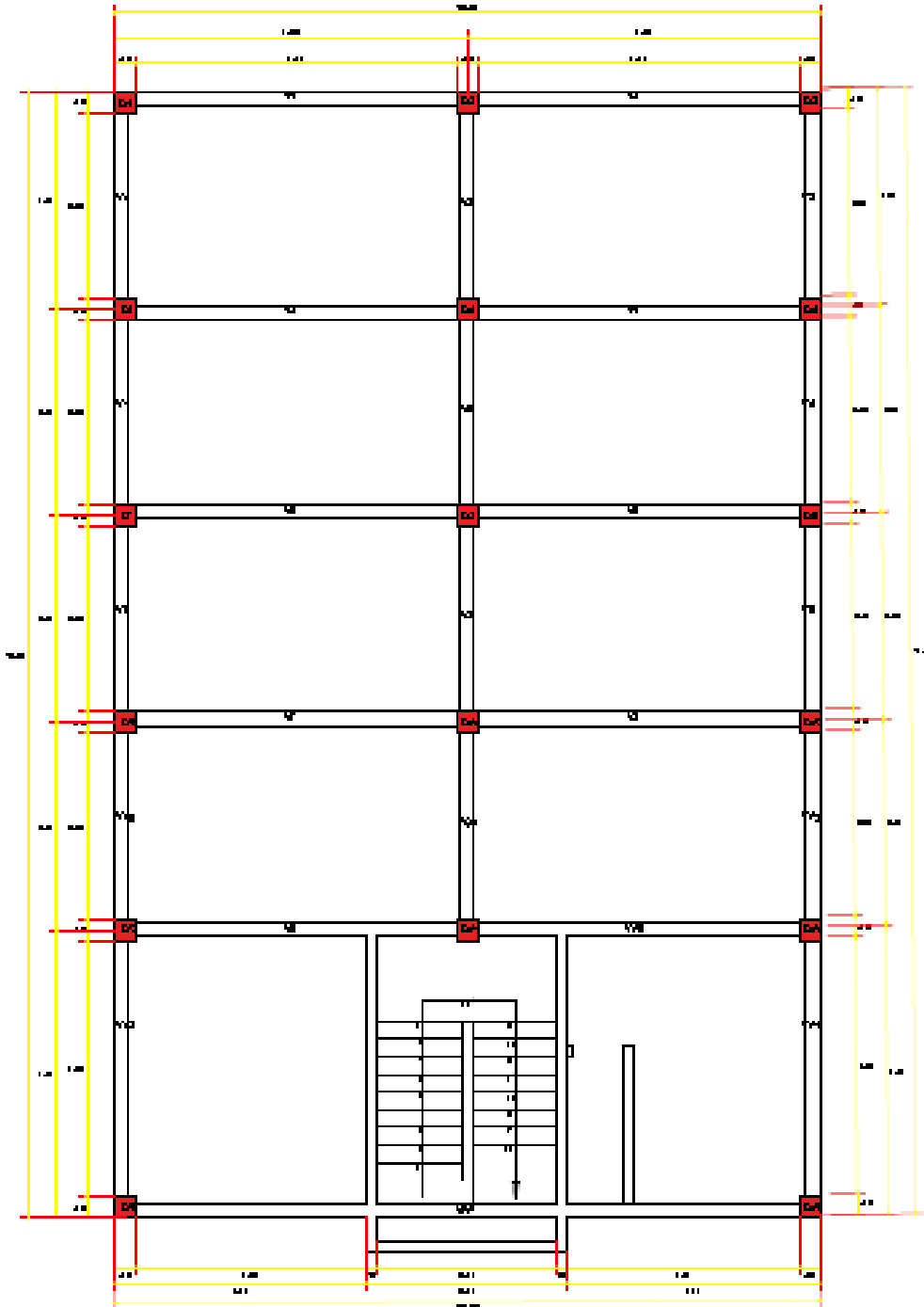
Yungay-Perú 1970 y Ica-Perú 2007 ya que para cada caso de sismo la deriva sobrepasa lo estipulado en la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones RNP. Se puede deducir que ante la actividad de un sismo de igual magnitud de estos sismos la estructura puede colapsar inminentemente.

- ❖ Para dar solución a este problema se debe reforzar los elementos estructurales aumentando la sección transversal tanto de las vigas como de las columnas, para tener una mayor resistencia en toda la edificación de este edificio 01.

Como se da el caso que la estructura ya está construida se puede usar cintas con fibra de carbono y lograr de esta manera aumentar la resistencia a los momentos en las vigas.

**a) Edificio N° 02**

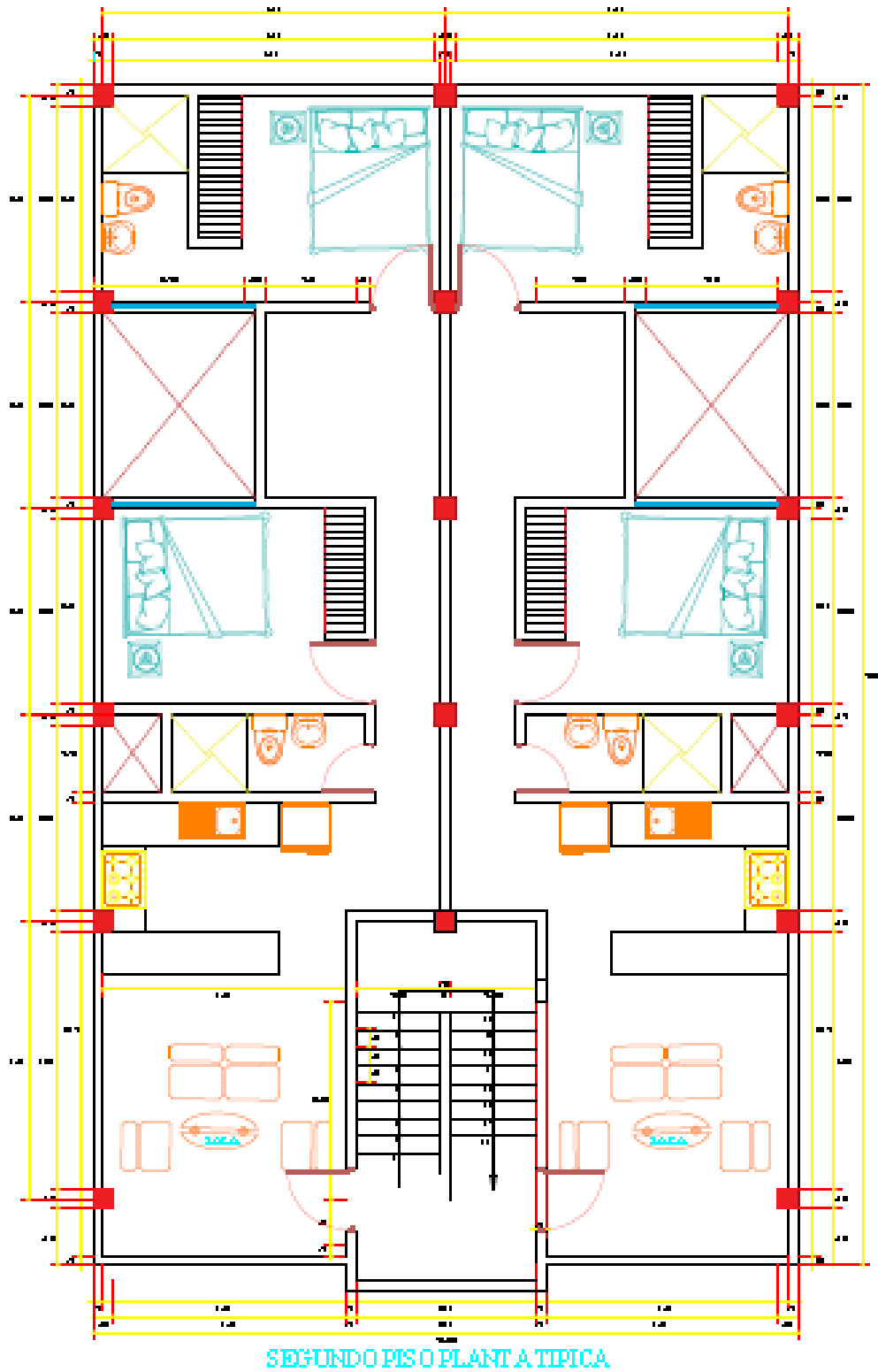
*Ilustración 13 Primer piso edificio 02*



**PRIMER PISO Y DETALLE DE VIGAS**

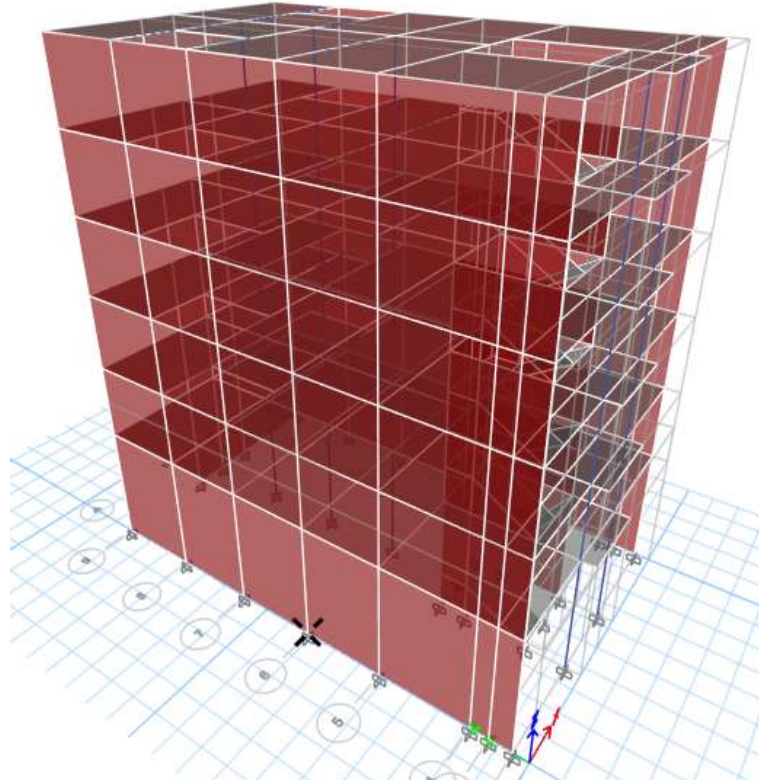
*Fuente 23 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis*

Ilustración 14 plano segundo piso, planta típica edificio 02



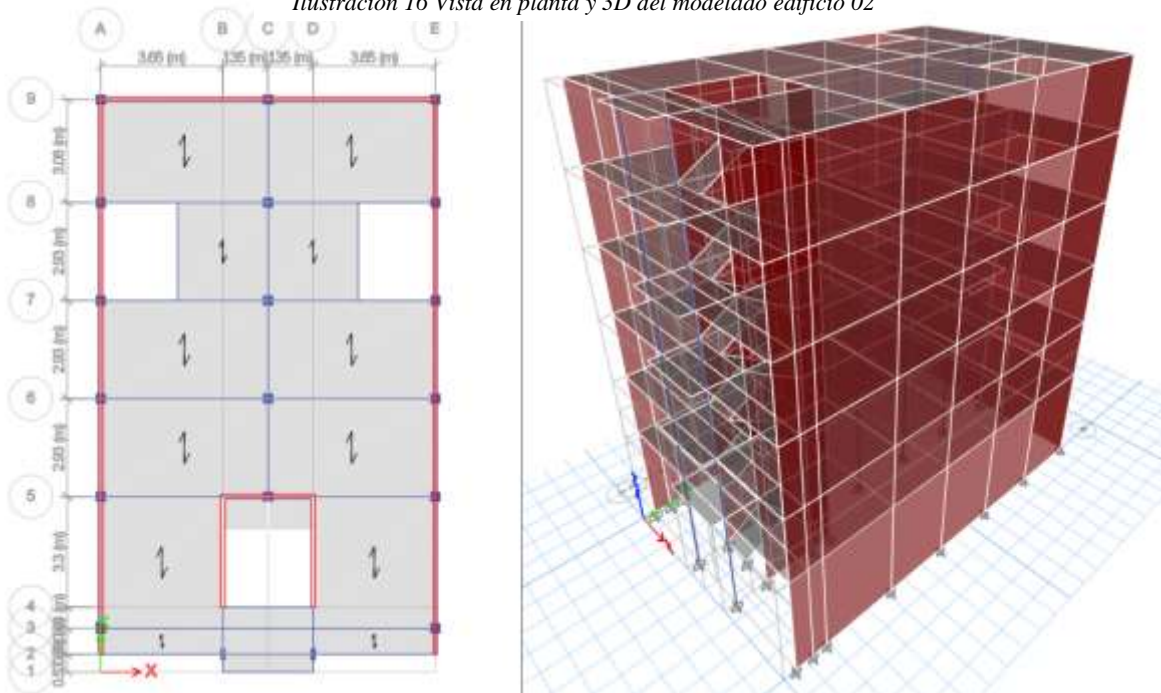
Fuente 24 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

*Ilustración 15 Modelamiento 3D edificio 02*



*Fuente 25 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis*

*Ilustración 16 Vista en planta y 3D del modelado edificio 02*



*Fuente 26 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis*

- ❖ Mediante la visita con ayuda de la guía de observación se puede notar que la estructuración del edificio 02 es un poco mejor que el edificio 01 ya que tiene mayor simetría, pero las columnas son esbeltas y aparentemente también se necesitará mayor reforzamiento de elementos estructurales.
- ❖ Según la ficha de observación y en los planos se puede determinar que existe irregularidad en planta debido a los ductos, como también en altura, por lo que el primer piso es de una altura mayor a la de los demás pisos.
- ❖ Para poder Verificar el comportamiento dinámico del edificio 02 podemos observar que los periodos no pasan el rango máximo según su altura según el Reglamento nacional de Edificaciones se tiene:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

Donde:

CT = 35 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

CT = 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:



a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

b) Pórticos de acero arriostrados.

CT = 60 Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i * d_i^2}{g * \sum_{i=1}^n f_i * d_i}}$$

Donde:

-  $f_i$  es la fuerza lateral en el nivel  $i$  correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

-  $d_i$  es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ .

. Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar. Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental  $T$  deberá tomarse como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

Según el programa se tiene los siguientes datos.

Ilustración 17 Periodos de la envolvente del análisis estático del edificio 02

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.478	0.7387	9.548E-06	0	0.7387	9.548E-06	0	1.373E-06	0.2388	0.0949	1.373E-06	0.2388	0.0949
Modal	2	0.223	5.253E-06	0.8565	0	0.7388	0.8565	0	0.2374	9.432E-07	0	0.2374	0.2388	0.0949
Modal	3	0.185	0.0927	0	0	0.8315	0.8565	0	6.893E-06	0.0284	0.7981	0.2374	0.2672	0.893
Modal	4	0.144	0.127	1.577E-05	0	0.9585	0.8565	0	0.0001	0.5464	0.0079	0.2374	0.8136	0.9009
Modal	5	0.076	0.0215	0.0001	0	0.98	0.8566	0	0.0005	0.0602	0.0033	0.2379	0.8737	0.9042
Modal	6	0.071	8.285E-07	0.1169	0	0.98	0.9735	0	0.6758	7.434E-06	0	0.9138	0.8737	0.9042
Modal	7	0.062	0.0106	0	0	0.9906	0.9735	0	1.843E-06	0.0869	0.0776	0.9138	0.9607	0.9818
Modal	8	0.053	0.0044	4.286E-06	0	0.995	0.9735	0	9.014E-06	0.0213	0.001	0.9138	0.982	0.9828
Modal	9	0.042	0.001	2.211E-05	0	0.996	0.9736	0	0.0001	0.003	0.0002	0.9138	0.985	0.983
Modal	10	0.04	6.173E-07	0.0187	0	0.996	0.9923	0	0.0471	5.734E-07	1.145E-05	0.961	0.985	0.983
Modal	11	0.037	0.0016	1.981E-06	0	0.9976	0.9923	0	1.131E-05	0.0033	0.0126	0.961	0.9883	0.9956
Modal	12	0.036	0.0001	7.019E-07	0	0.9977	0.9923	0	2E-06	0.0005	0.0003	0.961	0.9889	0.996
Modal	13	0.028	2.26E-06	0.0044	0	0.9977	0.9967	0	0.027	1.837E-06	2.098E-05	0.988	0.9889	0.996
Modal	14	0.027	0.0003	7.652E-06	0	0.9979	0.9967	0	3.296E-05	0.0028	0.0025	0.988	0.9917	0.9985
Modal	15	0.023	1.146E-06	0.001	0	0.9979	0.9977	0	0.0024	3.612E-06	1.815E-05	0.9904	0.9917	0.9985
Modal	16	0.022	0.0001	1.221E-05	0	0.998	0.9977	0	3.892E-05	3.641E-05	0.0005	0.9905	0.9917	0.999
Modal	17	0.02	8.879E-06	0	0	0.998	0.9977	0	1.166E-06	0.0001	0.0001	0.9905	0.9919	0.999
Modal	18	0.02	1.271E-06	0.0002	0	0.998	0.9979	0	0.0013	5.206E-06	6.902E-07	0.9918	0.9919	0.999

Fuente 27 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

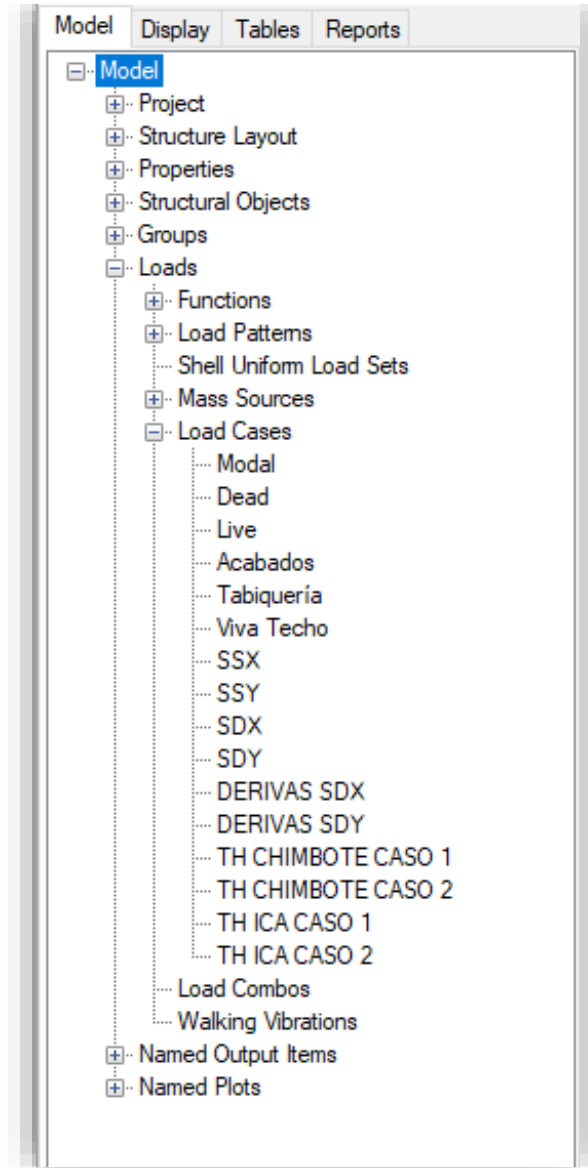
- ❖ Para Hacer el análisis tiempo historia, la Norma Técnica Peruana NTP E030 menciona que. “El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados en los numerales 4.5 y 4.6.

En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histórico de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio”.

En este proyecto de investigación se usará sismos reales recogidos de las estaciones acelerográficas. La Norma E030 recomienda que. “Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construirá un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5 % de amortiguamiento. Ambas componentes se escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre  $0,2 T$  y  $1,5 T$  (siendo  $T$  el período fundamental), el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 4.6.2 con  $R = 1$ ”. por lo que para usarlas en el programa debemos escalarlos afectando al factor  $R = 0.85R$ . Para esto se usa

el programa SeismoMatch. Sacando los sismos en ambas direcciones.

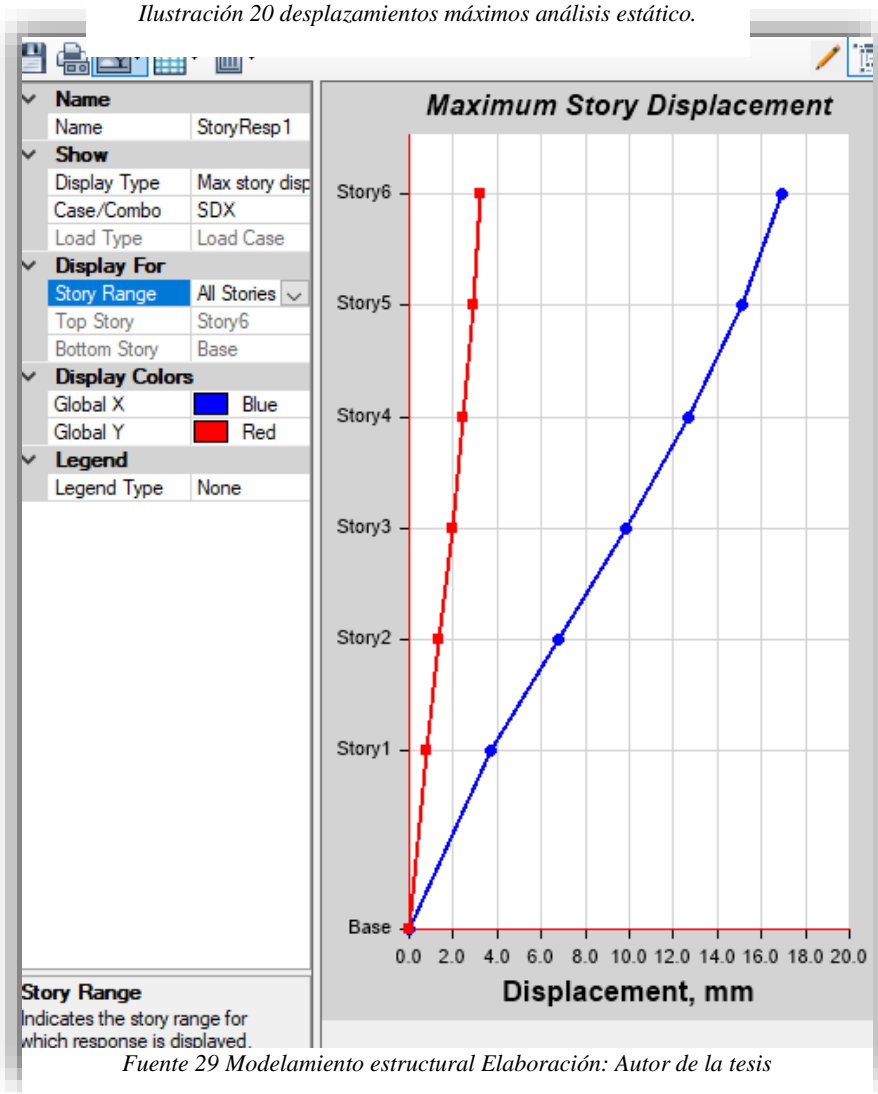
Ilustración 18 Envoltente de cargas aplicadas edificio 02



Fuente 28 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

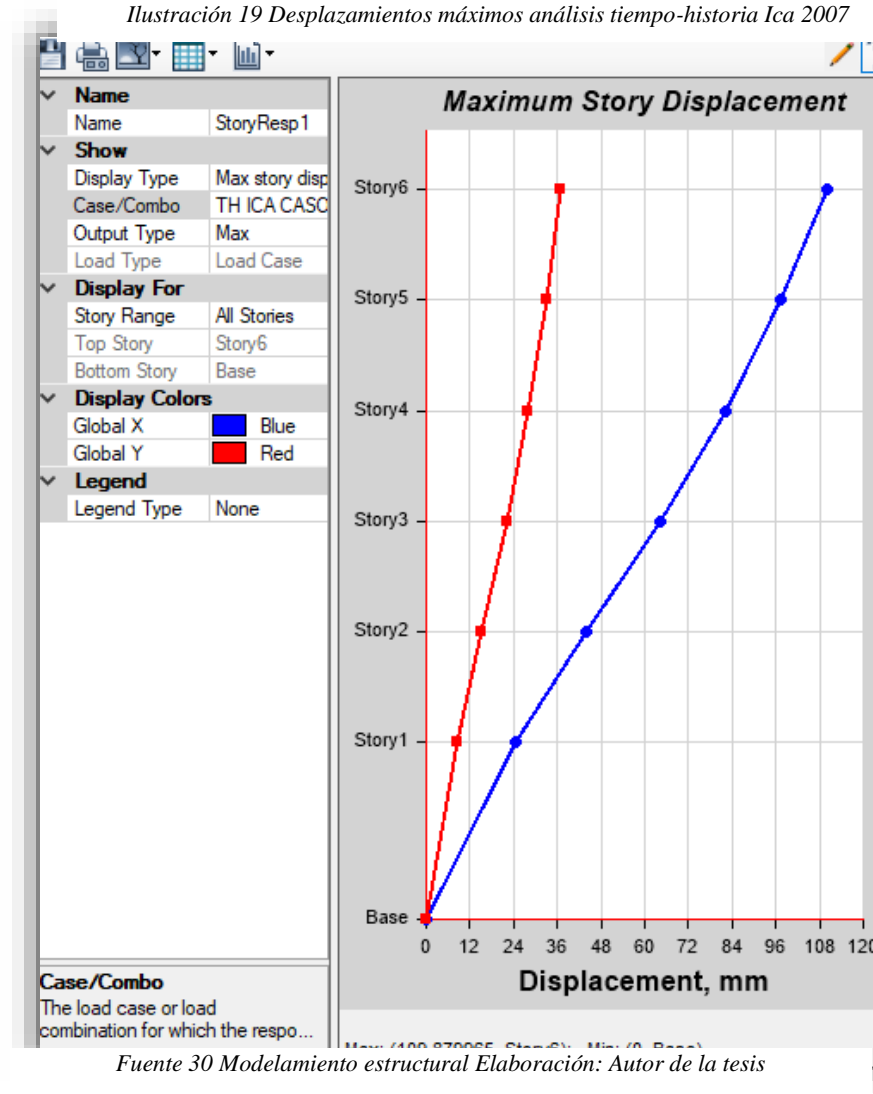
- ❖ Se puede observar que en el análisis estático el desplazamiento máximo es mayor que el del análisis tiempo-historia Ica-Perú 2007.

Ilustración 20 desplazamientos máximos análisis estático.



Fuente 29 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

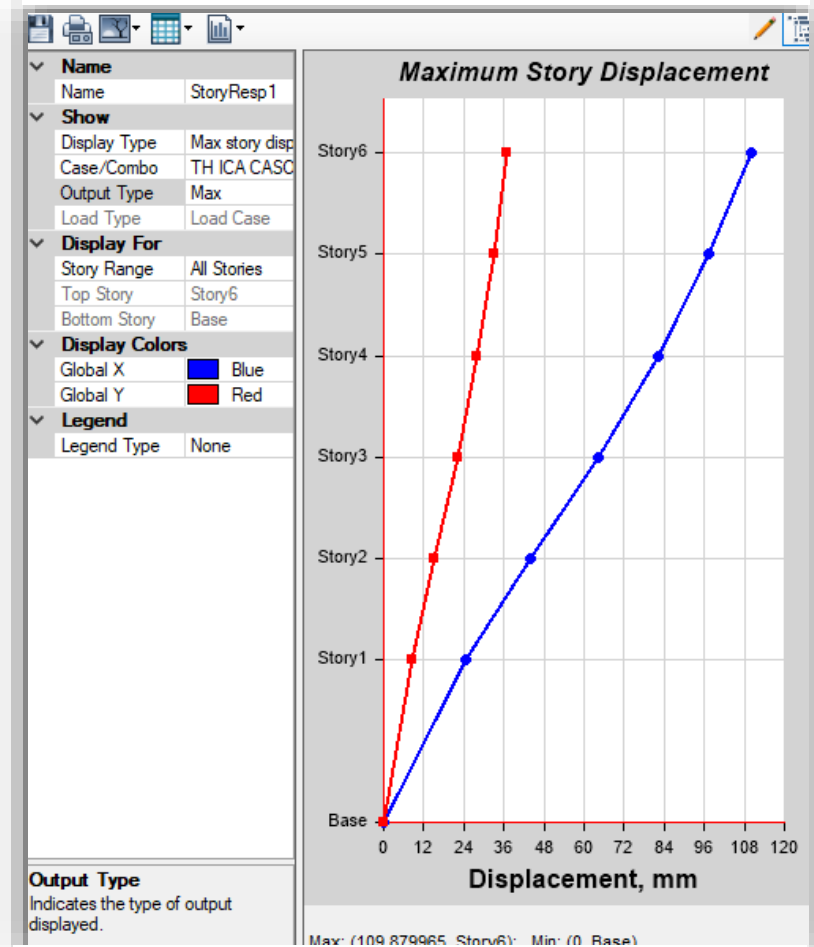
Ilustración 19 Desplazamientos máximos análisis tiempo-historia Ica 2007



Fuente 30 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

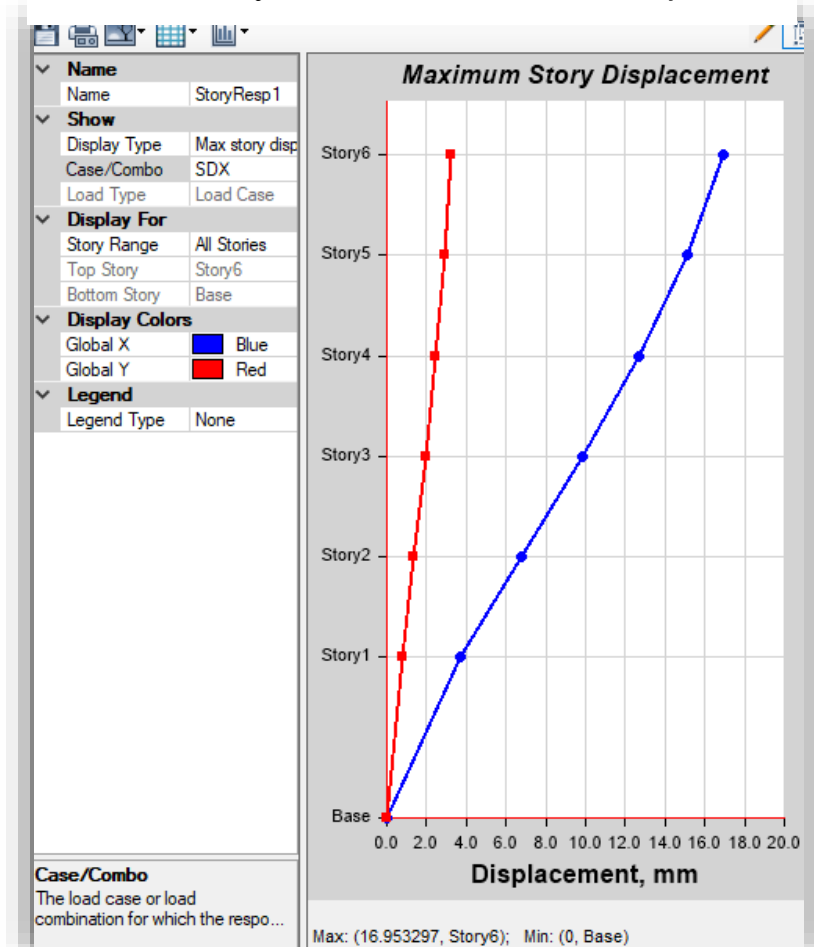
- ❖ De igual modo el análisis estático para el edificio 02 tiene mayor desplazamiento con respecto al análisis tiempo Historia en Yungay-Perú 1970.

Ilustración 21 Desplazamiento máximo análisis tiempo-historia Yungay 2007



Fuente 31 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

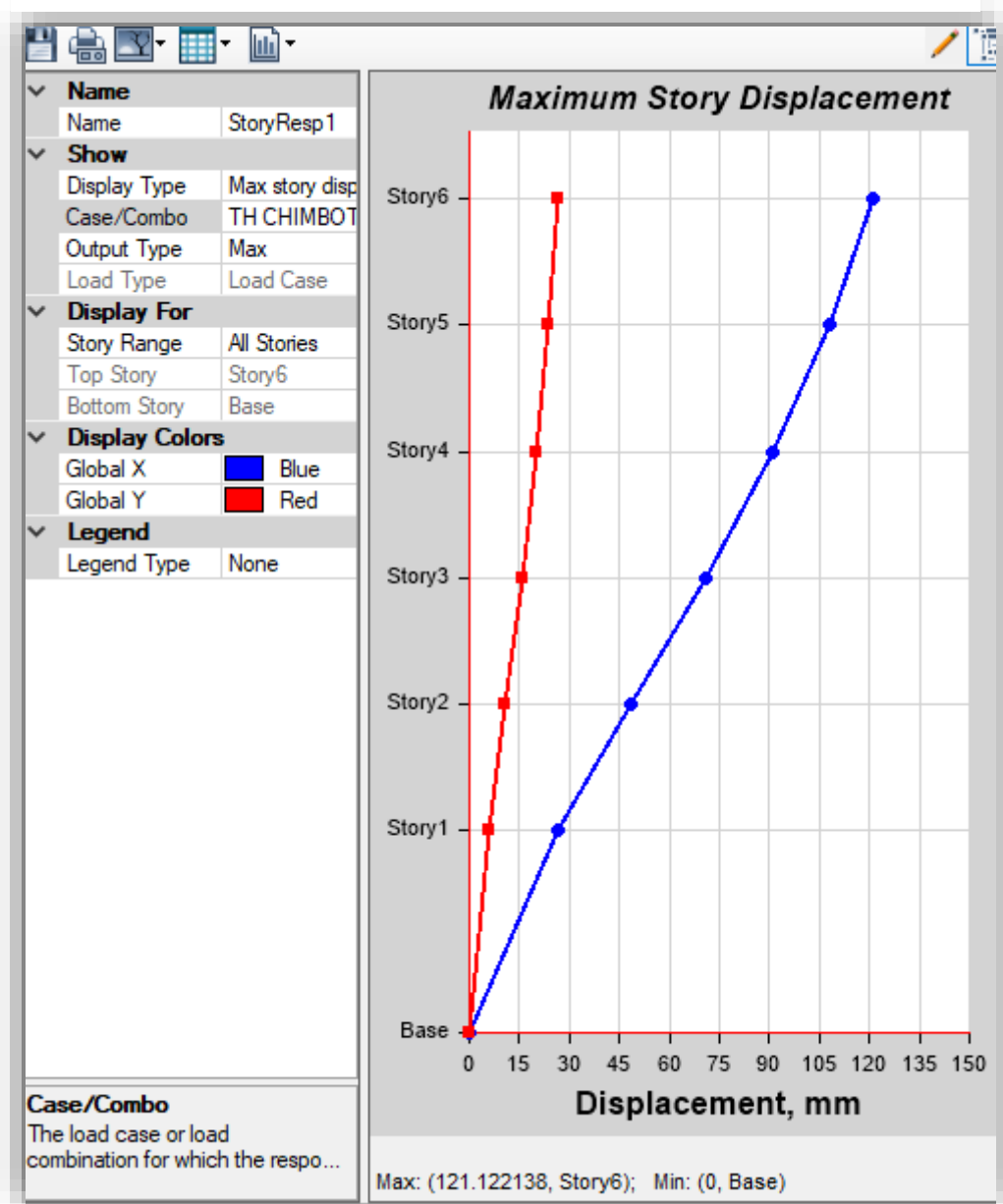
Ilustración 22 Desplazamientos máximos análisis estático edificio 02



Fuente 32 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

- ❖ En los sismos tiempo-Historia podemos observar las derivas máximas en el edificio 02 son un tanto desiguales teniendo mayor deriva el del sismo en Yungay-Perú 1970, pero en ambos casos sobrepasando las derivas de un diseño optimo que según la norma E030 es 0.007 sismos.

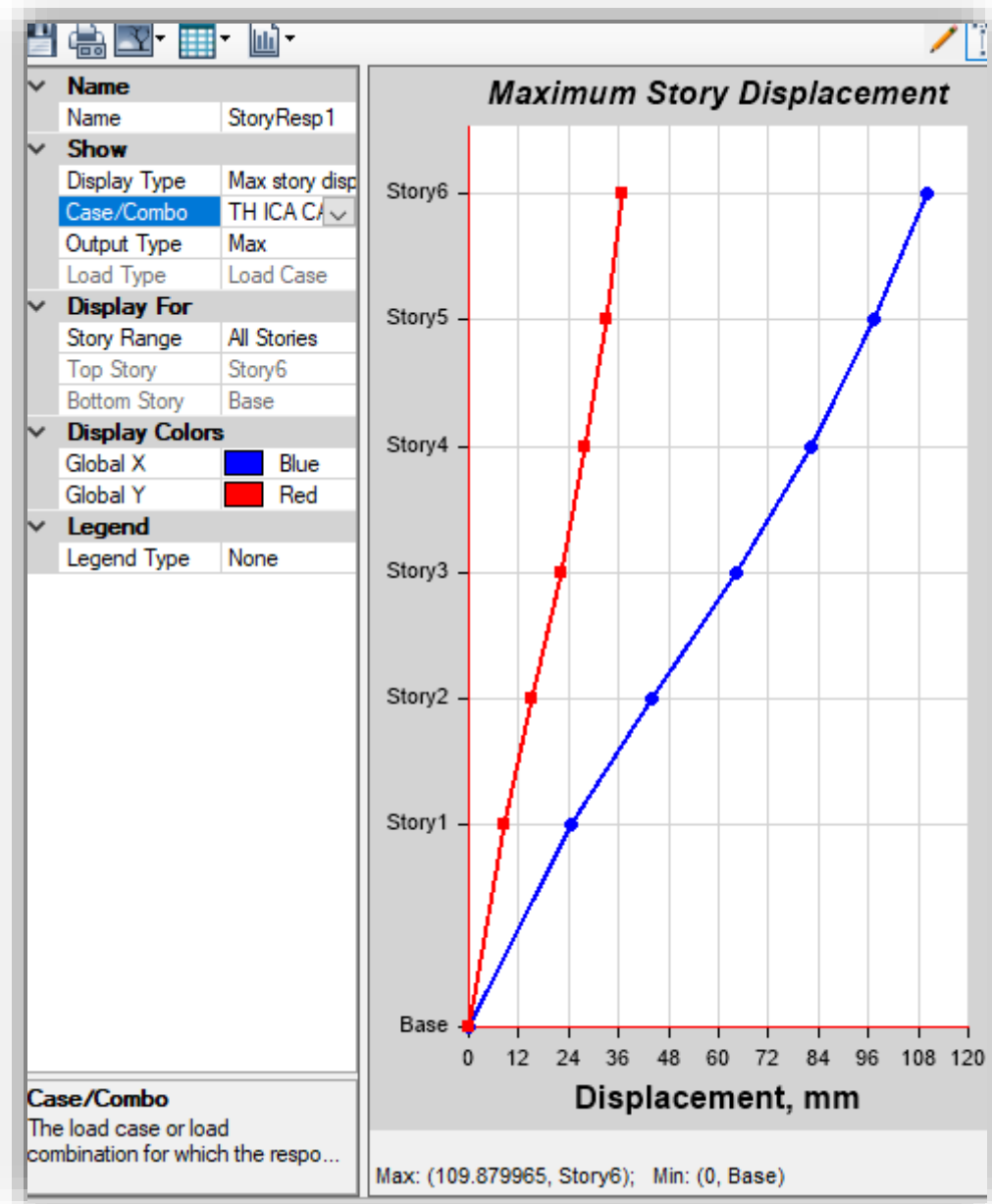
Ilustración 23 Desplazamientos máximos análisis tiempo-historia Yungay 1970



Fuente 33 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis



Ilustración 24 Desplazamientos máximos análisis tiempo-historia Ica 2007



Fuente 34 Modelamiento estructural Elaboración: Autor de la tesis

- ❖ De acuerdo al análisis realizado se puede decir que la vulnerabilidad de la misma manera es alta en el edificio 02 tanto con el sismo de Yungay-Perú 1970 y Ica-Perú 2007 ya que para cada caso de sismo la deriva sobrepasa lo estipulado en la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones RNP. Se puede deducir que ante la actividad de un sismo de igual magnitud de estos sismos la estructura puede colapsar inminentemente.
- ❖ Para dar solución a este problema se debe reforzar los elementos estructurales aumentando la sección transversal tanto de las vigas como de las columnas, para tener una mayor resistencia en toda la edificación de este edificio 01.

Como se da el caso que la estructura ya está construida se puede usar cintas con fibra de carbono y lograr de esta manera aumentar la resistencia a los momentos en las vigas.

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

El análisis de la vulnerabilidad sísmica frente a los sismos ocurridos en Perú Ica 2007 y Yungay-Perú 1970, de dos edificios de 06 pisos en la urbanización San Isidro, Trujillo, 2020. Es alta, ya que mediante el análisis en el programa Etabs 2019, se pudo observar que las derivas de piso de los edificios analizados con ambos sismos sobrepasaron lo establecido en la norma E030, la cual es establecida como 0.007 para edificaciones de concreto armado. Haciendo valida la hipótesis planteada en este proyecto. Los resultados evidencian que la hipótesis planteada es válida, mostrando que ambos edificios son altamente vulnerables frente a los dos sismos analizados en este proyecto.

Los periodos fundamentales de cada edificio analizado, no superaron al periodo fundamental, sin embargo, los desplazamientos máximos que se generaron en el análisis son preocupantes ya que fueron bien pronunciados, en cuanto a las distorsiones máximas se sobrepasó en mucho a lo estipulado en la normativa. Haciendo sin duda a ambos edificios que se analizó vulnerable ante un evento sísmico de esta magnitud. En el trabajo de investigación que se hizo no se encontró antecedentes que hagan el análisis de vulnerabilidad de la misma forma que se realizó en este proyecto mediante un programa estructural por lo que se aplicaron los conocimientos obtenidos para hacer el trabajo de investigación.

En el presente trabajo de investigación que tiene como primer objetivo, Clasificar los módulos escolares públicos por su sistema, característica y configuración estructural, mediante la metodología cualitativa. Los indicadores abordados tienen como antecedente realizado por Álvarez & Pulgar (2019), donde se muestra que. tras analizar los 3 módulos en los dos tipos

de suelo por el método cuantitativo se puede concluir que los pabellones típicos son mayormente vulnerables siempre y cuando el sismo se dirija en dirección “X” de la estructura, ya que estas construcciones poseen menos rigidez en esa dirección. Los resultados que encontró son los mismos que se encuentran haciéndonos saber que la mayoría de edificaciones están vulnerables al evento de actividades sísmicas.

En esta investigación que tiene como objetivo principal, Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de 2 pisos en el sector de “Año Nuevo” distrito de Comas – 2018. Teniendo como antecedente de la investigación a Granados, (2019), en ello se encontró que, El 54% de las viviendas estudiadas presentan una vulnerabilidad sísmica alta, debido al factor influyente la densidad de muros inadecuados, así como la inestabilidad de muros no estructurales y la incidencia de baja calidad de mano de obra y materiales. Por otra parte, el 38% de dichas viviendas presentan una vulnerabilidad media, y el 8% presentan un nivel de vulnerabilidad baja. Con esta información se llega al mismo resultado que obtuvimos, todas las edificaciones presentan vulnerabilidad sísmica, al igual que en el proyecto de investigación desarrollado que ambas edificaciones son vulnerables ante actividad sísmica.

En este trabajo de investigación que nos sirve como antecedente, se tiene como principal objetivo, Determinar la Vulnerabilidad Sísmica del Pabellón “D” de la Universidad Privada Antenor Orrego. realizado por Cortez & Fernández, (2017), en ello se encontró que. Al realizar el modelo matemático empleando el programa computacional ETABS 2016 en el cual se evidenció que en el Pabellón “D” se presentan resultados críticos como se ven en los siguientes modos de vibrar: 1,2 y 3 los cuales presentaron un alto porcentaje de masa de 86.70%, 79.80% y 79.67 % y sus periodos de vibrar fueron de 1.11, 0.935 y 0.856, así también su movimiento resultó ser de traslación en X, Rotacional y Traslación en Y

Respectivamente. Los cuales nos muestra los serios problemas a los que se ve expuesto con estos resultados ante un evento sísmico. Llegando a los resultados de la misma manera, encontrando que la edificación es vulnerable frente a actividades sísmicas. Con este aporte se puede observar que no solo las edificaciones particulares tales como las viviendas son vulnerables en la ciudad de Trujillo, sino que, también las instituciones consideradas dentro de la normativa como construcciones importantes.

En este trabajo de investigación, que se tiene como objetivo, Determinar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E. Liceo Trujillo, 2018. Ayudándonos como antecedente, realizado por Aguilar & Mudarra (2018), hallaron que. Al determinar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la I.E. Liceo Trujillo, mediante el método de índice de vulnerabilidad, con el cual se obtuvo un 75% de los pabellones antiguos (A1, A2, A3, A4, A5-1, A5-2, A6, A7 y A8) y una vulnerabilidad sísmica media alta; un 25% para los pabellones modernos (B1, B2 y B3) con una vulnerabilidad media – baja. En este trabajo obtuvieron resultados iguales a nuestra investigación haciendo saber que las edificaciones de todos los tipos resultan vulnerables ante actividad sísmica y que es necesario un replanteo y reforzamiento de las estructuras para no tener consecuencias graves en el futuro.

En esta investigación que se tiene como objetivo. Determinar el nivel de Vulnerabilidad Sísmica de la I.E. N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima. Aportando con información para ser parte de los antecedentes, esta investigación se realizó por Hidalgo & Silvestre (2019), en esta investigación se halló que. La I.E. N° 20475 – Los Pelones presenta en promedio una VULNERABILIDAD MEDIA ALTA. Se hallaron resultados iguales que las unidades de estudio en el presente proyecto de investigación, que

la vulnerabilidad se encuentra presente en las instituciones educativas frente a la acción de sismos.

En el presente trabajo de investigación se tiene como objetivo. Realizar un diagnóstico del edificio de la facultad de ingeniería en la sede Rodrigo Facio en cuanto a su vulnerabilidad sísmica para determinar si es necesario una rehabilitación estructural para albergar el museo de la Universidad de Costa Rica. Trabajo escogido como antecedente fue realizado por Vargas (2017), encontró que. El edificio de la facultad de ingeniería tiene una configuración estructural que se considera frágil. El CSCR – 10 prohíbe estructuras sismorresistentes con estas características, tanto la estructura A como la estructura B del edificio de la facultad de ingeniería, según el análisis llevado a cabo, no cumple con las demandas de un análisis elástico para la condición actual, por lo que se considera que no tendrá un comportamiento adecuado ante las sollicitaciones sísmicas y son vulnerables. De igual manera se encuentran resultados iguales aportando que, las edificaciones más antiguas son aún más vulnerables ante actividad sísmica. En comparación con la presente investigación resulta que las estructuras elegidas para estudio resultan vulnerables haciendo saber que no fueron construidas con una supervisión lo suficientemente capacitada al igual que las edificaciones elegidas para el estudio en este proyecto de investigación.

En esta investigación se tiene como objetivo Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones selectas del Campus Mocambo de la Universidad Veracruzana para asegurar la continuidad de los servicios básicos, minimizar daños a la propiedad, minimizar el riesgo de colapso, evitar pérdidas de vida y tener un nivel de seguridad sísmica de acuerdo con el método de análisis que utilizó. Trabajo escogido para antecedente realizado por Hernández (2016), encontró que. Los modelos estructurales presentados en este trabajo son los más cercanos a las estructuras reales, pues sus periodos obtenidos mediante ambos

métodos (experimental y analítico) son muy similares, lo que garantiza un margen de error mínimo en el modelado de dichas estructuras, y la obtención de los parámetros necesarios para la aplicación del método para calcular la vulnerabilidad sísmica. No se presenta el fenómeno de resonancia entre el suelo y los edificios pues en todos los casos no coinciden los periodos fundamentales del suelo con los de la estructura. De acuerdo a la simulación y al resultado experimental, el Edificio A de la Facultad de Odontología se considera vulnerable en el tercer nivel en la dirección Y, pues el índice de vulnerabilidad sísmica de la estructura es menor que el índice de juicio estructural ( $I_s < I_{s0}$ ), esto es debido a la falta de rigidez en el edificio en esa dirección. Al igual que en el presente trabajo de investigación se halla resultados similares ya que siempre la unidad de estudio escogida resulta ser vulnerable.

En esta investigación se tiene como objetivo principal la evaluación del riesgo sísmico de viviendas unifamiliares de Vines, de esta manera evitar que una población sea vulnerable. Trabajo que realizó Aviles & Marcelo (2018), encontraron que En base a la fórmula propuesta para determinar el riesgo sísmico mediante el análisis realizado a los nueve modelos propuesto según su tipología (características geométricas) dio como resultado que, para las viviendas de características con mayor recurrencia, el riesgo sísmico de las viviendas unifamiliares está en un rango del 20% al 60%. Encontrando resultados similares el riesgo ante actividades sísmicas están presentes en todas las edificaciones de todo el país que se analizaron. Según este trabajo en todo el vecino país de Ecuador hay vulnerabilidad en sus edificaciones al igual que en nuestro país según el trabajo de investigación realizado y los antecedentes considerados, de acuerdo a esto necesitamos una reestructuración de todas las edificaciones con un grupo de profesionales capacitados para evitar catástrofes futuras en toda la ciudad.

En este trabajo de investigación a pesar de ser un proyecto de investigación novedoso y de gran importancia para la ciudad y el país, se tuvo complicaciones para acceder a los planos debido a que estas construcciones se hicieron sin la presencia de estos, por otro lado los propietarios piensan que sus edificaciones al ser unidad de estudio se verán afectadas por ciertas multas y prefieren no brindar planos que en muchos de los casos no existen. En otro de los casos a pesar de que los prohibieron continuar con la construcción ellos lo hicieron hasta culminarla y estas edificaciones no cumplen con la normativa estipulada en el Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo que en estas unidades de estudio se tuvo que hacer el levantamiento en cada una de las edificaciones ya que no contaba con planos autorizados por la municipalidad. Otra de las limitaciones que no se pudieron observar el acero de reforzamiento debido a que estas edificaciones ya estaban al 100% no pudiéndose observar dicho parámetro, quedando solo con los testimonios de la gente que trabajó en la construcción y el de los propietarios.

Los resultados hallados planteados antes, después del análisis se hallaron excelentes a partir de la hipótesis planteada y de la misma manera de los antecedentes hallados. Ya que en el análisis se encontró desplazamientos pronunciados, derivas de entrepiso sobrepasadas de acuerdo al reglamento de construcción al que se debería hacer las construcciones en Perú, siendo la máxima deriva de 0.07 en edificios de concreto armado según el Reglamento Nacional de Edificaciones, tal cual la unidad de estudio seleccionada para este proyecto de investigación.

Debido a esto las dos edificaciones analizadas con los sismos mencionados resultan ser altamente vulnerables por lo que estas edificaciones de estudio, deberían ser reforzadas para disminuir su vulnerabilidad ante un evento sísmico de igual o mayor magnitud a los sismos analizados, y de esta manera evitar catástrofes futuras con daños y pérdidas incalculables.



## CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

Se analizó la vulnerabilidad sísmica frente a los sismos ocurridos en Perú-Ica 2007 y Yungay-Perú 1970, de dos edificios de 06 pisos en la urbanización San Isidro, Trujillo, 2020. Mediante el programa Etabs 2019, encontrándose que ambas estructuras resultan ser vulnerables ante dicha actividad sísmica clasificándose con una vulnerabilidad alta.

- ✓ Se verificó la estructuración de ambas edificaciones elegidas para el estudio, analizadas con la ficha de observación, se determinó que son débiles, debido a que no tienen la suficiente área transversal de una columna para una edificación de esa envergadura, de igual manera con el análisis del programa se llegó a la misma conclusión, que hace falta columnas más rígidas con una sección transversal mayor para poder soportar las solicitaciones de la estructura.
- ✓ Se verificó la irregularidad de los edificios tanto en planta como en altura y se concluyó que el edificio 01 tiene mayor irregularidad en planta por presentar un significativo cambio en cuanto a los planos de primer piso y los pisos superiores y en altura los edificios tienen la misma irregularidad factores que aumentan la vulnerabilidad para un análisis sismoresistente.
- ✓ En base a lo analizado se pudo determinar que los elementos estructurales tales como vigas y columnas deben ser reforzadas con secciones transversales más amplias para no ser vulnerables ante dichos sismos de igual o mayor magnitud, ya que son estos elementos los que mantienen en pie la estructura y si alguno de ellos falla toda la estructura falla. Es por ello que son estos los que se deben tener en cuenta con un

correcto cálculo para un buen desempeño antes de su construcción, para de esta manera evitar pérdidas económicas y humanas.

- ✓ Se hizo el modelamiento de los dos edificios de 6 pisos, y al realizar el modelamiento en el programa Etabs 2019 que es una herramienta para facilitar los análisis estructurales sismoresistentes, en este se puede hacer sencillo el análisis sísmico de las edificaciones cuidando la correcta distribución de vanos tanto en X como en Y, además las intersecciones de viga-columna ya que depende de estos un correcto analisis.
- ✓ Se verificó El comportamiento dinámico de ambas edificaciones con el sismo de la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Con el análisis hecho en el programa se puede concluir que las estructuras son vulnerables, teniendo derivas que sobrepasan lo estipulado en la norma que son los requerimientos mínimos para edificaciones de esa magnitud.
- ✓ Se hizo el análisis tiempo-historia de ambos edificios con los dos sismos analizados, y se puede concluir que ambos edificios resultan vulnerables a la magnitud de ambos sismos analizados tanto al de Ica-Perú 2007 como para el de Yungay-Perú 1970.
- ✓ Al compararse el análisis estático con el análisis tiempo-historia del sismo de Ica-Perú 2007 se encontró que ambas edificaciones analizadas resultan ser altamente vulnerables, tanto para el análisis estático como para el análisis tiempo-historia.
- ✓ Al compararse el análisis estático con el análisis tiempo-historia del sismo de Yungay-Perú 1970 se encontró que las edificaciones del mismo modo resultan vulnerables para ambos estudios.

- ✓ Se comparó el análisis tiempo-historia del sismo de Ica-Perú 2007 y el análisis tiempo-historia del sismo Yungay-Perú 1970 se encontró que las edificaciones para ambos estudios resultan vulnerables.
- ✓ Se verificó que las deformaciones para ambos estudios de cada edificio tanto desplazamientos laterales como derivas no cumplen con lo establecido en la normativa RNE E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ✓ Se determinó que ante eventos sísmicos de esta magnitud tanto para el sismo de Ica 2007 y el de Yungay 1970 en ambos análisis sísmicos realizados para ambas edificaciones resultan ser altamente vulnerables ya que para ninguno de los estudios cumple con la normativa mínima estipulada en el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ✓ Ante todo lo investigado y en base a los resultados obtenidos, La mejor manera de reforzamiento debería hacerse para cada viga y columna de ambas edificaciones. En vista de que no se puede derribar para aumentar la sección de concreto, lo más factible para hacer sería colocar acero adicional alado de cada columna como una columna adyacente, y en las vigas se puede aumentar la sección de hacerlo para los momentos negativos y de ser el caso aumentar el peralte de cada viga para aumentar la funcionalidad de los edificios en cuanto a análisis sísmico concierne.

## **CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES**

En base a los análisis realizados, Se recomienda a la población de la urbanización San Isidro Trujillo, que las edificaciones de la misma categoría que se planea construir deberá como mínimo hacer un análisis a los elementos estructurales y el Predimensionamiento debe ser como mínimo por las cargas de gravedad de la estructura que se vaya a construir.

A las empresas constructoras que vayan a construir edificios de igual o mayor magnitud deben tener en cuenta un análisis detallado mínimo de los sismos más significativos en la historia de nuestro país.

Se recomienda a los ingenieros interesados en el tema, tener en cuenta el riesgo al que nos enfrentamos al construir edificaciones de esta o mayor envergadura, y para no lamentar desastres futuros de debe hacer un análisis exhaustivo para de esta manera crear edificaciones seguras y por ende ciudades seguras.

Se recomienda a los investigadores interesados en el tema a darle continuidad a este trabajo de investigación, estudiando las edificaciones de más importancia en la ciudad de Trujillo.

## CAPÍTULO 10. REFERENCIAS

- Aguilar, G. & Mudarra, C. (2018). evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E Liceo Trujillo-2018. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Privada del Norte, Trujillo – Perú.
- Alvarez, J. & Pulgar, X. (2020). Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de Vulnerabilidad (Fema p-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales. (TESIS Para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 30 de agosto de 2019.
- Aviles, M. (2018). evaluación de riesgo sísmico de viviendas unifamiliares de Vines. (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil). Universidad de Guayaquil, Guayaquil – Ecuador.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2020, 13 de abril). En el Cinturón de Fuego del Pacífico la actividad sigue siendo normal. Gobierno de Mexico. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cenapred/es/articulos/en-el-cinturon-de-fuego-del-pacifico-la-actividad-sigue-siendo-normal?idiom=es>.
- Cortez, C. & Fernández, J. (2017). análisis de la vulnerabilidad sísmica en el pabellón “d” de la Universidad Privada Antenor Orrego. (tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú.
- Espinoza, R. & Llamocca, C. (2019) vulnerabilidad de viviendas informales y sus índices sísmicos en el asentamiento humano nueva generación 2000 del distrito de comas.

(Tesis para optar por el título profesional de ingeniero Civil). Universidad San Martín de Porres, Lima – Perú.

Flores, J. Alcalde, M. & Chwastyk, M. (2020, 25 de febrero). El palpitante Cinturón de Fuego. National Geographic España. Recuperado de: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/palpitante-cinturon-fuego\\_15178](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/palpitante-cinturon-fuego_15178).

Granados, J. (2019). Vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de 2 pisos en el sector de Año Nuevo distrito de Comas – 2018. (tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Universidad Cesar Vallejo, Lima – Perú.

Giron, D. & Carrasco, B. (2019) vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad del instituto pedagógico Víctor Andrés Belaunde, Jaén, cajamarca-2019. (Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Jaén, Jaén – Perú.

Hidalgo, E. & Silvestre, R. (2019). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa No 20475 – los pelones, del distrito y provincia de Barranca del departamento de Lima. (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho – Perú.

Hernández, M. (2016). vulnerabilidad sísmica de edificios del campus Mocambo de la Universidad Veracruzana. (Trabajo para obtener el grado de maestro en ingeniería aplicada (estructuras)). Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz.

Muños, L. R. (2020 28 de mayo). 50 años tras el terremoto de Áncash: ¿qué aprendió Perú? *Made for minds* Recuperado de <https://www.dw.com/es/50-a%C3%B1os-tras-el-terremoto-de-%C3%A1ncash-qu%C3%A9-aprendi%C3%B3-per%C3%BA/a-53601637>.

- Santos, Q (2019). Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017. (Trabajo para optar por el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Continental, Huancayo – Perú.
- Siebert, F. (2007, 09 de enero). Expertos mundiales se reúnen en encuentro de Ingeniería Sísmica co-organizado por la U. de Chile. Universidad de Chile. Recuperado de: <https://www.uchile.cl/noticias/130211/expertos-mundiales-se-reunen-en-encuentro-de-ingenieria-sismica>.
- Tavera, H. (2020, 18 de agosto). Pisco 2007: 13 años de un sismo devastador. Plataforma digital única del Estado Peruano. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/294466-pisco-2007-13-anos-de-un-sismo-devastador>.
- Tavera, H. Bernal, E & Salas, H. (2007 agosto). El sismo de Pisco del 15 de agosto, 2007 (7.9Mw), departamento de Ica - Perú (informe preliminar). Ministerio del ambiente e Institutito Geofísico del Perú. Recuperado de: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/1115>.
- Vargas, J. (2017). Vulnerabilidad sísmica del edificio de la facultad de ingeniería de la Universidad de Costa Rica en la sede Rodrigo Facio. (Trabajo de graduación para obtener el grado de licenciatura en ingeniería Civil). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

## CAPÍTULO 11. ANEXOS

### ANEXO N°1. GUÍA DE OBSERVACIÓN.

A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VIVIENDA						
1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA		2. UBICACIÓN CENSAL		3. FECHA Y HORA		
1 Departamanto		1 Zona N°		dd	mm	aa
2 Provincia		2 Manzana N°		Hora : Horas		
3 Distrito		2 Lote N°				
4. DIRECCIÓN DE LA VIVIENDA						
Avenida ( )		Calle ( )	Jirón ( )	Pasaje ( )	Carretera ( )	Otro ( )
Nombre de la calle, Av, Jr, etc.		Interior	Piso	Mz	Lote	Km
Nombre de la Urbanización / Asentamiento Humano / Asoc. De viviendas / Otros						
Referencia:						
5. APELLIDOS Y NOMBRES DE JEFE (A) DE HOGAR O ENTREVISTADO (A)						
Apellido Paterno						
Apellido Materno						
Nombres					6. DNI	
B. INFORMACIÓN DEL INMUEBLE POR INFORMACIÓN DIRECTA						
1. DESDE EL EXTERIOR SE PUEDE OBSERVAR QUE:			2. LA VIVIENDA SE ENCUENTRA...			
1 En caso de colapso por el predominante deterioro, <b>SI</b> compromete al área colindante			1 Habitada ( )			
2 Ante posible colapso, por el predominante deterioro, <b>NO</b> compromete al área colindante			2 No habitada ( )			
3 No muestra precariedad			3 habitada, pero sin ocupantes ( )			
4 No fue posible observar el estado general de la vivienda			4 Rechaza la Verificación ( )			
Cuando la pregunta 2 tenga cualquiera de las siguientes respuestas: <b>Vivienda 2 NO habitada, 3 Habita pero sin ocupantes, ó 4 rechaza la verificación, deberá pasar al campo N° 6 de la sección "C" y CONCLUIR LA VERIFICACIÓN</b>						
C. CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE VIVIENDA						
1. CUENTA CON PUERTA INDEPENDIENTE		2 FORMA PARTE DE UN COMPLEJO		3 TOTAL DE OCUPANTES (Cantidad de personas)		
1 <b>SI</b> , cuenta con puerta de calle ( )		1 Multifamiliar <b>Horizontal</b> ( )		1 De la vivienda		
2 <b>NO</b> , es parte de un complejo multifamiliar ( )		2 Multifamiliar <b>Vertical</b> ( )		2 Del complejo multifamiliar		
		3 No aplica		(aproximado)		
4. CANTIDAD DE PISOS DE LA VIVIENDA				5. CANTIDAD DE PISOS DEL COMPLEJO MULTIFAMILIAR		
1. Cantidad de niveles superiores (incluido el 1° piso)				1. Cantidad de niveles superiores (incluido el 1° piso)		
2. Cantidad de niveles inferiores (Sótano)				2. Cantidad de niveles inferiores (Sótano)		
3. No aplica, por ser area común de la vivienda multifamiliar				3. No aplica, por ser vivienda unifamiliar		
6. FACTORES CRÍTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD "MUY ALTO" o "ALTO":						
1 El inmueble se encuentra en un terreno inapropiado para edificar						( )
2 Encontrarse el inmueble en una ubicación expuesta a derrumbes y/o deslizamientos						( )
3 Otro:						( )
4 Otro:						( )
5 No aplica						( )
De ser necesario, se deberá especificar los factores y tener en consideración esta información para la evaluación de las edificaciones colindantes.						
La Vulnerabilidad será determinada considerando la posibilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud;						
Las labores del reforzamiento recomendadas son de responsabilidad del jefe (a) del hogar. Para estas tareas deberán ser asistidas por profesionales de la materia;						
Las consultas podrán ser absueltas en la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad de su jurisdicción.						
Mayor información en <a href="http://www.indeci.gob.pe">www.indeci.gob.pe</a>						

Fuente 35 Guía de observación Resolución jefatural INDECI



*Ilustración 25 vista frontal Edificio 01*



*Fuente 36 Fotografía propia Elaboración: Autor de la tesis*

*Ilustración 26 Vista lateral edificio 02*



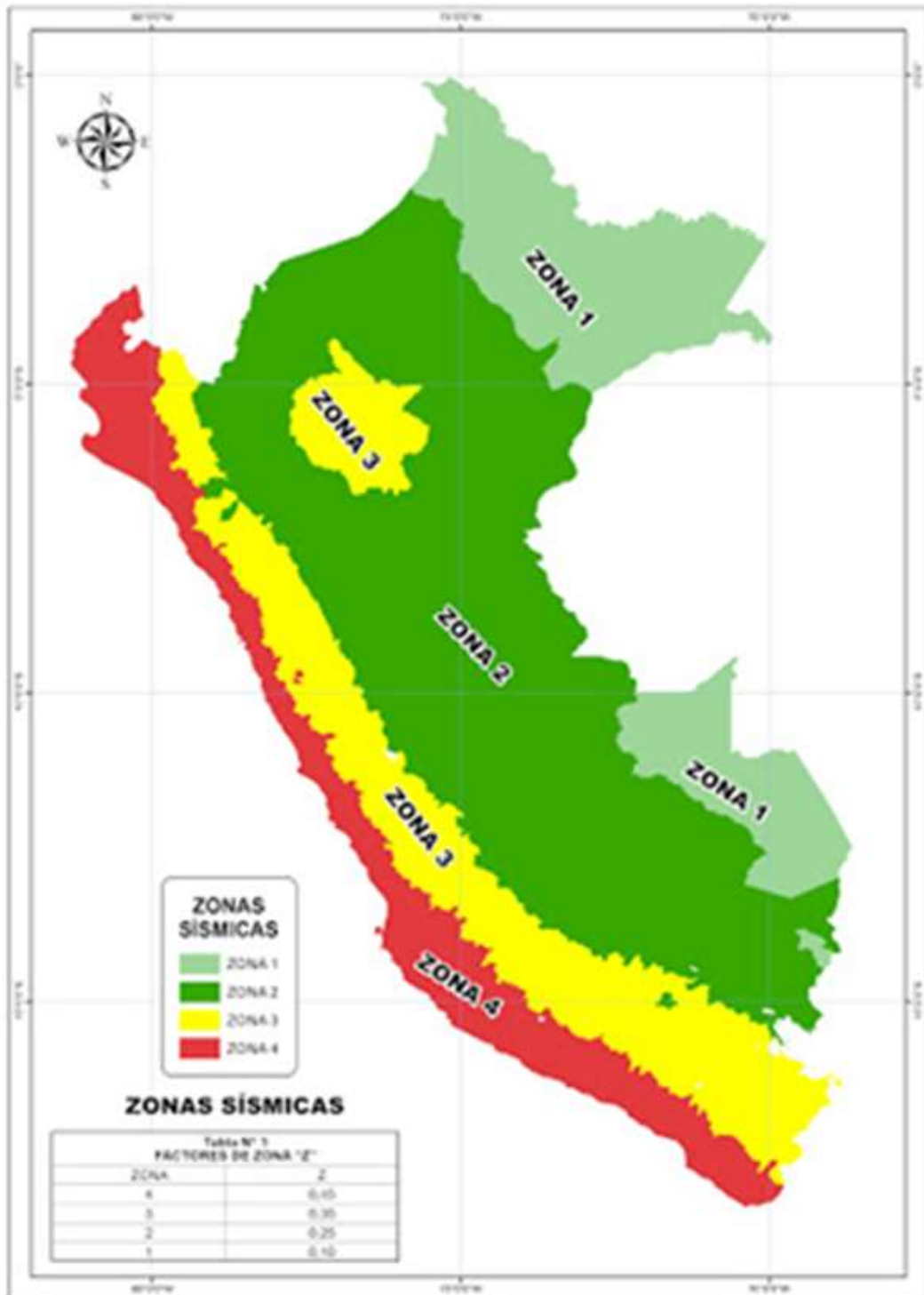
*Fuente 37 Fotografía propia Elaboración: Autor de la tesis*

*Ilustración 27 Vista frontal edificio 02*



*Fuente 38 Fotografía propia Elaboración: Autor de la tesis*

Ilustración 28 Zonificación sísmica del Perú



Fuente 39 Reglamento Nacional de Edificaciones

*Ilustración 29 Vista de la Ciudad de Yungay antes del terremoto*



*Fuente 40 RPP noticias, Elaboración: Autor de la tesis.*

*Ilustración 30 Vista de la ciudad de Yungay después del sismo.*



*Fuente 41 RPP noticias, Elaboración: Autor de la tesis.*

*Ilustración 31 Ciudades afectadas por el terremoto de Pisco 2007.*



*Fuente 42 Instituto Geofísico del Perú, Elaboración: Autor de la tesis.*



*Ilustración 32 Ubicación de los edificios a estudiar.*



*Fuente 43 Google Maps. Elaboración: Autor de la Tesis.*