

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



**SIMULACIÓN DE TSUNAMI PARA LA GENERACIÓN  
DE MAPAS DE INUNDACION Y DAÑO EN EL  
DISTRITO DE ANCÓN**

**TESIS**

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

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CASTILLEJO LUIS, GLADYS LISSETT  
Bach. ESPINOZA SALINAS, LIZBETH FIORELLA**

**ASESOR: Dr. ESTRADA MENDOZA, MIGUEL**

**LIMA – PERÚ**

**AÑO: 2015**

### **DEDICATORIA:**

La presente tesis se la dedico a dios y mi familia.

A Dios que a lo largo de mi vida cuidó de mí, guiándome en mi camino, estando siempre como mi gran apoyo ayudándome a aprender de mis errores y seguir creciendo como persona.

A mi familia que en cada momento de mi vida me ha apoyado para el logro de cada objetivo que me propusiera, siendo mi fuerza para esforzarme a lograr el cumplimiento de estas.

**Lizbeth**

A Dios por estar siempre a mi lado y permitirme subir un escalón más en la vida.

A mis padres quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación. Depositaron su entera confianza sin dudar ni un solo momento en mi capacidad.

**Lissett**

### **AGRADECIMIENTOS:**

En esta página queremos agradecer a la prestigiosa Universidad Ricardo Palma por nuestra formación profesional dándonos las herramientas para seguir creciendo profesionalmente día a día.

A nuestros estimados profesores quienes nos dieron sabiduría y conocimientos de sus propias experiencias las cuales nos sirven de guía.

A nuestro asesor el Dr. Miguel Luis Estrada Mendoza por sus consejos, paciencia y apoyo incondicional en la elaboración de nuestra tesis

A los distinguidos miembros del jurado calificador por compartir sus experiencias para el desarrollo y culminación de la tesis y que han valorado el esfuerzo realizado en la elaboración.

## ÍNDICE

RESUMEN	X
SUMMARY	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Descripción De La Realidad Problemática	2
1.2 Formulación del Problema	3
1.2.1 Problema principal	3
1.2.2 Problemas secundarios	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Importancia	3
Conveniencia	3
Relevancia social	4
Implicancia Prácticas	4
Viabilidad de investigación	4
1.5 Formulación de la Hipótesis	4
Hipótesis general	4
Hipótesis específicas	5
1.6 Identificación de Variables	5
Variable Independiente:	5
Variable Dependiente:	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la investigación:	6
2.2. Bases teóricas:	8
2.3. Definición de términos:	8
2.4. Sismicidad En El Perú	11
2.4.1. Sismos históricos y Tsunamis históricos	11
2.4.2. Fuentes Sísmicas	19

2.4.3. Sismos recientes y daños producidos	26
2.5. Tsunami	28
2.5.1. Origen	28
2.5.2. Tipos	29
2.6. Los Sistemas De Información Geográfica	31
2.6.1. Que es un SIG	31
2.6.2. Componentes de un SIG	36
2.6.3. Ventajas o fortaleza de los SIG	40
2.6.4. Aplicaciones de los SIG	41
2.6.5. Arcgis 10.2	42
CAPITULO III: DISEÑO METODOLOGICO	43
3.1. Tipo y nivel de la investigación:	43
Tipo de investigación: Aplicada.	43
Nivel de investigación	43
3.2. Método y diseño de la investigación:	43
3.3. Población y muestra:	44
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	44
3.4.1 Descripción de los instrumentos:	44
3.4.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos.	44
3.4.3. Técnica para el procesamiento	45
CAPÍTULO IV: RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	46
4.1. Datos de campo	46
4.2. Información Adquirida de Instituciones Oficiales	51
.CAPÍTULO V: ELABORACION DE LA BASE DE DATOS	53
5.1. Base de datos	53
CAPÍTULO VI: CÁLCULOS Y RESULTADOS:	56
6.1 Cálculo:	57
6.1.1. Cálculo de la Zona de Disturbación	57
6.1.2. Cálculo del Tiempo de Llegada de la Primera Ola	60
6.1.3. Calculo de Altura de la Ola Máxima	62
6.1.4. Calculo de la Probabilidad del Daños	65
6.2. Resultados:	69

6.2.1. Mapa de Lotes en la Zona de Estudio	69
6.2.2. Mapa de Curvas de Nivel	70
6.2.3. Mapa temático de materiales	72
6.2.4. Mapa de Zona de disturbación para los Escenarios 01 y 02	75
6.2.5. Mapa de Inundación de los Escenarios 01 y 02	76
6.2.6. Mapa de Estimación de Riesgo y Daño para los Escenarios 01 y 02	78
6.2.7. Zonas De Refugio	83
6.2.8. Estimación de Vulnerabilidad	90
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	96
ANEXO N°1 - Formato de Ayuda para Codificación del Lote.	98
ANEXO N°2 - Matriz de Consistencia	99
ANEXO N°3 - Fotos de Recolección de Datos de Campo	100
ANEXO N°4 - Descripción de Datos Estadísticos del INEI (*)	108
ANEXO N°5 - Reporte de Cálculo de Daño para los Escenarios Sísmicos	109
ANEXO N°6 - Reporte de Cálculo de Altura de Inundación	147
ANEXO N° 7 - AREA DE ESTUDIO	171
ANEXO N° 8 - Calculo de la Muestra	172
ANEXO N° 09 – 01 – Mapa de Lotes en Zona de Estudio.	173
ANEXO N° 09 – 02 – Mapa de Curvas de Nivel en Zona de Estudio.	174
ANEXO N° 09 – 03 – Mapa de Tipo de Vivienda en el Distrito de Ancón para la Zona de Estudio.	175
ANEXO N° 09 – 04 – Mapa de Zona de Disturbación Escenario E-01 Magnitud de 8.20	176
ANEXO N° 09 – 05 – Mapa de Zona de Disturbación Escenario E-02 Magnitud de 8.50	177
ANEXO N° 09 – 06 – Mapa de Viviendas Afectadas por Inundación de 7.00 para 8.20 (MW)	178
ANEXO N° 09 – 07 – Mapa de Viviendas Afectadas por Inundación de 11.30 para 8.50 (MW)	179
ANEXO N° 09 – 08 – Mapa de Estimación de Nivel de Riesgo y Daño de Viviendas para el Escenario E-01	180
ANEXO N° 09 – 09 – Mapa de Estimación de Nivel de Riesgo y Daño de Viviendas para el Escenario E-02	181
ANEXO N° 09 – 10 – Mapa General de Rutas de Evacuación y Zonas de Refugio	182

<b>Índice de Figuras</b>		<b><u>Pág.</u></b>
Figura N° 01	Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1964 - 2011.	12
Figura N° 02	Esquema que muestra la geometría de la subducción y la ubicación de las principales fuentes sismogénicas en el Perú.	13
Figura N° 03	Fuentes Sismogénicas De Subducción Superficiales y Fuentes Continentales en el Perú.	20
Figura N° 04	Fuentes Sismogénicas De Subducción Intermedia y Profunda.	21
Figura N° 05	Tipos de Falla: Normal, inversa y horizontal o de desgarro.	28
Figura N° 06	Principales placas tectónicas de la Tierra.	28
Figura N° 07	Capas de información para un SIG.	33
Figura N° 08	Componentes de un SIG.	36
Figura N° 09	Componentes de un hardware.	38
Figura N° 10	Lotes de un valor "0" de Nro de Pisos.	46
Figura N° 11	Recorrido de la Visita N°01 al Distrito de Ancón.	48
Figura N° 12	Sectores donde se tomaran los datos de Campo.	49
Figura N° 13	Recolección de datos en los sectores "A" y "B" Visita N°02 al Distrito de Ancón.	50
Figura N° 14	Recolección de datos en los sectores "C" y "D" Visita N°03 al Distrito de Ancón.	50
Figura N° 15	Recolección de datos en los sectores "E" y "F" Visita N°04 al Distrito de Ancón.	51
Figura N° 16	Plano Topográfico 13-a del Distrito de Ancón.	52
Figura N° 17	Curvas de Fragilidad del Tsunami para Determinar la Probabilidad de Daño.	54
Figura N° 18	Curvas de Fragilidad de Locación en American Samoa y Dichato.	65
Figura N° 19	Programación para Cálculo de Daño para el E-01.	66
Figura N° 20	Programación para Cálculo de Daño para el E-02.	67
Figura N° 21	Ventana de Cálculo.	67
Figura N° 22	Ventana de resultados del Cálculo de Daño.	68
Figura N° 23	Mapa de Lotes en Zona de Estudio.	70
Figura N° 24	Mapa de Curvas de Nivel en zona de estudio.	71
Figura N° 25	Ventana de Registro de datos en Google Earth.	71
Figura N° 26	Mapa de tipo de vivienda en el distrito de Ancón para la zona de estudio.	72
Figura N° 27	Tabla Resumen de Tipo de Vivienda en el Distrito de Ancón.	73
Figura N° 28	Tabla Resumen de Numero de Pisos en el Distrito de Ancón.	73
Figura N° 29	Mapa de Zona de Disturbación para el Escenario 01 Magnitud de 8.20.	75

Figura N° 30	Mapa de Zona de Disturbación para el Escenario 02 Magnitud de 8.50.	76
Figura N° 31	Mapa de Viviendas Afectadas por Inundación de 7.00 para 8.20 (MW).E-01.	77
Figura N° 32	Mapa de Viviendas Afectadas por Inundación de 11.30 para 8.50 (MW).E-02.	78
Figura N° 33	Tabla de Nivel de Daño para el escenario E-01.	79
Figura N° 34	Tabla de Nivel de Daño para el escenario E-02.	80
Figura N° 35	Mapa de Estimación de Niveles de Riesgo y Daño para el Escenario 01.	80
Figura N° 36	Mapa de Estimación de Niveles de Riesgo y Daño para el Escenario 02.	82
Figura N° 37	Mapa General de Rutas de Evacuación y Zonas de Refugio.	85
Figura N° 38	Refugio N° 01.	86
Figura N° 39	Refugio N° 02.	86
Figura N° 40	Refugio N° 03.	87
Figura N° 41	Refugio N° 04.	87
Figura N° 42	Refugio N° 05.	88
Figura N° 43	Refugio N° 06.	88
Figura N° 44	Refugio N° 07.	89



<b>Índice de Tablas</b>		<b><u>Pág.</u></b>
Tabla N° 01	Operacionalización de las Variables e Indicadores.	5
Tabla N° 02	Cronología Sismos Y Tsunamis Históricos En El Área De Influencia .	15
Tabla N° 03	Coordenadas Geográficas De Las Fuentes De Subducción Superficiales De Las Fuentes Continentales.	22
Tabla N° 04	Coordenadas Geográficas De Las Fuentes De Subducción Intermedias y Profundas.	23
Tabla N° 05	Parámetros Sísmicos Calculados En Base A Magnitudes Ms.	24
Tabla N° 06	Parámetros Sísmicos Calculados En Base A Magnitudes Mw.	25
Tabla N° 07	Tabla Cronológica de SIG.	34
Tabla N° 08	Softwares SIG.	38
Tabla N° 09	Ventajas e inconvenientes de la estructura vectorial y raster.	39
Tabla N° 10	Información Geográfica y SIG al uso.	42
Tabla N° 11	Tipos de vivienda.	47
Tabla N° 12	Resumen de Parámetros Estadísticos del Desarrollo de las Curvas de Fragilidad.	54
Tabla N° 13	Cálculo de Elipse.	59
Tabla N° 14	Calculo de llegada de la Primera Ola para el escenario E-01.	60
Tabla N° 15	Calculo de llegada de la Primera Ola para el escenario E-02.	61
Tabla N° 16	Cálculo de Altura de la primera Ola.	64
Tabla N° 17	Escala de daños del estudio.	83
Tabla N° 18	Material de Construcción Predominante.	91
Tabla N° 19	Altura de viviendas.	92

## RESUMEN

El Perú es un país que se encuentra localizado en cinturón de fuego, zona donde ocurren el 90% de las actividades sísmicas del mundo, ocasionando pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales, por lo que es necesario tomar las precauciones para salvaguardar el bienestar de la población que vive en estas zonas.

En Perú existen dos placas que se encuentran en la subsuelo del océano pacífico, la placa de Nazca (oceánica) que ocupa una gran parte del océano pacífico y cuyo borde colisiona con la placa sudamericana (continental) originando un proceso de convergencia de la placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana originando sismos pueden dar origen a tsunamis.

Este trabajo de investigación contempla la simulación de tsunamis de diferentes magnitudes históricas: 8.2 Mw (Lima –Callao 1940) y 8.5 Mw (Japon-2011) con las que se obtuvieron dos escenarios de tsunami de estudio para el distrito de Ancón.

Cuyo epicentro de sismo fue tomado en  $11^{\circ}32'7.65''S$ ,  $77^{\circ}46'17.31''O$  a 70 km de la costa del Distrito de Ancón, del cual partimos los siguientes resultados: Tiempo de llegada de la primera ola para los dos escenarios, cálculo de la altura máxima de la ola empleando las formulas empíricas de Yamaguchi y Silgado. Obteniendo como resultado la probabilidad del daño con las curvas de fragilidad de Dichato y American Samoa esto en relación al tipo de material predominante de la zona de estudio.

Todos los resultados que se obtuvo con la plataforma S.I.G fueron representados en mapas y diagramas estadísticos.

De los cuales podemos decir que en el distrito de Ancón para los dos escenarios se obtuvieron resultados para poder planificar y mitigar los efectos que trae consigo un tsunami haciendo conocer el probable comportamiento del tsunami mostrando en los mapas cuales son las áreas que serán afectadas con los cuales se podrá tomar planes de contingencia.

**Palabras claves:** Tsunami, Inundación, Daño, Curvas, Fragilidad, SIG, Riesgo, Mapas, Altura, Magnitud.

## SUMMARY

Peru is a country that is located in the Ring of Fire, an area where 90% of the world's seismic activity occur, causing life's human and property losses, making it necessary to take precautions to safeguard the welfare of the people living in these areas.

In Peru there are two plaques found in the subsoil of the Pacific Ocean, the Nazca plate (oceanic) that occupies a large part of the Pacific Ocean and whose edge collides with the South American plate (continental) causing a process of convergence of the Nazca plate under the South American plate, causing earthquakes that may give rise to tsunamis.

This research involves the simulation of tsunamis from different historical magnitudes: 8.2 Mw (Lima -Callao 1940) and 8.5 MW (Japan, 2011). We obtained two study tsunami scenarios for the district of Ancon.

The epicenter of the Earthquake was taken in  $11^{\circ}32'7.65''S$ ,  $77^{\circ}46'17.31''W$  at 70 km from the coast district of Ancon, of these we assume the following results: Time of arrival of the first sea wave for the two scenarios, calculation of the max height of the sea wave using empirical formulas of Yamaguchi and Silgado. Obtaining as a result the likelihood of damage with the fragility's curves of Dichato and American Samoa in relation to this type of predominant material of the study area.

All the results obtained with the GIS platform , were represented in maps and statistical charts.

In the two scenarios of the district of Ancon were obtained results to plan and mitigate the effects that brings a tsunami, making known the likely behavior of the tsunami, this work shows the maps the areas that will be affected and these could have contingency plans.

**Keywords:** Tsunami, Flood, Damage , Curves, Fragility, GIS Risk Map , Height , Magnitude.

## **INTRODUCCIÓN**

El Perú es un país que se encuentra localizado en cinturón de fuego, zona donde ocurren el 90% de terremotos del mundo y el 80% de los más grandes según U.S. Geological Survey Earthquakes FAQ 2015, a lo largo de nuestra historia sísmica encontramos que se dieron origen tsunamis que afectaron a la población de Lima existiendo pérdida de vidas humanas, pérdidas materiales y pérdidas económicas.

Al vivir en una zona donde estamos expuestos al riesgo de ocurrencia de estos fenómenos naturales tenemos que tomar las medidas de previsión, prevención, para disminuir nuestra vulnerabilidad ante estos fenómenos por lo que es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de este fenómeno para poder planificar a partir de estos.

Por lo que en este trabajo de investigación simularemos tsunamis históricos que podrían ocurrir en las playas de Ancón de diferentes magnitudes con el fin de generar mapas de inundación y daño para el Distrito de Ancón con los cuales se podrá elaborar planes de contingencia y medidas de prevención ante el suceso de un tsunami.

El trabajo de campo se realizó en poblaciones cercanas a la playa en Ancón, habiéndose recopilado información en cuatro días de trabajo de campo entre diferentes comunidades.

Este documento cuenta con seis capítulos el primer capítulo describe la investigación, en el segundo capítulo se refiere al marco teórico donde se mencionan temas de importancia para la elaboración y comprensión de esta investigación como la sismicidad en el Perú existiendo sismos y tsunamis históricos ocurridos, también se refiere a las fuentes sísmicas, entre otros temas; el tercer capítulo es referente al diseño metodológico que es una explicación del plan de investigación que ha guiado nuestro trabajo, el cuarto capítulo se refiere a recopilación de la información, el capítulo cinco sobre la elaboración de base de datos y el capítulo seis es sobre los cálculos y resultados de la investigación,

## **CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Descripción De La Realidad Problemática**

El Perú está ubicado en una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra la cual es llamada Cinturón Circumpacífico, Cinturón de Fuego del Pacífico o también conocido Anillo de Fuego del Pacífico. Zona donde ocurren la mayor cantidad de sismos y tsunamis, los que son responsables de numerosas pérdidas de vidas y pérdidas materiales que perturbaría el orden económico, demográfico y social de nuestro país.

La cronología histórica de los tsunamis registrados da a conocer la constante amenaza en las costas de nuestro país.

Uno de los mayores tsunamis que se originaron en nuestra costa es la ocurrida en el año de 1746 originada por el mayor terremoto en el centro del Perú de 9.0Mw de Magnitud con una Intensidad de X MM a las 22:30 horas local, en el epicentro 12.0°S, 77.2° W (es un valor estimado de su localización) estando en el mar noroeste del Callao.

Este maremoto local destruyó la ciudad del Callao y produjo la muerte de más de 5,000 personas, solo quedando como sobrevivientes un total de 200 personas (4 %). De los 23 barcos anclados en el puerto, 19 fueron hundidos y 5 llevados por las olas tierra adentro; uno de ellos, el bergantín San Fermín, fue varado en lo que ahora corresponde a la esquina del mercado del Callao, donde se encuentra la cruz blanca a 1.5 km tierra adentro. (Castillo A. & Alva J., s.f.)

Debido que la amenaza de que se origine un tsunami no se puede eliminar o disipar, lo que se realizara es disminuir la vulnerabilidad para lo que es necesario el conocimiento teórico de cómo se originan, cuál es su patrón de comportamiento, se deberá predecir las posibles aceleraciones que podrían ocurrir en un lugar determinado que origine un tsunami en el Distrito de Ancón, con lo cual se podrá simular el comportamiento del tsunami en una plataforma SIG y se podrá definir qué zonas son las áreas potenciales de inundación. Con estos resultados se podrá planear las medidas de previsión, prevención como

realizar planes de contingencia y mitigación, minimizando el riesgo ante este fenómeno natural.

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema principal**

¿Cómo establecer simulaciones de Tsunamis, para generar mapas de inundaciones y daño en el Distrito de Ancón?

### **1.2.2 Problemas secundarios**

a) ¿Cómo desarrollar el cálculo de los parámetros de inundación por Tsunami perteneciente al Distrito de Ancón?

b) ¿Cómo elaborar mapas de inundación y daño por efecto de Tsunamis en el Distrito de Ancón?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Simular Tsunamis para la generación de mapas de inundación y daño para minimizar la vulnerabilidad y riesgo en el Distrito de Ancón.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

a) Desarrollar el cálculo de los parámetros de inundación por Tsunami perteneciente al Distrito de Ancón para obtener la profundidad de inundación y probabilidad de daño.

b) Elaborar mapas de inundación y daño por efectos de tsunamis para minimizar la vulnerabilidad y riesgo en las edificaciones ubicadas en el Distrito de Ancón.

## **1.4 Importancia**

### **Conveniencia**

La conveniencia de la investigación será elaborar los mapas de inundación por tsunami para minimizar la vulnerabilidad y riesgo por efecto de Tsunamis en el Distrito de Ancón, dando conocer a la población el riesgo al cual está expuesto, ante este fenómeno natural el cual no puede ser minimizado, pero mediante

esta herramienta se podrá tomar medidas preventivas, como planes de contingencia que permite reducir el riesgo.

### **Relevancia social**

Las universidades tienen como un fin importante realizar investigaciones, las cuales deben ser trascendentes y mediante la tecnología, resolver la problemática de la población.

Cumpliendo esta premisa este trabajo de investigación pretende realizar un aporte a la comunidad de Ancón, generando mapas de inundación y daño ante futuros Tsunamis y proponer alternativas de solución, para prevenir pérdidas humanas y daños materiales relacionados a este fenómeno natural.

### **Implicancia Prácticas**

Al generar mapas de inundación y daño mediante simulaciones de Tsunamis se podrá utilizar esta herramienta para proponer alternativas de reforzamiento de estructural de las edificaciones, planes de contingencia y planificación urbana para las futuras edificaciones en el distrito de Ancón.

### **Viabilidad de investigación**

Es viable el trabajo de investigación por tener al alcance las herramientas necesarias (planos topográficos, plano catastral de la zona de estudio y parámetros de formulación), contando además con la tecnología del software ArcGIS en los laboratorios de la Universidad Ricardo Palma.

A su vez se cuenta con los recursos económicos para el desarrollo de la presente investigación.

## **1.5 Formulación de la Hipótesis**

### **Hipótesis general**

A través de la simulación numérica de los parámetros de origen de un tsunami, se pueden elaborar mapas de inundación y daño en zonas urbanas, en el distrito de Ancón.

### Hipótesis específicas

a) Al desarrollar el cálculo de los parámetros de inundación por Tsunami se obtendrá la profundidad de inundación y probabilidad de daño.

b) Al elaborar mapas de inundación y daño por efectos de tsunamis se podría minimizar la vulnerabilidad y riesgo en las edificaciones ubicadas en el Distrito de Ancón.

### 1.6 Identificación de Variables

**Variable Independiente:** Magnitud del Sismo, Altura de Inundación (Tabla N° 01 ).

**Variable Dependiente:** Mapas de Inundación y Daño en Ancón (Tabla N° 01

**TABLA N° 01: Operacionalización de las Variables e Indicadores**

Variable	Indicadores	Índices	Instrumento
Mapas de Inundación y Daño en Ancón	Zonas críticas	Planos topográfico /plano catastral	Planos
	Rutas de evacuación	Planos topográficos, planos catastrales.	Planos
	Potencial de daño,	Curva de fragilidad de Daño, No. Pisos, Material, Sistema Estructural, Estado de Conservación.	Cuadro y Fichas



## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación:

Los antecedentes a nuestra investigación serán presentados en los siguientes resúmenes

- Ochoa, A (2012). **Aplicación de los Sistemas de Información Gráfica para La Determinación de Escenarios de Riesgo en el Balneario de Pucusana**. Tesis Profesional, Universidad que Nacional Mayor de San Marcos.

Resumen: El Perú es afectado por la interacciones de las Placas de Nazca y la Placa continental originando alta actividad sísmica dando origen de tsunamis y sismos generando pérdidas. Por lo que se necesita la generación de escenarios simulados de estos fenómenos para poder tomar decisiones antes, durante y después de producirse.

Por lo que esta investigación determina escenarios de riesgos producidos por sismos y tsunamis de gran magnitud con consideraciones importantes del tipo de suelo del área de estudio, tipo de estructuras, distribución de peligros antrópicos y el nivel de residencia.

Tomando como base datos para el estudio de investigación la clasificación de las viviendas según su material de construcción, Nro. de pisos según la antigüedad de las viviendas, su estado de conservación, deterioro por humedad, su estado de daños por sismos anteriores, sistema constructivos, uso de alero, peligros antrópicos, según el nivel de resiliencia de la población los cuales fueron ingresados en capas en el SIG(Sistemas De Información Geográfica) Arcgis 9.3 donde se realizó su modelamiento, con la utilización del método de Max Wyss.

- Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES – Abril 2009. **“DISEÑO DE ESCENARIO SOBRE EL IMPACTO DE UN SISMO DE GRAN MAGNITUD EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO”**

Resumen: El Perú se encuentra ubicado en una zona con alto peligro de ocurrencia de sismos y tsunamis, la cual ha crecido sin alguna

planificación y control, las ciudades se ubican en lugares de alto riesgo sísmico y en algunos casos riesgo de inundación por tsunami.

Se suma a esto los pocos estudios que muestran el posible comportamiento de los fenómenos sísmico y tsunami relacionados con los tipos de suelos existentes, para la estimación de la vulnerabilidad de las estructuras existentes, para lo cual se necesita información cualitativa como las características de las edificaciones existentes, densidad poblacional la cual se recolectó en el último censo de la INEI del año 2007 pero no está procesada la información a nivel de manzana, a este nivel se encuentra en el censo del año de 1993 pero hasta este momento no existe la realización de un nuevo censo.

Es un estudio donde se realiza la estimación del peligro y vulnerabilidad ante sismos y tsunamis, la estimación del escenario de riesgo y magnitud de los impactos en Lima en un SIG (Sistemas De Información Geográfica) generando mapas de Zonificación sísmica relacionado al tipo de suelo, mapa de la zona de perturbación, líneas de retracción, cálculo de llegada de la primera ola, niveles de inundación, mapa de estimación de niveles de riesgo entre otros mapas los cuales se podrá utilizar para la realización de planes para la disminución del riesgo de estos fenómenos naturales.

- Jimenez C.(2015). **“EL MAREMOTO NOTABLE DE 1746”**. Tesis Profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Resumen: En el trabajo de investigación “El Maremoto Notable De 1746” trata en la elaboración de mapas de microzonificación por inundación por tsunami, utilizando de referencia el sismo histórico del Callao originado en el año de 1746 el cual es el de mayor magnitud ocurrido en la región central del Perú estimando el potencial de daño mediante la simulación numérica, el modelo numérico que utiliza es TUNAMI (del proyecto TIME: Tsunami Inundation Modelling Exchange) con la entrada de valores de elevación (topografía y barimetría) y con valores de salida como tiempo de arribo de la ola, altura de ola y el mapa de inundación. Con el fin de utilizar los mapas de inundación para la prevención, mitigación ante un posible

tsunami similar al ocurrido en el año de 1746 o uno de mayor alcance en la ciudad de Lima y el Callao.

## 2.2. Bases teóricas:

E. Mas, S. Koshimura, F. Imamura, A. Suppasri, M. Matsuoka, M. Matsuyama, T. Yoshii, C. Jimenez, F. Yamazaki (2012) Tsunami fragility curves using remote sensing and survey data of the 2010 Chilean Tsunami in Dichato.

Resumen: "La Curva de fragilidad de un tsunami" se introdujo como una nueva medida para la estimación de daños que un tsunami le produce a los edificios. La probabilidad de daño estructural se estima a partir de las características hidrodinámicas de los tsunamis. Velocidad, fuerza hidrodinámica, el flujo de la inundación y la profundidad de inundación son algunos de los parámetros utilizados por estudios de investigación anteriores para expresar la fragilidad de un tsunami o la relación de fatalidad. Las curvas de fragilidad del tsunami se han desarrollado hasta ahora relacionándolas con el tipo de viviendas. La aplicación de esta curva de fragilidad a otras áreas debe ser cuidadosamente evaluada teniendo en cuenta las incertidumbres del tsunami y las características locales de las edificaciones del área de estudio.

## 2.3. Definición de términos:

- **CINTURÓN DE FUEGO:** también conocido como Cinturón Circumpacífico, está situado en las costas del océano Pacífico y se caracteriza por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, lo que ocasiona una intensa actividad sísmica y volcánica en las zonas que abarca.
- **EVACUACIÓN** es la acción de desocupar ordenadamente un lugar. Este desplazamiento es realizado por las personas para su protección cuando existen riesgo que hagan peligrar sus vidas de tal modo que se trasladan a otro lugar y evitar de este modo cualquier daño inminente. La evacuación rápida y oportuna es una forma de evitar pérdidas entre las propiedades, bienes personales, nacionales y principalmente de vidas

humanas, por lo que requiere que sea una actividad organizada de los que están directamente

- **ESCALA DE INTENSIDAD DE TSUNAMI** La intensidad de un tsunami es medida en base a observaciones macroscópicas del efecto causado sobre el ser humano y los objetos de varios tamaños, incluyendo embarcaciones y edificios. La escala de intensidad para tsunamis publicada originalmente por Sieberg (1923) fue modificada por Ambraseys (1962) para crear una escala de seis categorías. Papadopoulus e Imamura (2001) propusieron una nueva escala de 12 niveles de intensidad independiente de la medida de parámetros físicos (como la amplitud de la ola) y sensible a pequeñas diferencias en los efectos producidos por un tsunami, en la cual cada nivel es lo suficientemente detallado como para cubrir la - de tipos de daños que la comunidad y el medio ambiente sufren a causa de los tsunamis. La escala está dividida en 12 niveles y es similar a la escala de intensidad de Mercalli modificada (MM) que se emplea para evaluar los efectos del sismo a través de los daños causados. La nueva escala se organiza de acuerdo a tres factores:
  - (a) Efectos sobre seres humanos,
  - (b) Efectos sobre objetos, incluido barcos, y en la naturaleza,
  - (c) Daños a los edificios.
- **INUNDACIÓN:** Se conoce como inundación, al fenómeno natural, por el cual el agua cubre los terrenos, llegando en ciertas ocasiones a tanta altura que puede dejar sumergidas viviendas, automotores, anegar calles, destruir cosechas, con peligro, incluso vital, para todos los seres vivientes que habitan el lugar, y enormes pérdidas económicas.
- **FUENTE SISMOGÉNICAS:** Es aquella línea, zona o volumen geográfico que tiene similitudes geológicas, geofísicas y sísmicas tales, que se pueda considerar que posee un potencial sísmico homogéneo, es decir, en la que el proceso de generación y recurrencia de sismos es espacial y temporalmente similar.

- **MAREMOTOS:** son generados tanto por erupciones volcánicas submarinas como por masivos deslizamientos de tierra que caen al mar. Si se produce un gran deslizamiento en la tierra bajo el océano, esto crea una columna de agua que gana velocidad y altura a medida que se acerca a la costa.
- **MAPAS DE INUNDACIÓN** son los verdaderos mapas de riesgo, ya que se elaboran, por una parte, a partir de cartografía que localiza y caracteriza el fenómeno físico de las inundaciones, y, por la otra, a partir de cartografía que localiza y caracteriza los elementos expuestos.
- **PELIGRO:** Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o incluido por el hombre, potencialmente dañino, para un periodo específico y una zona conocida.
- **RIESGO:** estimación matemática de pérdida de vidas, daño a los bienes materiales, a la propiedad y a la economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se estima la definición del peligro y la vulnerabilidad.
- **SUBDUCCIÓN:** proceso mediante el cual parte de la corteza oceánica, individualizada en una placa litosfera, se sumerge bajo otra placa de carácter continental.
- **TSUNAMI:** Ola de grandes dimensiones originada cerca de la costa por un sismo o erupción volcánica submarina, que puede desplazarse a una velocidad de hasta 50 km/h en cualquier dirección. "los tsunamis son fenómenos del océano Pacífico"
- **VULNERABILIDAD:** Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. En aguas profundas, un maremoto puede tener hasta 200 kilómetros de ancho, pero sólo 0,5 metros de altura. A medida que viaja en dirección a la costa y las aguas menos profundas, puede alcanzar más de 700 k.p.h. de velocidad, tan rápido como un avión jet. Para cuando llega a la costa, un maremoto puede adquirir 50 metros de altura. Al golpear tierra firme puede arrastrar edificios y vegetación con una fuerza increíble. El maremoto más grande registrado golpeó la Bahía de Lituya, Alaska, en

1958. Un terremoto de 8 en la escala Richer provocó un enorme deslizamiento de tierra hacia el mar, que detonó una ola de 524 metros de altura. ¡Más alta que el edificio Empire State! Asombrosamente, se registraron solo dos muertes, y el daño fue restringido a tres botes y la vegetación costera, ya que no se trataba de un área densamente poblada.

## **2.4. Sismicidad En El Perú**

### **2.4.1. Sismos históricos y Tsunamis históricos**

Debido a la localización en la que se encuentra Perú tendrá muchas o varias actividades sísmicas (Figura N°01) a lo largo de su historia, esto debido a que se encuentra en lo que se llama Cinturón Circumpacífico, Cinturón de Fuego del Pacífico o también conocido Anillo de Fuego del Pacífico.

“Alrededor del 90 % de los terremotos del mundo y el 80 % de los terremotos más grandes del mundo se producen a lo largo del Cinturón de Fuego” (U.S. Geological Survey Earthquakes FAQ, 2015)

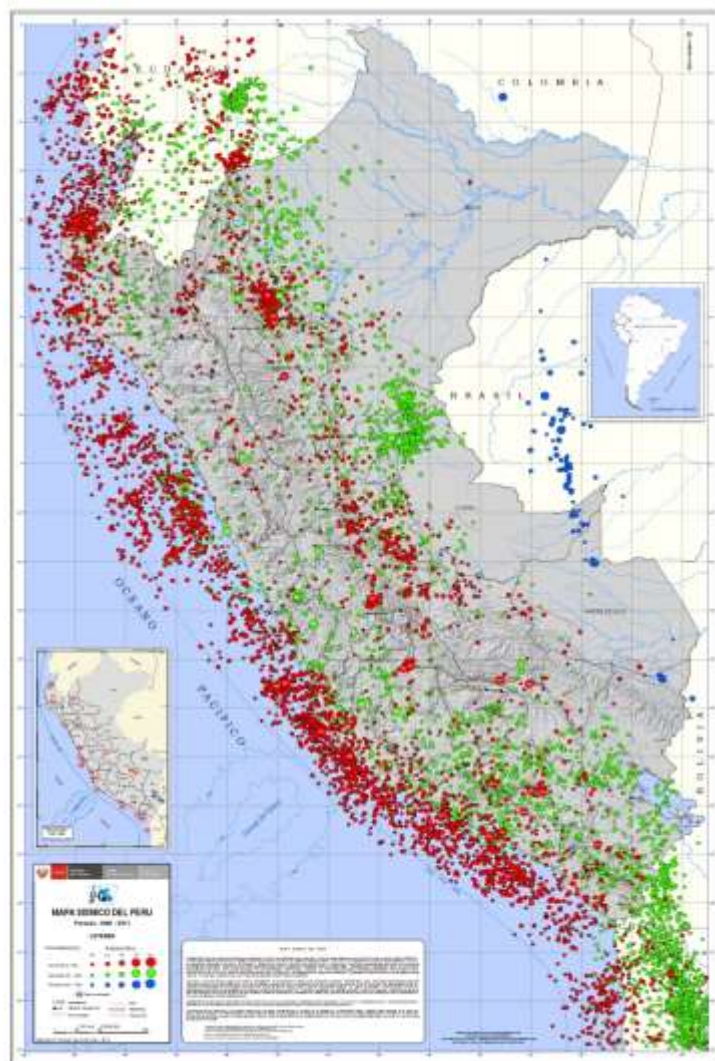


Figura N°01: Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1964 - 2011.  
Fuente: (IGP, 2011)

La magnitud de los sismos es diferenciado por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos con número inscrito en su interior indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos. Esquema que muestra la geometría de la subducción y la ubicación de las principales fuentes sísmogénicas en el Perú. (IGP, 2011)

En Perú existen dos placas que se encuentran en la subsuelo del océano pacifico, estas dos placas son la placa de nazca (oceánica) que ocupa una gran parte del océano pacifico y cuyo borde colisiona

con la placa sudamericana(continental) que comprende una extensión que va desde la fosa marina de Perú a Chile en el Oeste hasta el eje de la Cordillera, la colisión entre estas dos placas se extiende en un largo que comprende desde la fosa marina de Perú a Chile en el oeste y en el este hasta el eje de la cordillera del Atlántico Sur. Existiendo un proceso de convergencia de la placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana con velocidades de aproximadamente entre 7 a 8 cm por año.

La placa de Nazca se desplaza en dirección N 80° E, a una velocidad promedio de 11cm. anuales. La placa de Nazca sufre, además, un proceso de subducción por debajo de la placa sudamericana (Figura N°02). Este proceso da origen a sismos de importante intensidad en el borde oeste de América del Sur. (Alayo Bernal, 2008,p.2)

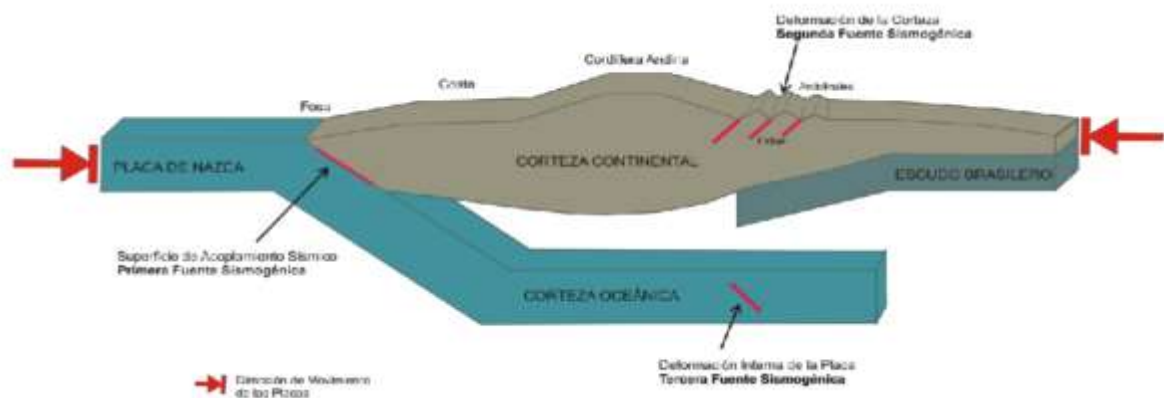


Figura N°02: Esquema que muestra la geometría de la subducción y la ubicación de las principales fuentes sismogénicas en el Perú. Fuente: (IGP, 2011)

Debido a este proceso de subducción de las placas ya mencionadas que originan una liberación de energía sísmica que produce lo que llamamos sismo, tenemos un historial de sismos que se originó en Perú a esto los llamaremos como sismicidad histórica.



Cabe mencionar cuando hablamos de la sismicidad histórica del Perú debido a la antigüedad de la información de la historia sísmica del Perú son registros los cuales tienen en algunos casos una edad mayor a los 100 o 150 años aproximadamente de antigüedad. Debido a esto no podemos mencionar con total certeza lo que nos detallan debido que a las épocas de sismicidad que nos relatan son de las informaciones de sismicidad de los años que van desde 1513-1532 en adelante, recordando que en esa época no existían una forma de medir la intensidad, magnitud, epicentro, hipocentro de un sismo y también que la información en esa época no tenía un registro sistemático ordenado de ellos. Por lo que para la recopilación de información de estos sismos nos basamos fundamentalmente en la recopilación de sismicidad realizada en los años 1968, 1978 y 1985 por Silgado Ferro, que nos muestra sismos ocurridos a partir del año 1513 en adelante hasta el año 1974, resultado de un trabajo de interpretación y trabajo de campo, trabajo en gabinete por su parte llevada por varios años, donde nos relata en los años que ocurrieron los sismos en un orden cronológico (Tabla N°02) con otros detalles acerca de ellos como intensidades, magnitudes, horario en el que ocurrió, focas, etc.

La Cronología histórica de los terremotos más destructivos que han afectado a nuestra área de estudio son los mostrados en la siguiente tabla (Tabla N°02) en ella también se muestra la ocurrencia de tsunamis.

Tabla N°02: Cronología Sismos Y Tsunamis Históricos En El Área De Influencia .Fuente:Elaboración Propia.(Silgado Ferro, 1978) (Morales Soto & Zavala, 2008) (IGP, 2011) (Continua)

Fecha	Localidad	Magnitud	Intensidad	Epicentro	Hipocentro	HORA	Observaciones
09/07/1586	LIMA	8.6 Mw	IX MM	12.0 S, 77.0 W(Estimado)		19:00 h	Destrucción de Lima y Callao, estuvo acompañado por maremoto. Tsunami frente a la costa de Lima, el mar subió 7 metros, las olas inundaron 10 km <sup>2</sup> , Cerca de 22 muertos.
16/06/1678	LIMA	8,0 (Ritcher),7.7 Mw	IX MM	12.3° S, 77.8° W(Estimado)		04:15 h	Fue el terremoto más destructor ocurrido en Lima desde su fundación. Lima y Callao quedaron reducidos a escombros. El maremoto en el Callao causó 100 muertes.El maremoto afectó a las localidades de Huacho, Chancay, Ancón, Callao y Chorrillos.
20/10/1687	LIMA	8,0 (Ritcher),8.2 Mw	IX MM	13° S, 76.6° W(Estimado)		04:15 h	Fue el terremoto más destructor ocurrido en Lima desde su fundación. Lima y Callao quedaron reducidos a escombros. El maremoto en el Callao causó 100 muertes.Minutos después de ocurrido el sismo se produjo el maremoto que inundó las playas de Lima con olas de 10m de altura. Los efectos del maremoto fueron catastróficos en los puertos y localidades de Pisco, Chincha, Cañete, Lima, Callao, Chancay y Chimbote. Fallecieron 500 personas producto del maremoto y de estas, 300 se produjeron en el Callao. Este maremoto llegó hasta las costas de Japón.

Tabla N°02: Cronología Sismos Y Tsunamis Históricos En El Área De Influencia .Fuente:Elaboración Propia.(Silgado Ferro, 1978) (Morales Soto & Zavala, 2008) (IGP, 2011) (Continua)

Fecha	Localidad	Magnitud	Intensidad	Epicentro	Hipocentro	HORA	Observaciones
20/11/1690	LIMA	7.2 Mw	VI MM	12.6° S, 77.0° W(Estimado)		04:30 h	El maremoto inundó Huacho, Chancay. Ancón, Callao, Chorrillos.
28/10/1746	LIMA	9.0 Mw	X MM	12.0° S, 77.2° W(Estimado)		22:30 h	Es el terremoto más fuerte ocurrido en la historia de Lima donde de 3000 casas solo 25 quedaron en pie muriendo 1141 de sus 60 mil habitantes. Tsunami en el Callao, destruido por dos olas, una de las cuales alcanzó más de 7 m de altura. Hubo entre 5,000 a 7,000 muertos; probablemente sea el maremoto más destructivo registrado a la fecha; 19 barcos, incluidos los de guerra fueron destruidos y uno de ellos fue varado a 1.5 km tierra adentro. Destrucción en los puertos de Chancay y Huacho.El Callao fue totalmente destruido por un tsunami, . Fue sentido desde Guayaquil hasta Tacna.
01/12/1806	LIMA						Fuerte sismo de larga duración (1,5 a 2 minutos). Algunos daños.Tsunami que causa daños en buques de la bahía.Maremoto en el Callao, olas de 6 m de altura varan un ancla de 1,5 Tn en casa del Capitán de Puerto.

Tabla N°02: Cronología Sismos Y Tsunamis Históricos En El Área De Influencia .Fuente:Elaboración Propia.(Silgado Ferro, 1978) (Morales Soto & Zavala, 2008) (IGP, 2011) (Continua)

Fecha	Localidad	Magnitud	Intensidad	Epicentro	Hipocentro	HORA	Observaciones
24/05/1940	LIMA	8,2 Ms (Ritcher)	VIII MM	11,2°S y 77,79°O (120 km NO de Lima)	50 Km	11:35 h	Cinco mil casas destruidas en el Callao, 179 muertos y 3500 heridos en Lima, 80% de vivienda colapsada en Chorrillos, el malecón se agredió y hundió en tramos. Las construcciones antiguas en Lima sufrieron grandes daños. Averías en construcciones de concreto armado en el Callao (Compañía Nacional de Cerveza) y 2 edificios de la Universidad Agraria de La Molina Algunos hundimientos en la zona portuaria con daños a los muelles y la vía férrea. Interrupciones en la carretera Panamericana Norte por deslizamientos de arena en el sector de Pasamayo. Tsunami con retiro del mar a 150 m y retorno con olas de 3 m de altura que anegó totalmente los muelles
03/10/1974	LIMA	8,0 Mw	IX MM	12° S y 77,8° O		09:31 h	Con epicentro localizado a 70 Km al S-SW de Lima registró aceleraciones máximas de 0.26 g y período dominante de 0.2 seg. Los mayores daños ocurrieron en La Molina, VIIIIX, donde 2 edificios de concreto armado colapsaron y otros resultaron muy dañados. En el Callao y Chorrillos, VII –VIII algunas construcciones de concreto armado sufrieron daños y las de adobe colapsaron. Tsunami causado por sismo frente a la costa del Callao, inundó varias fábricas en las bahías de Chimú y Tortugas al Norte de Lima, destruyendo muelles y zonas de cultivos.

Tabla N°02: Cronología Sismos Y Tsunamis Históricos En El Área De Influencia .Fuente:Elaboración Propia.(Silgado Ferro, 1978) (Morales Soto & Zavala, 2008) (IGP, 2011)

Fecha	Localidad	Magnitud	Intensidad	Epicentro	Hipocentro	HORA	Observaciones
15/06/2007	PISCO	7,0 (Ritcher)	Pisco: VII- VIII MM Lima: VI MM Huancaveli ca: V MM	60 km Pisco	40 km		El sismo causó la muerte a 593 personas, heridas a 1291, se censaron damnificados. Destruyó 48 208 viviendas, 45 500 otras quedaron inhabitables y 45 813 fueron afectadas; 14 establecimientos de salud fueron destruidos y 112 afectados.Tsunami leve en el departamento de Ica.

#### **2.4.2. Fuentes Sísmicas**

Debido al proceso de subducción entre la placa de nazca (oceánica) y la placa Sudamericana (continental) en el Perú generan eventos sísmicos, debido al reajuste tectónico que existe en esta zona.

Las fuentes sismogénicas utilizadas para presentar la sismicidad del área de influencia de Ancón son las establecidas en el estudio Peligro Sísmico en el Perú, realizado por Castillo y Alva en 1993, los cuales fueron actualizados por Jorge Alva y Miriam Escalaya en el año del 2005 los cuales presentan resultados de la evaluación de las actividades sísmicas en Perú para cada una de las fuentes sísmicas propuestas por Castillo y Alva definieron 20 fuentes sismogénicas, de las cuales 14 corresponden a sismos de subducción y 6 a sismos continentales basados en la distribución espacial de la actividad sísmica y las características neotectónicas del territorio peruano.

Una fuente sismogénica es aquella línea, zona o volumen geográfico que tiene similitudes geológicas, geofísicas y sísmicas tales, que se pueda considerar que posee un potencial sísmico homogéneo, es decir, en la que el proceso de generación y recurrencia de sismos es espacial y temporalmente similar. (Alva & Escalaya, 2005)

Por lo que se agrupan estas fuentes sísmicas en dos tipos de fuentes estas son fuentes de subducción y Fuentes Continentales.

Las Fuentes de Subducción modelan la interacción de las placas Sudamericana y de Nazca. Estas fuentes son F1, F2, F3, F4 y F5 que se encuentran ubicadas a lo largo de la costa y representan la sismicidad superficial en la zona de Benioff (0 - 70 Km), las fuentes que siguen que son las fuentes F13, F14, F15, F16, F17, F18 y F19 representan la sismicidad intermedia (71 - 300 Km) (Figura N°04), las fuentes restantes representan la sismicidad profunda en la superficie de Benioff (500 - 700 Km) ellas son las fuentes F6, F7, F8, F9, F10, F11 y F12 están relacionadas con la actividad sísmica superficial andina (Figura N°03). Teniendo en cuenta esto Ancón se encuentra ubicada en la fuente F3 que se encuentra en lo largo de la costa y

representan la sismicidad superficial en la zona de Benioff (0 - 70 Km). Las fuentes se encuentran en la siguiente figuras.

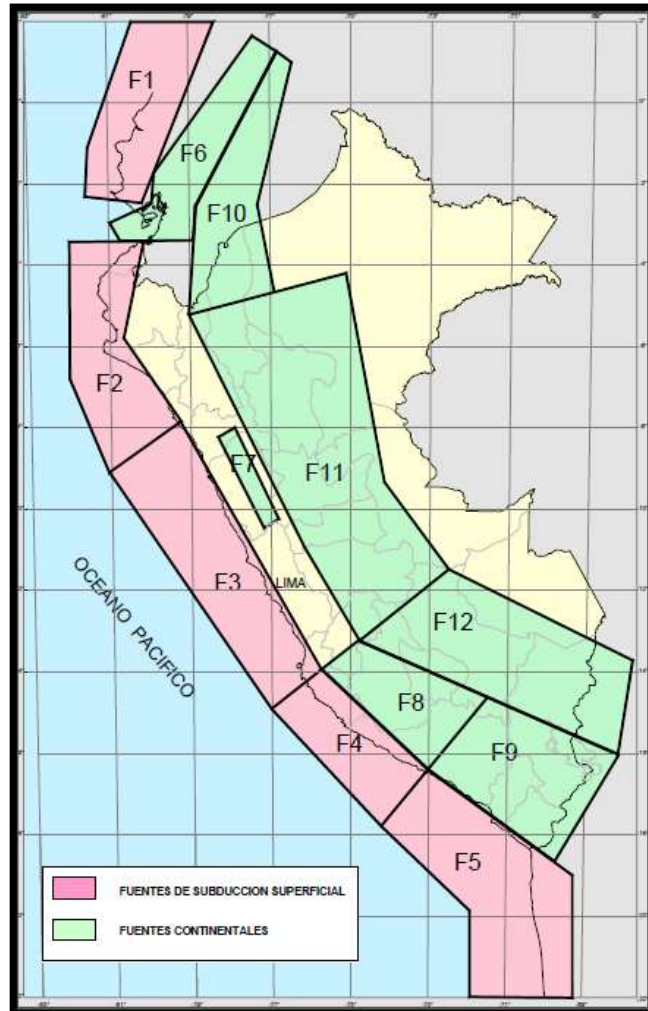


Figura N°03: Fuentes Sismogénicas De Subducción Superficiales y Fuentes Continentales en el Perú. Fuente: (Alva & Escalaya, 2005)



Figura N°04: Fuentes Sismogénicas De Subducción Intermedia y Profunda. Fuente: (Alva & Escalaya, 2005)

La determinación en la que se basa estas fuentes es en el mapa de distribución de epicentros, así como en las características tectónicas de nuestro país, agrupándose en Fuentes de Subducción y Fuentes Continentales (Tabla N°03 y Tabla N°04). Las Fuentes de Subducción modelan la interacción de las placas Sudamericana y de Nazca. Las Fuentes Continentales están relacionadas con la



actividad sísmica superficial andina. Se han presentado las fuentes como áreas, ya que no existen suficientes datos para modelar las fallas activas como fuentes lineales en este tipo de análisis. (Alva Hurtado & Escalaya Advíncula, 2005,p.2)

TABLA N°03: Coordenadas Geográficas De Las Fuentes De Subducción Superficiales De Las Fuentes Continentales. Fuente: (Alva & Escalaya, 2005)

FUENTES	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (°)			
FUENTE 1	-80.29	+02.00	-78.32	+02.00
	-81.39	-00.97	-79.65	-01.21
	-81.52	-02.39	-80.19	-02.50
FUENTE 2	-82.00	-03.39	-80.17	-03.45
	-82.00	-06.83	-80.67	-05.42
	-81.17	-09.00	-79.27	-07.90
FUENTE 3	-81.17	-09.00	-79.27	-07.90
	-77.00	-14.80	-75.84	-13.87
FUENTE 4	-77.00	-14.80	-75.84	-13.87
	-74.16	-17.87	-73.00	-16.53
FUENTE 5	-74.16	-17.87	-73.00	-16.53
	-71.85	-19.87	-69.21	-19.00
	-71.85	-22.00	-69.21	-22.00
FUENTE 6	-77.50	+01.58	-76.92	+01.19
	-79.83	-01.65	-78.90	-02.53
	-79.96	-02.46	-78.97	-03.43
	-80.92	-02.96	-80.79	-03.44
FUENTE 7	-78.28	-08.20	-77.86	-08.07
	-77.21	-10.47	-76.83	-10.23
FUENTE 8	-75.84	-13.87	-74.76	-13.13
	-73.00	-16.53	-71.41	-14.67
FUENTE 9	-73.00	-16.53	-71.41	-14.67
	-69.71	-18.67	-68.12	-16.13
FUENTE 10	-76.92	+01.19	-76.50	+ 01.00
	-78.90	-02.53	-77.35	-02.40
	-79.10	-05.20	-77.00	-04.77
FUENTE 11	-79.10	-05.20	-75.10	-04.33
	-76.34	-10.67	-74.17	-09.33
	-74.76	-13.13	-72.48	-11.40
FUENTE 12	-74.76	-13.13	-72.48	-11.40
	-68.12	-16.13	-67.76	-13.80

TABLA N°04: Coordenadas Geográficas De Las Fuentes De Subducción Intermedias y Profundas. Fuente: (Alva & Escalaya, 2005)

FUENTES	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (°)			
FUENTE 13	-78.73	+02.00	-76.00	+01.82
	-81.00	-00.67	-79.59	-02.55
	-81.00	-03.07	-79.20	-03.07
FUENTE 14	-81.00	-03.07	-79.20	-03.07
	-81.93	-05.73	-78.60	-04.00
	-79.80	-08.13	-77.17	-06.53
FUENTE 15	-79.80	-08.13	-77.17	-06.53
	-76.38	-14.30	-73.86	-12.46
FUENTE 16	-76.38	-14.30	-73.86	-12.46
	-73.28	-16.87	-71.21	-14.40
FUENTE 17	-73.28	-16.87	-71.21	-14.40
	-70.86	-18.80	-68.93	-15.73
	-70.38	-22.00	-67.98	-22.00
FUENTE 18	-79.59	-02.55	-77.50	-00.73
	-78.60	-04.00	-75.51	-02.06
	-77.17	-06.53	-75.27	-05.33
FUENTE 19	-77.17	-06.53	-75.27	-05.33
	-73.86	-12.46	-72.03	-11.13
FUENTE 20	-72.31	-06.67	-71.00	-06.33
	-71.14	-11.30	-69.69	-10.93

Dentro del análisis de la recurrencia sísmica de las 20 fuentes realizado por Jorge Alva y Miriam Escalaya se llevó cabo cálculos de frecuencia de sismos vs profundidad para la determinación de las profundidades representativas (hipocentros) de las actividades sísmicas para cada fuente en base a las magnitudes  $M_s$  y  $M_w$ , los resultados se pueden ver en los siguientes cuadros donde  $a$  y  $b$  son los parámetros de la región y siendo constantes de una regresión no-lineal del catálogo de sismicidad local estos son datos obtenidos del proyecto SISRA(1985),  $M_{min}$  es la magnitud mínima de homogeneidad,  $M_{máx.}$  es la magnitud máxima de homogeneidad,  $\beta$  es " $b \times \ln 10$ ", la tasa  $\mu$  es la tasa media anual de ocurrencia de eventos mayores o iguales que la magnitud mínima de homogeneidad (Tabla N°05 y Tabla N°06).

TABLA N°05: Parámetros Sísmicos Calculados En Base A Magnitudes Ms. Fuente: (Alva & Escalaya, 2005)

FUENTE	Ms						PROF. (Km)
	a	b	Mmin	Mmax	BETA	TASA	
F1	2.8532	0.3468	3.0	8.1	0.80	1.62	40
F2	4.4932	0.5955	4.5	7.9	1.37	1.63	40
F3	4.1264	0.4836	3.5	8.0	1.11	6.79	40
F4	4.2187	0.5393	4.0	8.2	1.24	2.88	40
F5	4.1756	0.5254	4.0	8.2	1.21	2.97	40
F6	2.7701	0.3822	2.8	7.4	0.88	1.25	40
F7	2.2523	0.4252	3.5	7.4	0.98	0.15	45
F8	3.2145	0.5414	2.8	7.0	1.25	1.25	45
F9	3.1971	0.4536	3.5	7.5	1.04	1.02	40
F10	3.2445	0.4265	3.8	7.3	0.98	1.05	40
F11	3.7534	0.4362	3.0	7.1	1.00	6.96	40
F12	2.9039	0.4447	3.0	7.1	1.02	0.93	45
F13	3.0047	0.4711	3.0	6.9	1.08	0.98	125
F14	3.2452	0.4747	3.5	6.5	1.09	0.96	130
F15	3.4352	0.4352	3.8	7.2	1.00	1.51	130
F16	4.4482	0.6110	4.0	7.2	1.41	2.52	115
F17	5.5512	0.6915	4.8	7.5	1.59	4.26	130
F18	3.5942	0.4026	3.5	7.5	0.93	3.83	155
F19	4.3398	0.5671	4.3	7.0	1.31	1.99	160
F20	3.0434	0.3660	4.5	7.5	0.84	0.62	580

Por lo que considerando que Ancón se encuentra en F3 según estos parámetros sísmicos hallados en base a Ms, las magnitudes máximas de un sismo probable que puede ser liberada en esta zona será de grados de magnitud 8 y existirá magnitudes mínimas desde 3.5 en una profundidad (hipocentro) de 40 km. Si un sismo de gran magnitud mayor a 7.0 grados produce un tsunami, se puede decir que en esta zona podrán existir sismos que ocasionen tsunamis en un futuro.

TABLA N°06: Parámetros Sísmicos Calculados En Base A Magnitudes Mw. Fuente: (Alva & Escalaya, 2005)

FUENTE	Mw						PROF. (Km)
	a	b	Mmin	Mmax	BETA	TASA	
F1	3.7217	0.4795	4.0	8.3	1.10	1.59	40
F2	6.0894	0.8392	5.1	7.4	1.93	1.61	40
F3	5.4177	0.6828	4.3	8.2	1.57	7.57	40
F4	5.6176	0.7528	4.7	8.4	1.73	3.00	40
F5	5.5403	0.7337	4.7	8.4	1.69	3.09	40
F6	3.7363	0.5305	3.8	7.1	1.22	1.31	40
F7	3.2533	0.5746	4.3	7.1	1.32	0.15	45
F8	4.4890	0.7316	3.8	6.8	1.68	1.28	45
F9	4.3551	0.6309	4.3	7.2	1.45	1.10	40
F10	4.2485	0.5763	4.5	7.0	1.33	1.13	40
F11	4.8948	0.6126	4.0	6.9	1.41	6.96	40
F12	3.9508	0.6010	4.0	6.9	1.38	0.88	45
F13	4.1138	0.6367	4.0	6.8	1.47	0.92	125
F14	4.3627	0.6415	4.3	6.5	1.48	1.01	130
F15	4.5287	0.6015	4.5	7.0	1.39	1.66	130
F16	5.8866	0.8257	4.7	7.0	1.90	2.53	115
F17	7.4704	0.9855	5.3	7.2	2.27	4.42	130
F18	4.6431	0.5638	4.3	7.2	1.30	4.14	155
F19	5.7901	0.7880	4.9	6.8	1.81	2.12	160
F20	4.0533	0.5213	5.1	7.2	1.20	0.62	580

U

Por lo que considerando que Ancón se encuentra en F3 según estos parámetros sísmicos hallados en base a Mw, las magnitudes máximas de un sismo probable que puede ser liberada en esta zona será de grados de magnitud 8.2 y existirá magnitudes mínimas desde 4.3 en una profundidad (hipocentro) de 40 km. Si un sismo de gran magnitud mayor a 7.0 grados produce un tsunami, se puede decir que en esta zona podrán existir sismos que ocasionen tsunamis en un futuro.

### **2.4.3. Sismos recientes y daños producidos**

#### **EL TERREMOTO DE ICA, AGOSTO DEL 2007**

El 15 de agosto del 2007 a horas 18.41 h, se registró un sismo que duró aproximadamente 210 segundos, con epicentro marino a 60 km de Pisco-Ica, con profundidad hipo central a 40 km, cuya magnitud alcanzó 7,0 en magnitud local y 7,9 en magnitud momento (Ritcher), sus intensidades registraron VII-VIII MM en Pisco, VI MM en Lima y V MM en Huancavelica. El evento causó la muerte a 593 personas, heridas a 1291, se censaron damnificados; destruyó 48 208 viviendas, otras 45 500 quedaron inhabitables y 45 813 resultaron afectadas; 14 establecimientos de salud fueron destruidos y 112 afectados.

Las actividades de asistencia a las víctimas merecieron críticas en la etapa de emergencia, al cumplirse seis meses del siniestro las encuestas de opinión pública mostraron insatisfacción por la lentitud en las tareas de rehabilitación y reconstrucción. La posibilidad de ocurrencia de un evento de esta magnitud en esa zona del país se había comunicado sin precisarse el tiempo de retorno (la sismología actual no lo permite) basado en el análisis de los terremotos previos según intensidad y lugar (áreas de ruptura), para ubicar las zonas donde se esperan sismos de gran magnitud. (Morales Soto & Zavala, 2008, p.5)

#### **EL TERREMOTO DE LIMA, OCTUBRE DEL 1746**

El 28 de Octubre de 1746, ocurrió un terremoto a las 10:30 p.m. con una duración de cuatro minutos aproximadamente conocido como el mayor terremoto conocido en el centro del Perú, este tuvo una Magnitud de 9.0Mw con una Intensidad de X MM su epicentro fue en 12.0°S, 77.2° W (es un valor estimado de su localización) ubicándose este epicentro en el mar noroeste del Callao. Quedando en Lima 25 casas de las 3000 viviendas que existían. Ocasiono aproximadamente la muerte 10000 personas.

Este terremoto dio origen a otro evento un maremoto local que sucedió a las 11:00 p.m. con una altura de ola de más de 7 metros de altura que destruyó la ciudad del Callao y produjo la muerte de más de 5,000 personas, solo quedando como sobrevivientes un total de 200 personas (4 %). De los 23 barcos anclados en el puerto del callao, 19 fueron hundidos y 5 llevados por las

olas tierra adentro; uno de ellos, el bergantín San Fermín, fue varado en lo que ahora corresponde a la esquina del mercado del Callao, donde se encuentra la cruz blanca a 1.5 km tierra adentro. (Castillo A. & Alva J., s.f.)

Este terremoto y maremoto ocasiono un aproximado de 15000 pérdidas de vidas humanas, después del maremoto el mar no volvió a su límite habitual, por lo que se evidencia que la zona del Callao se hundió después del Terremoto, Del puerto de Callao solo quedo parte de la muralla.

#### EL TERREMOTO DE LIMA, AGOSTO DEL 1940

El 24 de mayo de 1940, cuando ya se sentía el cambio de estación en un día muy tranquilo y la población se encontraba haciendo sus labores cotidianas, ocurrió un fuerte sismo a las 11:35 de la mañana (16:35GMT) con epicentro localizado a 120Km. al NW de la Ciudad de Lima y tuvo una magnitud de 6.6mb con foco situado a una profundidad de 50Km. Este terremoto está asociado a la colisión de la placa de Nazca con la placa Sudamericana, y por su ubicación el sismo castigó duramente a las localidades Lima, Callao, Chorrillos, Barranco, Chancay, Huacho con intensidades de VII-VIII.MM Este terremoto dejó un balance de 179 muertos y más de 3500 heridos entre graves y leves. Los daños materiales fueron cuantiosos siendo más afectadas las construcciones de material de quincha y adobe. Por observaciones posteriores al terremoto, se encontró algunas localidades en ruinas por el desplomo total de casas y algunos templos por la baja calidad de su construcción. En recorridos hechos por algunas carreteras que unen las provincias próximas a Lima, se encontró derrumbes de rocas y tierra. Este terremoto sacudió casi todo el país debido a la gran cantidad de energía liberada, llegándose a sentir por el norte hasta el Puerto de Guayaquil (Ecuador) y por el sur hasta el Puerto de Arica (Chile). Por su localización, profundidad e intensidad, este terremoto provocó un pequeño tsunami. El mar se retiró unos 150m. mar adentro frente a las playas de Lima y retornaron gradualmente a su nivel con olas de hasta 3m. de altura las mismas que lograron sobrepasar algunos muros de defensa localizados en La Punta-Callao, llegando a anegar completamente los muelles. (Reporte del Instituto Geofísico del Perú, 1940)

## 2.5. Tsunami

### 2.5.1. Origen

Las placas tectónicas que conforman la tierra no son estáticas ni rígidas, sino que van moviéndose, flotando sobre el manto de la tierra que es de material sólido altamente deformante. Al moverse ocurre fricciones entre las placas, (Figura N°06) creándose fracturas entre ellas estas son llamadas fallas, existiendo 3 tipos de fallas Falla inversa, Falla horizontal o Desgarro y Falla de desplazamiento normal como se muestra en la (Figura N°05).



FIGURA N°05: Tipos de Falla: Normal, inversa y horizontal o de desgarro. Fuente: USGS

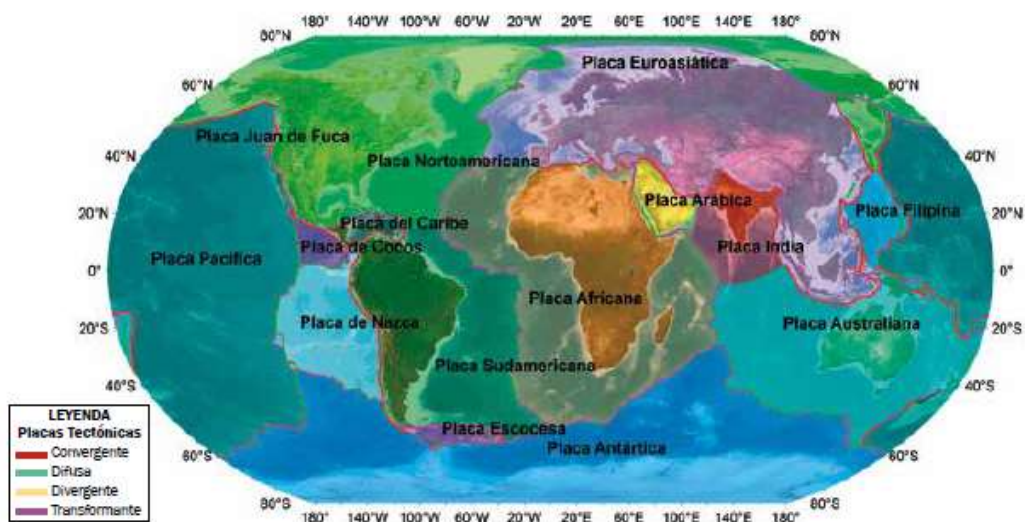


FIGURA N°06: Principales placas tectónicas de la Tierra. Fuente: This Dynamic Planet, mapa del U.S. Geological Survey (USGS)

Desde un punto de vista físico, un tsunami es un tren de ondas gravitacionales

de período largo generadas por una perturbación sísmica o una violenta alteración del fondo oceánico. Al acercarse a la costa en forma de ondas, parte de la energía cinética que poseen durante la propagación se pierde por efectos de fricción con el fondo marino y se transforma en energía potencial, originando grandes olas cuando llegan a la costa. (Ministerio de Defensa Marina de Guerra del Perú, s.f.)

Para su generación se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Sismo debe tener como epicentro el mar
- Derrumbes submarinos (menos comúnmente).
- Erupciones volcánicas submarinas. (Los tsunamis generados por esta razón muestran una gran fuerza como ya se vio en el año de 1863 en el tsunami en Krakatoa que llegó a las alturas de 40 metros sobre el nivel del mar)
- Caída de un meteorito en el océano.

Pero existen condiciones adicionales para su generación que son las siguientes:

- Terremoto de gran magnitud (que tenga una magnitud mayor a 7.0 en la escala de Richter).
- Epicentro lo más cercano al mar.
- Hipocentro menor de 60 km. (Ortega Rafael & Tacilla Vargas)

### **2.5.2. Tipos**

Los tsunamis se clasifican en:

De origen cercano:

- Se generan cerca a las costas.
- Existe la probabilidad de ocasionar destrucción al llegar a la costa.
- La primera ola llega en 60 minutos o en menos de eso.



De origen lejano o transoceánico:

- Se generan a más de 1000km.
- La primera ola llega entre las 5 a 24 horas de producirse el sismo.

Los tsunamis de origen local son los más peligrosos, según los estudios de nuestras costas, la primera ola puede llegar entre 10 a 60 minutos de producido el sismo, dependiendo de la ubicación del epicentro. Estos datos son muy importantes para planificar la evacuación, porque es el tiempo que se tiene para evacuar a la población de la zona inundable. (Ortega Rafael & Tacilla Vargas)

Fases de un tsunami

La evolución de las ondas del tsunami generadas por un terremoto se desarrollan en tres etapas: Generación, propagación e inundación como se desarrolla a continuación:

#### 1. Generación

La etapa de generación de un tsunami incluye la formación del disturbio inicial de la superficie del océano provocado por la deformación del fondo oceánico. Desde el punto de vista físico un tsunami es generado por el movimiento súbito del fondo marino debido al terremoto, generalmente están asociados a ondas de longitud mayor que la profundidad.

#### 2. Propagación

Un tsunami puede propagarse a través de grandes distancias antes de embestir la costa a cientos o miles de kilómetros del punto de origen del terremoto. El disturbio inicial en la superficie del agua engendra una onda de gravedad de gran amplitud que se propaga hacia las costas.

### 3. Inundación

La altura alcanzada por el tsunami al arribar a la costa se debe a la interacción de varios factores físicos y morfológicos tales como: características de las ondas en mar abierto, batimetría, pendiente del fondo marino, configuración del contorno de la costa, difracción, refracción, reflexión, dispersión, atrapamiento de las ondas en las distintas formaciones costeras, entre otros (Farreras, S., 1995).

Estos factores determinan que el arribo del tsunami a la línea costera sea un proceso complejo, lo cual genera diferencias notables de altura máxima de inundación(run-up), aún a cortas distancias a lo largo de ella.

La estimación del área inundada en zonas costeras, producidas por ondas tsunami, es de vital importancia para la mitigación de peligro ante un tsunami.

## **2.6. Los Sistemas De Información Geográfica**

### **2.6.1. Que es un SIG**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una tecnología reciente originada en el año de 1950, su uso es para fines de recopilación de datos espaciales como información espacial, información estadística y fotografías aéreas. Datos espaciales que al procesarse te da resultados que se pueden aplicar cada vez más a un mayor número de disciplinas.

Actualmente existe muchas definiciones del termino SIG esto debido a que son desarrolladas con diferentes puntos de vistas, funcionalidad y estructura.

Pero si tenemos que mencionar una definición general seria "Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión". (NCGIA, 1990)

Las demás definiciones que puedan existen como de SIG son:

"potente conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y representar datos espaciales procedentes del mundo real" (Burrough, 1986, p.6)

"Un conjunto de procedimientos manuales o computarizados usados para almacenar y tratar datos referenciados geográficamente." (Aronoff, 1989, p.39)

"Una entidad institucional reflejo de una estructura organizativa que integra tecnología con una base de datos, expertos y una financiación continua en el tiempo" (Carter, J.R., 1989, p.3)

"Un sistema computarizado compuesto por hardware, software, datos y aplicaciones que es usado para registrar digitalmente, editar, modelizar y analizar datos espaciales, y presentarlos en forma alfanumérica y gráfica" (Hawlett, Packard, 1993, p.80)

Y siguen existiendo más definiciones sobre SIG pero al leer todas muestran como objeto de análisis los datos geográficos siempre.

Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han desarrollado paralelos a las técnicas aplicadas al cartografiado y análisis espacial. Estos sistemas han estado demandados por distintas áreas del conocimiento que tienen muchas coincidencias en sus bases. Así, se pueden citar como núcleo de interrelación a la topografía, cartografía temática, geografía, ingeniería civil, planificación rural y urbana, edafología, inventariado, fotogrametría, etc. Las últimas incorporaciones han sido la utilización de las redes informáticas, los sensores remotos y el análisis de la imagen satélite. (Peña Llopis, s.f, p.6)

Por otra parte, cualquier ciencia relacionada con el espacio, en especial la geografía, analiza el territorio a través de distintas capas temáticas (el suelo y sus usos, los términos municipales, la red hidrográfica, el sistema de

asentamientos, las infraestructuras viarias --carreteras, ferrocarriles...-- la distribución de equipos y servicios...). Esto es, detectando y usando, aislada o conjuntamente, distintos estratos de información de la misma zona (Fig. 1). De esta forma, el investigador puede analizar cada una de estas capas temáticas dependiendo de los objetivos de su estudio. En este sentido, la gran ventaja de los SIGs es que pueden relacionar las distintas capas entre sí (Figura N°07), lo que concede a estos sistemas unas espectaculares capacidades de análisis, pudiendo responder a peticiones complejas y, por ello, producir mapas derivados que pueden representar situaciones reales o escenarios hipotéticos o simulados de gran utilidad. (CEBRIAN, 1988)



FIGURA N°07: Capas de información para un SIG. FUENTE: ( López Lara, Posada Simeón, & Moreno Navarro, s.f., p.2)

Por lo que resumidamente el SIG puede manejar una recopilación de capas de información espacial, información estadística y fotografías aéreas, las cuales están separadas en capas como lo muestra la anterior imagen, las capas se podrán combinarse en un mismo sistema lo que nos ayudara para realizar el análisis que deseamos desarrollar con mayor facilidad para su interpretación.

Por otra parte la recopilación de datos antes de la existencia de SIG se ha dado con recopilación de datos por navegantes, agrimensores y geógrafos estos eran almacenados por los cartógrafos en un código o forma pictórica.

Pero la existencia del termino SIG apareció por primera vez por Roger Tomlinson en 1967 considerado como el "Padre de los sistemas de

Información Geográfica, (SIG)”, realizó lo que se considera el primer SIG computarizado del mundo fue en la década de los 60 del siglo pasado. Planificó y dirigió el desarrollo del Sistema de Información Geográfica de Canadá que era una aplicación para el desarrollo de con data geográfica digitalizada para diferentes tareas.

Su aplicación consistió en desarrollar, a partir de una serie de mapas temáticos, un modelo de procesamiento integrado (estructuración de la información territorial, superposición cartográfica, captación de datos, vectorización de imágenes escaneadas...). Este proyecto fue financiado por el Departamento de Agricultura de Canadá, siendo la empresa IBM la que aportó del hardware necesario (BOSQUE SENDRA, J., 1992).

La cual ha ido evolucionando en la misma década LCG (Harvard Computer Graphics Laboratory) creó una serie de programas de cartografía como el SYMAP, CALFORM, GRID, etc. Lamentablemente los resultados obtenidos fueron poco aceptados, ya que el avance tecnológico todavía estaba en crecimiento y los resultados se imprimían a baja resolución.

En los últimos años, los SIGs han evolucionado espectacularmente, como muestra el siguiente tabla (Tabla N°07) de la historia de los SIG.

TABLA N°07: Tabla Cronológica de SIG. Fuente:(COMAS, D. y RUIZ, E., 1993).

	TECNOLOGÍAS	USUARIOS	APLICACIONES
1950	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Primeros ordenadores electrónicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Ejército</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Militares</li> <li>⇒ Atlas of the British Flora</li> </ul>
1960	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Mesas de digitalización</li> <li>⇒ Miniordenadores 16 bits</li> <li>⇒ Plotters</li> <li>⇒ Uso estructuras raster en SIG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ LCG</li> <li>⇒ CGIS</li> <li>⇒ Universidades EEUU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Investigación y educación</li> <li>⇒ Planeamiento urbano</li> <li>⇒ Gestión y análisis de recursos naturales</li> </ul>
1970	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Miniordenadores 32 bits</li> <li>⇒ Uso estructuras vectoriales en SIG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ ING</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Investigación y educación</li> <li>⇒ Censos</li> <li>⇒ Atlas Nacional de España</li> </ul>
1980	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Ordenadores personales PC</li> <li>⇒ SIG para PC</li> <li>⇒ Extensión uso escáners</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Universidades españolas</li> <li>⇒ Institut Cartogràfic de Catalunya</li> <li>⇒ Centro de Gestión Catastral y -0 Cooperación Tributaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Investigación y educación</li> <li>⇒ Sistema de Información territorial de Cataluña</li> <li>⇒ Sistema de Información Geográfica Nacional</li> <li>⇒ Systeme de Información Territorial -200</li> <li>⇒ SIG Catastral</li> </ul>
1990	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Integración SIG/GPS/Teledetección</li> <li>⇒ Sistemas multimedia</li> <li>⇒ Ordenadores proceso paralelo</li> <li>⇒ Integración raster/vectorial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Ayuntamientos</li> <li>⇒ Administraciones Autonómicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Investigación y educación</li> <li>⇒ Aplicaciones globales</li> <li>⇒ Digital Chart of the world</li> </ul>

Según Rhind, existen seis grandes cuestiones que un SIG te puede responder estas son localización condición, rutas, pautas y modelos:

- Localización: ¿Qué hay en..?  
Nos podremos localizar en diferentes lugares del mundo.
- Condición: ¿Dónde sucede que...?  
El cumplimiento de las condiciones que le damos al sistema, el sistema nos dirá en que partes se cumple y en donde no por ejemplo, cuando le decimos al sistema cuales son los lotes que tienen pisos mayores a dos pisos, el me indicara cuales son los que tienen esa condición y los demás no marcados serán los que no cumplan con esta condición.
- Tendencias: ¿Qué ha cambiado...?  
En este caso se realizará comparaciones de situaciones en el tiempo, por ejemplo la cantidad de hospitales a una distancia de 100 km a 1000 km en una fecha y compararla con 10 años después, como respuesta se puede obtener quizás que la tendencia de aumento de hospitales fue 1 cada 5 años
- Rutas: ¿Cuál es el camino óptimo...?  
El sistema puede calcular el camino más corto, el más barato o el más rápido entre dos o más puntos.
- Pautas: ¿Qué pautas existen...?  
Ciertas regularidades espaciales pueden ser detectadas con la ayuda de un SIG (por ejemplo: que patrones de distribución espacial presentan los casos de cáncer en torno a una central nuclear en la que se ha producido un accidente. (Rhind, 1990)
- Modelos: ¿Qué ocurriría si...?  
Se pueden generar modelos para simular el efecto de fenómenos o situaciones simuladas, por ejemplo si se construyera un terminal terrestre en tal área como se vería afectada los demás tramos de pista, si hubiera un sismo que áreas serían las más afectadas.

## 2.6.2. Componentes de un SIG

Los componentes que conforman a un sistema SIG son usuario, hardware, software, procesos, datos, recursos humanos (Figura N°08).

Si bien los componentes difieren en niveles de complejidad a los demás sistemas de información en costos y plazos de implementación, todos son igualmente importantes y necesarios, es decir un SIG no es simplemente “computadoras y programas”, sino un sistema de información especializado con necesidades especiales que requieren, además de seleccionar e instalar computadoras y aplicativos, identificar e implementar procesos, diseñar y elaborar el modelo del espacio geográfico e involucrar y capacitar a los recursos humanos de las áreas donde dicho sistema funcionará. (Tomlinson, 2008)

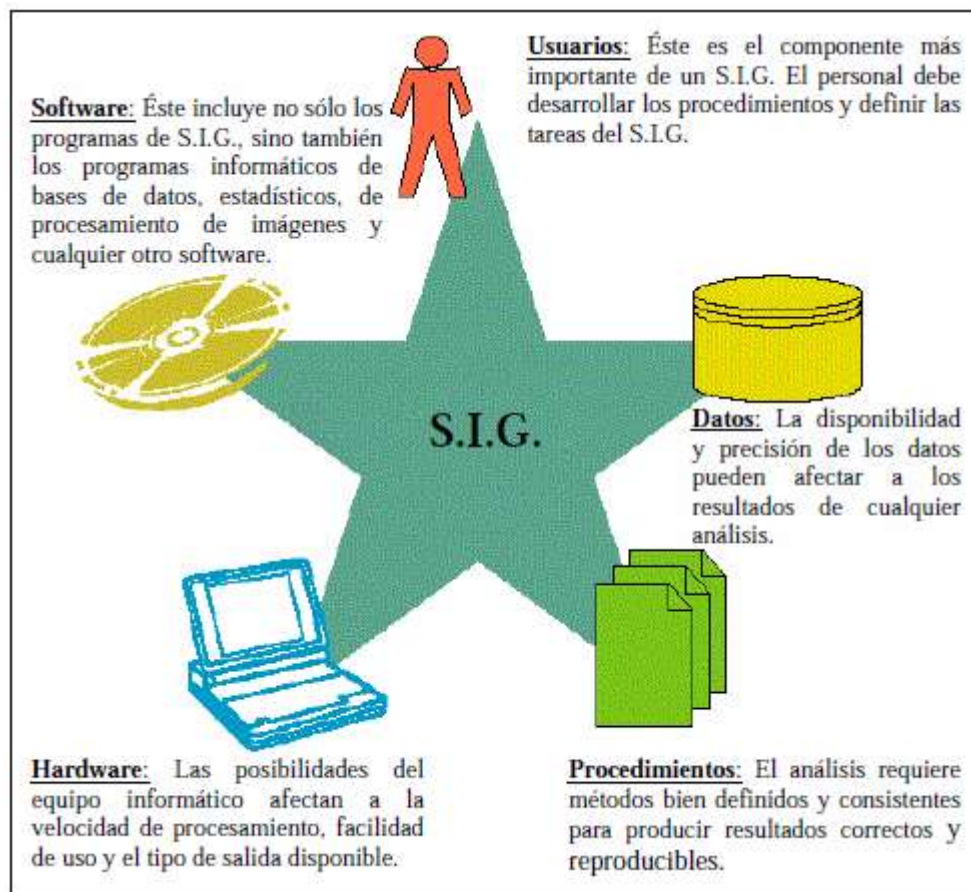


FIGURA N°08: Componentes de un SIG. Fuente: (Peña Llopis, Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio, s.f.)

Usuario o recurso humano: Es el componente más importante del SIG estas personas son los encargados de operar, desarrollar y administrar el sistema S.I.G. Estos necesitan ser especialistas para poder manipular y utilizar a todo el potencial del software, y también esto disminuirá la obtención de resultados erróneos.

El hardware (ordenador), el software (programas del ordenador) y un contexto apropiado de organización, que incluye personal capacitado, son fundamentales. Los usuarios pueden superar con frecuencia los obstáculos de los otros componentes del SIG, pero no a la inversa. El mejor software y hardware del mundo no pueden compensar la incompetencia de quien los maneja.

Software: Los programas SIG proveen de funciones y herramientas necesarias para el almacenamiento de información, como también para su análisis y mostrándonos la información geográfica.

Los componentes principales del software SIG son:

- Herramientas para la entrada y manejo de información geográfica.
- Herramientas que permitan búsquedas, análisis y la visualización de la información geográfica.
- Un sistema para el manejo de los datos o información geográfica (DBMS)
- Una interface gráfica de usuarios (IGU o GUI) para el fácil acceso a las herramientas.

Existe una gran cantidad de proveedores de software SIG (Tabla N°08) que distribuyen productos fáciles de usar y pueden reconocer información geográfica estructurada en formatos distintos. (Peña Llopis, Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio, s.f.,p.6)



TABLA N°08: Softwares SIG. Fuente: Elaboración Propia

SOFTWARE GIS	
LIBRE	COMERCIAL
Grass	Autodesk Mapguide
Jump	Geomedia
Quantum GIS	ArcGIS
Udig	Mapinfo

Hardware: Está conformado por las computadoras donde se desarrollan las distintas tareas de administración y operación del sistema, por los servidores donde se almacenan los datos y se ejecutan ciertos procesos, entrada (como mesas digitalizadoras, scanner, dispositivos de lectura de archivos, etc.), los de salida (como los monitores, impresoras, plotter, etc.) y todos los componentes de la red informática (Figura N°09).

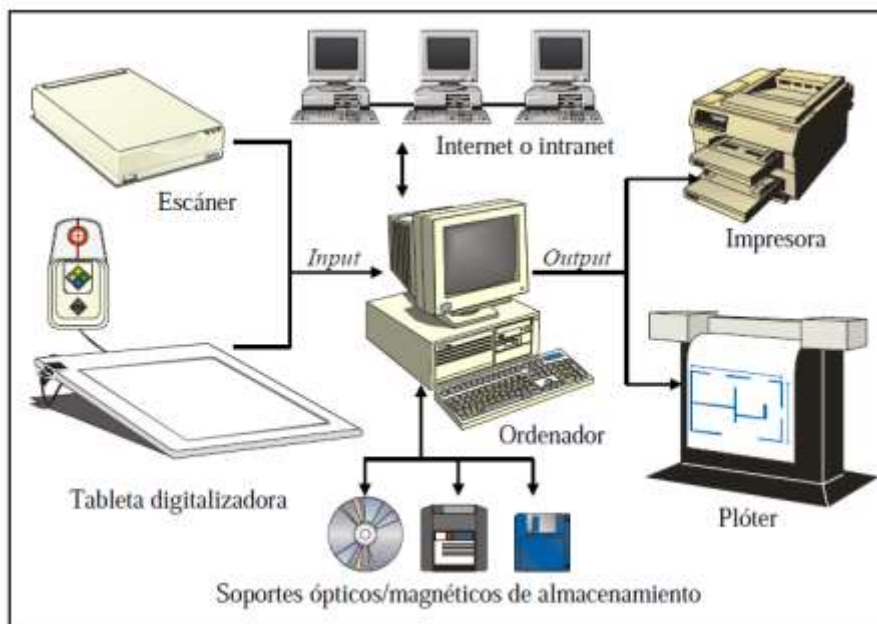


FIGURA N°09: Componentes de un hardware. Fuente: (Peña Llopis, Sistema de Información Gráfica aplicados a la Gestión del territorio,s.f.,p.12)

Datos: Se podría decir que es el segundo componente más importante para S.I.G. este componente es la información. Son conformados por información espacial, información estadística y fotografías aéreas. Es importante la

obtención de buenos datos de soporte para que el S.I.G. para que pueda resolver los problemas y contestar a las preguntas de la forma más acertada posible. La consecución de buenos datos generalmente absorbe entre un 60 y 80 % del presupuesto de implementación del S.I.G., y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos. Mantener, organizar y manejar los datos debe ser política de la organización. (Peña Llopis,s.f,p.11)

Estos datos se dividen en datos de estructura vectorial y raster (Tabla N°09).

TABLA N°09: Ventajas e inconvenientes de la estructura vectorial y raster. Fuente: (Peña Llopis, Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio, s.f.)

<b>ESTRUCTURA VECTORIAL</b>	<b>ESTRUCTURA RÁSTER</b>
Ventajas	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Buena representación en los modelos de datos.</li> <li>○ Estructura de datos compacta.</li> <li>○ La topología puede ser descrita explícitamente, por tanto es favorable para un análisis de redes.</li> <li>○ La transformación sencilla de coordenadas (georreferenciación) y georectificación.</li> <li>○ La representación gráfica es precisa a todas las escalas.</li> <li>○ La recuperación, actualización y generalización de los gráficos y atributos es posible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura de datos simples.</li> <li>• Manipulación sencilla mediante localización específica de los atributos de los datos.</li> <li>• Muchos tipos de análisis espaciales y filtros pueden ser aplicados.</li> <li>• Los modelos matemáticos son fáciles porque todas las entidades espaciales tienen una forma simple y regular.</li> <li>• La tecnología es barata.</li> <li>• Muchas formas de datos están disponibles.</li> </ul>
Inconvenientes	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estructura de datos compleja.</li> <li>○ La combinación de varias redes de polígonos por intersección y solapamiento es difícil y requiere un ordenador potente.</li> <li>○ La representación y ploteado suele ser costosa y cara, particularmente a alta resolución.</li> <li>○ Los análisis espaciales con unidades básicas como polígonos son imposibles sin datos extra, porque éstos se consideran internamente homogéneos.</li> <li>○ Los procesos de interacciones espaciales son más complicados, porque cada entidad espacial dispone de un sistema y forma diferente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran volumen de datos (ocupa más capacidad de disco duro).</li> <li>• Al utilizar píxeles de gran tamaño para reducir el tamaño de los ficheros, se reduce también la resolución, teniendo como resultado pérdida de información y estructuras con poca definición.</li> <li>• Los mapas ráster en crudo son poco elegantes, aunque esto no llegue a ser un problema.</li> <li>• Las transformaciones de coordenadas son difíciles y en tiempo demoran mucho, aunque se utilice algoritmos especiales y hardware potente, incluso así puede resultar que pierda información o se distorsione.</li> </ul>

Procedimientos o procesos: Los procesos son las tareas que se realizan utilizando los datos y recursos tecnológicos ya mencionados anteriormente, mediante métodos definidos y consistentes producen resultados correctos. (Peña Llopis, s.f, p.7)

### **2.6.3. Ventajas o fortaleza de los SIG**

Son las siguientes ventajas de implementar un SIG:

- Capacidad de integración de fuentes diversas, tales como elementos cartográficos, datos estadísticos, planillas de cálculo, bases de datos tradicionales, fotos aéreas e imágenes satelitales.
- Capacidad de manejo. Edición y actualización.
- La información existente puede combinarse y re asociarse, generando nueva información.
- La relación estrecha que se establece entre los mapas digitales y la información asociada a los elementos gráficos contenidos en bases de datos, da una nueva dimensión al tratamiento de la información.
- Los análisis realizados permiten revelar relaciones, modelos y tendencias.
- Los datos se almacenan de forma separada. Tiene una capacidad de almacenamiento de datos muy útil.
- Ofrecen la ventaja adicional, que a diferencia de lo que sucede con los mapas tradicionales, los mapas SIG cambian dinámicamente en la medida que los datos alfanuméricos son actualizados.
- Provee las herramientas necesarias para analizar modelos, localizar eventos, medir cuán distante están dichos eventos, encontrar la mejor manera de llegar a un destino y explorar cómo los problemas se relacionan con los demás.
- Rapidez en las operaciones.

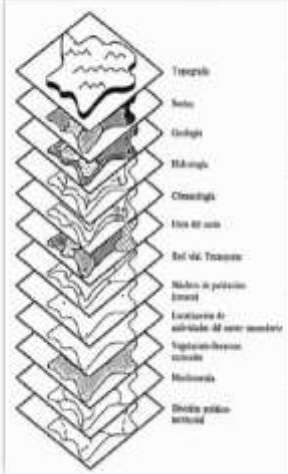
#### **2.6.4. Aplicaciones de los SIG**

La actividad relacionada con el espacio geográfico puede beneficiarse trabajando con S.I.G. Entre las aplicaciones más usuales destacan:

- Científicas: Ciencias medioambientales y relacionadas con el espacio, desarrollo de modelos empíricos, modelización cartográfica, modelos dinámicos y teledetección.
- Gestión: Cartografía automática, información pública, catastro, planificación física, ordenación territorial, planificación urbana, estudios de impacto ambiental, evaluación de recursos, gestión de recursos naturales, rutas de transporte, estudios sociológicos y demográficos y seguimiento de actuaciones.
- Empresarial: Marketing, estrategias de distribución, planificación de transportes y localización óptima. (Peña Llopis, Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio, s.f.,p.4)

Sus aplicaciones se pueden utilizar para diferentes actividades por ejemplo en la agricultura, comercio, cartografía, servicios de localización, prensa, tv, militares, telecomunicaciones, ingeniería civil, ingeniería ambiental educación , sociología, economía, elecciones , entre otros. Como se ve en la siguiente (Tabla N°10).

TABLA N°10: Información Geográfica y SIG al uso. Fuente:(COMAS, D.& RUIZ, E.,1993)

<i>Estratos de Información Geográfica</i>	<i>Ambitos de Aplicación</i>	<i>SIG al uso</i>
	<i>Aplicaciones básicas</i>	<i>Agricultura y Usos del Suelo Gestión de recursos naturales</i>
	<i>Aplicaciones de Administración y Catastro</i>	<i>Catastro Planificación y Gestión de Servicios Públicos Aplicaciones Cartográficas Defensa y Seguridad</i>
	<i>Aplicaciones Socioeconómicas</i>	<i>Censos y Estadísticas de Población Análisis de Mercados</i>
	<i>Aplicaciones de carácter global</i>	<i>CORINE Bases de Datos Municipales</i>
	<i>Aplicaciones de investigación científica</i>	<i>Proyecto Pompeya</i>

### 2.6.5. Arcgis 10.2

Es un software de Sistemas de Información Geográfico ArcGIS que se destaca al poseer variedades de instrumentos para el geo procesamiento mostrando un destaque en las siguientes características:

- Almacenamiento de data espacial en estructura vectorial y raster.
- Análisis de datos espaciales.
- Composición y generación de mapas con las herramientas del ArcMap.
- Capacidad raster: en malla de celdas o pixels.
- Capacidades 3D.
- Entrada y manejo de datos.
- Experiencia acumulada
- Generación de nueva data en nuevas celdas sin alterar la de origen.
- Geo procesamiento de datos con la herramienta ArcToolbox.
- Personalización en la generación de los mapas.
- Organización de datos con las herramientas del ArcMap
- Organización de datos Simbología y etiquetado, mayor variedad.
- Soporte.

Características que ayudaron al modelamiento de los escenarios de simulación.

## **CAPITULO III: DISEÑO METODOLOGICO**

### **3.1. Tipo y nivel de la investigación:**

**Tipo de investigación:** Aplicada.

Sera el tipo de investigación aplicada por que se resolverán problemas aplicando la metodología ya realizada en otros lugares, sin generar nuevas herramientas de medición, si no que se utilizarán las existentes que fueron empleadas en similares investigaciones.

**Nivel de investigación:** Descriptivo – Explicativo.

- Nivel Descriptivo: Predecir, describir situaciones y eventos que puedan ocurrir ante el fenómeno de tsunamis en el distrito de Ancón.
- Nivel explicativo: Se va explicar la relación causa-efecto de las simulaciones de tsunamis de diferentes escenarios sísmicos que podrían afectar al distrito de Ancón.

### **3.2. Método y diseño de la investigación:**

- Método de investigación: Cuantitativa, porque se obtendrá como resultado valores numéricos y porcentuales los cuales describirán los diferentes grados de riesgos en la población de Ancón.

- Diseño de investigación:

No Experimental, Porque se recolectara información mediante fichas que serán registradas de acuerdo a la realidad de la población en el distrito de Ancón.

Transversal: La recolección de información será una por unidad de muestra estadística.

Descriptiva: Debido a que se describirá la frecuencia de los resultados de la población del distrito de Ancón.

### **3.3. Población y muestra:**

- Población: Nuestra población está conformada por un total de 2244 lotes que se encuentran en las zonas pobladas cercanas al mar en el Distrito de Ancón como se muestra en el Anexo N°7.

Esta población fue determinada a razón de que ocupan el área más cercana al mar ocupando la zona con mayor riesgo de los efectos que pueda ocasionar el origen de un tsunami el área que ocupa esta área es aproximadamente de 1214727.693 m<sup>2</sup> o 1.215 km<sup>2</sup>.

- Muestra: Para determinar el tamaño de la muestra se hizo uso de fórmulas para una población finita de 2244 lotes como se muestra en el Anexo N°8. Se deberá tomar los datos de campo según los cálculos realizados de más de 1977 lotes.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

#### **3.4.1 Descripción de los instrumentos:**

El instrumento a ser utilizado será una ficha (Anexo N°1) cuyo formato nos ayudara en la toma de datos de campo. Los datos de campo que se recolectaran serán el N° Pisos de los Lotes y el Material de Construcción.

El plano catastral y las imágenes satelitales del área de estudio guiaran en la toma de datos en las fichas.

Se tomara fotografías a los lotes, si estos son de difícil acceso como por ejemplo debido a una prohibición, se tomaran fotografías desde las zonas más altas o se hará uso de las imágenes espaciales para la obtención de la información del lote.

#### **3.4.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos.**

La ficha es un instrumento que será complementado con las fotografías de los lotes tomados y con la ayuda del plano catastral o imágenes satelitales que guiaran que la toma de datos no se duplique y que no se tome algún dato de más.

### **3.4.3. Técnica para el procesamiento**

La técnica empleada es por medio de la división del área de estudio en 6 sectores, realizándose la toma de datos partiendo desde un punto en el plano catastral y señalándolo, se recolecto los datos por manzanas y se validó con imágenes.

Se utilizó codificaciones en la ficha para una fácil y rápida recolección, la ficha está constituida de alternativas múltiples y tiene como fin determinar la condiciones actual de los lotes,



## CAPÍTULO IV: RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

### 4.1. Datos de campo

Los datos de campo se tomaron en relación a la ficha que se muestra en el anexo N°01 teniendo como resultado la recopilación de datos un total 2244 lotes del distrito de Ancón, estos se tomaron no por encuestas si no por medio de un trabajo de campo, que consistió en la recolección de forma visual.

Se tomaron los siguientes datos de campo:

No. Pisos: Los valores que se le da corresponden al número de pisos de elevación de las viviendas, locales comerciales y otras edificaciones encontradas. Esto sin tener en cuenta los sótanos, solo se contó el número de pisos a partir del nivel de la vereda. Lotes de un valor "0" de pisos como se muestran en la (Figura N°10) son lotes que corresponden a áreas verdes (parques, jardines) y lotes libres (no habitados).



FIGURA N° 10: Lotes de un valor "0" de Nro de Pisos.

Material de la vivienda o Tipo de vivienda: En la zona de estudio se encontraron diferentes tipos de viviendas como: concreto, albañilería y mixtas a los cuales se asignaron valores numéricos (0,1,2,3,4) que ayudaron a realizar un levantamiento más rápido de la zona de estudio.

Se llegó a una nueva codificación al momento de ingresar los datos de campo a la plataforma ya que solo se emplearan dos curvas: la primera curva de fragilidad es para el tipo de viviendas de material de concreto, y la segunda curva de fragilidad para tipo de viviendas de material de albañilería, mixta, madera. Lotes de áreas verdes tienen el valor de "0", para las viviendas de Concreto se le dio el valor de "1" y para viviendas de albañilería, viviendas mixtas y viviendas de madera se le dio el valor de "2" (Tabla N°11).

En TABLA N°11 se resume la codificación dada a los tipos de vivienda

TABLA N°11: Tipos de vivienda.

TIPOS DE VIVIENDA		
TIPO	CAMPO	PLATAFORMA
Área Verde	0	0
Concrete (RC)=Concreto	1	1
Mansory= Albañilería	2	2
Mixed = Mixta	3	
Wood=Madera	4	

Los datos de la zona de estudio del distrito de Ancón se recolectaron en cuatro viajes, se da a conocer el recorrido de cada uno de ellas:

Primer viaje: El primer viaje se llevó a cabo el domingo 13 de Setiembre, en este se recorrió las zonas de Miramar, Las Colinas, el A.H. Las Brisas, el A.H. Miguel Grau, el A.H. Esteras I, las Gardenias y por ultimo A.H. Esteras II.

Este recorrido se realizó para hacer el reconocimiento de la zona de estudio del distrito de Ancón de la cual se tomarían los datos y la sectorización del área de estudio, esta se dividió en seis sectores:

Sector A: Esta conformados por las calles perimetrales de: Carabela, Malecon Bardelli, Malecón las Colina, (Figura N° 12).

Sector B: Está conformada por las calles perimetrales de Miramar, ,Miraflores, Santa María, La Florida y Cedros(Figura N° 12).

Sector C: Está conformado por las calles perimetrales de: Malecon Ferreyros, Malecón de Ancón, Malecón Colinas, Abtao, Cajamarca hasta el cruce de la calle Loreto con Abtao. (Figura N° 12).

Sector D: Está conformado por las calles perimetrales: Malecón Colinas, Mariátegui, Rímac y las viviendas que están en las faldas del cerro.(Figura N° 12).

Sector F: Está conformado por las calles perimetrales Malecón Ancón, Miraflores, Santa María, la Florida y Carlos Mariátegui. (Figura N° 12).

Sector G: Está conformado por las Avenidas perimetrales Julio Cesar Tello y José Carlos Mariátegui, hasta dos calles antes de llegar al Ovalo Chacas. (Figura N° 12).

La recolección de datos se realizó en los siguientes viajes, las imágenes tomadas en la primera visita se encuentran en el Anexo N°03 y la rutas que se tomó en la primera vista se encuentran en la Figura N°11.



FIGURA N° 11: Recorrido de la Visita N°01 al Distrito de Ancón. Fuente: Elaboración propia en el programa Google Earth 2015.

En cada viaje se realizó la recolección de datos de 2 sectores, los viajes se realizaron cada dos semanas, en cada una de ellas se tomó imágenes del recorrido realizado (Anexo N°03)



Figura N° 12: Sectores donde se tomaran los datos de Campo. Fuente: Elaboración propia en el programa Google Earth 2015.

Segundo viaje: El segundo viaje se realizó el domingo 27 de setiembre, donde se recolecto los datos por lotes en los sectores A (se encuentra en la zona Las Colinas) y B (se encuentra en la zona de Miramar). Las imágenes tomadas en este segundo viaje se encuentran en el Anexo N°03. Los sectores donde se realizó el trabajo de campo se muestran en la Figura N°13.



Figura N° 13: Recolección de datos en los sectores “A” y “B” Visita N°02 al Distrito de Ancón. Fuente: Elaboración propia en el programa Google Earth 2015.

Tercer viaje: El tercer viaje se realizó el domingo 4 de octubre, se recolecto los datos por lotes en los sectores “C” y “D”. Las imágenes tomadas en el tercer viaje se encuentran en el Anexo N°03. Los sectores donde se trabajó se muestran en la Figura N°14.



Figura N° 14: Recolección de datos en los sectores “C” y “D” Visita N°03 al Distrito de Ancón. Fuente: Elaboración propia en el programa Google Earth 2015.

Cuarto Viaje: El cuarto viaje se realizó el domingo 11 de octubre, se recolecto los datos por lotes en los sectores “E” y “F”. Las imágenes tomadas en este cuarto viaje se encuentran en el Anexo N°03. Los sectores donde se trabajó se muestran en la Figura N°15.



Figura N° 15: Recolección de datos en los sectores “E” y “F” Visita N°04 al Distrito de Ancón. Fuente: Elaboración propia en el programa Google Earth 2015.

#### **4.2. Información Adquirida de Instituciones Oficiales**

Las instituciones oficiales que proporcionaron información para la recopilación de datos fueron:

- Municipalidad de Ancón: La institución distrital nos proporcionó el plano catastral en formato dwg (AutoCAD) con esta información se pudo hacer el reconocimiento de la zona de estudio.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Proporciono información estadística como se muestra en el ANEXO N°4
- Instituto Geográfico Nacional Peruano (IGN): El IGN proporciono el plano topográfico del distrito de Ancón (Figura N°16) en formato dwg (AutoCAD).

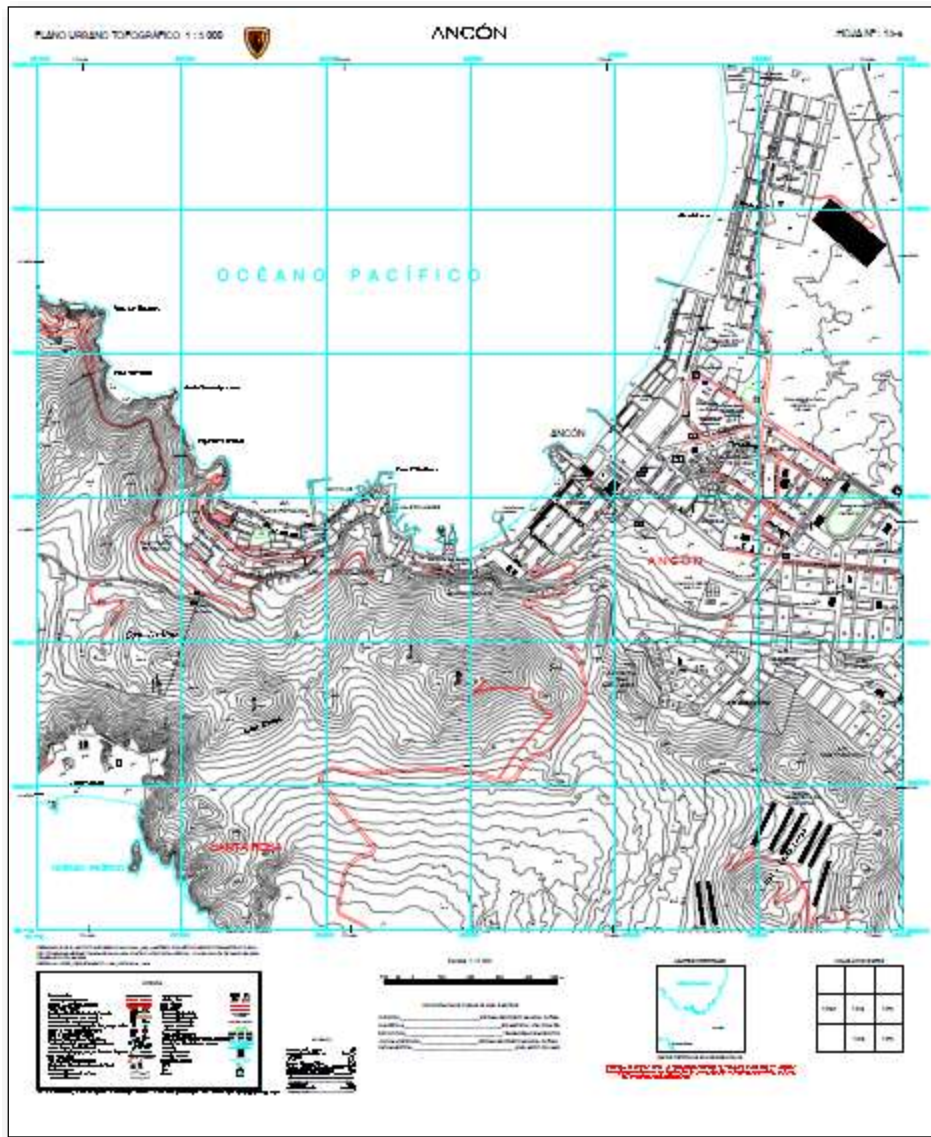


Figura N° 16: Plano Topográfico 13-a del Distrito de Ancón. Fuente: IGN.

## **.CAPÍTULO V: ELABORACION DE LA BASE DE DATOS**

### **5.1. Base de datos**

Para la elaboración de la base de datos y realizar el procesamiento en la plataforma S.I.G. se tuvo que ingresar información de campo e información adquirida de instituciones oficiales.

Se hace mención de la información adquirida:

Planos Topográficos: Los planos topográficos de la zona de estudio del distrito de Ancón (Plano13-a formato 2d) fueron obtenidos en el Instituto Geográfico Nacional (IGN) el planos tiene las curvas de nivel graficadas en formato 2D con las cotas en cada una de ellas, que nos ayuda a comprender las alturas y profundidades que tiene nuestra área de estudio.

Plano Catastral: El plano catastral nos fue brindado por la Municipalidad Distrital de Ancón de este se obtiene el número de manzanas, lotes y la distribución en calles y avenidas.

Datos Estadísticos: Los datos estadísticos (Anexo N° 4) fue brindado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) de estos se obtuvo el tipo de material de las viviendas por manzanas del censo realizado en el año 2007.

Tipo de viviendas o Material de construcción: Mediante el trabajo de campo realizado en la zona de estudio del distrito de Ancón que fue realizado en 4 visitas y con la ayuda de los planos catastrales, se pudo obtener la información del tipo de material de construcción, esta información fue recolectada con la ayuda de la ficha adjunta en el Anexo N° 1. Se consideró a las áreas verdes (parques, jardines) y lotes libres (no habitados) se le dio un valor de "0", las viviendas de Concreto se le dio un valor de "1" y para viviendas de albañilería, mixtas y madera se le dio un valor de "2" (TABLA N°11)

N° de Lotes: La cantidad de lotes se obtuvo de la fusión del plano catastral y la información que se tomó por sectores tomados en campo, siendo el número de lotes de nuestra área de estudio un total de 2244.



Área de vivienda: Las áreas de las viviendas se calcularon con el ingreso del plano catastral (los lotes se encuentran en forma de polígonos) a la plataforma SIG, con la ayuda de las herramientas del ArcMap se obtuvo este dato.

Curva de Fragilidad: Se empleó las curvas de fragilidad de Natural Hazards and Earth System Sciences (Figura N° 17).

Con la ayuda de la Tabla N°12 se podrá reconocer las curvas a emplear de acuerdo a la similitud de materiales de construcción y la ubicación de las vivienda existentes en la zona de estudio.

TABLA N°12: Resumen de Parámetros Estadísticos del Desarrollo de las Curvas de Fragilidad. Fuente: Natural Hazards and Earth System Sciences,2012.

Event (Year)	Location	Country	Structure type	No. of structures inspected	No. of structures in range	$\mu$	$\sigma$	$\mu'$	$\sigma'$	$R^2$	Fragility curve (Fig. 9)
Nansei Hokkaido (1993)	Okushiri Is. -- Aomae	Japan	Wood	523	50	-	-	0.216	0.736	0.82	a.
Indian Ocean (2004)	Banda Aceh	Indonesia	Wood, timber, RC	48910	1000	2.985	1.117	-	-	0.99	b.
Indian Ocean (2004)	Phang Nga	Thailand	Reinforced Concrete (RC)	3.007	100	-	-	0.689	0.903	0.80	c.
Indian Ocean (2004)	Phuket	Thailand	RC	1.589	50	-	-	0.917	0.642	0.82	d.
Samoa (2009)	American Samoa	USA	RC	344	20	-	-	1.170	0.691	0.89	e.
Chile (2010)	Dichato	Chile	Masonry, mixed	915	50	-	-	0.092	1.272	0.88	f.

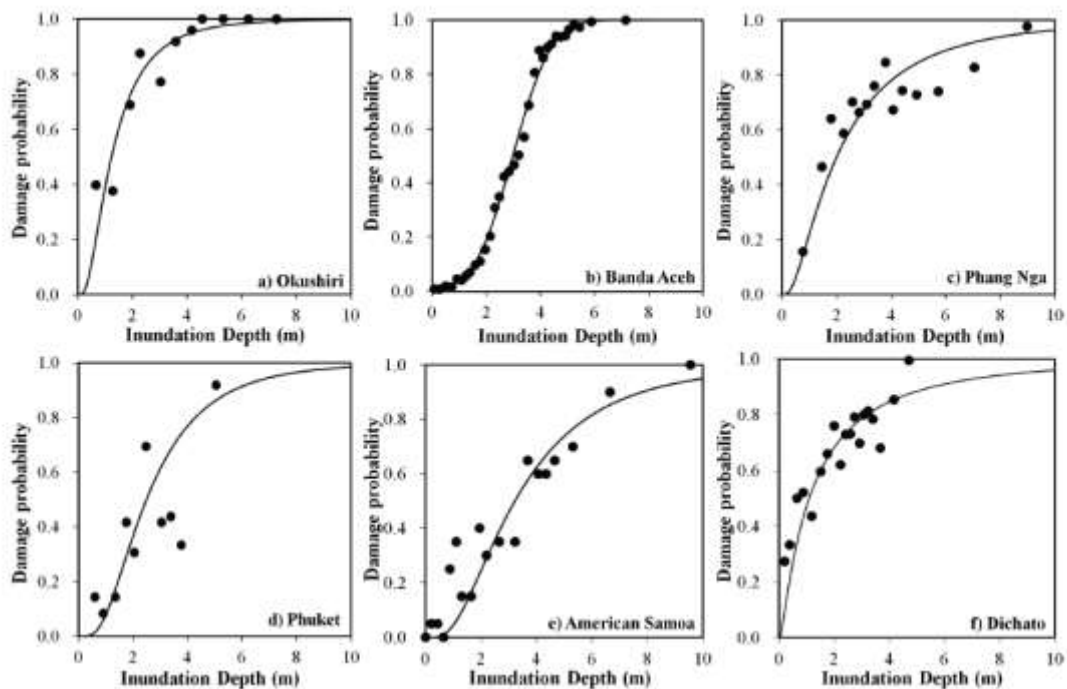


Figura N° 17: Curvas de Fragilidad del Tsunami para Determinar la Probabilidad de Daño. Fuente: Natural Hazards and Earth System Sciences, 2012.

Las curvas de fragilidad tomadas son la de American Samoa (Curva N° 1) que se emplea para el tipo de estructuras de concreto y la curva de fragilidad de Dichato (Curva N° 2) que se emplea para los tipos de estructuras de albañilería, mixta y madera. Estas curvas de fragilidad (Figura N°18) nos darán como resultado la probabilidad de daño según el tipo de vivienda y altura de inundación producida por el tsunami.

## **CAPÍTULO VI: CÁLCULOS Y RESULTADOS:**

En la costa del Perú se encuentra la falla de subducción originada por el encuentro de la placa de nazca (oceánica) y la placa sudamericana (continental) originando actividades sísmicas. La última actividad sísmica de gran magnitud con epicentro en la ciudad de Lima fue originada en el año 1746 con magnitud de 9.00 Mw y una intensidad de X MM produciendo un tsunami en las costas del Callao, puertos de Chancay y huacho que origino grandes pérdidas humanas y materiales.

En la ciudad de Lima existe un silencio sísmico preocupante desde 1746 debido a la acumulación de energía alrededor de 269 años, por lo que se espera un fuerte evento sísmico el que podría ocasionar el origen de maremotos o tsunamis en la zona costera del Perú ocasionando pérdidas humanas y materiales.

En el siguiente trabajo de investigación se realiza la simulación de dos escenarios sísmicos de magnitudes históricas de 8.2 Mw (Lima 1940) y 8.5 Mw (Japón 2011) con un epicentro cercano a la costa del distrito de Ancón. Para elabora la base de datos primero se tuvo que recopilar la información de campo y datos de instituciones (Municipalidad de Ancón, INEI, IGN) e ingresarlas en la plataforma SIG donde se modelara los escenarios sísmicos E-01 y E-02 dando como resultado los mapas temáticos para la zona de estudio.

En el presente capitulo se podrán observar los cálculos realizados para las dos escenarios:

- Primero se tendrá que determinar de la zona de disturbación para el distrito de Ancón.
- Se tendrá que realizar el cálculo del tiempo de llegada de la primera ola a la costa de la zona de estudio del distrito de Ancón.
- Se tendrá que determinar la altura de la ola máxima empleando las fórmulas de Silgado para los escenarios E-01 y E-02.
- Para realizar el cálculo del daño se hará uso de las Curvas de Fragilidad de American Samoa y Dichato obteniendo como resultado la

probabilidad del daño según el tipo de viviendas. Empleando la escala de daño del estudio (PREDES) se podrá determinar sus niveles.

Con los resultados del análisis en la plataforma SIG se obtendrá:

- Mapas temáticos que mostraran las zonas más vulnerables del área de estudio para los escenarios E-01 y E-02.

## 6.1 Cálculo:

### 6.1.1. Cálculo de la Zona de Disturbación

Para obtener la zona de distribución para los escenarios E-01 (Figura N°29) y E-02 (Figura N°30) se consideró el epicentro en 11°32'7.65"S, 77°46'17.31"O a 70 km de la costa del Distrito de Ancón. En la cual se va determinar la zona de perturbación a través del cálculo de la elipse de eje mayor y menor (TABLA N°013), para lo cual se emplean las siguientes formulas:

$$\log S = \frac{2}{3} \times M - 2.93$$

S: Longitud del eje mayor

M: Magnitud del sismo

R: Radio Mayor

Se están considerando dos magnitudes (M) de sismos para la zona de estudio del Distrito de Ancón: 8.20 (Lima – Callao 1940) y 8.50 (Japón 2011)

A continuación se desarrolla la fórmula empleada para el cálculo del Eje Mayor para el escenario E-01:

$$\log S = \frac{2}{3} \times M - 2.93$$

$$10^{\frac{2}{3} \times 8.20 - 2.93}$$

$$S = 344.09 \text{ km}$$

S tiene que estar representada en metros, al hacer la conversión se obtendrá:

$$S = 344.09 \times 1\,000$$

$$S = 344,085.73 \text{ m}$$

$$R = \frac{344,085.73 \text{ m}}{2}$$

$$R = 172\,042.87 \text{ m}$$

También se desarrolla la fórmula empleada para el cálculo del Eje Mayor para el escenario E-02

$$\log S = \frac{2}{3} \times M - 2.93$$

$$10^{\frac{2}{3} \times 8.50 - 2.93}$$

$$S = 545.34 \text{ km}$$

S tiene que estar representada en metros, al hacer la conversión se obtendrá:

$$S = 545.34 \times 1\,000$$

$$S = 545\,339.14 \text{ m}$$

$$R = \frac{545\,339.14 \text{ m}}{2}$$

$$R = 272\,669.57 \text{ m}$$

El eje mayo se calcula con la siguiente formula:

$$b = (3.77 - 0.42M) \times S$$

b = Longitud del eje menor

M = Magnitud del sismo

S = Longitud del eje mayor

R = Radio Menor

A continuación se desarrolla la fórmula empleada para el cálculo del Eje Menor para el escenario E-01

$$b = (3.77 - 0.42 \times 8.20) \times 344.09$$

$$b = 112.17 \text{ km}$$

b tiene que estar representada en metros, al hacer la conversión se obtendrá

$$b = 112\,171.95 \text{ m}$$

$$r = 56\,085.97 \text{ m}$$

A continuación se desarrolla la fórmula empleada para el cálculo del Eje Menor para el escenario E-02

$$b = (3.77 - 0.42 \times 8.50) \times 344.09$$

$$b = 109.07 \text{ km}$$

b tiene que estar representada en metros, al hacer la conversión se obtendrá

$$b = 109\,067.83 \text{ m}$$

$$r = 54\,533.91 \text{ m}$$

Se adjunta cuadro de resultados del cálculo del radio menor y mayor

(Tabla N°013) de la elipse para cada escenario:

TABLA N°013: Cálculo de Elipse. Fuente: Elaboración Propia.

CALCULO DE ELIPSE						
Escenario	Ubicación	Magnitud del Sismo	Eje Mayor (Km)	Eje Menor (Km)	Radio de Eje Mayor (Mt)	Radio de Eje Menor(Mt)
1.00	Lima-Callao 1940	8.20	344.09	112.17	172,042.87	56,085.97
2.00	Japon 2011	8.50	545.34	109.07	272,669.57	54,533.91

### 6.1.2. Cálculo del Tiempo de Llegada de la Primera Ola

Para determinar el tiempo de llegada de la primera ola (Tabla N°13 y Tabla N°14) se calcula la distancia recorrida por la ola, para cual emplearemos la siguiente formula:

$$d = \Delta t \sqrt{gZ}$$

Dónde:

d = Distancia recorrida por la ola (m)

$\Delta t$  = Intervalo de tiempo entre ola (s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Z = Altura batimétrica (m)

TABLA N°14: Calculo de llegada de la Primera Ola para el escenario E-01.  
(Continua)

Escenario E-01					
Minuto	Delta T	G	Z	Distancia (Mt)	Distancia (Km)
0	0	9.8			
1	60	9.8	79	1669.47	1.67
2	60	9.8	76	1637.46	1.64
3	60	9.8	71	1582.68	1.58
4	60	9.8	70	1571.5	1.57
5	60	9.8	68	1548.88	1.55
6	60	9.8	66	1525.94	1.53
7	60	9.8	62	1478.97	1.48
8	60	9.8	60	1454.92	1.45

TABLA N°14: Calculo de llegada de la Primera Ola para el escenario E-01.

<b>Escenario E-01</b>					
<b>Minuto</b>	<b>Delta T</b>	<b>G</b>	<b>Z</b>	<b>Distancia (Mt)</b>	<b>Distancia (Km)</b>
9	60	9.8	59	1442.75	1.44
10	60	9.8	58	1430.47	1.43
11	60	9.8	54	1380.26	1.38
12	60	9.8	40	1187.94	1.19
13	60	9.8	64	1502.64	1.5
14	60	9.8	97	1849.91	1.85
15	60	9.8	94	1821.08	1.82
16	60	9.8	1	187.83	0.19

TABLA N°15: Calculo de llegada de la Primera Ola para el escenario E-02.  
(Continua)

<b>Escenario E-02</b>					
<b>Minuto</b>	<b>Delta T</b>	<b>g</b>	<b>Z</b>	<b>Distancia (Mt)</b>	<b>Distancia (Km)</b>
0	0	9.8			
1	60	9.8	80	1680	1.68
2	60	9.8	82	1700.87	1.7
3	60	9.8	79	1669.47	1.67
4	60	9.8	74	1615.77	1.62
5	60	9.8	72	1593.79	1.59
6	60	9.8	71	1582.68	1.58
7	60	9.8	68	1548.88	1.55



TABLA N°15: Calculo de llegada de la Primera Ola para el escenario E-02.

<b>Escenario E-02</b>					
<b>Minuto</b>	<b>Delta T</b>	<b>g</b>	<b>Z</b>	<b>Distancia (Mt)</b>	<b>Distancia (Km)</b>
8	60	9.8	64	1502.64	1.5
9	60	9.8	63	1490.85	1.49
10	60	9.8	60	1454.92	1.45
11	60	9.8	59	1442.75	1.44
12	60	9.8	56	1405.59	1.41
13	60	9.8	51	1341.37	1.34
14	60	9.8	39	1173	1.17
15	60	9.8	65	1514.33	1.51
16	60	9.8	115	2014.25	2.01
17	60	9.8	52	1354.46	1.35
<b>18</b>	60	9.8	0	0	0

El intervalo de tiempo que se consideró para el estudio es de 60segundos, dando como resultado:

- Para el escenario 01 el tiempo de viaje de la ola es de 16 minutos. (Tabla N°13)
- Para el escenario 02 el tiempo de viaje de la ola es de 18 minutos. (Tabla N°14)

### **6.1.3. Calculo de Altura de la Ola Máxima**

A continuación se detalla el cálculo realizado para determinar la altura máximas de las olas para los escenarios 01 y 02, los resultados serán ingresados a la plataforma SIG:

### **Cálculo de la altura máxima según Yamaguchi**

Es una fórmula empírica relaciona la distancia entre la costa y la proyección de la línea batimétrica -100 metros, esta fórmula empírica nace de la observación de las características del tsunami que afectó el área de Sanriku, Japón en 1896.

$$H = 12.30 \times e^{-0.67 \times D}$$

Dónde:

H = Altura de la ola máxima (m)

D = Distancia desde la costa hasta la proyección de la línea batimétrica -100 m (Km.)

Calculo para el escenario E-01 y E-02:

$$H = 12.30 \times e^{-0.67 \times 15.30}$$

$$H = 4.41m$$

El resultado es castigado por la altura máxima de la marea, este dato es obtenido de la tabla de mareas de Ancón del mes de Octubre, esta información es obtenida de la página web de Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

$$H = 4.41 + 0.99$$

$$H = 5.40 m$$

### **Cálculo de la altura máxima según Silgado**

Silgado (1978) generaliza la altura de la ola a la entrada de una bahía mediante el análisis estadístico de los sismos y sus efectos, entre 1749 hasta 1974 y deriva una fórmula regional para el cálculo de la altura de ola para el Perú y Norte de Chile:

$$\log(H) = 0.79 \times M - 5.70$$

Dónde:

H = Altura de la ola máxima (m)

M = Magnitud del sismo

Desarrollo de cálculo para el escenario E-01:

$$H = 10^{0.79 \times 8.20 - 5.70}$$

$$H = 6.00m$$

El resultado es castigado por la altura máxima de la marea, este dato es obtenido de la tabla de mareas de Ancón del mes de Octubre, esta información

es obtenida de la página web de Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

$$H = 6.00 + 0.99$$

$$H = 7.0 \text{ m}$$

Desarrollo de cálculo para el escenario E-02:

$$H = 10^{0.79 \times 8.50 - 5.70}$$

$$H = 10.35 \text{ m}$$

El resultado es castigado por la altura máxima de la marea, este dato es obtenido de la tabla de mareas de Ancón del mes de Octubre, esta información es obtenida de la página web de Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

$$H = 10.35 + 0.99$$

$$H = 11.3 \text{ m}$$

En la Tabla N° 016 se aprecia el resultado de ambas fórmulas, como ya se había indicado la altura obtenida para Yamaguchi es constante a diferencia de Silgado donde las alturas son variables esto debido a la variación de la magnitud sísmica.

TABLA N°016: Cálculo de Altura de la primera Ola. Fuente: Elaboración Propia.

CALCULO DE ALTURA DE OLA (YAMAGUCHI - SILGADO)						
Escenario	Magnitud	Yamaguchi	Silgado	Mareas	H Yamaguchi (m)	H Silgado (m)
1	8.2	4.41	6.00	0.99	5.4	7.0
2	8.5	4.41	10.35	0.99	5.4	11.3

Luego de calcular altura máxima de la ola se procede a calcular la altura de inundación para cada vivienda:

$$AI = H - NT$$

Dónde:

AI = Altura de inundación

H = Altura máxima de la ola

NT = Nivel de terreno natural

Los resultados se encuentran en el Anexo N°6, el reporte se encuentra en el CD en formato PDF.

#### 6.1.4. Cálculo de la Probabilidad del Daño

La probabilidad de daño de las viviendas ante un tsunami en la zona de estudio del distrito de Ancón fue hallado con las Curvas de Fragilidad de Locación de Dichato para viviendas de tipo de material de albañilería, madera y mixta, para las viviendas de RC (Concreto) se utilizó la Curva de Fragilidad de American Samoa, estas dos curvas de Fragilidad se muestran en la Figura N°18.

El cálculo de daño se realizó para dos escenarios de estudio, considerando sismos existentes de magnitud 8.20 (sismo Lima – Callao 1940) y 8.50 (Japón 2011).

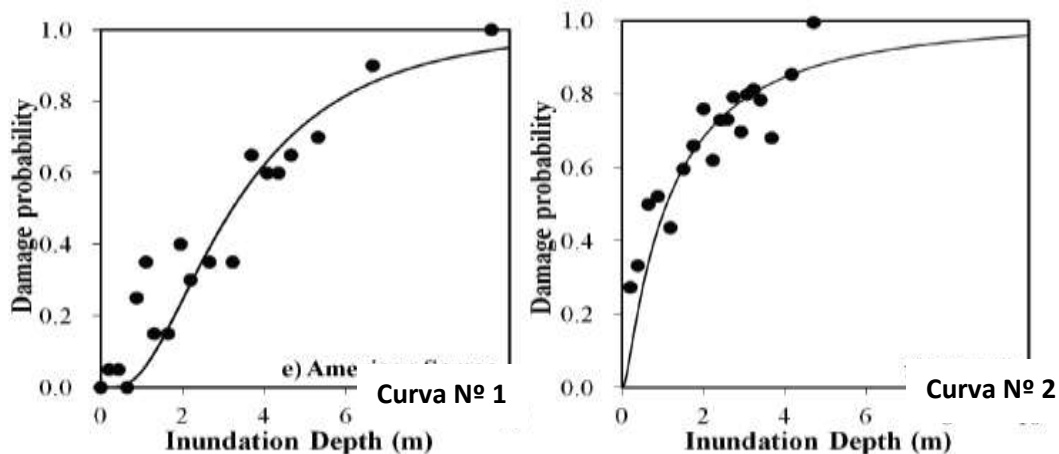


Figura N°18: Curvas de Fragilidad de Locación en American Samoa y Dichato.

Para el uso de las curvas de fragilidad, primero se tuvo que hallar la altura de la inundación que es la altura máxima de la ola (el cálculo está explicado en el CAPÍTULO VIII) menos la cota del terreno natural este resultado será

intersectado en la curva de fragilidad dependiendo el tipo de material a analizar, obteniendo como resultado la probabilidad del daño siendo 1 equivalente a un daño del 100% y 0 a 0%.

Para obtener los resultados de la probabilidad del daño en la plataforma S.I.G. se diagramo las curvas de fragilidad de Dichato y American Samoa en el programa Excel obteniendo como resultado 3 ecuaciones por cada curva (Gráfico N° 01 y Gráfico N° 02), donde la variable "X" será reemplaza por la altura de inundación para cada escenario (Figura N°19, Figura N°20).

Estas ecuaciones serán ingresadas a la plataforma como condiciones, para lo cual se tendrá que realizar una ligera programación para los dos escenarios E-01 y E02 (Figura N°19, Figura N°20) que será ingresada en la ventana de cálculo (Figura N° 21) para obtener como resultado la verificación de la probabilidades de daño en los dos escenarios que se visualizara en la ventana de resultados (Figura N° 22) de la plataforma SIG.

```
CALCULO DE DAÑO ESCENARIO E-01
MAGNITUD 8.20 (SISMO LIMA - CALLAO 1940)

IF [T_viv_Curv] = 1 THEN
  IF [Inunda_7m] < 2 THEN
    VDANO = 0.08 * [Inunda_7m] * [Inunda_7m] + 0.03 * [Inunda_7m] + 2 * 10^-16
  ELSEIF [Inunda_7m] < 5 THEN
    VDANO = -0.0425 * [Inunda_7m] * [Inunda_7m] + 0.4625 * [Inunda_7m] - 0.3725
  ELSE
    VDANO = -0.0041 * [Inunda_7m] * [Inunda_7m] + 0.083 * [Inunda_7m] + 0.5686
  END IF
ELSE
  IF [Inunda_7m] < 2 THEN
    VDANO = -0.08 * [Inunda_7m] * [Inunda_7m] + 0.46 * [Inunda_7m]
  ELSEIF [Inunda_7m] < 5 THEN
    VDANO = -0.0225 * [Inunda_7m] * [Inunda_7m] + 0.2485 * [Inunda_7m] + 0.1965
  ELSE
    VDANO = -0.0033 * [Inunda_7m] * [Inunda_7m] + 0.07 * [Inunda_7m] + 0.6114
  END IF
END IF

__esri_field_calculator_splitter__
VDANO
```

Figura N° 19 Programación para Cálculo de Daño para el E-01. Fuente: Elaboración propia ingresada en la plataforma SIG.

```

CALCULO DE DAÑO ESCENARIO E-02
MAGNITUD 8.50 (JAPÓN 2011).

IF [T_Viv_Curv] = 1 THEN
  IF [Inunda_111] < 2 THEN
    VDANO = 0.08 * [Inunda_111]^2 + 0.03 * [Inunda_111] + 2 * 10^-16
  ELSEIF [Inunda_111] < 5 THEN
    VDANO = -0.0425 * [Inunda_111]^2 + 0.4625 * [Inunda_111] - 0.3725
  ELSE
    VDANO = -0.0041 * [Inunda_111]^2 + 0.083 * [Inunda_111] + 0.5686
  END IF
ELSE
  IF [Inunda_111] < 2 THEN
    VDANO = -0.08 * [Inunda_111]^2 + 0.46 * [Inunda_111]
  ELSEIF [Inunda_111] < 5 THEN
    VDANO = -0.0225 * [Inunda_111]^2 + 0.2485 * [Inunda_111] + 0.1965
  ELSE
    VDANO = -0.0033 * [Inunda_111]^2 + 0.07 * [Inunda_111] + 0.6114
  END IF
END IF
END IF

__esri_field_calculator_splitter__
VDANO

```

Figura N° 20 Programación para Cálculo de Daño para el E-02. Fuente: Elaboración propia ingresada en la plataforma SIG.



Figura N° 21 Ventana de Cálculo. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG.

ID	Shape	Cota	Numero	T_Vivienda	T_Viv_Curr	Inunda_1	Inunda_11.30	AlturaPIa	Altura_Tol	Daño_E	Daño_E2	Rev_DañoE1	Rev_DañoE2	Tipo_Mater
0	Polygon ZM	29.7	1	4	2	0.00	0.00	2.68	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
1	Polygon ZM	29.7	1	4	2	0.00	0.00	2.61	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
2	Polygon ZM	29.7	1	2	2	0.00	0.00	2.63	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
3	Polygon ZM	41.05	1	2	2	0.00	0.00	2.62	2.62	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
4	Polygon ZM	45.71	2	2	2	0.00	0.00	2.52	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
5	Polygon ZM	40.7	1	4	2	0.00	0.00	2.71	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
6	Polygon ZM	40.7	1	2	2	0.00	0.00	2.41	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
7	Polygon ZM	45.7	1	2	2	0.00	0.00	2.76	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
8	Polygon ZM	26.7	1	2	2	0.00	0.00	2.73	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
9	Polygon ZM	38.454	1	2	2	0.00	0.00	2.68	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
10	Polygon ZM	29.7	1	4	2	0.00	0.00	2.42	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
11	Polygon ZM	49.6915	1	2	2	0.00	0.00	2.57	2.57	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
12	Polygon ZM	43.3626	1	4	2	0.00	0.00	2.75	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
13	Polygon ZM	42.7737	2	2	2	0.00	0.00	2.72	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
14	Polygon ZM	41.0303	1	4	2	0.00	0.00	2.55	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
15	Polygon ZM	25.3304	0	0	0	0.00	0.00	2.76	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	Area Libre
16	Polygon ZM	40.5331	1	4	2	0.00	0.00	2.75	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
17	Polygon ZM	40.5736	1	4	2	0.00	0.00	2.43	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
18	Polygon ZM	29.9544	1	4	2	0.00	0.00	2.76	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
19	Polygon ZM	48.0341	2	2	2	0.00	0.00	2.55	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
20	Polygon ZM	36.4547	1	4	2	0.00	0.00	2.61	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
21	Polygon ZM	29.603	2	2	2	0.00	0.00	2.71	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
22	Polygon ZM	38.466	1	2	2	0.00	0.00	2.42	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
23	Polygon ZM	43.4419	1	2	2	0.00	0.00	2.64	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
24	Polygon ZM	42.7816	2	2	2	0.00	0.00	2.59	2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
25	Polygon ZM	47.6759	1	2	2	0.00	0.00	2.52	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
26	Polygon ZM	25.3215	0	0	0	0.00	0.00	2.65	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	Area Libre
27	Polygon ZM	40.8290	2	2	2	0.00	0.00	2.68	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
28	Polygon ZM	39.0864	1	2	2	0.00	0.00	2.51	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
29	Polygon ZM	29.6486	1	2	2	0.00	0.00	2.51	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
30	Polygon ZM	40.4209	1	4	2	0.00	0.00	2.73	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
31	Polygon ZM	52.1793	1	4	2	0.00	0.00	2.73	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera
32	Polygon ZM	54.0396	2	2	2	0.00	0.00	2.64	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
33	Polygon ZM	48.7888	1	2	2	0.00	0.00	2.79	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
34	Polygon ZM	29.6331	2	2	2	0.00	0.00	2.76	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
35	Polygon ZM	42.7462	2	2	2	0.00	0.00	2.49	2.49	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
36	Polygon ZM	53.5804	1	2	2	0.00	0.00	2.68	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
37	Polygon ZM	48.3827	1	2	2	0.00	0.00	2.79	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	Albañiler*
38	Polygon ZM	37.9731	1	4	2	0.00	0.00	2.58	2.58	0.00	0.00	0.00	0.00	Madera

Figura N° 22: Ventana de resultados del Cálculo de Daño. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG.

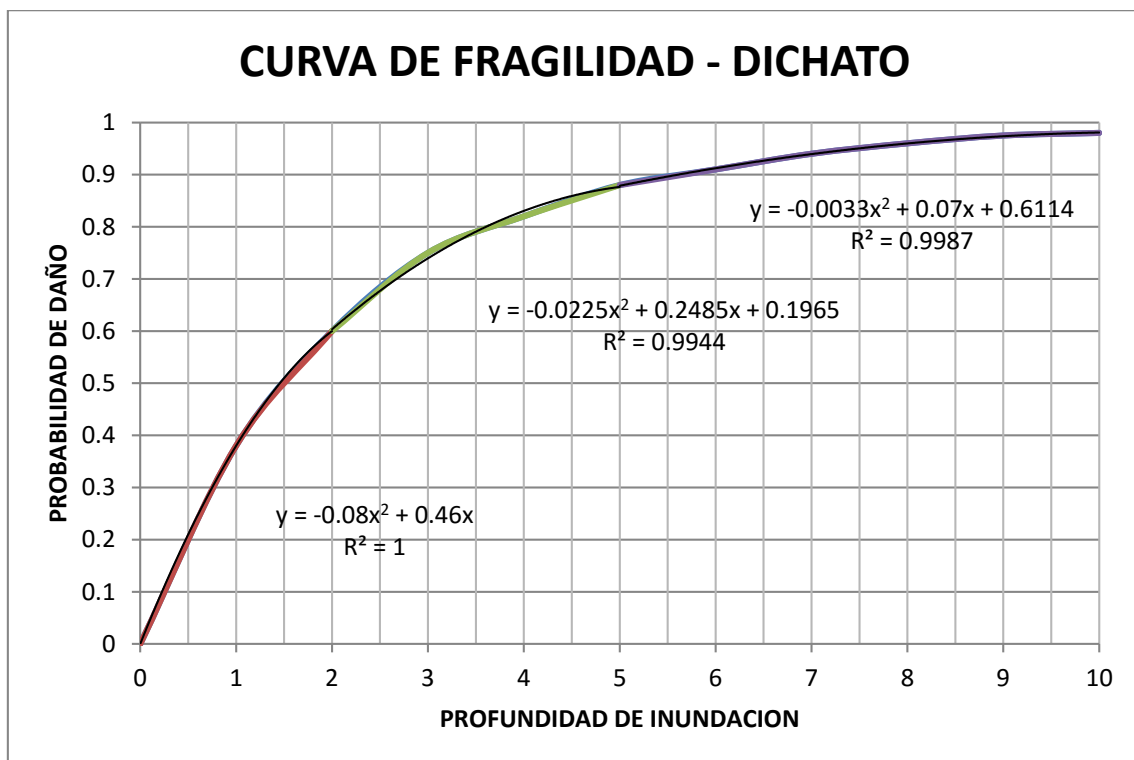


Gráfico N° 01: Grafico de Curva de Fragilidad (f). Fuente: fragility curve for tsunami

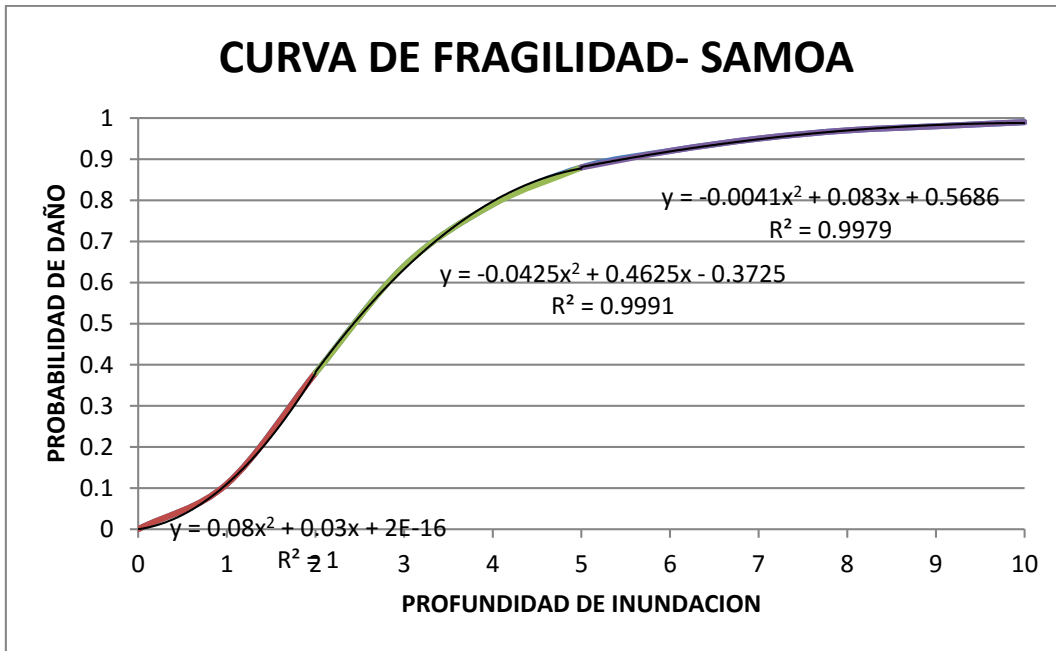


Gráfico N° 02: Grafico de Curva de Fragilidad (f). Fuente: fragility curve for tsunami.

## 6.2. Resultados:

### 6.2.1. Mapa de Lotes en la Zona de Estudio

El Mapa de Lotes de la Zona de Estudio del Distrito de Ancón se observa en la Figura N° 23 el cual está ubicado en las coordenadas 11°44'00"S 77°09'00"O El cual muestra un total de 2244 lotes.





Figura N° 23: Mapa de Lotes en Zona de Estudio. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

### 6.2.2. Mapa de Curvas de Nivel

Para obtener como resultado el Mapa de Curvas de Nivel en la Zona de Estudio del distrito de Ancón se empleó el programa Google Earth del cual se tomaron puntos, del cual se obtuvo como resultado la elevación de las cotas (Figura N° 25), esta base de datos fue ingresada al SIG y guardada en formato shape (SHP) dándonos como resultado la ubicación exacta de cada punto tomado.

En la Figura N° 24 se muestra el Mapa de curvas de nivel de la zona de estudio en el distrito de Ancón, estas se encuentran separadas entre sí a cada metro de diferencia de altura tanto en elevación y ascensión de cotas.

La cota más alta es 50 msnm y se encuentra en la Urb. Las Colinas, y las cotas más bajas están ubicadas en la Av. José Carlos Mariátegui.

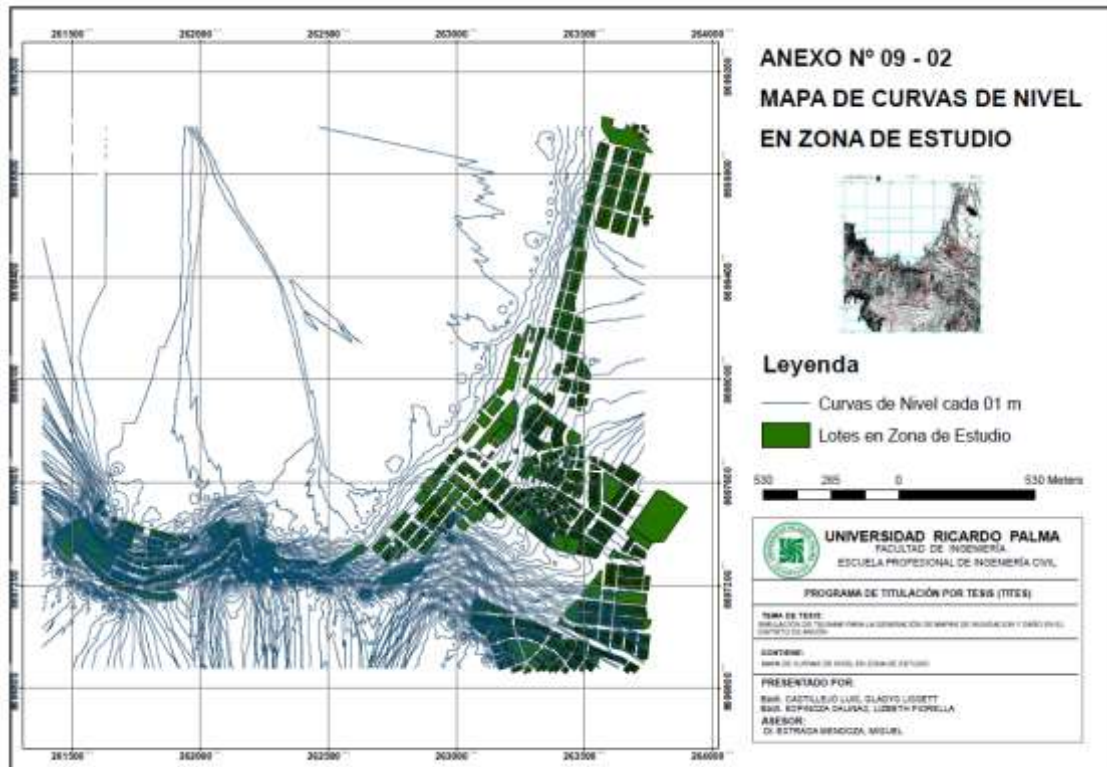


Figura N° 24: Mapa de Curvas de Nivel en zona de estudio. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

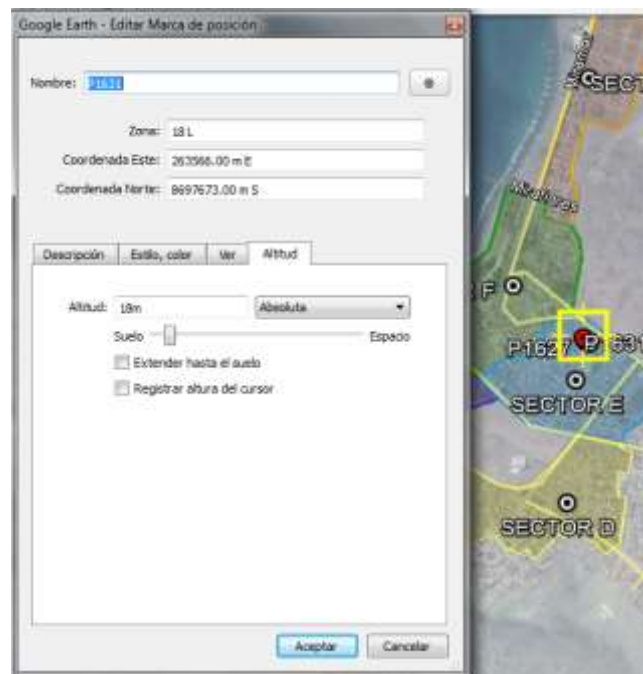


Figura N° 25: Ventana de Registro de datos en Google Earth. Fuente: Elaboración propia en Google Earth.

### 6.2.3. Mapa temático de materiales

Para obtener como resultado el Mapa temático de vivienda por tipo de material se tuvo que recolectar información de campo, la cual fue obtenida de las cuatro visitas al distrito de Ancón, dicha información fue ingresada al SIG con códigos por tipo de vivienda (TABLA N°11), se consideró para las viviendas de concreto el código 1.00 para las viviendas de albañilería, mixtas y madera se codifico como 2.00 y 0.00 para las áreas libres que se encontraron en el zona de estudio (Figura N°26).

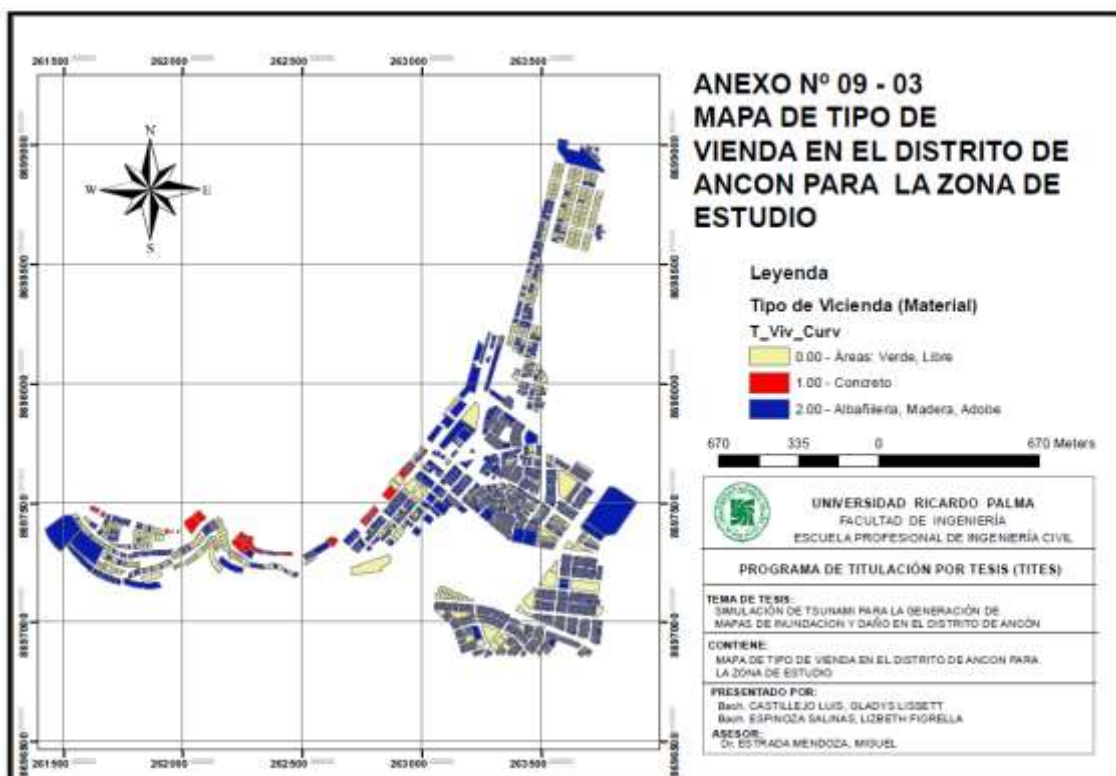


Figura N° 26: Mapa de tipo de vivienda en el distrito de Ancón para la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG.

Con la base de datos ingresada al sistema, se obtuvo la Tabla Resumen de Tipo de Vivienda (Figura N° 27 y Figura N° 28), en la que muestran la totalidad de las viviendas por tipo de material se tiene: 1,434 viviendas de albañilería, 599 corresponden a áreas libres (áreas verdes o lotes vacíos), 10 de concreto, 176 de madera y 25 viviendas de son de un tipo de material mixta. Tenemos 1645 viviendas construidas con diversos materiales, esta información se representa en el gráfico de barras (Gráfico N° 03)

El conteo de las viviendas por el número de pisos se encuentra representada en el Gráfico N° 4 que es obtenido de la plataforma SIG, en la cual se observa que la zona más representativa son las viviendas de 1, 2 y 3 pisos para la zona de estudio en el distrito de Ancón.

OID	Tipo_Mater	Count_Tipo_Mater
0	Albañiler*	1434
1	Area Libre	599
2	Concreto	10
3	Madera	176
4	Mixta	25

Figura N° 27: Tabla Resumen de Tipo de Vivienda en el Distrito de Ancón.

Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

OID	Numero_Pis	Count_Numero_Pi	N_Pisos
0	0	579	Area Libre
1	1	815	01 Piso
2	2	641	02 Pisos
3	3	143	03 Pisos
4	4	18	04 Pisos
5	5	13	05 Pisos
6	6	7	06 Pisos
7	7	8	08 Pisos
8	8	5	08 Pisos
9	9	5	09 Pisos
10	10	7	10 Pisos
11	11	1	11 Pisos
12	12	2	12 Pisos

Figura N° 28: Tabla Resumen de Numero de Pisos en el Distrito de Ancón.

Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

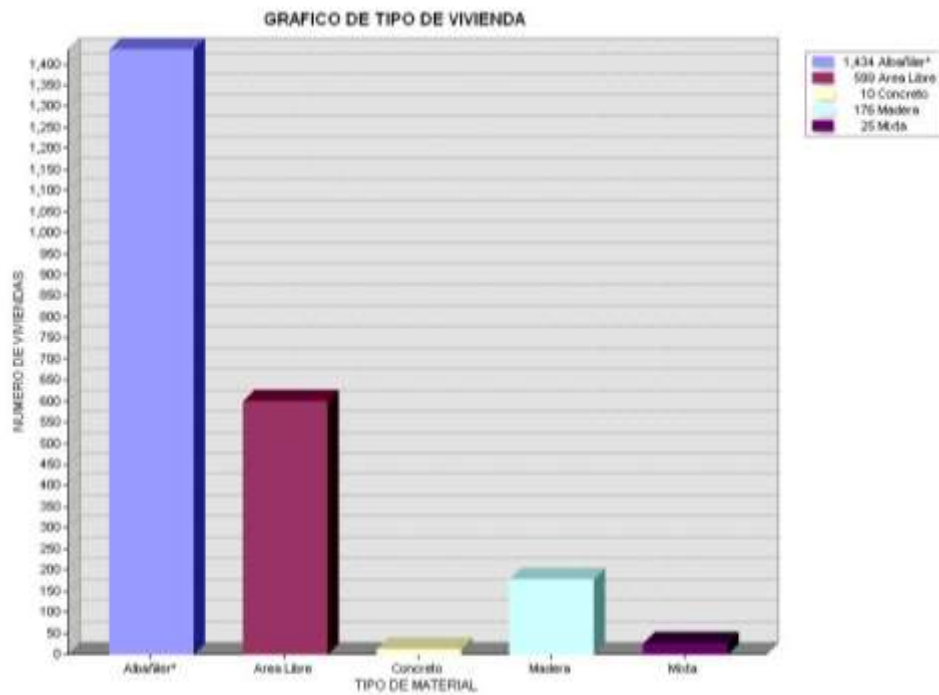


Gráfico N° 03: Grafico de Tipo de Vivienda. Fuente: Elaboración propia en

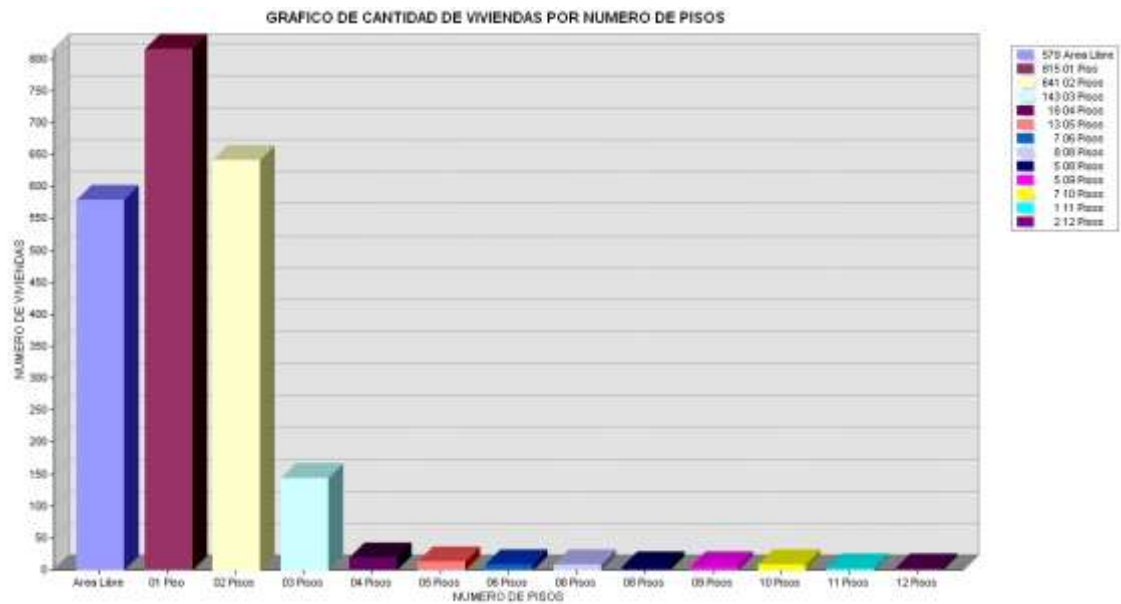


Gráfico N° 04: Grafico de Cantidad de Viviendas por Número de Pisos. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

#### 6.2.4. Mapa de Zona de disturbación para los Escenarios 01 y 02

Para obtener el Mapa de la zona de distribución o perturbación para los escenarios E-01 (Figura N°29) y E-02 (Figura N°30), esta zona está representada de forma elíptica, los resultados del radio del eje mayor y eje menor se encuentran en la Tabla N° 13

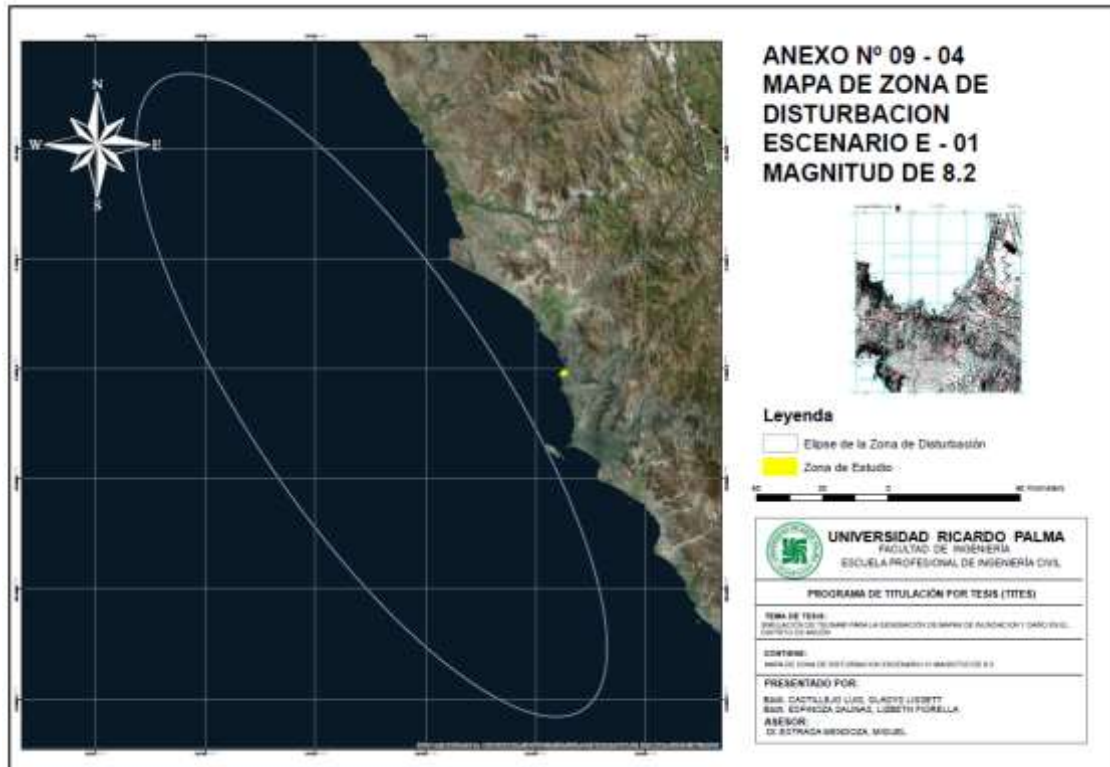


Figura N° 29: Mapa de Zona de Disturbación para el Escenario 01 Magnitud de 8.20. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

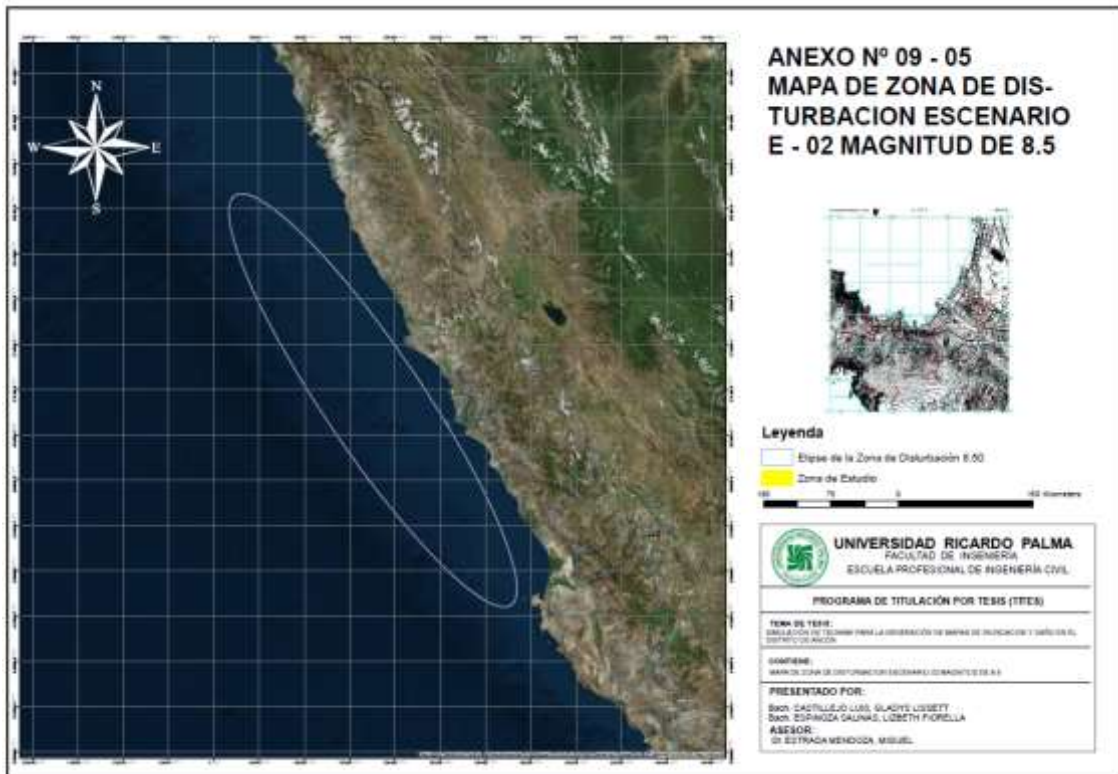


Figura N° 30: Mapa de Zona de Disturbación para el Escenario 02 Magnitud de 8.50. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

### 6.2.5. Mapa de Inundación de los Escenarios 01 y 02

Para obtener como resultado los mapas de inundación de los escenarios E-01 (Figura N°31) y E-02 (Figura N°32) primero se tiene que calcular la altura máxima de la ola, para lo que se empleó las fórmulas de Yamaguchi y Silgado. Con los resultados obtenidos al emplear las dos fórmulas se consideró los resultados de Silgado ya que para hacer el cálculo de la altura máxima de la ola interviene la magnitud sísmica a diferencia de Yamaguchi que solo intervienen la distancia desde la costa hasta la proyección de la línea batimétrica -100 m dando como resultado una altura constante (se realiza el cálculo para ver la diferencia)

En la simulación del escenario E-01 y E-02 se obtiene como resultado la Figura N° 31y Figura N° 32, en estas se aprecian que las zonas más afectadas son representadas por el color rojo cuya altura de inundación es de 7.00mts y 11.30mts, mientras las zonas de color verde serán las menos afectadas.



Figura N° 31: Mapa de Viviendas Afectadas por Inundación de 7.00 para 8.20 (MW).E-01. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG





Figura N° 32: Mapa de Viviendas Afectadas por Inundación de 11.30 para 8.50 (MW).E-02. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

### 6.2.6. Mapa de Estimación de Riesgo y Daño para los Escenarios 01 y 02

Para obtener la probabilidad del daño para los escenarios E-01 y E-02 se consideró las curvas de fragilidad de Natural Hazards and Earth System Sciences,

En la tabla de nivel de daño para el escenario E-01(Figura N° 33) indica que la escala de daño más representativa es baja, esto debido a que la zona afectada por la ola solo afecta a un área reducida de la zona, el resultado se representa en el Gráfico N°5,

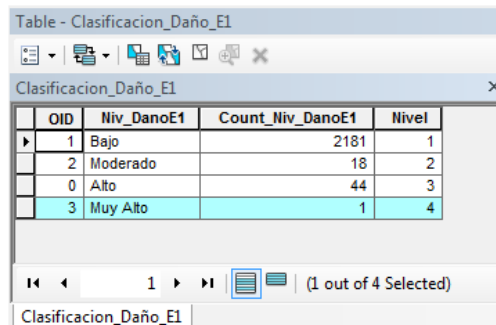
El Gráfico N°5 la barra para el nivel de daño bajo es 2,181 lotes esto debido a que la zona de estudio para la magnitud de 8.20 no genero una altura de ola que afecte a todas las viviendas, serán las viviendas afectas las que tengan un índice de daño alto, muy alto y moderado.

Para el escenario E-02, se obtienen resultados variables (Figura N°34) esto debido a que la altura de la ola es mayor que el escenario E-01 a causa de la magnitud sísmica.

En el Gráfico N° 06 se tiene mayor número de viviendas afectadas debido a que la altura máxima de la ola es mayor que el escenario E-01, esta altura es el resultado de la magnitud de 8.5 en el epicentro, siendo los lotes afectados 73, en un nivel de daño moderado, alto 200 lotes, y muy alto 217 lotes, los lotes que no serán afectados son 1, 754.

Para tener una mejor visualización de cuáles son las zonas más afectadas para el escenario E-01 y E-02 (Figura N° 35, Figura N° 36) se realizó el mapa de inundación, estos serán de gran ayuda para realizar las rutas de evacuación para la población.

Las escalas consideradas en el análisis de probabilidad de daño en la plataforma SIG fueron tomados de la Tabla N°17 (Fuente PREDES) en la que se tendrá niveles de daño: bajo, moderado, alto y muy alto.



The image shows a screenshot of a table window titled "Table - Clasificacion\_Daño\_E1". The table has four columns: "OID", "Niv\_DanoE1", "Count\_Niv\_DanoE1", and "Nivel". The data is as follows:

OID	Niv_DanoE1	Count_Niv_DanoE1	Nivel
1	Bajo	2181	1
2	Moderado	18	2
0	Alto	44	3
3	Muy Alto	1	4

The table is displayed in a software interface with navigation controls at the bottom, including a page indicator showing "1" and "(1 out of 4 Selected)".

Figura N° 33: Tabla de Nivel de Daño para el escenario E-01. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

OID	Niv_DanoE2	Count_Niv_DanoE2	Nivel
1	Bajo	1754	1
2	Moderado	73	2
0	Alto	200	3
3	Muy Alto	217	4

Clasificacion\_Daño\_E2

1 (1 out of 4 Selected)

Figura N° 34: Tabla de Nivel de Daño para el escenario E-02. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

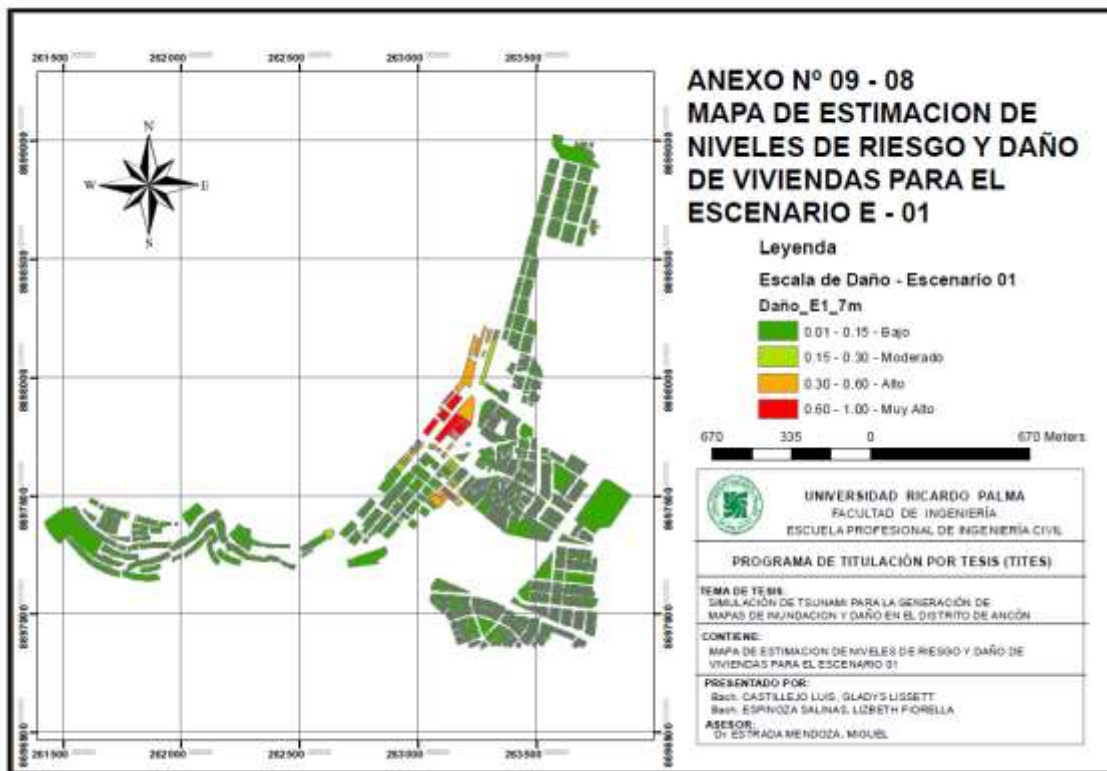


Figura N° 35: Mapa de Estimación de Niveles de Riesgo y Daño para el Escenario 01. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

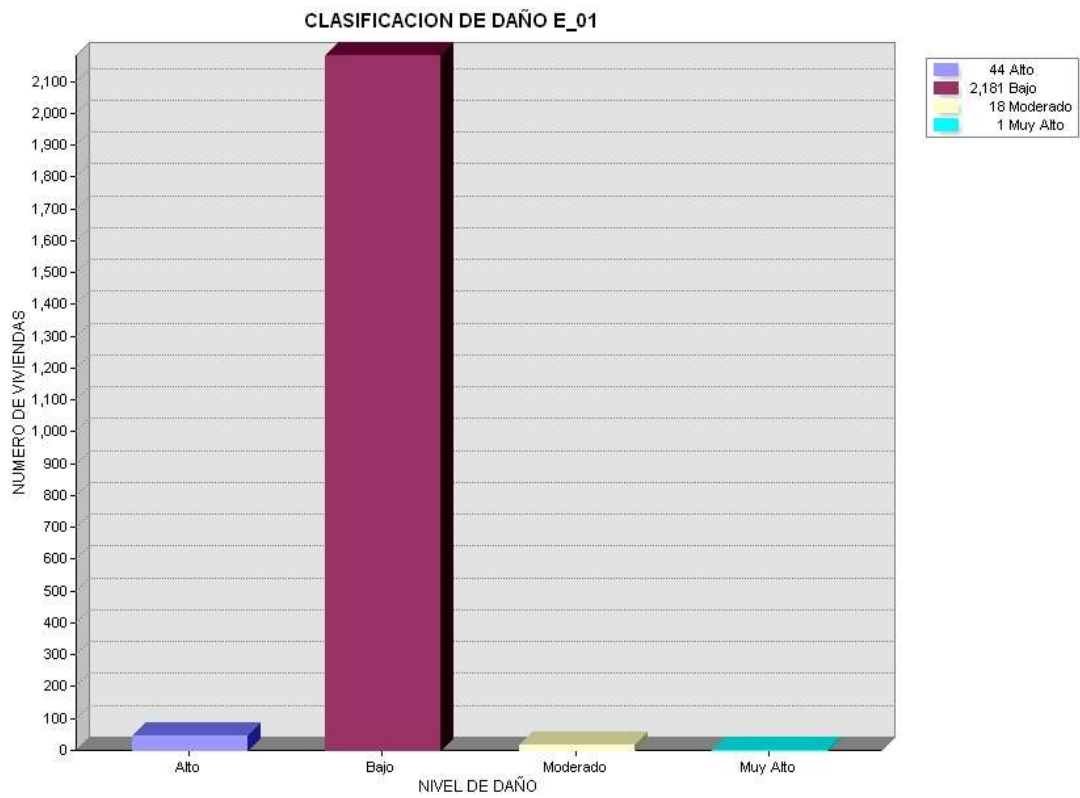


Gráfico N° 05: Grafico de Clasificación de Daño para el escenario E 01. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

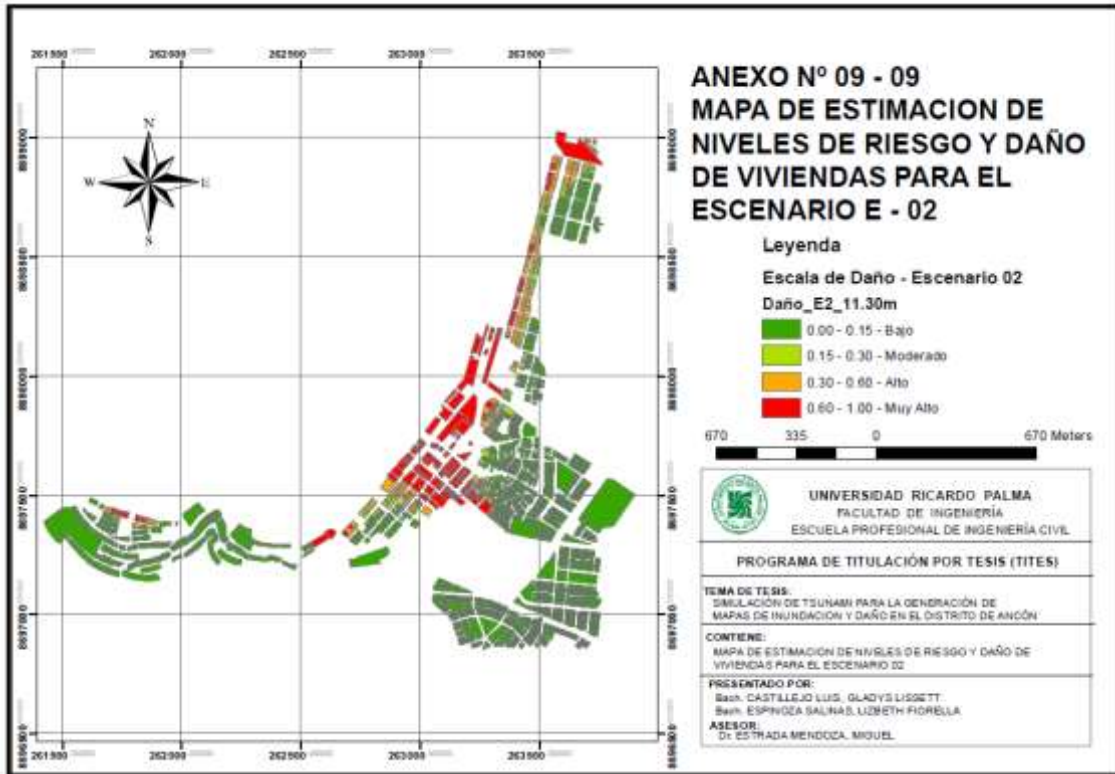


Figura N° 36: Mapa de Estimación de Niveles de Riesgo y Daño para el Escenario 02 Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

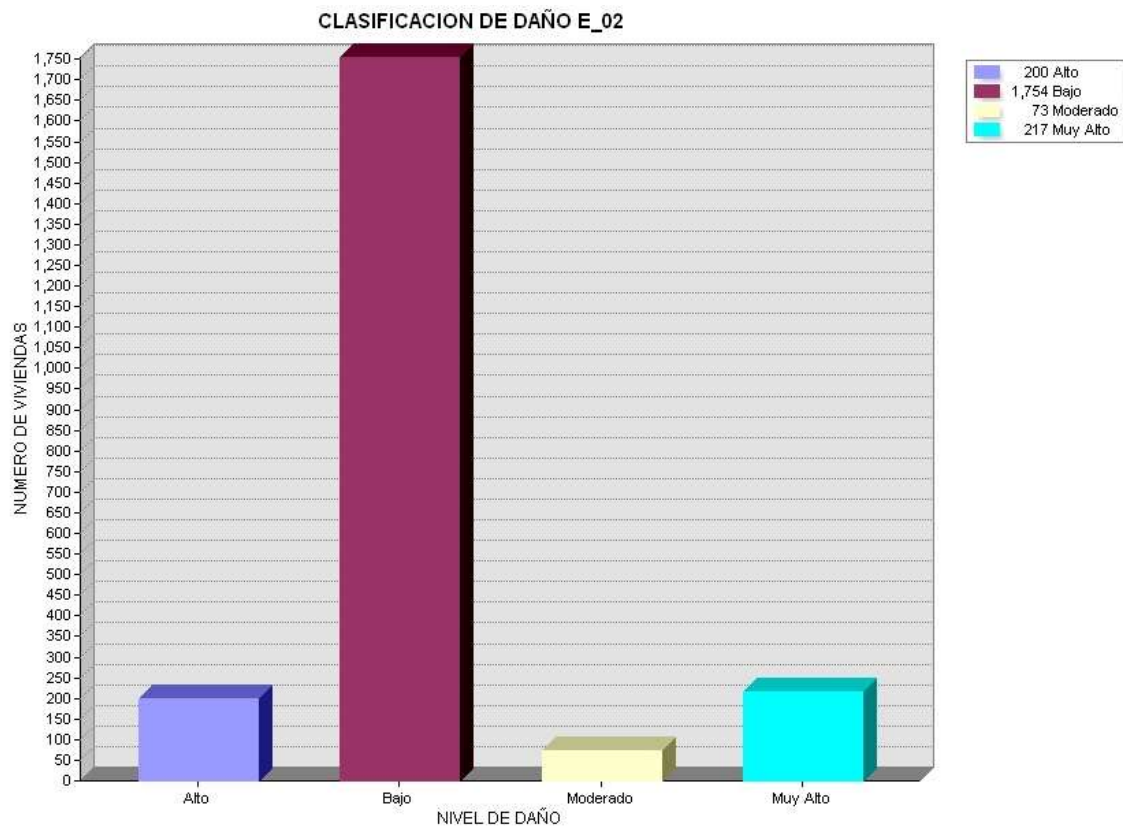


Gráfico N° 06: Grafico de Clasificación de Daño para el escenario E 02. Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG

TABLA N°17: Escala de daños del estudio. Fuente: PREDES

Nivel de riesgo/ daño	Relación de daño	Daño estructural	Daño no estructural	Descripción del estado de daño
Bajo	0,01 – 15%	Ninguno	Localizado	Daño no estructural puntual (grietas en muros y tabiques), posible daño en componentes mecánicos y eléctricos. Costo de reparación menor al 15% del valor de mercado.
Moderado	15% - 30%	Ligero	Moderado Extensivo	Daño estructural ligero y no estructural considerable, costo de reparación menor al 30% del valor de mercado.
Alto	30% - 60%	Considerable	Cercano al total	Daño estructural considerable y no estructural excesivo. Se requiere reparar o reemplazar muchos elementos estructurales. El edificio se desaloja durante la reparación.
Muy Alto	60% - 100%	Grave	Grave Colapso	Edificio declarado en ruina. Más económico demoler que reparar. Posible colapso total en terremoto o futuras réplicas.

### 6.2.7. Zonas De Refugio

Los tsunamis pueden ocurrir en cualquier momento del día o la noche es por ello que el presente trabajo ha considerado diferentes rutas de evacuación y refugio para la zona de estudio del distrito de Ancón, de esta manera se ayudara a la población al momento de dar la alerta de tsunami ante la llegada de la primera ola para los diferentes escenarios sísmicos.

Para evaluar las rutas de evacuación y proponer los refugios para la zona de estudio se tomaron en consideración: las zonas más elevadas, rutas de fácil acceso y conocidas por la población. (Figura N° 37)

Las zonas de refugio tienen que ser a campo abierto en la que se esté libre de postes de luz, cables de tensión, árboles, viviendas cercanas ya que estas se pueden desplomar y causar graves accidentes, que se encuentren en niveles más elevados de la altura de la ola.

Es muy importante considerar que la evacuación no debe ser paralela a la costa, esta debe ser de manera perpendicular para ganar altura y llegar a la zona de refugio. .

Para la inundación de 7.00 m, se consideró las siguientes zonas de refugio:

- R-3 (Figura N° 40) que está ubicada a 3 metros más arriba de la ola, sus coordenadas son: 263 552.00 E y 8 698 783.00 S, ubicada cerca al Malecón de Miramar
- R-6 (Figura N° 43) que está ubicada a 7 metros más arriba de la ola, sus coordenadas son: 263 486.00 E y 8 697 842.00 S
- R-7 (Figura N° 44) que está ubicada a 7 metros más arriba de la ola, sus coordenadas son: 263 597.00 E y 8 698 378.00 S

Para la inundación de 11.30 m, se consideraran las siguientes zonas de refugio:

- R-1 (Figura N° 38) que está ubicada a 6.70 metros más arriba de la ola, sus coordenadas son: 263 728.00 E y 8697921.00 S
- R-2 (Figura N° 39) que está ubicada a 11.70 metros más arriba de la ola, sus coordenadas son: 263 101.00 E y 8 697 272.00 S
- R-4 (Figura N° 41) que está ubicada a 8.70 metros más arriba de la ola, sus coordenadas son: 262 007.00 E y 8 697 379.00 S
- R-5 (Figura N° 42) que está ubicada a 26.70 metros más arriba de la ola, sus coordenadas son: 262 433.00 E y 8 697 253.00 S



Figura N° 37: Mapa General de Rutas de Evacuación y Zonas de Refugio.  
Fuente: Elaboración propia en plataforma SIG





Figura N° 38: Refugio N° 01.  
 Fuente: Elaboración propia en Google Earth y fotografías tomadas en campo



Figura N° 39: Refugio N° 02.  
 Fuente: Elaboración propia en Google Earth y fotografías tomadas en campo



Figura N° 40: Refugio N° 03.  
 Fuente: Elaboración propia en Google Earth y fotografías tomadas en campo



Figura N° 41: Refugio N° 04.  
 Fuente: Elaboración propia en Google Earth y fotografías tomadas en campo



Figura N° 42: Refugio N° 05.  
Fuente: Elaboración propia en Google Earth y fotografías tomadas en campo



Figura N° 43: Refugio N° 06.  
Fuente: Elaboración propia en Google Earth y fotografías tomadas en campo



Figura N° 44: Refugio N° 07. Fuente: Elaboración propia en Google Earth y fotografías tomadas en campo

### **6.2.8. Estimación de Vulnerabilidad**

Para realizar el escenario de riesgo de la zona de estudio, se ha estimado la vulnerabilidad en base a indicadores cuya fuente es la base de datos de INEI del 2007 e información recolectada en campo.

#### **Indicadores de estimación de vulnerabilidad en el distrito de Ancón:**

Para estimar la vulnerabilidad de las edificaciones del distrito de Ancón va depender de varios factores como: material de construcción de la vivienda predominante, antigüedad, tipo de construcción, sistema estructural, altura de edificaciones, entre otros factores.

Solo se han considerado alguno de estos factores para establece los escenarios de daño.

Los parámetros que se consideraron son: el tipo de material de construcción predominante, altura de edificaciones, ambos parámetros fueron obtenidos en las visitas realizadas al distrito de Ancón y de estudios realizados por PREDES sobre el tema, así como bibliografía especializada.

Estos parámetros tienen indicadores, los cuales han sido agrupados de la siguiente manera:

#### **- Densidad Poblacional**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, las áreas de uso residencial, que admiten actividades compatibles como comercio y servicios, se desagregan en las siguientes densidades:





Densidad Alta (RDA)	450 - más	Hab/ha
Densidad Media– Alta (RDMA)	350 – 450	Hab/ha
Densidad Media (RDM)	250 – 350	Hab/ha
Densidad Media – Baja (RDMB)	150 – 250	Hab/ha
Densidad Baja (RDB)	70 – 150	Hab/ha

Para determinar la densidad se ha tomado solo el área de estudio, de acuerdo a lo descrito se ha encontrado que la densidad poblacional es baja (RDB) por lo que el nivel de vulnerabilidad es bajo.

- **Material de Construcción Predominante**

En los cuadros del INEI se encuentran ocho tipos de material de construcción de muros (que deben servir para una descripción a nivel nacional), de la cual se han elegido cuatro (Tabla N° 18), éstas de acuerdo a su preponderancia en el distrito de Ancón y una recolectada en campo:

TABLA N°18: Material de Construcción Predominante.

<b>CONCRETO</b>	Material no predominante en la zona de estudio, esdtas se ubican en las edificaciones nuevas. Este material tiene una resistencia muy alta	
<b>LADRILLO O BLOQUE DE CEMENTO</b>	Es el material predominante en distrito de Ancon, el sistemas constructivo es albañilería confinada, albañilería por muro portante y edificaciones con losas y vigas de concreto armado con cerramiento de ladrillos. Lamentablemente en las zonas de estudio en el proceso de construccion fueron hechas por autoconstrucción, sin asesoramiento técnico, por lo que su nivel de vulnerabilidad es medio.	
<b>ADOBE</b>	Material predominante de las viviendas antiguas. Se caracteriza por su alta rigidez estructural, pero de poca resistencia en caso de un sismo, pudiendo llegar a colapsar de manera súbita.	
<b>MADERA</b>	Material liviano predominante en zonas antiguas muy cencanas a la plaza en proceso de consolidacion. No es muy vulnerable en caso de sismo por ser de un piso, salvo en caso de colapso de la terraza donde se asienta.	

- **Altura de vivienda**

La altura de las viviendas es parte de la recolección de datos en campo, esta se obtuvo al tomar la medida de cada vivienda, empleando como herramienta la wincha, se adjunta la Tabla N°18 en la cual se hace mención a las diferentes alturas de las viviendas encontradas en la zona de estudio de Ancón:

Tabla N°18: Altura de viviendas.

<p><b>1 PISO</b></p>	<p>Estas viviendas están ubicadas en las zonas periféricas del distrito de Ancón. Corresponde a un 30%</p>	
<p><b>2 PISOS y 3 PISOS</b></p>	<p>Corresponden a viviendas unifamiliares ubicadas en un 40 % de la zona de estudio</p>	
<p><b>4 PISOS A 5 PISOS</b></p>	<p>Corresponden a viviendas multifamiliares ubicadas en un 20 % de la zona de estudio</p>	
<p><b>6 PISOS A 12 PISOS</b></p>	<p>Corresponden a viviendas multifamiliares ubicadas en un 10 % de la zona de estudio</p>	

## CONCLUSIONES

- 1) El distrito de Ancón se encuentra en la fuente Sismogénicas F3 de Subducción (Tabla N°06) zona donde existe la probabilidad de que ocurra sismos de una magnitud máxima de 8.2 grados de magnitud y que estos sismos podrían tener un hipocentro de 40 km de profundidad.
- 2) Al simular los dos escenarios de tsunamis originados por los sismos de las magnitudes de 8.2 Mw y 8.5 Mw cuyo epicentro es  $11^{\circ}32'7.65''S$ ,  $77^{\circ}46'17.31''O$  a 70 km de distancia del distrito de Ancón, encontramos que para el primer escenario simulado E-01 el tiempo en que llegue la primera ola a la costas del distrito será en 16 minutos y para el escenario E-02 este será en 18 minutos.
- 3) Al tener el resultado del tiempo de llegada de la primera ola para los dos escenarios E-01 y E-02, se podrá determinar los posibles refugios ubicados en la zona de estudio, también será de ayuda para la realización de simulacros que involucren las rutas de evacuación y refugios.
- 4) Al emplear la fórmula de Yamaguchi en el cálculo de la altura máxima de la ola para los escenarios E-01 y E-02 se obtendrá una altura constante, esto debido a que no interviene la magnitud sísmica, dando como resultado 5.40mts
- 5) Al emplear la fórmula de Silgado para el cálculo de la altura máxima de la ola se obtendrán como resultado alturas variables: 7.00 mts para un sismo de 8.20 y 11.30 para un sismo de 8.50, esto debido a que intervienen las magnitudes sísmicas.
- 6) La magnitud sísmica de 8.20 MW origina una inundación de 7.00 mts de altura afectando a la calle 2 de Mayo en intervalo con la Av. José Carlos Mariátegui y la calle Miraflores. La inundación se propagará hasta llegar al museo de Ancón con una altura de inundación de 4.00mts (se



encuentra a unos 300 mts aprox. De la costa), las demás zonas serán afectadas al mínimo ya que altura de inundación será 1.00mts.

- 7) La magnitud sísmica de 8.50 MW origino una inundación de 11.30 mts de altura afectando a la calle 2 de Mayo, Abtao, Loreto hasta llegar al museo de Ancón , la zona que no tendrá mayor daño la inundación del tsunami será la urbanización las Colinas ya que se encuentra ubicada en una cota mayor.
- 8) Se elaboran Mapas temáticos que al analizarse nos mostraran la probabilidad de ocurrencia del fenómeno natural tsunami, lo que ayudara a preparar a la población antes, durante y después del evento.
- 9) En el distrito de Ancón predomina la existencia de viviendas de 1 y 2 pisos de altura, del tipo de material de albañilería.
- 10)** En base a la escala de PREDES (Tabla N°17) se aprecia que en el escenario E-01 las viviendas de un “nivel riesgo /daño”, “muy alto” sufrirán de un daño grave o colapso. La cantidad de viviendas que presentan esta característica son mínimas.
- 11)** En base a la escala de PREDES (Tabla N°17) se aprecia que en el escenario E-02 las viviendas de un “nivel riesgo /daño”, “muy alto“ sufrirán de un daño grave o colapso. La cantidad de viviendas que presentan estas características será considerable.

## RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda el uso de la plataforma ya que por medio de ella se pueden hacer representaciones gráficas, dando como resultados mapas temáticos que ayudaran a la población de Ancón.
- 2) Se recomienda emplear los mapas de daño e inundación para realizar trabajos para un orden urbanístico donde la vulnerabilidad ante un tsunami sean disminuidos.
- 3) A partir de los mapas y la altura de la ola máxima y tiempo de llegada de la primera ola hallados se podrá realizar planes de prevención para la población de Ancón planificando simulacros que guíen a las y capaciten personas como actuar durante y después de un tsunami.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alayo Bernal, L. (2008). Cronología histórica de los terremotos más destructivos en el Perú 1533 - 2007.
- Alva Hurtado, J. E., & Escalaya Advíncula, M. (2005). Actualización de los parámetros sísmológicos en la evaluación del peligro sísmico en el Perú. Lima.
- Aronoff, S. (1989). Geographic information system: a management perspective. Ottawa: WDL Publications.
- Burrough. (1986). Principles of geographic information systems for land resource assessment. Oxford: Clarendon.
- Carter, J.R. (1989). On defining the geographic system. Falls Church Virginia: ASPRS/ ACSM.
- Castillo A y Alva, J (s.f.). Peligro Sísmico En El Perú. Lima: 1
- Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES, (2009). Diseño de escenario sobre el impacto de un sismo de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao Lima
- Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra(s.f.). <https://www.dhn.mil.pe/mareas>
- E. Mas, S. Koshimura, F. Imamura, A. Suppasri, M. Matsuoka, M. Matsuyama, T. Yoshii, C. Jimenez, F. Yamazaki (2012) Tsunami fragility curves using remote sensing and survey data of the 2010 Chilean Tsunami in Dichato.
- Hawlett, Packard. (1993). Spatial data processing with computer system. Hawlett: Packard.
- Hazards, E. (2012) Tsunami fragility curves using remote sensing and survey data of the 2010 Chilean Tsunami in Dichato.
- IGP. (2011).
- Jiménez, C. (2015). “El Maremoto Notable de 1746”. Tesis Profesional. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. La región del Callao y Lima Metropolitana están asentadas en una zona con alta probabilidad de exposición ante la ocurrencia de sismos y maremotos.

- López Lara, E., Posada Simeón, C., & Moreno Navarro, J. (s.f.). Los sistemas de información geográfica. Universidad de Sevilla.
- Morales soto, N., & Zavala, C. (2008). Terremotos en el litoral central del Perú: ¿Podría ser lima el escenario de un futuro desastre? Lima: Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública.
- National Center for Geographic Information and Analysis. (1990).
- Ochoa, A. (2012). Aplicación de los Sistemas de Información Gráfica para La Determinación de Escenarios de Riesgo en el Balneario de Pucusana. Tesis Profesional. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Ortega Rafael, E., & Tacilla Vargas, G. (s.f.). TSUNAMIS. Dirección de Hidrografía y Navegación Marina de Guerra del Perú.
- Peña Llopis, J. (s.f.). Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio.
- Reportes del Instituto Geofísico del Perú. (s .f).
- Rhind. (1990).
- Silgado Ferro, E. (1978). Historia de los Sismos más notables en el Perú (1513 – 1974). IGP.
- Silgado Silgado, E. 1978. Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú (1513 –1974).Instituto de Geología y Minería.
- Tomlinson. (2008). Pensando en SIG. Tercera Edición.
- U.S. Geological Survey Earthquakes FAQ. (2015). <https://arthquake.usgs.gov>.

## ANEXO N°1 - Formato de Ayuda para Codificación del Lote.

Formato de Ayuda para Codificación del Lote		
<b>INFORMACIÓN DE LA MANZANA</b> CÓDIGO DE LA MANZANA:		
LEYENDA PARA LA CODIFICACIÓN DEL LOTE		
No.Pisos(1)	Material (2)	Observaciones (3)
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1 Concreto	
<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2 Albañilería	
<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3 Míxta	
<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4 Madera	
<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5 Adobe	
<input type="checkbox"/> Otros.	<input type="checkbox"/> 0 Areas Verdes	

## ANEXO N°2 - Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA METODOLOGICA							
SIMULACIÓN DE TSUNAMI PARA GENERAR MAPAS DE INUNDACIÓN Y DAÑO EN “X” DEL DISTRITO DE ANCÓN							
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES.		INDICADORES	INDICES	METODO
<b>PROBLEMA PRINCIPAL:</b>	<b>OBJETIVO PRINCIPAL:</b>	<b>HIPÓTESIS PRINCIPAL:</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	Magnitud del Sismo, Altura de Inundación			<p><b>Tipo de investigación: Aplicada.</b> Sera el tipo de investigación aplicada por que se resolverán problemas aplicando la metodología ya realizada en otros lugares, sin generar nuevas herramientas de medición, si no que se utilizarán las existentes que fueron empleadas en similares investigaciones</p> <p><b>Nivel de investigación: Descriptivo – Explicativo.</b> - Nivel Descriptivo: predecir, describir situaciones y eventos que puedan ocurrir ante el fenómeno de tsunamis en el distrito de Ancón. - Nivel explicativo: se va explicar la relación causa-efecto de las simulaciones de tsunamis de diferentes escenarios sísmicos que podrían afectar al distrito de Ancón.</p> <p><b>Método de investigación: cuantitativa,</b> porque se obtendrá como resultado valores numéricos los cuales describirán los diferentes grados de riesgos de la población de Ancón.</p> <p><b>- Diseño de investigación: no experimental - transversal descriptiva</b> porque se recolectara información mediante fichas que serán registras de acuerdo la realidad de la población del distrito de Ancón, y la recolección de información será una por unidad de muestra estadística</p>
¿Cómo establecer simulaciones de Tsunamis, para generar mapas de inundaciones y daño en el Distrito de Ancón?	Simular Tsunamis para la generación de mapas de inundación y daño para minimizar la vulnerabilidad y riesgo en el Distrito de Ancón.	A través de la simulación numérica de los parámetros de origen de un tsunami, se pueden elaborar mapas de inundación y daño en zonas urbanas, en el distrito de Ancón.					
<b>PROBLEMAS SECUNDARIOS:</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b>					
¿Cómo desarrollar el cálculo de los parámetros de inundación por Tsunami perteneciente al Distrito de Ancón?	Desarrollar el cálculo de los parámetros de inundación por Tsunami perteneciente al Distrito de Ancón para obtener la profundidad de inundación y probabilidad de daño.	Al desarrollar el cálculo de los parámetros de inundación por Tsunami se obtendrá la profundidad de inundación y probabilidad de daño.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	Mapas de Inundación y Daño en Ancón	Zonas críticas	Planos topográfico	
¿Cómo Proponer mapas de inundación y daño por efecto de Tsunamis en “X” perteneciente al Distrito de Ancón?	Elaborar mapas de inundación y daño por efectos de tsunamis para minimizar la vulnerabilidad y riesgo en las edificaciones ubicadas en el Distrito de Ancón.	Al elaborar mapas de inundación y daño por efectos de tsunamis se podría minimizar la vulnerabilidad y riesgo en las edificaciones ubicadas en el Distrito de Ancón.			Rutas de evacuacion	Planos topográfico	
					Potencial de daño	curva de fragilidad	

### **ANEXO N°3 - Fotos de Recolección de Datos de Campo**

VISITAS DE CAMPO:



Imagen N° 1 Fotografía de Campo, visita a Miramar.



Imagen N° 2 Fotografía de Campo, visita a Miramar.



Imagen N° 3 Fotografía de Campo, visita a Miramar.



Imagen N° 4 Fotografía de Campo, visita a Miramar.





Imagen N° 5 Fotografía de Campo.



Imagen N° 6 Fotografía de Campo.



Imagen N° 7 Fotografía de Campo.



Imagen N° 8 Fotografía de Campo.



Imagen N° 9 Fotografía de Campo.



Imagen N° 10 Fotografía de Campo.



Imagen N° 11 Fotografía de Campo.



Imagen N° 12 Fotografía de Campo.



Imagen N° 13 Fotografía de Campo.



Imagen N° 14 Fotografía de Campo.



Imagen N° 15 Fotografía de Campo.

## ANEXO N°4 - Descripción de Datos Estadísticos del INEI (\*)



**CENSOS NACIONALES 2007 : XI DE POBLACION Y VI DE VIVIENDA  
BASE DE DATOS A NIVEL DE MANZANAS  
(Elaborado con fines estrictamente Censales)**



**Diccionario de datos**

Las Manzanas Censales es todo territorio nacional urbano identificado mediante una población igual o mayor a 30 habitantes en viviendas particulares. La base de datos incluye a las Manzanas agrupadas ( 7777 son aquellas manzanas censales que contienen poblaciones con menos de 30 habitantes en viviendas

**ZNMZ\_CPV2007.DBF**

ORD.	CAMPO	TIPO	LONG.	DESCRIPCION
1	CCDD	Carácter	2	Código de Departameto
2	NOMBDD	Carácter	40	Nombre de Departamento
3	CCPP	Carácter	2	Código de Provincia
4	NOMBPP	Carácter	40	Nombre de Provincia
5	CCDI	Carácter	2	Código de Distrito
6	NOMBDI	Carácter	50	Nombre de Distrito
7	ZONA	Carácter	5	Código de Zona Censal
8	MANZANA	Carácter	4	Código de Manzana Censal
33	V03A_1	Númerico	8	Material de construcción en las paredes - Ladrillo o Bloque de cemento
34	V03A_2	Númerico	8	Material de construcción en las paredes - Adobe o tapia
35	V03A_3	Númerico	8	Material de construcción en las paredes - Madera

(\*)La información completa descrita en este anexo se encuentra en el CD adjunto.

### ANEXO N°5 - Reporte de Cálculo de Daño para los Escenarios Sísmicos

El siguiente reporte muestra solo 100 resultados de los 2244 lotes, el reporte completo del cálculo de daño para los escenarios E-01 y E-02 se encuentran en el CD adjunto en formato PDF.(Continua)

REPORTE DE DAÑO ESCENARIO E_01 / E_02														
ITEM	Cota	N. Piso	T. Vivienda	T. Viv. En Curv	ESCENARIO E-01					ESCENARIO E-02				
					Inundación 7.00m	Altura por Piso	Altura Total	Daño E1	Nivel de Daño E1	Inundación 11.30m	Altura por Piso	Altura Total	Daño E2	Nivel de Daño E2
1	29.70	1.00	4.00	2.00	0.00	2.68	2.68	0.00	Bajo	0.00	2.68	2.68	0.00	Bajo
2	29.70	1.00	4.00	2.00	0.00	2.61	2.61	0.00	Bajo	0.00	2.61	2.61	0.00	Bajo
3	29.70	1.00	2.00	2.00	0.00	2.63	2.63	0.00	Bajo	0.00	2.63	2.63	0.00	Bajo
4	41.05	1.00	2.00	2.00	0.00	2.52	2.52	0.00	Bajo	0.00	2.52	2.52	0.00	Bajo
5	45.71	2.00	2.00	2.00	0.00	2.52	5.04	0.00	Bajo	0.00	2.52	5.04	0.00	Bajo
6	40.70	1.00	4.00	2.00	0.00	2.71	2.71	0.00	Bajo	0.00	2.71	2.71	0.00	Bajo
7	49.70	1.00	2.00	2.00	0.00	2.41	2.41	0.00	Bajo	0.00	2.41	2.41	0.00	Bajo
8	45.70	1.00	2.00	2.00	0.00	2.70	2.70	0.00	Bajo	0.00	2.70	2.70	0.00	Bajo
9	29.70	1.00	2.00	2.00	0.00	2.73	2.73	0.00	Bajo	0.00	2.73	2.73	0.00	Bajo
10	38.45	1.00	2.00	2.00	0.00	2.68	2.68	0.00	Bajo	0.00	2.68	2.68	0.00	Bajo
11	29.70	1.00	4.00	2.00	0.00	2.42	2.42	0.00	Bajo	0.00	2.42	2.42	0.00	Bajo
12	49.69	1.00	2.00	2.00	0.00	2.57	2.57	0.00	Bajo	0.00	2.57	2.57	0.00	Bajo
13	43.38	1.00	4.00	2.00	0.00	2.75	2.75	0.00	Bajo	0.00	2.75	2.75	0.00	Bajo
14	42.77	2.00	2.00	2.00	0.00	2.72	5.43	0.00	Bajo	0.00	2.72	5.43	0.00	Bajo
15	41.03	1.00	4.00	2.00	0.00	2.55	2.55	0.00	Bajo	0.00	2.55	2.55	0.00	Bajo
16	35.33	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	Bajo	0.00	2.78	0.00	0.00	Bajo
17	48.58	1.00	4.00	2.00	0.00	2.75	2.75	0.00	Bajo	0.00	2.75	2.75	0.00	Bajo
18	40.57	1.00	4.00	2.00	0.00	2.42	2.42	0.00	Bajo	0.00	2.42	2.42	0.00	Bajo
19	29.90	1.00	4.00	2.00	0.00	2.78	2.78	0.00	Bajo	0.00	2.78	2.78	0.00	Bajo
20	48.03	2.00	2.00	2.00	0.00	2.55	5.09	0.00	Bajo	0.00	2.55	5.09	0.00	Bajo
21	36.46	1.00	4.00	2.00	0.00	2.61	2.61	0.00	Bajo	0.00	2.61	2.61	0.00	Bajo
22	29.66	2.00	2.00	2.00	0.00	2.71	5.41	0.00	Bajo	0.00	2.71	5.41	0.00	Bajo
23	38.47	1.00	2.00	2.00	0.00	2.42	2.42	0.00	Bajo	0.00	2.42	2.42	0.00	Bajo
24	43.44	1.00	2.00	2.00	0.00	2.64	2.64	0.00	Bajo	0.00	2.64	2.64	0.00	Bajo
25	42.76	2.00	2.00	2.00	0.00	2.59	5.17	0.00	Bajo	0.00	2.59	5.17	0.00	Bajo
26	47.68	1.00	2.00	2.00	0.00	2.52	2.52	0.00	Bajo	0.00	2.52	2.52	0.00	Bajo
27	35.32	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	0.00	0.00	Bajo	0.00	2.65	0.00	0.00	Bajo
28	40.83	2.00	2.00	2.00	0.00	2.66	5.32	0.00	Bajo	0.00	2.66	5.32	0.00	Bajo



## ANEXO N°6 - Reporte de Cálculo de Altura de Inundación

CALCULO DE ALTURA DE INUNDACION				
ITEM	E-01		E-02	
	H:	7.00 m	H:	11.30 m
	NT	AI	NT	AI
1.00	4.93	2.07	4.93	6.37
2.00	5.02	1.98	5.02	6.28
3.00	5.12	1.88	5.12	6.18
4.00	5.19	1.81	5.19	6.11
5.00	5.21	1.79	5.21	6.09
6.00	5.23	1.77	5.23	6.07
7.00	5.28	1.72	5.28	6.02
8.00	5.36	1.64	5.36	5.94
9.00	5.41	1.59	5.41	5.89
10.00	5.51	1.49	5.51	5.79
11.00	5.54	1.46	5.54	5.76
12.00	5.56	1.44	5.56	5.74
13.00	5.60	1.40	5.60	5.70
14.00	5.61	1.39	5.61	5.69
15.00	5.61	1.39	5.61	5.69
16.00	5.61	1.39	5.61	5.69
17.00	5.62	1.38	5.62	5.68
18.00	5.62	1.38	5.62	5.68
19.00	5.65	1.35	5.65	5.65
20.00	5.68	1.32	5.68	5.62
21.00	5.69	1.31	5.69	5.61
22.00	5.70	1.30	5.70	5.60
23.00	5.74	1.26	5.74	5.56
24.00	5.74	1.26	5.74	5.56
25.00	5.78	1.22	5.78	5.52
26.00	5.79	1.21	5.79	5.51
27.00	5.80	1.20	5.80	5.50
28.00	5.81	1.19	5.81	5.49
29.00	5.82	1.18	5.82	5.48
30.00	5.86	1.14	5.86	5.44
31.00	5.88	1.12	5.88	5.42
32.00	5.90	1.10	5.90	5.40
33.00	5.92	1.08	5.92	5.38
34.00	5.92	1.08	5.92	5.38
35.00	5.92	1.08	5.92	5.38

CALCULO DE ALTURA DE INUNDACION				
ITEM	E-01		E-02	
	H:	7.00 m	H:	11.30 m
	NT	AI	NT	AI
51.00	6.17	0.83	6.17	5.13
52.00	6.26	0.74	6.26	5.04
53.00	6.28	0.72	6.28	5.02
54.00	6.33	0.67	6.33	4.97
55.00	6.35	0.65	6.35	4.95
56.00	6.38	0.62	6.38	4.92
57.00	6.39	0.61	6.39	4.91
58.00	6.42	0.58	6.42	4.88
59.00	6.45	0.55	6.45	4.85
60.00	6.47	0.53	6.47	4.83
61.00	6.49	0.51	6.49	4.81
62.00	6.50	0.50	6.50	4.80
63.00	6.50	0.50	6.50	4.80
64.00	6.56	0.44	6.56	4.74
65.00	6.57	0.43	6.57	4.73
66.00	6.61	0.39	6.61	4.69
67.00	6.61	0.39	6.61	4.69
68.00	6.63	0.37	6.63	4.67
69.00	6.65	0.35	6.65	4.65
70.00	6.65	0.35	6.65	4.65
71.00	6.69	0.31	6.69	4.61
72.00	6.71	0.29	6.71	4.59
73.00	6.75	0.25	6.75	4.55
74.00	6.75	0.25	6.75	4.55
75.00	6.84	0.16	6.84	4.46
76.00	6.85	0.15	6.85	4.45
77.00	6.86	0.14	6.86	4.44
78.00	6.87	0.13	6.87	4.43
79.00	6.90	0.10	6.90	4.40
80.00	6.91	0.09	6.91	4.39
81.00	6.92	0.08	6.92	4.38
82.00	6.93	0.07	6.93	4.37
83.00	6.93	0.07	6.93	4.37
84.00	6.96	0.04	6.96	4.34
85.00	6.97	0.03	6.97	4.33

**ANEXO N° 7 - AREA DE ESTUDIO**



## ANEXO N° 8 - Calculo de la Muestra

### POBLACIÓN FINITA

$$n = \frac{Z_{\frac{1-\alpha}{2}}^2 \times p \times (1-p) \times N}{e^2 \times (N-1) + Z_{\frac{1-\alpha}{2}}^2 \times p \times (1-p)}$$

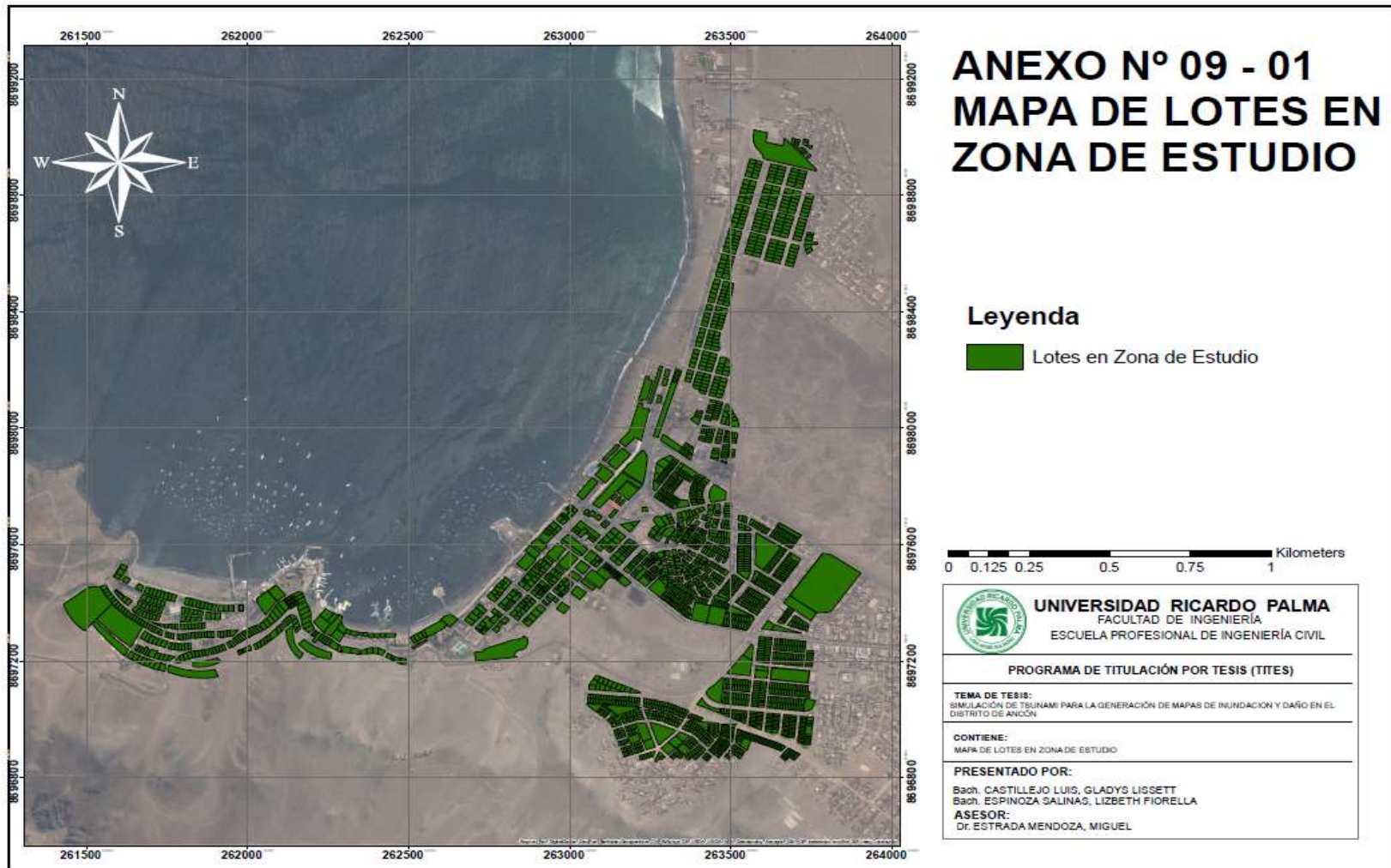
n	Tamaño de la muestra. Es el dato que se quiere obtener.
γ	Nivel de confianza
Z	Es el valor de la distribución normal estandarizada, correspondiente al nivel de confianza escogido. Existen tablas estadísticas que nos dan el valor de Z.
p	Proporción de la población que tiene la característica de interés que nos interesa medir "p". Puede ser un dato histórico o hallado a través de una muestra piloto. Si no es calculado, asume que es 0.5; es decir, que el 50% de la población tiene la característica de interés que mediremos.
1-p	Proporción de la población que no tiene la característica de interés.
e	Es el máximo de error permisible. Lo determina el proyectista y representa que tan precisos se desean los resultados.

$$n = \frac{3734.2404}{1.8885} = \boxed{1977}$$

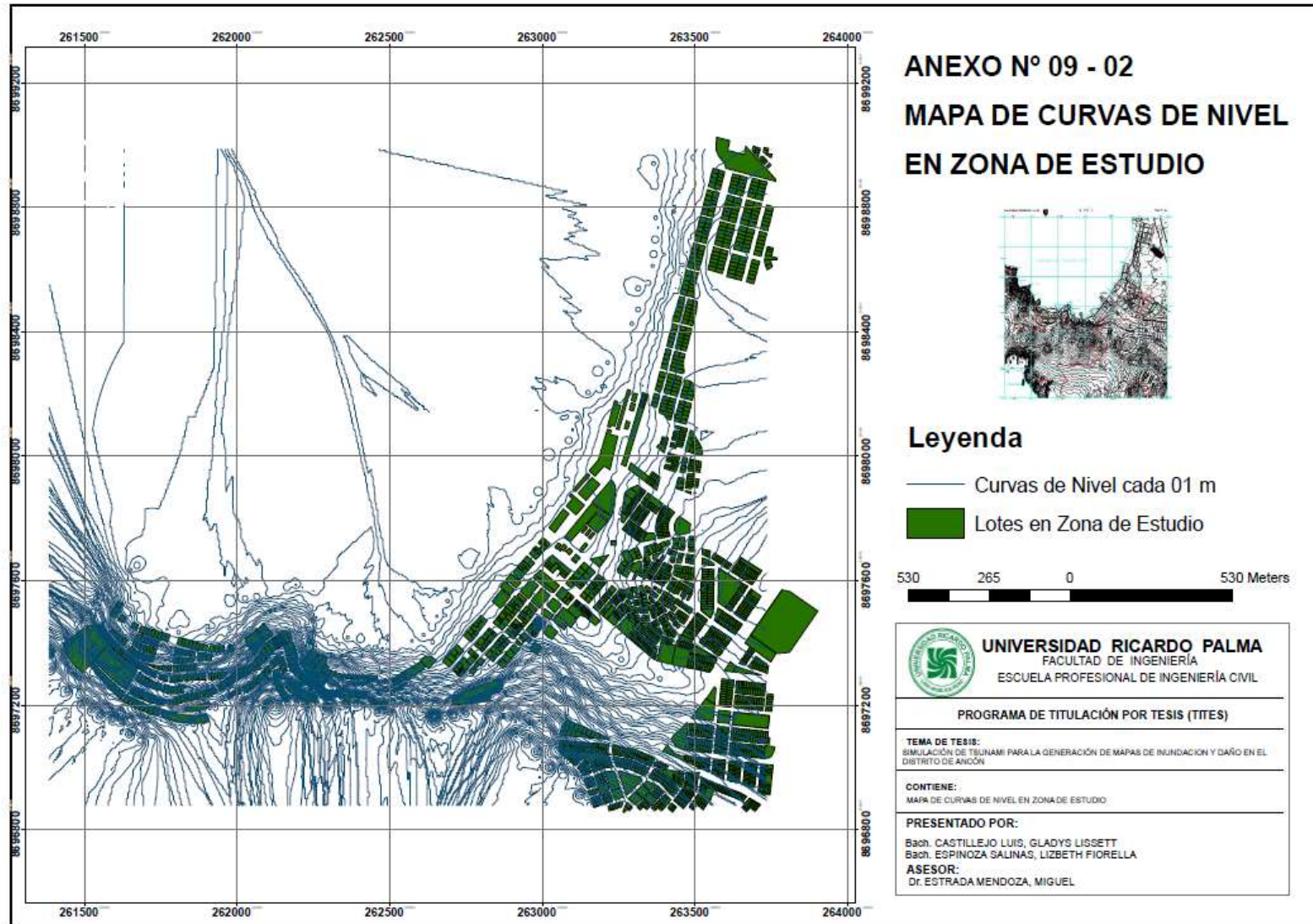
n=	Tamaño de muestra	=	<b>1977</b>
N=	Tamaño de población	=	2244
Z=	Nivel de confianza (99%)	=	2.58
P=	Probabilidad de Ocurrencia	=	0.5
Q=	Probabilidad de No Ocurrencia	=	0.5
e=	Error Muestral (100%-99%)	=	0.01

Nivel precisión de error P q-	% Error (α)	Nivel de confianza (Z)	Valores de confianza tabla Z (S)
0.01	1%	99%	2.58
0.02	2%	98%	2.38
0.025	2.5%	97.5%	2.24
0.03	3%	97%	2.17
0.035	3.5%	96.5%	2.19
0.04	4%	96%	2.12
0.05	5%	95%	1.96
0.06	6%	94%	1.89
0.07	7%	93%	1.95
0.08	8%	92%	1.76
0.09	9%	91%	1.7
0.1	10%	90%	1.645

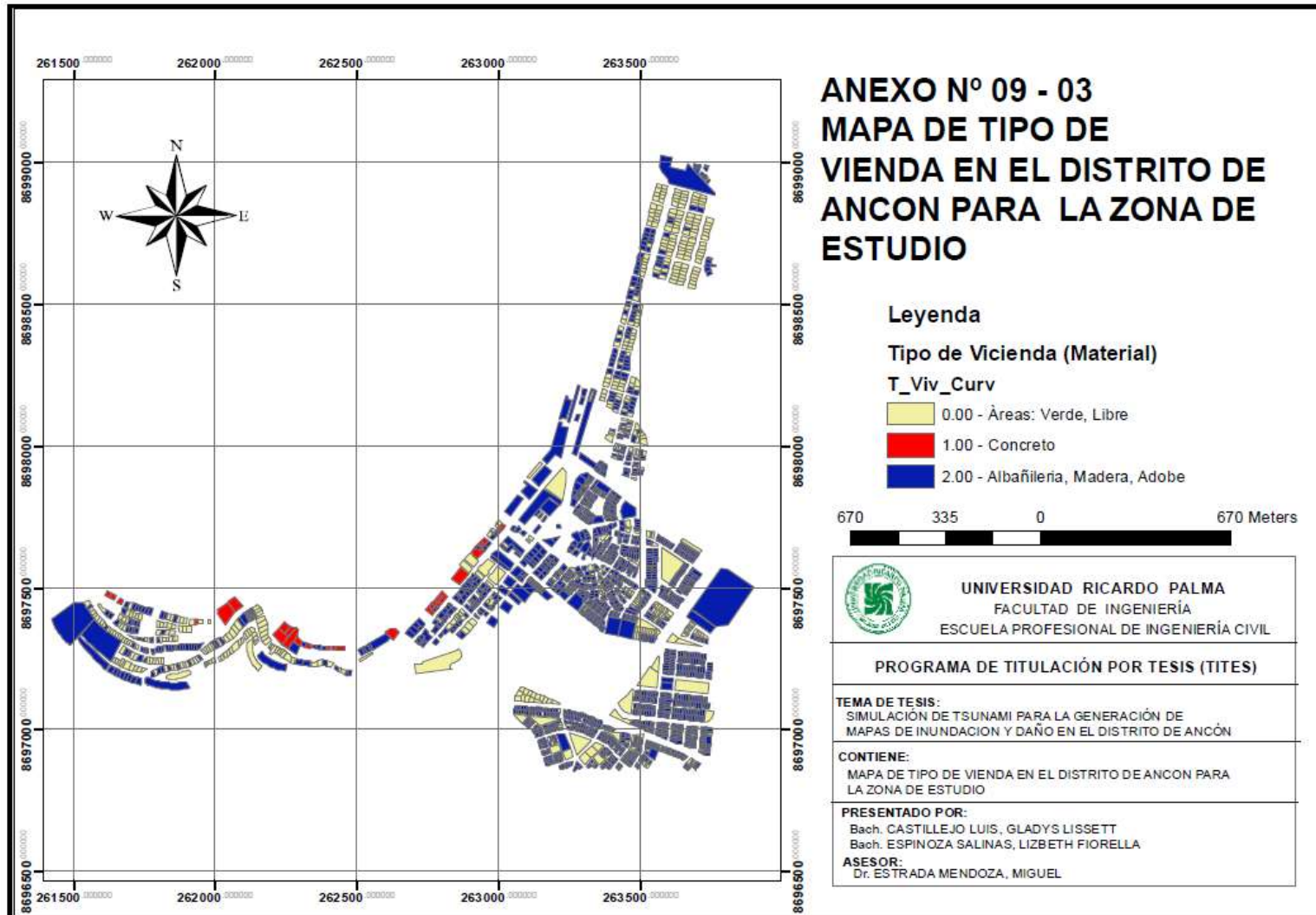
**ANEXO N° 09 – 01 – Mapa de Lotes en Zona de Estudio.**



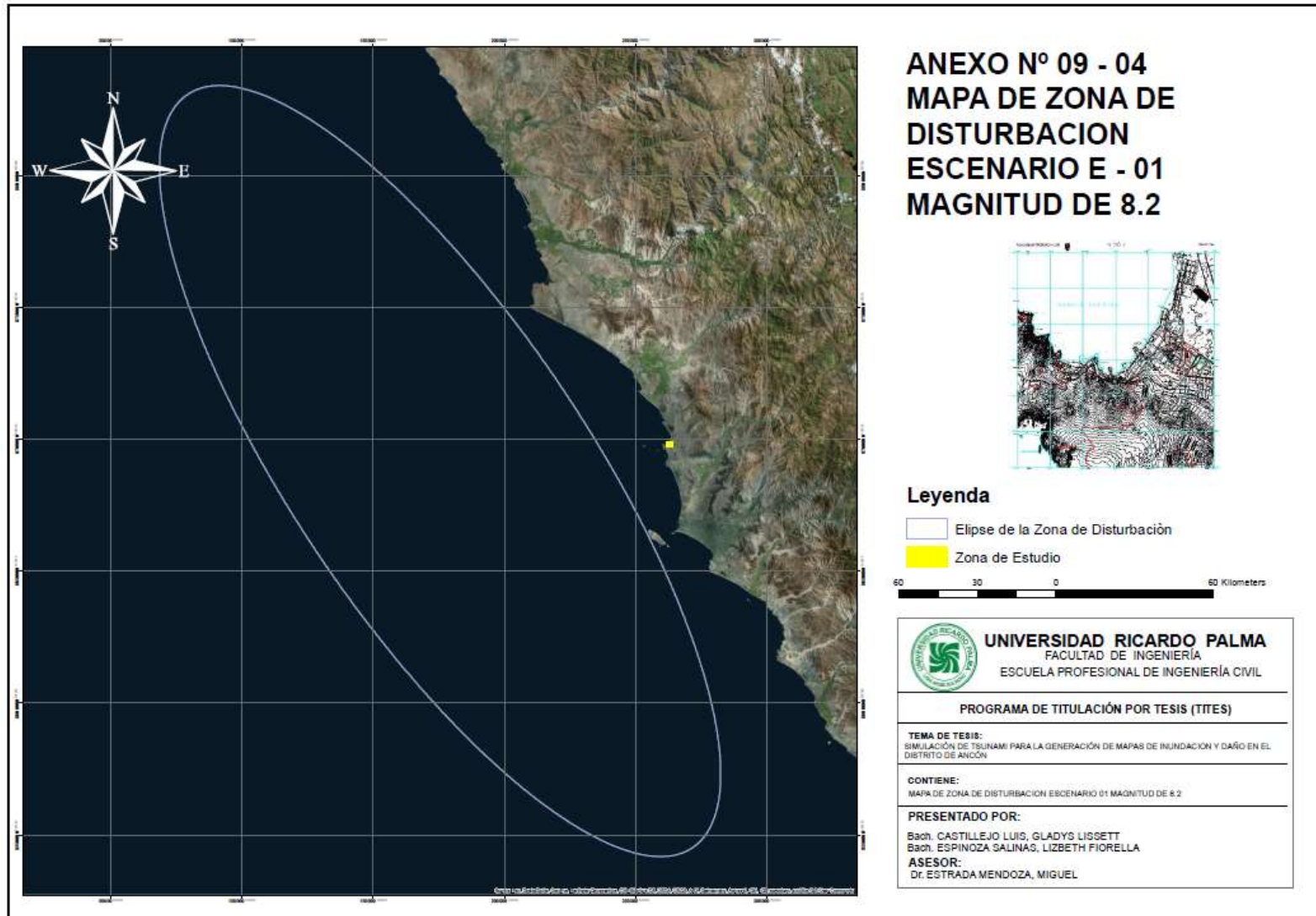
## ANEXO N° 09 – 02 – Mapa de Curvas de Nivel en Zona de Estudio.



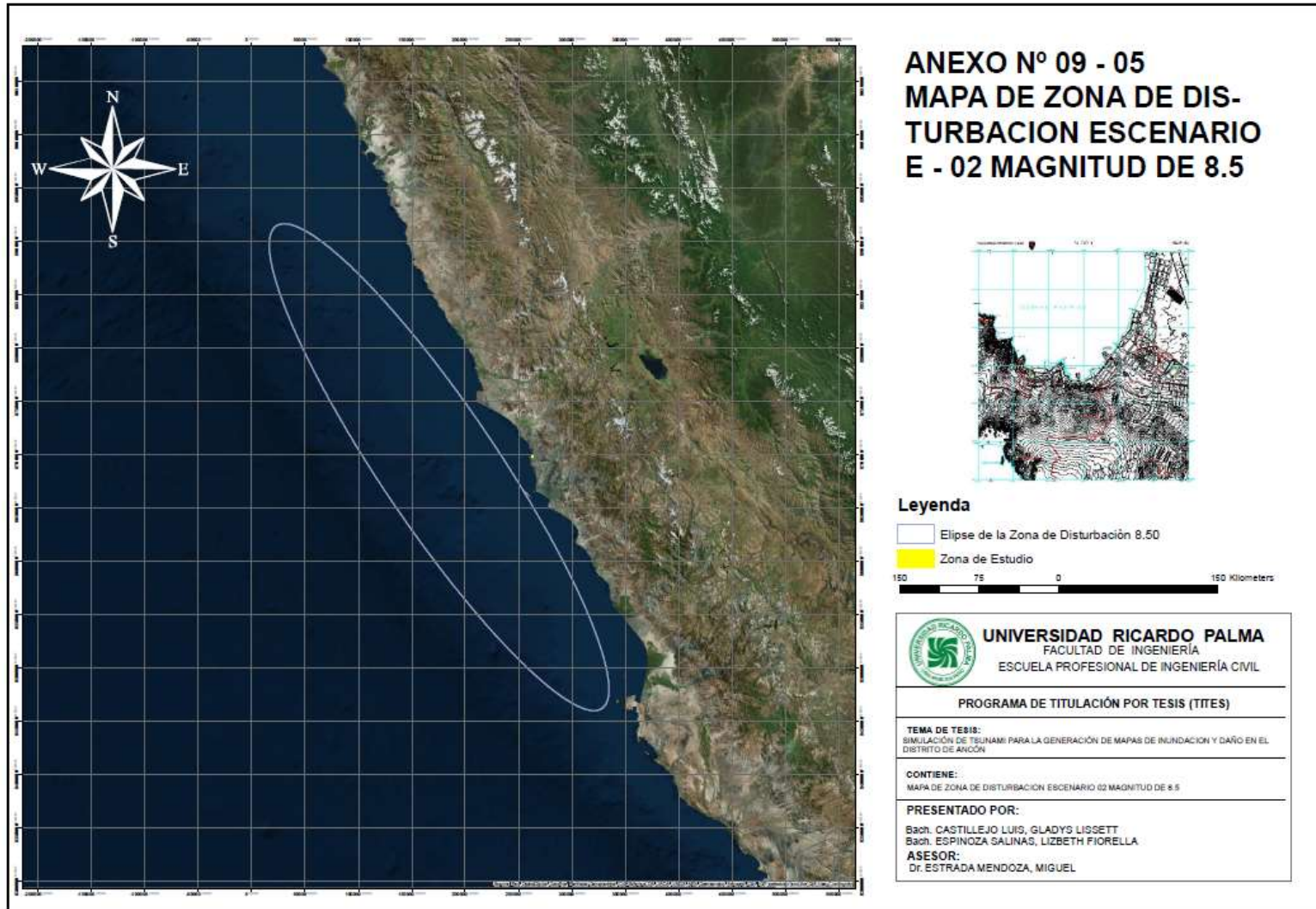
**ANEXO N° 09 – 03 – Mapa de Tipo de Vivienda en el Distrito de Ancón para la Zona de Estudio.**



## ANEXO N° 09 – 04 – Mapa de Zona de Disturbación Escenario E-01 Magnitud de 8.20

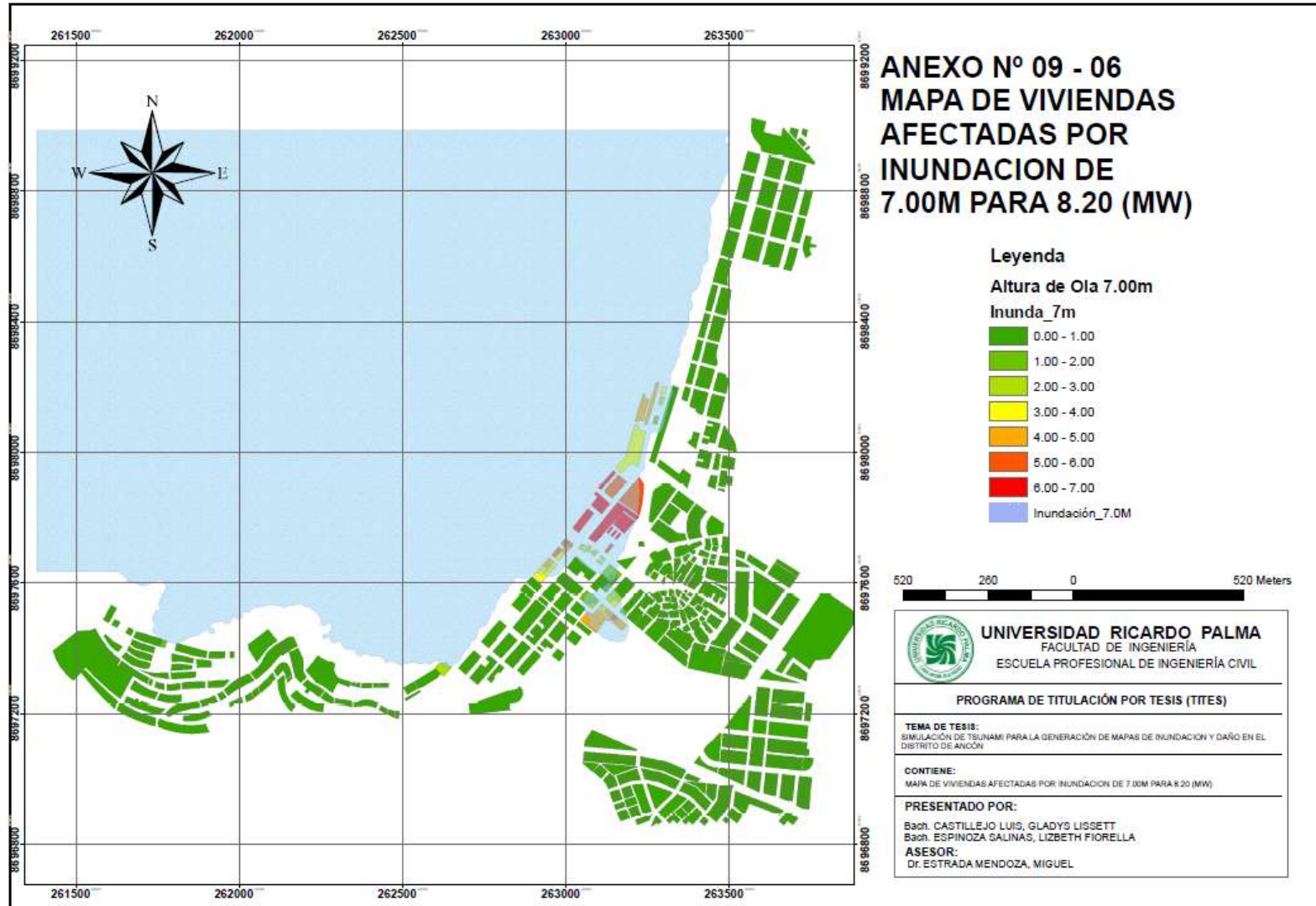


## ANEXO N° 09 – 05 – Mapa de Zona de Disturbación Escenario E-02 Magnitud de 8.50

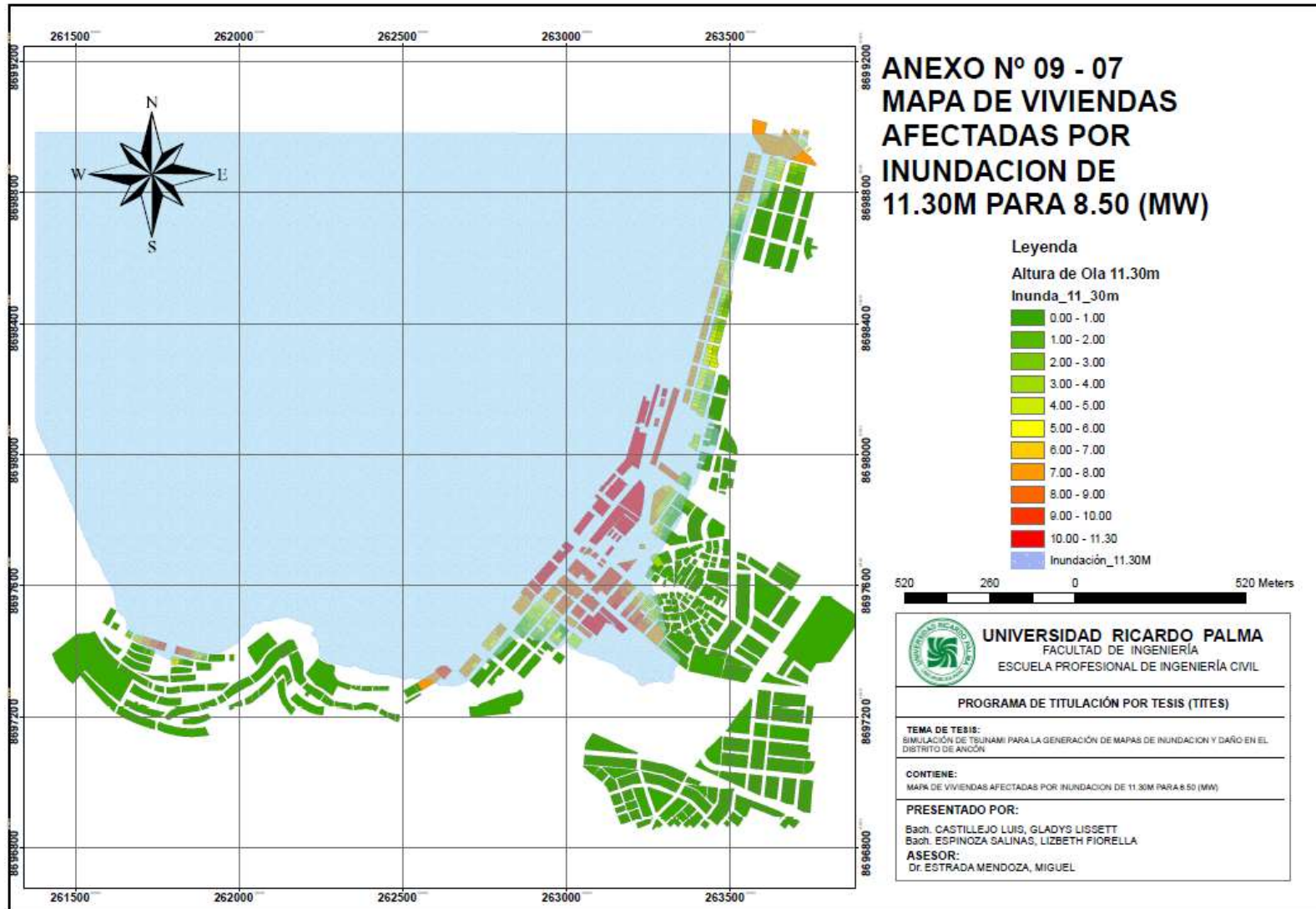




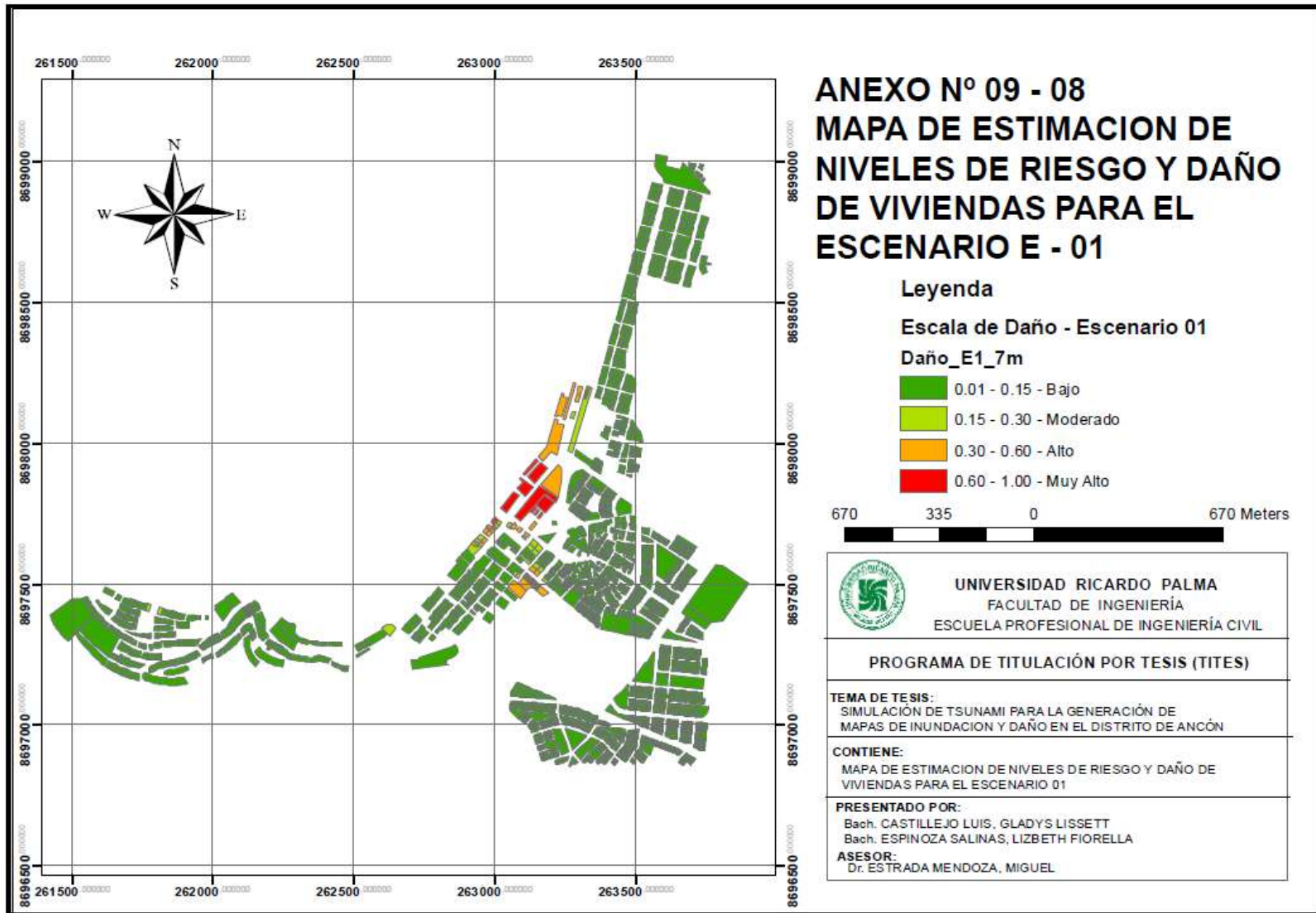
**ANEXO N° 09 – 06 – Mapa de Viviendas Afectadas por Inundación de 7.00 para 8.20 (MW)**



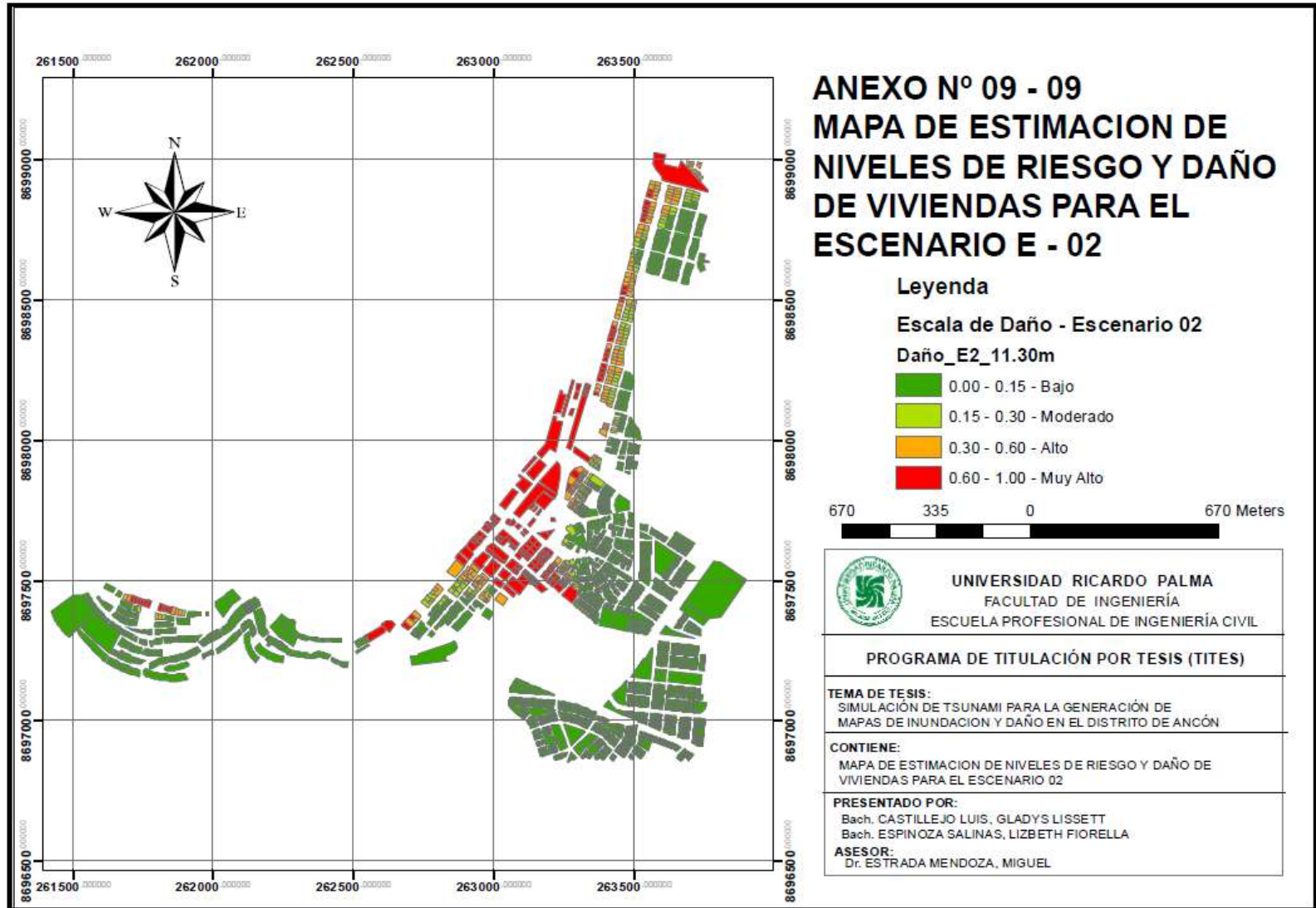
**ANEXO N° 09 – 07 – Mapa de Viviendas Afectadas por Inundación de 11.30 para 8.50 (MW)**



**ANEXO N° 09 – 08 – Mapa de Estimación de Nivel de Riesgo y Daño de Viviendas para el Escenario E-01**



**ANEXO N° 09 – 09 – Mapa de Estimación de Nivel de Riesgo y Daño de Viviendas para el Escenario E-02**



## ANEXO N° 09 – 10 – Mapa General de Rutas de Evacuación y Zonas de Refugio

