

# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ESCUELA DE POSGRADO



TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO CON MENCIÓN EN EN  
GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN MODERNA

---

**“Evaluación económica y estructural de la vulnerabilidad sísmica en la  
construcción de viviendas unifamiliares en la Provincia de Trujillo,  
aplicando la metodología de Benedetti y Petrini”**

---

**Área de Investigación:**

Gerencia - Construcción– Estructuras

Autor:

Br. Galicia Guarniz William Conrad

**Jurado Evaluador:**

**Presidente: Narváez Aranda Ricardo Andrés**

**Secretario: Henríquez Ulloa Juan Paul**

**Vocal: Cerna Sánchez Eduardo Elmer**

Asesor

Dr. Enrique Francisco Luján Silva

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-8960-8810>

TRUJILLO – PERÚ

2021

**Fecha de sustentación: 2021/09/10**

**MIEMBROS DEL JURADO**

**“EVALUACIÓN ECONÓMICA Y ESTRUCTURAL DE LA VULNERABILIDAD  
SÍSMICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA  
PROVINCIA DE TRUJILLO, APLICANDO LA METODOLOGÍA DE  
BENEDETTI Y PETRINI”**

---

**PRESIDENTE**

**ING. Narvárez Aranda Ricardo Andrés**

---

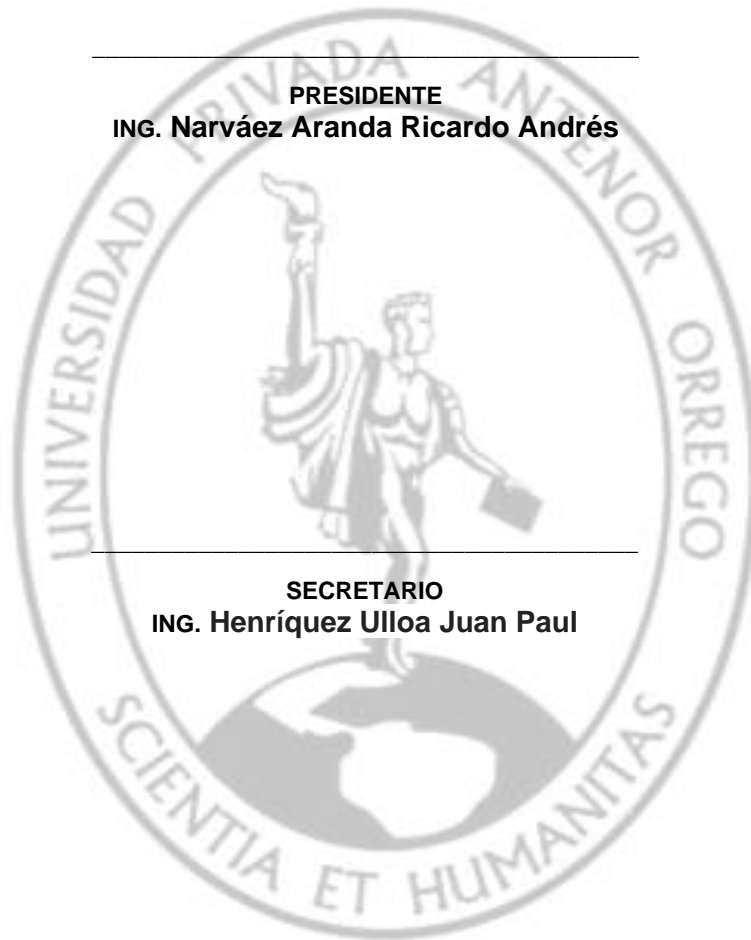
**SECRETARIO**

**ING. Henríquez Ulloa Juan Paul**

---

**VOCAL**

**ING. Cerna Sánchez Eduardo Elmer**



## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiar siempre mi camino y en todo este trayecto para llegar a esta etapa de mi vida, por darme la fortaleza necesaria para seguir luchando por mis sueños.

A mis padres Guillermo y María, por todo su esfuerzo que hicieron para lograr uno de mis objetivos, por todo su amor y consejos durante todo este tiempo, todo esto es por y para ustedes.

A mis hermanas Lizeth y Milagro por su soporte constante y consejos en esta nueva etapa de mi carrera profesional. Les estoy muy agradecido.

A ti mi hijita Ariana Lucia, este esfuerzo lo hago por ti, me llenas con tu amor y palabritas, cada día me sorprendes lo rápido que creces. Eres mi motivación de vida.

A ti Angélica, mi amor, que me impulsaste cada día para que llegue este momento, eres mi gran fortaleza y mi fuerza para este nuevo paso.

A ti mamita Luisa, se que estás presente en cada etapa que paso, porque te siento.

A todas las personas mencionadas aquí, las amo mucho y pido a Dios me sigan acompañando en cada nueva etapa de mi vida.

***ING. William Conrad Galicia Guarníz***

## **AGRADECIMIENTO**

Este agradecimiento está dirigido a mis alumnos de Ingeniería Civil y Arquitectura de UPAO que aportaron en gran parte a la presente investigación. Una persona fundamental en el desarrollo de la tesis, y formación profesional es a mi asesor Dr. Enrique Lujan Silva, Gracias por su gran apoyo metodológico y sobre todo profesional y sus consejos brindados en todo este proceso.

A la Empresa Retrofit Ingenieros Asociados, por el soporte en la información, definitivamente un gran equipo.

Así mismo nuestro agradecimiento a mi alma mater, Universidad Privada Antenor Orrego, facultad de ingeniería, escuela profesional de Ingeniería civil y Arquitectura, por el respaldo brindado en la etapa de mi título profesional.

Un especial agradecimiento a mis maestros Ing Manuel Villalobos Vargas y al Ing. José Huertas Polo, como no recordarlos ya que fueron una base importante en mi formación profesional con su exigencia y dedicación constante gracias, por tanto.

A un gran amigo por todo su soporte y consejos Paul Henríquez Ulloa, amigo gracias por todo. Y finalmente al Ingeniero Eduardo Cerna y a su equipo de trabajo, por el soporte brindado para llegar a culminar esta etapa.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación busca; mediante el estudio de viviendas ubicadas en distintos puntos de la provincia de Trujillo y, aplicando a cada una de ellas el método Benedetti y Petrini; obtener los índices de vulnerabilidad sísmica necesarios para identificar los peligros de dichas edificaciones y de esta manera plantear soluciones así como también un plan de acción adecuado a la realidad de la ciudad de Trujillo.

Siguiendo la línea de investigación, se realizaron las respectivas inspecciones de campo y pruebas técnicas (esclerometría) en los principales elementos como columnas y vigas, a fin de someter los datos recolectados al análisis del programa de modelamiento y finalmente al análisis del método Benedetti Petrini, que cuenta con 11 parámetros de evaluación con los cuales se analiza el estado estructural de la vivienda materia de análisis. Asimismo se hace necesario solicitar información adicional al propietario tales como: Año de construcción, tipo de uso del inmueble, duración del proceso constructivo, etc. Estos datos; en conjunto con los obtenidos respecto del estado de conservación, los elementos estructurales y no estructurales y el análisis matemático; son comparados con la norma Sismo Resistente E-030 teniendo como resultado la vulnerabilidad efectiva a la que está expuesta cada vivienda en caso de ocurrir un sismo. Estos resultados serán analizados y comparados para proponer sugerencias y recomendaciones respecto del reforzamiento de las edificaciones que presenten un alto grado de vulnerabilidad.

## **ABSTRACT**

The present research work seeks; by studying houses located in different parts of the Trujillo district and applying the Benedetti and Petrini method to each one of them; obtain the seismic vulnerability indexes necessary to identify the dangers of these buildings and thus propose solutions as well as an appropriate action plan to the reality of the city of Trujillo.

Following the research line, the respective field inspections and technical tests (sclerometry) were carried out on the main elements such as columns and beams, in order to submit the collected data to the analysis of the modeling program and finally to the analysis of the Benedetti Petrini method, which has 11 evaluation parameters with which, the structural state of the house is analyzed. It is also necessary to request additional information from the owner such as: Year of construction, type of use of the property, duration of the construction process, etc. These data; in conjunction with those obtained regarding the state of conservation, structural and non-structural elements and mathematical analysis; are compared with the E-030 earthquake resistant standard, resulting in the effective vulnerability to which each home is exposed in the event of an earthquake. These results will be analyzed and compared to propose suggestions and recommendations regarding the reinforcement of buildings that present a high degree of vulnerability.

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	10
<b>1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA</b> .....	11
<b>1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	11
<b>1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	11
<b>1.4.1. Objetivo General</b> .....	11
<b>1.4.2. Objetivos Especificos</b> .....	12
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	12
<b>2. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	13
<b>2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO</b> .....	13
<b>2.1.1. Antecedente 1</b> .....	13
<b>2.1.2. Antecedente 2</b> .....	14
<b>2.1.3. Antecedente 3</b> .....	14
<b>2.1.4. Antecedente 4</b> .....	15
<b>2.2. MARCO TEORICO</b> .....	16
<b>2.2.1. Vulnerabilidad Sísmica</b> .....	16
<b>2.2.2. Método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini</b> .....	17
<b>2.3. IHPÓTESIS</b> .....	19
<b>2.4. VARIABLES E INDICADORES</b> .....	19
<b>2.4.1. Variables Dependientes</b> .....	19
2.4.1.1. Vulnerabilidad sísmica.....	19
2.4.1.2. Análisis estructural .....	19
<b>2.4.2. Variables Independientes</b> .....	19
2.4.2.1. Método de Benedetti-Petrini .....	19
2.4.2.2. Resistencia a la Compresión del Concreto .....	19
2.4.2.3. Escaneo del Refuerzo.....	19
<b>2.4.3. Operacionalización de Variables</b> .....	19
<b>3. METODOLOGÍA EMPLEADA</b> .....	20
<b>3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> .....	20
<b>3.1.1. Tipo de Investigación</b> .....	20
<b>3.1.2. Nivel de Investigación</b> .....	20

<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO .....</b>	<b>20</b>
3.2.1. Población.....	20
3.2.2. Muestra .....	20
<b>3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>21</b>
3.4.1. Diamantina:.....	21
3.4.2. Esclerometría:.....	22
3.4.3. Carbonatación:.....	23
3.4.4. Escaneo de refuerzo: .....	23
3.4.5. Curva de Vulnerabilidad .....	24
3.4.6. Cotización de la Evaluación .....	25
3.4.7. Reporte de los Ensayos.....	26
<b>3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>26</b>
3.5.1. Factor de Vulnerabilidad (F.V) .....	26
3.5.2. Aplicación de Método de Benedetti y Petrini.....	28
3.5.3. Modelación Estructural.....	29
3.5.4. Normatividad Aplicada. ....	30
3.5.5. Clasificación de Vulnerabilidad.....	30
<b>4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1. VULNERABILIDAD DE LAS VIVIENDAS DE TRUJILLO EN EL UNIVERSO DE ESTUDIO .....</b>	<b>34</b>
4.2. ZONA DE INSPECCIÓN .....	34
4.3. RESISTENCIA DEL CONCRETO .....	35
4.4. NÚMERO DE PISOS DE VIVIENDAS DE ESTUDIO.....	36
4.5. COMPATIBILIDAD CON EL ESTUDIO REALIZADO POR EL DR ENRIQUE LUJAN SILVA.....	37
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>6. RECOMENDACIONES Y LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>7. REFERENCIAS .....</b>	<b>44</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>45</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA Nº 01:</b> Escala numérica del índice de vulnerabilidad “IV” para estructuras de concreto (Benedetti - Petrini, 1984).....	18
<b>TABLA Nº 02:</b> Escala numérica del índice de vulnerabilidad “IV” para estructuras de Albañilería (Benedetti - Petrini, 1984).....	18
<b>TABLA Nº 03:</b> Operacionalización de Variables.....	19
<b>TABLA Nº 04:</b> Curva de Vulnerabilidad (2015).....	24
<b>TABLA Nº 05:</b> Curva de Vulnerabilidad (2021).....	25
<b>TABLA Nº 06:</b> Aplicabilidad de Gráfica de Vulnerabilidad. ....	27
<b>TABLA Nº 07:</b> Ejemplo de Cálculo de Índice de Vulnerabilidad.....	28
<b>TABLA Nº 08:</b> Parámetros de Vulnerabilidad .....	29
<b>TABLA Nº 09:</b> Viviendas con Vulnerabilidad Alta .....	30
<b>TABLA Nº 10:</b> Viviendas con Vulnerabilidad Media.....	31
<b>TABLA Nº 11:</b> Viviendas con Vulnerabilidad Baja .....	31
<b>TABLA Nº 12:</b> Costos de Ensayos de Inspección en Edificaciones.....	32
<b>TABLA Nº 12:</b> Costos por metro cuadrado de.....	38
Evaluación de Vulnerabilidad.....	38
<b>TABLA Nº 13:</b> Variación de Resistencia a la Compresión del Concreto .....	39
<b>TABLA Nº 14:</b> Ajuste de Grafico y Nivel de Confianza .....	40
de Vulnerabilidad .....	40
<b>TABLA Nº 15:</b> Características de las zonas de Vulnerabilidad.....	41

## **INDICE DE IMÁGENES**

<b>IMAGEN N° 01.</b> Mapa de Microzonificación Geotécnica .....	17
del Distrito de Trujillo .....	17
<b>IMAGEN N°02.</b> Conjunto de Viviendas Evaluadas.....	20
<b>IMAGEN N°03.</b> Ensayo de Inspección Diamantina.....	22
<b>IMAGEN N°04.</b> Ensayo de Inspección Esclerometría.....	22
<b>IMAGEN N°05.</b> Ensayo de Inspección Carbonatación.....	23
<b>IMAGEN N°06.</b> Ensayo de Inspección Escaneo.....	23
<b>IMAGEN N°07.</b> Modelaciones Estructurales-Etabs .....	30
<b>IMAGEN N°08.</b> Data de viviendas .....	33
<b>IMAGEN N°09.</b> Viviendas seleccionadas para la investigación.....	33
<b>IMAGEN N°10.</b> Grafica de la vulnerabilidad encontrada en los casos.....	34
<b>IMAGEN N°11.</b> Zonas de Inspección.....	35
<b>IMAGEN N°12.</b> Resistencia del Concreto vs Vulnerabilidad.....	36
<b>IMAGEN N°13.</b> Número de Pisos estudiados.....	36
<b>IMAGEN N°14.</b> Mapa de Microzonificación Geotécnica elaborado .....	37
por el Dr. Enrique Lujan Silva.....	37
<b>IMAGEN N°15.</b> Mapeo de Microzonificación de Vulnerabilidad.....	37
<b>IMAGEN N°16.</b> Amplitud de Estudios.....	39
<b>IMAGEN N°17.</b> Licencia de Software Etabs-CSI.....	42

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Teniendo como premisa principal que la ciudad de Trujillo se encuentra ubicada en la Zona 04 de la clasificación establecida en la Norma de Diseño Sismorresistente E030, la sismicidad que esta zona presenta es de un rango que va de medio a alto. Esta afirmación tiene su fundamento en el hecho que; tanto las Placas de Nazca y Sudamericana; están en constante actividad, lo cual nos lleva a la conclusión que; al ser la sismicidad de naturaleza impredecible; allí es donde radica la importancia de que la ciudad se encuentre debidamente preparada ante la ocurrencia de un sismo que puede tener efectos devastadores.

Según los estudios de “Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo”, desarrollado por el Dr. Enrique Lujan Silva, en su Tesis Doctoral presentada en la Universidad Nacional de Trujillo, la capacidad portante del Suelo de la ciudad es muy baja, oscilando en promedio de 0.9 a 1.10 kgf/cm<sup>2</sup>.

Debido a la autoconstrucción que se evidencia en la mayoría de viviendas a nivel nacional; sin la adecuada asesoría técnica profesional; es de vital importancia desarrollar una evaluación del estado en el que se encuentran las estructuras de las mismas, con la finalidad de proporcionar a los propietarios la real condición de su predio y brindarle las recomendaciones y medidas a ejecutar para que, de esta manera se genere o inculque una conciencia de consultoría profesional, siempre de la mano o bajo la supervisión de un Ingeniero o Arquitecto especialista en la rama.

Por otro lado, debemos tener en cuenta que las Universidades también cumplen un rol fundamental de colaboración y asesoría hacia la población. Esta función también será debidamente abordada y desarrollada más adelante.

La presente investigación, tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica en viviendas unifamiliares; haciendo uso de métodos experimentales modernos, teóricos y prácticos, y a partir de ello se detallará el costo y tiempo que implica dicha realización; generando

también ratios por metro cuadrado para que se pueda implementar de manera más rápida posible un plan de acción, convirtiéndose finalmente en un aporte de vital importancia para nuestra ciudad, así como también para investigaciones futuras.

## **1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

El problema que padece la mayoría de las viviendas de la ciudad de Trujillo, es que cuando los propietarios se disponen a edificar sus predios, éstos carecen de asesoría profesional en el proceso constructivo de las edificaciones; por otro lado se presenta el problema de que, durante dicho proceso no se siguen los parámetros establecidos en la Norma de Diseño Sismorresistente vigente en nuestro país. Entonces, teniendo en cuenta el estudio de “Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo”, del Dr. Enrique Lujan Silva, en el que se verifica el bajo índice de la capacidad portante del suelo de nuestra ciudad (0.9 a 1.10 kgf/cm<sup>2</sup>), esto trae como consecuencia inevitable que las referidas construcciones tendrán como característica principal el alto índice de vulnerabilidad sísmica, convirtiéndolas en una trampa mortal ante un eventual sismo; no sólo para los residentes de las mismas; sino también para las personas que no viven en ellas, además del daño material-estructural que obviamente tendrán dichos inmuebles.

## **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera se realizará la evaluación económica y estructural de la vulnerabilidad sísmica en la construcción de viviendas unifamiliares en la ciudad de Trujillo, aplicando la metodología de Benedetti y Petrini?

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinación y análisis del procedimiento para la evaluación económica y estructural de la vulnerabilidad sísmica en la construcción

de viviendas unifamiliares en la ciudad de Trujillo aplicando la metodología de Benedetti y Petrini.

#### **1.4.2. Objetivos Especificos**

- Realizar el levantamiento de las dimensiones de las viviendas, las mismas que son necesarias para la aplicación metodológica.
- Aplicar ensayos de Esclerometría en columnas y vigas, a fin de determinar las resistencias a la compresión del concreto en las mismas.
- Aplicar el escaneo del refuerzo en las vigas, verificando y contrastando el resultado con el mínimo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
- Evaluar desde el punto de vista económico; la inversión del estudio de vulnerabilidad y el tiempo de ejecución del mismo en viviendas unifamiliares.
- Generar una ficha de recolección de datos y a su vez, una presentación del respectivo informe de la evaluación desarrollada en cada vivienda.
- Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de cada vivienda evaluada.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Generar Ratios por metro cuadrado sobre la evaluación económica de vulnerabilidad sísmica en viviendas unifamiliares en la ciudad de Trujillo.

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La presente investigación se va a enfocar en analizar la vulnerabilidad de las viviendas a fin de verificar si se cumplen con los requisitos exigidos por la Norma de Diseño Sismorresistente (E030). Por otro lado, se hace hincapié en la importancia de enfocarnos en este punto, ya que la mayoría de viviendas construidas en la ciudad de Trujillo, ejecutan procesos constructivos deficientes utilizando materiales de baja calidad,

lo que conlleva a tener como resultado unas edificaciones propensas a sufrir daños.

La importancia de este proyecto de investigación radica en el hecho que se pretende generar un aporte para la Ciudad de Trujillo, desarrollando un estudio exhaustivo a través del método de Benedetti y Petrini y determinando así; las inapropiadas y deficientes ejecuciones al momento de construir las viviendas. Entonces, a partir de ello elaborar y presentar un resultado que permita reflejar una valoración muy aproximada de la vulnerabilidad sísmica que presentarían en caso ocurra este tipo de fenómeno natural, creando también una cultura de prevención antes estos eventos de naturaleza impredecible.

Por otro lado, también se detallará el costo económico y ratios por metro cuadrado para la implementación del estudio a futuras evaluaciones en cualquier edificación. Finalmente, se busca incentivar la investigación experimental; en los estudiantes, docentes y profesionales en el área de la Ingeniería Civil de nuestro país.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

#### **2.1.1. Antecedente 1**

Para esta investigación tuvieron que realizar visitas de campo a los centros educativos: I.E. N° 81011 Antonio Raimondi, I.E. Marcial Acharán y Smith y la I.E. N° 81011 Antonio Raimondi, en donde se observaron y tomaron nota del tiempo de construcción, posibles modificaciones que se realizaron en el transcurso de los años, estado de los elementos estructurales, distribución arquitectónica y cualquier tipo de daño a su infraestructura.

Asimismo realizaron el procesamiento de datos utilizando el método elegido, en este caso fueron los parámetros de Benedetti y Petrini y concluyeron que “Todos los bloques de ambas instituciones educativas del Centro Histórico de Trujillo, muestran una vulnerabilidad media - baja, sobre lo cual se interpreta que son estructuras donde pueden ocurrir daños importantes, que aunque sin

existir posibilidad de colapso de las estructuras, también es peligrosa su utilización a menos que sean rehabilitadas porque pueden producir accidentes debido a caídas de bloques de albañilería o de concreto y de cubiertas o techos.”

Abanto S. & Cárdenas D. (2015) “Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método Benedetti - Petrini en las instituciones educativas del centro histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, región La Libertad” (Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil). UPAO, Trujillo.

### **2.1.2. Antecedente 2**

El presente caso trata de una investigación descriptiva referente a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones comunes en la ciudad de Pimentel.

La vulnerabilidad sísmica es definida como la predisposición intrínseca de la estructura a sufrir daño debido a eventos sísmicos, y está directamente relacionada con los materiales y el proceso constructivo empleado.

El método elegido, el índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini), identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causado por un terremoto, asignándoles un valor numérico que va aumentando conforme se aprecian mayores fallas y defectos.

Los objetivos planteados manifiestan la importancia de reconocer las zonas de alta, media y baja vulnerabilidad en el ámbito de estudio.

Mesta C. (2014) “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones comunes en la ciudad de Pimentel” (Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil) USMP, Chiclayo.

### **2.1.3. Antecedente 3**

En la presente investigación 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) una vulnerabilidad

sísmica media - alta; y un 25% de los pabellones modernos (B1, B2 y B3) una vulnerabilidad media – baja.

También se definió el suelo como clase S2 con la ayuda de los estudios de mecánica de suelos; tales como: Análisis Granulométrico, Porcentaje de Humedad y Límites de Atterberg. Por otro lado, se determinó la resistencia axial aproximada del concreto mediante el ensayo de Esclerometría, reportando un valor de 202.21 kg / cm<sup>2</sup>.

Asimismo, se evaluó el estado actual de la infraestructura de la I.E Liceo Trujillo, donde el 100% de los pabellones evaluados es deficiente con respecto a los parámetros de la configuración en planta, tipos de cubierta, elementos no estructurales; y al compararlo con los parámetros del método del Benedetti & Petrini, se determinó el estado estructural con una vulnerabilidad: media - alta y media – baja.

Establecer como recomendaciones el reforzamiento estructural de la I.E. Liceo Trujillo, de confirmar la hipótesis” (Aguilar A. & Muralla C. 2018) Aguilar A. & Muralla C. (2018) “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E. Liceo Trujillo-2018” (Tesis para la obtención del título de Ingeniero civil). Trujillo.

#### **2.1.4. Antecedente 4**

En la cuarta investigación determinó que mediante el análisis con el método italiano en el barrio 24 de mayo se tiene un 67.46% de viviendas medianamente vulnerables, un 0.97 % muy vulnerables, y apenas un 10.68% son calificadas como seguras. También concluyeron que con el análisis del método Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR); el 100% son seguras, ya que se califica a las viviendas en forma general presentando índices de vulnerabilidad bajos teniéndolas como viviendas aparentemente seguras, pero de igual manera se debe tomaren cuenta la parte estructural de la vivienda. Asimismo con la elaboración del mapa temático del barrio 24 de mayo, se logra representar el lugar de las viviendas alta y medianamente vulnerables con el objetivo de elaborar planes de prevención, mitigación y preparación ante desastres, así como también para reducir la vulnerabilidad de las personas residentes en la



comunidad. Por otro lado tenemos que, los principales factores que contribuyen a que se susciten altos porcentajes de vulnerabilidad sísmica son las siguientes: Baja resistencia del hormigón, el bajo control y supervisión en las construcciones de las autoridades municipales, la falta de capacitación de los organismos competentes acerca de las vulnerabilidades estructurales en el sector. Finalmente concluyeron que con los antecedentes históricos que presenta la zona de Riobamba y sus zonas aledañas frente a fenómenos naturales; se presumen consecuencias considerables en caso de un evento de naturaleza sísmica.

Alvarado N. & Mita M. (2014) “Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas existentes en el barrio de 24 de mayo de la ciudad de Riobamba”. (Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba – Ecuador.

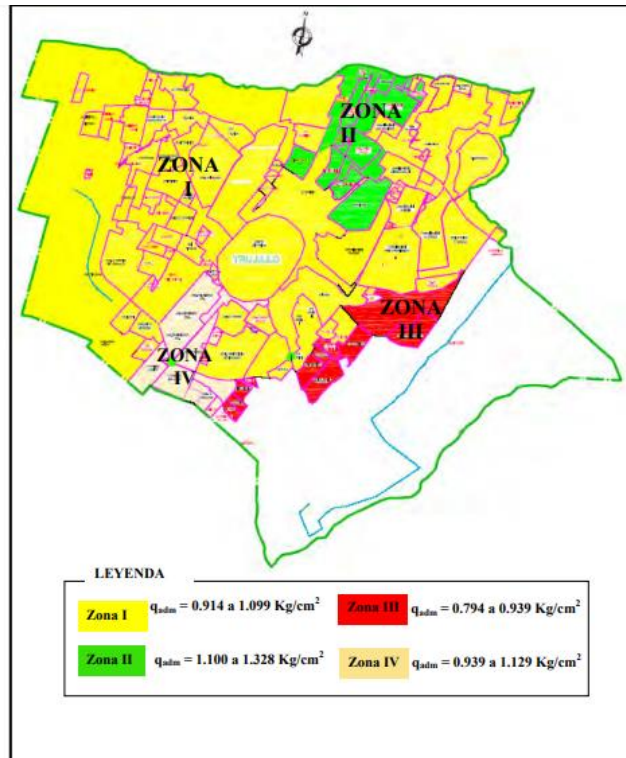
## **2.2. MARCO TEORICO**

### **2.2.1. Vulnerabilidad Sísmica**

Para tener un mayor alcance al momento de conceptualizar la vulnerabilidad sísmica; debemos tener en cuenta que existen dos conceptos que están intrínsecamente vinculados a ella; la afectación y el daño. La primera de ellas está referida al grado de perturbación funcional que puede sufrir o tolerar una construcción. La segunda se refiere al deterioro físico que puede afectar a alguno o varios elementos de una construcción. Así las cosas, el grado de deterioro que estos componentes puedan sufrir ante un evento de naturaleza sísmica es denominado como Grado de Daño que, dependiendo a qué tipo de elemento de la edificación perjudica; se diferenciarán en Daño estructural y Daño No Estructural. , por ejemplo, si el daño se produce sólo en alféizar, ventanas o puertas; la edificación no queda inservible para el objetivo que se planificó y sólo harán falta repararlas de manera individual. Sin embargo, si el daño se produce en vigas, columnas, placas de concreto armado, etc.; se tendría que evaluar necesariamente

el nivel o grado de daño producido para de esta manera determinar si el inmueble puede seguir siendo útil para el objetivo planteado. Finalmente, se adjunta el “Mapa de microzonificación del suelo del Distrito de Trujillo”. Lujan, E. (2011).

**IMAGEN N° 01.** Mapa de Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo



Fuente: “Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo”.  
Lujan, E. (2011)

### **2.2.2. Método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini**

El método de índice de vulnerabilidad, se empezó a elaborar en Italia, posterior a unos movimientos sísmicos, se realizaron estudios sobre ellos en 1976. El método se define en 1982 y se empieza su aplicación en diferentes ocasiones. A raíz de esto, se recopila un gran banco de información sobre el daño causado en las edificaciones para distintas intensidades de los sismos y las veces que se aplicó el método, demostró tener buenos resultados.

**TABLA Nº 01:** Escala numérica del índice de vulnerabilidad “IV” para estructuras de concreto (Benedetti - Petrini, 1984)

i	Parámetro	KiA	KiB	KiC	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4.0
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1.0
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1.0
4	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1.0
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1.0
6	Configuración en planta	0	1	2	1.0
7	Configuración en elevación	0	1	3	2.0
8	Separación máxima entre muros	0	1	2	1.0
9	Tipos de cubierta	0	1	2	1.0
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1.0
11	Estado de conservación	0	1	2	1.0

*FUENTE: Ulises Mena H.*

**TABLA Nº 02:** Escala numérica del índice de vulnerabilidad “IV” para estructuras de Albañilería (Benedetti - Petrini, 1984)

i	Parámetro	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.75
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipos de cubierta	0	15	25	45	1.00
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

*FUENTE: Ulises Mena H.*

$$I_v = 100 * \frac{(\sum_{i=1}^{11} K_i * W_i) + 1}{34}$$

Rangos de Vulnerabilidad: (Quispe N. (2004))

Baja vulnerabilidad:  $0 \leq I_{vn} < 20$

Media vulnerabilidad:  $20 \leq I_{vn} < 40$

Alta vulnerabilidad:  $40 \leq I_{vn} < 100$

## 2.3. IHPÓTESIS

“Las Viviendas en la ciudad de Trujillo, presentarán una vulnerabilidad media de acuerdo a la metodología de Benedetti y Petrini”.

## 2.4. VARIABLES E INDICADORES

### 2.4.1. Variables Dependientes

2.4.1.1. Vulnerabilidad sísmica

2.4.1.2. Análisis estructural

### 2.4.2. Variables Independientes

2.4.2.1. Método de Benedetti-Petrini

2.4.2.2. Resistencia a la Compresión del Concreto

2.4.2.3. Escaneo del Refuerzo

### 2.4.3. Operacionalización de Variables

**TABLA Nº 03:** Operacionalización de Variables.

FUENTE: Elaboración Propia

CATEGORIA	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACION
DEPENDIENTE	Vulnerabilidad Sísmica	Índice de vulnerabilidad	Aspectos estructurales	Visual	Ficha de Datos
	Análisis Estructural	Caracterización de la vivienda	Aspectos constructivos	Visual	Investigación Cuantitativa
INDEPENDIENTE	Método Benedetti Petrini	Parámetros de análisis	Posición y cimentación	Factores $K_i$ y $W_i$	Análisis de información técnica
			Estado de conservación		
			Tipo de suelo		
	Clasificación del tipo de edificación	Parámetro Mecánico	$f'c$	kgf/cm <sup>2</sup>	Esclerómetro
Zonificación					
Resistencia a la Compresión del Concreto	Parámetro Visual	Dimensión del Refuerzo	mm	Escáner de Refuerzo	
Escaneo del Refuerzo					

### 3. METODOLOGÍA EMPLEADA

#### 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación que presenta es DESCRIPTIVA, ya que se procede a la evaluación de viviendas, mediante la recopilación de los datos, entrevistas, encuestas y la observación. Haciendo uso de un análisis mediante el soporte estructural de Etabs CSI

##### 3.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es descriptivo y aplicativo porque se busca encontrar un porqué y para qué. Generando un aporte en su aplicabilidad.

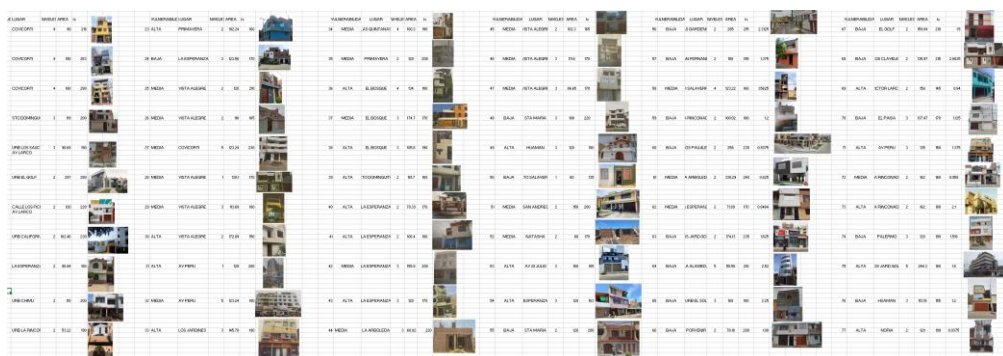
#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

##### 3.2.1. Población

Se evaluaron para la presente investigación, edificaicones en la ciudad de Trujillo, localizadas en las diferentes distritos con excepción del centro histórico, en base a los datos que se recolectaron.

##### 3.2.2. Muestra

Se evaluaron para la presente investigación un total de 90 edificaciones de uso familiar en la ciudad de Trujillo de 01 a 05 niveles.



**IMAGEN N°02.** Conjunto de Viviendas Evaluadas.

Fuente Propia

### **3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se trabajó aplicando en siguiente proceso de trabajo: Al ingresar a inspeccionar a una vivienda, en primer lugar, se procede con un protocolo de inspección para evaluar de manera directa su vulnerabilidad. Este proceso es importante ya que nos brindará a grandes rasgos los ensayos a ejecutar y la cotización de los mismos. Se detallan los pasos a continuación.

1. Dirección- Año de Construcción-Uso de la vivienda
2. Trazo del Área Construida sin Ductos
3. Cálculo del Área techada.
4. Evaluar Número de pisos y amenazas existentes.
5. Definición de sistema Estructural.
6. Evaluación de la Vulnerabilidad Benedetti y Petrinni.
7. Inspección Visual de Fallas.
8. Informe de Evaluación.

### **3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

Los ensayos que realizamos para la investigación y desarrollo del informe de patología estructural se detallan a continuación:

#### **3.4.1. Diamantina:**

Extracción de muestra de 1" de diámetro por 3" para determinar la resistencia a la compresión del concreto.

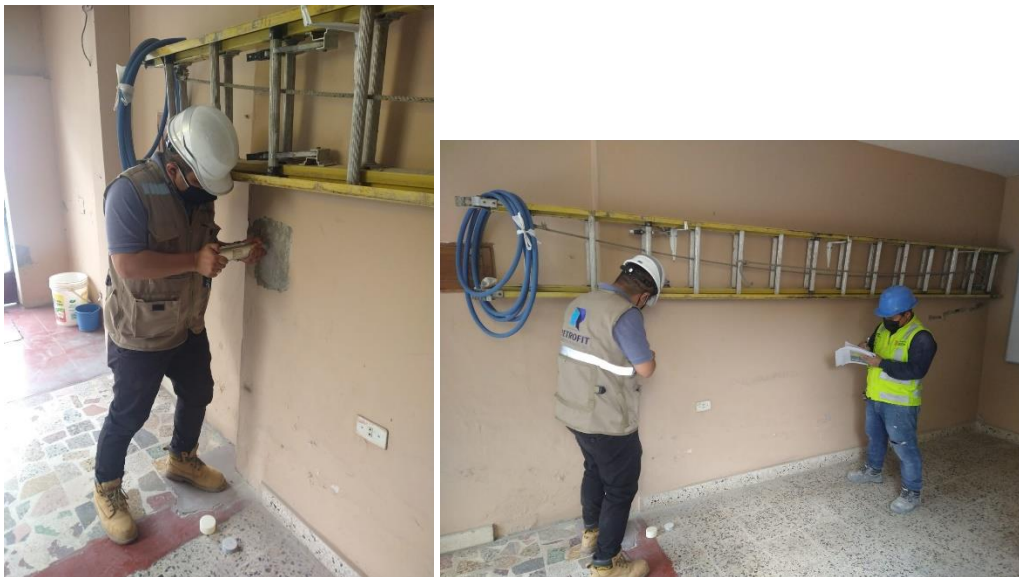


**IMAGEN N°03.** Ensayo de Inspección Diamantina.

Fuente Retrofit SAC

### 3.4.2. Esclerometría:

Determinación de resistencia a la compresión del concreto mediante esclerómetro en núcleo confinado.



**IMAGEN N°04.** Ensayo de Inspección Esclerometría.

Fuente Retrofit SAC

### 3.4.3. Carbonatación:

Es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad. Cuando la carbonatación empieza a darse en el concreto, la capa de óxido protectora y pasivadora en el refuerzo deja de ser estable. Es posible que inicie la corrosión, dando como resultado un agrietamiento y fisuramiento en el componente estructural.

CODIGO PUNTO DE INSPECCION: <b>LT-1</b>	PROFUNDIDAD DE INSPECCION <sup>1</sup> : <b>12.00 CM</b>	
ELEMENTO ESTRUCTURAL: <b>LOSA TECHO (1°NIVEL)</b>	PROFUNDIDAD DE CARBONATACION <sup>2</sup> : <b>MENOR A 1.00 CM</b>	
FECHA DE INSPECCION: <b>01-10-2020</b>	ESTADO DE CARBONATACION <sup>3</sup> : <b>NO PERCIBIDO</b>	

**IMAGEN N°05.** Ensayo de Inspección Carbonatación.

Fuente Retrofit SAC

### 3.4.4. Escaneo de refuerzo:

Mediante un equipo de ultrasonido de escaneo, se logra detectar y acero de refuerzo en elementos de concreto sin necesidad de intervenirlo físicamente. Este proceso es válido ante la carencia de planos estructurales del proyecto.

Nota Importante: En el proceso de Diamantina y Esclerometría, se procederá a colocar un mortero de reparación de mayor calidad al existente a nivel de tarrajeo, más un aditivo adherencia apropiado para elemento estructural (Sikarep y Sikadur respectivamente)



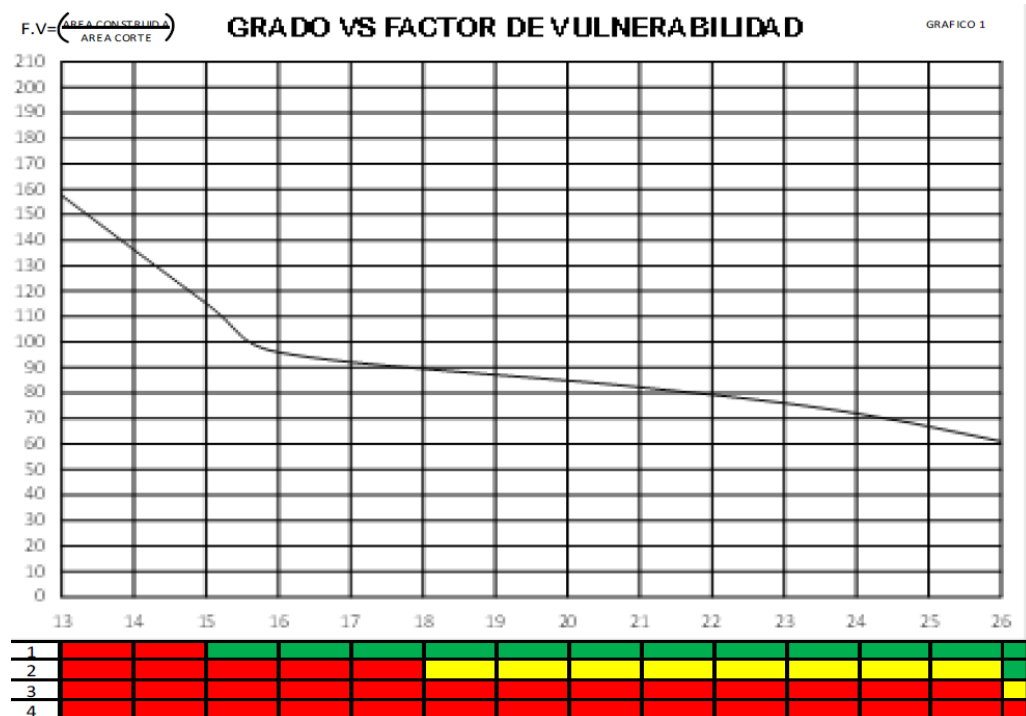
**IMAGEN N°06.** Ensayo de Inspección Escaneo.

Fuente Retrofit SAC



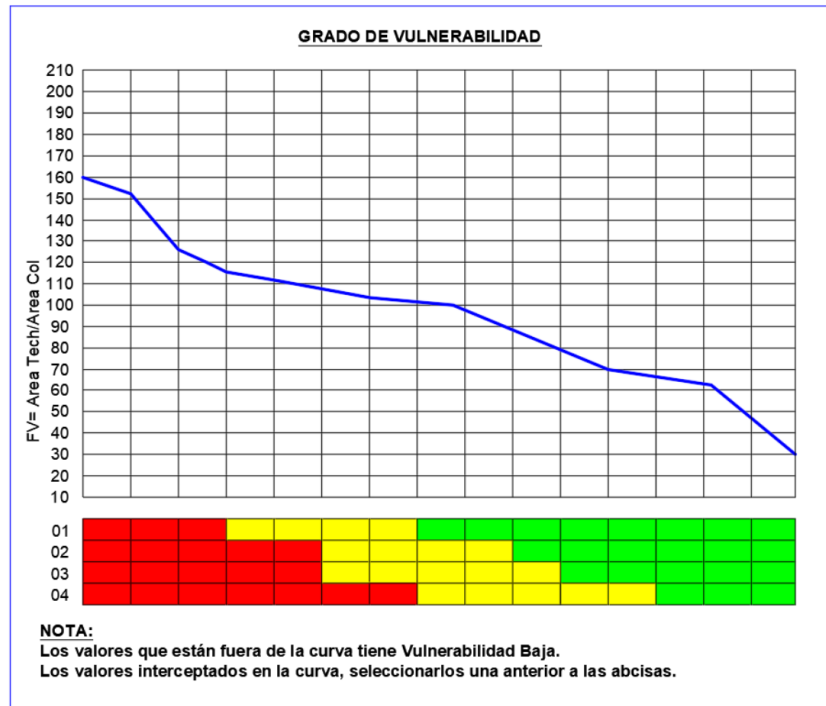
### 3.4.5. Curva de Vulnerabilidad

En la evaluación se llenarán unos formatos como data de la vivienda inspeccionada, así como también el cálculo del área techada descontando los ductos y sumando todas las secciones transversales de las columnas que se encuentran en el predio. Esta es una información provisional a manera de tener una idea preliminar del inmueble. En la elaboración de esta curva de análisis se ha tomado como referencia la investigación desarrollada por el Ing. Luis Quiroz Peche. Como aporte del presente trabajo, se han generado algunos cambios en la curva como en las escalas de vulnerabilidad en base a los datos que se han trabajado. Mientras mas cantidad de información se tenga, esta curva se irá afinando mucho más.



**TABLA N° 04:** Curva de Vulnerabilidad (2015)

Fuente: Tesis Luis Quiroz Peche



**TABLA Nº 05:** Curva de Vulnerabilidad (2021)  
 Elaboración Propia.

### 3.4.6. Cotización de la Evaluación

Con el parámetro de calificación de la vulnerabilidad de la edificación, se procederá a evaluar la cantidad de ensayos a proponer en la vivienda. Para una mejor explicación se definen los siguientes criterios.

#### Vulnerabilidad Alta.

- 04 ensayos de esclerometría en vigas y columnas por nivel.
- 04 ensayos de diamantina en vigas y columnas por nivel.
- 04 ensayos de carbonatación en vigas y columnas por nivel.
- 04 escaneos de refuerzo en vigas y columnas por nivel.
- 02 escaneos de losas por nivel.

#### Vulnerabilidad Media.

- 03 ensayos de esclerometría en vigas y columnas por nivel.
- 03 ensayos de diamantina en vigas y columnas por nivel.
- 03 ensayos de carbonatación en vigas y columnas por nivel.
- 03 escaneos de refuerzo en vigas y columnas por nivel.

### Vulnerabilidad Baja.

- 02 ensayos de esclerometría en vigas y columnas por nivel.
- 02 ensayos de diamantina en vigas y columnas por nivel.
- 02 ensayos de carbonatación en vigas y columnas por nivel.
- 02 escaneos de refuerzo en vigas y columnas por nivel.

La selección de los componentes estructurales a evaluar queda determinado a criterio del evaluador, para realizarlos en los que tienen mayor importancia estructural, como, por ejemplo: la columna mas cargada, la viga mas importante, la losa que presenta mayor deterioro. Dependiendo del servicio al cliente, en caso requiera ampliar un nivel mas en su vivienda, se puede evaluar además de los ensayos antes mencionados. La inspección del desplante de los cimientos, en caso no disponga de los planos estructurales respectivos.

#### **3.4.7. Reporte de los Ensayos**

Esta etapa es la que desarrollamos en la empresa, al momento de la entrega de la información al cliente. Aquí se le expone el estado actual de la vivienda, la vulnerabilidad que presenta y la resistencia del concreto existente.

- Informe de Resultados de Diamantinas (Columnas, Viga y Losa)
- Informe de Resultados de Esclerometría (Columnas, Viga y Losa)
- Informe de Carbonatación del Concreto (Columnas, Viga y Losa)
- Escaneo de Refuerzo Refuerzo Longitudinal y Estribos (Columnas, Viga y Losa)

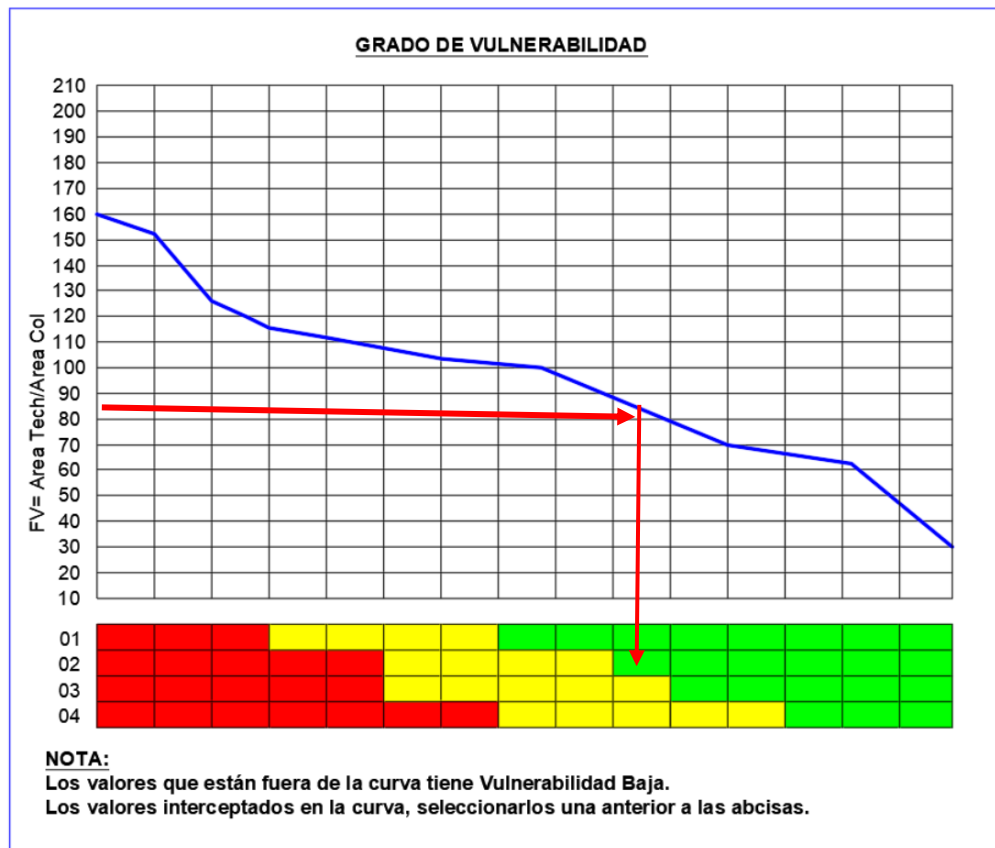
### **3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

#### **3.5.1. Factor de Vulnerabilidad (F.V)**

Una vez obtenida el área techada promedio de cada edificación y determinando el área en planta de todas las columnas que sostienen el diafragma de la edificación, se calcula el factor de vulnerabilidad:

$$F.V = \frac{\text{Area de Columnas}}{\text{Area Techada Promedio}}$$

Una vez obtenido ese dato y teniendo en conocimiento el número de niveles de la vivienda. Ubicamos en la gráfica el F.V e interceptamos con el número de niveles del proyecto, que se encuentra en la escala inferior horizontal.



**TABLA N° 06:** Aplicabilidad de Gráfica de Vulnerabilidad.

La escala de colores determina el grado de vulnerabilidad que presenta la edificación:

- Escala Roja: Vulnerabilidad Alta.
- Escalera Amarilla: Vulnerabilidad Media.
- Escala Verde: Vulnerabilidad Baja.

### 3.5.2. Aplicación de Método de Benedetti y Petrini

Se procedió a aplicar el método de Benedetti y Petrini que consiste en la recopilación de características esenciales de la edificación:

- Organización del Sistema Resistente.
- Calidad del Sistema Resistente
- Resistencia Convencional
- Posición del Edificio y Cimentación
- Diafragmas Horizontales
- Configuración en Planta
- Configuración en Elevación
- Distancia Máxima entre Muros
- Tipo de Cubierta
- Elementos no Estructurales
- Estado de Conservación

A cada parámetro se le asigna un peso respectivo propio del método y se clasifica, mediante una escala el grado de vulnerabilidad que presenta la edificación.

Nº	Parámetro	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi	KWi
1	Organización del Sistema Resistente	0	-	-	-	1.00	0.00
2	Calidad del Sistema Resistente	0	-	-	-	0.25	0.00
3	Resistencia Convencional	-	5	-	-	1.50	7.50
4	Posición del Edificio y Cimentación	0	-	-	-	0.75	0.00
5	Diafragmas Horizontales	0	-	-	-	1.00	0.00
6	Configuración en Planta	-	-	-	45	0.50	22.50
7	Configuración en Elevación	0	-	-	-	1.00	0.00
8	Distancia Máxima entre Columnas	-	-	-	45	0.25	11.25
9	Tipo de Cubierta	0	-	-	-	1.00	0.00
10	Elementos no Estructurales	-	5	-	-	0.25	1.25
11	Estado de Conservación	-	5	-	-	1.00	5.00
TOTAL							47.50

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i = 47.50$$

**TABLA Nº 07:** Ejemplo de Cálculo de Índice de Vulnerabilidad

INTERVALO	INDICE DE VULNERABILIDAD
0 – 95.63	Baja
95.63 – 191.30	Media Baja
191.30 – 286.30	Media Alta
286.30 – 382.50	Alta

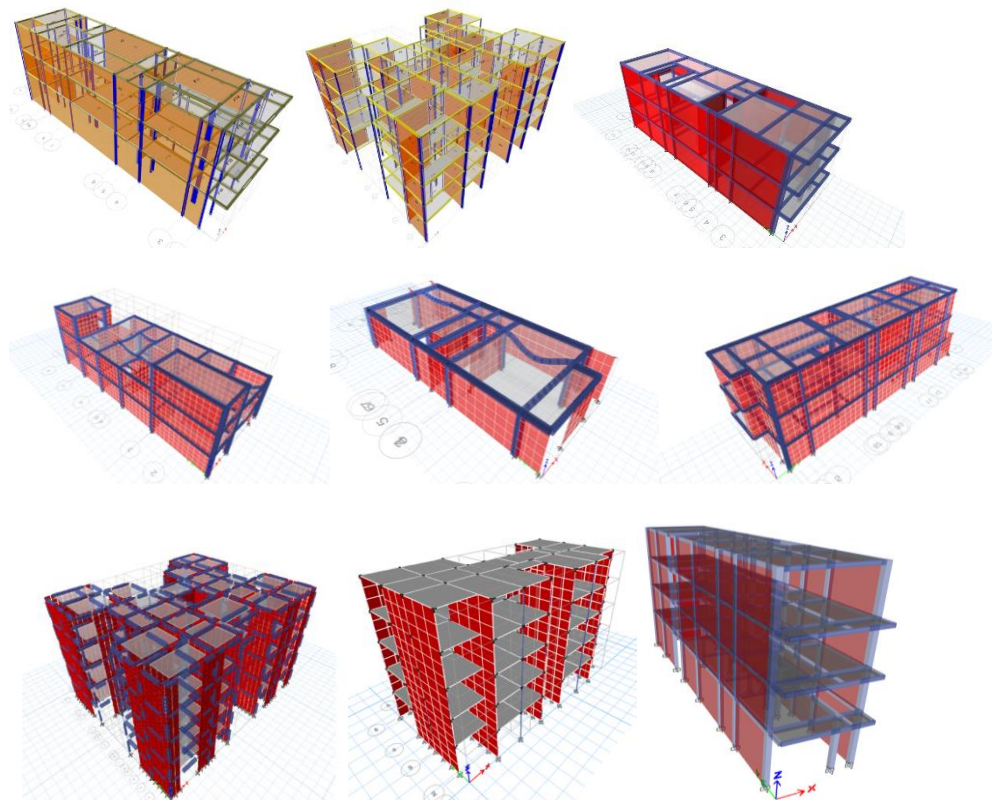
**TABLA Nº 08:** Parámetros de Vulnerabilidad

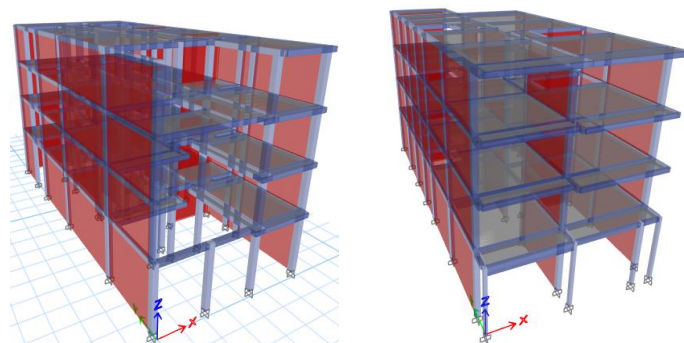
Fuente: Propia

En la presente investigación se procedio a juntar los parámetros de Media baja y media Alta, para fines de practicidad y con ello tener 03 parámetros de clasificación en las viviendas evaluadas.

### 3.5.3. Modelación Estructural

Se desarrollaron las modelaciones estructurales para evaluar si cumplan con los parámetros de desplazamientos y regularidad que indica la norma E030.





**IMAGEN N°07.** Modelaciones Estructurales-Etabs

Fuente: Propia

### 3.5.4. Normatividad Aplicada.

- Norma Técnica de Edificación E.020: Cargas
- Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente
- Norma Técnica de Edificación E.050: Cimentaciones
- • Norma Técnica de Edificación E.060: Concreto Armado
- • Norma Técnica de Edificación E.070: Albañilería

### 3.5.5. Clasificación de Vulnerabilidad.

Se procedió con la clasificación de las viviendas en función a la vulnerabilidad encontrada en el universo evaluado de edificaciones.

NRO	VULNERABILIDAD	UBICACIÓN	NIVELES	AREA (m <sup>2</sup> )	fc (kgf/cm <sup>2</sup> )	MONTO	S/ x m <sup>2</sup>	FACTOR	Ac (m <sup>2</sup> ) - Teóric	Ac (m <sup>2</sup> ) - Ré	CURVA
1	ALTA	MONSERRATE	3	92.16	270	2500	9.04	50	1.84	1.65	55.85
15	ALTA	STO DOMINGUITO	3	119	200	2700	7.56	50	2.38	1.17	101.71
16	ALTA	URB LOS SAUCES AV LARCO	3	90.68	190	2500	9.19	50	1.81	1.54	58.88
18	ALTA	CALLE LOS FICUS AV LARCO	2	120	220	2500	10.42	65	1.85	1.74	68.97
19	ALTA	URB CALIFORNIA	2	162.46	230	2700	8.31	65	2.50	2.11	77.00
22	ALTA	URB LA RINCONADA	2	53.22	190	2000	18.79	65	0.82	0.57	93.37
23	ALTA	PRIMAVERA	2	102.24	160	2500	12.23	65	1.57	1.66	61.59
30	ALTA	VISTA ALEGRE	2	172.09	150	2700	7.84	65	2.65	1.52	113.03
31	ALTA	AV PERU	1	120	200	2000	16.67	80	1.50	1.13	106.24
33	ALTA	LOS JARDINES	3	145.78	190	2700	6.17	50	2.92	1.38	106.02
36	ALTA	EL BOSQUE	4	134	180	4200	7.84	40	3.35	1.38	97.45
38	ALTA	EL BOSQUE	3	105.8	190	2700	8.51	50	2.12	1.19	89.09
39	ALTA	STO DOMINGUITO	2	181.68	160	2200	6.05	65	2.80	1.19	152.99
40	ALTA	LA ESPERANZA	2	70.33	170	2200	15.64	65	1.08	0.63	112.53
41	ALTA	LA ESPERANZA	2	106.4	180	2000	9.40	65	1.64	0.75	141.87
43	ALTA	LA ESPERANZA	3	120	170	2700	7.50	50	2.40	1.19	101.05
49	ALTA	HUAMAN	3	120	180	2700	7.50	50	2.40	0.64	188.24
53	ALTA	AV 28 JULIO	3	160	165	2700	5.63	50	3.20	2.19	73.14
54	ALTA	ESPERANZA	3	120	163	2700	7.50	50	2.40	1.38	87.27
69	ALTA	VICTOR LARCO	2	150	125	2000	6.67	65	2.31	0.84	178.57
71	ALTA	AV PERU	3	135	150	2700	6.67	50	2.70	1.375	98.18
73	ALTA	LA RINCONADA	2	162	130	2200	6.79	65	2.49	2.1	77.14
75	ALTA	LOS JARD GOLF	5	244.3	180	4000	3.27				
77	ALTA	NORIA	2	120	145	2100	8.75	65	1.85	0.9375	128.00

**TABLA N° 09:** Viviendas con Vulnerabilidad Alta

Fuente: Propia

NRO	VULNERABILIDAD	UBICACIÓN	NIVELES	AREA (m <sup>2</sup> )	fc (kgf/cm <sup>2</sup> )	MONTO	S/ x m <sup>2</sup>	FACTOR	Ac (m <sup>2</sup> ) - Teór	Ac (m <sup>2</sup> ) - R	CURVA
2	MEDIA	MONSERRATE	4	486	280	4000	2.06	40	12.15	1.69	288.00
3	MEDIA	MONSERRATE	2	100	190	2000	10.00	65	1.54	1.24	80.81
4	MEDIA	MONSERRATE	3	92	220	2000	7.25	50	1.84	1.52	60.53
5	MEDIA	MONSERRATE	3	72.34	272	1500	6.91	50	1.45	1.33	54.39
12	MEDIA	COVICORTI	4	90	218	2000	5.56	40	2.25	1.49	60.61
14	MEDIA	COVICORTI	4	180	280	3000	4.17	40	4.50	1.13	160.00
21	MEDIA	URB CHIMU	2	110	200	1500	6.82	65	1.69	1.49	73.83
25	MEDIA	VISTA ALEGRE	2	120	210	2000	8.33	65	1.85	1.76	68.18
26	MEDIA	VISTA ALEGRE	2	110	165	2000	9.09	65	1.69	1.64	67.07
27	MEDIA	COVICORTI	5	123.24	230	4000	6.49			0.88	140.85
28	MEDIA	VISTA ALEGRE	1	130.10	170	1500	11.53	80	1.63	1.19	109.56
29	MEDIA	VISTA ALEGRE	3	113.69	180	2500	7.33	50	2.27	1.43	79.78
32	MEDIA	AV PERU	5	123.24	180	2700	4.38			0.88	140.85
34	MEDIA	LAS QUINTANAS	4	100.34	190	2500	6.23	40	2.51	1.00	100.34
35	MEDIA	PRIMAVERA	2	120	200	1700	7.08	65	1.85	1.38	87.27
37	MEDIA	EL BOSQUE	3	174.66	170	2000	3.82	50	3.49	2.80	62.38
42	MEDIA	LA ESPERANZA	3	155.93	200	2000	4.28	50	3.12	2.63	59.40
44	MEDIA	LA ARBOLEDA	3	60.82	220	1800	9.87	50	1.22	0.98	62.38
45	MEDIA	VISTA ALEGRE	2	102.3	165	1800	8.80	65	1.57	1.60	63.94
46	MEDIA	VISTA ALEGRE	3	111.8	170	1800	5.37	50	2.24	1.80	62.11
47	MEDIA	VISTA ALEGRE	3	86.65	170	1800	6.92	50	1.73	1.50	57.77
51	MEDIA	SAN ANDRES	2	150	200	2000	6.67	65	2.31	1.80	83.33
52	MEDIA	NATASHA	2	80	170	1800	11.25	65	1.23	0.99	80.81
58	MEDIA	JR SALAVERRY	4	123.22	160	1800	3.65	40	3.08	1.88	65.72
61	MEDIA	LA ARBOLEDA	2	330.29	240	2200	3.33	65	5.08	0.83	400.35
62	MEDIA	LA ESPERANZA	2	71.89	170	1500	10.43	65	1.11	0.85	84.94
72	MEDIA	LA RINCONADA	2	162	160	2000	6.17	65	2.49	2.20	73.64
78	MEDIA	EL BOSQUE	2	200	145	2000	5.00	65	3.08	1.06	188.24
79	MEDIA	STO DOMINGUITO	3	161.11	210	2500	5.17	50	3.22	2.01	80.05
80	MEDIA	SAN ELOY	3	131.95	180	2500	6.32	50	2.64	2.06	63.98
81	MEDIA	SAN FERNANDO	2	120	190	2000	8.33	65	1.85	1.44	83.61
82	MEDIA	LA RINCONADA	3	160	180	2500	5.21	50	3.20	1.63	98.46
83	MEDIA	PALERMO	3	160	190	2500	5.21	50	3.20	2.10	76.19
86	MEDIA	STA MARIA	2	120	200	2000	8.33	65	1.85	1.62	74.07
87	MEDIA	RECRCO	1	80	165	900	11.25	80	1.00	1.12	71.43
88	MEDIA	LAS QUINTANAS	4	153.26	175	3000	4.89	40	3.83	1.31	116.77

**TABLA Nº 10: Viviendas con Vulnerabilidad Media**

Fuente: Propia

NRO	VULNERABILIDAD	UBICACIÓN	NIVELES	AREA (m <sup>2</sup> )	fc (kgf/cm <sup>2</sup> )	MONTO	S/ x m <sup>2</sup>	FACTOR	Ac (m <sup>2</sup> ) - Teór	Ac (m <sup>2</sup> ) - Re	CURVA
6	BAJA	MONSERRATE	3	96.71	243	1500	5.17	50	1.93	1.50	64.47
7	BAJA	MONSERRATE	1	52.54	223	500	9.52	80	0.66	0.88	60.05
8	BAJA	MONSERRATE	3	66.61	218	1500	7.51	50	1.33	1.05	63.44
9	BAJA	MONSERRATE	2	88.88	300	1500	8.44	65	1.37	1.44	61.72
10	BAJA	MONSERRATE	4	315.44	200	1500	1.19	40	7.89	1.69	186.93
11	BAJA	MONSERRATE	5	116.91	183	1500	2.57			2.13	55.02
13	BAJA	COVICORTI	4	180	263	1500	2.08	40	4.50	3.15	57.14
17	BAJA	URB EL GOLF	2	297	280	1000	1.68	65	4.57	6.04	49.17
20	BAJA	LA ESPERANZA	2	80.44	180	1000	6.22	65	1.24	1.47	54.72
24	BAJA	LA ESPERANZA	3	123.56	170	1500	4.05	50	2.47	2.41	51.27
48	BAJA	STA MARIA	3	108	220	1500	4.63	50	2.16	1.06	101.65
50	BAJA	ALTO SALAVERRY	1	60	135	500	8.33	80	0.75	0.60	100.00
55	BAJA	STA MARIA	2	120	200	1500	6.25	65	1.85	1.97	60.79
56	BAJA	LAS GARDENIAS	2	285	215	1500	2.63	65	4.38	5.83	48.91
57	BAJA	SAN FERNANDO	2	180	195	1200	3.33	65		1.38	
59	BAJA	LA RINCONADA	2	100.02	180	1200	6.00	65	1.54	1.20	83.35
60	BAJA	LOS PAUJILES	2	258	230	1500	2.91	65	3.97	0.94	275.20
63	BAJA	LOS JARD GOLF	2	174.13	235	1500	4.31	65	2.68	2.93	59.53
64	BAJA	LA ALAMEDA	5	110.56	210	2500	4.52			2.52	
65	BAJA	URB EL SOL	3	160	180	2000	4.17	50	3.20	2.70	59.26
66	BAJA	PORVENIR	2	78.18	200	1500	9.59	65	1.20	1.62	48.26
67	BAJA	EL GOLF	2	159.84	210	1500	4.69	65	2.46	2.70	59.20
68	BAJA	LOS CLAVILES	2	135.97	215	1600	5.88	65	2.09	2.06	65.92
70	BAJA	EL PAISA	3	137.47	190	1800	4.36	50	2.75	2.19	62.84
74	BAJA	PALERMO	3	120	190	1800	5.00	50	2.40	2.02	59.29
76	BAJA	HUAMAN	3	113.18	175	1800	5.30	50	2.26	2.00	56.59
84	BAJA	PRIMAVERA	4	202.5	230	1800	2.22	40	5.06	1.22	166.67
85	BAJA	LA ESPERANZA	3	151.21	195	1800	3.97	50	3.02	2.21	68.58
89	BAJA	28 DE JULIO	3	42.47	210	500	3.92	50	0.85	0.70	60.67
90	BAJA	RINCONADA	2	89.29	220	800	4.48	65	1.37	1.75	51.02

**TABLA Nº 11: Viviendas con Vulnerabilidad Baja**

Fuente: Propia

### 3.5.6. Estimación de Costos de los Ensayos de Evaluación.

Se procedió con la clasificación de las viviendas en función a la vulnerabilidad encontrada en el universo evaluado de edificaciones.



Los costos de inspección de vivienda, acompañado del informe de patología estructural ya sea para remodelación o ampliación, fueron proporcionados por la Empresa Retrofit SAC.

ENSAYOS DE INSPECCIÓN	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Costo S/. Por Elemento Estructural
ESCLEROMETRÍA	120.00
DIAMANTINA	200.00
ESCANEEO	150.00
CARBONTACIÓN	80.00



**TABLA N° 12:** Costos de Ensayos de Inspección en Edificaciones.

Fuente: Propia

Es importante mencionar que en los ensayos está incluido la puesta de aditivos adecuados para cada inspección, con la certificación técnica de los productos.

#### **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Una buena práctica que se procedió a desarrollar, fue mediante la participación de los estudiantes de los cursos que tengo a mi cargo en la universidad y en las asesorías de tesis, tanto en las carreras de Ingeniería Civil como en Arquitectura. Fueron trabajos grupales en los cursos de Resistencia de Materiales, Concreto Reforzado, Estructuras II y Estructuras III.

Esa data es muy valiosa y a pesar de la pandemia, se sigue recepcionando información en cada ciclo con la finalidad de tener una buena base de datos. En la investigación inicial, el objetivo era evaluar 50 viviendas, pero se tuvieron más reportes y gracias también a la empresa Retrofit, llegamos a generar un estudio de 90 viviendas. A pesar de que el universo de casos es pequeño aun, el reporte de más resultados nos brindará un mapa de vulnerabilidad no solo en Trujillo sino también Piura, por el hecho de que la universidad cuenta con una sede en la ciudad.

	VULNERABILIDAD	LUGAR	NIVELES	AREA	fc	
	1 ALTA	MONSERRATE	3	92.16	270	
	2 MEDIA	MONSERRATE	4	486	280	
	3 MEDIA	MONSERRATE	2	100	190	
	4 MEDIA	MONSERRATE	3	92	220	
	5 MEDIA	MONSERRATE	3	72.34	272	

**IMAGEN N°08.** Data de viviendas

Fuente: Propia

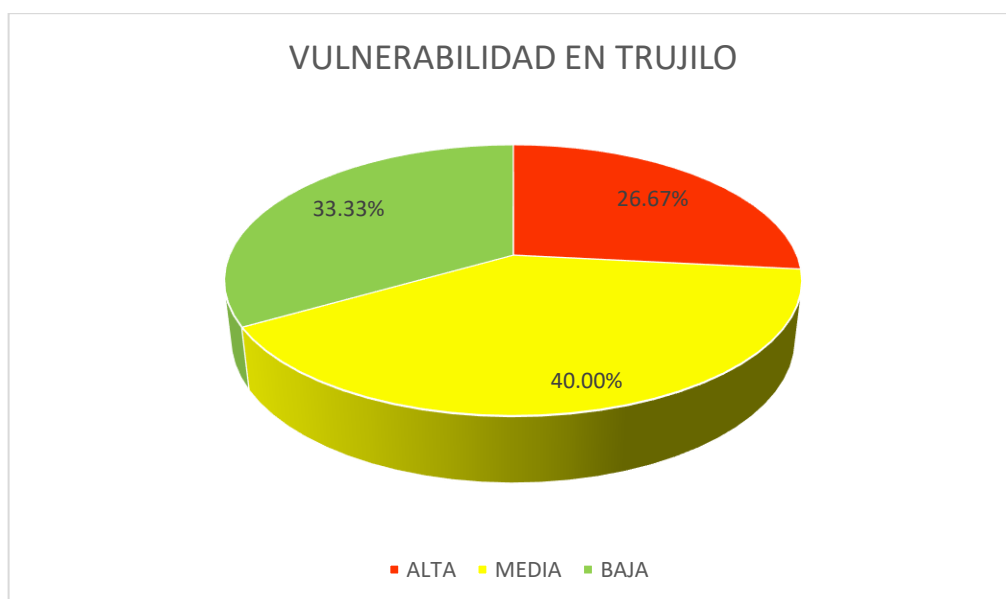
VULNERABILIDAD	LUGAR	NIVELES	AREA	fc	IMAGEN	VULNERABILIDAD	LUGAR	NIVELES	AREA	fc	IMAGEN	VULNERABILIDAD	LUGAR	NIVELES	AREA	fc	IMAGEN	VULNERABILIDAD	LUGAR	NIVELES	AREA	fc	IMAGEN																								
1 ALTA	MONSERRATE	3	92.16	270		1 MEDIA	COCCORI	4	90	270		1 ALTA	LA ESPERANZA	3	92.16	270		1 MEDIA	PRENSA	3	92	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	92	270													
1 MEDIA	MONSERRATE	2	90	270		1 MEDIA	COCCORI	4	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	4	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270							
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	EL CONDOR	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 MEDIA	EL BOSQUE	3	92	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	
1 MEDIA	MONSERRATE	3	90	270		1 ALTA	PRENSA	3	90	270		1 MEDIA	HITA AZOPE	2	90	270		1 ALTA	EL BOSQUE	3	90	270		1 MEDIA	PETAKEPE	3	90	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270		1 MEDIA	TALUPE	4	92	270		1 ALTA	JARDINES	3	90	270	

**IMAGEN N°09.** Viviendas seleccionadas para la investigación.

Fuente: propia

#### **4.1. VULNERABILIDAD DE LAS VIVIENDAS DE TRUJILLO EN EL UNIVERSO DE ESTUDIO**

Como se mencionó anteriormente, en la selección de los casos en estudio se tuvo especial cuidado, porque la información proporcionada y recepcionada por los estudiantes, no todo el 100% es correcta o se hizo de manera adecuada aplicando la metodología. Es un muy importante la revisión de la información, antes de inicial con el procesamiento de datos. Presentaré algunos cuadros generales reportando las vulnerabilidades encontradas.



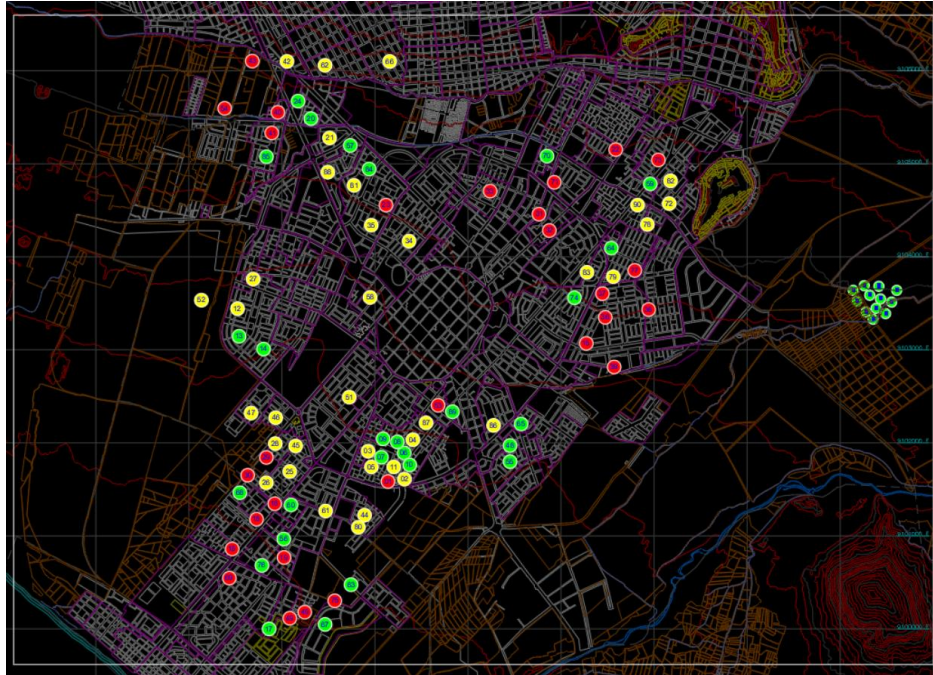
**IMAGEN N°10.** Grafica de la vulnerabilidad encontrada en los casos estudiados. Fuente Propia.

#### **4.2. ZONA DE INSPECCIÓN**

De acuerdo a lo mencionado, se seleccionaron de manera aleatoria los casos mas completos con un análisis adecuado con la metodología. Es una primera aproximación a lo que se quiere obtener en toda la ciudad con el soporte de las universidades. Se podría haber obtenido mas casos, pero por la situación de pandemia que esta pasando el mundo entero, no se logró a seguir alimentando con la información respectiva. Sin embargo, con la empresa Retrofit, tenemos información de los clientes que nos contratan para la evaluación de sus viviendas. Con ello

complementamos con el estudio respectivo, generando ratios de costos y ensayos en los inmuebles.

Es muy importante resaltar y mencionar que, una vez iniciada la pandemia, ya no se continuaron con los trabajos con los alumnos de la universidad, sin embargo, se siguió reclutando data de las viviendas de cada uno para obtener las características principales que nos permitirían evaluar la vulnerabilidad en el predio.

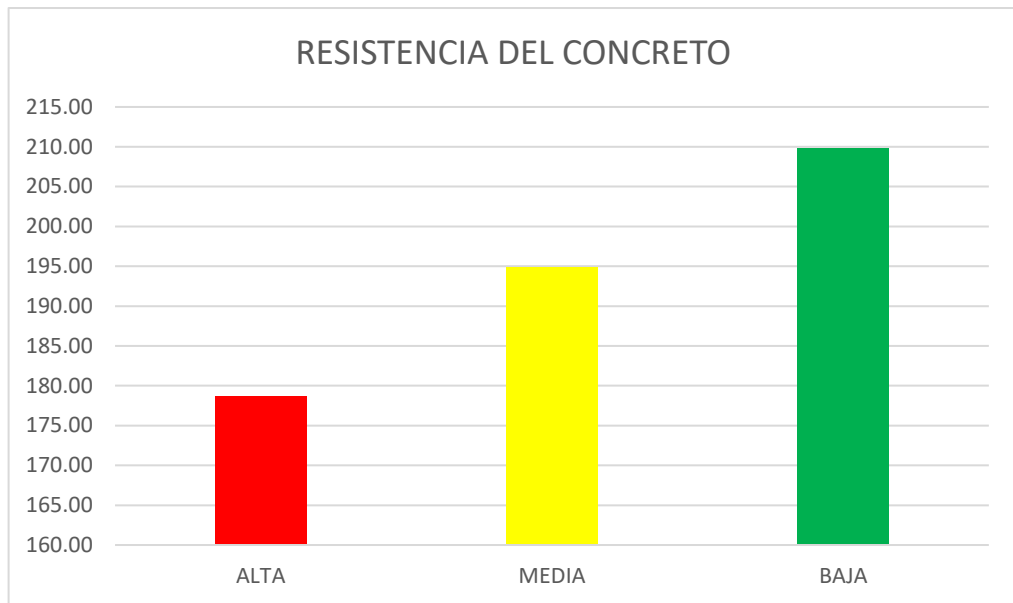


**IMAGEN N°11.** Zonas de Inspección.

Fuente Propia.

#### **4.3. RESISTENCIA DEL CONCRETO**

Con los resultados de esclerometría y diamantina, se obtuvieron la resistencia del concreto en losas, columnas y vigas en las viviendas evaluadas. Es importante mencionar que no en todas las viviendas se realizaron los ensayos de diamantina, no obstante, el ensayo de esclerometría y escáner se aplicaron en todas las viviendas. Con la información respectivo se generó el siguiente grafico estadístico de resistencia a la compresión del concreto.

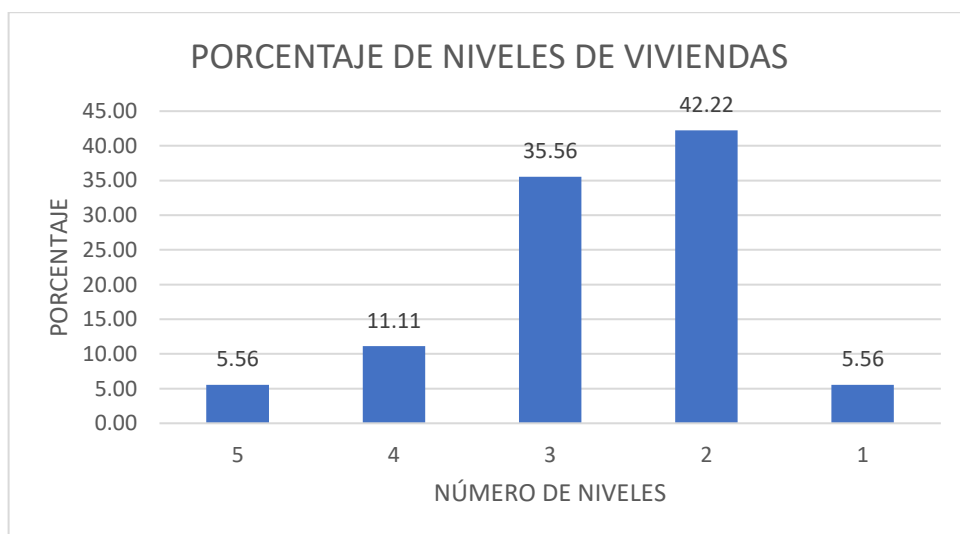


**IMAGEN N°12.** Resistencia del Concreto vs Vulnerabilidad.

Fuente Propia.

#### **4.4. NÚMERO DE PISOS DE VIVIENDAS DE ESTUDIO**

Al ser un trabajo aleatorio, los pisos de escáner las viviendas evaluadas fueron muy diversos en el universo en mención. Dado ello, la representación de las muestras de las viviendas se detalla en la gráfica respectiva, con sus porcentajes en base al número de pisos consignados.



**IMAGEN N°13.** Número de Pisos estudiados.

Fuente Propia.

#### 4.5. COMPATIBILIDAD CON EL ESTUDIO REALIZADO POR EL DR ENRIQUE LUJAN SILVA

Una referencia importante para la presente investigación, fue el aporte del Dr., Enrique Lujan Silva en su investigación doctoral, de Microzonificación sísmica en Trujillo. A manera de comparación en los suelos estudios, se pretende generar un mapa de microzonificación basada en la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en la ciudad de Trujillo.

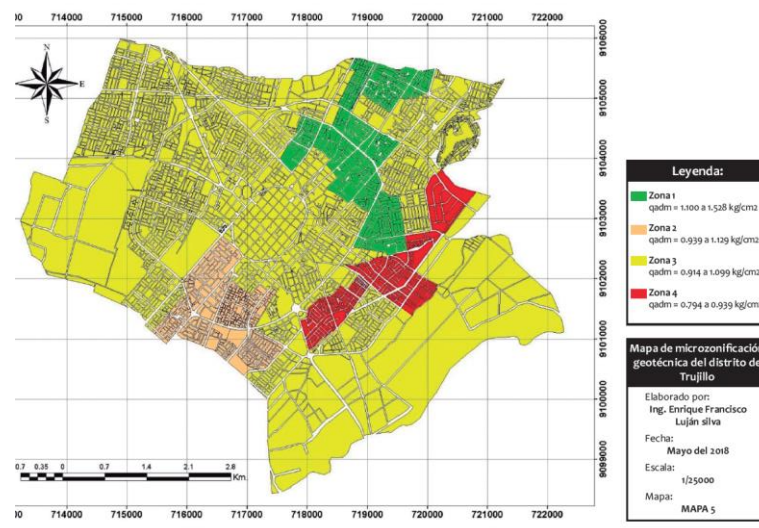


Figura 5.1 Mapa de microzonificación geotécnica

**IMAGEN N°14.** Mapa de Microzonificación Geotécnica elaborado por el Dr. Enrique Lujan Silva.



**IMAGEN N°15.** Mapeo de Microzonificación de Vulnerabilidad, Fuente Propia.

## 5. CONCLUSIONES

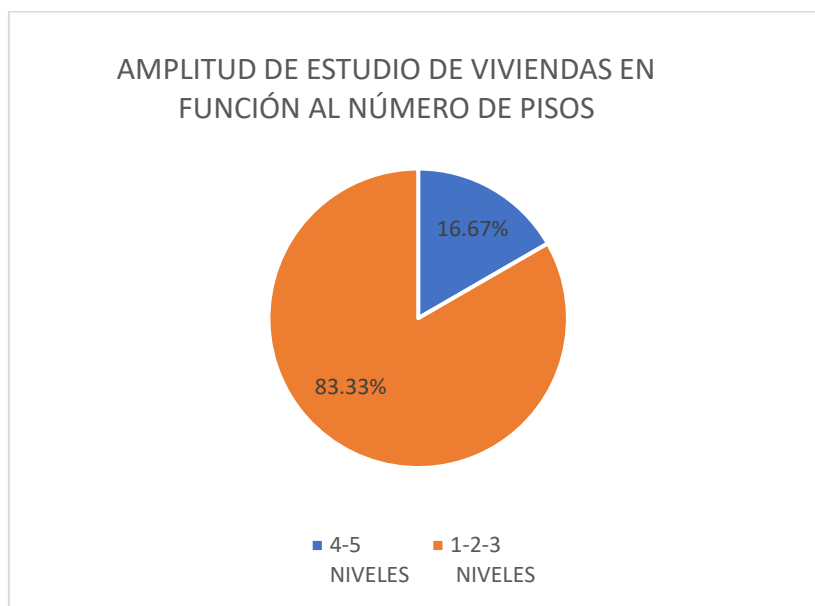
- El principal soporte de esta investigación como objetivo principal, fue la obtención de costos de evaluación estructural de las viviendas en base a su vulnerabilidad.

GRADO DE VULNERABILIDAD	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Costo S/. por m <sup>2</sup> A. Techada
ALTA	8.91
MEDIA	6.76
BAJA	4.83

**TABLA N° 12:** Costos por metro cuadrado de Evaluación de Vulnerabilidad  
Fuente Propia.

- Se puede ver claramente que el costo por metro cuadrado se incrementa en función la vulnerabilidad, debido a que cuando la vivienda presenta más patologías, se tienen que desarrollar mas ensayos, tal como se menciona en los procesos de inspección,
- En las ratios presentadas no se incluyen en caso se tenga que auscultar cimentación, solo se hace referencia a evaluación estructuras de losas, columnas, vigas y estado de conservación del inmueble.
- El 27% de viviendas presentan una alta vulnerabilidad, el 40% en las zonas de estudio presentan una vulnerabilidad media y el 33% una vulnerabilidad baja.
- Las zonas de alto y medio grado de vulnerabilidad son coincidentes con la zona 2 y 4 del estudio de microzonificación sísmica del Dr. Enrique Lujan Silva. Implica que durante el tiempo las edificaciones se han ido asentando debido al baja capacidad portante del suelo a comparación de otras zonas. Presentando fisuras en la infraestructura del predio, lo cual conlleva a la inseguridad de los habitantes de las zonas.
- Este estudio presenta un alto énfasis en las viviendas de uso familiar, y ello queda reflejado en el cuadro presentado de numero de pisos de las

locaciones evaluadas. Entre las viviendas de 1 a 3 niveles suman un 83% del universo.



**IMAGEN Nº16.** Amplitud de Estudios.

Fuente Propia.

- La calidad del concreto tiene una especial relevancia, incidencia y lógica en el estudio de la vulnerabilidad y sus costos. Las edificaciones con alta tasa de vulnerabilidad cuentan con un concreto menor calidad frente a las de baja vulnerabilidad. Concreto mas resistentes proporcionarán mayor seguridad, reduciendo la vulnerabilidad.

GRADO DE VULNERABILIDAD	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Costo S/. por m <sup>2</sup> A. Techada	REAL fc (kgf/cm <sup>2</sup> )
ALTA	8.91	178.67
MEDIA	6.76	194.86
BAJA	4.83	209.83

**TABLA Nº 13:** Variación de Resistencia a la Compresión del Concreto

Fuente Propia.

- El aporte que se brinda en esta investigación es el ajuste de la siguiente grafica. La cual no será definitiva, dado que en la medida se vaya teniendo mas data de las viviendas en colaboración con universidad y profesionales, se irá ajustando. Hay ligeras diferencias en función a la



investigación desarrollada por el Ing. Luis Quiroz Peche en el 2015. Esta gráfica con los datos evaluados la actualizamos a la que se muestra a continuación.

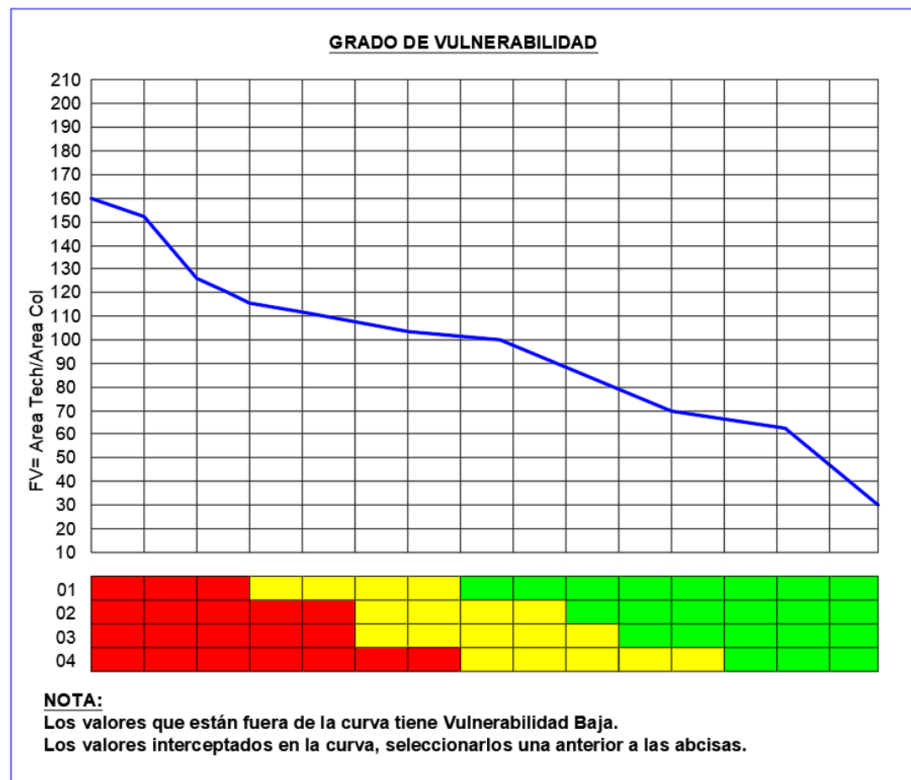
- Al desarrollar el ajuste respectivo pasamos de un incremento en el nivel de confianza de la gráfica, del Escenario 01 al Escenario 02 de confianza.

INTERVALO DE CONFIANZA	
ALTA	91.30%
MEDIA	85.29%
BAJA	92.00%

Escenario 01

INTERVALO DE CONFIANZA	
ALTA	91.30%
MEDIA	91.18%
BAJA	92.59%

Escenario 02



**TABLA N° 14:** Ajuste de Grafico y Nivel de Confianza de Vulnerabilidad

- Sumando a lo anterior, las características del grado de vulnerabilidad, que se acompañan en la gráfica, no han cambiado en base a la primera investigación. Se detalla a continuación.

RECOMENDACION	
<b>ALTA</b>	Esta edificación presenta una deficiente resistencia a sismos de Baja intensidad, se recomienda un reforzamiento estructural realizado en coordinación con un profesional especializado en <b>ESTRUCTURAS</b> . Sin un reforzamiento, cualquier incremento de pisos hará aun mayor su inseguridad.
<b>MEDIANA</b>	Esta edificación presenta una deficiente resistencia a sismos de Mediana intensidad, se recomienda un reforzamiento estructural realizado en coordinación con un profesional especializado en <b>ESTRUCTURAS</b> . Sin un reforzamiento, cualquier incremento de pisos hará aun mayor su inseguridad.
<b>BAJA</b>	Esta edificación presenta una deficiente resistencia a sismos de Alta intensidad, <b>NO</b> se recomienda un reforzamiento estructural a menos que quiera construir mas pisos, para lo cual deberá hacerlo en coordinación con un profesional especializado en <b>ESTRUCTURAS</b> . El numero maximo de pisos a los que podria llegar sin reforzamiento son:

**TABLA Nº 15:** Características de las zonas de Vulnerabilidad.

Fuente: Ing. Luis Quiroz Peche.

- La metodología utilizada aquí, fue la de Benedetti y Petrini, sin embargo, a dicha metodología se le sumaron más aportes técnicos como la esclerometría, escaneo de refuerzo y diamantina. Además, el soporte con las gráficas para un estudio rápido de la vulnerabilidad.
- En base a lo anterior se puede concluir que el trabajo cumplió con los objetivos fundamentados en la investigación con casos reales.
- Un punto muy importante que vale la pena señalar aquí, es que el procesamiento de datos en la modelación, fue mediante el software Etabs, de análisis estructural de edificaciones por parte de la Empresa CSI. Ello nos brinda una garantía total en el análisis y posterior diseño.
- Existe una zona ubicada por el Fundo Upao. Aquie se desaroolla un condominio llamado: Los Sauces de Barraza, en el cual se están siguiendo tosos los aspectos técnicos y calidad para su construcción. Al evaluar las viviendas, se encontró que tienen muy naja vulnerabilidad.

Santo Domingo, Distrito Nacional.  
Miércoles 16 de junio del 2021

**CERTIFICACIÓN ADQUISICIÓN PROGRAMAS COMPUTERS & STRUCTURES, INC. CSI**

**CLIENTE:** William Conrad Galicia Guarniz  
**NUMERO DE CLIENTE:** 61100  
**PROGRAMA CSI:** ETABS Plus v19 Standalone (01 Licencia)  
**CONTRATO DE MANTENIMIENTO:** Vigente hasta el 18/6/2022

Cualquier información adicional al respecto favor escribirnos a [csicaribe@csicaribe.com](mailto:csicaribe@csicaribe.com) en República Dominicana o a [info@csiamerica.com](mailto:info@csiamerica.com) en Walnut Creek, California, USA.

Sin otro en particular,



Lic. Elizabeth Altagracia Beato  
Gerente de Ventas



**IMAGEN Nº17.** Licencia de Software Etabs-CSI  
Fuente Propia.

**6. RECOMENDACIONES Y LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.**


- La presente investigación ha sido muy importante dado que se ha contado con resultados reales de edificaciones ubicadas en las diferentes urbanizaciones de la ciudad de Trujillo.
- El punto importante en el desarrollo del trabajo es, la colaboración entre universidades de las Escuelas Profesionales de Ingeniería Civil y Arquitectura, ya que el mínimo común múltiplo entre las mismas, son las edificaciones.

- El trabajo de campo se desarrolló en el año 2019 con los alumnos de Arquitectura e Ingeniería Civil y en el año 2021 con la colaboración de la Empresa Retrofit.
- El manejo de la tabla de evaluación de vulnerabilidad se restringe par edificaciones de hasta 04 niveles como máximo, en zona 04 de acuerdo a la Norma E030.
- Se ha generado un protocolo de inspección para viviendas, en la estimación de la vulnerabilidad. Se recomienda seguir con ello, con todas las medidas de seguridad respectivas.
- Integrar a colegios profesionales para el soporte y aporte de la información de más zonas o iniciar con el estudio en otras ciudades.
- Se recomienda la implementación de mayor tecnología para una mejor inspección de viviendas.
- Se sugiere diseñar curvas de vulnerabilidad para las otras zonas que no se detalla nuestra norma de Diseño sismorresistente.
- Siempre es importante una buena asesoría con profesionales especializados en la materia, de la mano con una buena practica constructiva.

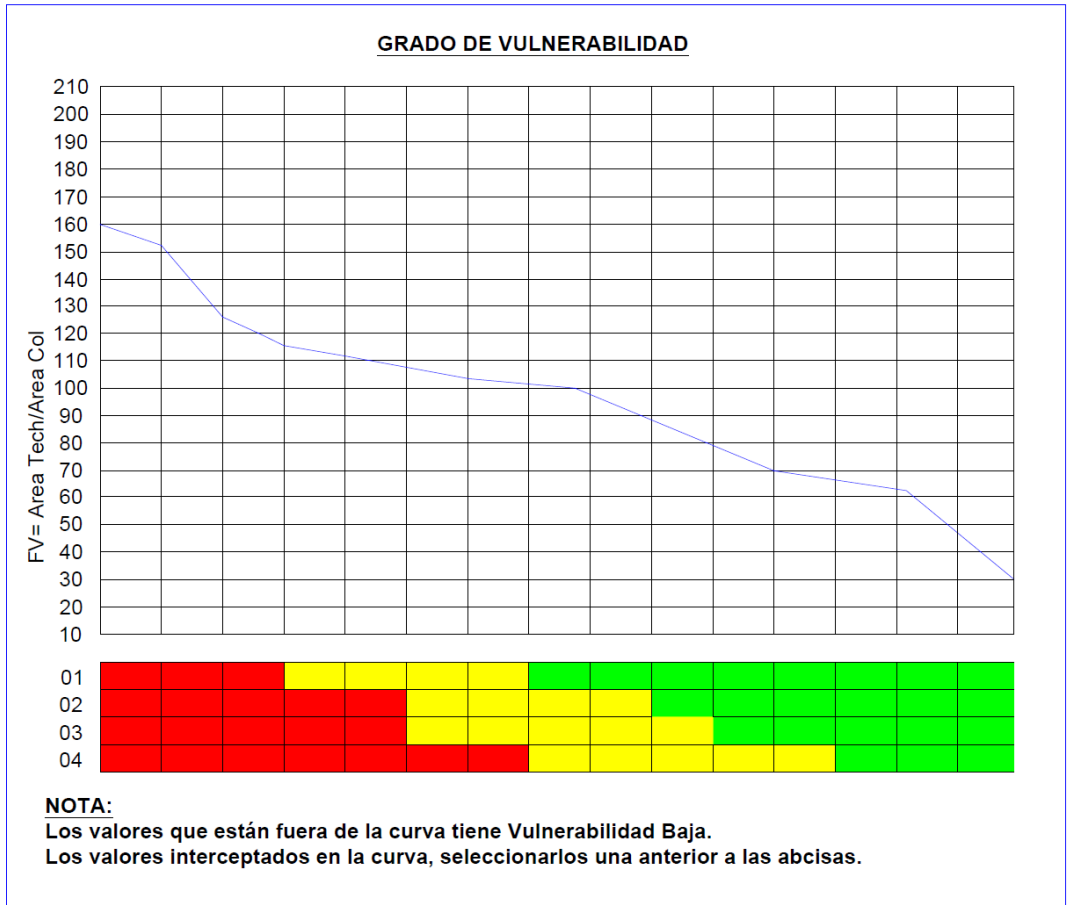
## **7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- Abanto Valdivia, S. & Cárdenas Cruz, D. (2015). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti – Petrini en las instituciones educativas del centro histórico de Trujillo, provincia de Trujillo, región la Libertad*. Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniería Civil.
- Aguilar Marín, G. & Mudarra Abanto, C. (2018). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E. Liceo Trujillo*. Universidad Privada del Norte. Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniería Civil.
- Alvarado Uvidia, N. & Mita Tixi, M. (2014). *Determinación del Índice de Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Existentes en el Barrio 24 de mayo de la Ciudad de Riobamba*. Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniería Civil.
- Lujá Silva, E. (2011). *Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo. Proyecto Libro Digital*.
- Ortega Villaizan, C. (2014). *Determinación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones por efecto de sismo en el centro urbano del distrito de villa rica*. Huancayo. Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniería Civil.
- Mena Hernández, Ulises (2002). *Método del Índice de Vulnerabilidad. En Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Quispe Aucapuella, Norbert Luis (2004). *Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Ayacucho*. Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis para la obtención de la Maestría.

## 8. ANEXOS

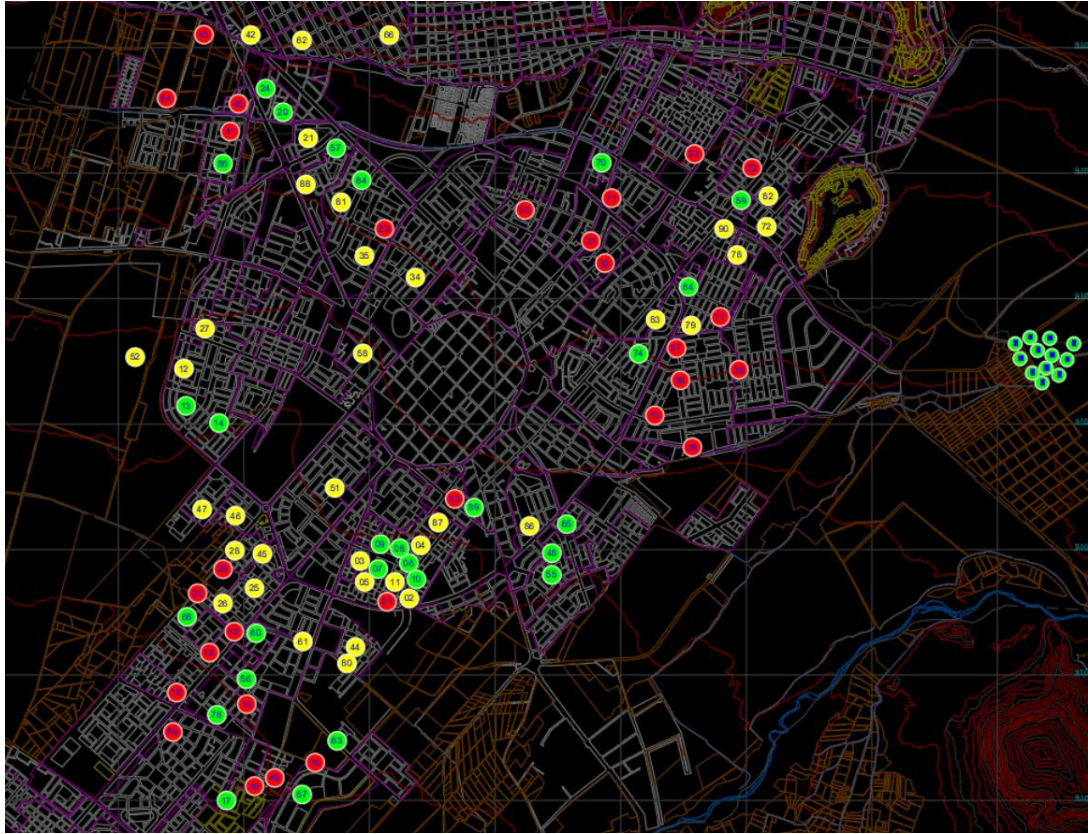
EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR FICHA DE EVALUACION PARA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO (METODO DEBENEDETTI - PETRINI)						
Nombre o numero del edificio :						
Ubicación del edificio :						
Fecha :						
N°	PARAMETROS	INDICACIONES	ELEMENTOS DE INSPECCION			CLASE
1	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	Completar y marcar según lo constatado	Año de la construcción :	<input type="text"/>		
			Asesoría Técnica :	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	Marcar según lo observado	Estado de Materiales :	<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Malo	
			Proceso Constructivo :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	Completar según lo observado en la estructura	Numero de Pisos (N) :	<input type="text"/>		
			Ax: Area de Muros en X (m2) :	<input type="text"/>		
			Ay: Area de Muros en Y (m2) :	<input type="text"/>		
			Area de columnas (m2) :	<input type="text"/>		
			Altura promedio de entrespiso (m) :	<input type="text"/>		
			Area de cubierta (m2) :	<input type="text"/>		
			y (ton/m2) :	<input type="text"/>		
4	POSICION DEL EDIFICIO Y CIMENTACION	Marcar según lo observado	Pendiente pronunciada :	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
			Presencia de sales :	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
			Presencia de filtraciones :	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	Marcar según lo observado	Discontinuidades Abruptas :	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
			Buena conexión diafragma - elemento vertical :	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
			Deflexión del diafragma :	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
6	CONFIGURACION EN PLANTA	Especificar los siguientes parametros	a :	<input type="text"/>		
			b :	<input type="text"/>		
			L :	<input type="text"/>		
			Xcg :	<input type="text"/>		
			Ycg :	<input type="text"/>		
			Xmin :	<input type="text"/>		
			Ymin :	<input type="text"/>		
			Xmax :	<input type="text"/>		
			Ymax :	<input type="text"/>		
			Ir :	<input type="text"/>		
7	CONFIGURACION EN ELEVACION	Especificar y marcar según las características de la estructura	Aumento o reducción de masa o áreas :	<input type="text"/>		
			RL :	<input type="text"/>		
			Piso blando :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Irregularidad del S.R. :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Columna corta :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	DISTANCIA MAXIMA ENTRE COLUMNAS	Especificar según los planos	L (espaciamiento de columnas en metros) :	<input type="text"/>		
			S (espesor de la columna maestra en metros) :	<input type="text"/>		
			Factor L/S :	<input type="text"/>		
9	TIPO DE CUBIERTA	Marcar según las características de la estructura	Cubierta estable :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Conexión cubierta-elemento vertical adecuada :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Cubierta plana :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Material liviano :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Considerar B (Bueno), R (Regular), M (Malo) según conexión	Cornisa y parapetos :	<input type="text"/>		
			Tanques de agua prefabricados :	<input type="text"/>		
			Balcones y volados :	<input type="text"/>		
			Pequeños elementos :	<input type="text"/>		
			Sin elementos vinculados :	<input type="text"/>		
11	ESTADO DE CONSERVACION	Marcar según lo observado en las estructuras de concreto armado	Buen estado :	<input type="checkbox"/>		
			Ligeramente dañado :	<input type="checkbox"/>		
			Mal estado de conservación :	<input type="checkbox"/>		

ANEXO 01- FICHA DE INSPECCIÓN  
RETROFIT SAC



ANEXO 02- GRADO DE VULNERABILIDAD PRÁCTICA





ANEXO 03- MICROZONIFICACIÓN DE GRADO DE VULNERABILIDAD DE LA CIUDAD DE TRUJILLO