

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN  
ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES EN UNA  
PLATAFORMA GEOMÁTICA PARA LA ELABORACIÓN  
DE MAPAS DE RIESGO SÍSMICO EN EL DISTRITO DE  
HUARAL**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. BALTA RIVERA JONATHAN JOSÉ  
Bach. MEZA FERNÁNDEZ JHOEL FRANKLIN**

**ASESOR: Dr. MIGUEL ESTRADA MENDOZA**

**LIMA – PERÚ  
AÑO: 2015**

# DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios, por iluminarme, cuidarme y estar a mi lado en todo momento.

A mi padre Enrique que me ha apoyado para llegar hasta aquí y presentar este proyecto lleno de esfuerzos y ambiciones futuras, por su apoyo incansable, gracias a sus ejemplos hoy he llegado a cumplir una de mis metas

A mi madre Mirtha Rivera E. por guiarme desde el cielo a que todo me vaya bien en esta hermosa carrera que es la Ingeniería Civil.

A mi abuela Hilda, que es mi segunda madre, gracias por estar conmigo apoyándome en esta etapa que es muy importante.

A mi hermano, que con sus consejos me ha sabido orientar por el sendero de la superación.

**Jonathan J Balta Rivera**

Dedico con mucho cariño y agradecimiento a mis padres Maximo M.P y Zoila C.F.V y toda mi familia por la comprensión brindada durante estos años ya que gracias a su apoyo pude cumplir mi primer objetivo.

**Jhoel Franklin Meza Fernandez**

# RECONOCIMIENTO

A nuestros padres quienes a lo largo de toda nuestras vidas nos han apoyado y motivado en nuestra formación académica, creyeron en nosotros en todo momento y no dudaron de nuestras habilidades.

A nuestros profesores a quienes les debemos gran parte de nuestros conocimientos, en especial al Dr. Miguel Estrada Mendoza gracias a su paciencia y enseñanza, finalmente un eterno reconocimiento.

A esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como profesionales con sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico.

## ÍNDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>RESUMEN .....</b>                                     | <b>xi</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                    | <b>xii</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                | <b>1</b>   |
| <b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>      | <b>2</b>   |
| <b>1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....</b> | <b>2</b>   |
| <b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>                | <b>3</b>   |
| 1.2.1 Problema principal .....                           | 3          |
| 1.2.2 Problemas secundarios.....                         | 3          |
| <b>1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>            | <b>3</b>   |
| 1.3.1 Objetivo principal.....                            | 3          |
| 1.3.2 Objetivo secundario .....                          | 3          |
| <b>1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>        | <b>4</b>   |
| <b>1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>        | <b>4</b>   |
| <b>1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>          | <b>4</b>   |
| <b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>                   | <b>5</b>   |
| <b>2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>         | <b>5</b>   |
| 2.1.2 En el ámbito Internacional.....                    | 5          |
| 2.1.2 En el ámbito nacional .....                        | 11         |
| <b>2.2 BASES TEÓRICAS .....</b>                          | <b>14</b>  |
| 2.2.1 Definiciones conceptuales.....                     | 14         |
| 2.2.2 Conceptos relacionados a la investigacion .....    | 16         |
| 2.2.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....                  | 20         |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>                     | <b>22</b> |
| <b>3.1 Diseño de la investigación .....</b>                        | <b>22</b> |
| <b>3.2 Población y muestra .....</b>                               | <b>22</b> |
| 3.2.1 Población .....  | 22        |
| 3.2.2 Muestra .....  | 23        |
| <b>3.3 Operacionalización de variables .....</b>                   | <b>26</b> |
| 3.3.1 Operación de las variables e indicadores.....                | 26        |
| <b>3.4 Técnica de recolección de datos.....</b>                    | <b>27</b> |
| 3.4.1 Descripción de los Instrumentos .....                        | 27        |
| 3.4.2 Validez y confiabilidad de los Instrumentos.....             | 28        |
| <b>3.5 Técnicas para el procedimiento y análisis de datos.....</b> | <b>28</b> |
| <b>CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>               | <b>38</b> |
| <b>4.1 Análisis e Interpretación de los Resultados.....</b>        | <b>38</b> |
| <b>4.2 Resultados de la Investigación.....</b>                     | <b>52</b> |
| <b>4.3 Contrastación de Hipótesis.....</b>                         | <b>80</b> |
| <b>CAPITULO V: DISCUSIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>83</b> |
| <b>FUENTES DE INFORMACIÓN.....</b>                                 | <b>87</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>88</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Cantidad de viviendas por número de pisos .....   | 22 |
| Tabla 2. Operación de las variables – variable dependiente.....  | 26 |
| Tabla 3. Operacionalización de variables - variable independiente .....  | 27 |
| Tabla 4. Norma E.030 Tabla N° 3 Zonificación .....   | 42 |
| Tabla 5. Norma E.030 Tabla N° 4 parámetros de suelo.....   | 42 |
| Tabla 6. Norma E.030 Tabla N° 5 Irregularidades estructurales en altura .....                                      | 44 |
| Tabla 7. Norma E.030 Tabla N° 6 Irregularidades estructurales en planta .....                                      | 45 |
| Tabla 8. Norma E.030 Tabla N° 6 sistemas estructurales.....  | 47 |
| Tabla 9. Daño y deterioro en muros de mampostería (Ruiz - Garcia).....   | 50 |
| Tabla 10. Estados límites para muros de mampostería confinada<br>(Astroza y Schmidt, 2004) .....                   | 51 |
| Tabla 11. Distorsiones en muros de mampostería confinada<br>(Ruiz - García et. 1998), transformados a Daño % ..... | 51 |
| Tabla 12. Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 01.....   | 53 |
| Tabla 13. Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 02.....   | 54 |
| Tabla 14. Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 03.....   | 55 |
| Tabla 15. Porcentaje de daño promedio para viviendas de un piso.....   | 56 |
| Tabla 16. Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 01.....   | 57 |
| Tabla 17. Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 02.....   | 58 |
| Tabla 18. Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 03.....   | 59 |
| Tabla 19. Porcentaje de daño promedio para viviendas de dos pisos .....  | 60 |
| Tabla 20. Desplazamiento y daño vivienda de tres pisos modelo 01 .....   | 61 |
| Tabla 21. Desplazamiento y daño vivienda de tres pisos modelo 02.....  | 62 |
| Tabla 22. Desplazamiento y daño vivienda de tres pisos modelo 03.....  | 63 |
| Tabla 23. Porcentaje de daño promedio para viviendas de tres pisos .....   | 64 |
| Tabla 24. Resumen de tablas de daño para viviendas de albañilería confinada ....                                   | 65 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Curva de capacidad y estados límites por los lineamientos FEMA.....   | 7  |
| Figura 2. Metodología para la evaluación para desplazamientos de edificaciones de mampostería.....                    | 8  |
| Figura 3. Interacción de la placa Nazca con la Sudamericana.....  | 16 |
| Figura 4. Epicentro y foco (Disponible de: <a href="http://www.harcourtschool.com">www.harcourtschool.com</a> ) ..... | 17 |
| Figura 5. Evolución del sistema de información geográfica .....   | 19 |
| Figura 6. Interacción del SIG con los temas .....   | 19 |
| Figura 7. Cantidad de viviendas por número de pisos .....   | 22 |
| Figura 8. Zonas UTM en el territorio peruano .....  | 30 |
| Figura 9. Área de estudio a nivel de manzanas .....   | 31 |
| Figura 10. Área de estudio de investigación. ....   | 32 |
| Figura 11. Datos de campo insertados a una base de datos .....  | 33 |
| Figura 12. Daño aceleración de suelo 0.1g.....  | 34 |
| Figura 13. Daño aceleración de suelo 0.2g.....  | 34 |
| Figura 14. Daño aceleración de suelo 0.3g.....  | 35 |
| Figura 15. Daño aceleración de suelo 0.4g.....  | 35 |
| Figura 16. Daño aceleración de suelo 0.6g.....  | 36 |
| Figura 17. Daño aceleración de suelo 0.8g.....  | 36 |
| Figura 18. Daño aceleración de suelo 1.0g.....  | 37 |
| Figura 19. Cálculo de daño para diferentes aceleraciones de suelo por número de pisos .....                           | 37 |
| Figura 20. Evolución del daño estructural en muros de mampostería confinada.....                                      | 49 |
| Figura 21. Espectro para una aceleración de suelo 0.4g .....  | 52 |
| Figura 22. Modelo 01 vivienda de un piso.....   | 53 |
| Figura 23. Modelo 02 vivienda de un piso.....   | 54 |
| Figura 24. Modelo 03 viviendas de un piso .....   | 55 |
| Figura 25. Curvas de Daños para viviendas de albañilería de un piso .....   | 56 |
| Figura 26 Modelo 01 vivienda de dos pisos .....   | 57 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 27. Modelo 02 vivienda de dos pisos .....  | 58 |
| Figura 28. Modelo 03 viviendas de dos pisos .....   | 59 |
| Figura 29. Curvas de Daños para viviendas de albañilería de dos pisos .....                         | 60 |
| Figura 30. Modelo 01 vivienda de tres pisos .....   | 61 |
| Figura 31. Modelo 02 vivienda de tres pisos .....   | 62 |
| Figura 32. Modelo 03 viviendas de tres pisos .....  | 63 |
| Figura 33. Curvas de daños para viviendas de albañilería<br>confinada de tres pisos .....           | 64 |
| Figura 34. Curvas de daño para viviendas de albañilería confinada.....                              | 65 |
| Figura 35. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.1g.....                                    | 66 |
| Figura 36. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.1g .....                                  | 66 |
| Figura 37. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.2g.....                                    | 67 |
| Figura 38. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.2g .....                                  | 67 |
| Figura 39. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.3g.....                                    | 68 |
| Figura 40. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.3g. ....                                  | 68 |
| Figura 41. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.4g.....                                    | 69 |
| Figura 42. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.4g .....                                  | 69 |
| Figura 43. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.6g.....                                    | 70 |
| Figura 44. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.6g .....                                  | 70 |
| Figura 45 Mapa temático para una aceleración de suelo 0.8g.....                                     | 71 |
| Figura 46. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.8g .....                                  | 71 |
| Figura 47. Mapa temático para una aceleración de suelo 1.0g.....                                    | 72 |
| Figura 48. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 1.0g .....                                  | 72 |
| Figura 49. Distintas aceleraciones de suelo.....  | 73 |
| Figura 50. Daño en función de la aceleración de suelo y el número de pisos .....                    | 73 |
| Figura 51. Mapa temático de daño en función de la aceleración de suelo y el<br>número de pisos..... | 74 |
| Figura 52. Mapa temático de porcentaje de vivienda de ladrillo por manzana.....                     | 75 |
| Figura 53 Mapa temático de porcentaje de vivienda de adobe por manzana .....                        | 76 |
| Figura 54 Mapa temático de porcentaje de vivienda de madera por manzana .....                       | 77 |



|  |    |
|--|----|
| Figura 55 Mapa temático de número de pisos .....                     | 78 |
| Figura 56 Cantidad por número de pisos .....                         | 78 |
| Figura 57 Mapa temático de uso de vivienda.....                      | 79 |
| Figura 58 Cantidad por uso de vivienda.....                          | 79 |
| Figura 59. Datos de campo insertados a una base de datos .....       | 80 |
| Figura 60. Mapa temático para aceleraciones de suelo 0.1g- 0.2g..... | 81 |
| Figura 61. Mapa temático para 0.4g según norma E.030 .....           | 82 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| <b>ANEXO 1.</b> MATRIZ DE CONSISTENCIAS.....  | 90  |
| <b>ANEXO 2.</b> ESPECTROS PARA DIFERENTES ACELERACIONES.....                                    | 92  |
| <b>ANEXO 3.</b> PLANO CATASTRAL ACTUALIZADO 2015 DE LA<br>CIUDAD DE HUARAL.....                 | 100 |
| <b>ANEXO 4.</b> MAPA TEMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO<br>A NIVEL DE LOTES.....                      | 102 |
| <b>ANEXO 5.</b> MAPA TEMÁTICO POR CONCENTRACIÓN DE VIVIENDA<br>DE MADERA, ADOBE Y LADRILLO..... | 104 |
| <b>ANEXO 6.</b> MAPA TEMÁTICO DE DAÑO PARA DIFERENTES<br>ACELERACIONES DE SUELO.....            | 108 |
| <b>ANEXO 7.</b> MAPA TEMÁTICO DE NUMERO DE PISOS DE LAS<br>VIVIENDAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO..... | 118 |
| <b>ANEXO 8.</b> MAPA TEMÁTICO DE USO DE LAS VIVIENDAS EN<br>EL ÁREA DE ESTUDIO.....             | 120 |
| <b>ANEXO 9.</b> INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCION DE DATOS.....                                   | 122 |

## RESUMEN

En este proyecto se desarrollan y evalúan los posibles escenarios de riesgo y daño sísmico para edificaciones de albañilería confinada de un piso, dos pisos y de tres pisos de la ciudad de Huaral, Lima, Perú. La mayoría de las edificaciones de albañilería confinada en el lugar mencionado son construidas por personas que no están calificadas, por lo tanto no cuentan con conocimiento de que deben de cumplir normas para su diseño y construcción. Debido a ello, las edificaciones presentan un alto grado de susceptibilidad frente a un evento sísmico

La nueva metodología para determinar los mapas de riesgo se realiza de acuerdo a la norma E.030, se desarrolla el análisis sísmico dinámico para distintas aceleraciones de suelo que van de 0.1g hasta 1.0g para viviendas de un piso, dos pisos y tres pisos, las distorsiones que se obtienen se comparan con la tabla de daño y deterioro en muros de mampostería confinada propuesta por tabla de (Ruiz - García), Concluida el modelamiento y el análisis se desarrolló la curva de daño, las ecuaciones que se obtienen de las curvas se integran a una plataforma GIS para cálculo de daño mediante el programador integrado en programa de computo *Arcgis10.3 field calculator vb script* que desarrolla su cálculo en función del número de piso de la edificación y nos sistematiza el nivel de daño, con lo cual se podrá presentar mapas temáticos de daño para diferentes aceleraciones de suelo. Se determinó que para una aceleración de suelo para el distrito de Huaral 0.1g a 0.4g el 86% de las edificaciones no presentaría daño importante. Para una Aceleración de suelo 0.4g a 0.6g solo el 54% de las edificaciones no sufriría daños, para aceleraciones más exigentes 0.6g a 1.0g se presenta que el mayor porcentaje de daño están en las edificaciones de 3 y 2 pisos que contempla un 98% de daños importantes pero reparables por que no supera el estado limite último de los muros de albañilería confinada.

**Palabras clave:** Sistematización, Edificaciones, Plataforma Geomática, Mapas de Riesgo.

## ABSTRACT

This project will develop and evaluate potential risk scenarios and seismic damage to masonry buildings confined to one floor, two floors and three floors town of Huaral, Lima, Peru. Most confined masonry buildings in that place are built by people who are not qualified, therefore they have no knowledge that must meet standards for design and construction. As a result, the buildings have a high degree of susceptibility to a seismic event

The new methodology for determining risk maps is done according to the E.030 standard, dynamic seismic analysis for different ground accelerations ranging from 0.1g to 1.0g for housing a flat, two-story and three-story develops the distortions that are obtained are compared with the table of damage and deterioration of confined masonry walls proposed by Ruiz - Garcia Completed the modeling and analysis of damage curve was developed, the equations obtained curves are integrated into a GIS platform for damage calculation by the computer program integrated into field Arcgis10.3 calculator vb script that develops its calculation on the number of floor of the building and we systematized level programmer damage, which may be submitted thematic maps for different accelerations damage soil

It was determined that for an acceleration of land for the district of Huaral 0.1ga 0.4g 86% of the buildings would not present major damage. For 0.4ga 0.6g ground acceleration only 54% of the buildings suffer no harm, for more demanding acceleration 1.0g 0.6ga presents the highest percentage of damage are in buildings 3 and 2 floors which includes 98% important but not exceeding serviceable limit state last of the confined brick walls damages.

**Keywords:** Documentation, Buildings, Geomatics Platform, Risk Maps.

## INTRODUCCIÓN

La poca o nula supervisión a las construcciones desencadena una creciente preocupación en la población por los constantes eventos sísmicos, la auto construcción, lugares inadecuados para la construcción y la pésima calidad de los materiales hace vulnerables las edificaciones, por esas razones se realiza esta investigación para identificar los lugares críticos dentro de la ciudad de Huaral.

En este estudio se ha considerado necesario la elaboración de mapas temáticos que identifiquen las manzanas que tengan mayor concentración de viviendas de albañilería confinada, para realizar un levantamiento de información con la ficha que se adjunta en el anexo 01 con lo cual se conocerá el número de pisos, el uso y el sistema constructivo de la viviendas que se ubican en las manzanas 033 – 034 – 036 – 037 – 0.42, en las cuales se seleccionara aleatoriamente las viviendas de 1 piso, 2 pisos, y 3 pisos, que se analizara mediante el método dinámico de la norma E.030 con lo cual se obtendrá las distorsiones para diferentes niveles de aceleración que van de 0.1g - 1.0g. Se identifican los daños mediante la Tabla de daño y deterioro en muros de mampostería confinada (Ruiz - García), con lo cual se generara curvas de daño para diferentes aceleraciones de suelo por cada piso de vivienda analizada, seguidamente se generara una base de datos que integraremos en una plataforma GIS para obtener mapas temáticos para diferentes eventos e identificar las viviendas por número de pisos que podrían sufrir daños.

La investigación se desarrolla con el método determinista que consiste en calcular los daños a través de cálculos matemáticos para lo cual emplearemos el programa de computo *Sap2000 V17.1.1* para diferentes espectros de respuesta que varían según la aceleración de suelo que se le asigne, con los parámetros que nos indica la norma E.030 con lo cual identificaremos las distorsiones máximos por puntos que compararemos con la tabla de (Ruiz - García), con lo cual se identificara los daños y a través de una plataforma GIS se desarrollara mapas temáticos para diferentes niveles de daños.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La historia sísmica del Perú muestra que su borde occidental presenta un alto índice de ocurrencia de eventos sísmicos y que, de acuerdo a su magnitud, muchos de ellos han producido daños importantes en las ciudades y localidades distribuidas cerca de la zona costera. Por otro lado, la ocurrencia de efectos secundarios como asentamientos, licuación de suelos, derrumbes, caídas de rocas y tsunamis contribuyeron al incremento de pérdidas humanas y materiales (Silgado, 1978; Dorbath et al, 1990; Tavera y Buforn, 2001).

Por otro lado, a partir de los años 80, en muchas de las ciudades costeras se han incrementado los procesos de migración desde las zonas rurales por población proveniente de las provincias del interior del país. Debido a la carencia de una adecuada planificación del desarrollo urbano y la falta de políticas de planeamiento, la población migrante se ha asentado en zonas de alto riesgo sin medir el peligro a generarse por la eventual ocurrencia de sismos, tsunamis y otros efectos secundarios derivados de los mismos. A todo ello, se suma el hecho de que las viviendas son construidas de manera inadecuada, sin seguir criterios de ordenamiento territorial y, mucho menos, respetando las normas de construcción vigente (Reglamento Nacional de Edificaciones).

La ciudad de Huaral, capital de la Provincia del mismo nombre llamada también “Capital de la Agricultura”, es una de las nueve (9) Provincias del Departamento de Lima. Está ubicada a 81 Km al norte de la ciudad de Lima, la capital de la República y a 11 Km. de la ciudad de Chancay. Sus coordenadas geográficas están entre los 11°90', 11°42' de latitud sur y 76°20' y 73°30' de longitud oeste aproximadamente.

En el distrito de Huaral la mayoría de edificaciones se construyen bajo el sistema de autoconstrucción y, por lo tanto, están más propensas a colapsar ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud pues no se toma en consideración ni se

tiene una referencia de la vulnerabilidad de los suelos donde se construye con lo que se ve incrementado el riesgo en dichas zonas.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Problema principal

¿Cómo sistematizar la información estructural de las edificaciones en una plataforma Geomática para la elaboración de mapas de riesgo sísmico en el distrito de Huaral?

### 1.2.2 Problemas secundarios

- ❖ ¿Cómo elaborar el registro de las edificaciones de diferentes tipologías?
- ❖ ¿Cómo modelar y analizar las edificaciones típicas de albañilería confinada para determinar su respuesta sísmica mediante el espectro de respuesta?
- ❖ ¿Cómo elaborar el mapa de respuesta sísmica tomando en cuenta la aceleración del suelo y las características de las edificaciones?
- ❖ ¿Cómo elaborar la base de datos de los registros obtenidos?

## 1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1 Objetivo principal

Proponer, mediante la sistematización de la información estructural de edificaciones en una plataforma Geomática, la elaboración de mapas del riesgo sísmico en el distrito de Huaral

### 1.3.2 Objetivo secundario

- ❖ Elaborar el registro de las edificaciones de diferentes tipologías.
- ❖ Modelar y analizar las edificaciones típicas de albañilería confinada para determinar su respuesta sísmica mediante el espectro de respuesta.
- ❖ Elaborar el mapa de respuesta sísmica tomando en cuenta la aceleración del suelo y las características de las edificaciones.
- ❖ Elaborar la base de datos de los registros obtenidos.

#### 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se hace necesario el realizar estudios los que implementen procedimientos de evaluación de mapas de riesgo en zonas urbanas que sirvan para proponer recomendaciones para el desarrollo de Planes de Prevención y Mitigación de Desastres.

Esta investigación será relevante para las personas que residen en el distrito de Huaral de modo tal que les permita identificar mediante los mapas de riesgo los lugares vulnerables ante un posible sismo. La información a obtenerse será de utilidad para que las autoridades del distrito de Huaral identifiquen las zonas críticas y puedan tomar acciones concretas con lo cual se pueda minimizar los daños producto de la ocurrencia de un sismo.

#### 1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- ❖ No se pudo tomar una muestra representativa más grande por falta de tiempo.
- ❖ Falta de cooperación de los dueños de las viviendas para el registro de nuestra base de datos.
- ❖ No se contó con un acelerógrafo debido a que no contamos con los recursos económicos que nos pudieran permitir la disponibilidad del mismo.

#### 1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizara tomando como referencia los planos catastrales actualizados del 2007 facilitados por la Municipalidad Distrital de Huaral. El registro de las edificaciones de diferentes tipologías se realizara por quienes integran el equipo de investigación, el procesamiento y modelamiento se hará con los programas que posee la universidad.



## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1.2 En el ámbito Internacional

**Maldonado, E., Chio, G., & Gomez, Í. (2007).** “Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos”.

El Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de albañilería confinada basado en la opinión de expertos es un modelo rápido y sencillo de valuación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de albañilería confinada. El trabajo presenta un modelo rápido y sencillo de valuación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería a escala regional. El modelo fue construido de forma que puede ser aplicado especialmente a zonas donde no se cuenta con información de daños sísmicos reales. El método se basa en la identificación de las características más relevantes e influyentes en el daño que sufrirá una edificación de mampostería bajo la acción de un sismo. La valoración de estas características se realizó mediante la determinación de once parámetros, a los cuales se les asignó un grado de vulnerabilidad y un valor de importancia relativa con base en la opinión de expertos. Por las imprecisiones y subjetividad de las opiniones de los expertos éstas fueron procesadas mediante técnicas difusas. Una vez calificados cada uno de los parámetros, se procedió a relacionar sus calificaciones con su valor de importancia por medio de un promedio ponderado difuso. El resultado de esta relación a partir de técnicas basadas en conjuntos difusos corresponde al índice de vulnerabilidad de la edificación de mampostería.

**Zuñiga, O, Teran, A. (2008).** “Evaluación basada en desplazamientos de edificaciones de albañilería confinada”

La mampostería es un material ampliamente utilizado para la construcción de viviendas en México. Desafortunadamente, el uso de los espacios urbanos requiere, en muchos casos, que la configuración estructural de las edificaciones dependan más de las necesidades arquitectónicas del proyecto

que de un buen juicio de estructuración. Bajo estas circunstancias, los métodos de diseño basados en resistencia pueden dar lugar a sistemas sismorresistente con un bajo nivel de seguridad estructural.

Por el gran número de edificaciones de mampostería ubicadas en zonas de alto peligro sísmico de la República Mexicana, resulta relevante entender su comportamiento esperado ante solicitaciones sísmicas intensas. Esto requiere del planteamiento de nuevos criterios de análisis y diseño sísmico, cuyo principal objetivo sea reducir su vulnerabilidad a través del control explícito del daño estructural esperado durante los movimientos sísmicos de diseño. Una opción atractiva debido a su relativa simplicidad es el diseño sísmico basado en el control del desplazamiento lateral. Parte fundamental de este esquema radica en la posibilidad de evaluar la máxima demanda de desplazamiento lateral en la estructura, y de compararla con umbrales de desplazamiento asociados a diferentes estados límite.

En los EE.UU. se han desarrollado una serie de lineamientos para una evaluación estructural basada en desplazamientos. Entre ellos pueden mencionarse los incluidos en el documento *FEMA 273 (Federal Emergency Management Agency 1997)*, y su versión práctica, *el FEMA 356 (Federal Emergency Management Agency 2000)*. Recientemente se ha publicado en ese mismo país el documento *FEMA 440 (Applied Technology Council 2005)*, que constituye un intento por refinar y mejorar los métodos de evaluación propuestos en los FEMA 273 y 356.

La **figura 1** muestra esquemáticamente la curva de desplazamiento global contra cortante basal de una estructura (conocida como curva de capacidad), la cual se obtiene al sujetarla a un estado de desplazamiento lateral monótonamente creciente. La curva refleja los umbrales de desplazamiento lateral asociados a tres estados límite que plantean las recomendaciones FEMA. Para establecer dichos umbrales, se requiere establecer para diferentes desplazamientos de azotea, el nivel de daño que corresponde a los elementos estructurales en función de las demandas no lineales que exhiben. Con base en la definición que se haga para los diferentes estados límite en función del

daño aceptable a nivel local, se establecen los umbrales de desplazamiento de azotea. La evaluación del desempeño de la edificación se hace al contrastar la demanda de desplazamiento lateral esperada en la estructura durante las excitaciones sísmicas de diseño con los diferentes umbrales de desplazamiento.

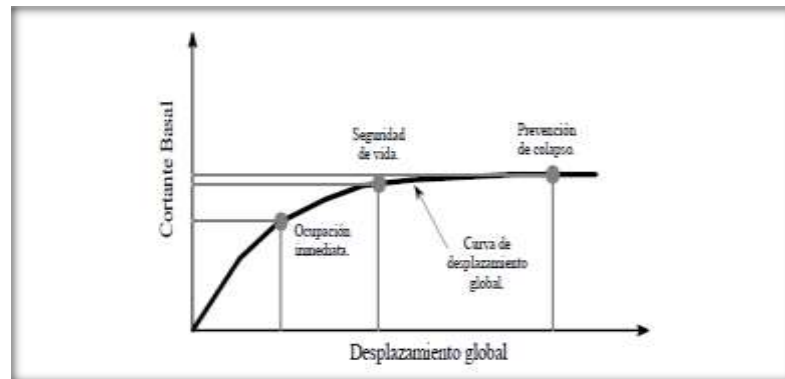


Figura 1 Curva de capacidad y estados límites por los lineamientos FEMA

A pesar de los desarrollos recientes en México (Rodríguez 2004), no será posible la aplicación racional de metodologías basadas en desplazamiento a las edificaciones de mampostería hasta que no se desarrollen métodos de análisis no lineal para este tipo de estructuras.

Dentro de este contexto, el objetivo del presente artículo es discutir un procedimiento simple para obtener la curva de capacidad de edificaciones de mampostería, y el uso de la misma dentro de una metodología de evaluación basada en desplazamientos. Se identifican los parámetros básicos a ser tomados en cuenta para modelar analíticamente la respuesta de la mampostería en sus rangos elástico e inelástico de comportamiento, y se discuten las consideraciones implícitas en la estimación del nivel esperado de daño estructural en edificaciones de mampostería sujetas a excitaciones sísmicas de distintas intensidades.

Con base en evidencia experimental, la metodología aquí propuesta adapta el modelo de la columna ancha para plantear un modelo de análisis capaz de estimar la respuesta no lineal de las estructuras de mampostería. Esto permite

establecer, conforme muestra la **figura 2**, la curva de capacidad de la edificación y los umbrales de desplazamiento asociados a los estados límites relevantes para el diseño.

Respecto a la demanda máxima de desplazamiento lateral, la misma se estima a partir de las propiedades dinámicas derivadas del modelo de análisis, y del uso de un sistema equivalente de un grado de libertad existiendo dos opciones para estimar el desplazamiento: A) Utilizar un espectro de diseño, y B) Llevar a cabo un análisis paso a paso.

Una vez establecida la demanda máxima de desplazamiento se contrasta con los umbrales de respuesta para definir el desempeño sísmico esperado de la edificación.

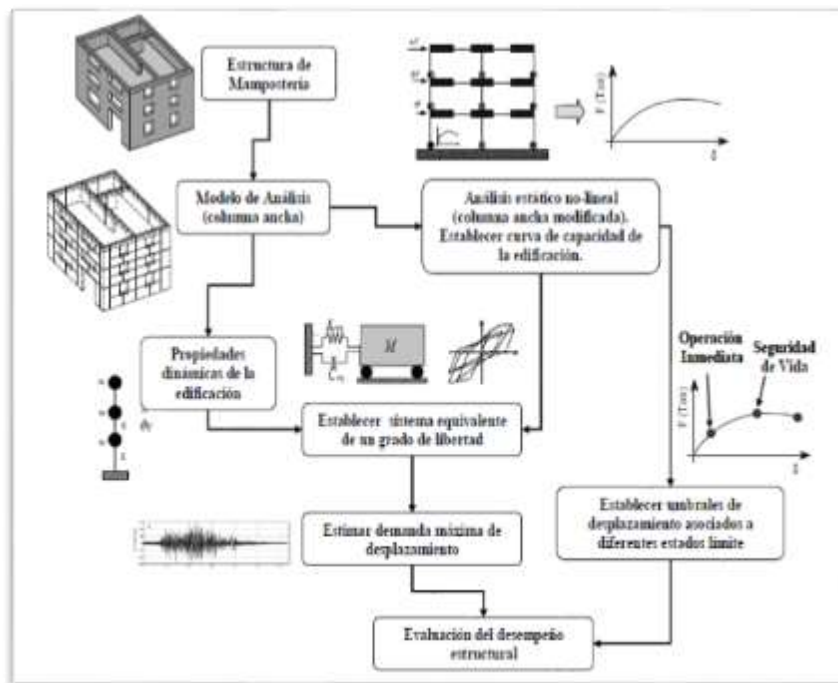


Figura 2 Metodología para la evaluación para desplazamientos de edificaciones de mampostería

**Peralta, H.(2002).** “Escenarios de vulnerabilidad y de daño sísmico en las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos en el barrio San Antonio, Cali, Colombia.”

En este trabajo se construyen y evalúan los posibles escenarios de vulnerabilidad y de daño sísmico a gran escala de las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos del barrio San Antonio, Cali, Colombia, considerado de interés patrimonial por su valor arquitectónico, histórico y documental.

En dicho vecindario, alrededor del 73 % de sus edificaciones fueron construidas en mampostería no confinada de adobe y ladrillo, tipologías constructivas que han demostrado un alto grado de susceptibilidad frente al fenómeno sísmico.

La metodología para la determinación de la vulnerabilidad sísmica utilizada, es desarrollada por el autor y se enmarca dentro de la categoría de Vulnerabilidad Observada. Por otro lado con base en el método de Hurtado se determina la categoría de daño sísmico de las edificaciones, a partir del cálculo de la ductilidad, para tres sismos hipotéticos.

Con los resultados obtenidos de las evaluaciones anteriores, se construyen posibles escenarios de vulnerabilidad y de daño sísmico. Se pudo establecer que la muestra analizada presenta una vulnerabilidad global, donde el 78 % de las edificaciones, es decir, la mayoría, calificaron con vulnerabilidad moderada, y con vulnerabilidad alta calificaron el 22 % restante. Se determinó, además, que para un sismo de  $A_a = 0.07$  g, el 57 % de las edificaciones no presentaría daño. Para un sismo de  $A_a = 0.17$  g, la mayoría de efectos estarían representados en daños mayores en un 34 %, y para un sismo de  $A_a = 0.25$  g, el mayor porcentaje de daños estaría representado por colapsos en un 32 %.

**Caballero, A.(2007).** “Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro

histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica”.

Las ciudades que se encuentran en zonas de amenazas sísmicas media y alta han crecido de una forma incontrolable, aumentando el riesgo de sufrir grandes pérdidas en vidas humanas y materiales como consecuencia de un terremoto. Acompañado a todo esto la falta de criterios sísmicos en las estructuras antiguas, un mal control en las construcciones nuevas, el deficiente mantenimiento en las construcciones existentes y problemas de estructuración sísmica en las edificaciones. Además, los desastres naturales que se suscitan en todo el mundo, dejan evidencia que los programas de prevención y mitigación de desastres no se han aplicado correctamente, más por indiferencia que por falta de recursos.

La determinación del riesgo sísmico en una zona urbana es una herramienta muy útil para la planificación urbana y la ciudad de Sincelejo sufre no se encuentra exento de estos problemas, debido a que no existen estudios que evidencien el estado de las estructuras.

Por ello, surge la necesidad de determinar la vulnerabilidad sísmica del centro de Sincelejo y sus alrededores, por el método del índice de vulnerabilidad, para así determinar el daño esperado para diferentes aceleraciones sísmicas, utilizando como herramienta principal, la tecnología de sistema de información geográfica SIG, acompañados de un estudio de zonificación geotécnica y una completa información de las edificaciones a estudiar.

Los resultados finales de este trabajo de investigación, muestran que un gran número de estructuras que presentan diferentes problemas, tanto en el diseño arquitectónico y estructural, como en su construcción asociado, en un gran porcentaje, a la antigüedad de sus estructuras (con más de 30 años de construidas), e incluso cerca del 30% de las mismas son estructuras Republicanas de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, donde no contaban con una norma sismorresistente. Sin embargo, el gran problema, es que hay estructuras, relativamente nuevas, con problemas de este tipo, el cual nos da entender que hay falta de control por las entidades correspondientes.

De lo anterior, tenemos que el método del índice de vulnerabilidad sea la más adecuada para el estudio, no solo por su trayectoria con buenos resultados en el mundo, sino también, porque son relativamente más económicas con respecto a otras metodologías.

#### 2.1.2 En el ámbito nacional

Uno de los primeros intentos para cuantificar la vulnerabilidad sísmica fue desarrollado por el Consejo de Tecnología Aplicada (ATC) que plasmó sus resultados en el reporte ATC-13 (1985). Este reporte cuantifica la probabilidad de daño sísmico de diferentes tipologías de edificios basándose en la opinión de expertos.

El ATC desarrolló un método de evaluación visual rápida de edificios. Este método se describe en el reporte FEMA 154 (ATC- 21 2000). La metodología es aplicable a edificios y ha sido adaptada por Muñoz y Blondet (2006) con el objetivo de reforzar la infraestructura educativa peruana.

Por otro lado, estudios previos demuestran que la vulnerabilidad sísmica puede representarse mediante curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño (Bonett 2003)

Conociendo en forma determinista los escenarios de peligro sísmico y las curvas de fragilidad de una estructura se pueden estimar el riesgo sísmico o las pérdidas por sismo. En términos prácticos, el riesgo sísmico se representa por los costos de reparación que se deben asumir luego de la ocurrencia de un sismo.

**Moreno, R,(2002),** “Análisis de riesgo sísmico de la ciudad de Moquegua, usando Sistemas de Información Geográfica”.

Los efectos de los desastres naturales son múltiples y complejos y van más allá de las pérdidas de vidas humanas y damnificados. En países en vías de desarrollo, como Perú, estos eventos tienen grandes implicaciones en el Producto Bruto Interno (PBI) e inclusive en el número de desplazados por lo que la reducción de los riesgos naturales debe ser un compromiso no solo de

las instituciones dedicadas a la investigación sino de las Administraciones Locales, Regionales y Nacionales.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) provee un entorno ideal para hacer un comprensivo análisis de peligro y riesgo sísmico. Un SIG tiene la capacidad de almacenar, manipular, analizar y visualizar una gran cantidad de información de datos tabulares y espaciales requeridos. El sistema puede ser enlazado con programas externos, a base de datos y sistemas expertos basados en el conocimiento. Debido a todas estas capacidades que brinda esta herramienta, la investigación intenta mostrar la utilidad del SIG en Ingeniería Civil, especialmente, en la gestión de riesgos sísmico.

El objetivo de la investigación fue el aplicar la metodología propuesta en el ATC36, el cual permite analizar el peligro y riesgo sísmico de una región a través del uso de Sistemas de Información Geográficas, siendo la ciudad de Moquegua la región analizada.

Con la implementación del GIS en el campo de la ingeniería se ayudara a identificar los puntos más críticos dentro de una determinada área, se conocerán por medio de las imágenes satelitales los lugares más críticos y se aplicara para una mejor toma de decisiones donde se tomaran acciones preventivas para minimizar los daños ante una posible amenaza.

En el Perú, al ser un país subdesarrollado solo se identifican los peligros con mucha demora con lo cual no se puede tomar acciones preventivas. Mediante la integración del GIS se busca identificar los puntos más vulnerables con imágenes satelitales actualizados y poder edificarse de forma competente con lo cual se minimizaran los daños causados por sismos u otras amenazas.

**Sarmiento, L.,Rios, J.(2002).** Estudio de la vulnerabilidad sísmica del distrito del Rímac en la ciudad de lima, Perú.

Presenta una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones aplicado a edificaciones en el distrito del Rímac, y como los resultados obtenidos darían una panorámica respecto a cómo se verían



afectados tanto social y físicamente la población ante la ocurrencia de un evento sísmico. Para ello, se tomó una muestra representativa de viviendas, las que fueron evaluadas con una cartilla tipo encuesta, con la cual se obtuvo información respecto al: estado de conservación, antigüedad, características estructurales, características arquitectónicas, material predominante, entre otros. Se realizó un análisis cualitativo con los datos recopilados determinándose el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones.

Con la finalidad de conocer el nivel de vulnerabilidad estructural de las edificaciones esenciales del distrito, se evaluaron ocho Centros de Salud y seis Instituciones Educativas, elaborándose planes de evacuación para casos de eventos sísmicos. El análisis cualitativo realizado concluye que el distrito presenta una alta vulnerabilidad sísmica.

Con el llenado de las fichas y obtenidos los datos de antigüedad, características estructurales, características arquitectónicas y el material predominante dentro de una zona urbana. La información obtenida servirá para crear una base de datos para su fácil manipulación de la información. Con dicha información se obtendrán mapas temáticos identificando las zonas vulnerables ante un evento sísmico. Con ello se podrá analizar cómo afectaría económica y socialmente a la población de una determinada zona urbana

**Basurto, R. (2007).** Vulnerabilidad sísmica y mitigación de desastres en el distrito de San Luis.

El trabajo de la investigación realizó un análisis cualitativo de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del distrito de San Luis, se realizó una evaluación integral de la vulnerabilidad tanto social como estructural, analizando también aspectos cuantitativos que dieron un mayor soporte a los resultados obtenidos de manera cualitativa.

La investigación, tuvo como potenciales beneficiarios a los más de 150,000 habitantes con los que cuenta el distrito, además se buscó disminuir significativamente el impacto socioeconómico, pues se diseñó y ejecuto organización de brigadas, capacitaciones, simulacros, planes de seguridad y

evaluación así como planes de contingencia, para las principales edificaciones esenciales del distrito. Estos planes servirán enormemente para mitigar los posibles efectos que se presenten de ocurrir un sismo de gran magnitud.

Para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones del distrito se utilizó un modelo de evaluación rápida llamada diagnóstico de respuesta sísmica en viviendas de albañilería el cual fue realizado por el Dr. Carlos Zavala, la Ing. Patricia Gibu y el Ing., Rafael Salinas. Con este método se consideraron sismos ocurridos en Lima en los años 1966 y 1974 como demanda, la densidad de muros de 2%, 4%, 6% y 8% y la aceleración máxima del evento. Los resultados fueron procesados en un sistema de información geográfica ArcGis 9.1 y se obtuvieron mapas temáticos que indicaron el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones del distrito. Es un método práctico y no toma mucho tiempo para la investigación permitiendo analizar una mayor muestra generando mayor confianza en sus resultados.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Definiciones conceptuales

**La vulnerabilidad sísmica** es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones realizadas por el hombre durante un sismo. La vulnerabilidad refleja la falta de resistencia de una edificación frente a los sismos (Bommer et al. 1998) y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción (Kuroiwa 2002).

**El peligro sísmico** es la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo de exposición. El peligro también puede incluir otros efectos que el mismo sismo genera, como derrumbes y licuefacción de suelos (Bommer et al. 1998). El peligro sísmico se representa mediante parámetros simples como la intensidad, la aceleración del terreno o el espectro de respuesta.

**El riesgo sísmico** es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett 2003, Barbart 1998). También, el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como:  $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$  (Fourier d'Albe 1988, Kuroiwa 2002). El riesgo sísmico combina los resultados del peligro sísmico y la vulnerabilidad sísmica que exhiben las estructuras. Las curvas de fragilidad constituyen una herramienta fundamental para la estimación del riesgo sísmico.

**Aceleración del suelo:** La aceleración sísmica es una medida utilizada en terremotos que consiste en una medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. Es una medida muy importante en ingeniería sísmica. Normalmente la unidad de aceleración utilizada es la intensidad del campo gravitatorio ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ). (USGS)

**Deformación:** Se refiere a los cambios en las dimensiones de un miembro estructural cuando este se encuentra sometido a cargas externas. (Vílchez, G (2013). Deformación)

**Ductilidad:** Capacidad que se pueda deformar antes de romperse. (Pique, J (2013)

**Espectro de Respuesta:** En forma general, podemos definir espectro como un gráfico de la respuesta máxima (expresada en términos de desplazamiento, velocidad, aceleración, o cualquier otro parámetro de interés) que produce una acción dinámica determinada en una estructura u oscilador de un grado de libertad. (Crisafulli, F. y Villafañe E. (2002). Espectros de respuesta y de diseño)

**Mampostería:** Se llama mampostería al sistema de construcción que consiste en levantar muros a base de bloques. (Constructora CM Proyectos)

**Nivel de daño estructural:** El nivel de daño estructural que sufrirá una edificación depende tanto del comportamiento global como del comportamiento local de la estructura. Está relacionado con los tipos y la calidad de los materiales que se utilizan, sus características, su configuración, el esquema resistente y con las cargas que actúan. (Universidad de Costa Rica. Laboratorio de Ingeniería Sísmica.)

**Respuesta sísmica:** La respuesta sísmica de una estructura, está representada por las deformaciones y fuerzas que aparecen en ella al verse sujeta a la acción de un sismo. (Respuesta Sísmica de Estructura.)

## 2.2.2 Conceptos relacionados a la investigación

### Los sismos

Los sismos son perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo. El origen de los sismos en nuestro territorio se debe principalmente a la interacción de la placa Nazca (placa oceánica) con la placa Sudamericana (placa continental) **Figura 3**. Frente a la costa del Perú se produce el fenómeno de subducción en el que la placa Nazca se introduce debajo de la placa Sudamericana. Cuando se presenta un movimiento relativo entre estas dos placas se generan ondas sísmicas, que producen el movimiento del suelo.

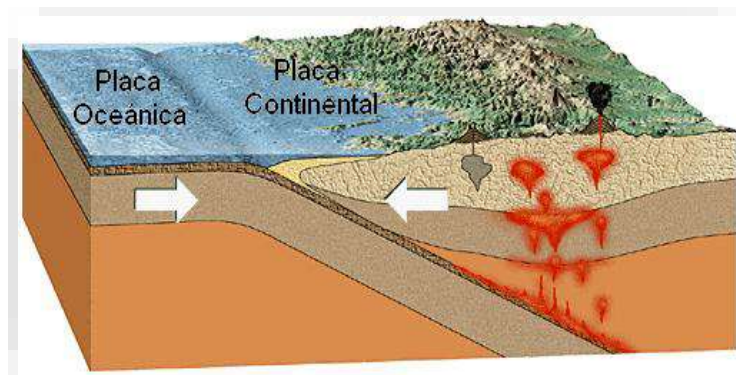


Figura 3. Interacción de la placa Nazca con la Sudamericana

Las ondas sísmicas se clasifican en ondas de cuerpo y en ondas de superficie. Las ondas de cuerpo son aquellas que se transmiten desde el interior de la corteza terrestre hacia la superficie. En cambio, las ondas superficiales solo se transmiten sobre la superficie y son las más perjudiciales para las edificaciones. Para el estudio de los sismos es necesario conocer dos puntos imaginarios. Uno de ellos es el foco o hipocentro, que es el centro de propagación de las ondas sísmicas. El foco se idealiza como un punto en la superficie de falla donde se inicia la ruptura. El otro punto importante es el epicentro, que es la proyección del foco sobre la superficie terrestre como se muestra la siguiente **Figura 4**.

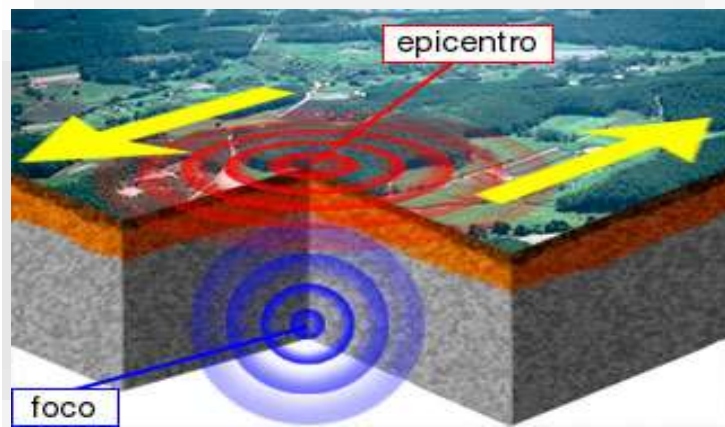


Figura 4.Epicentro y foco (Disponible de: [www.harcourtschool.com](http://www.harcourtschool.com))

Los sismos pueden ser medidos en función de su magnitud y de su intensidad. La magnitud está relacionada a la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas (Sarria 1995). La intensidad es la medida o estimación empírica de la vibración o sacudimiento del suelo. La intensidad de un sismo se mide teniendo en cuenta los daños causados en las edificaciones y en la naturaleza a través de cómo el hombre percibe las vibraciones sísmicas (Kuroiwa 2002).

## **Geomática**

Pidal, M., Machamalo, M., & Sanz, E. (2003). La Geomática es un término científico actual que engloba las ciencias relativas a la producción, gestión y explotación de información geoespacial empleando medios automáticos o informáticos. El término, acuñado por Dubuisson, B. (1969), integra actualmente disciplinas como la Teledetección, los Sistemas de Información Geográfica, los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS). Las tecnologías relacionadas con la adquisición y gestión eficiente de la información geográfica han experimentado un rápido crecimiento en los últimos años, tanto en el mundo de la ingeniería como en muchos aspectos cotidianos de los ciudadanos.

## **Sistema de Información Geográfica.**

**IGAC. (2007).** La necesidad de almacenar, manipular, analizar y actualizar espacial y temporalmente la información geográfica generó la necesidad de crear Sistemas de Información Geográfica capaces de cumplir con los diferentes requerimientos, de manera que el usuario pueda pasar de una cartografía análoga (en papel) a una cartografía automatizada que responda a diversas inquietudes espacio-temporales. La distribución espacial es inherente tanto a los fenómenos propios de la superficie terrestre como a los fenómenos naturales o artificiales que sobre ella ocurren. Como se muestra en la **figura 5 y 6.**

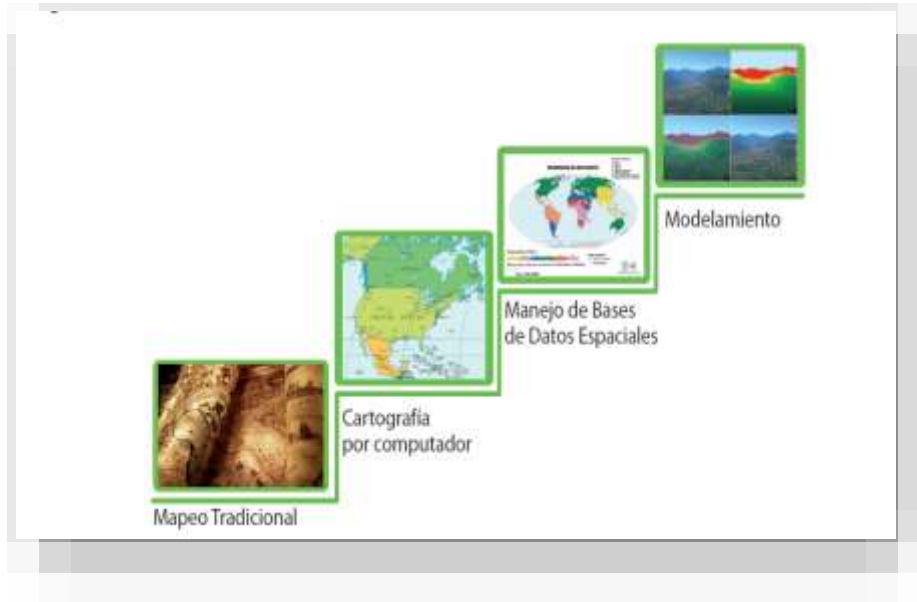


Figura 5. Evolución del sistema de información geográfica  
Fuente: IGAD,(2007)

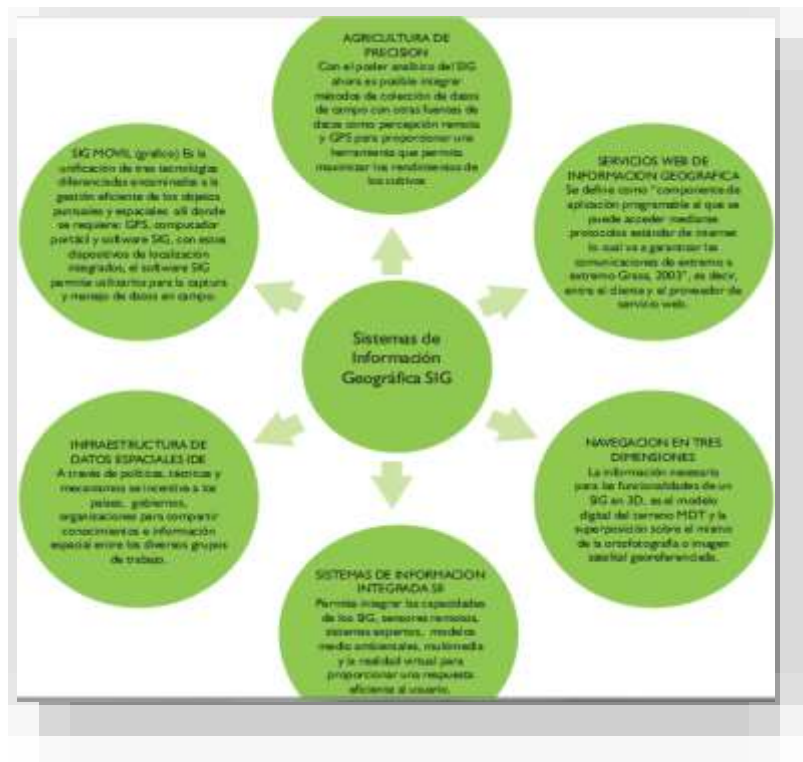


Figura 6. Interacción del SIG con los temas  
Fuente: IGAD,(2007)

## 2.2.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### 2.2.3.1 Hipótesis general

Mediante la sistematización de la información estructural de edificaciones en una plataforma Geomática posibilitará desarrollar mapas de riesgo sísmico en el distrito de Huaral.

### 2.2.3.2 Hipótesis específicas

- ❖ El elaborar el registro de las edificaciones de diferentes tipologías permitirá establecerse una base de datos.
- ❖ Al modelar y analizar las edificaciones típicas de albañilería confinada se determina su respuesta sísmica mediante el espectro de respuesta.
- ❖ Se generara el mapa de respuesta sísmica tomando en cuenta la aceleración de suelo y las características de las edificaciones.
- ❖ Al procesarse la base de datos de los registros se obtiene mapas de riesgo.

### 2.2.3.3 Variables

#### **Variables Independientes**

- Información estructural
- Aceleraciones de Suelo

#### **Variables dependientes**

- Análisis de riesgo sísmico



#### 2.2.2.4 Definición conceptual de las variables

Información estructural: Conjunto de elementos resistentes capaz de mantener sus formas y cualidades a lo largo del tiempo, bajo la acción de las cargas y agentes exteriores a que ha de estar sometido.

Aceleración del suelo: La aceleración sísmica es una medida utilizada en terremotos que consiste en una medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. Es una medida muy importante en ingeniería sísmica. Normalmente la unidad de aceleración utilizada es la intensidad del campo gravitatorio ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ). (USGS)

Análisis de riesgo sísmico: El riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como:  $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$  (Fourier d'Albe 1988, Kuroiwa 2002)

## CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1 Diseño de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación se levantara en campo la información requerida para cumplir los objetivos presentados del proyecto, Posteriormente, con la información de campo, se desarrollaran los trabajos de gabinete, procesando la información recabada y realizando las tareas de simulación, análisis y generación de mapas con la información que sirvan como base para elaboración sísmica y determinación de mapas de riesgo.

### 3.2 Población y muestra

#### 3.2.1 Población

La población de estudio está dada 128 edificaciones de albañilería confinada de tres, dos y un piso respectivamente como se muestra en la **figura 7** y la **tabla 1**.

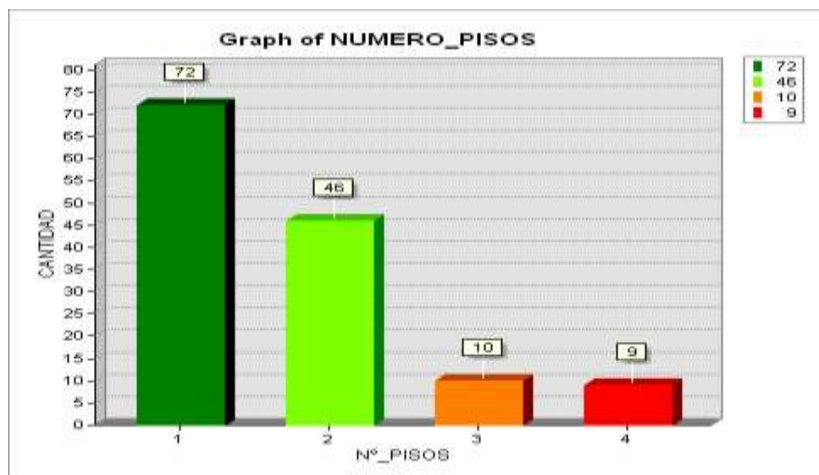


Figura 7. Cantidad de viviendas por número de pisos

Tabla 1. Cantidad de viviendas por número de pisos

| OID | Nº_PISOS | CANTIDAD |
|-----|----------|----------|
| 0   | 1        | 72       |
| 1   | 2        | 46       |
| 2   | 3        | 10       |
| 3   | 4        | 9        |

### 3.2.2 Muestra

El método de muestreo escogido es el muestreo estratificado, se usara este método debido a que analizaremos los desplazamientos laterales por un evento sísmico en las viviendas por número de pisos que estas tengan. Los estratos definidos en la población de estudio son: casas de 1 piso, casas de 2 pisos y casas de 3 pisos.

3.2.2.1 Método estratificado: Los criterios de estratificación, su número y el de estratos dependen de los objetivos concretos de cada caso, de la información disponible y de la estructura de la población; las variables utilizadas para la estratificación deberían estar correlacionadas con las variables objeto de la investigación. Estos aspectos, los límites de estratos y el caso de características múltiples han sido investigados por Dalenius (1957).

Un criterio obvio es el de formar un estrato con las unidades que por su importancia deben de figurar con certeza en la muestra. A estas unidades se las denomina auto-representadas. Por otro lado, si nos conformamos con la presencia en la muestra con certeza de alguna unidad perteneciente a un grupo, llamaremos a este “correpresentado” siguiendo a E. García España.

Por último, señalaremos que un número moderado de estratos y de criterios de estratificación puede ser suficiente para obtener una ganancia en precisión. Esta, en general, es decreciente al aumentar el número de estratos. (Azorín, F. y Sánchez J. (1986). Métodos y aplicaciones del muestreo, pág. 84)

### 3.2.2.1 Calculo de la muestra

La cantidad de información en una muestra depende del tamaño de muestra “n”, ya que  $V(\bar{y})$  decrece con el incremento de n. Examinemos un método para seleccionar el tamaño de la muestra, a fin de obtener una cantidad fija de información para estimar un parámetro poblacional. Supóngase que especificamos que la estimación promedio  $\bar{y}$  debe estar dentro de B unidades de la media poblacional, con una probabilidad aproximadamente igual a 0.95.

Para el tamaño de la muestra aproximada que se requiere para estimar  $\mu$  o  $\tau$  con un límite B para el error de estimación. (SCHEAFFER, R., Mendenhall, W. y Ott, L.(1986). Elementos de muestreo, Pag. 85-86)

$$n = \frac{\sum_{i=1}^3 \frac{N_i^2 \sigma_i^2}{w_i}}{N^2 D + \sum_{i=1}^3 N_i^2 \sigma_i^2} \quad \text{Formula (3)}$$

Dónde:

$W_i$ : es la fracción de observaciones asignadas al estrato i

$\sigma^2$ , es la varianza poblacional para el estrato i

asi:

$$D = \frac{B^2}{4}$$

n= Número de muestra

N=Número total de viviendas

$\sigma$ = Varianza

W=Fracción de la muestra

B = 15%PROM. ESTIMADO

$$\sum_{i=1}^3 \frac{N^2 \sigma^2}{w_i} = \frac{N1^2 \sigma1^2}{w1} + \frac{N2^2 \sigma2^2}{w2} + \frac{N3^2 \sigma3^2}{w3}$$

..... Formula (1)

$$\sum_{i=1}^3 Ni^2 \sigma i^2 = N1^2 \sigma1^2 + N2^2 \sigma2^2 + N3^2 \sigma3^2$$

..... Formula (2)

| Edificaciones de Albañilería Confinada |            | w    |
|--|------------|------|
| N1(1Piso)=                             | 70         | 0.55 |
| N2(2 pisos)=                           | 46         | 0.36 |
| N3(3Pisos)=                            | 12         | 0.09 |
| <b>N(Total)=</b>                       | <b>128</b> |      |

Para estimar la varianza poblacional de cada estrato se obtuvo una primera muestra de 4 casas por estrato.

|         | Distorsión de las edificaciones analizadas |         |         |         | Varianza    |
|---------|--|---------|---------|---------|-------------|
| 1 piso  | 0.00485                                    | 0.00166 | 0.00124 | 0.00255 | 2.59857E-06 |
| 2 pisos | 0.00177                                    | 0.00213 | 0.00477 | 0.00356 | 1.90103E-06 |
| 3 pisos | 0.00619                                    | 0.00358 | 0.00503 | 0.00427 | 1.25003E-06 |

| De la fórmula 1.... (1) |             |
|-------------------------|-------------|
| 1 PISO                  | 0.023283157 |
| 2 PISOS                 | 0.011193235 |
| 3 PISOS                 | 0.001920038 |
| SUMA                    | 0.036396431 |

| De la fórmula 2.... (2) |             |
|-------------------------|-------------|
| 1 PISO                  | 0.0001819   |
| 2 PISOS                 | 8.74472E-05 |
| 3 PISOS                 | 1.50003E-05 |
| SUMA                    | 0.000284347 |

Bajo un enfoque conservador se admitirá un error de estimación del 15% del promedio estimado. Para esto tomaremos el promedio de la primera muestra B=15% PROM. ESTIMADO

|                    |             |
|--------------------|-------------|
| PROMEDIO ESTIMADO= | 0.003466667 |
| B( +/- ERROR)      | 0.000520000 |
| D(Formula)         | 6.76E-08    |

|             |             |
|-------------|-------------|
| <b>N²D=</b> | 0.001107558 |
|-------------|-------------|

|           |                   |                   |        |           |                  |
|-----------|-------------------|-------------------|--------|-----------|------------------|
| <b>n=</b> | <b>26.1486362</b> | <b>26.0000000</b> | -----> | <b>14</b> | Casas de 1 PISO  |
|           |                   |                   | -----> | <b>9</b>  | Casas de 2 PISOS |
|           |                   |                   | -----> | <b>3</b>  | Casas de 3 PISOS |

### 3.3 Operacionalización de variables

#### 3.3.1 Operación de las variables e indicadores

-Variable Dependiente **tabla 2.**

Tabla 2. Operación de las variables – variable dependiente  
Fuente: Elaboración propia

| VARIABLE                   | INDICADORES           | ÍNDICES                                       | INSTRUMENTOS                | ÍTEMS |
|----------------------------|-----------------------|---|-----------------------------|-------|
| Análisis de riesgo sísmico | Intensidad            | - Tiempo de retorno<br>- Distancia epicentral | Norma E.030                 | 1-2   |
|                            | Espectro de respuesta | - Desplazamiento<br>- Periodo                 | Programa de Computo Sap2000 | 3-4   |

-Variable Independiente **tabla 3.**

Tabla 3. Operacionalización de variables - variable independiente  
Fuente: Elaboración propia.

| VARIABLE                | INDICADORES           | ÍNDICES   | INSTRUMENTOS               | ÍTEMS |
|-------------------------|-----------------------|---|----------------------------|-------|
| Información Estructural | Tipología estructural | - Número de pisos<br>- Antigüedad<br>- Tipo de material | Cuestionario               | 1-3   |
| Plataforma Geomática    | Base de datos         | - Número de pisos<br>- Antigüedad<br>- Tipo de material | Programa de computo ArcGis | 4-5   |
|                         | Microzonificación     | - Tipo de suelo   | Norma E.030                | 6-7   |

### 3.4 Técnica de recolección de datos

#### 3.4.1 Descripción de los Instrumentos

##### Plantilla para la encuesta

Para tal efecto se utiliza una ficha de evaluación de elaboración propia que consiste en la toma de datos la cual presentamos en el **Anexo 9**. La Ficha está dividida en tres áreas:

- Tipo de material de construcción
- Número de pisos de la edificación.
- Uso de la edificación

Esta información es complementada con la toma de una fotografía en cada esquina de la manzana y del lote representativo de la manzana, donde se pueda identificar a la estructura. Asimismo debido a la prohibición dada por algunos vecinos no se tomaron fotos en aquellas zonas con alta seguridad,

se utilizara la imagen satelital para mostrar en el sistema de información la ubicación y estado de la estructura.

#### 3.4.2 Validez y confiabilidad de los Instrumentos

El método de verificación usado fue mediante la comparación de los formatos llenados en campo con las fotografías digitales tomadas en el lugar además de una comparación multitemporal de las imágenes de satélite. La imagen de satélite pre y post evento, sumado al reconocimiento de campo, dan como resultado la verificación del levantamiento de información de campo.

### 3.5 Técnicas para el procedimiento y análisis de datos

Se cotejo los planos de los lotes entregados por la municipalidad de Huaral y los planos a nivel de manzanas adquiridas en el I.N.E.I para ver si los planos están Georeferenciados correctamente y de no ser el caso hacerlo manualmente hasta que se superpongan los planos.

Digitalización de datos de campo en una plataforma de sistemas de información geográfica SIG. La información recabada en campo fue ingresada en una base de datos en formato Shape, la cual fue procesada por el programa ArcGis versión 10.3 La digitalización fue desarrollada por los dos integrantes de la tesis, quienes procesaron la información de campo.

La Clasificación de datos Se realizó por características físicas de los predios levantados como: material de construcción, número de pisos, uso de las edificaciones.

#### **Georeferenciación y Compatibilización de Planos**

a) Definición del sistema de Georeferenciación Según normatividad actual, todos los planos producidos deben estar georefenciados usando la proyección del sistema de coordenadas planas UTM, teniendo como base el DATUM WGS84.



b) Compatibilización de planos provenientes de diferentes fuentes sobre la misma base cartográfica. Los planos que estuvieron en otro sistema de coordenadas fueron convertidos al sistema en mención mediante los parámetros por defecto que otorga el programa *ArcGis 10.3*.

### **Sistematización de la Información**

Para el procesamiento de la información se creó una base de datos geoespacial donde se integrarían no solo los datos cartográficos, como los límites de las manzanas, sino también los datos descriptivos de cada una de ellas. Los datos inicialmente obtenidos de la municipalidad de Huaral estaban en formato CAD donde se pueden apreciar los sectores, las manzanas y los lotes dentro los límites distritales. El formato CAD, es muy utilizado para elaborar planos pero no permite la integración de información de diferentes fuentes y formatos, como son las fotografías u otro tipo de información digital. Los datos en formato CAD se trasladaron a una base de datos geo-espacial en formato SHP donde se realizó la integración de los mapas y las bases de datos.

Para la transformación de sistemas, de CAD a SIG, se definió que el sistema de coordenadas utilizado sea la *proyección Universal Transversal de Mercator*, sobre el *Datum WGS 84*, la zona correspondiente a la Ciudad de Huaral es la 18 Sur, tal como se aprecia en la **Figura 8**. Esta proyección será utilizada para todos los distritos que se van a evaluar dentro del proyecto.

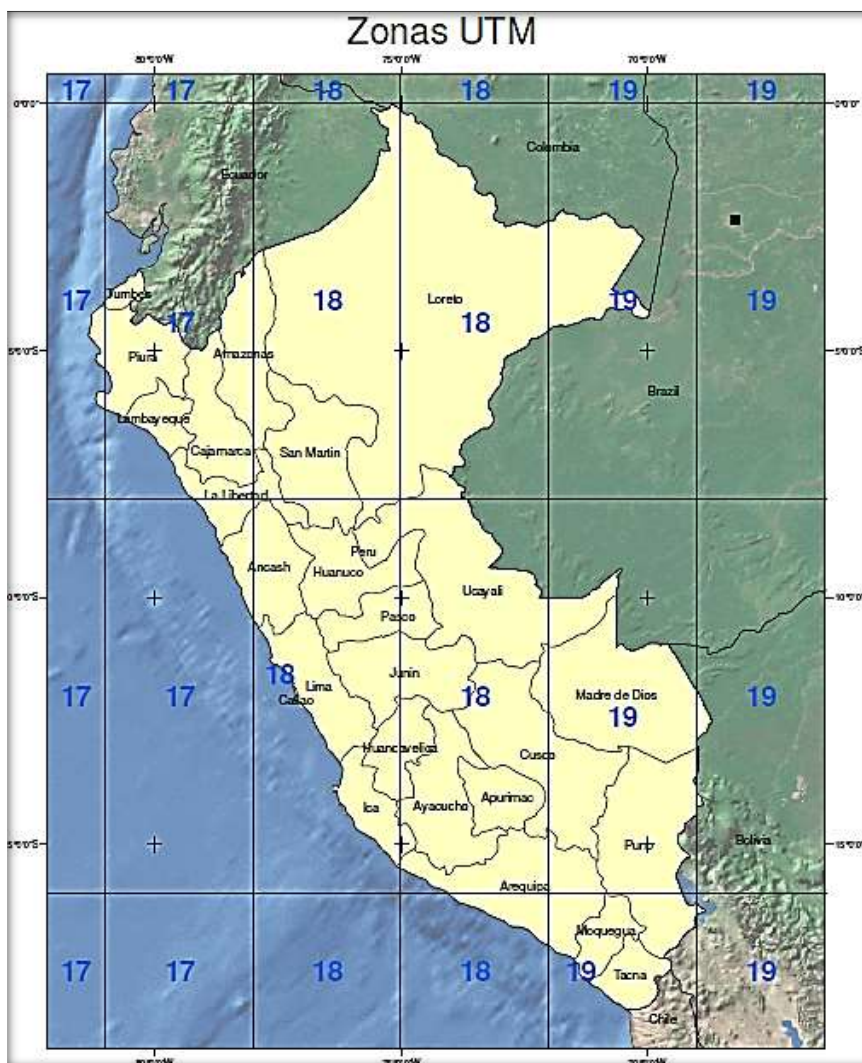


Figura 8. Zonas UTM en el territorio peruano

La evaluación de las edificaciones, si bien se realizó a nivel de lote, la presentación de los resultados es a nivel de manzana. Para realizar la evaluación y trabajo de campo se seleccionó una muestra estadística estratificada para casas de albañilería confinada de 1 piso, 2 pisos y 3 pisos.

### Ubicación de las manzanas a evaluar

Para la selección de la ubicación de las manzanas a evaluar se utilizó la base de datos comprada del I.N.E.I donde tiene identificado la cantidad de

viviendas por material de construcción, para nuestro estudio ubicaremos las manzanas que tengan mayor concentración de viviendas de albañilería confinada como se muestra en las siguientes imágenes **Figura 9**.

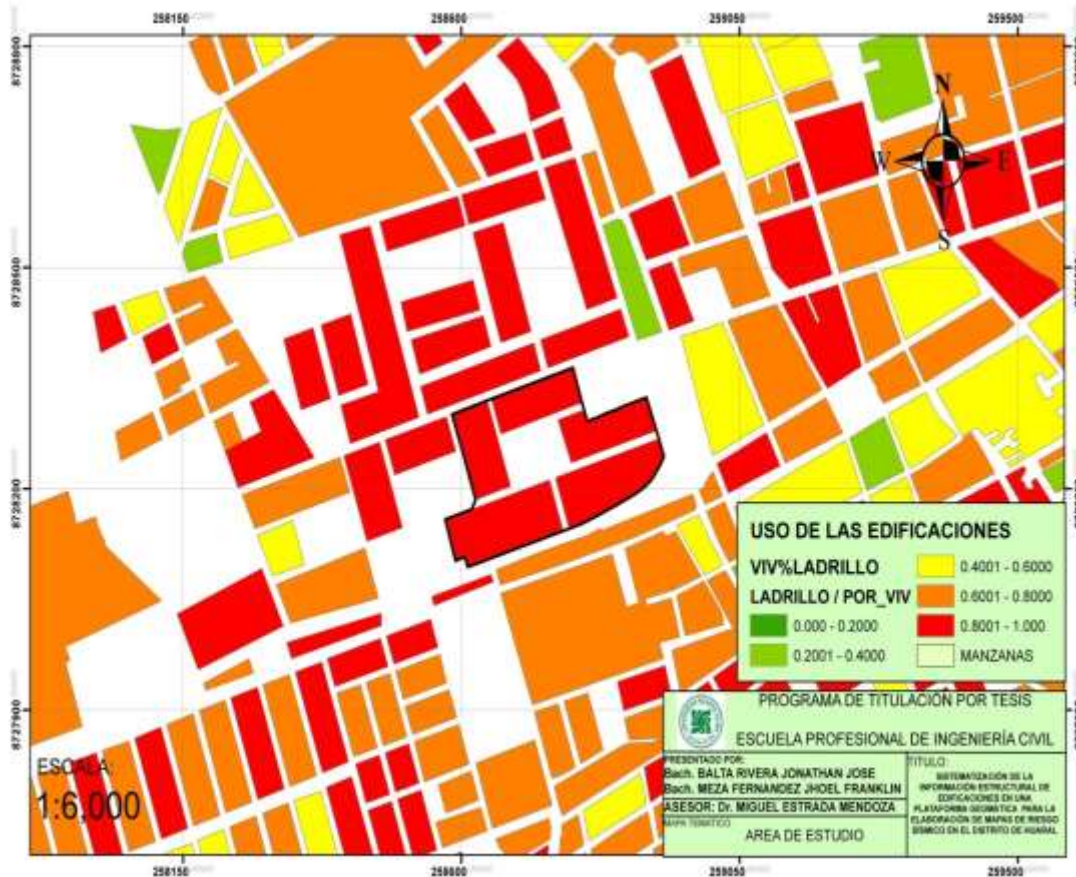


Figura 9 Área de estudio a nivel de manzanas

De un total de 20005 lotes de diferentes tipologías se reduce a 128 viviendas de albañilería confinada que se escogieron porque presenta mayor variedad de viviendas por el número de pisos y facilidad para la toma de datos como

muestra la siguiente **Figura 10**

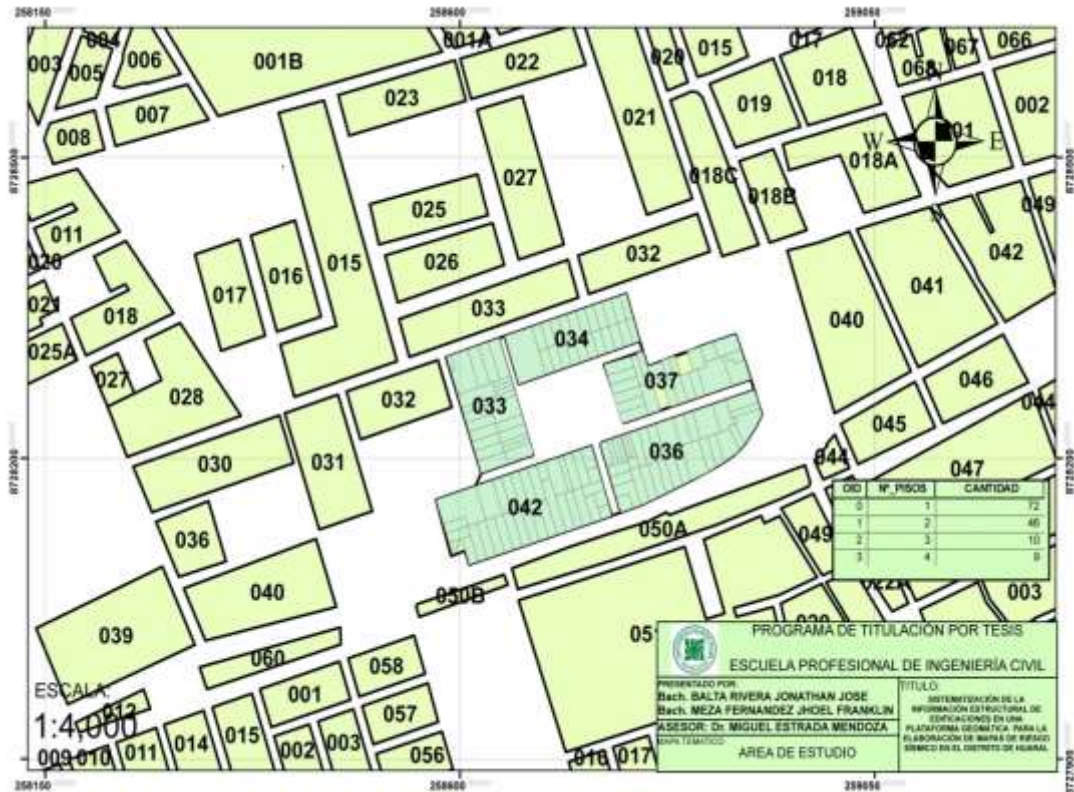


Figura 10. Área de estudio de investigación.

El área de estudio está integrado por las manzanas 033, 034, 036, 037 Y 042 que suman 128 lotes.

### Elaboración de la base de datos geo-espacial

Concluido la recolección de información del área de estudio se procede al trabajo de gabinete donde se procesó la información obtenida. En cada manzana seleccionada se levantó los datos de todos los lotes, indicándose el número de pisos, material de construcción y el uso de cada edificación. Luego esos datos fueron incorporados a una plataforma GIS. Como se muestra en la siguiente **Figura 11**

| ED_LOTES | Nº_PISOS | USO                   | SIS_CONS  |
|----------|----------|-----------------------|-----------|
| 1606     | 2        | Albañilería confinada | Comercio  |
| 1607     | 4        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1608     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1609     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1610     | 2        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1611     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1612     | 2        | Albañilería confinada | Comercio  |
| 1613     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1614     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1615     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1616     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1617     | 3        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1618     | 3        | Albañilería confinada | Educación |
| 1619     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1620     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1621     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1622     | 3        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 1623     | 3        | Albañilería confinada | Vivienda  |

Figura 11. Datos de campo insertados a una base de datos

En base a los datos ingresados a la plataforma GIS calculamos los niveles de daño mediante las siguientes ecuaciones que se obtienen del análisis sísmico dinámico para viviendas de un piso, dos pisos y tres pisos mediante el programa de computo *sap2000 v17.1.1* con parámetros que estipula la norma E.030 para diferentes aceleraciones de suelo como se muestran en las siguientes **Figuras 12,13, 14, 15, 16 y 17**

```
Archivo Edición Formato Ver Ayuda

IF [Nº_PISOS] = 1 THEN
  Vdano = 0.4878* 0.1 + 0.0000007
ELSEIF [Nº_PISOS] = 2 THEN
  Vdano = 0.6625* 0.1 - 0.0026
ELSE
  Vdano = -1.11* 0.1 * 0.1 + 2.1113* 0.1 -
0.0129
END IF

__esri_field_calculator_splitter__
Vdano
```

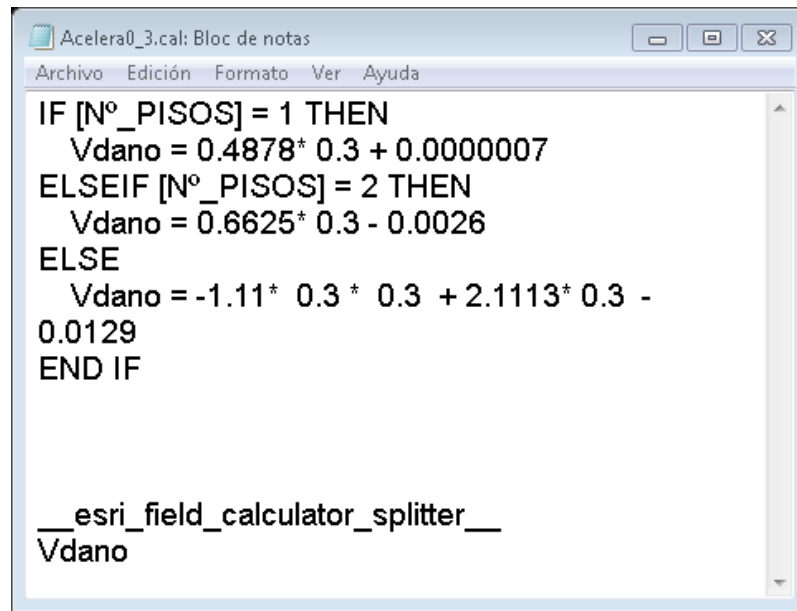
Figura 12 Daño aceleración de suelo 0.1g

```
Archivo Edición Formato Ver Ayuda

IF [Nº_PISOS] = 1 THEN
  Vdano = 0.4878* 0.2 + 0.0000007
ELSEIF [Nº_PISOS] = 2 THEN
  Vdano = 0.6625* 0.2 - 0.0026
ELSE
  Vdano = -1.11* 0.2 * 0.2 + 2.1113* 0.2 -
0.0129
END IF

__esri_field_calculator_splitter__
Vdano
```

Figura 13 Daño aceleración de suelo 0.2g

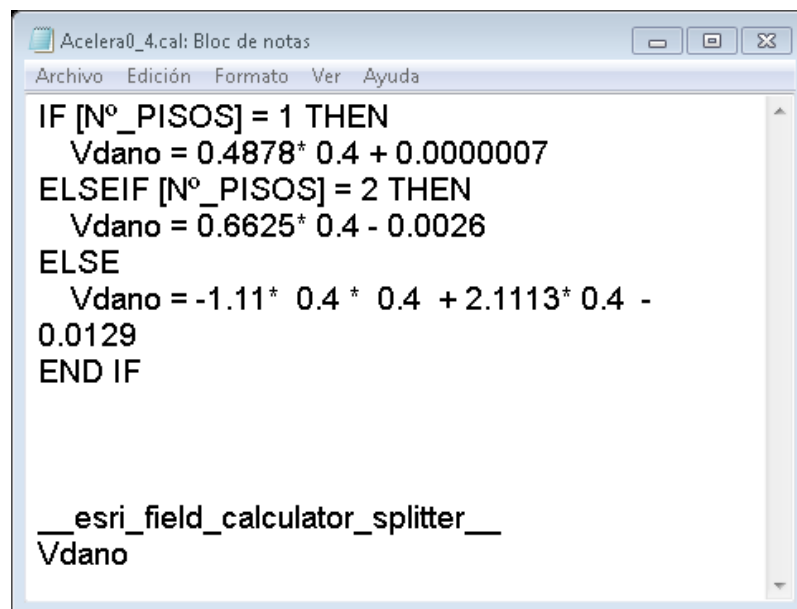


A screenshot of a calculator script window titled "Acelera0\_3.cal: Bloc de notas". The window has a menu bar with "Archivo", "Edición", "Formato", "Ver", and "Ayuda". The main text area contains the following script:

```
IF [Nº_PISOS] = 1 THEN
  Vdano = 0.4878* 0.3 + 0.0000007
ELSEIF [Nº_PISOS] = 2 THEN
  Vdano = 0.6625* 0.3 - 0.0026
ELSE
  Vdano = -1.11* 0.3 * 0.3 + 2.1113* 0.3 -
0.0129
END IF
```

Below the script, there is a text field containing the expression `__esri_field_calculator_splitter__` and a field labeled `Vdano`.

Figura 14 Daño aceleración de suelo 0.3g



A screenshot of a calculator script window titled "Acelera0\_4.cal: Bloc de notas". The window has a menu bar with "Archivo", "Edición", "Formato", "Ver", and "Ayuda". The main text area contains the following script:

```
IF [Nº_PISOS] = 1 THEN
  Vdano = 0.4878* 0.4 + 0.0000007
ELSEIF [Nº_PISOS] = 2 THEN
  Vdano = 0.6625* 0.4 - 0.0026
ELSE
  Vdano = -1.11* 0.4 * 0.4 + 2.1113* 0.4 -
0.0129
END IF
```

Below the script, there is a text field containing the expression `__esri_field_calculator_splitter__` and a field labeled `Vdano`.

Figura 15 Daño aceleración de suelo 0.4g

```

Acelera0_6.cal: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
IF [Nº_PISOS] = 1 THEN
  Vdano = 0.4878* 0.6 + 0.0000007
ELSEIF [Nº_PISOS] = 2 THEN
  Vdano = 0.6625* 0.6 - 0.0026
ELSE
  Vdano = -1.11* 0.6 * 0.6 + 2.1113* 0.6 -
0.0129
END IF

___esri_field_calculator_splitter___
Vdano

```

Figura 16 Daño aceleración de suelo 0.6g

```

Acelera0_8.cal: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
IF [Nº_PISOS] = 1 THEN
  Vdano = 0.4878* 0.8 + 0.0000007
ELSEIF [Nº_PISOS] = 2 THEN
  Vdano = 0.6625* 0.8 - 0.0026
ELSE
  Vdano = -1.11* 0.8 * 0.8 + 2.1113* 0.8 -
0.0129
END IF

___esri_field_calculator_splitter___
Vdano

```

Figura 17 Daño aceleración de suelo 0.8g



```

Acelera1_0.cal: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
IF [N°_PISOS] = 1 THEN
  Vdano = 0.4878* 1.0 + 0.0000007
ELSEIF [N°_PISOS] = 2 THEN
  Vdano = 0.6625* 1.0 - 0.0026
ELSE
  Vdano = -1.11* 1.0 * 1.0 + 2.1113* 1.0 -
0.0129
END IF

__esri_field_calculator_splitter__
Vdano

```

Figura 18 Daño aceleración de suelo 1.0g

Ecuaciones para diferentes aceleraciones de suelo para obtener los niveles de daños

Con las ecuaciones mostradas se calcula los niveles de daño para diferentes aceleraciones como se muestra en la siguiente **figura 19**.

| ED_LOTES | Nº_PISOS | USO                   | SIS_CONS  | Acelera01 | Acelera02 | Acelera03 | Acelera04 | Acelera05 | Acelera06 | Acelera07 |
|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1606     | 2        | Albañilería confinada | Comercio  | 0.06365   | 0.1299    | 0.19615   | 0.2624    | 0.3949    | 0.5274    | 0.6599    |
| 1607     | 4        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.18713   | 0.36496   | 0.52059   | 0.65402   | 0.85428   | 0.96574   | 0.9884    |
| 1608     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.048781  | 0.097561  | 0.146341  | 0.195121  | 0.292681  | 0.390241  | 0.487801  |
| 1609     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.048781  | 0.097561  | 0.146341  | 0.195121  | 0.292681  | 0.390241  | 0.487801  |
| 1610     | 2        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.06365   | 0.1299    | 0.19615   | 0.2624    | 0.3949    | 0.5274    | 0.6599    |
| 1611     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.048781  | 0.097561  | 0.146341  | 0.195121  | 0.292681  | 0.390241  | 0.487801  |
| 1612     | 2        | Albañilería confinada | Comercio  | 0.06365   | 0.1299    | 0.19615   | 0.2624    | 0.3949    | 0.5274    | 0.6599    |
| 1613     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.048781  | 0.097561  | 0.146341  | 0.195121  | 0.292681  | 0.390241  | 0.487801  |
| 1614     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.048781  | 0.097561  | 0.146341  | 0.195121  | 0.292681  | 0.390241  | 0.487801  |
| 1615     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.048781  | 0.097561  | 0.146341  | 0.195121  | 0.292681  | 0.390241  | 0.487801  |
| 1616     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.048781  | 0.097561  | 0.146341  | 0.195121  | 0.292681  | 0.390241  | 0.487801  |
| 1617     | 3        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.18713   | 0.36496   | 0.52059   | 0.65402   | 0.85428   | 0.96574   | 0.9884    |
| 1618     | 3        | Albañilería confinada | Educacion | 0.18713   | 0.36496   | 0.52059   | 0.65402   | 0.85428   | 0.96574   | 0.9884    |
| 1619     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  | 0.048781  | 0.097561  | 0.146341  | 0.195121  | 0.292681  | 0.390241  | 0.487801  |

Figura 19 Cálculo de daño para diferentes aceleraciones de suelo por número de pisos

En la plataforma SIG se genera la base de datos geo-espacial que a través de los mapas temáticos permite una rápida observación de las condiciones de daño de las edificaciones de las manzanas, no sólo desde el punto de vista descriptivo, sino también gráfico, ya que se integran a la base de datos las fotografías de las manzanas.

## **CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### 4.1 Análisis e Interpretación de los Resultados

#### Evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones

La determinación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación es el grado de susceptibilidad de daño ante la ocurrencia de un terremoto. Conociendo este grado, que generalmente es expresado como edificación en buen estado, edificación regular, edificación en mal estado y edificación colapsada, es necesario cuantificar el daño.

#### Formas de Evaluación

Su evaluación puede realizarse básicamente usando dos criterios: método determinístico y método por criterio.

#### Método Determinístico

El método determinístico se basa en un estudio detallado de la estructura. Este estudio se basa en la evaluación mediante una inspección, toma de muestra de materiales, medición de la vibración en la estructura, auscultación del cimiento, verificación de profundidad del cimiento y la modelación matemática de la estructura a través de programas especializados competentes, para producir un diagnóstico de la respuesta sísmica y encontrar si la edificación resistirá las fuerzas y desplazamientos inducidos por el terremoto.

## Método por Criterio

El método por criterio se basa o método empírico están basados, en simplificaciones dadas por la experiencia y desarrolladas por expertos con la finalidad de a través de un cuestionario y una lista de verificación de parámetros que son usados como entradas a curvas, funciones, o simuladores de la respuesta sísmica, con el fin de dar un diagnóstico de su estado luego del evento.

## Método adoptado para el análisis de la muestra en el presente estudio

En esta investigación emplearemos el método determinístico. Considerando el análisis sísmico dinámico establecido en la norma técnica de edificaciones E-030, analizaremos viviendas de albañilería confinada de diferentes pisos mediante espectros de respuesta para determinar las distorsiones para diferentes niveles de aceleraciones de suelo

Luego de obtener los las distorsiones a través de los espectros de respuesta comparamos los resultados con las tablas de daño y deterioro en muros de mampostería confinada (Ruiz – García et al. 1998).

## **Análisis Dinámico**

### **Generalidades**

### **Introducción**

La norma técnica de edificaciones E-030 diseño sismo resistente establece los requisitos mínimos para que las edificaciones tengan un adecuado comportamiento sísmico con el fin de reducir el riesgo de vida y daños materiales, y posibilitar que las edificaciones esenciales sigan funcionando durante y después del sismo. Esta norma se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de edificaciones existentes

y a la reparación de las edificaciones que resulten dañadas por la acción de los sismos.

### **Filosofía y Principios del diseño sismorresistente**

La filosofía del diseño sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdidas de vidas
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en esta Norma los siguientes principios para el diseño:

- La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.
- La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables

#### **Presentación del Proyecto**

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán llevar la firma de un ingeniero civil colegiado, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán contener como mínimo la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente

- b. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- c. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.

Para su revisión y aprobación por la autoridad competente, los proyectos de edificaciones con más de 70 m de altura deberán estar respaldados con una memoria de datos y cálculos justificativos.

El empleo de materiales, sistemas estructurales y métodos constructivos diferentes a los indicados en esta Norma, deberá ser aprobado por la autoridad competente nombrada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y debe cumplir con lo establecido en este artículo y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y durabilidad.

## PARÁMETROS DE SITIO

### **Zonificación**

El territorio nacional se considera dividido en tres zonas 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 información neotectónica.

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la **tabla 4**. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

Tabla 4. Norma E.030 Tabla N° 3 Zonificación

| <b>Tabla N°3</b>        |      |
|-------------------------|------|
| <b>FACTORES DE ZONA</b> |      |
| ZONA                    | Z    |
| 3                       | 0,4  |
| 2                       | 0,3  |
| 1                       | 0,15 |

### Condiciones geotécnicas

Debe de considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizando los valores correspondientes de  $T_p$  y  $S$  dados en la **tabla 5**.

La norma recomienda que cuando no haya ninguna información donde se ubicara la propiedad se tomen valores correspondientes  $S_3$  solo será necesario considerar un tipo de suelo tipo  $S_4$  cuando los estudios geotécnicos así lo determine.

Tabla 5. Norma E.030 Tabla N° 4 parámetros de suelo

| <b>Tabla N°4</b>            |   |           |     |
|-----------------------------|---|-----------|-----|
| <b>Parámetros del Suelo</b> |   |           |     |
| Tipo                        | Descripción                                     | $T_p$ (s) | $S$ |
| $S_1$                       | Roca o suelos muy rígidos                       | 0,4       | 1,0 |
| $S_2$                       | Suelos intermedios                              | 0,6       | 1,2 |
| $S_3$                       | Suelos flexibles o con estratos de gran espesor | 0,9       | 1,4 |
| $S_4$                       | Condiciones excepcionales                       | *         | *   |

(\*) Los valores de  $T_p$  y  $S$  para este caso serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil tipo  $S_3$ .

## Factor de Amplificación Sísmica

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right); C \leq 2.5$$

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

## Procedimiento de análisis

El análisis sísmico se desarrolla de diferentes formas, sin embargo la norma nos recomienda dos formas que son a la vez las más usadas, son el método de análisis estático y el método del análisis dinámico. Cualquier estructura puede ser diseñada usando los métodos de los análisis dinámicos solo las estructuras clasificadas como regulares y de no más de 45 m. de altura podrán analizarse mediante el método de fuerzas estáticas equivalentes.

Para nuestra investigación analizaremos viviendas de albañilería confinada de diferentes pisos, desarrollaremos el análisis sísmico dinámico por que las viviendas que examinaremos presentan irregularidad por los siguientes casos que mostraremos en las **tablas 6 y 7**.

Tabla 6. Norma E.030 Tabla N° 5 Irregularidades estructurales en altura

| <b>Tabla N° 5</b>  |
|--|
| <b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>   |
| <p><b>Irregularidades de Rigidez – Piso blando</b></p> <p>En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, es menor que 85 % de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 90 % del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores anteriores por <math>(h_i/h_d)</math> donde <math>h_d</math> es altura diferente de piso y <math>h_i</math> es la altura típica de piso.</p> |
| <p><b>Irregularidad de Masa</b></p> <p>Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa de un piso adyacente. No es aplicable en azoteas</p>   |
| <p><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b></p> <p>La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.</p>   |
| <p><b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.</b></p> <p>Desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.</p>  |



Tabla 7. Norma E.030 Tabla N° 6 Irregularidades estructurales en planta

| <b>Tabla N° 6</b>   |
|---|
| <b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>  |
| <p><b>Irregularidad Torsional</b></p> <p>Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máximo permisible indicado en la Tabla N°8 del Artículo 15 (15.1).</p> <p>En cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, en un extremo del edificio, es mayor que 1,3 veces el promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo que simultáneamente se obtiene en el extremo opuesto.</p> |
| <p><b>Esquinas Entrantes</b></p> <p>La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones, son mayores que el 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>  |
| <p><b>Discontinuidad del Diafragma</b></p> <p>Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.</p>   |

Análisis sísmico con superposición espectral (método dinámico)

El análisis dinámico de edificaciones podrá realizarse mediante procedimientos de superposición espectral o por medio de análisis tiempo – historia.

Para edificaciones convencionales podrá usarse el procedimiento de superposición espectral y para edificaciones deberá usarse un análisis de tiempo – historia.

En la investigación utilizaremos el procedimiento de superposición espectral.

### **Método de vibración**

Los periodos naturales y modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura. se recomienda de 3 modos de vibración por piso

### **Aceleración Espectral**

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

$S_a$  = Espectro de aceleraciones

$g$  = Aceleración de la gravedad

Todos los términos de la formula son constantes, excepto el coeficiente de amplificación sísmica  $C$

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales.

$$C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right); C \leq 2.5$$

$T_p$  = periodo fundamental de vibración del suelo  $T_p = 0.6$  s. para nuestro caso

$T$  = periodo fundamental de la estructura para cada dirección

Dando valores a  $T$  obtenemos el siguiente espectro de aceleraciones para los diferentes movimientos sísmicos

**Sistema estructural R** como se muestra en la siguiente **tabla 8**.

Tabla 8. Norma E.030 Tabla N° 6 sistemas estructurales

| Tabla N° 6<br>SISTEMAS ESTRUCTURALES                  |   |
|---|---|
| Sistema Estructural                                   | Coficiente de Reducción, R<br>Para estructuras regulares (*) (**) |
| <b>Acero</b>  |   |
| Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos. | 9,5   |
| Otras estructuras de acero.                           | 6,5   |
| Arriostres Excéntricos                                | 6,0   |
| Arriostres en Cruz                                    | 6,0   |
| <b>Concreto Armado</b>                                |   |
| Pórticos <sup>(1)</sup> .                             | 8   |
| Dual <sup>(2)</sup> .                                 | 7   |
| De muros estructurales <sup>(3)</sup> .               | 6   |
| Muros de ductilidad limitada <sup>(4)</sup> .         | 4   |
| Albañilería Armada o Confinada <sup>(5)</sup> .       | 3   |
| Madera (Por esfuerzos admisibles)                     | 7   |

Para nuestra investigación desarrollaremos lo que indica la norma E-030

La Norma establece que el diseño de los muros cubra todo su rango de comportamiento, desde la etapa elástica hasta su probable incursión en el rango inelástico, proveyendo suficiente ductilidad y control de la degradación de resistencia y rigidez. El diseño es por el método de resistencia, con criterios de desempeño. El diseño está orientado, en consecuencia, a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos frecuentes (sismo moderado) y a proveer la necesaria resistencia para soportar el sismo severo, conduciendo el tipo de falla y limitando la degradación de resistencia y rigidez con el propósito

de limitar el nivel de daños en los muros, de manera que éstos sean económicamente reparables mediante procedimientos sencillos. El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del “sismo severo” se fija en 1/200, para permitir que el muro sea reparable pasado el evento sísmico.

El análisis estructural de los edificios de albañilería se realizará por métodos elásticos teniendo en cuenta los efectos causados por las cargas muertas, las cargas vivas y el sismo. La carga gravitacional para cada muro podrá ser obtenida por cualquier método racional.

Para ser consecuente con el método elástico de análisis estructural, es aconsejable analizar a la edificación sometiéndola a la acción del “sismo moderado” con  $R = 6$ . No es conveniente realizar el análisis con el sismo severo porque podría obtenerse cortantes ( $V_u$ ) que superen a la resistencia al agrietamiento diagonal ( $V_m$ ) del muro, lo cual no significa que el muro haya colapsado, sino que ingresó al régimen inelástico y la diferencia  $V_u - V_m$  debe redistribuirse en el resto de muros paralelos, efecto que no contemplan los programas de cómputo usuales

La determinación del cortante basal y su distribución en elevación, se hará de acuerdo a lo indicado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

Por lo general, las edificaciones de albañilería son rígidas, por lo que sus períodos de vibración están contenidos en la zona plana del espectro sísmico, donde  $C = 2.5$ . Asimismo, este tipo de edificación no requiere ser analizada mediante métodos dinámicos, salvo que presenten las irregularidades indicadas en la Norma E.030.

## **DESPLAZAMIENTOS DE EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA**

Aunque el daño excesivo observado en estructuras de mampostería después de eventos sísmicos de diferente intensidad ha llegado a ganarle a la mampostería una mala reputación como material sismorresistente, las pruebas experimentales

llevadas a cabo en México y en algunos países de América Latina, Europa y Asia, han dejado claro que con el debido cuidado durante su diseño y detallado, las estructuras de mampostería resultan una buena alternativa para la sismoresistencia. A pesar de lo anterior, es importante mencionar que todavía hay muchos casos de relevancia para la práctica de la ingeniería estructural para los que no se cuenta con la información suficiente sobre el comportamiento de muros y sistemas estructurales de mampostería. Los resultados experimentales varían notablemente en función de la forma en que se aplican las cargas (cuasi-estáticas o dinámicas) a los especímenes de mampostería. Bajo estas circunstancias, el tipo de prueba experimental se vuelve un factor determinante en la calidad de la información con que se cuenta. A pesar de que se obtiene una mejor idea de la respuesta de las estructuras de mampostería a partir de pruebas dinámicas, la mayor parte de la información disponible a la fecha ha sido derivada de pruebas cuasi-estáticas. Dado lo anterior, los requerimientos de diseño incluidos actualmente en los códigos de diseño para estructuras de mampostería han sido calibrados a partir de pruebas cuasi-estáticas. El lector puede profundizar su conocimiento del comportamiento de la mampostería en los trabajos publicados por Alcocer (1997), Miranda (1999) y Zúñiga (2005).

**Figura 20**

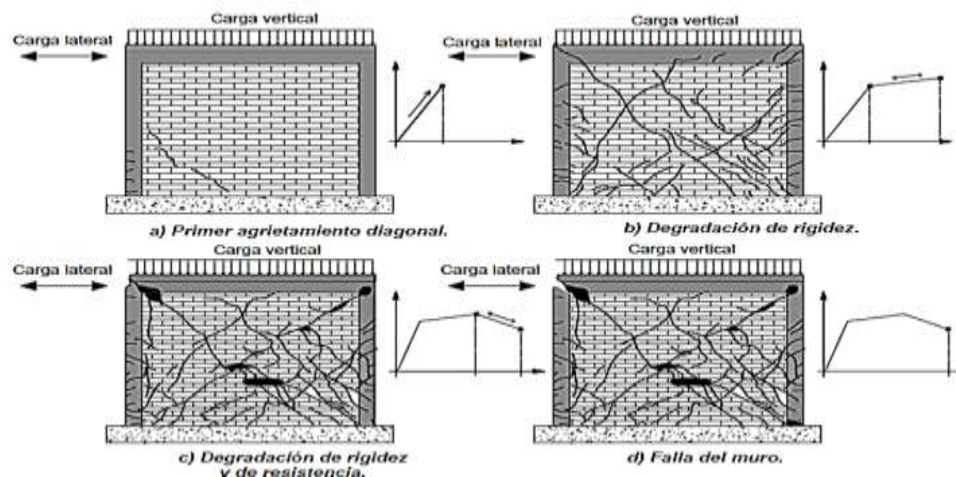


Figura 20. Evolución del daño estructural en muros de mampostería confinada

Fuente: Revista de Ingeniería Sísmica 2008 (79)

Para nuestro análisis modelaremos y analizaremos las viviendas de albañilería confinada de 1,2 y 3 pisos con el programa de computo *Sap2000 V17.2.1 Computers and Structures* con lo cual obtendremos los desplazamiento máximos de los puntos en diferentes niveles, para hallar las distorsiones máximas que serán comparadas con la tabla de daño y deterioro en muros de mampostería confinada (Ruiz - García et. 1998) **Tabla 9, 10 y 11.**

Tabla 9. Daño y deterioro en muros de mampostería (Ruiz - Garcia)

Fuente: Revista de Ingeniería Sísmica 2008 (79)

| Estado de daño Observado  | Distorsión (%) | grado de daño           |
|---|----------------|-------------------------|
| Fisuras horizontales por flexión. Fisuras verticales por flexión cercanas al paño de los castillos.                               | 0.04           | Ligero (I)              |
| Primer agrietamiento por tensión diagonal de la mampostería   | 0.13           | Moderado (II y III)     |
| Inicio de la de la penetración del fisuramiento inclinado en los extremos de los castillos  | 0.2            | Fuerte (IV)             |
| Agrietamiento en forma se "X" en todos los paneles de mampostería   | 0.23           | Fuerte (IV)             |
| Aplastamiento del concreto, agrietamiento horizontal distribuido en la altura de los castillos                                    | 0.32           | Fuerte (V)              |
| Concentración de grietas diagonales en los extremos de los castillos, desconchamiento del recubrimiento del concreto              | 0.42           | Grave (V)               |
| Concentración del daño en los extremos interiores de los castillos, plegamientos del refuerzo longitudinal (Deformaciones en "S") | 0.5            | Grave (no se clasifica) |

Tabla de daño y deterioro en muros de mampostería confinada (Ruiz - García )

Tabla 10 Estados límites para muros de mampostería confinada (Astroza y Schmidt, 2004)

Fuente: Revista de Ingeniería Sísmica 2008 (79)

**Estados límites para muros de mampostería confinada ( Astroza y Schmidt, 2004)**

| Estado Límite.                   | Distorsión (%) |
|----------------------------------|----------------|
| Estado límite de servicio        | 0.05           |
| Estado límite operacional        | 0.1            |
| Estado límite de daño controlado | 0.17           |
| Estado límite de resistencia     | 0.22           |
| Estado límite último             | 0.44           |

Tabla 11. Distorsiones en muros de mampostería confinada (Ruiz - García et. 1998), transformados a Daño %

Fuente: Revista de Ingeniería Sísmica 2008 (79)

| Estado de daño Observado  | Distorsión (%) | Daño (%) |
|---|----------------|----------|
| Fisuras horizontales por flexión.<br>Fisuras verticales por flexión<br>cercanas al paño de los castillos.                                 | 0.04           | 0.08     |
| Primer agrietamiento por tensión<br>diagonal de la mampostería  | 0.13           | 0.26     |
| Inicio de la de la penetración del<br>fisuramiento inclinado en los<br>extremos de los castillos  | 0.2            | 0.4      |
| Agrietamiento en forma se "X" en<br>todos los paneles de mampostería  | 0.23           | 0.46     |
| Aplastamiento del concreto,<br>agrietamiento horizontal distribuido<br>en la altura de los castillos                                      | 0.32           | 0.64     |
| Concentración de grietas diagonales<br>en los extremos de los castillos,<br>desconchamiento del recubrimiento<br>del concreto             | 0.42           | 0.84     |
| Concentración del daño en los<br>extremos interiores de los castillos,<br>pegamientos del refuerzo<br>longitudinal (Deformaciones en "S") | 0.5            | 1        |

## 4.2 Resultados de la Investigación

Espectro empleado para el análisis dinámico para una aceleración de suelo de 0.4g como se muestra en la **figura 21**.

### ESPECTRO DE ACELERACION PARA EL DISTRITO DE HUARAL

|                      |                             |                             |          |      |            |      |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|------|------------|------|
| <b>Acel. Suelo</b>   | Z3: 0.4                     | Factor de Zona              | <b>Z</b> | 0.4  | <b>S/c</b> | 0%   |
| <b>Categoría</b>     | C: Comunes                  | Factor de uso e importancia | <b>U</b> | 1    | <b>Tp</b>  | 0.6  |
| <b>Tipo de Suelo</b> | S2: Intermedio              | Tipo de suelo               | <b>S</b> | 1.2  | <b>T</b>   | 0.05 |
| <b>Sismo ¿?</b>      | severo:                     |                             | <b>C</b> | 2.50 | <b>Ct</b>  | 60   |
| <b>Regularidad</b>   | l: Irregular                |                             | <b>R</b> | 3    | <b>Ri</b>  | 0.75 |
| <b>Elementos</b>     | 3: Albañilería y sólo muros |                             |          |      |            |      |
| <b>Altura Hm</b>     | 3                           |                             |          |      |            |      |
| <b>g (gravedad)</b>  | 9.81                        | m/s <sup>2</sup>            |          |      |            |      |

|                 |          |
|-----------------|----------|
| <b>Sismo ¿?</b> | <b>R</b> |
| Leve:           | 7        |
| Moderado:       | 6        |
| severo:         | 3        |

$$Sa = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * g$$

$$Sa = \left| \frac{0.8000}{T} \right| * g$$

severo:

| T   | C    | Sa/g   | Sa   |
|-----|------|--------|------|
| 0   | 2.50 | 8.0000 | 5.23 |
| 0.1 | 2.50 | 8.0000 | 5.23 |
| 0.2 | 2.50 | 4.0000 | 5.23 |
| 0.3 | 2.50 | 2.6667 | 5.23 |
| 0.4 | 2.50 | 2.0000 | 5.23 |
| 0.5 | 2.50 | 1.6000 | 5.23 |
| 0.6 | 2.50 | 1.3333 | 5.23 |
| 0.7 | 2.14 | 1.1429 | 4.48 |
| 0.8 | 1.88 | 1.0000 | 3.92 |
| 0.9 | 1.67 | 0.8889 | 3.49 |
| 1   | 1.50 | 0.8000 | 3.14 |
| 1.2 | 1.25 | 0.6667 | 2.62 |
| 1.5 | 1.00 | 0.5333 | 2.09 |
| 1.7 | 0.88 | 0.4706 | 1.85 |
| 2   | 0.75 | 0.4000 | 1.57 |
| 2.5 | 0.60 | 0.3200 | 1.26 |
| 3   | 0.50 | 0.2667 | 1.05 |
| 3.5 | 0.43 | 0.2286 | 0.90 |
| 4   | 0.38 | 0.2000 | 0.78 |
| 5   | 0.30 | 0.1600 | 0.63 |
| 8   | 0.19 | 0.1000 | 0.39 |
| 11  | 0.14 | 0.0727 | 0.29 |
| 15  | 0.10 | 0.0533 | 0.21 |

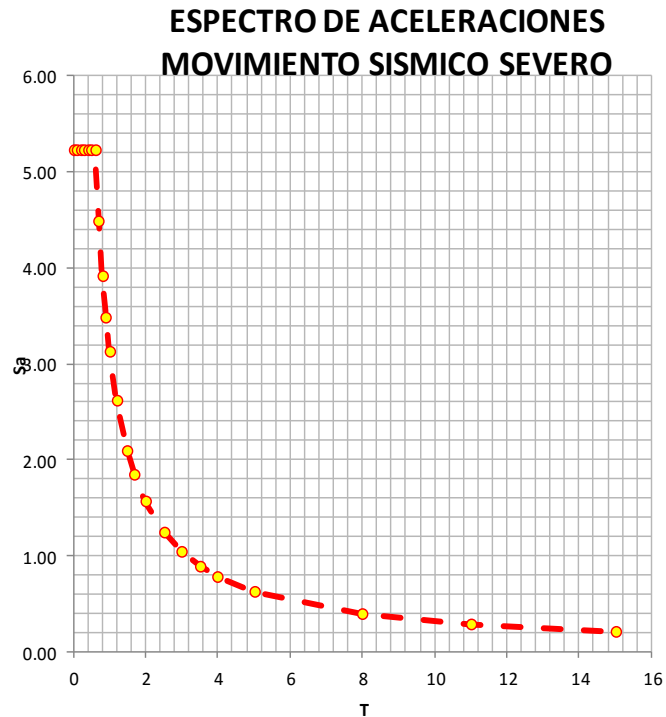


Figura 21. Espectro para una aceleración de suelo 0.4g



## Modelamiento y análisis de viviendas de albañilería confinada de 1 piso

Modelo 1. En la **figura 22** y **tabla 12** se muestra el modelo analizado y los resultados obtenidos para diferentes aceleraciones de suelo.

### DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO ANÁLISIS DINÁMICO SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X

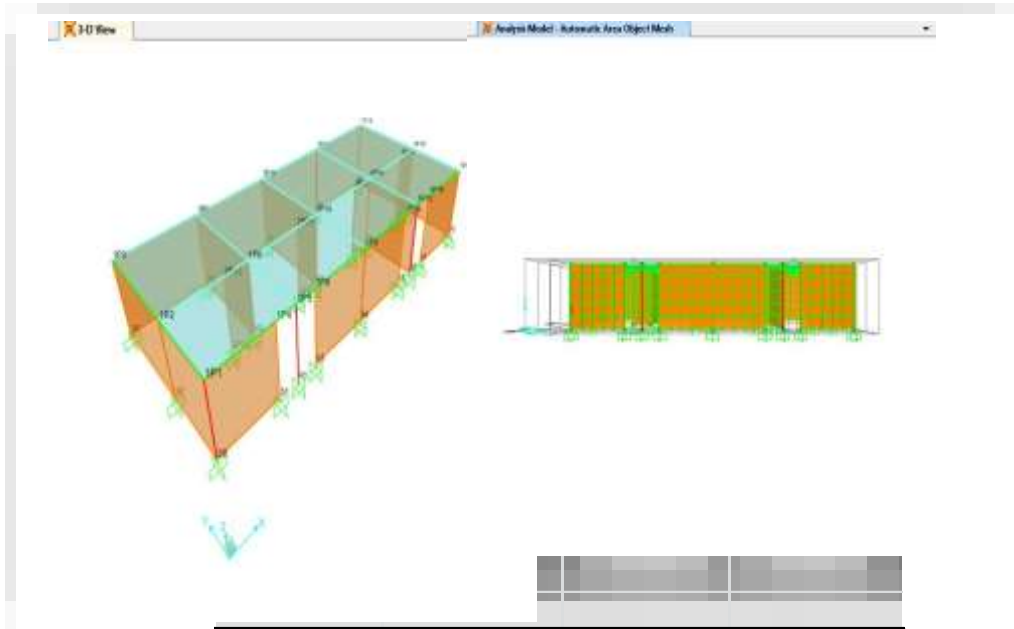


Figura 22. Modelo 01 vivienda de un piso

Tabla 12 Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 01

| g   | DESP. CAL (mm) | DAÑO. CAL % | DAÑO. TEÓRICO % |
|-----|----------------|-------------|-----------------|
| 0.0 | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000          |
| 0.1 | 0.0010         | 0.1996      | 0.1996          |
| 0.2 | 0.0020         | 0.3993      | 0.3993          |
| 0.3 | 0.0030         | 0.5989      | 0.5989          |
| 0.4 | 0.0040         | 0.7985      | 0.7985          |
| 0.6 | 0.0060         | 1.1978      | 1.0000          |
| 0.8 | 0.0080         | 1.5972      | 1.0000          |
| 1.0 | 0.0100         | 1.9963      | 1.0000          |
|     | 0.0050         | 1.0000      | 1.0000          |

**Modelo 2** – En la **figura 23** y **tabla 13** se muestra el modelo analizado y los resultados obtenidos para diferentes aceleraciones de suelo.

**DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO  
ANÁLISIS DINÁMICO  
SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X**

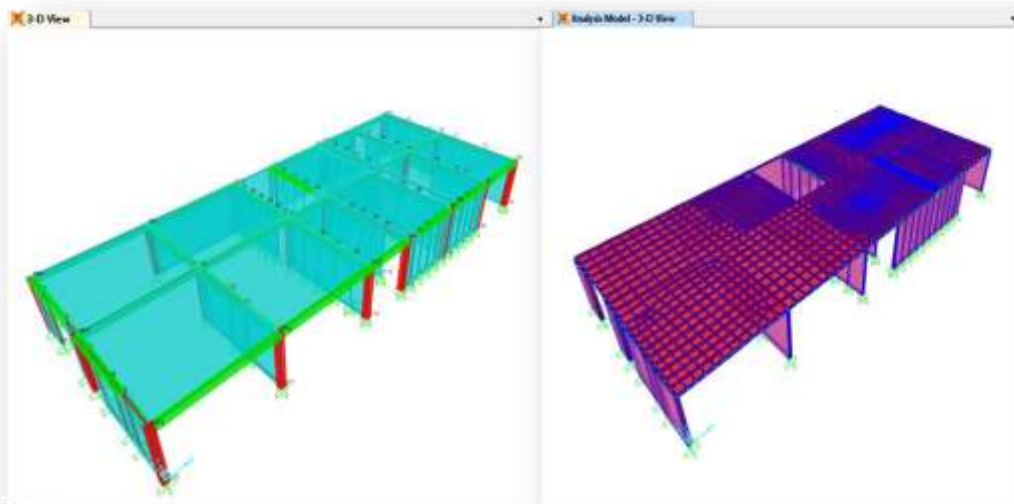


Figura 23. Modelo 02 vivienda de un piso

Tabla 13. Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 02

| <b>g</b>   | <b>DESP. CAL<br/>(mm)</b> | <b>DAÑO. CAL<br/>%</b> | <b>DAÑO. TEÓRICA<br/>%</b> |
|------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|
| <b>0.0</b> | 0.0000                    | 0.0000                 | 0.0000                     |
| <b>0.1</b> | 0.0003                    | 0.0686                 | 0.0686                     |
| <b>0.2</b> | 0.0007                    | 0.1371                 | 0.1371                     |
| <b>0.3</b> | 0.0010                    | 0.2057                 | 0.2057                     |
| <b>0.4</b> | 0.0014                    | 0.2742                 | 0.2742                     |
| <b>0.6</b> | 0.0021                    | 0.4113                 | 0.4113                     |
| <b>0.8</b> | 0.0027                    | 0.5485                 | 0.5485                     |
| <b>1.0</b> | 0.0034                    | 0.6856                 | 0.6856                     |
|            | 0.0050                    | 1.0000                 | 1.0000                     |

**Modelo 3** - En la **figura 24** y **tabla 14** se muestra el modelo analizado y los resultados obtenidos para diferentes aceleraciones de suelo.

**DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO  
ANÁLISIS DINÁMICO  
SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X**

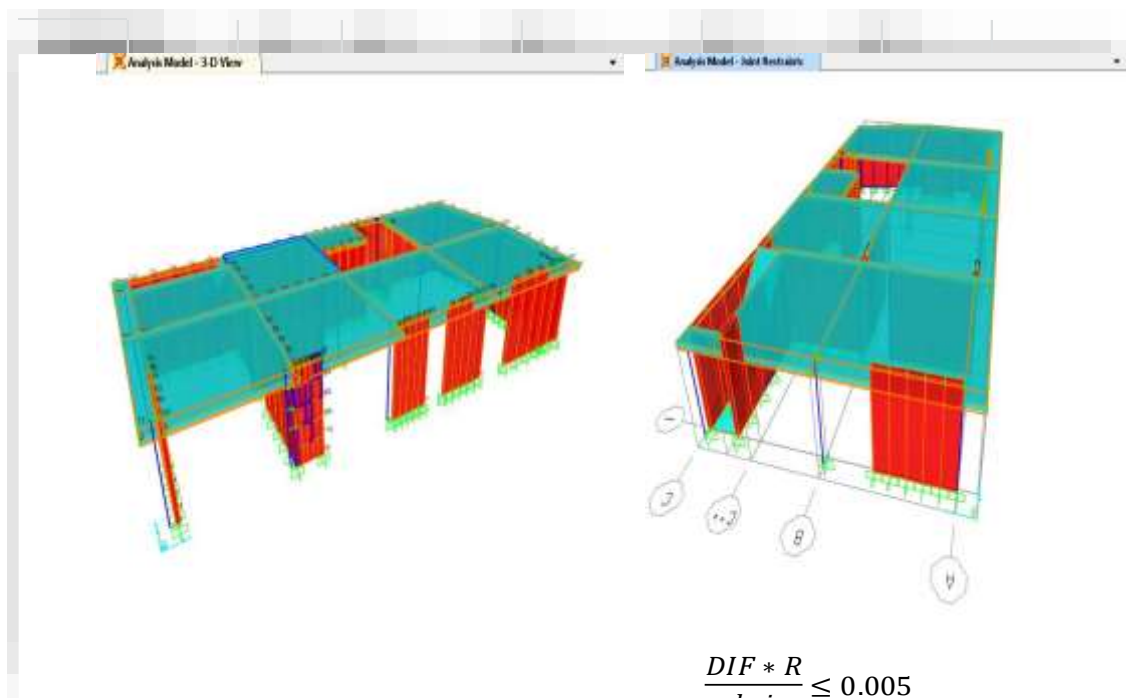


Figura 24. Modelo 03 viviendas de un piso

Tabla 14. Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 03

| g          | DESP. CAL (mm) | DAÑO. CAL % | DAÑO. TEÓRICO % |
|------------|----------------|-------------|-----------------|
| <b>0.0</b> | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000          |
| <b>0.1</b> | 0.0001         | 0.0290      | 0.0290          |
| <b>0.2</b> | 0.0003         | 0.0580      | 0.0580          |
| <b>0.3</b> | 0.0004         | 0.0870      | 0.0870          |
| <b>0.4</b> | 0.0006         | 0.1160      | 0.1160          |
| <b>0.6</b> | 0.0009         | 0.1740      | 0.1740          |
| <b>0.8</b> | 0.0012         | 0.2320      | 0.2320          |
| <b>1.0</b> | 0.0014         | 0.2900      | 0.2900          |
|            | 0.0050         | 1.0000      | 1.0000          |

Se muestra en la **tabla 15** y la **figura 25** la Curva de daño para vivienda de albañilería confinada de un piso

Tabla 15. Porcentaje de daño promedio para viviendas de un piso

| g   | PROMEDIO<br>DESP. CAL (mm) | PROMEDIO DIST.<br>CAL % | PROMEDIO<br>DAÑO. TEÓRICO<br>% |
|-----|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 0.0 | 0.0000                     | 0.0000                  | 0.0000                         |
| 0.1 | 0.0002                     | 0.0488                  | 0.0488                         |
| 0.2 | 0.0005                     | 0.0976                  | 0.0976                         |
| 0.3 | 0.0007                     | 0.1463                  | 0.1463                         |
| 0.4 | 0.0010                     | 0.1951                  | 0.1951                         |
| 0.6 | 0.0015                     | 0.2927                  | 0.2927                         |
| 0.8 | 0.0020                     | 0.3902                  | 0.3902                         |
| 1.0 | 0.0024                     | 0.4878                  | 0.4878                         |
|     | 0.0050                     | 1.0000                  | 1.0000                         |

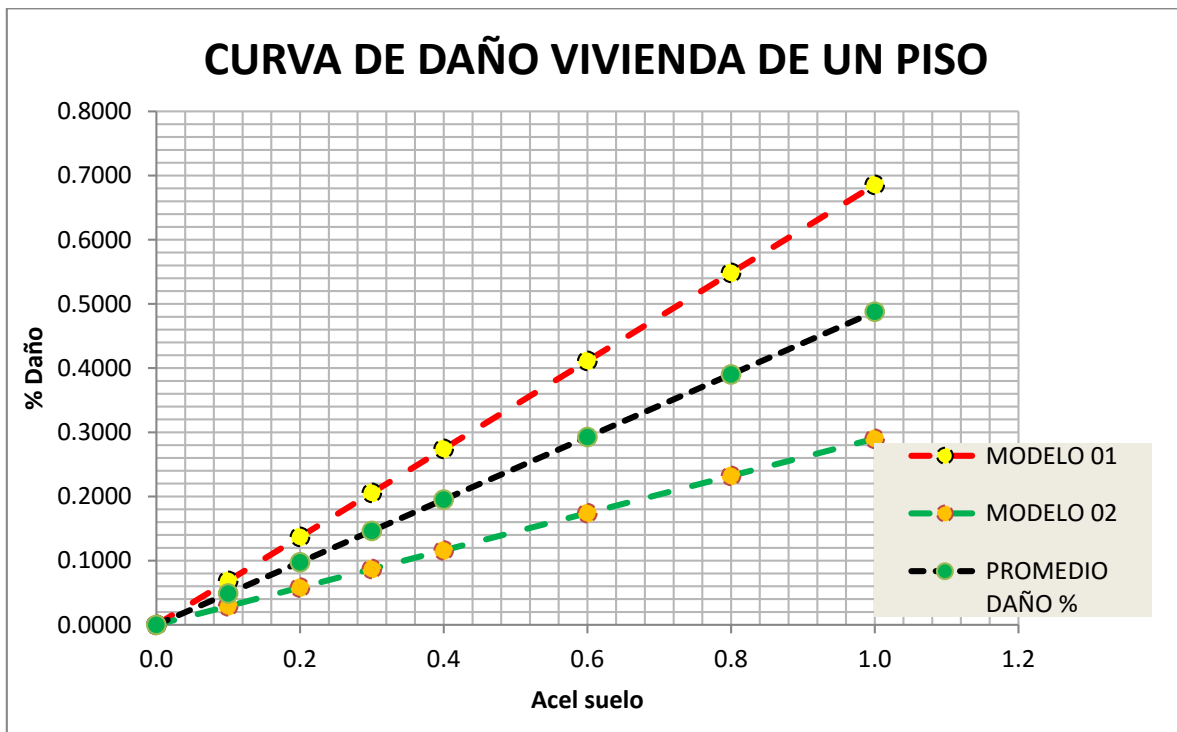


Figura 25. Curvas de Daños para viviendas de albañilería de un piso

## Modelamiento y análisis de viviendas de albañilería confinada de 2 pisos

**Modelo 1** - En la **figura 26** y **tabla 16** se muestra el modelo analizado y los resultados obtenidos para diferentes aceleraciones de suelo en viviendas de dos pisos.

### DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO ANÁLISIS DINÁMICO SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X

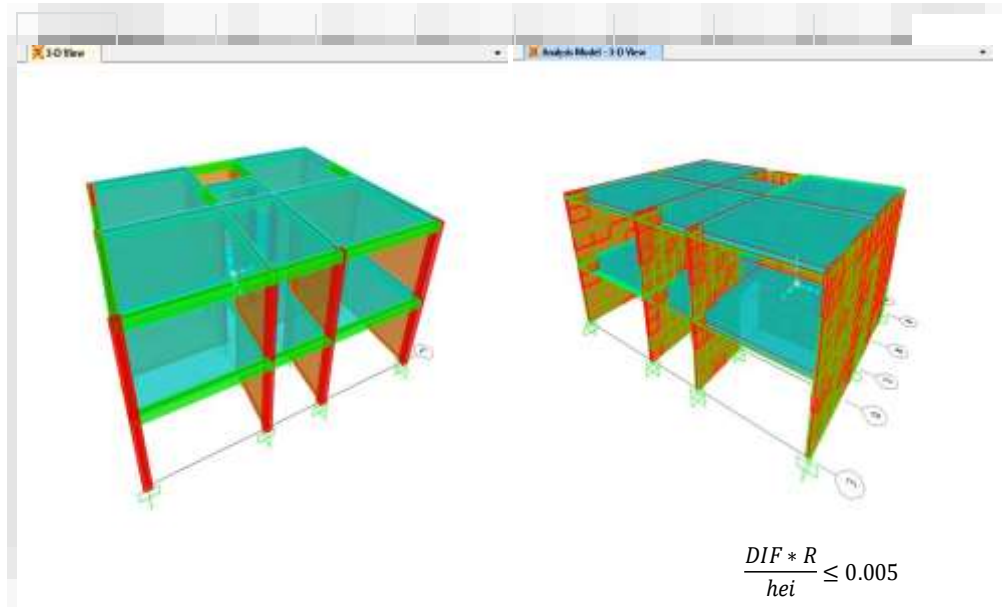


Figura 26 Modelo 01 vivienda de dos pisos

Tabla 16 Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 01

| g   | DESP. CAL (mm) | DAÑO. CAL % | DAÑO. TEÓRICO % |
|-----|----------------|-------------|-----------------|
| 0.0 | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000          |
| 0.1 | 0.0004         | 0.0729      | 0.0729          |
| 0.2 | 0.0007         | 0.1457      | 0.1457          |
| 0.3 | 0.0011         | 0.2186      | 0.2186          |
| 0.4 | 0.0015         | 0.2914      | 0.2914          |
| 0.6 | 0.0022         | 0.4371      | 0.4371          |
| 0.8 | 0.0029         | 0.5828      | 0.5828          |
| 1.0 | 0.0036         | 0.7285      | 0.7285          |
|     | 0.0050         | 1.0000      | 1.0000          |

**Modelo 2** - En la **figura 27** y **tabla 17** se muestra el modelo analizado y los resultados obtenidos para diferentes aceleraciones de suelo en viviendas de dos pisos.

**DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO**  
**ANÁLISIS DINÁMICO**  
**SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X**

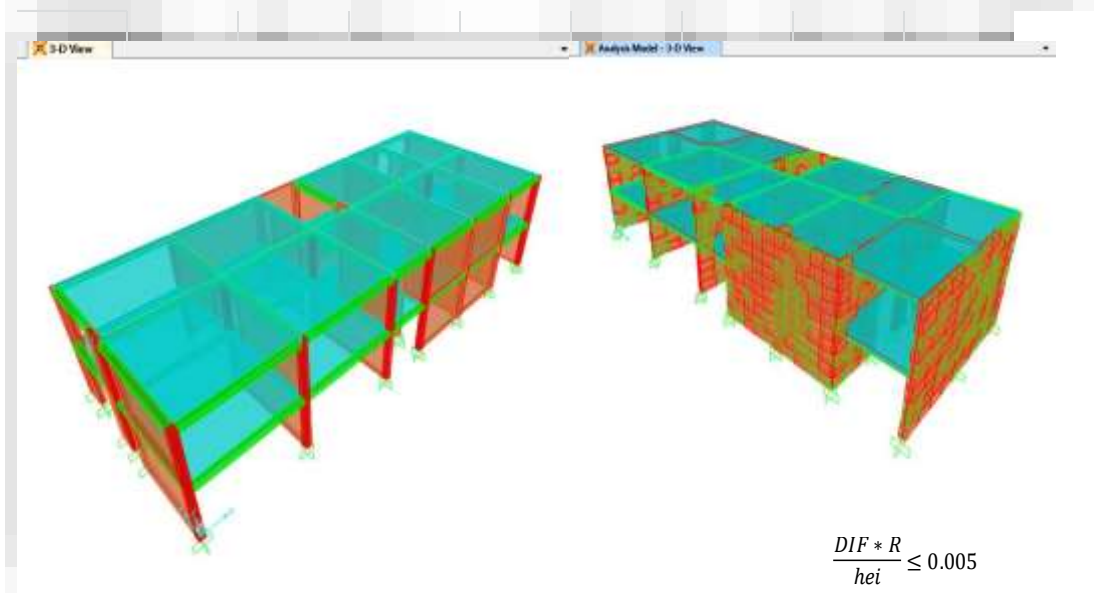


Figura 27. Modelo 02 vivienda de dos pisos

Tabla 17 Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 02

| g          | DESP. CAL (mm) | DAÑO. CAL % | DAÑO. TEORIO % |
|------------|----------------|-------------|----------------|
| <b>0.0</b> | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000         |
| <b>0.1</b> | 0.0004         | 0.0875      | 0.0875         |
| <b>0.2</b> | 0.0009         | 0.1750      | 0.1750         |
| <b>0.3</b> | 0.0013         | 0.2625      | 0.2625         |
| <b>0.4</b> | 0.0018         | 0.3500      | 0.3500         |
| <b>0.6</b> | 0.0026         | 0.5250      | 0.5250         |
| <b>0.8</b> | 0.0035         | 0.7001      | 0.7001         |
| <b>1.0</b> | 0.0044         | 0.8750      | 0.8750         |
|            | 0.0050         | 1.0000      | 1.0000         |

**Modelo 3** - En la **figura 28** y **tabla 18** se muestra el modelo analizado y los resultados obtenidos para diferentes aceleraciones de suelo en viviendas de dos pisos.

**DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO**  
**ANÁLISIS DINÁMICO**  
**SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X**

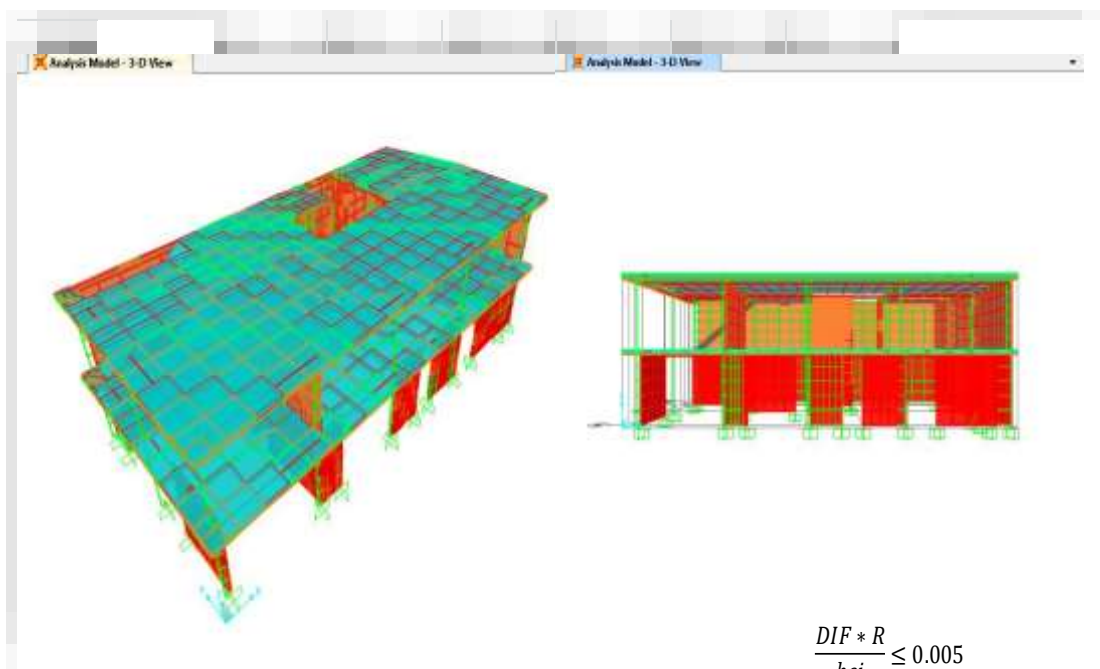


Figura 28. Modelo 03 viviendas de dos pisos

Tabla 18. Desplazamiento y daño vivienda de un piso modelo 03

| g          | DESP. CAL (mm) | DAÑO. CAL % | DAÑO. TEÓRICA % |
|------------|----------------|-------------|-----------------|
| <b>0.0</b> | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000          |
| <b>0.1</b> | 0.0010         | 0.1964      | 0.1964          |
| <b>0.2</b> | 0.0020         | 0.3928      | 0.3928          |
| <b>0.3</b> | 0.0029         | 0.5892      | 0.5892          |
| <b>0.4</b> | 0.0039         | 0.7855      | 0.7855          |
| <b>0.6</b> | 0.0059         | 1.1784      | 1.0000          |
| <b>0.8</b> | 0.0079         | 1.5712      | 1.0000          |
| <b>1.0</b> | 0.0098         | 1.9639      | 1.0000          |
|            | 0.0050         | 1.0000      | 1.0000          |

Se muestra en la **tabla 19** y la **figura 29** la Curva de daño para vivienda de albañilería confinada de dos pisos.

Tabla 19 Porcentaje de daño promedio para viviendas de dos pisos

| $g$ | PROMEDIO DESP. CAL (mm) | PROMEDIO DAÑO. CAL % | PROMEDIO DAÑO. % |
|-----|-------------------------|----------------------|------------------|
| 0.0 | 0.0000                  | 0.0000               | 0.0000           |
| 0.1 | 0.0006                  | 0.1189               | 0.1189           |
| 0.2 | 0.0012                  | 0.2379               | 0.2379           |
| 0.3 | 0.0018                  | 0.3568               | 0.3568           |
| 0.4 | 0.0024                  | 0.4756               | 0.4756           |
| 0.6 | 0.0036                  | 0.7135               | 0.6541           |
| 0.8 | 0.0048                  | 0.9514               | 0.7610           |
| 1.0 | 0.0059                  | 1.1891               | 0.8679           |
|     | 0.0050                  | 1.0000               | 1.0000           |

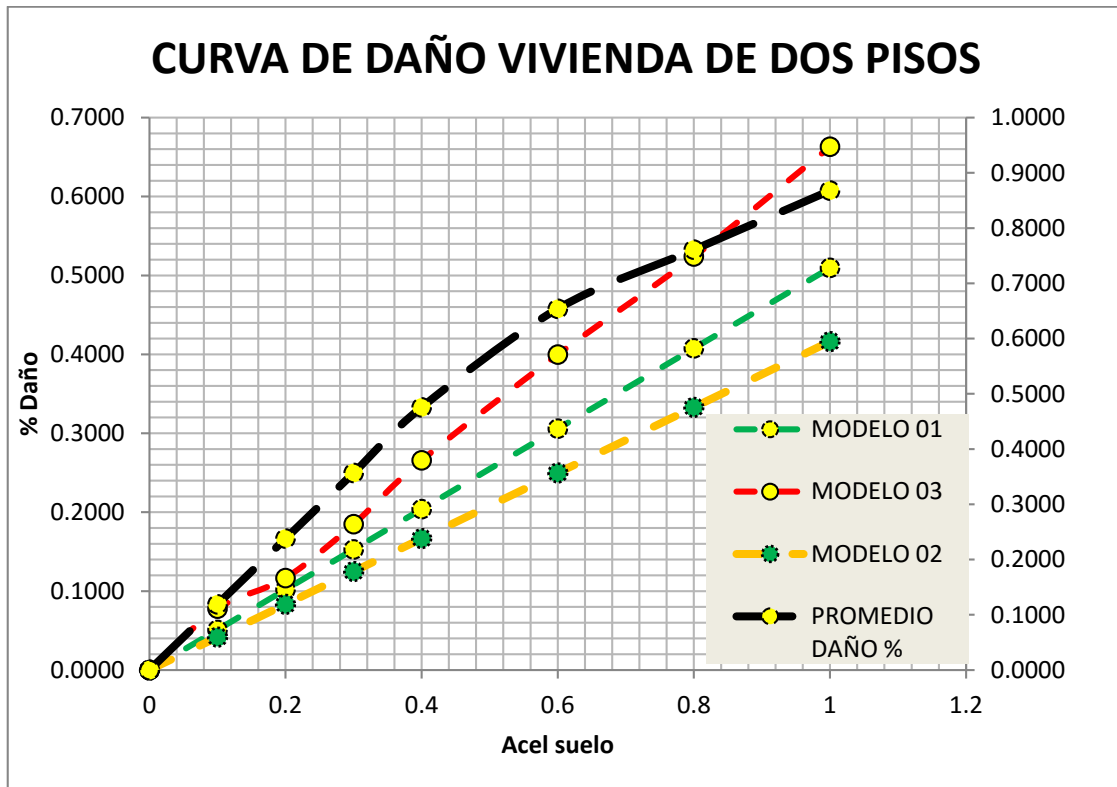


Figura 29. Curvas de Daños para viviendas de albañilería de dos pisos



## Modelamiento y análisis de viviendas de albañilería confinada de 3 pisos

**Modelo 1** - En la **figura 30** y **tabla 20** se muestra el modelo analizado y los resultados obtenidos para diferentes aceleraciones de suelo en viviendas de tres pisos.

### DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO ANÁLISIS DINÁMICO SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X

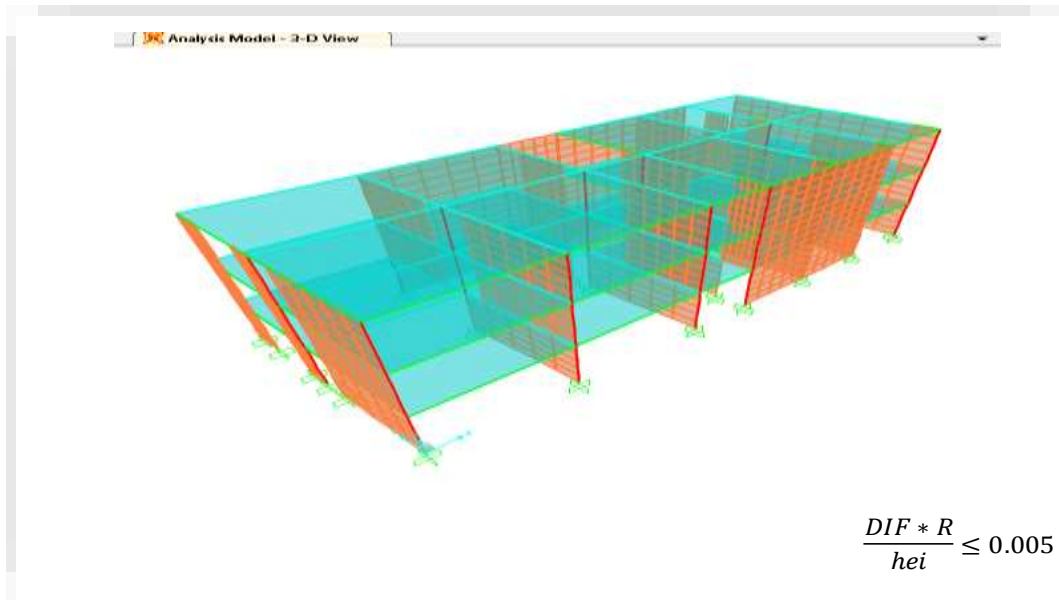


Figura 30. Modelo 01 vivienda de tres pisos

Tabla 20. Desplazamiento y daño vivienda de tres pisos modelo 01

| g          | DESP. CAL (mm) | DAÑO. CAL % | DAÑO. TEÓRICO % |
|------------|----------------|-------------|-----------------|
| <b>0.0</b> | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000          |
| <b>0.1</b> | 0.0013         | 0.2548      | 0.2548          |
| <b>0.2</b> | 0.0025         | 0.5096      | 0.5096          |
| <b>0.3</b> | 0.0038         | 0.7643      | 0.7643          |
| <b>0.4</b> | 0.0051         | 1.0189      | 1.0000          |
| <b>0.6</b> | 0.0076         | 1.5285      | 1.0000          |
| <b>0.8</b> | 0.0102         | 2.0381      | 1.0000          |
| <b>1.0</b> | 0.0127         | 2.5475      | 1.0000          |
|            | 0.00500        | 1.0000      | 1.0000          |

**Modelo 2** - En la **figura 31** y **tabla 21** se muestra el modelo analizado y los resultados obtenidos para diferentes aceleraciones de suelo en viviendas de tres pisos.

**DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO  
ANÁLISIS DINÁMICO  
SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X**

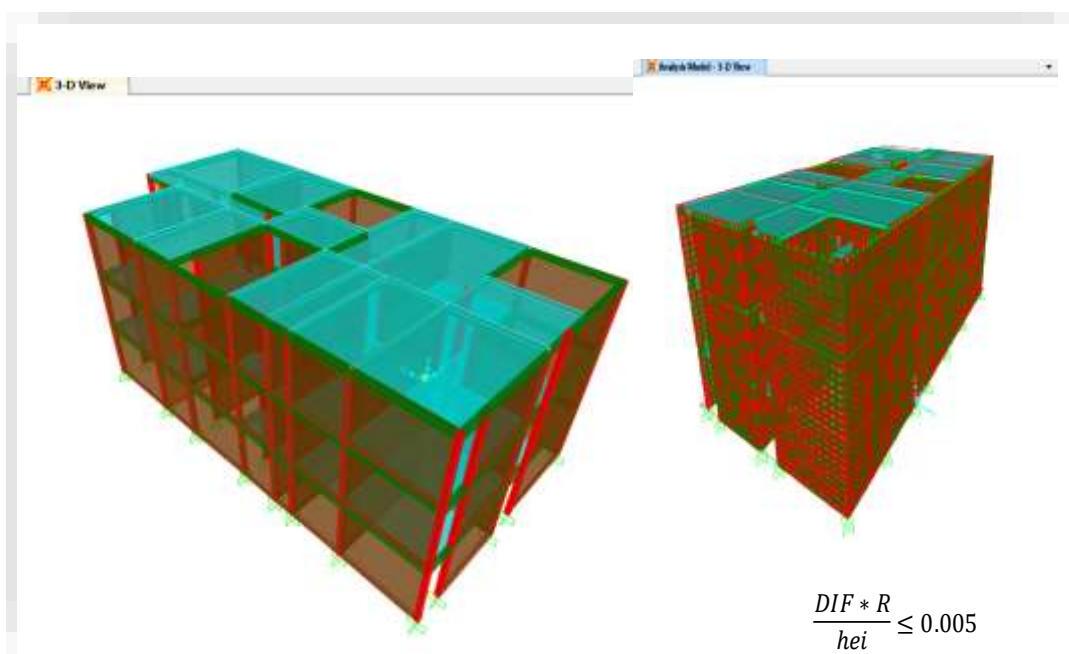


Figura 31. Modelo 02 vivienda de tres pisos

Tabla 21. Desplazamiento y daño vivienda de tres pisos modelo 02

| g          | DESP. CAL (mm) | DAÑO. CAL % | DAÑO. TEÓRICO % |
|------------|----------------|-------------|-----------------|
| <b>0.0</b> | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000          |
| <b>0.1</b> | 0.0007         | 0.1474      | 0.1474          |
| <b>0.2</b> | 0.0015         | 0.2949      | 0.2949          |
| <b>0.3</b> | 0.0022         | 0.4423      | 0.4423          |
| <b>0.4</b> | 0.0029         | 0.5897      | 0.5897          |
| <b>0.6</b> | 0.0044         | 0.8846      | 0.8846          |
| <b>0.8</b> | 0.0059         | 1.1795      | 1.0000          |
| <b>1.0</b> | 0.0074         | 1.4743      | 1.0000          |
|            | 0.00500        | 1.0000      | 1.0000          |

**Modelo 3** - En la **figura 32** y **tabla 22** se muestra el modelo analizado y los resultados obtenidos para diferentes aceleraciones de suelo en viviendas de tres pisos.

**DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO**  
**ANÁLISIS DINÁMICO**  
**SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X**

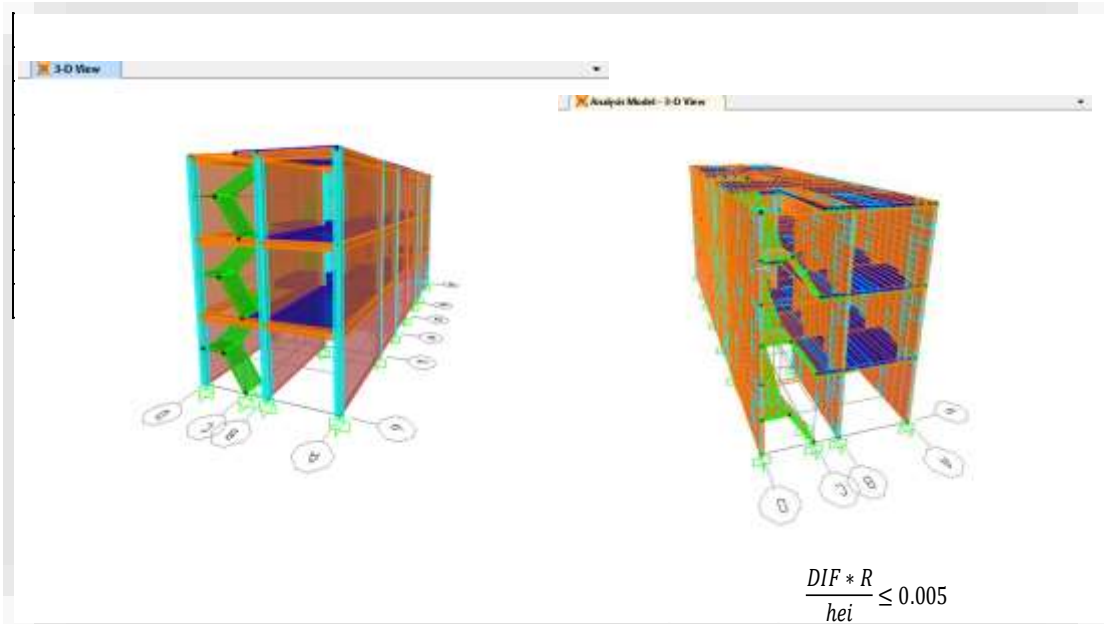


Figura 32. Modelo 03 viviendas de tres pisos

Tabla 22. Desplazamiento y daño vivienda de tres pisos modelo 03

| g          | DESP. CAL (mm) | DAÑO. CAL % | DAÑO. TEÓRICO % |
|------------|----------------|-------------|-----------------|
| <b>0.0</b> | 0.0000         | 0.0000      | 0.0000          |
| <b>0.1</b> | 0.0007         | 0.1420      | 0.1420          |
| <b>0.2</b> | 0.0021         | 0.4186      | 0.4186          |
| <b>0.3</b> | 0.0031         | 0.6279      | 0.6279          |
| <b>0.4</b> | 0.0042         | 0.8372      | 0.8372          |
| <b>0.6</b> | 0.0063         | 1.2558      | 1.0000          |
| <b>0.8</b> | 0.0084         | 1.6744      | 1.0000          |
| <b>1.0</b> | 0.0105         | 2.0930      | 1.0000          |
|            | 0.00500        | 1.0000      | 1.0000          |

Se muestra en la **tabla 23** y la **figura 33** la Curva de daño para vivienda de albañilería confinada de tres pisos.

Tabla 23. Porcentaje de daño promedio para viviendas de tres pisos

| g   | PROMEDIO DESP. CAL (mm) | PROMEDIO DIST. CAL % | PROMEDIO DAÑO. TEÓRICA % |
|-----|-------------------------|----------------------|--------------------------|
| 0.0 | 0.0000                  | 0.0000               | 0.0000                   |
| 0.1 | 0.0009                  | 0.1814               | 0.1814                   |
| 0.2 | 0.0020                  | 0.4077               | 0.4077                   |
| 0.3 | 0.0031                  | 0.6115               | 0.6115                   |
| 0.4 | 0.0041                  | 0.8153               | 0.8090                   |
| 0.6 | 0.0061                  | 1.2230               | 0.9615                   |
| 0.8 | 0.0082                  | 1.6306               | 1.0000                   |
| 1.0 | 0.0102                  | 2.0382               | 1.0000                   |
|     | 0.0050                  | 1.0000               | 1.0000                   |

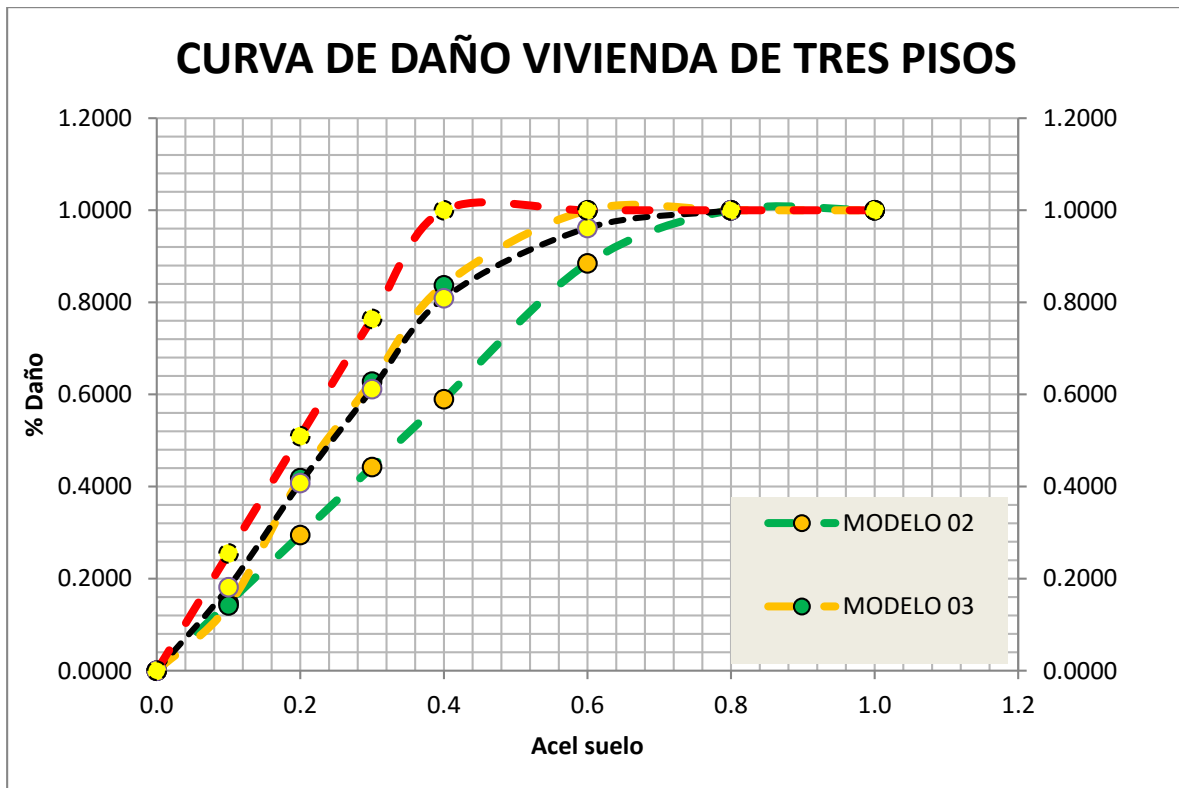


Figura 33. Curvas de daños para viviendas de albañilería confinada de tres pisos

En la **tabla 24** y la **figura 34** se muestra la tabla de resumen de daño y el grafico de daño con sus respectivas ecuaciones para viviendas de un, dos y tres pisos respectivamente en viviendas de albañilería confinada.

Tabla 24. Resumen de tablas de daño para viviendas de albañilería confinada

| ALBAÑILERÍA CONFINADA |        |         |         |
|-----------------------|--------|---------|---------|
| g                     | 1 PISO | 2 PISOS | 3 PISOS |
| 0                     | 0.0000 | 0.0000  | 0.0000  |
| 0.1                   | 0.0488 | 0.1189  | 0.1814  |
| 0.2                   | 0.0976 | 0.2379  | 0.4077  |
| 0.3                   | 0.1463 | 0.3568  | 0.6115  |
| 0.4                   | 0.1951 | 0.4756  | 0.8090  |
| 0.6                   | 0.2927 | 0.6541  | 0.9615  |
| 0.8                   | 0.3902 | 0.7610  | 1.0000  |
| 1                     | 0.4878 | 0.8679  | 1.0000  |
|                       | 1.0000 | 1.0000  | 1.0000  |

Curvas de daño para edificaciones de albañilería confinada de la ciudad de Huaral

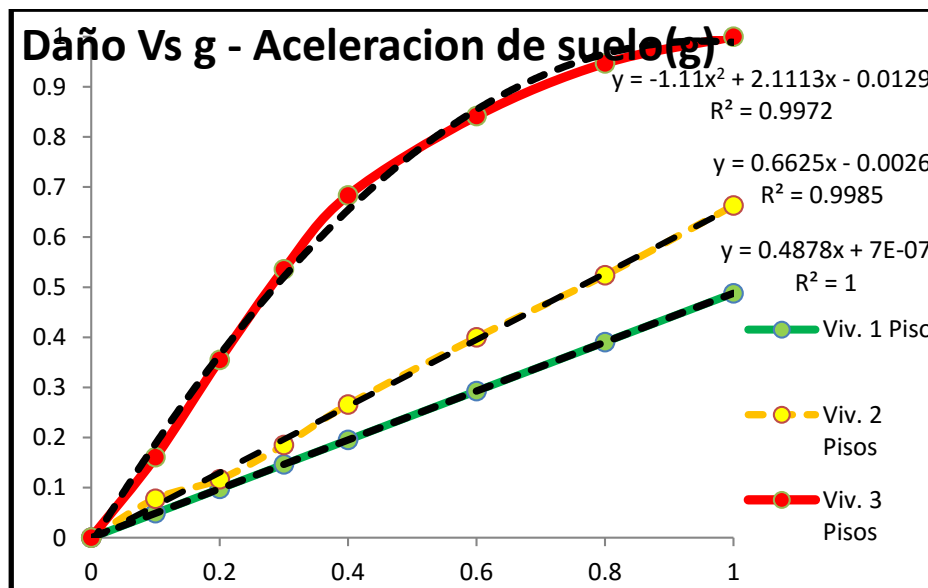


Figura 34. Curvas de daño para viviendas de albañilería confinada

## Mapas temáticos

Se muestra en la **figuras 35** un mapa temático de daño y en la **figura 36** el porcentaje de daño por número de viviendas para una aceleración de suelo de 0.1g

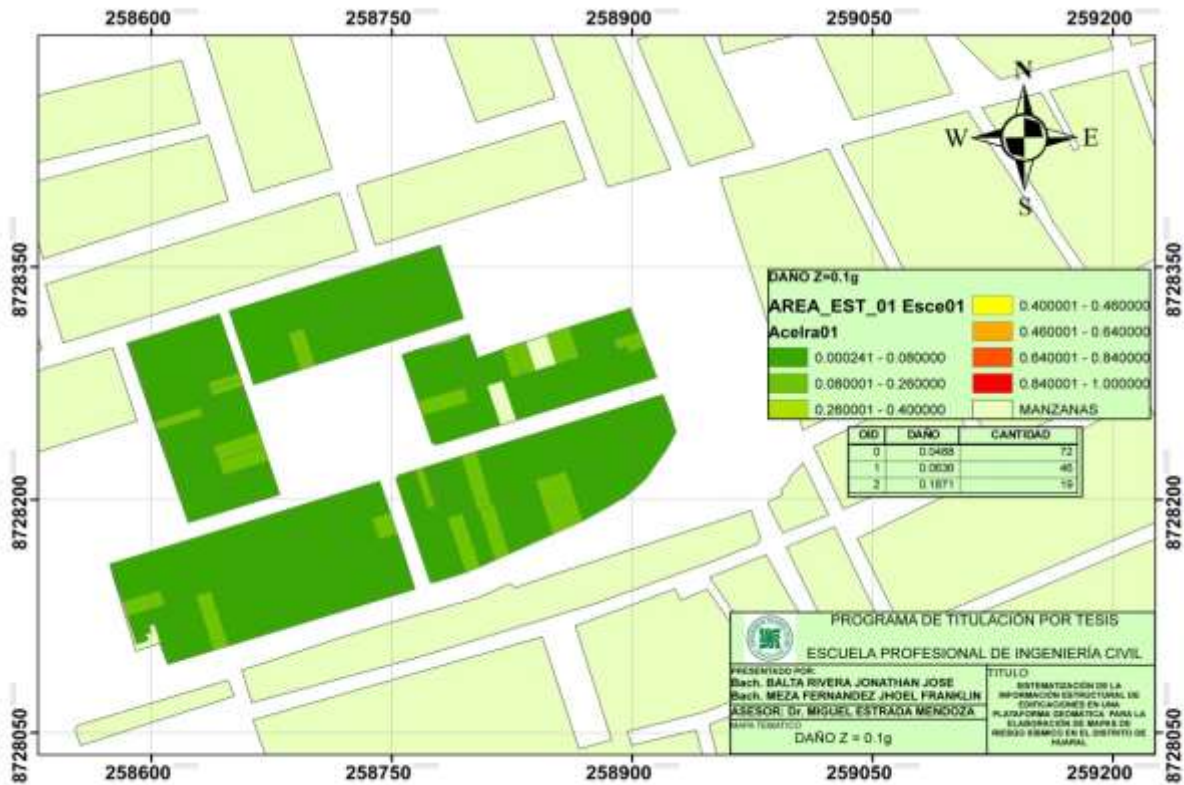


Figura 35. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.1g



Figura 36. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.1g

Se muestra en la **figuras 37** un mapa temático de daño y en la **figura 38** el porcentaje de daño por número de viviendas para una aceleración de suelo de 0.2g

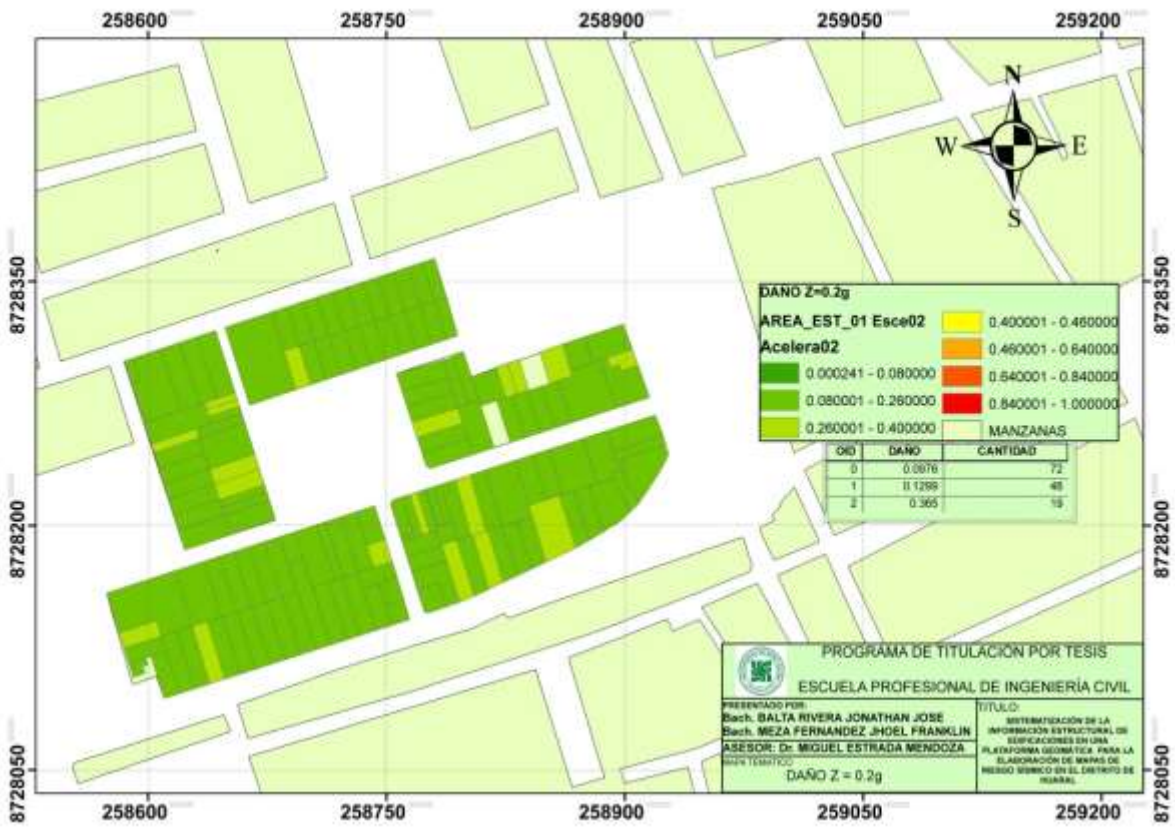


Figura 37. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.2g



Figura 38. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.2g

Se muestra en la **figuras 39** un mapa temático de daño y en la **figura 40** el porcentaje de daño por número de viviendas para una aceleración de suelo de 0.3g

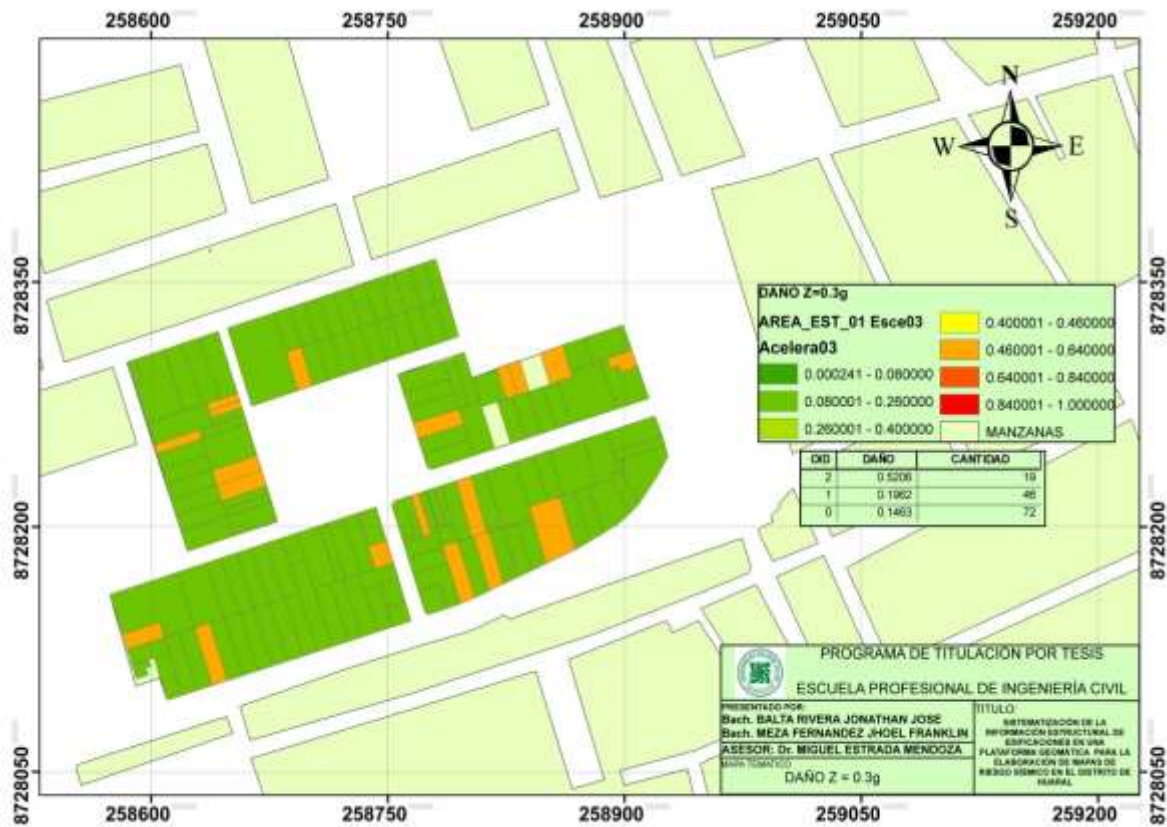


Figura 39. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.3g

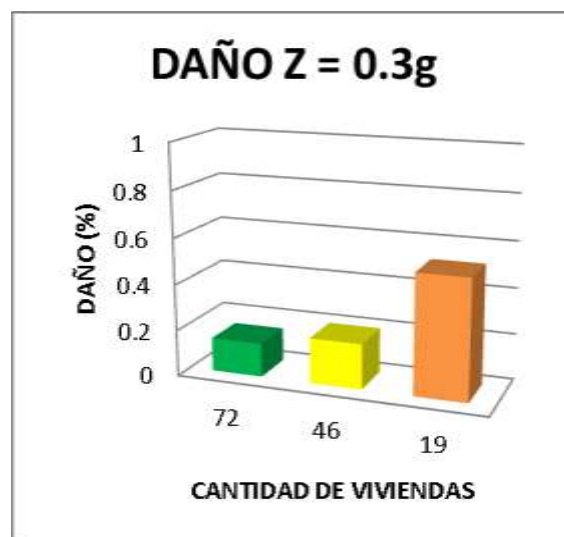


Figura 40. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.3g.



Se muestra en la **figuras 41** un mapa temático de daño y en la **figura 42** el porcentaje de daño por número de viviendas para una aceleración de suelo de 0.4g

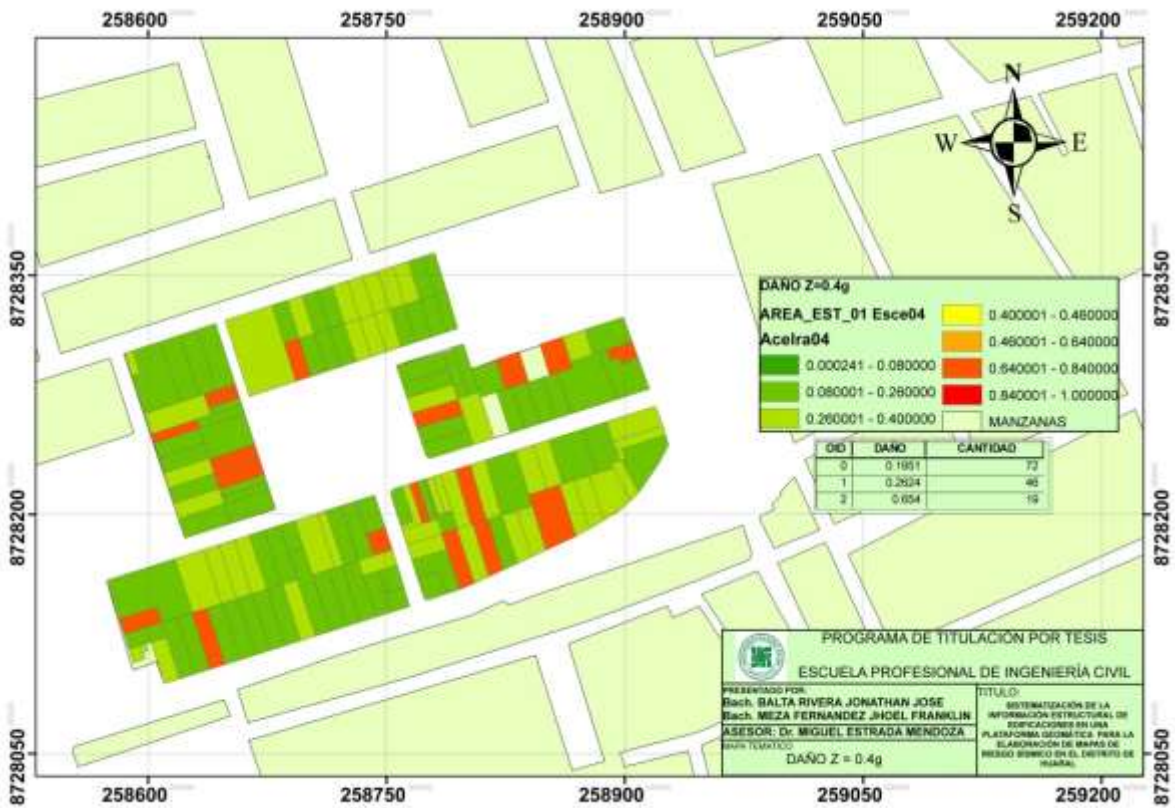


Figura 41. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.4g

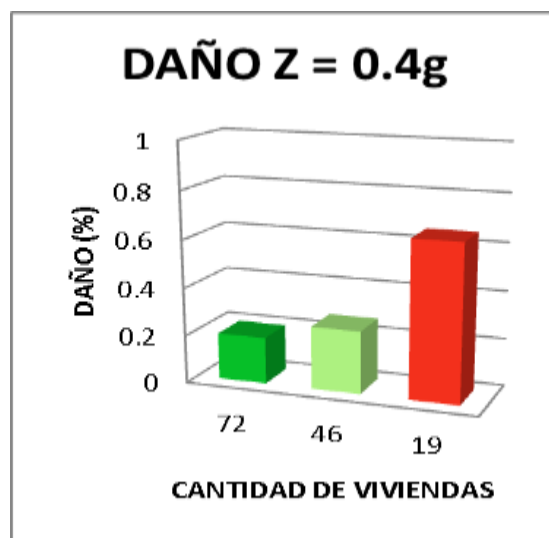


Figura 42. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.4g

Se muestra en la **figuras 43** un mapa temático de daño y en la **figura 44** el porcentaje de daño por número de viviendas para una aceleración de suelo de 0.6g

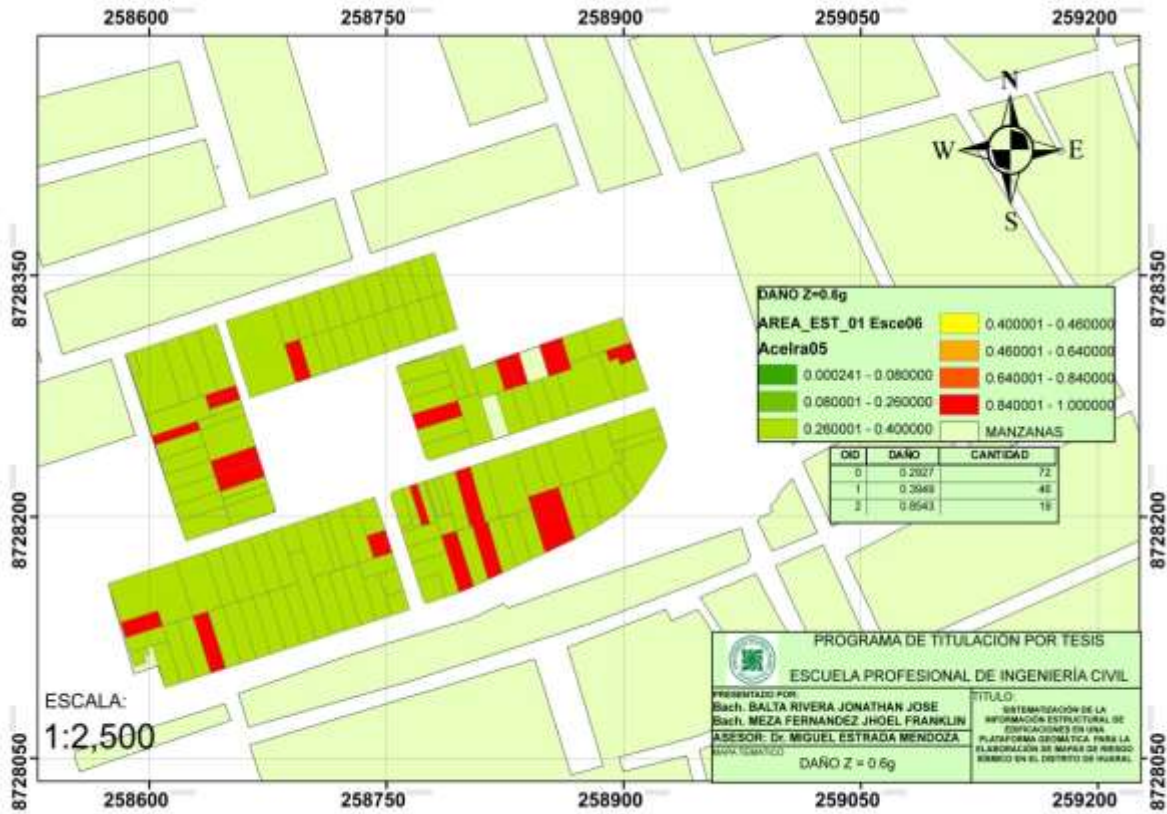


Figura 43. Mapa temático para una aceleración de suelo 0.6g

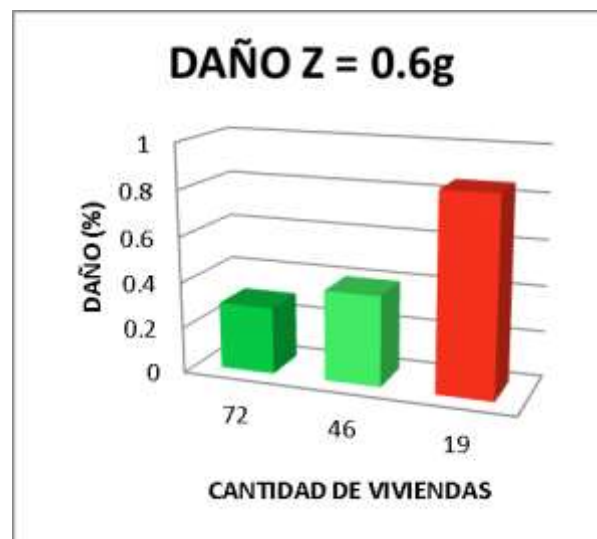


Figura 44. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.6g

Se muestra en la **figuras 45** un mapa temático de daño y en la **figura 46** el porcentaje de daño por número de viviendas para una aceleración de suelo de 0.8g



Figura 45 Mapa temático para una aceleración de suelo 0.8g

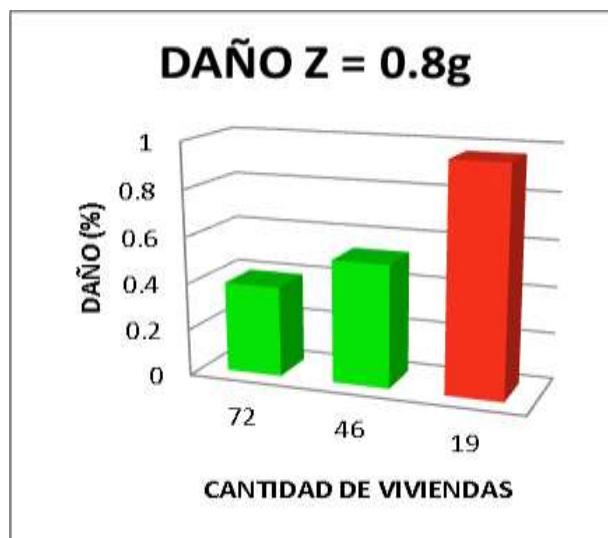


Figura 46. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 0.8g

Se muestra en la **figuras 47** un mapa temático de daño y en la **figura 48** el porcentaje de daño por número de viviendas para una aceleración de suelo de 1.0g

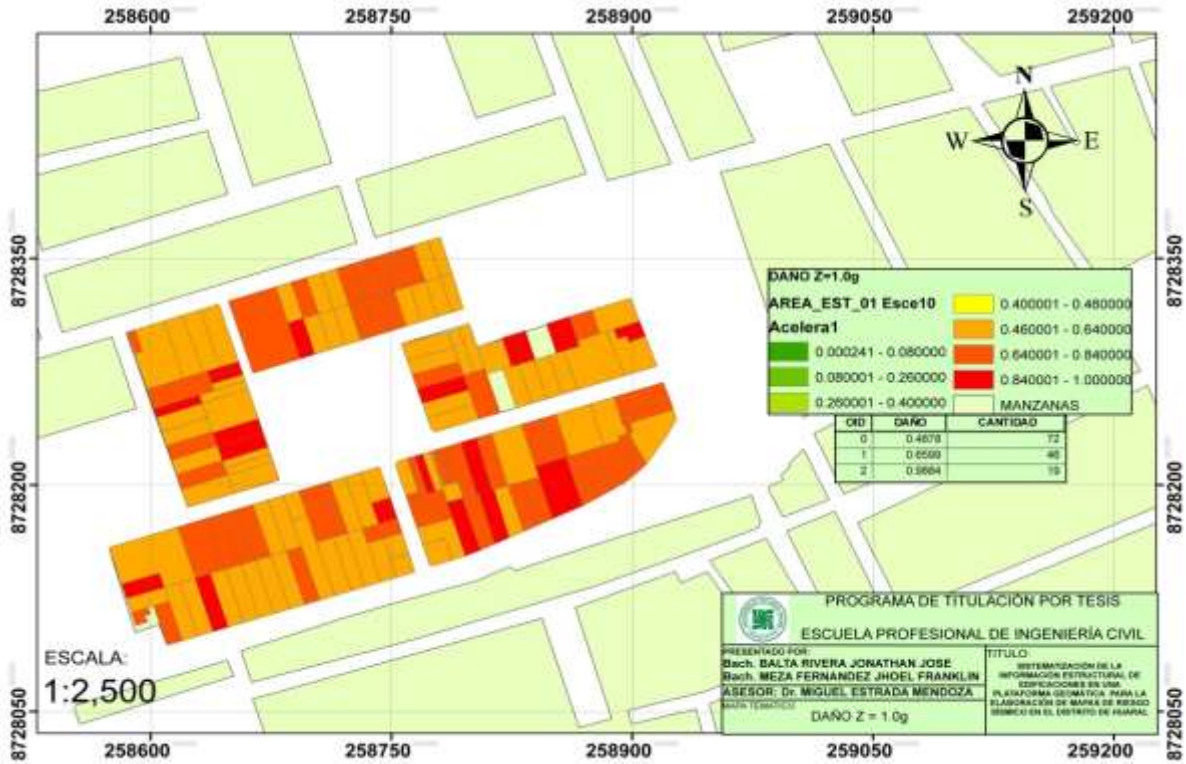


Figura 47. Mapa temático para una aceleración de suelo 1.0g

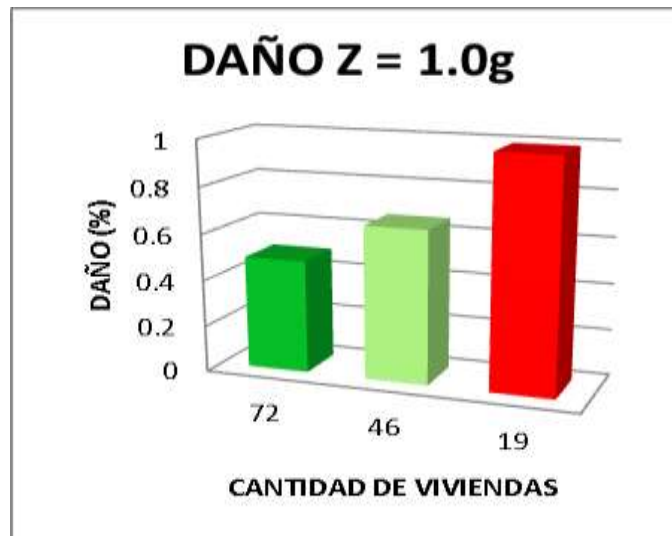


Figura 48. Porcentaje de daño por cantidad de viviendas 1.0g

Se muestra para casos prácticos los mapas temáticos para diferentes aceleraciones de suelo considerando que para un terminado lugar existen diferentes aceleraciones de suelo, para este caso consideraremos aceleraciones van de 0.1g – 0.5g. Para el área de estudio que se muestra en la siguiente **figura 49**.

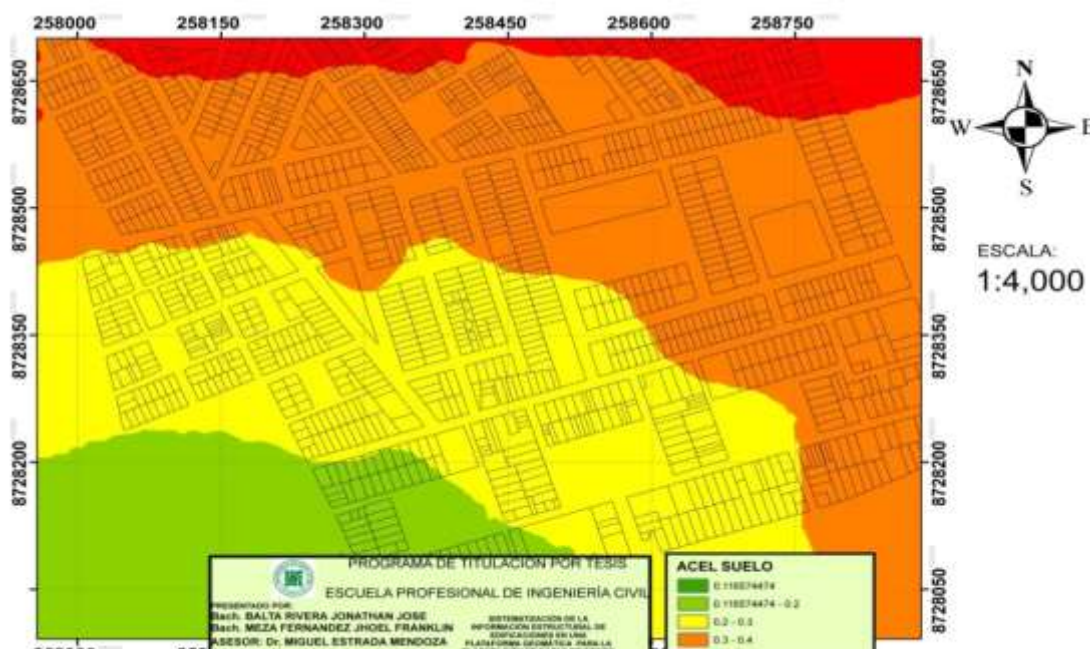


Figura 49. Distintas aceleraciones de suelo

Identificado en el área de estudio las diferentes aceleraciones de suelo se procede a calcular los daños en función al número de pisos de las edificaciones y según la aceleración de suelo que corresponda, como se muestra en la siguiente ecuación **figura 50**.

```

IF [NUM_PISOS] = 1 THEN
  Vdano = [Max_Acel] * 0.2116 + 0.0005
ELSEIF [NUM_PISOS] = 2 THEN
  Vdano = 0.5096 * [Max_Acel] - 0.000001
ELSE
  Vdano = 0.8529 * [Max_Acel] + 0.0049
END IF

__esri_field_calculator_splitter__
Vdano
  
```

Figura 50. Daño en función de la aceleración de suelo y el número de pisos

En la siguiente **Figura 51** se muestra el mapa temático de daño en función de la aceleración de suelo y el número de pisos, donde se observa que a mayor aceleración presenta mayor daño en edificaciones de albañilería confinada, para nuestro análisis se consideró número de pisos aleatorios de 1-3 pisos para los lotes del área de estudio para el cálculo de daño.

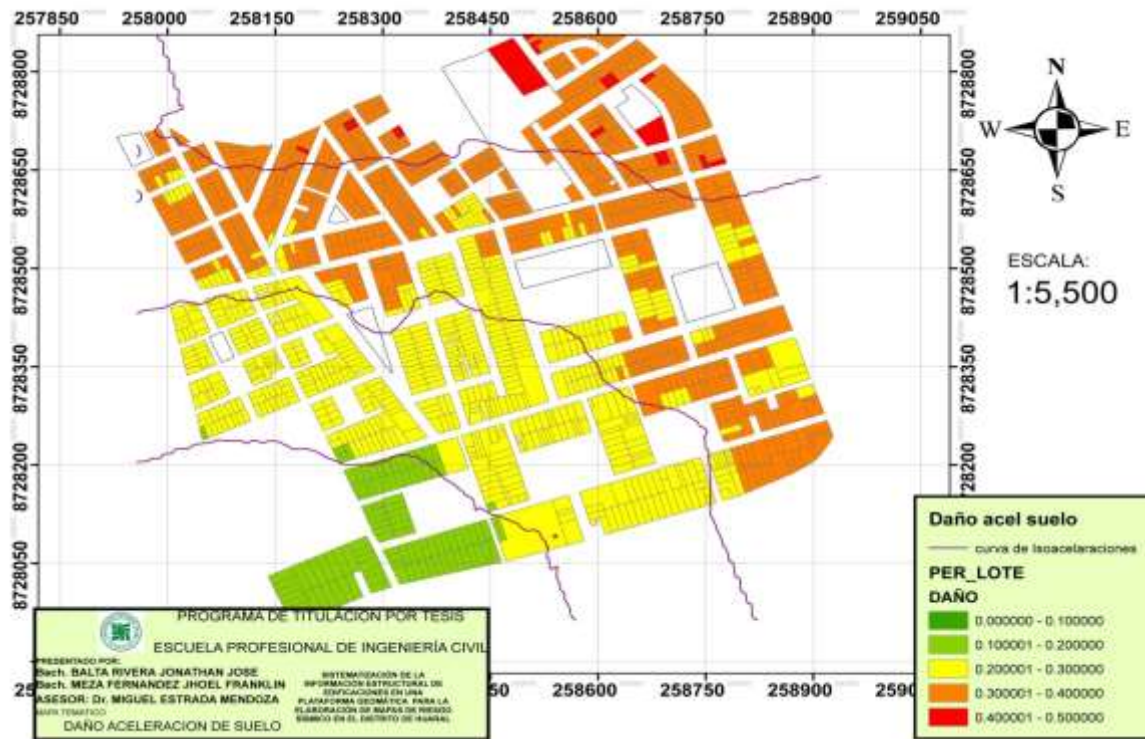


Figura 51. Mapa temático de daño en función de la aceleración de suelo y el número de pisos

En este análisis se muestra la facilidad de manipular la información que se toma en campo integrando en una base geo-espacial para su fácil manipulación y procesamiento para los cálculos de daños e identificar las zonas más vulnerables mostrarlo de manera esquemática a través de los mapas temáticos.

Se muestra en la siguiente **figura 52** el Mapa temático de viviendas de adobe por manzana.

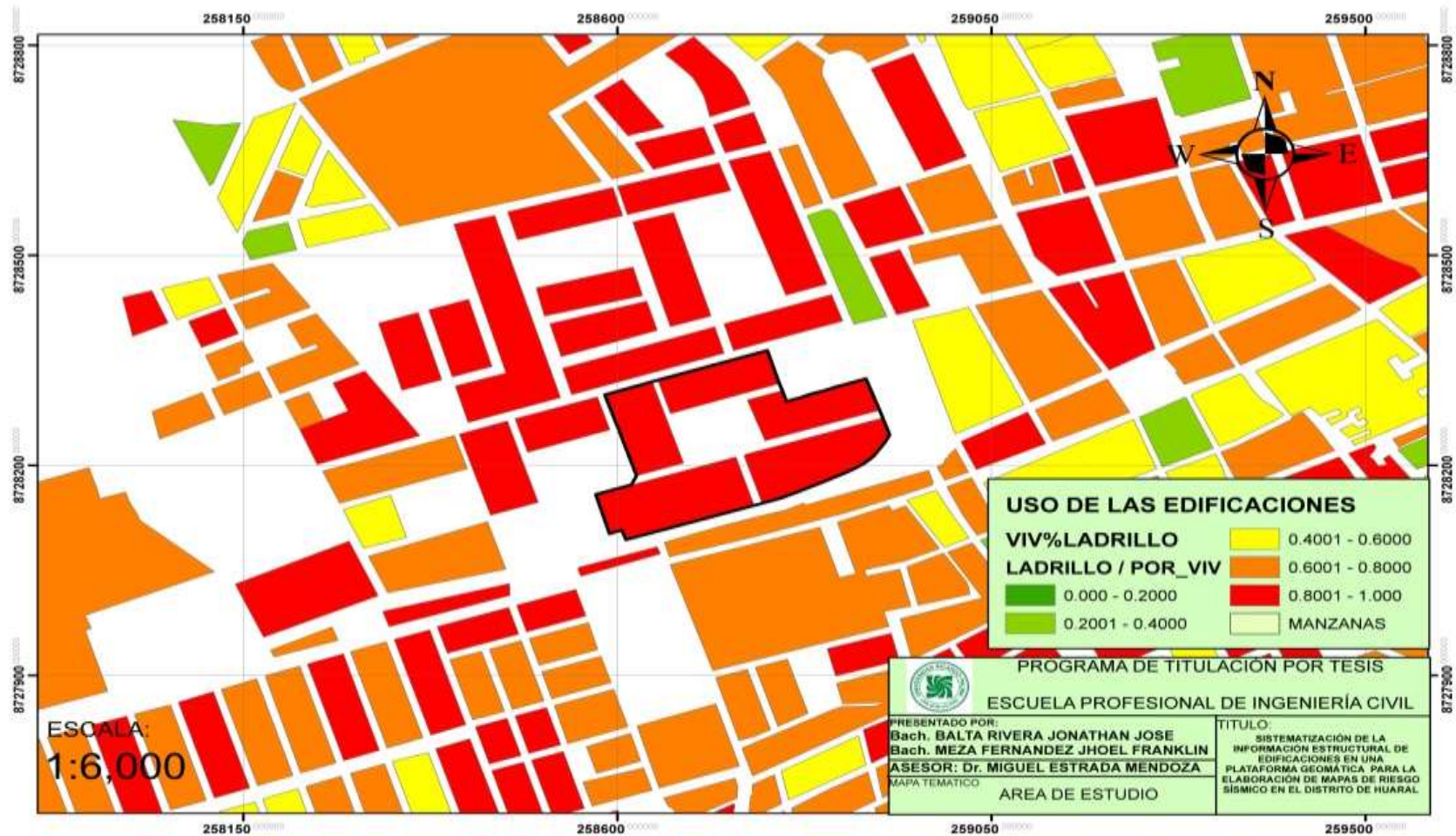


Figura 52. Mapa temático de porcentaje de vivienda de ladrillo por manzana

Se muestra en la siguiente **figura 53** el Mapa temático de viviendas de adobe por manzana.

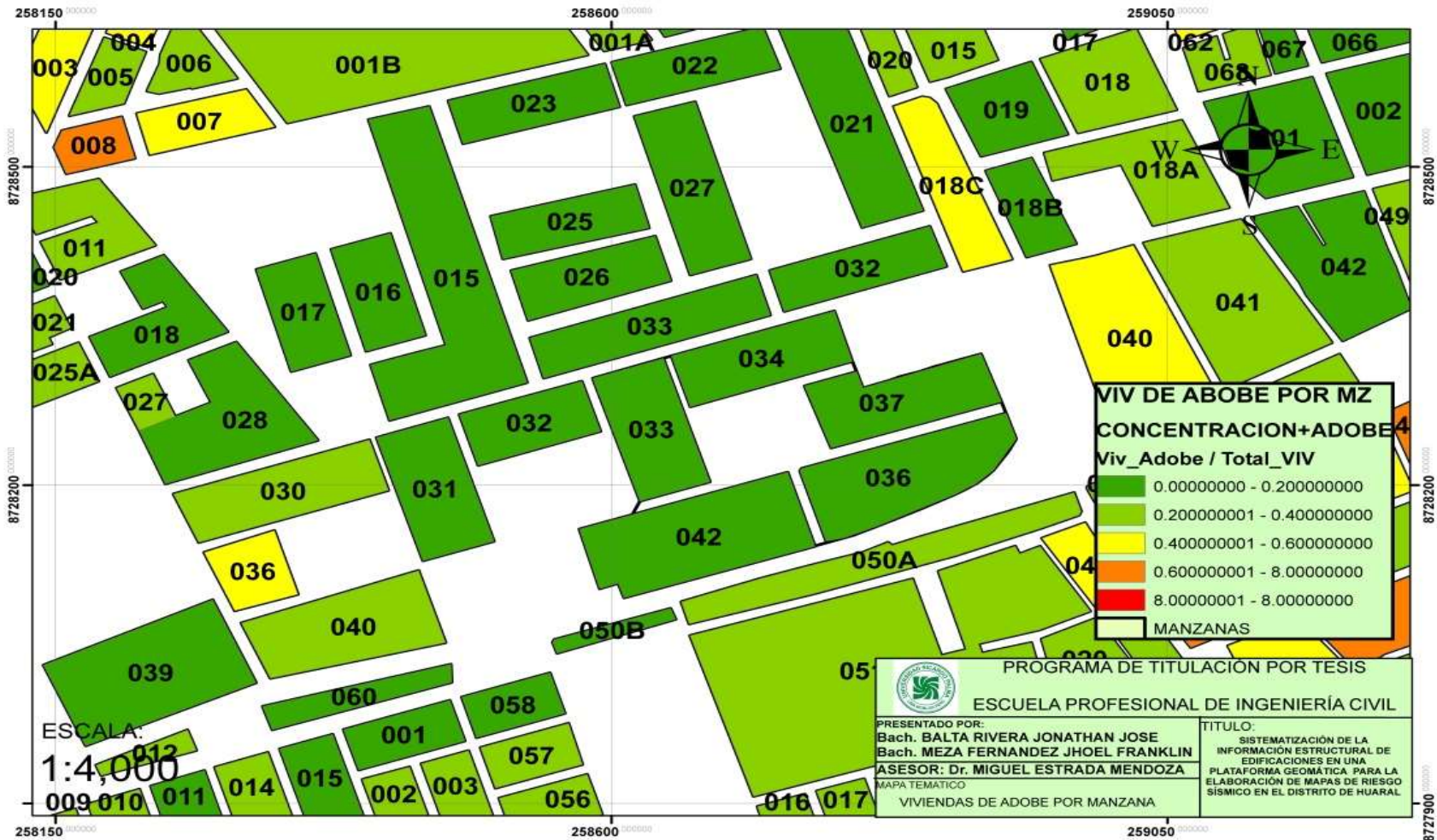


Figura 53 Mapa temático de porcentaje de vivienda de adobe por manzana



Se muestra en la siguiente **figura 54** el Mapa temático de viviendas de adobe por manzana.

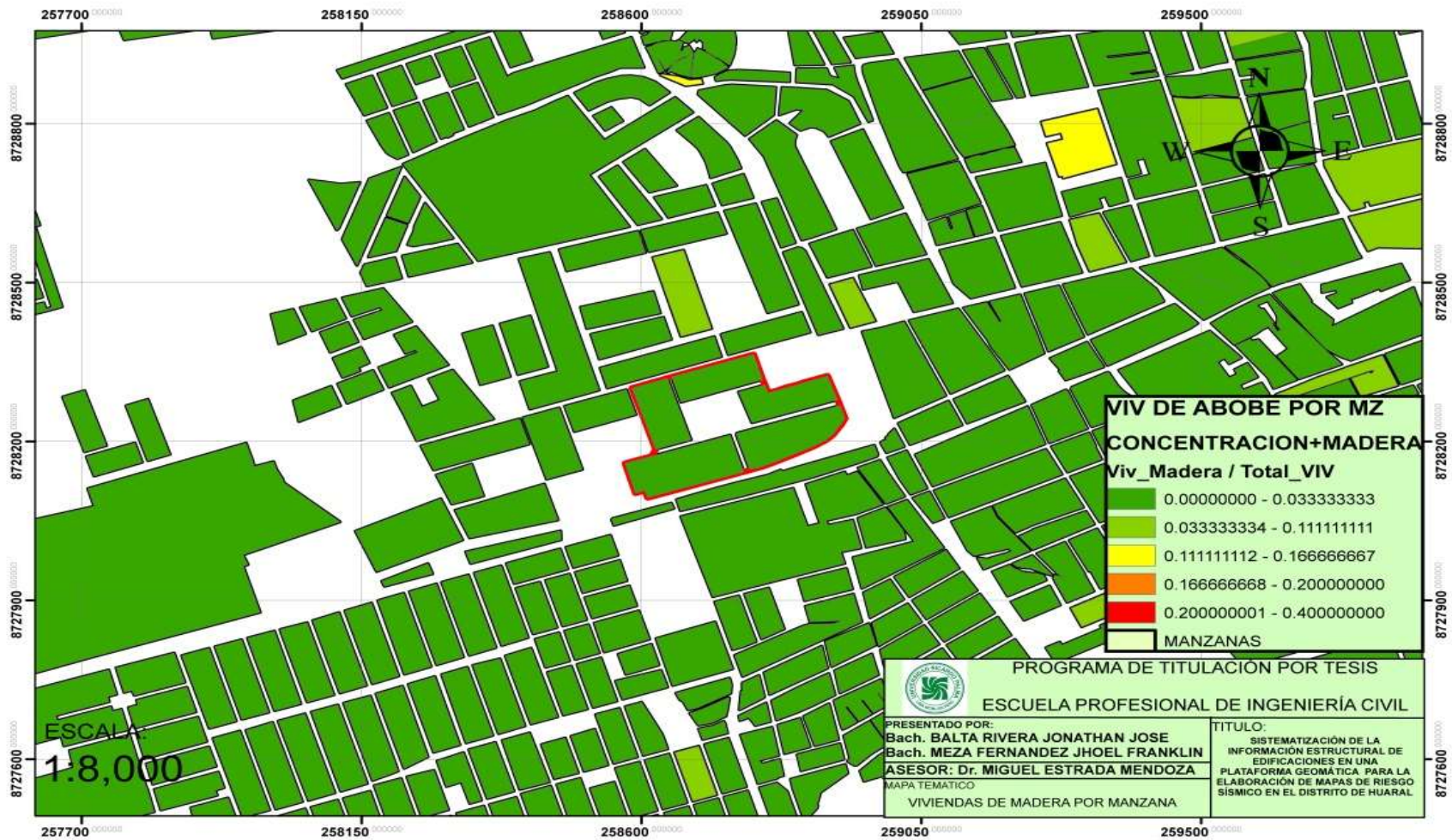


Figura 54 Mapa temático de porcentaje de vivienda de madera por manzana

En la siguiente **figura 55** se muestra el Mapa temático por número de pisos

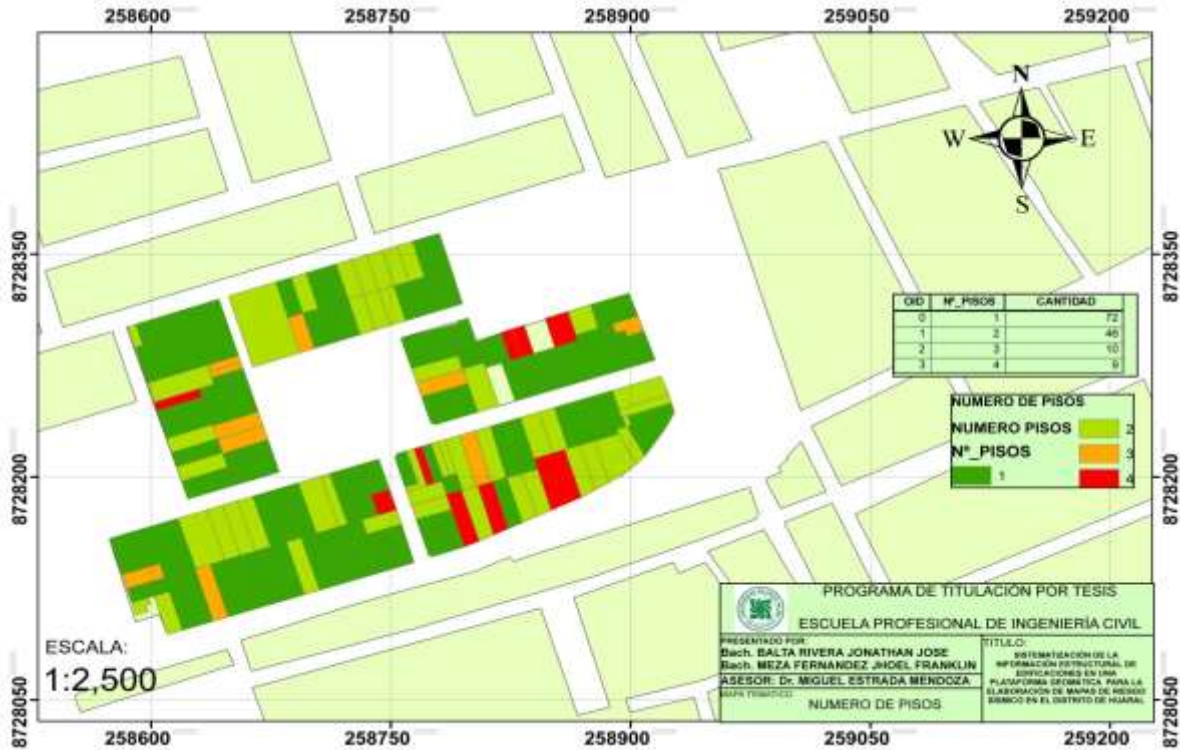


Figura 55 Mapa temático de número de pisos

En la siguiente **figura 56** se muestra la cantidad por número de pisos

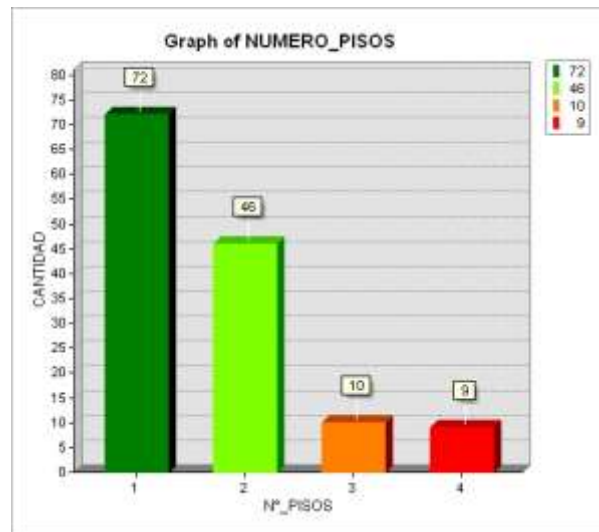


Figura 56 Cantidad por número de pisos

En la siguiente **figura 57** se muestra el Mapa temático por uso de viviendas

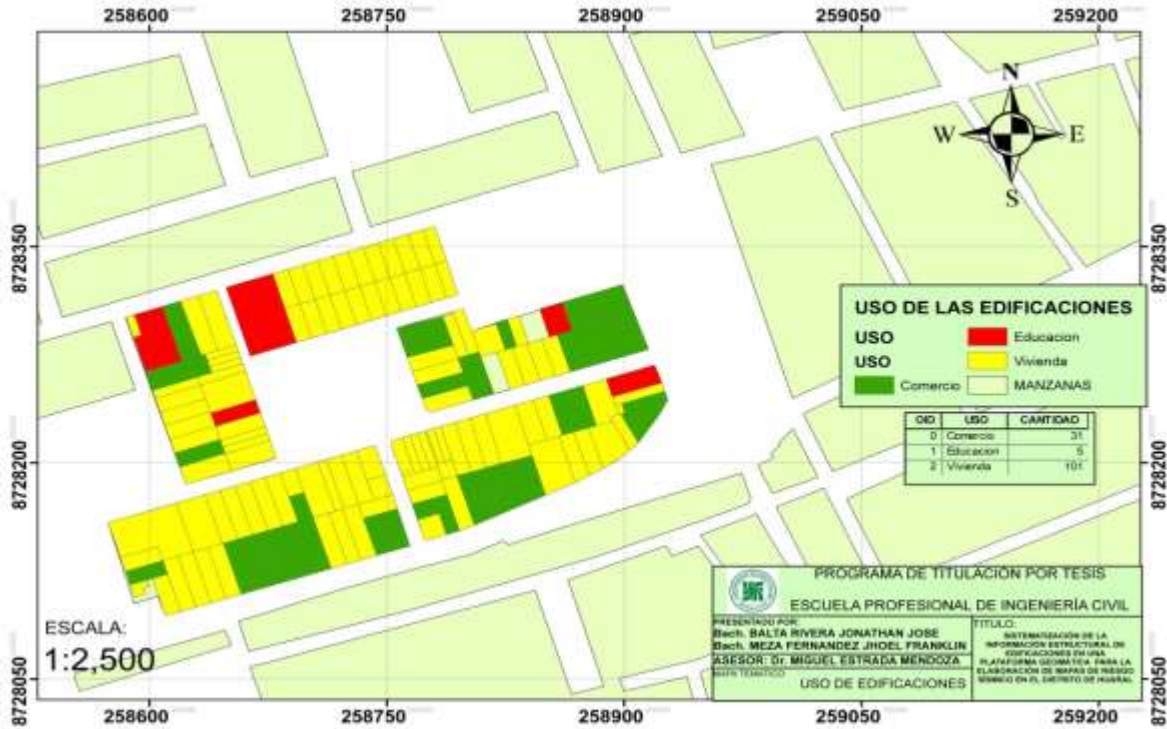


Figura 57 Mapa temático de uso de vivienda

En la siguiente **figura 58** se muestra la cantidad por uso de vivienda

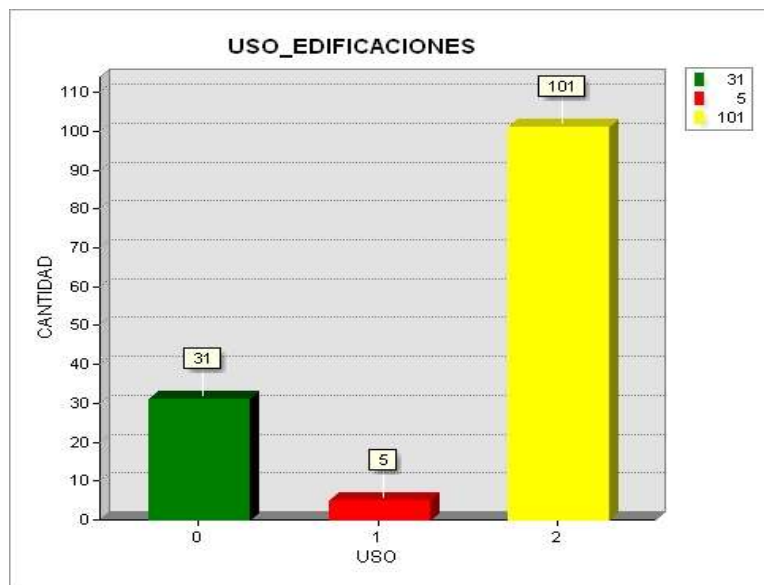
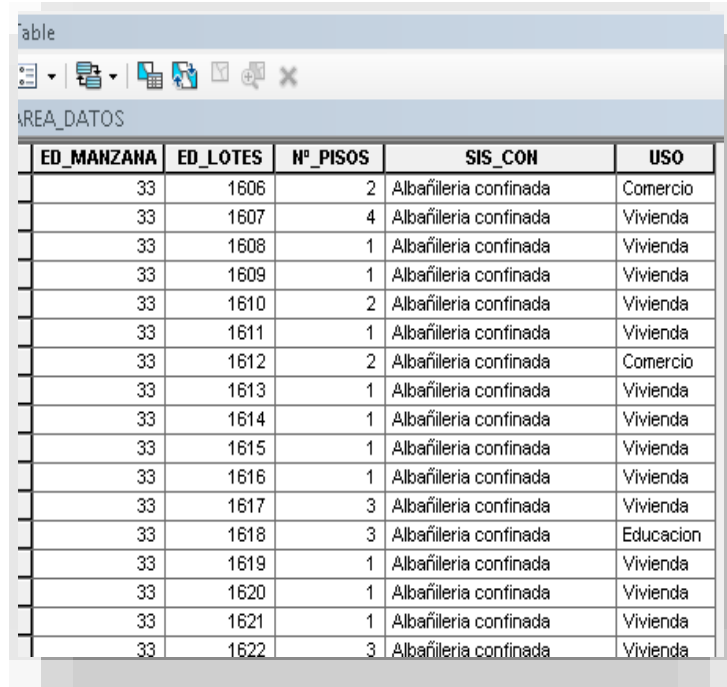


Figura 58 Cantidad por uso de vivienda

### 4.3 Contratación de Hipótesis

- Con las encuestas realizadas en las manzanas 033 – 034 – 036 – 037 – 042 que presentan mayor concentración de viviendas de albañilería confinada realizamos una base de datos como se muestra la siguiente **figura 59**.



| ED_MANZANA | ED_LOTES | Nº_PISOS | SIS_CON               | USO       |
|------------|----------|----------|-----------------------|-----------|
| 33         | 1606     | 2        | Albañilería confinada | Comercio  |
| 33         | 1607     | 4        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1608     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1609     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1610     | 2        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1611     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1612     | 2        | Albañilería confinada | Comercio  |
| 33         | 1613     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1614     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1615     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1616     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1617     | 3        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1618     | 3        | Albañilería confinada | Educacion |
| 33         | 1619     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1620     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1621     | 1        | Albañilería confinada | Vivienda  |
| 33         | 1622     | 3        | Albañilería confinada | Vivienda  |

Figura 59. Datos de campo insertados a una base de datos

- Al modelar y analizar la edificaciones típicas de albañilería confinada mediante los espectros de respuesta para diferentes aceleraciones de suelo se obtuvo la respuesta de la edificación a través de los desplazamientos máximos de entrepiso. Al procesarse la base de datos de los registros se obtiene mapas de riesgo.
- Para aceleraciones de suelo que van de 0.1g hasta 0.2g en las manzanas que seleccionadas se obtuvo los siguientes resultados como se muestran en el siguiente **figura 60**.



Figura 60. Mapa temático para aceleraciones de suelo 0.1g- 0.2g

Donde se observa que en las manzanas donde hay mayor aceleración de suelo presenta mayor daño.

Para este análisis tomamos la aceleración que recomienda la norma E.030 que asigna una aceleración de suelo de  $Z=0.4g$  para lugares que sean próximas a las costas con lo cual obtenemos el siguiente mapa temático de daño para la ciudad de Huaral como se muestra en la siguiente **figura 61**.

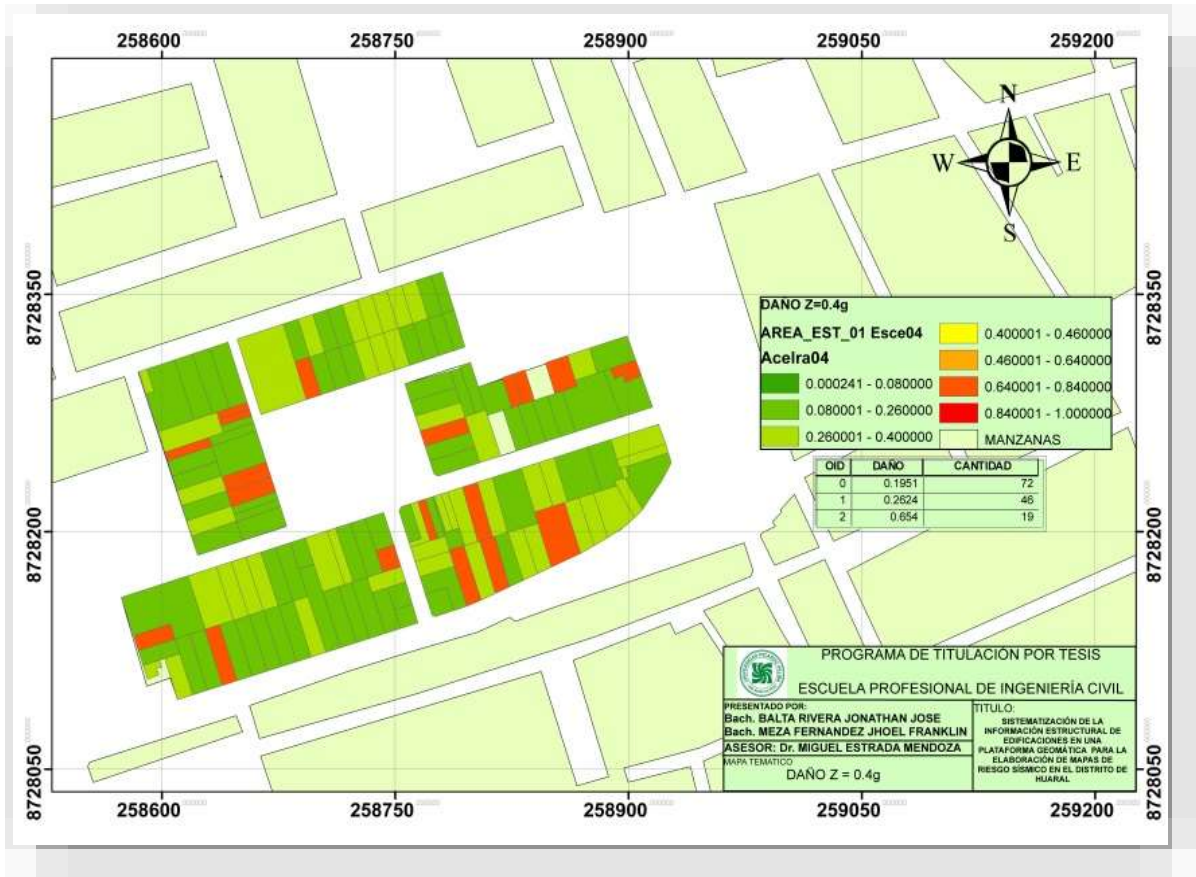


Figura 61. Mapa temático para 0.4g según norma E.030

## CAPITULO V: DISCUSIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### - CONCLUSIONES

1. En el desarrollo del presente estudio se muestra la facilidad de manipular la información que se toma en campo integrando en una base geo-espacial para su fácil manipulación y procesamiento para los cálculos de daños e identificar las zonas más vulnerables mostrarlo de manera esquemática a través de los mapas temáticos.
2. Para viviendas de un piso que representa el 52.55% del total 137 viviendas de diferentes tipologías registradas, presentan un porcentaje de daño máximo de 0.48% donde se observara agrietamientos en forma de X en los muros de albañilería confinada, Para las viviendas analizadas de un piso se obtuvieron distorsiones que están por debajo de las recomendadas por la norma E.030, para aceleraciones de suelo que van desde 0.1g hasta 1.0g (X), que presenta la siguiente ecuación de daño  $y = 0.4878x + 7E-07$  donde (Y) el porcentaje de daño máximo
3. Para viviendas de dos pisos que representa el 33.57% del total 137 viviendas de diferentes tipologías registradas, presentan un porcentaje de daño máximo de 0.66% donde se presentara aplastamiento de concreto, agrietamiento horizontal distribuida en la altura de los castillos en los muros de albañilería confinada. Donde el daño se obtiene por la siguiente ecuación  $y = 0.6625x - 0.0026$ : donde x representa la aceleración de suelo e Y el porcentaje de daño máximo.
4. Para las viviendas de tres pisos de la misma forma que los casos anteriores se realizó el análisis con las mismas aceleraciones donde se obtuvo la

siguiente ecuación  $y = -1.11x^2 + 2.1113x - 0.0129$  donde el porcentaje de daño máximo  $y = 0.9884$  donde comparado con la tabla de daño presentara los siguientes daños, concentración de daño en los extremos inferiores de los catillos, presentara plegamientos del refuerzo horizontal y se observara deformaciones en “s”

5. Para la zona de estudio Huaral ciudad se consideró una aceleración de suelo de 0.4g como indica la norma E0.30 para la zona costera, conocido las ecuaciones de daño se obtuvo que el porcentaje de daño máximo para viviendas de un piso, dos pisos y tres pisos, 0.26%, 0.40%, 0.64% donde se observara los siguientes daños. Primer agrietamiento por tensión diagonal de la mampostería, Inicio de la de la penetración del fisuramiento inclinado en los extremos de los castillos y Aplastamiento del concreto, agrietamiento horizontal distribuido en la altura de los castillos
6. Las viviendas analizadas en su mayoría presentan buena concentración de muros en ambos sentidos, en nuestro análisis solo consideramos viviendas típicas que no tengas voladizos, donde para nuestro análisis dinámico consideramos una aceleración de suelo de 1.0g donde se obtuvo un distorsión máximo de 0.49% que está por debajo del valor que establece la norma 0.50%, con lo cual podemos concluir que para nuestra área de estudio se presentaran daños que podrán ser reparados por que no supera el estado limite último de los muros de albañilería confinada.
7. De acuerdo al análisis y modelamiento realizado en el programa de cómputo *Sap2000 V.17.2.1* de las edificaciones que se tuvo como muestra se concluye que un favor muy importante para determinar el grado de vulnerabilidad es la geometría de la edificación.



8. La utilización de las encuestas fue una buena manera de obtener nuestra información de las estructuras y así crear nuestra base de datos de una forma completa y ordenada.
  
9. Al utilizar la herramienta del sistema de información geográfica (SIG), se permite suponer un escenario de determinadas características a la zona de trabajo, para así obtener de manera inmediata y conocer sus posibles consecuencias.

## - RECOMENDACIONES

1. Basado en los resultados de nuestro análisis podemos recomendar a las autoridades del distrito de Huaral que antes de emitir la autorización de construcción verifiquen que el análisis y diseño haya sido hecho por un ingeniero civil y que los planos estructurales cuenten con una correcta distribución de muros portantes en ambos sentidos y que estén correctamente confinadas, a su vez debería recomendar que las viviendas no lleven voladizo por que altera un comportamiento simétrico de la edificación para así evitar las torsiones que podría presentarse por movimientos sísmicos.
2. Recomendamos que las viviendas de más de dos pisos no deberían cambiar las características de los muros portantes reemplazando ladrillos de 18 huecos por ladrillos pandereta que para Z3 la norma prohíbe su uso como muros portantes, los ladrillos pandereta solo está contemplado su utilización como tabiquería separadores de ambiente
3. Las autoridades deben de verificar que las nuevas construcciones no presenten irregularidades en planta como en elevación por que se evitaría torsiones en las edificaciones, de la misma manera supervisar que las edificaciones no tengan un cambio de uso, sin haber hechos los reforzamientos necesarios para su correcto desempeño.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Referencia Bibliográfica

- Abanto, F. (2005). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. Lima: San Marcos.
- Astroza, M; Schmidt, A;. (2004). *Capacidad de deformación de muros de albañilería para distintos niveles de desempeño*. Distrito Federal, Mexico: Revista de Ingeniería Sísmica Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193932724001>.
- Basurto, R. (2007). *Vulnerabilidad sísmica y mitigación de desastres en el distrito de San Luis (Proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil)*. Universidad Ricardo Palma. Lima. Disponible en [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/98/1/basurto\\_rp.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/98/1/basurto_rp.pdf).
- Carrillo, J. (2008). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras utilizando un diseño por desempeño. *DYNA* Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49611953010>, 91-102.
- IGAC. (2007). *Generalidades de los Sistemas de Información Geográfica*. Bogota: Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica disponible en [http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/UserFiles/File/web%202008%20/BOLETINES\\_DE\\_PRENSA/Informe%20Gestion\\_2007.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/UserFiles/File/web%202008%20/BOLETINES_DE_PRENSA/Informe%20Gestion_2007.pdf).
- INDECI. (2011). *Riesgo sísmico y medidas de reducción del riesgo en el centro histórico de Lima*. Lima: INDECI disponible en <http://www.indeci.gob.pe/proyecto58530/objetos/archivos/20110606102841.pdf>.
- Lantada, N. (2007). *Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona (Tesis Doctoral)*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
- Maldonado, E., Chio, G., & Gomez, Í. (2007). *Índice de Vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos*. Colombia.
- Moreno, R. (2002). *Análisis de riesgo sísmico de la ciudad de Moquegua usando sistemas de información geográficas (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil)*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Pidal, M., Machamalo, M., & Sanz, E. (2003). *Integración de la Geomática en la formación del Ingeniero Civil*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Sarmiento, L., & Rios, J. (2002). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica del distrito del Rimac*. LIMA.

## Referencia Electrónicas

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap/background.php#intmaps>

<http://resources.arcgis.com/es/help/gettingstarted/articles/026n00000014000000.htm>

<http://es.slideshare.net/vilchez/deformacin>

<http://www.mscestructurales.com/descargas/IC%2061N%20SISMO%20RESISTENCIA/esp ectros%20de%20respuesta%20y%20de%20dise%20F1o.pdf>

<http://www.cismid.uni.edu.pe/articulos/PCI-etabs.pdf>

<http://constructoracmproyectos.com/que-es-mamposteria-en-construccion/>

<http://www.lis.ucr.ac.cr/index.php?id=25>

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs//7009/Capitulo6.pdf>

<http://www.palisade-lta.com/risk/>

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193932724001>

[http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/98/1/basurto\\_rp.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/98/1/basurto_rp.pdf)

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49611953010>

[http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/UserFiles/File/web%202008%20BOLETINES\\_DE\\_PR ENSA/Informe%20Gestion\\_2007.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/UserFiles/File/web%202008%20BOLETINES_DE_PR ENSA/Informe%20Gestion_2007.pdf)

<http://www.indeci.gob.pe/proyecto58530/objetos/archivos/20110606102841.pdf>

## **ANEXOS**

# ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

## SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES EN UNA PLATAFORMA GEOMÁTICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO SÍSMICO EN EL DISTRITO DE HUARAL

| PROBLEMA   | OBJETIVO   | HIPÓTESIS  | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES   |  |  | Diseño Metodológico  |
|--|--|--|---|--|--|--|
|  |  |  | VARIABLES   | INDICADORES  | ÍNDICES  |  |
| <p><b>Problema general.</b></p> <p>¿Cómo sistematizar la información estructural de edificaciones en una plataforma Geomática para la elaboración de mapas de riesgo sísmico en el distrito de Huaral?</p> <p><b>Problemas secundarios.</b></p> <p>¿Cómo elaborar el registro de las edificaciones de diferentes Tipologías?</p> <p>¿Cómo modelar y analizar las edificaciones típicas de albañilería confinada para determinar su respuesta sísmica mediante el espectro de respuesta?</p> <p>¿Cómo elaborar la base de datos de los registros obtenidos?</p> | <p><b>Objetivo general.</b></p> <p>Proponer mediante la sistematización de la información estructural de edificaciones en una plataforma Geomática la elaboración de mapas del riesgo sísmico en el distrito de Huaral</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Elaborar el registro de las edificaciones de diferentes tipologías</p> <p>Modelar y analizar las edificaciones típicas de albañilería confinada para determinar su respuesta sísmica mediante el espectro de respuesta</p> <p>Elaborar la base de datos de los registros obtenidos</p> | <p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Mediante la sistematización de la información estructural de edificaciones en una plataforma Geomática se establecen mapas del riesgo sísmico en el distrito de Huaral</p> <p><b>Hipótesis secundaria</b></p> <p>Al elaborar el registro de las edificaciones de diferentes tipologías se establece una base de datos.</p> <p>Al modelar y analizar las edificaciones típicas de albañilería confinada se determina su respuesta sísmica</p> <p>Al procesar la base de datos de los registros se obtendrán mapas de riesgo sísmico.</p> | <p><b>Variables independientes</b></p> <p>Información estructural</p> <p>Plataforma Geomática</p> | <p>Tipología estructural</p> <p>Base de datos</p> <p>Microzonificación</p> | <p>- Número de pisos</p> <p>- Antigüedad</p> <p>- Tipo de material</p> <p>- Número de pisos</p> <p>- Antigüedad</p> <p>- Tipo de material</p> <p>- Tipo de suelo</p> | <p><b>Tipo de la investigación</b></p> <p><b>Correlacional:</b> Por que estudia la relación entre variables dependientes e independientes ósea se estudia la correlación en dos variables. Ya que estudia la relación entre la tipología estructural y la respuesta sísmica para la elaboración de mapas de riesgo.</p> <p><b>Descriptivo:</b> El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer la situación actual del distrito de Huaral, las edificaciones predominantes dentro de la ciudad que sistema estructural emplean y analizar su microzonificación. No nos limitamos a la recolección de datos, sino a la identificación de las zonas</p> |

|   |  |   |  |  |  |   |
|---|--|---|--|--|--|---|
| <p>¿Cómo integrar la intensidad y microzonificación con los datos de las edificaciones?</p> <p>¿Cómo elaborar el mapa de respuesta sísmica tomando en cuenta la microzonificación y las características de las edificaciones?</p> | <p>Integrar la intensidad y microzonificación con los datos de las edificaciones</p> <p>Elaborar el mapa de respuesta sísmica tomando en cuenta la microzonificación y las características de las edificaciones.</p> | <p>Al integrar la intensidad y microzonificación con los datos de las edificaciones se identificarán las zonas más críticas.</p> <p>Se generará el mapa de respuesta sísmica tomando en cuenta la microzonificación y las características de las edificaciones.</p> | <p><b>Variables dependientes</b></p> <p>Análisis de riesgo sísmico</p> | <p>Intensidad</p> <p>Espectro de respuesta</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo de retorno</li> <li>- Distancia epicentral</li> <li>- Desplazamiento</li> <li>- Periodo</li> </ul> | <p>vulnerables y a la interpretación de la relación entre las tipologías estructurales y respuesta sísmica</p> <p><b>Cuantitativa:</b></p> <p>Los símbolos numéricos que se utilizan para la exposición de los datos provenientes de un cálculo o medición. Se pueden medir unidades, elementos o categorías identificables. Lo que determinaremos en esta investigación es la respuesta sísmica de las edificaciones mediante las curvas de fragilidad que se obtendrán del análisis de edificaciones típicas de albañilería confinada</p> <p><b>Cuasi experimental:</b></p> <p>Cuando el investigador no puede cumplir los requerimientos de un experimento verdadero, debido a que no puede asignar aleatoriamente los participantes a las condiciones experimentales.</p> |
|---|--|---|--|--|--|---|

**ANEXO: 2**  
**ESPECTROS PARA DIFERENTES ACELERACIONES**



## Resultado de espectros con diferentes aceleraciones del suelo

### Aceleración del suelo: 0.1g

#### ESPECTRO DE ACELERACION PARA EL DISTRITO DE HUARAL

|                      |                             |                             |                          |      |            |      |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|------|------------|------|
| <b>Acel. Suelo</b>   | Z1: 0.1                     | Factor de Zona              | <b>Z</b>                 | 0.1  | <b>S/c</b> | 0%   |
| <b>Categoría</b>     | C: Comunes                  | Factor de uso e importancia | <b>U</b>                 | 1    | <b>Tp</b>  | 0.6  |
| <b>Tipo de Suelo</b> | S2: Intermedio              | Tipo de suelo               | <b>S</b>                 | 1.2  | <b>T</b>   | 0.05 |
| <b>Sismo ¿?</b>      | severo:                     |                             | <b>C</b>                 | 2.50 | <b>Ct</b>  | 60   |
| <b>Regularidad</b>   | Irregular                   |                             | <b>R</b>                 | 3    | <b>Ri</b>  | 0.75 |
| <b>Elementos</b>     | 3: Albañilería y sólo muros |                             |                          |      |            |      |
| <b>Altura Hm</b>     | 3                           |                             |                          |      |            |      |
| <b>g (gravedad)</b>  | 9.81 m/s <sup>2</sup>       |                             | <b>Sismo ¿?</b> <b>R</b> |      |            |      |

**Sismo ¿?** **R**  
 Leve: 7  
 Moderado: 6  
 severo: 3

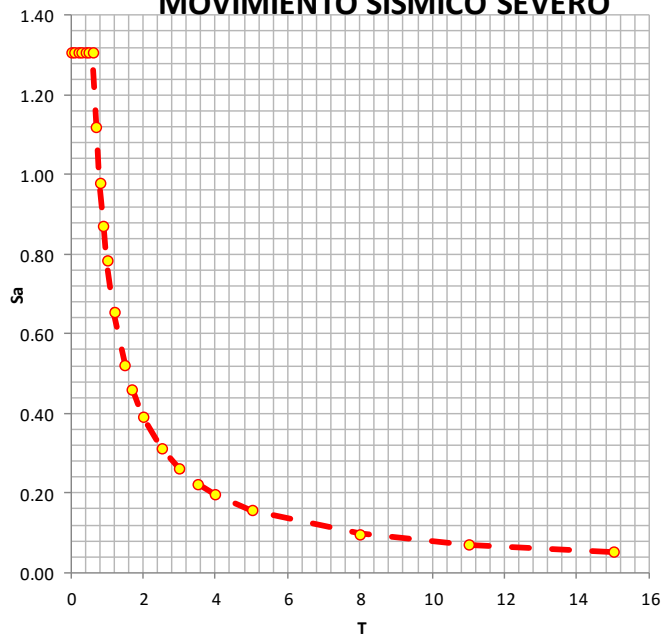
$$Sa = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * g$$

$$Sa = \left\| \frac{0.2000}{T} \right\| * g$$

severo:

| T   | C    | Sa/g   | Sa   |
|-----|------|--------|------|
| 0   | 2.50 | 2.0000 | 1.31 |
| 0.1 | 2.50 | 2.0000 | 1.31 |
| 0.2 | 2.50 | 1.0000 | 1.31 |
| 0.3 | 2.50 | 0.6667 | 1.31 |
| 0.4 | 2.50 | 0.5000 | 1.31 |
| 0.5 | 2.50 | 0.4000 | 1.31 |
| 0.6 | 2.50 | 0.3333 | 1.31 |
| 0.7 | 2.14 | 0.2857 | 1.12 |
| 0.8 | 1.88 | 0.2500 | 0.98 |
| 0.9 | 1.67 | 0.2222 | 0.87 |
| 1   | 1.50 | 0.2000 | 0.78 |
| 1.2 | 1.25 | 0.1667 | 0.65 |
| 1.5 | 1.00 | 0.1333 | 0.52 |
| 1.7 | 0.88 | 0.1176 | 0.46 |
| 2   | 0.75 | 0.1000 | 0.39 |
| 2.5 | 0.60 | 0.0800 | 0.31 |
| 3   | 0.50 | 0.0667 | 0.26 |
| 3.5 | 0.43 | 0.0571 | 0.22 |
| 4   | 0.38 | 0.0500 | 0.20 |
| 5   | 0.30 | 0.0400 | 0.16 |
| 8   | 0.19 | 0.0250 | 0.10 |
| 11  | 0.14 | 0.0182 | 0.07 |
| 15  | 0.10 | 0.0133 | 0.05 |

#### ESPECTRO DE ACELERACIONES MOVIMIENTO SISMICO SEVERO



## Aceleración del suelo: 0.2g

### ESPECTRO DE ACELERACION PARA EL DISTRITO DE HUARAL

|               |                             |                          |
|---------------|-----------------------------|--------------------------|
| Acel. Suelo   | ZZ: 0.2                     | <input type="checkbox"/> |
| Categoría     | C: Comunes                  |                          |
| Tipo de Suelo | S2: Intermedio              |                          |
| Sismo ¿?      | severo:                     |                          |
| Regularidad   | Irregular                   |                          |
| Elementos     | 3: Albañilería y sólo muros |                          |
| Altura Hm     | 3                           |                          |
| g (gravedad)  | 9.81                        | m/s <sup>2</sup>         |

Factor de Zona  
Factor de uso e importancia  
Tipo de suelo

|   |      |
|---|------|
| Z | 0.2  |
| U | 1    |
| S | 1.2  |
| C | 2.50 |
| R | 3    |

|     |      |
|-----|------|
| S/c | 0%   |
| Tp  | 0.6  |
| T   | 0.05 |
| Ct  | 60   |
| Ri  | 0.75 |

Sismo ¿? **R**  
Leve: 7  
Moderado: 6  
severo: 3

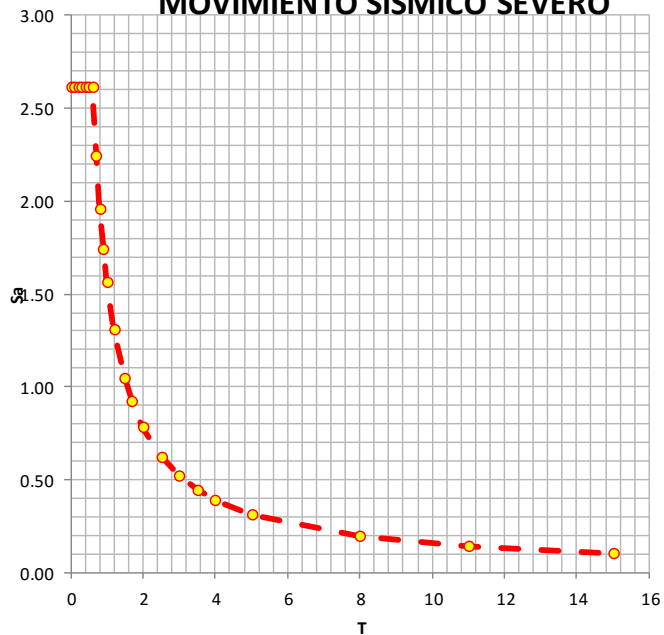
$$Sa = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * g$$

$$Sa = \left| \frac{0.4000}{T} \right| * g$$

severo:

| T   | C    | Sa/g   | Sa   |
|-----|------|--------|------|
| 0   | 2.50 | 4.0000 | 2.62 |
| 0.1 | 2.50 | 4.0000 | 2.62 |
| 0.2 | 2.50 | 2.0000 | 2.62 |
| 0.3 | 2.50 | 1.3333 | 2.62 |
| 0.4 | 2.50 | 1.0000 | 2.62 |
| 0.5 | 2.50 | 0.8000 | 2.62 |
| 0.6 | 2.50 | 0.6667 | 2.62 |
| 0.7 | 2.14 | 0.5714 | 2.24 |
| 0.8 | 1.88 | 0.5000 | 1.96 |
| 0.9 | 1.67 | 0.4444 | 1.74 |
| 1   | 1.50 | 0.4000 | 1.57 |
| 1.2 | 1.25 | 0.3333 | 1.31 |
| 1.5 | 1.00 | 0.2667 | 1.05 |
| 1.7 | 0.88 | 0.2353 | 0.92 |
| 2   | 0.75 | 0.2000 | 0.78 |
| 2.5 | 0.60 | 0.1600 | 0.63 |
| 3   | 0.50 | 0.1333 | 0.52 |
| 3.5 | 0.43 | 0.1143 | 0.45 |
| 4   | 0.38 | 0.1000 | 0.39 |
| 5   | 0.30 | 0.0800 | 0.31 |
| 8   | 0.19 | 0.0500 | 0.20 |
| 11  | 0.14 | 0.0364 | 0.14 |
| 15  | 0.10 | 0.0267 | 0.10 |

### ESPECTRO DE ACELERACIONES MOVIMIENTO SISMICO SEVERO



## Aceleración del suelo: 0.3g

### ESPECTRO DE ACELERACION PARA EL DISTRITO DE HUARAL

|               |                             |                             |   |      |     |      |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---|------|-----|------|
| Acel. Suelo   | Z3: 0.3                     | Factor de Zona              | Z | 0.3  | S/c | 0%   |
| Categoría     | C: Comunes                  | Factor de uso e importancia | U | 1    | Tp  | 0.6  |
| Tipo de Suelo | S2: Intermedio              | Tipo de suelo               | S | 1.2  | T   | 0.05 |
| Sismo ¿?      | severo:                     |                             | C | 2.50 | Ct  | 60   |
| Regularidad   | Irregular                   |                             | R | 3    | Ri  | 0.75 |
| Elementos     | 3: Albañilería y sólo muros |                             |   |      |     |      |
| Altura Hm     | 3                           |                             |   |      |     |      |
| g (gravedad)  | 9.81                        | m/s <sup>2</sup>            |   |      |     |      |

Sismo ¿? **R**  
 Leve: 7  
 Moderado: 6  
 severo: 3

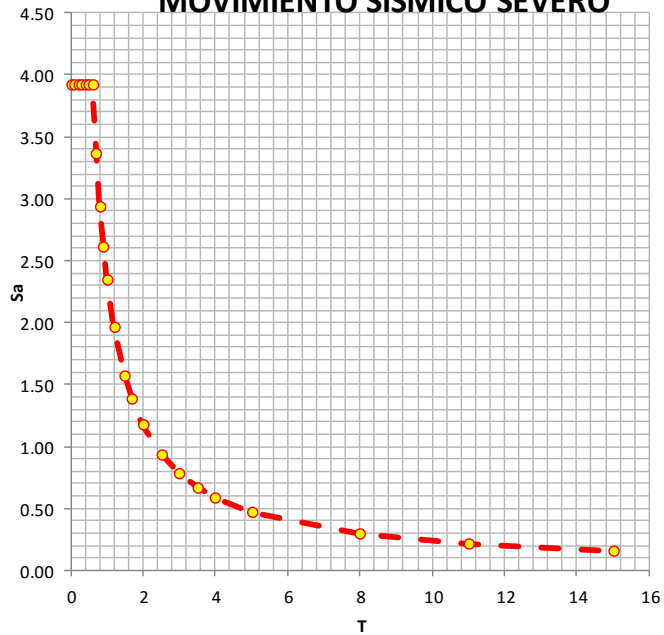
$$Sa = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * g$$

$$Sa = \left| \frac{0.6000}{T} \right| * g$$

severo:

| T   | C    | Sa/g   | Sa   |
|-----|------|--------|------|
| 0   | 2.50 | 6.0000 | 3.92 |
| 0.1 | 2.50 | 6.0000 | 3.92 |
| 0.2 | 2.50 | 3.0000 | 3.92 |
| 0.3 | 2.50 | 2.0000 | 3.92 |
| 0.4 | 2.50 | 1.5000 | 3.92 |
| 0.5 | 2.50 | 1.2000 | 3.92 |
| 0.6 | 2.50 | 1.0000 | 3.92 |
| 0.7 | 2.14 | 0.8571 | 3.36 |
| 0.8 | 1.88 | 0.7500 | 2.94 |
| 0.9 | 1.67 | 0.6667 | 2.62 |
| 1   | 1.50 | 0.6000 | 2.35 |
| 1.2 | 1.25 | 0.5000 | 1.96 |
| 1.5 | 1.00 | 0.4000 | 1.57 |
| 1.7 | 0.88 | 0.3529 | 1.38 |
| 2   | 0.75 | 0.3000 | 1.18 |
| 2.5 | 0.60 | 0.2400 | 0.94 |
| 3   | 0.50 | 0.2000 | 0.78 |
| 3.5 | 0.43 | 0.1714 | 0.67 |
| 4   | 0.38 | 0.1500 | 0.59 |
| 5   | 0.30 | 0.1200 | 0.47 |
| 8   | 0.19 | 0.0750 | 0.29 |
| 11  | 0.14 | 0.0545 | 0.21 |
| 15  | 0.10 | 0.0400 | 0.16 |

### ESPECTRO DE ACELERACIONES MOVIMIENTO SISMICO SEVERO



## Aceleración del suelo: 0.4g

### ESPECTRO DE ACELERACION PARA EL DISTRITO DE HUARAL

|               |                             |                             |   |      |     |      |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---|------|-----|------|
| Acel. Suelo   | Z3: 0.4                     | Factor de Zona              | Z | 0.4  | S/c | 0%   |
| Categoría     | C: Comunes                  | Factor de uso e importancia | U | 1    | Tp  | 0.6  |
| Tipo de Suelo | S2: Intermedio              | Tipo de suelo               | S | 1.2  | T   | 0.05 |
| Sismo ¿?      | severo:                     |                             | C | 2.50 | Ct  | 60   |
| Regularidad   | Irregular                   |                             | R | 3    | Ri  | 0.75 |
| Elementos     | 3: Albañilería y sólo muros |                             |   |      |     |      |
| Altura Hm     | 3                           |                             |   |      |     |      |
| g (gravedad)  | 9.81                        | m/s <sup>2</sup>            |   |      |     |      |

|           |   |
|-----------|---|
| Sismo ¿?  | R |
| Leve:     | 7 |
| Moderado: | 6 |
| severo:   | 3 |

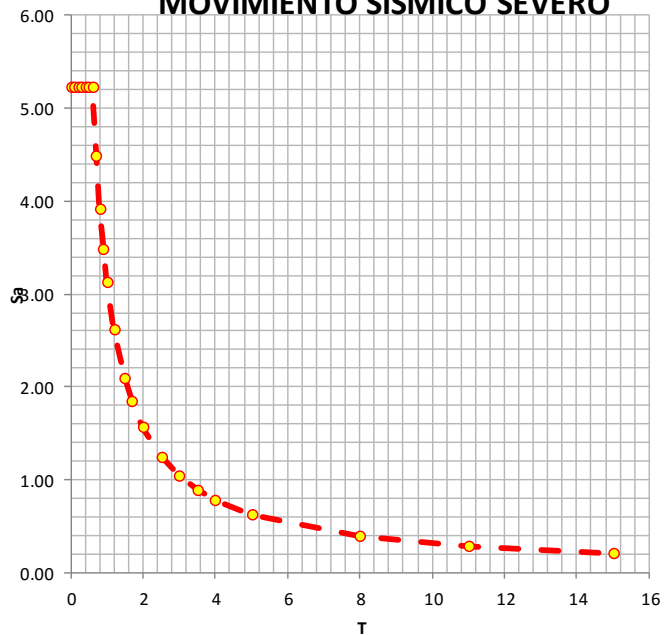
$$Sa = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * g$$

$$Sa = \left\| \frac{0.8000}{T} \right\| * g$$

severo:

| T   | C    | Sa/g   | Sa   |
|-----|------|--------|------|
| 0   | 2.50 | 8.0000 | 5.23 |
| 0.1 | 2.50 | 8.0000 | 5.23 |
| 0.2 | 2.50 | 4.0000 | 5.23 |
| 0.3 | 2.50 | 2.6667 | 5.23 |
| 0.4 | 2.50 | 2.0000 | 5.23 |
| 0.5 | 2.50 | 1.6000 | 5.23 |
| 0.6 | 2.50 | 1.3333 | 5.23 |
| 0.7 | 2.14 | 1.1429 | 4.48 |
| 0.8 | 1.88 | 1.0000 | 3.92 |
| 0.9 | 1.67 | 0.8889 | 3.49 |
| 1   | 1.50 | 0.8000 | 3.14 |
| 1.2 | 1.25 | 0.6667 | 2.62 |
| 1.5 | 1.00 | 0.5333 | 2.09 |
| 1.7 | 0.88 | 0.4706 | 1.85 |
| 2   | 0.75 | 0.4000 | 1.57 |
| 2.5 | 0.60 | 0.3200 | 1.26 |
| 3   | 0.50 | 0.2667 | 1.05 |
| 3.5 | 0.43 | 0.2286 | 0.90 |
| 4   | 0.38 | 0.2000 | 0.78 |
| 5   | 0.30 | 0.1600 | 0.63 |
| 8   | 0.19 | 0.1000 | 0.39 |
| 11  | 0.14 | 0.0727 | 0.29 |
| 15  | 0.10 | 0.0533 | 0.21 |

### ESPECTRO DE ACELERACIONES MOVIMIENTO SISMICO SEVERO



## Aceleración del suelo: 0.6g

### ESPECTRO DE ACELERACION PARA EL DISTRITO DE HUARAL

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| Acel. Suelo   | Z3: 0.6                     |
| Categoría     | C: Comunes                  |
| Tipo de Suelo | S2: Intermedio              |
| Sismo ¿?      | severo:                     |
| Regularidad   | Irregular                   |
| Elementos     | 3: Albañilería y sólo muros |
| Altura Hm     | 3                           |
| g (gravedad)  | 9.81 m/s <sup>2</sup>       |

Factor de Zona  
Factor de uso e importancia  
Tipo de suelo

|   |      |
|---|------|
| Z | 0.6  |
| U | 1    |
| S | 1.2  |
| C | 2.50 |
| R | 3    |

|     |      |
|-----|------|
| S/c | 0%   |
| Tp  | 0.6  |
| T   | 0.05 |
| Ct  | 60   |
| Ri  | 0.75 |

Sismo ¿? R  
Leve: 7  
Moderado: 6  
severo: 3

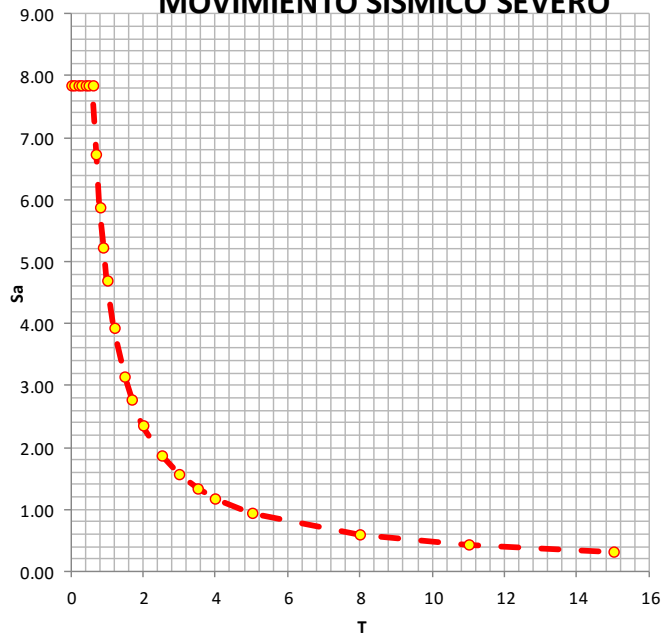
$$Sa = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * g$$

$$Sa = \left| \frac{1.2000}{T} \right| * g$$

severo:

| T   | C    | Sa/g    | Sa   |
|-----|------|---------|------|
| 0   | 2.50 | 12.0000 | 7.85 |
| 0.1 | 2.50 | 12.0000 | 7.85 |
| 0.2 | 2.50 | 6.0000  | 7.85 |
| 0.3 | 2.50 | 4.0000  | 7.85 |
| 0.4 | 2.50 | 3.0000  | 7.85 |
| 0.5 | 2.50 | 2.4000  | 7.85 |
| 0.6 | 2.50 | 2.0000  | 7.85 |
| 0.7 | 2.14 | 1.7143  | 6.73 |
| 0.8 | 1.88 | 1.5000  | 5.89 |
| 0.9 | 1.67 | 1.3333  | 5.23 |
| 1   | 1.50 | 1.2000  | 4.71 |
| 1.2 | 1.25 | 1.0000  | 3.92 |
| 1.5 | 1.00 | 0.8000  | 3.14 |
| 1.7 | 0.88 | 0.7059  | 2.77 |
| 2   | 0.75 | 0.6000  | 2.35 |
| 2.5 | 0.60 | 0.4800  | 1.88 |
| 3   | 0.50 | 0.4000  | 1.57 |
| 3.5 | 0.43 | 0.3429  | 1.35 |
| 4   | 0.38 | 0.3000  | 1.18 |
| 5   | 0.30 | 0.2400  | 0.94 |
| 8   | 0.19 | 0.1500  | 0.59 |
| 11  | 0.14 | 0.1091  | 0.43 |
| 15  | 0.10 | 0.0800  | 0.31 |

### ESPECTRO DE ACELERACIONES MOVIMIENTO SISMICO SEVERO



## Aceleración del suelo: 0.8g

### ESPECTRO DE ACELERACION PARA EL DISTRITO DE HUARAL

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| Acel. Suelo   | Z3: 0.8                    |
| Categoría     | C: Comunes                 |
| Tipo de Suelo | S2: Intermedio             |
| Sismo ¿?      | severo:                    |
| Regularidad   | : Irregular                |
| Elementos     | : Albañilería y sólo muros |
| Altura Hm     | : 3                        |
| g (gravedad)  | : 9.81 m/s <sup>2</sup>    |

Factor de Zona  
Factor de uso e importancia  
Tipo de suelo

|   |      |
|---|------|
| Z | 0.8  |
| U | 1    |
| S | 1.2  |
| C | 2.50 |
| R | 3    |

|     |      |
|-----|------|
| S/c | 0%   |
| Tp  | 0.6  |
| T   | 0.05 |
| Ct  | 60   |
| Ri  | 0.75 |

Sismo ¿? **R**  
Leve: 7  
Moderado: 6  
severo: 3

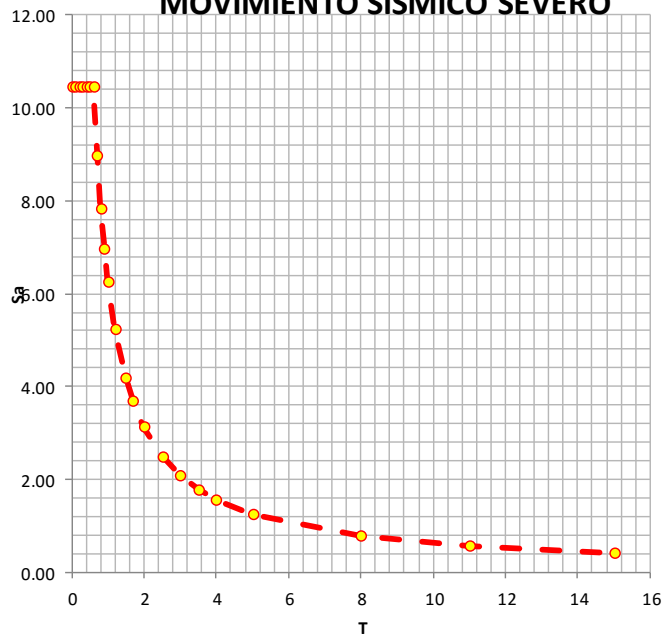
$$Sa = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * g$$

$$Sa = \left| \frac{1.6000}{T} \right| * g$$

severo:

| T   | C    | Sa/g    | Sa    |
|-----|------|---------|-------|
| 0   | 2.50 | 16.0000 | 10.46 |
| 0.1 | 2.50 | 16.0000 | 10.46 |
| 0.2 | 2.50 | 8.0000  | 10.46 |
| 0.3 | 2.50 | 5.3333  | 10.46 |
| 0.4 | 2.50 | 4.0000  | 10.46 |
| 0.5 | 2.50 | 3.2000  | 10.46 |
| 0.6 | 2.50 | 2.6667  | 10.46 |
| 0.7 | 2.14 | 2.2857  | 8.97  |
| 0.8 | 1.88 | 2.0000  | 7.85  |
| 0.9 | 1.67 | 1.7778  | 6.98  |
| 1   | 1.50 | 1.6000  | 6.28  |
| 1.2 | 1.25 | 1.3333  | 5.23  |
| 1.5 | 1.00 | 1.0667  | 4.19  |
| 1.7 | 0.88 | 0.9412  | 3.69  |
| 2   | 0.75 | 0.8000  | 3.14  |
| 2.5 | 0.60 | 0.6400  | 2.51  |
| 3   | 0.50 | 0.5333  | 2.09  |
| 3.5 | 0.43 | 0.4571  | 1.79  |
| 4   | 0.38 | 0.4000  | 1.57  |
| 5   | 0.30 | 0.3200  | 1.26  |
| 8   | 0.19 | 0.2000  | 0.78  |
| 11  | 0.14 | 0.1455  | 0.57  |
| 15  | 0.10 | 0.1067  | 0.42  |

### ESPECTRO DE ACELERACIONES MOVIMIENTO SISMICO SEVERO



## Aceleración del suelo: 1.0g

### ESPECTRO DE ACELERACION PARA EL DISTRITO DE HUARAL

|                      |                             |                             |          |      |            |      |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|------|------------|------|
| <b>Acel. Suelo</b>   | Z3: 1.0                     | Factor de Zona              | <b>Z</b> | 1    | <b>S/c</b> | 0%   |
| <b>Categoría</b>     | C: Comunes                  | Factor de uso e importancia | <b>U</b> | 1    | <b>Tp</b>  | 0.6  |
| <b>Tipo de Suelo</b> | S2: Intermedio              | Tipo de suelo               | <b>S</b> | 1.2  | <b>T</b>   | 0.05 |
| <b>Sismo ¿?</b>      | severo:                     |                             | <b>C</b> | 2.50 | <b>Ct</b>  | 60   |
| <b>Regularidad</b>   | Irregular                   |                             | <b>R</b> | 3    | <b>Ri</b>  | 0.75 |
| <b>Elementos</b>     | 3: Albañilería y sólo muros |                             |          |      |            |      |
| <b>Altura Hm</b>     | 3                           |                             |          |      |            |      |
| <b>g (gravedad)</b>  | 9.81                        | m/s <sup>2</sup>            |          |      |            |      |

**Sismo ¿?** R  
 Leve: 7  
 Moderado: 6  
 severo: 3

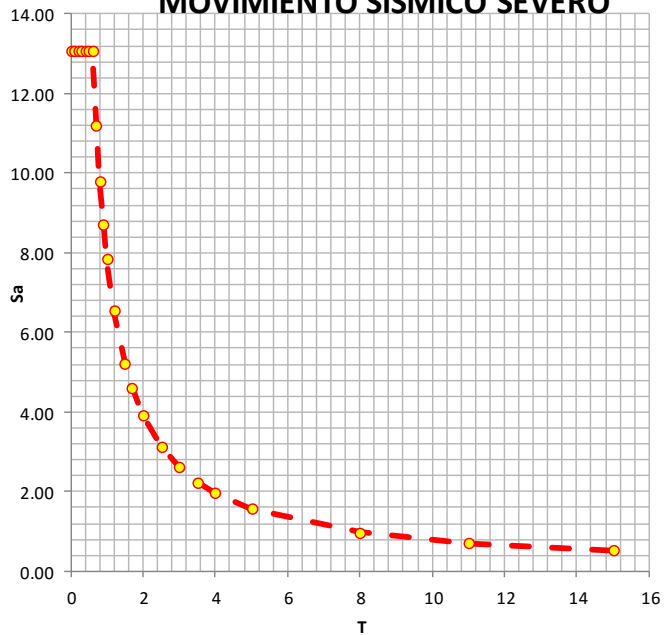
$$Sa = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * g$$

$$Sa = \left| \frac{2.0000}{T} \right| * g$$

severo:

| T   | C    | Sa/g    | Sa    |
|-----|------|---------|-------|
| 0   | 2.50 | 20.0000 | 13.08 |
| 0.1 | 2.50 | 20.0000 | 13.08 |
| 0.2 | 2.50 | 10.0000 | 13.08 |
| 0.3 | 2.50 | 6.6667  | 13.08 |
| 0.4 | 2.50 | 5.0000  | 13.08 |
| 0.5 | 2.50 | 4.0000  | 13.08 |
| 0.6 | 2.50 | 3.3333  | 13.08 |
| 0.7 | 2.14 | 2.8571  | 11.21 |
| 0.8 | 1.88 | 2.5000  | 9.81  |
| 0.9 | 1.67 | 2.2222  | 8.72  |
| 1   | 1.50 | 2.0000  | 7.85  |
| 1.2 | 1.25 | 1.6667  | 6.54  |
| 1.5 | 1.00 | 1.3333  | 5.23  |
| 1.7 | 0.88 | 1.1765  | 4.62  |
| 2   | 0.75 | 1.0000  | 3.92  |
| 2.5 | 0.60 | 0.8000  | 3.14  |
| 3   | 0.50 | 0.6667  | 2.62  |
| 3.5 | 0.43 | 0.5714  | 2.24  |
| 4   | 0.38 | 0.5000  | 1.96  |
| 5   | 0.30 | 0.4000  | 1.57  |
| 8   | 0.19 | 0.2500  | 0.98  |
| 11  | 0.14 | 0.1818  | 0.71  |
| 15  | 0.10 | 0.1333  | 0.52  |

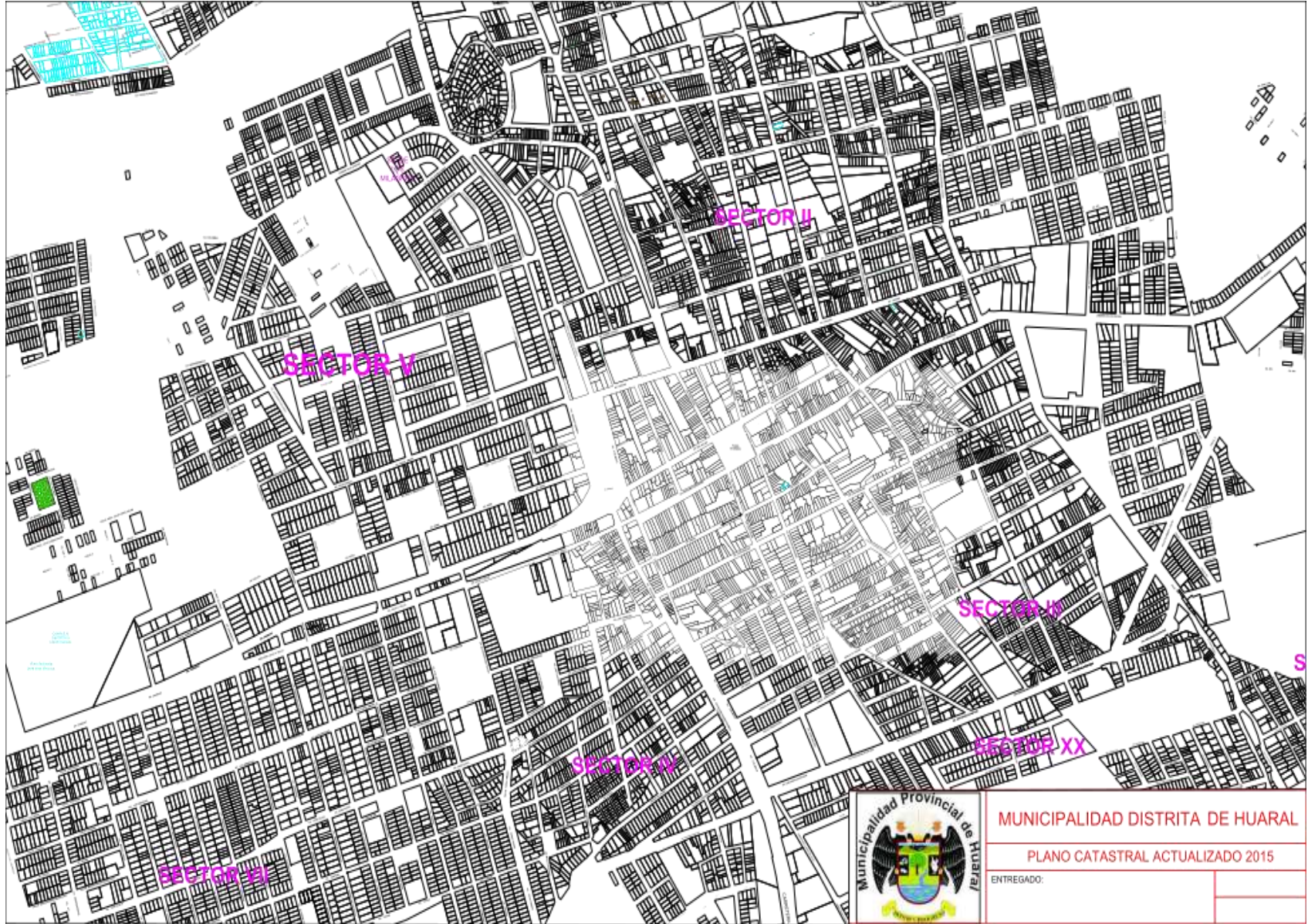
### ESPECTRO DE ACELERACIONES MOVIMIENTO SISMICO SEVERO



**ANEXO: 3**

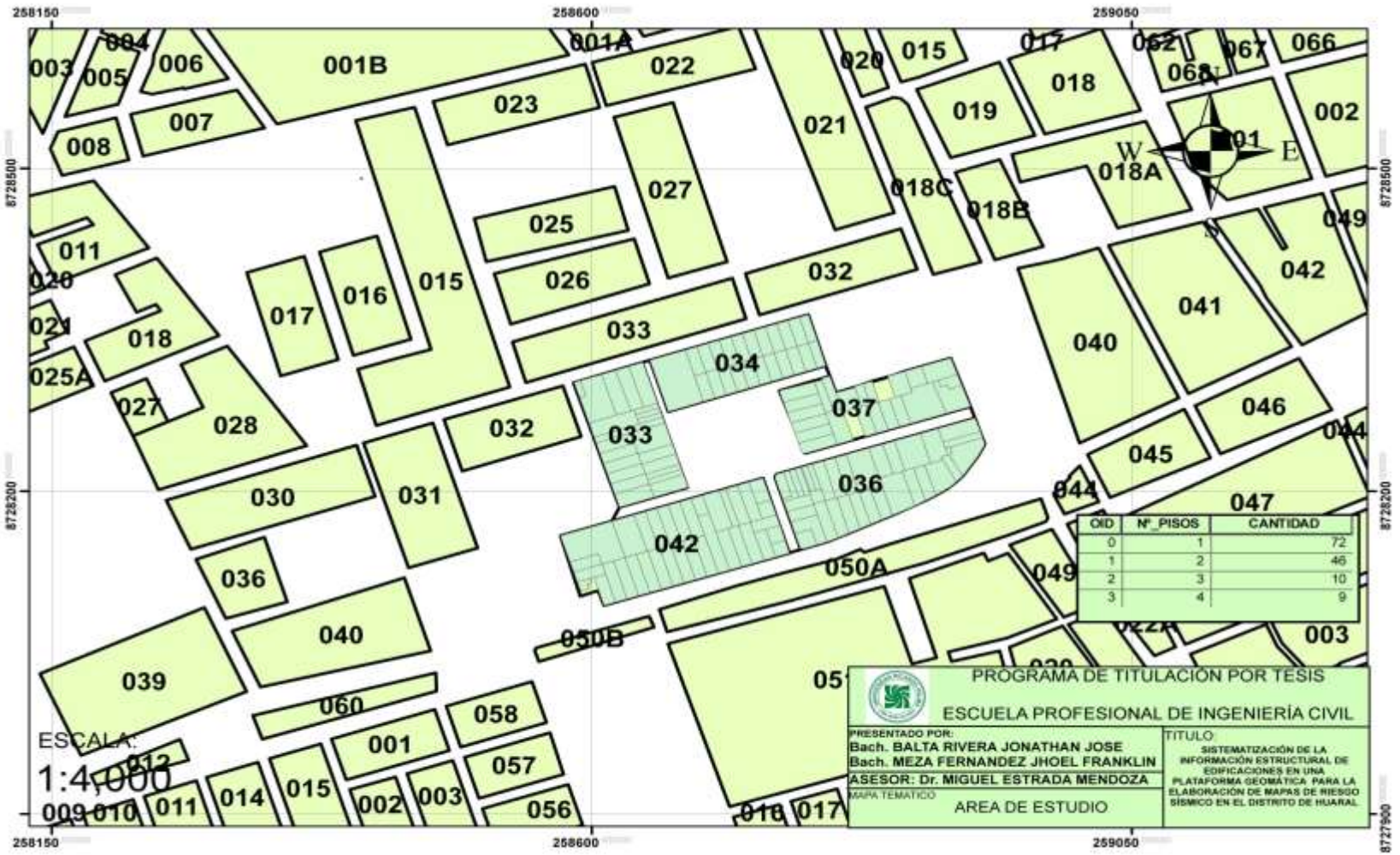
**PLANO CATASTRAL ACTUALIZADO 2015 DE LA CIUDAD  
DE HUARAL**





**ANEXO: 4**

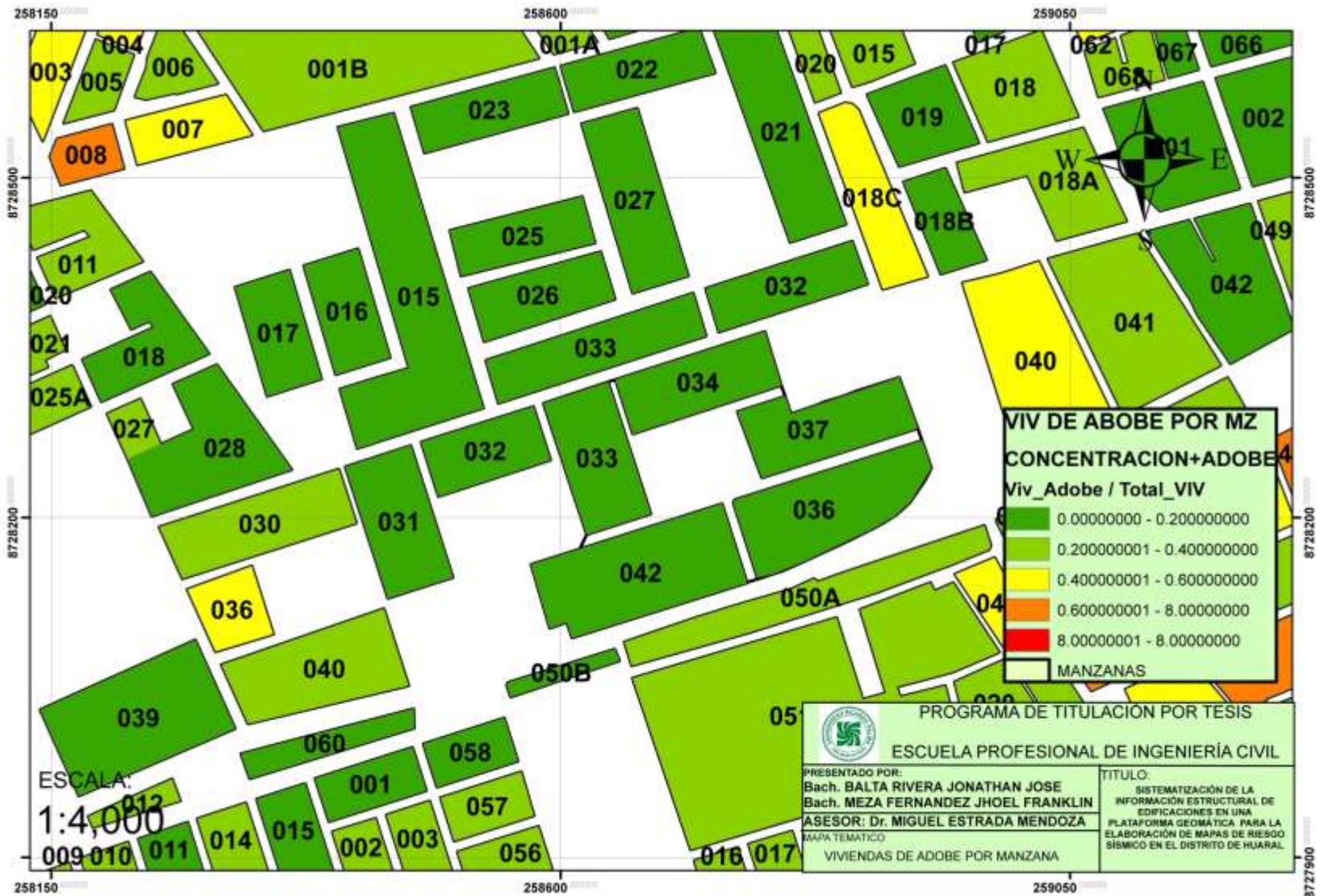
**MAPA TEMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL DE  
LOTES**

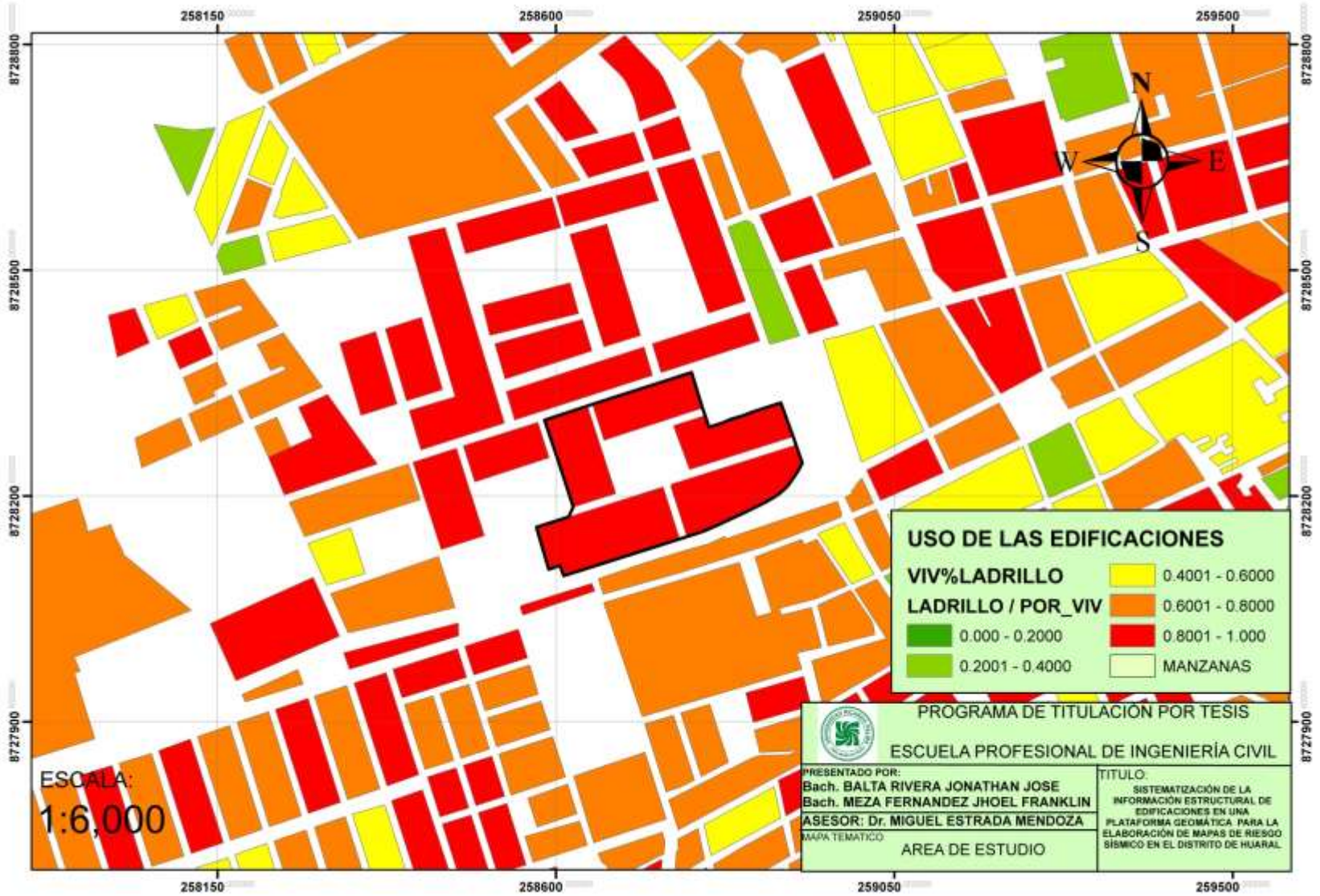


**ANEXO: 5**

**MAPA TEMÁTICO POR CONCENTRACIÓN DE VIVIENDA  
DE MADERA, ADOBE Y LADRILLO**



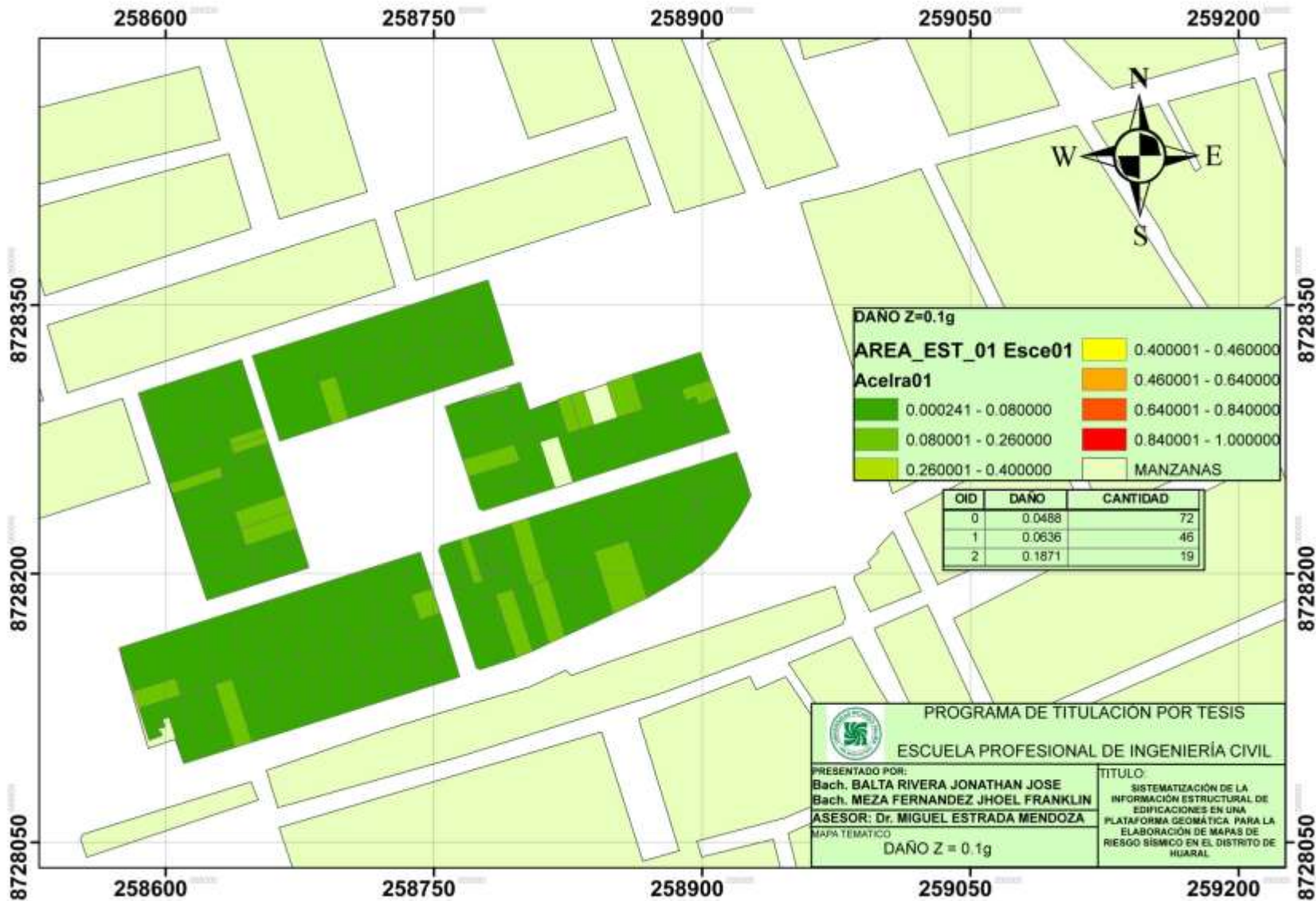


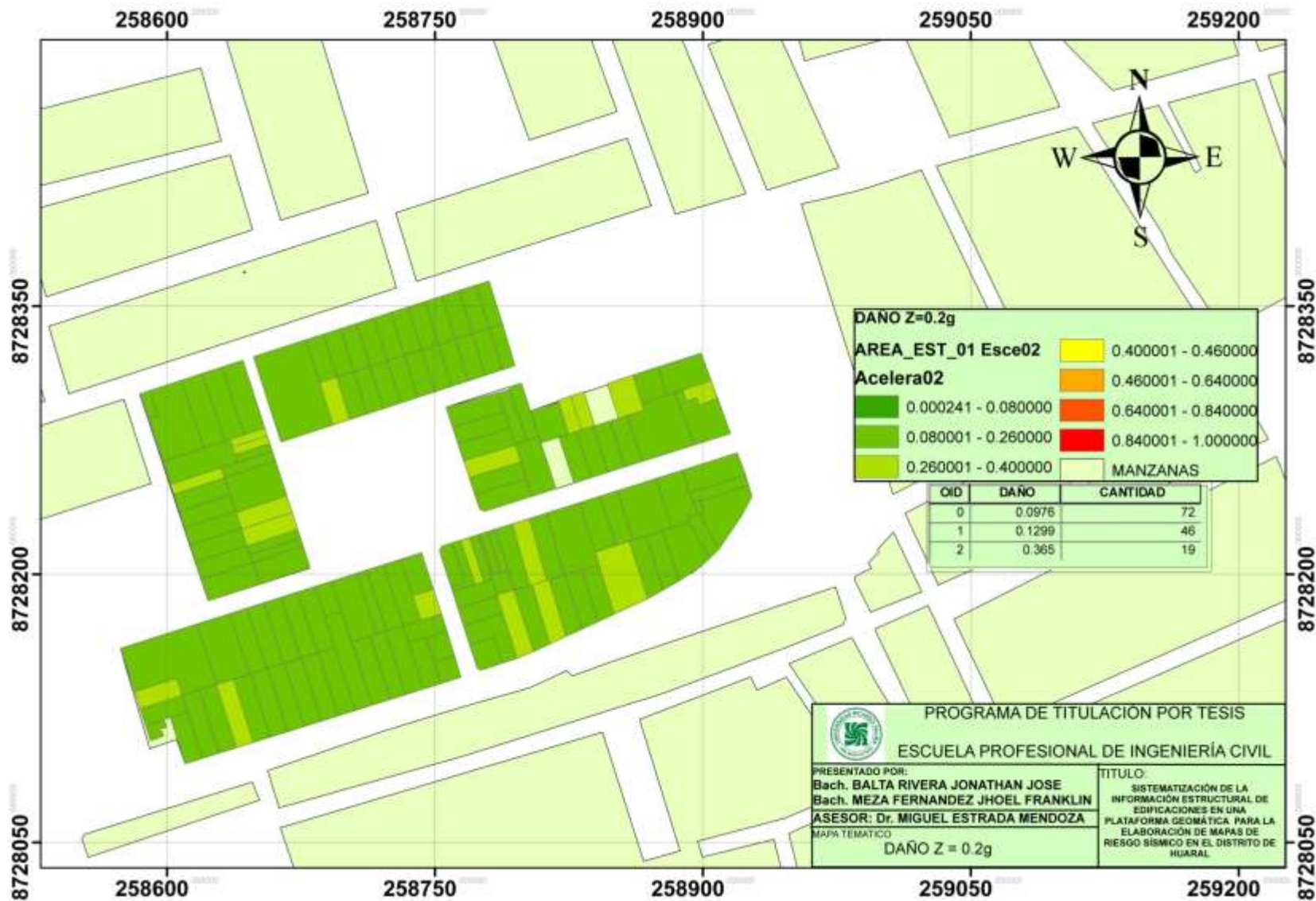


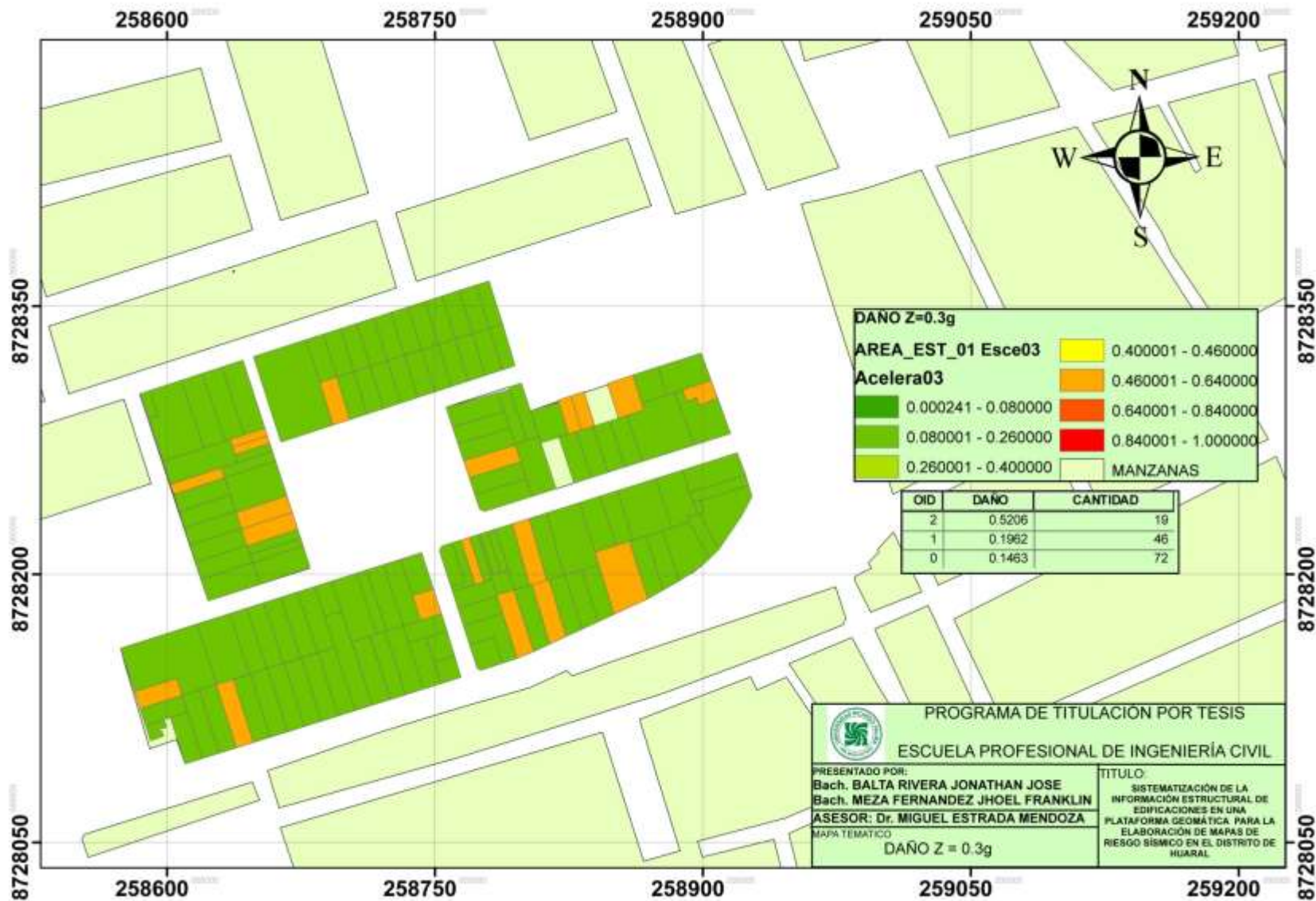
**ANEXO: 6**

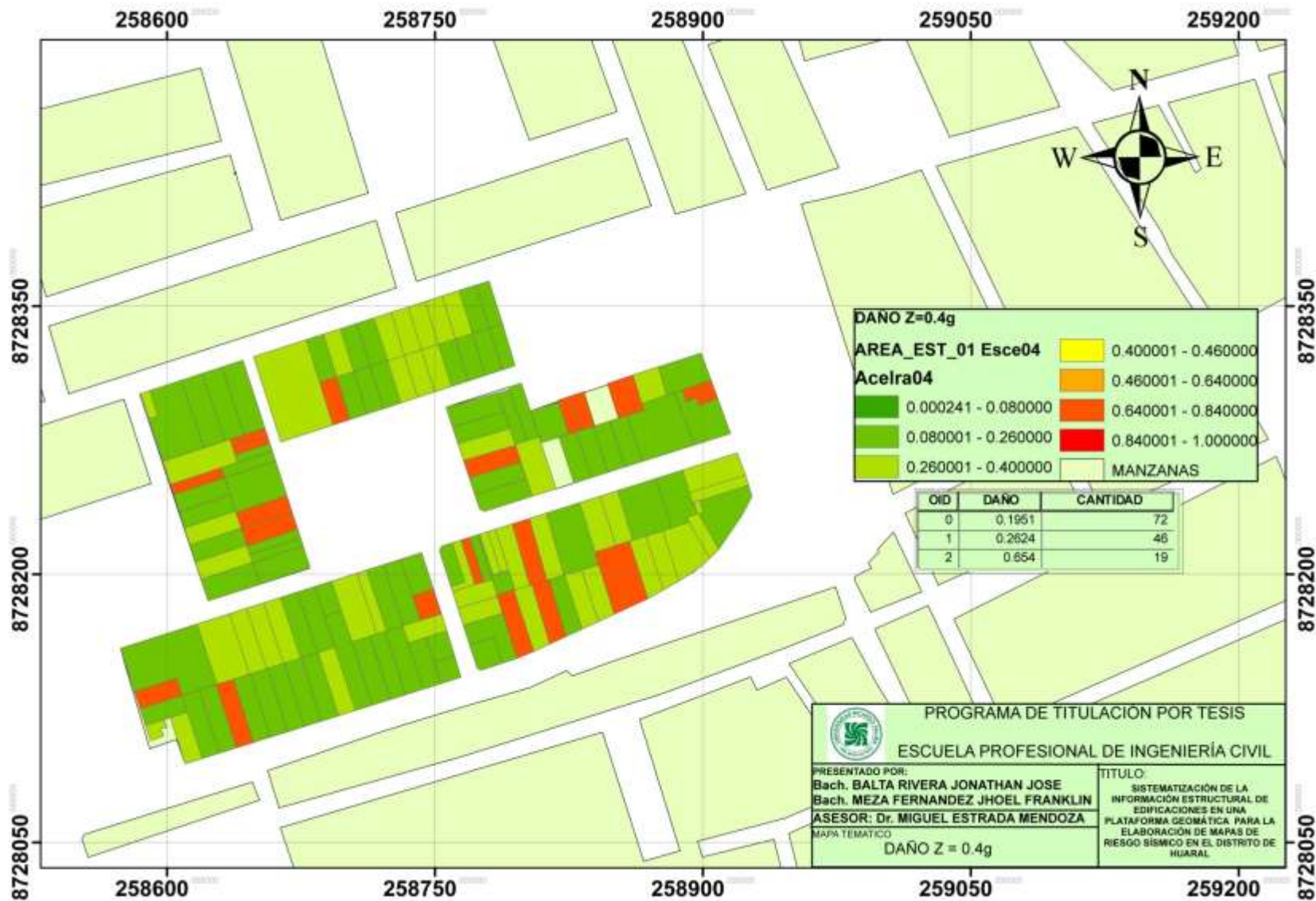
**MAPA TEMÁTICO DE DAÑO PARA DIFERENTES  
ACELERACIONES DE SUELO**

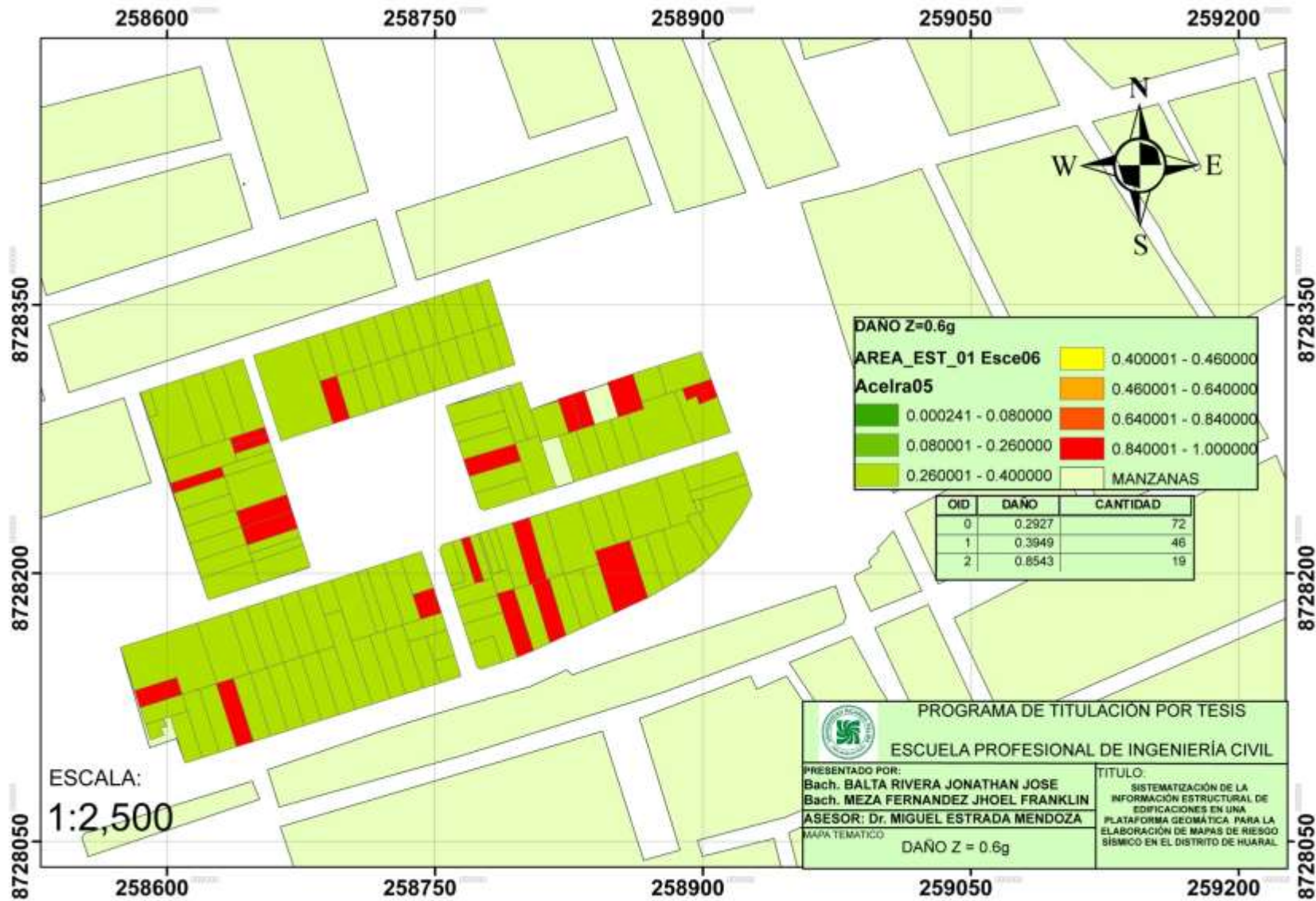


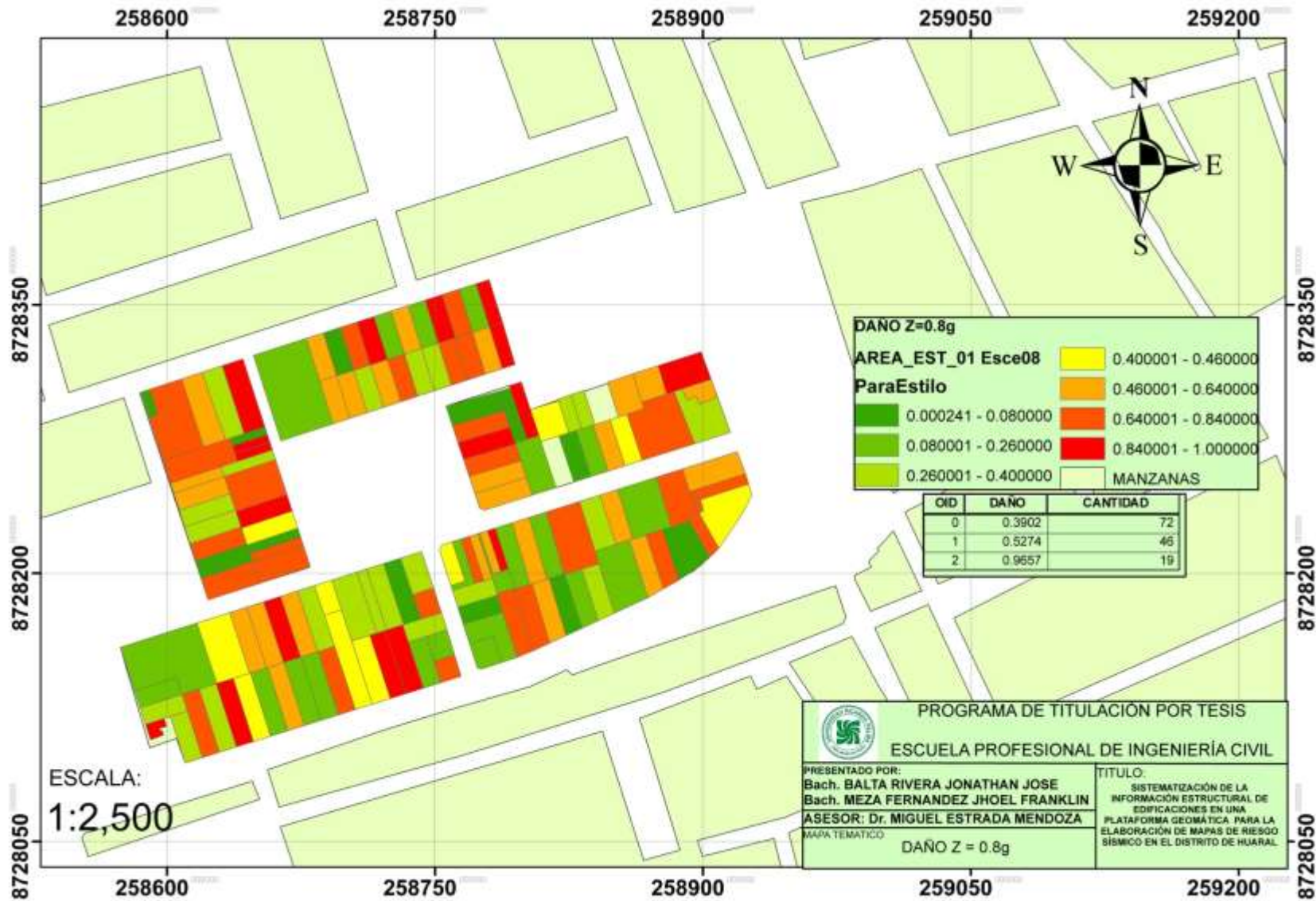


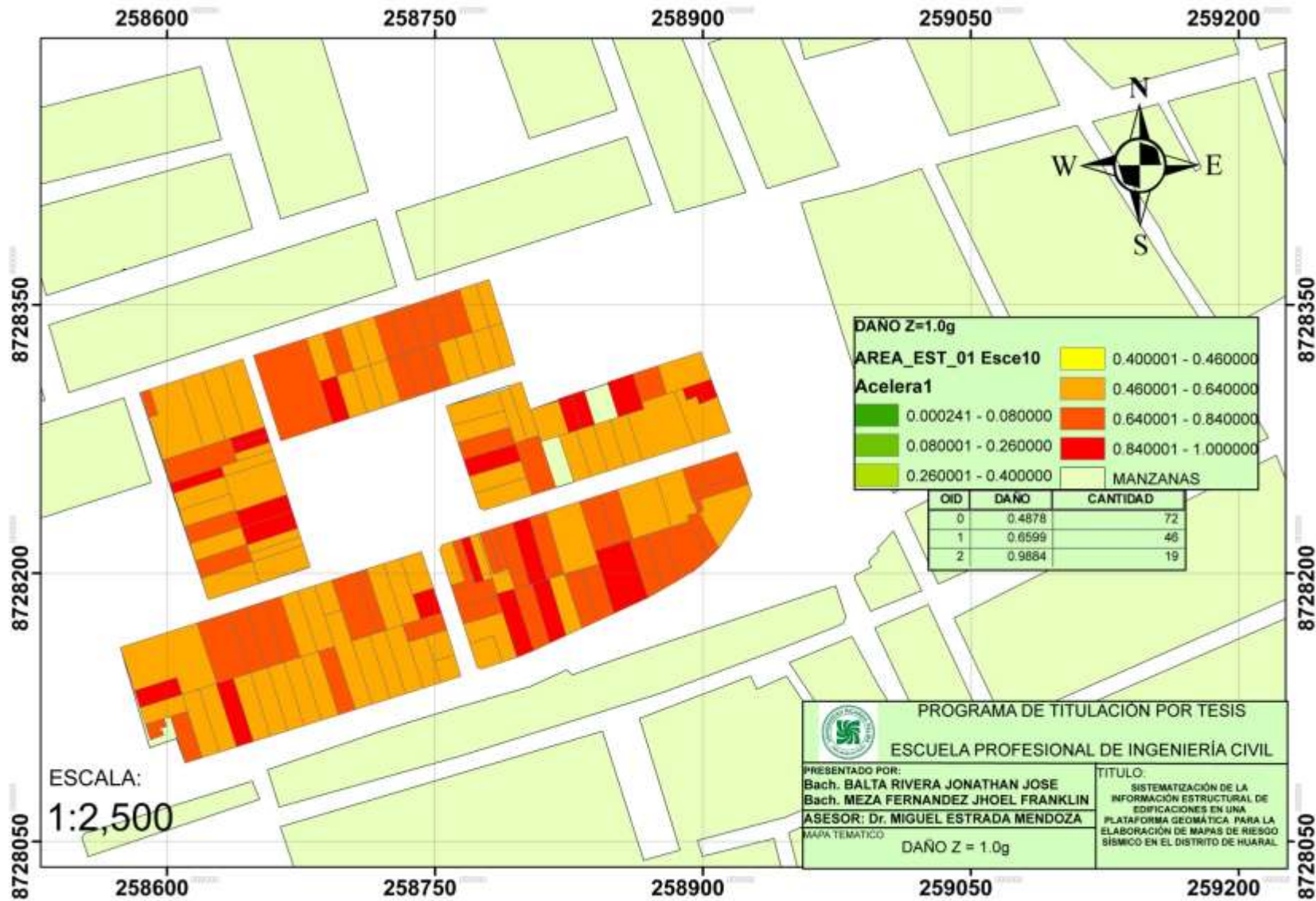


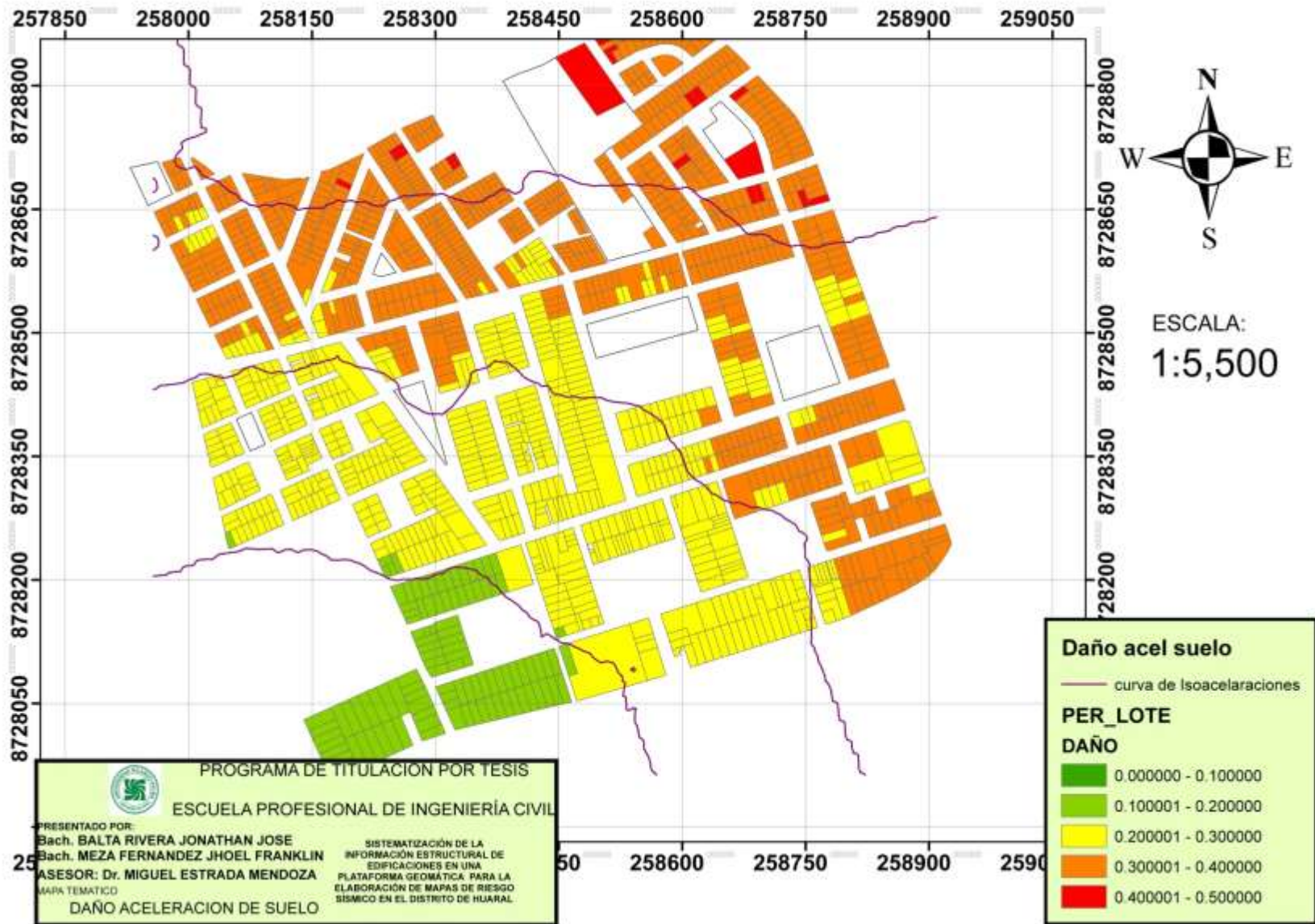




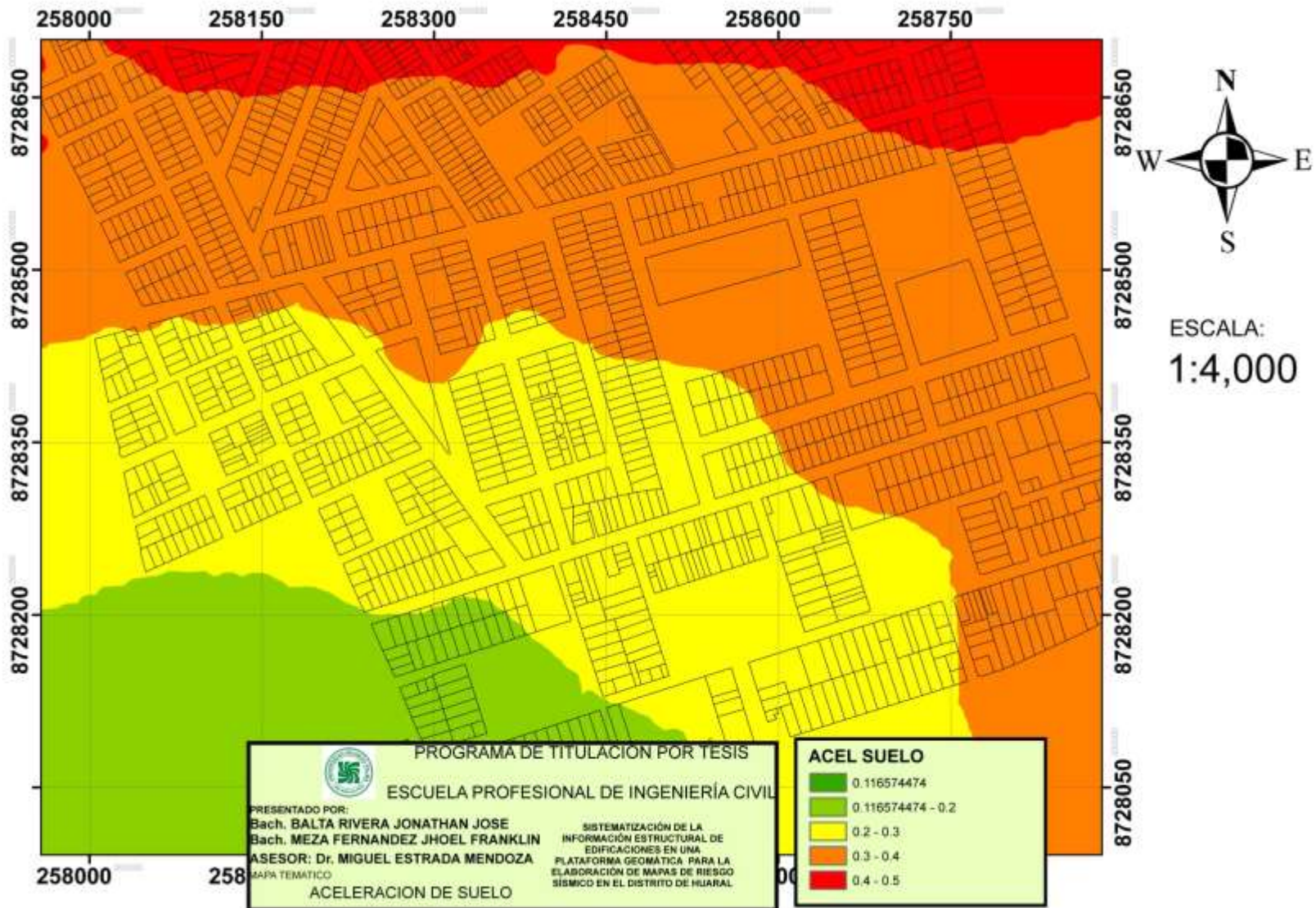






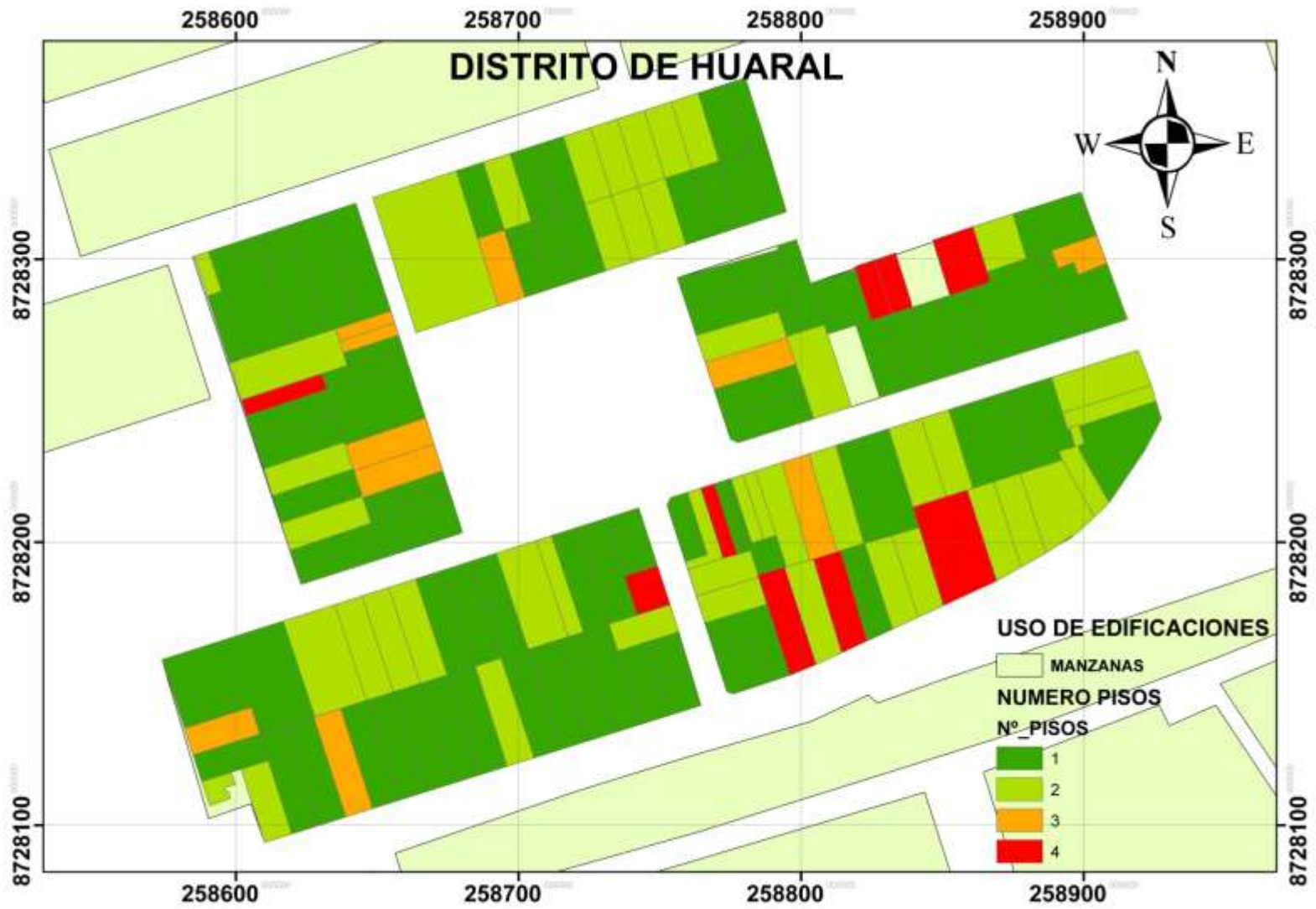






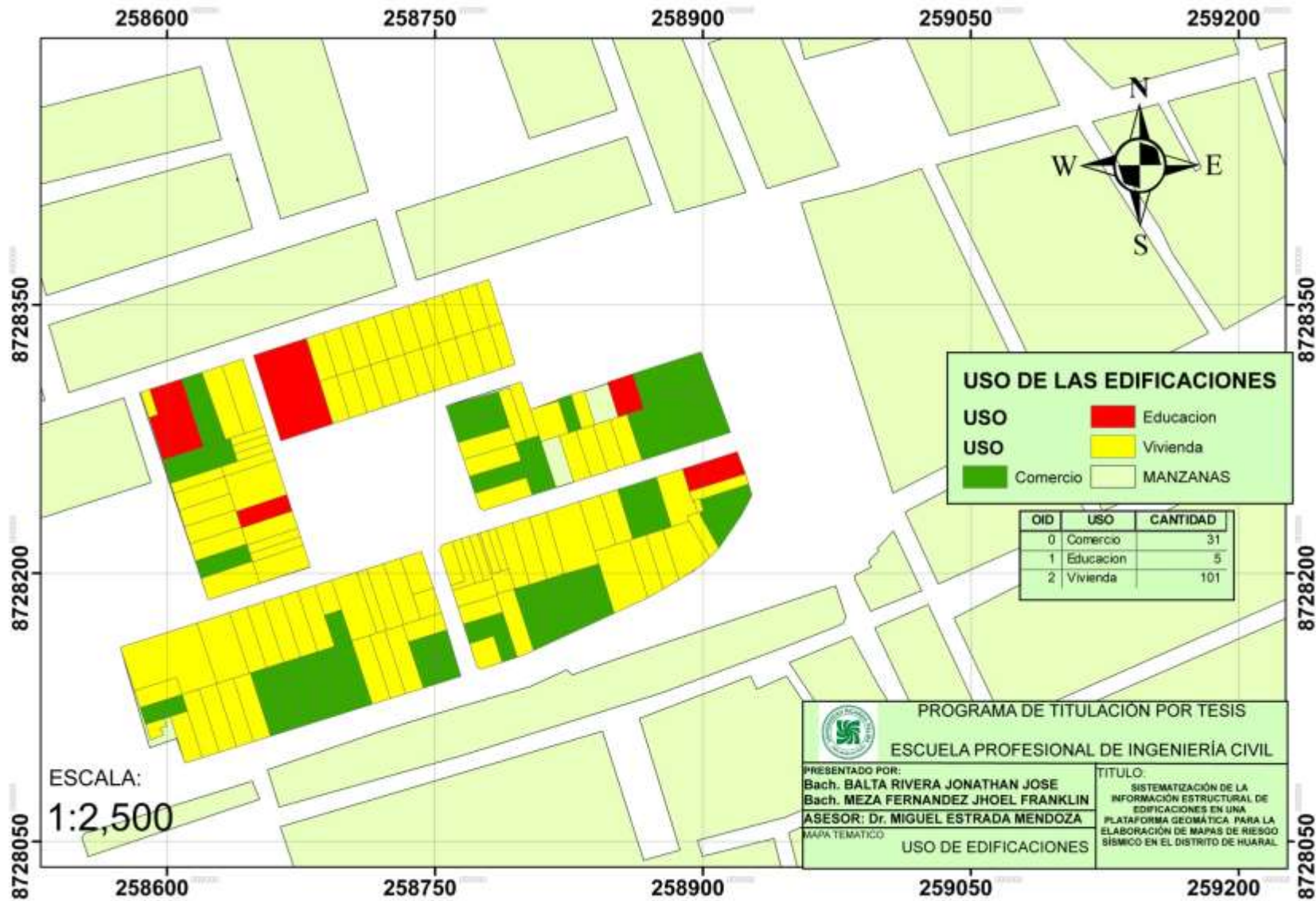
**ANEXO: 7**

**MAPA TEMÁTICO DE NUMERO DE PISOS DE LAS  
VIVIENDAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO**



**ANEXO: 8**

**MAPA TEMÁTICO DE USO DE LAS VIVIENDAS EN EL  
ÁREA DE ESTUDIO**



## **ANEXO: 9**

# **INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **PLANILLA PARA LA ENCUESTA**

**Instrumento para la recolección de datos**

**Zona encuestada:**.....

**Propietario:** .....

**Número de personas que habitan:**.....

**Edad:**.....

**Sexo:**.....

#### **1) Tipo de material de construcción**

a) Adobe    b) Quincha    c) albañilería confinada    d) concreto armado

#### **b) Número de pisos de edificación**

a) 1 piso    b) 2 pisos    c) 3 pisos    d) 4 pisos    e) 5 pisos

#### **c) Uso de edificación**

a) Comercio    b) Educación    c) Vivienda