

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO DEL CENTRO POBLADO**  
**“SAN ISIDRO” USANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN**  
**GEOGRÁFICA (SIG).**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**RICARDO ALCAHUAMÁN MAMANI**

**LIMA – PERÚ**

**2013**

<b>ÍNDICE</b>	1
<b>LISTA DE MAPAS</b>	3
<b>RESUMEN</b>	4
<b>LISTA DE TABLAS</b>	6
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	6
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b>	9
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>CAPÍTULO I: CENTRO POBLADO SAN ISIDRO</b>	12
1.1 ANTECEDENTES	12
1.2 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	12
1.3 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 CENTRO POBLADO SAN ISIDRO	13
1.4.1 Ubicación y rutas de acceso	13
1.4.2 Clima	20
1.4.3 Suelo	20
1.4.4 Geología y Geomorfología	21
1.4.5 Geología Local	22
1.4.6 Usos del suelo	23
<b>CAPÍTULO II: SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	25
2.1 INTRODUCCIÓN	25
2.2 COMPONENTES DE UN SIG	25
2.3 ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS SIG Y SU APLICACIÓN EN EL ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO	27
2.4 SISTEMAS DE COORDENADAS Y PROYECCIONES	30

2.4.1	Sistema de Coordenadas WGS84 .....	32
2.4.2	Proyecciones Cartográficas .....	33

### **CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE FENÓMENOS GEODINÁMICOS DEL**

	<b>LUGAR</b> .....	35
3.1	EL PELIGRO .....	35
3.1.1	Peligro Sísmico .....	36
3.2	PELIGRO SISMICO EN EL CENTRO POBLADO SAN ISIDRO ....	42

### **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO**

	<b>DEL CENTRO POBLADO "SAN ISIDRO"</b> .....	45
4.1	MUESTREO .....	45
4.2	EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS .....	46
4.2.1	Vulnerabilidad .....	46
4.2.2	Análisis de Vulnerabilidad de la zona de estudio .....	49
4.3	EVALUACIÓN DE RIESGO SÍSMICO O INDICE DE DAÑO .....	65

### **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

		69
5.1	CONCLUSIONES .....	69
5.2	RECOMENDACIONES .....	70

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	72
---------------------------	----

## MAPAS

- Mapa 1.1: Mapa Temático - Zona de estudio.
- Mapa 1.2: Mapa geológico de Cuadrángulo de Huacho.
- Mapa 1.3: Mapa Temático – Usos de Suelo.
- Mapa 1.4: Mapa del Distrito de Végueta.
- Mapa 3.1: Mapa de Distribución de Isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años.
- Mapa 3.2: Mapa de Distribución de Isoaceleraciones para un 10 % de excedencia en 100 años.
- Mapa 4.1: Mapa Temático - Material de Construcción de las Viviendas.
- Mapa 4.2: Mapa Temático - Vulnerabilidad de las edificaciones evaluadas.
- Mapa 4.3: Mapa temático - Escenario de daño de las edificaciones ante sismo frecuente.
- Mapa 4.4: Mapa temático - Escenario de daño de las edificaciones ante sismo ocasional.
- Mapa 4.5: Mapa temático - Escenario de daño de las edificaciones ante sismo raro.

## ANEXOS

- Anexo A: Alternativa a las Construcciones de Adobe
- Anexo B: Cálculo del índice de vulnerabilidad de las viviendas analizadas.
- Anexo C: Cálculo del índice de daño (riesgo) de las viviendas analizadas.

## RESUMEN

Los sismos son eventos que han causado muchas pérdidas, tanto materiales, dinero así como en vidas humanas.

El centro poblado San Isidro del distrito de Végueta, provincia de Huaura, departamento de Lima, por encontrarse en una zona de alto peligro sísmico no es ajeno a estos daños.

Existen diversas metodologías para el cálculo del peligro sísmico. El tipo de metodología a utilizar depende de la información que uno posee y principalmente los objetivos para que está dirigida dicha investigación.

El análisis de peligro sísmico se puede realizar mediante la metodología desarrollada por Cornell (1968), en términos probabilísticos; metodología que fue modificada e implementada en el programa de cómputo RISK por McGuire (1976). Esta metodología integra información sismotectónica, parámetros sismológicos y leyes de atenuación regionales para los diferentes mecanismos de ruptura. El resultado es una curva de peligro sísmico, donde se relaciona la aceleración y su probabilidad anual de excedencia.

La vulnerabilidad de las edificaciones es el otro parámetro a considerar en el cálculo del riesgo sísmico. En total se evaluaron 168 predios del C.P. San Isidro, de los cuales 7 predios son terrenos vacíos y 161 están construidos. De los predios construidos, 28 son edificaciones provisionales (estructuras rudimentarias de estera y/o madera), el resto de las edificaciones (133) son estructuras de adobe, albañilería y concreto armado. Se realizó un análisis de vulnerabilidad para éstas 133 edificaciones.

Una metodología para calcular la vulnerabilidad de las edificaciones es la metodología del **Índice de Vulnerabilidad** (Benedetti y Petrini, 1984), el cual identifica los parámetros más importantes que controlan el daño causado por un terremoto en los edificios. El método califica diversos elementos de los edificios tratando de distinguir las diferentes partes existentes en un mismo tipo de construcción o tipología.

Posteriormente, con ayuda de funciones de vulnerabilidad calibradas, las cuales relacionan el índice de vulnerabilidad con el índice de daño estimado, se procedió a calcular los escenarios de daño estimados para sismos frecuentes,

ocasionales y raros. Las funciones de vulnerabilidad calibras se obtuvieron de un estudio anterior ("Evaluación del Riesgo Sísmico del Centro Histórico de Chiclayo"). La zona de Chiclayo y la zona en estudio poseen condiciones geológicas similares, por lo que las funciones de vulnerabilidad de Chiclayo se han podido utilizar en el presente informe, obteniéndose resultados confiables.

Posteriormente, del cálculo del riesgo sísmico, es preciso adoptar medidas preventivas para reducir el riesgo en la zona de estudio.

Como se sabe, el riesgo sísmico depende proporcionalmente de dos factores: peligro y vulnerabilidad. El peligro no se puede reducir ya que es efecto de fenómenos y condiciones geográficas y naturales. Para reducir el riesgo se necesita reducir la vulnerabilidad.

Existen diferentes parámetros utilizables para la reducción de la vulnerabilidad, entre los que podemos mencionar: buena practica constructiva, planes de evacuación y ubicación de zonas seguras, educar a la población ante las acciones a tomar ante posibles eventos sísmicos y otro desastres, etc. En este informe se hace hincapié principalmente en la construcción de las edificaciones sin dejar de mencionar los demás parámetros.

Del total de las edificaciones evaluadas, el 45.2% representan las edificaciones de adobe, el 33.3% son de albañilería y el 0.6% son de concreto armado.

Finalmente se obtuvo que para un sismo frecuente el 3% de las edificaciones presentan daño ligero, el 62% presentan daño moderado, el 35% presentan daño severo y ninguna edificación presenta daño muy severo. Mientras que para un sismo ocasional el 7% de las edificaciones presentan daño moderado, el 37% presentan daño severo y el 56% presenta daño muy severo. En cuanto para un sismo raro el 5% de las edificaciones presentan daño moderado, el 8% presentan daño severo y el 87% presenta daño muy severo.

## LISTA DE TABLAS

Tabla No 4.1	Escala numérica del índice de vulnerabilidad - Método Benedetti y Petrini, 1984 – Edificaciones de Albañilería y Adobe. ....	50
Tabla No 4.2	Escala numérica del índice de vulnerabilidad - Método Benedetti y Petrini, 1984 – Edificaciones de Concreto Armado. ....	51
Tabla No 4.3	Daño obtenido en las edificaciones para diferentes demandas sísmicas. ....	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura No 1.1	Ubicación de la zona de estudio con respecto al territorio Peruano. ....	14
Figura No 1.2	Ubicación del distrito de Végueta. ....	15
Figura No 1.3	Imagen satelital de la plaza central del distrito de Végueta. ....	16
Figura No 1.4	Ruta de acceso a la plaza central de Végueta. ....	18
Figura No 1.5	Ruta de acceso al centro poblado San Isidro. ....	19
Figura No 1.6	Plaza central del distrito de Végueta. ....	19
Figura No 1.7	Vista Panorámica de la Plaza central de San Isidro. ....	20
Figura No 1.8	Calidad del suelo de la zona de estudio. ....	20
Figura No 1.9	Mapa Geológico del Cuadrángulo de Huacho. ....	23
Figura No 1.10	Uso del suelo de una zona muestral del centro poblado San Isidro. ....	24
Figura No 2.1	Componentes de un SIG. ....	26
Figura No 2.2	Diagrama que muestra la aplicación del SIG al estudio de riesgo sísmico. ....	28
Figura No 2.3	Sistemas de referencia geodésicos. ....	30
Figura No 2.4	Ubicación de la zona de trabajo, de acuerdo a los husos geodésicos. ....	34
Figura No 3.1	Clasificación de los principales peligros. ....	35
Figura No 3.2	Fenómeno de subducción entre la Placa de Nazca (Oceánica) y la Placa Sudamericana (Continental) ....	36
Figura No 3.3	Zona de influencia del Anillo de Fuego. ....	37
Figura No 3.4	Distribución de las placas litosféricas. ....	37

Figura No 3.5 Inundación del puerto del Callao provocado por un Tsunami (1746).	41
Figura No 3.6 Estimación de Distribución de Isoaceleraciones sobre roca para un periodo de retorno de 475 años.	43
Figura No 4.1 Ubicación de la zona muestral y el centro poblado San Isidro.	46
Figura No 4.2 Problema de piso blando.	47
Figura No 4.3 Problema de columna corta.	48
Figura No 4.4 Falla de edificación.	48
Figura No 4.5 Cuantificación de viviendas según el material de construcción.	52
Figura No 4.6 Vivienda típica de adobe.	53
Figura No 4.7 Vivienda típica de albañilería.	53
Figura No 4.8 Viviendas provisionales.	54
Figura No 4.9 Terrenos baldíos.	54
Figura No 4.10 Estructura de concreto armado	55
Figura No 4.11 Sistema estructural sísmica a base de muros de albañilería en dirección corta.	55
Figura No 4.12 Fenómeno de columna corta en colegio.	56
Figura No 4.13 Cerco de albañilería en mal estado de conservación.	56
Figura No 4.14 Cerco de madera.	57
Figura No 4.15 Resultados – Organización del sistema estructural.	58
Figura No 4.16 Resultados – Calidad del sistema resistente.	58
Figura No 4.17 Resultados – Resistencia Convencional.	59
Figura No 4.18 Resultados – Posición del edificio y cimentación.	59
Figura No 4.19 Resultados – Diafragmas horizontales.	60
Figura No 4.20 Configuración en planta de la edificación.	60
Figura No 4.21 Resultados – Configuración en planta.	61
Figura No 4.22 Resultados – Configuración en elevación.	61
Figura No 4.23 Resultados – Distancia entre muros.	62
Figura No 4.24 Resultados – Tipo de cubierta.	62
Figura No 4.25 Resultados – Elementos no estructurales.	63
Figura No 4.26 Resultados – Estado de conservación.	63
Figura No 4.27 Índice de vulnerabilidad en las edificaciones evaluadas.	64
Figura No 4.28 Funciones de vulnerabilidad para edificaciones evaluadas	66

Figura No 4.29 Índice de daño de edificaciones para sismo severo,  
moderado y raro. .... 67

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLO O SIGLA	DEFINICIÓN
a	Semieje mayor de un elipsoide de referencia
b	Semieje menor de un elipsoide de referencia
f	Achatamiento de un elipsoide de referencia.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
GRS	Global Reference System.
INDECI	Instituto de Defensa Civil.
lv	Indice de Vulnerabilidad.
lvn	Indice de Vulnerabilidad normalizada
ML	Magnitud Local.
MM	Escala de Mercalli Modificada.
MW	Magnitud de Momento.
P	Peligro Sísmico.
R	Riesgo Sísmico.
SIG	Sistema de Información Geográfica.
UTM	Universal Transversal de Mercator.
V	Vulnerabilidad Sísmica.
IGP	Instituto Geofísico del Perú.
WGS	World Geodetic System.
Wi	Factor de Importancia para cada parámetro del análisis de vulnerabilidad.

## INTRODUCCIÓN

La acción de un evento sísmico puede provocar situaciones de desastre. En una población el sismo puede afectar las casas (edificios), el colapso de postes de luz y del tendido eléctrico (provoca obstrucción de las vías), de líneas telefónicas, de vías de transportes (carreteras, pistas), de las redes de agua potable y alcantarillado que pueden dejar de funcionar, al igual que las redes de comunicación, etc. Todas esas situaciones de desastre traen como consecuencia pérdidas económicas y de vidas humanas; como resultado final, se produce la interrupción del desarrollo sostenido de una ciudad, región o país. Ante este hecho se debe plantear propuestas que minimicen los efectos del desastre, antes, durante y después de un evento sísmico. Todo eso se logra con un plan de mitigación de desastres.

El presente informe se basa principalmente en el efecto que produce el sismo a las viviendas (edificaciones), realizando un estudio de análisis de riesgo sísmico (índice de daño) de las edificaciones del centro poblado San Isidro del distrito de Végueta, Provincia de Haura, Departamento de Lima, Región Lima, haciendo uso del Sistema de Información Geográfica (SIG).

Una de las funcionalidades del Sistema de Información Geográfica aplicable a emergencias, es facilitar la identificación de áreas geográficas y grupos de población que presentan más riesgo en un desastre natural y por tanto, requieren de una mayor atención en la prevención y la rapidez de la reacción. Con el progreso acelerado de la tecnología y las comunicaciones, ahora es factible lograr que los servicios ante emergencias ejecuten su operatividad en forma eficaz.

La utilización de mapas temáticos, especialmente los elaborados teniendo como base el SIG, son muy útiles en la toma de decisiones.

El presente estudio tiene como finalidad identificar el grado de riesgo sísmico que tiene el centro poblado San Isidro para posteriormente poder tomar acciones y proponer recomendaciones para la reducción del riesgo.

El análisis de peligro sísmico se puede realizar mediante la metodología desarrollada por Cornell (1968) en términos probabilísticos, metodología que fue modificada e implementada en el programa de cómputo RISK por McGuire

(1976).El resultado es una curva de peligro sísmico, donde se relaciona la aceleración y su probabilidad anual de excedencia.

Se evaluaron un total de 161 edificaciones, de las cuales 28 son edificaciones provisionales; de las 133 edificaciones restantes se obtuvo información para posteriormente identificar su grado de vulnerabilidad, haciendo uso de la Metodología del Índice de Vulnerabilidad propuesta por Benedetti y Petrini (1984).

Las conclusiones y el objetivo del presente informe están orientadas principalmente a la mejora de las construcciones futuras del centro poblado, así como también a promover el reforzamiento de las existentes.

## **CAPÍTULO I                    CENTRO POBLADO SAN ISIDRO**

### **1.1      Antecedentes**

En el Perú han ocurrido eventos destructivos por causa de sismos, entre los que se pueden mencionar: el sismo de Ancash en 1970 (el más destructivo), el terremoto de Nazca (1996), el terremoto del año 2001 que afectó los departamentos de Arequipa, Moquegua, Tacna, Ayacucho y Apurímac.

El último sismo en el Perú de gran incidencia suscitó un 15 de Agosto del año 2007, el cual afectó las ciudades de Pisco, Chincha, Ica y pueblos cercanos. En Ica, con magnitud de 7.0 en la escala de Richter (ML) y una intensidad de VII-VIII en la escala de Mercalli Modificada (MM), causó daños importantes en las edificaciones de adobe, albañilería y concreto armado además de pérdidas de vidas humanas. El terremoto se caracterizó por presentar gran duración (210 segundos aproximadamente), según el informe denominado "El terremoto de Pisco (Perú) del 15 de Agosto del 2007 (7.9 Mw)" elaborado por el (IGP) Instituto Geofísico del Perú a cargo del Sismólogo Hernando Tavera.

La zona en estudio está expuesta a la acción de eventos sísmicos debido a su ubicación geográfica. Si bien no es posible evitar los daños producidos por un sismo, sí lo es controlar el grado de daño de estos eventos.

El centro poblado San Isidro se encuentra en una zona que tiene una clasificación de nivel de peligro sísmico "muy alta", de acuerdo al "Mapa de Calificación de Provincias Según Niveles de Peligros Sísmicos" elaborado durante el programa "Estrategia Nacional de Reducción de Riesgos para el Desarrollo" a cargo del Ministerio de Vivienda en el año 2003.

### **1.2      Importancia del Estudio**

Existe una falta general de educación de la población peruana y más aún de los sectores de menores ingresos, como es el caso del centro poblado San Isidro, respecto al comportamiento a seguir frente a la acción de los fenómenos sísmicos. La autoridad municipal carece de algunos criterios para analizar los riesgos, y aplicar medidas de prevención y mitigación de los efectos de un sismo.

### **1.3 Objetivo General y Específicos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluación del riesgo sísmico de las edificaciones del centro poblado San Isidro, usando Sistemas de Información Geográfica (SIG); y propuestas para reducción o mitigación de desastres.

#### **1.3.0 Objetivos Específicos**

- Recopilación de información de las edificaciones del centro poblado San Isidro.
- Procesamiento de información con uso del programa ArcGis.
- Evaluación del Índice de Vulnerabilidad de las edificaciones del centro poblado San Isidro.
- Evaluación del Índice de daño (Riesgo Sísmico) de las edificaciones del centro poblado San Isidro.
- Elaboración de mapas temáticos.

### **1.4 Centro Poblado San Isidro**

#### **1.4.1 Ubicación y rutas de acceso**

El centro poblado está conformado por 78 manzanas, teniendo un área total de aproximadamente 450,000 m<sup>2</sup>.

El perímetro que limita el centro poblado es de 4,340.85 m.

Estos datos han sido obtenidos de acuerdo a los planos de lotización proporcionados por la municipalidad del distrito

El centro poblado San Isidro se encuentra ubicado en el distrito de Végueta, provincia de Huaura, Departamento de Lima.

El distrito de Végueta se encuentra localizado en la parte noroccidental de la provincia de Huaura, Región Lima Provincia, República del Perú (Figura No 1.1 y 1.2).





Figura No 1.2 Ubicación del distrito de Végueta.

(Fuente: INEI, Año 2000)

Haciendo uso del programa Google Earth, la Plaza Central del Distrito de Végueta tiene como coordenadas geodésicas:

Latitud Sur: 11°01'24"

Longitud Oeste: 77°38'39"

Dichas coordenadas están referidas al Geoide de Referencia WGS84.

En la figura No 1.3 se muestra una imagen satelital de la plaza central del distrito de Végueta con sus respectivas coordenadas, dicha imagen se obtuvo del programa Google Earth.



Figura No 1.3 Imagen satelital de la plaza central del distrito de Végueta.

El distrito de Végueta limita (ver figura No 1.2):

- Por el Norte: Supe Pueblo (Provincia de Barranca).
- Por el Sur y Este: Distrito de Huaura (Provincia de Huaura).
- Por el Oeste: Océano Pacífico.

El distrito de Végueta está conformado por 32 centros Poblados, y son los siguientes:

- Bellavista
- **San Isidro**
- La Perlita
- La Florida
- Mazo
- San Luis
- La Primavera
- Ruquia
- Guadalupe

- Santa Fe
- Santa Isabel
- Tiroler
- La Muralla
- Túpac Amaru
- San Martín de Porres
- Amiralla
- Medio Mundo
- + Expansión Urbana Medio Mundo.
- San Juan Bautista
- Santa Cruz
- San José de Tiroler
- Asociación de Vivienda las Américas
- La Querencia
- San Felipito Alto
- AA. HH. José Olaya.
- San Lorenzo
- Rosario
- Otoño
- Nuevo Progreso
- Asociación de Vivienda San Felipe
- La Máquina
- La Chilampa
- La Merced
- Tres de Octubre
- Cerro Colorado
- Áreas Correspondientes a la Isla San Martín.

En el Mapa No 1.4 se aprecia la distribución de estos centros poblados.

El distrito de Végueta tiene una extensión territorial de 341.50 km<sup>2</sup> (34,150 Has.)

Para tener acceso al **centro poblado San Isidro** es necesario recorrer la carretera Panamericana Norte hasta la altura del Km 159, tomando luego la Av. Los Libertadores con la cual se accede directamente a la plaza principal de Végueta (ver figura No 1.4).

El recorrido desde la ciudad de Lima hasta la plaza Central de Végueta tiene una duración aproximada de 3 horas.



Figura No 1.4 Ruta de acceso a la plaza central de Végueta.

La zona en estudio es específicamente el **centro poblado SAN ISIDRO** del distrito de Végueta, para poder acceder a él se parte de la plaza central de Végueta, puede hacerse a través de movilidad propia o de vehículos motorizados, llamados "mototaxis".

La ruta de acceso se muestra en la figura No 1.5 en la cual se indica la ruta Plaza Central de Végueta – Plaza de San Isidro, el tiempo aproximado de viaje es de 5 minutos.

En la figura No 1.6 y No 1.7 se aprecian las plazas principales de Végueta y del Centro Poblado San Isidro.



Figura No 1.5 Ruta de acceso al centro poblado San Isidro.



Figura No 1.6 Plaza central del distrito de Végueta.



Figura No 1.7 Vista Panorámica de la Plaza central de San Isidro.

### 1.4.2 Clima

Su clima es variado. En la Costa es templado, con una temperatura promedio entre 17°C y 20°C, con precipitaciones de 8 a 36 mm, con un ambiente semihúmedo y semicálido, con abundante nubosidad en el invierno, con un verano húmedo y cálido.

La humedad relativa es más alta en la zona baja, próxima al Océano Pacífico, oscila de 70 % a 82.5 %.

### 1.4.3 Suelo

La zona de estudio presenta superficialmente caliche y roca fragmentada y a profundidades mayores a 2 m. presenta roca dura. Esta descripción del terreno es según lo visto en campo y según la información de los lugareños e ingenieros de la Municipalidad de Végueta que realizaron Obras de Alcantarillado.



Figura No 1.8 Calidad del suelo de la zona de estudio.

#### 1.4.4 Geología y Geomorfología

Se realizó una inspección geológica el mes de octubre del año 2011 a cargo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería al distrito de Végueta de la provincia de Huara-Lima.

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudios y alrededores han sido modelados por eventos de geodinámica externa y/o interna. La unidad geomorfológica existente es clasificada como etapa de erosión cañón:

Etapa de erosión Cañón.- Esta unidad geomorfológica se caracteriza por presentar laderas que presentan inclinaciones que van de 25 a 45°. Presentando depósitos aluviales, formación de terrazas etc. La formación de las terrazas marca el último movimiento de elevación de la etapa Cañón.

Los afloramientos rocosos y depósitos no consolidados pertenecen a la faja occidental, denominada estratigráficamente como Zona costanera comprometida con el área de estudio, que se describen a continuación:

Formación Casma.- Esta Formación geológica pertenece al Cretáceo Inferior y está conformada principalmente por derrames volcánicos de andesita con algunos sedimentos intercalados; estos afloramientos rocosos se encuentran fuertemente meteorizados presentando taludes de baja pendientes en forma de lomadas.

Depósito Aluvial.- Estos depósitos se encuentran constituidos por capas de gravas gruesas y fina bien clasificada, con elementos redondeados y asociados con capas de arena limo y arcilla en proporciones variables.

Depósito Marino.- Este depósito se puede encontrar cercano al mar.

En el área de estudio y alrededores, producto de la fase compresiva del terciario inferior, se ha desarrollado un sistema de fallamiento con dirección NO – SE paralela a la cadena andina, que ha favorecido el rápido desarrollo de la erosión lineal. Así como un sistema de fracturas que obedecen a procesos tectónicos de compresión post – batolito.

En cuanto a la morfogénesis y procesos de geodinámica externa se puede decir que la configuración de relieve está subordinada a proceso morfogenéticos que han ocurrido en el pasado geológico, que a continuación describiremos:

**Morfogénesis terciaria.-** Está asociada al inicio de la orogénesis andina que ocurrió de fines del paleozoico al terciario inferior y la última fase de la orogénesis (desde el pleistoceno hasta el cuaternario reciente), que se manifestó con el levantamiento que elevan los andes a sus altitudes actuales aproximadamente, luego una prolongada fase erosiva en el terciario medio, que redujo los andes al estado de llanuras (no muy elevados sobre el nivel del mar). El rápido levantamiento plio-plestoceno determinó un brusco incremento en las pendientes generales en el relieve de entonces con el consiguiente desarrollo de procesos erosivos e incisión fluvial.

**Morfogénesis cuaternaria.-** El relieve ha sido modelado por la ocurrencia de glaciaciones andinas que originó fases frías y húmedas, por lo que el clima de la sierra recibió precipitaciones más abundantes que en la actualidad, lo que ocasionó que los huaycos de la región andina lleguen inclusive hasta el nivel del mar. La morfogénesis cuaternaria se caracterizó por su dinamismo geomorfológico mucho más activo que el actual, especialmente durante la fase de la glaciación andina, la última de las cuales duraron aproximadamente 70,000 años, habiendo concluido hace 10,000 años aproximadamente.

Las áreas de cultivo generalmente están en depósitos aluviales de río y otros en depósitos aluviales de quebrada.

El sistema hidrográfico se desarrolló sobre la superficie puna y presentó un drenaje del tipo consecuente, el establecimiento de la Divisoria Continental que generó la formación de ríos principales como el Río Huaura, con recorrido directo al pacífico con una dirección de 280° - 300°.

#### **1.4.5. Geología Local**

La zona en estudio se encuentra comprendida dentro del cuadrángulo 23-h de la Carta Geológica Nacional.

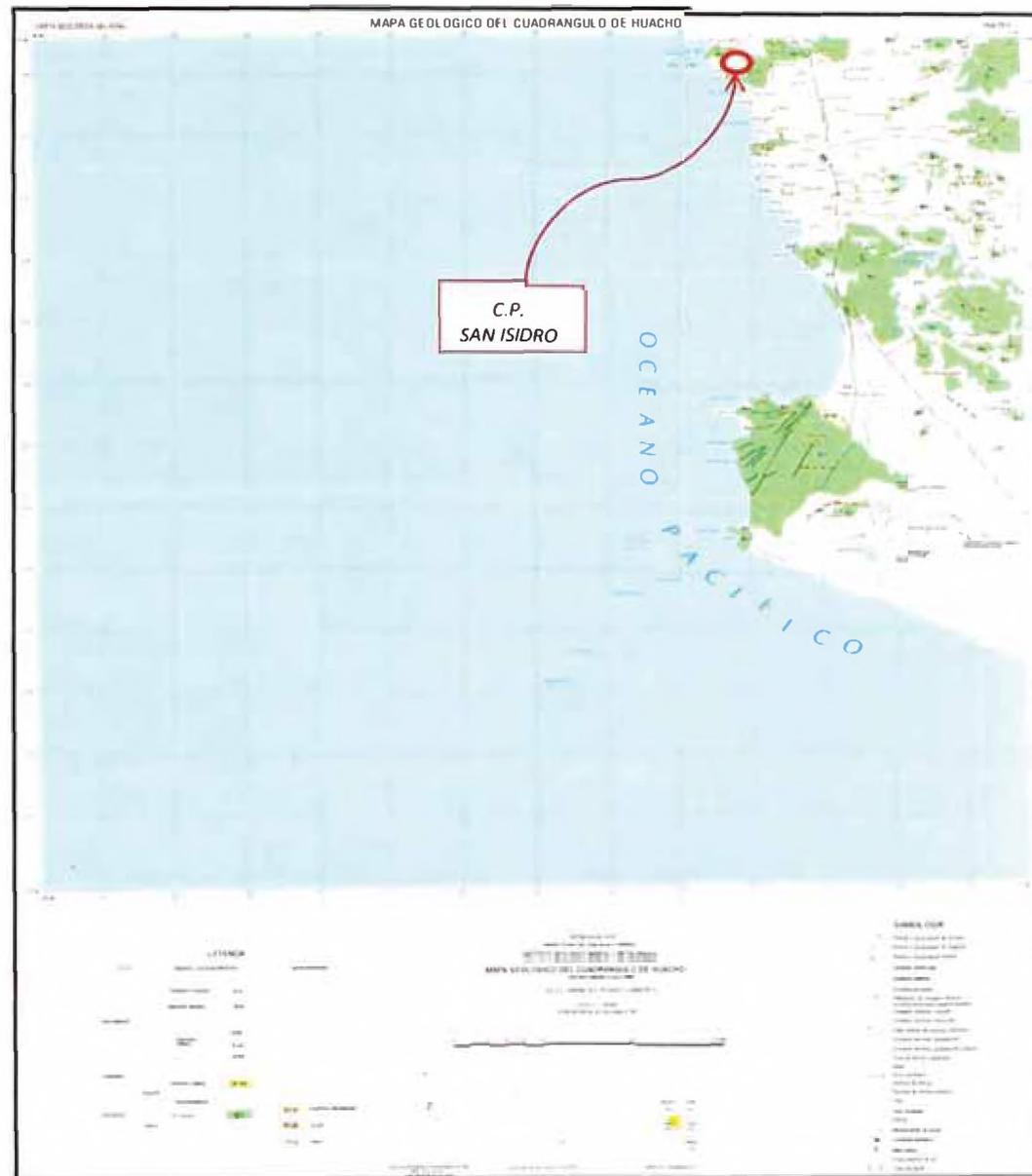


Figura No 1.9 Mapa Geológico del Cuadrángulo de Huacho (Hoja 23-h)

#### 1.4.6 Usos de Suelo

En el centro poblado San isidro, el uso predominante del suelo es viviendas de baja densidad. También cuenta con un centro educativo, hay varios lotes sin uso. Las viviendas son en su mayoría de un solo nivel.

En la Figura 1.10 se muestra un mapa temático del uso del suelo, de una parte del centro poblado San Isidro, la cual ha sido tomada como "muestreo" para el presente estudio.

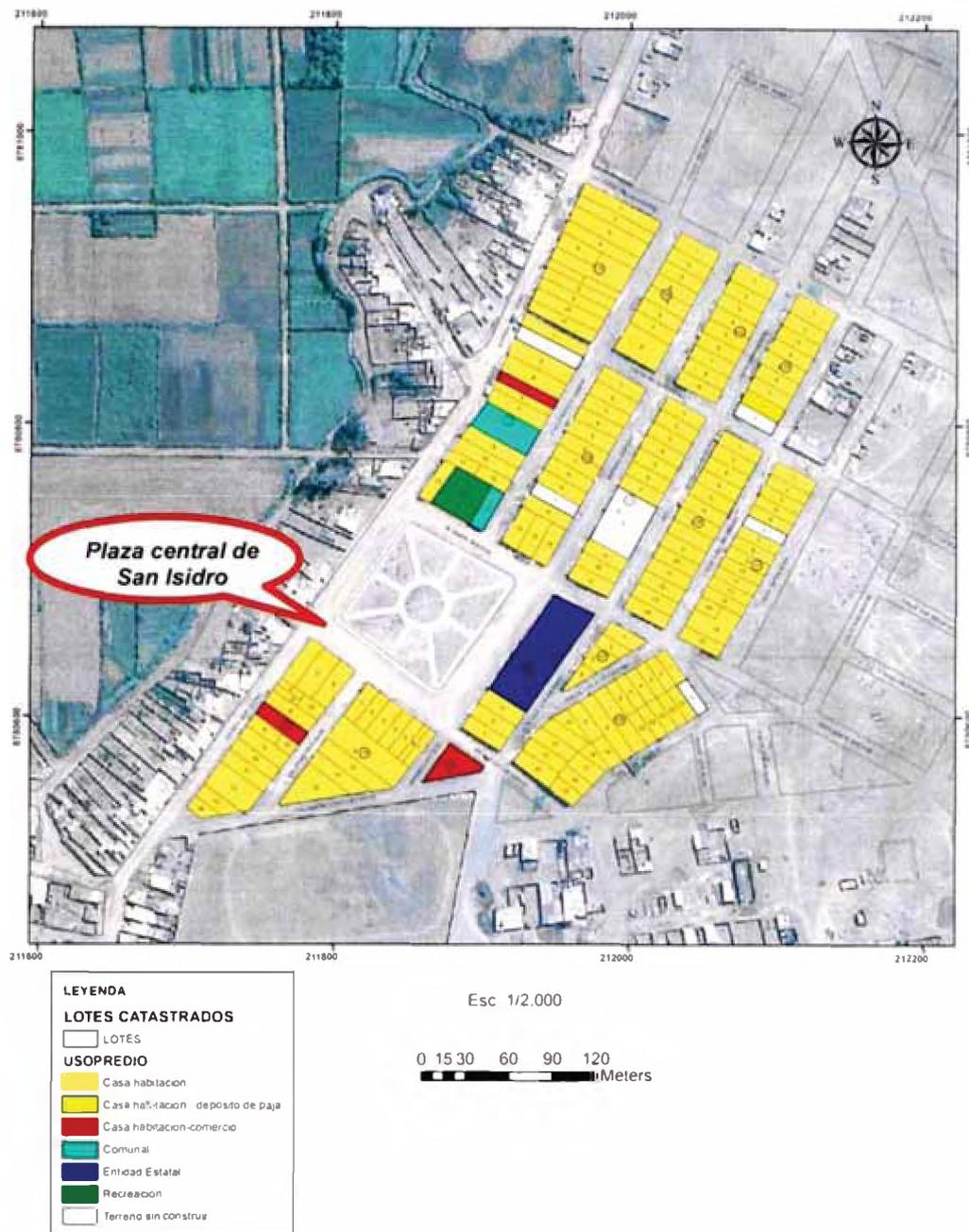


Figura No 1.10 Uso del suelo de una zona muestral del centro poblado San Isidro.

## **CAPÍTULO II SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### **2.1 Introducción**

A finales de los años 70 la tecnología del uso de las computadoras progresó rápidamente en el manejo de información cartográfica, y se afinaron muchos sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas. A principios de los años 80, los SIG se habían convertido en un sistema plenamente operativo. A medida que la tecnología de las computadoras se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor aceptación. Actualmente se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, los laboratorios de investigación, las instituciones académicas, la industria privada y las instalaciones militares y públicas.

Con el avance de la tecnología, han surgido herramientas SIG que se pueden utilizar como ayuda para el desarrollo de estrategias tanto de prevención como de mitigación en las pérdidas materiales y humanas frente a una amenaza natural. En el caso de la prevención frente a la probabilidad de un evento sísmico ha surgido una tecnología relativamente nueva, que puede y de hecho es utilizado en muchos países para la prevención y/o mitigación de daños frente a un evento sísmico.

En el presente trabajo se desarrolla la utilización de los Sistemas de Información Geográfica, como una herramienta para la elaboración de estrategias de mitigación de pérdidas frente a un evento sísmico de daños considerables.

### **2.2 Componentes de un SIG**

Un SIG es un sistema integrado de un grupo de subsistemas esenciales para su correcto funcionamiento, entre estos se tiene: un equipo informático, el software correspondiente al sistema, información georeferenciada de los elementos de estudio, así como sus atributos descriptivos y un diseño específico de aplicación. La figura 2.1 esquematiza los principales componentes de un SIG y la forma de interactuar entre ellos (ESRI, 1995; GIS Development), cuya descripción se muestra a continuación.

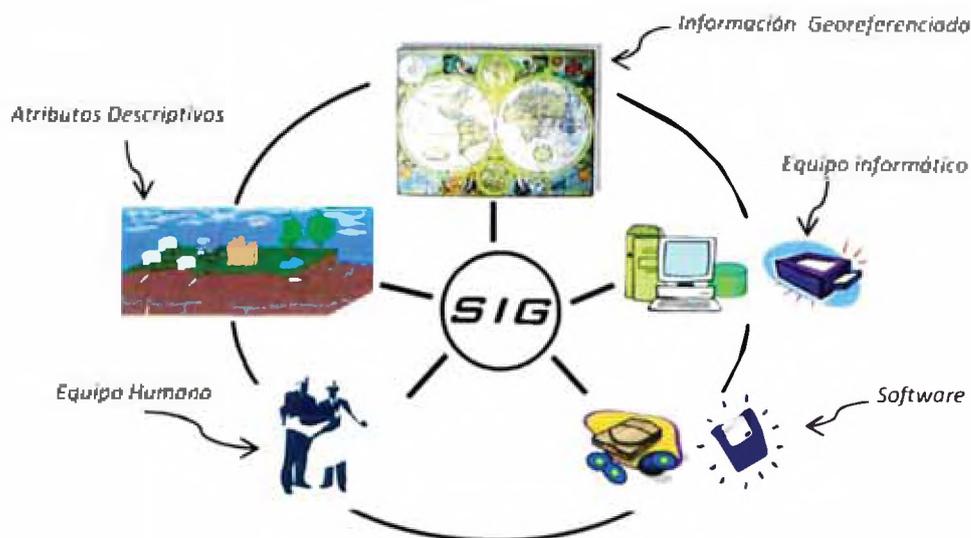


Figura No 2.1 Componentes de un SIG (Fuente: Mena Hernández, Ulises  
"Evaluación de Riesgo sísmico en Zonas Urbanas")

**Información Georeferenciada:** Con el equipo informático software seleccionado, se introducen los elementos que forman el "mundo real", ubicándolos en un sistema de coordenadas. Esto se logra gracias a la interrelación de diferentes campos como son: el catastro, la topografía, la cartografía, la fotogrametría, el procesamiento de imágenes, la planeación rural y urbana y la geografía.

**Atributos Descriptivos:** Estos corresponden a la información que cada elemento tiene, representado por puntos, líneas o polígonos, en su forma más simple. Estos se almacenan en una tabla que se encuentra relacionada con el elemento por medio de un indicador común.

**Equipo Informático:** Esto corresponde a la parte física del sistema y forma la parte medular de un SIG. Puede estar constituido por un ordenador, en donde se realizan todas las operaciones geográficas; digitalizador y escáner, para convertir una imagen en formato digital; equipos GPS, etc.

**Software:** Esencial para introducirse en el ambiente de trabajo de un SIG. Provee de las funciones y herramientas necesarias para el almacenamiento, análisis y despliegue de la información. La variedad es amplia y entre ellos se encuentran: IDRISI, MapInfo, ArcView, GRASS, ILWIS, ERDAS, entre otros.

Equipo Humano: Un SIG no podría existir sin el trabajo de las personas dedicadas a la planeación de proyectos. Forman parte esencial en la elaboración del diseño que se requiere para el proyecto y pertenecen a un grupo multidisciplinario, integrado por geólogos, ingenieros, administradores, ecónomos, geógrafos y muchos más.

### **2.3 Áreas de aplicación de los SIG y su aplicación en el análisis de Riesgo Sísmico.**

Los SIG actualmente tienen un amplio rango de aplicaciones y una buena aceptación de parte de los gobiernos, empresas privadas e institutos de investigación. Entre estas aplicaciones está el análisis de los recursos medioambientales, planificación del suelo, análisis posicional, análisis de mercado, demografía, planificación de infraestructura, entre otras muchas más. En la década pasada, el campo de aplicación de los SIG se extendió al manejo de los riesgos naturales debido a las experiencias sufridas con los terremotos, huracanes, inundaciones y erupciones, entre otras, cuya peligrosidad o severidad radica en el efecto que tiene en grandes áreas, alcanzando sobre todo zonas urbanas, que en algunas ocasiones están densamente pobladas, debido a un crecimiento incontrolable y a un mal manejo urbanístico de la ciudad. De esta manera se observa la necesidad de manejar una gran cantidad de información, especialmente de elementos georeferenciados o espaciales que pueden verse afectados por estos fenómenos, como son los edificios, puentes, presas, líneas vitales (líneas de agua, gas, luz, fibra óptica, etc.), así como los mismos fenómenos naturales que pueden actuar.

Dentro de los programas de planificación y mitigación de desastres, los SIG permiten combinar la información de los riesgos naturales, recursos, población e infraestructura, para determinar las áreas menos expuestas a los peligros, áreas aptas para las actividades de desarrollo, áreas que requieren de una evaluación mas detallada, áreas donde se debería priorizar en la aplicación de las estrategias de mitigación. Por ejemplo, los mapas de peligro sísmico permiten determinar las áreas y su extensión donde se deben evitar fuertes inversiones de capital o donde se deben considerar sólo actividades menos susceptibles a terremotos. De la misma manera, estas áreas expuestas junto a datos socio-

económicos y de infraestructura, pueden proporcionar el número de personas o la infraestructura, que pueden estar en situación de riesgo.

Por otro lado, una vez ocurrido el desastre los SIG son importantes para una pronta respuesta de las autoridades civiles de una manera ordenada y prioritaria en aquellos lugares donde se determinó que los daños podrían ser mayores. Los SIG, dentro de los programas de planificación determinaron las zonas con mayor probabilidad de daño, localizando a su vez, los sistemas de emergencia más cercanos y las zonas que pueden utilizarse como áreas de resguardo para la población. En la Figura No 2.2 se aprecia un diagrama que muestra la etapa en donde se aplican los Sistemas de Información Geográfica dentro de los estudios de Riesgo Sísmico.

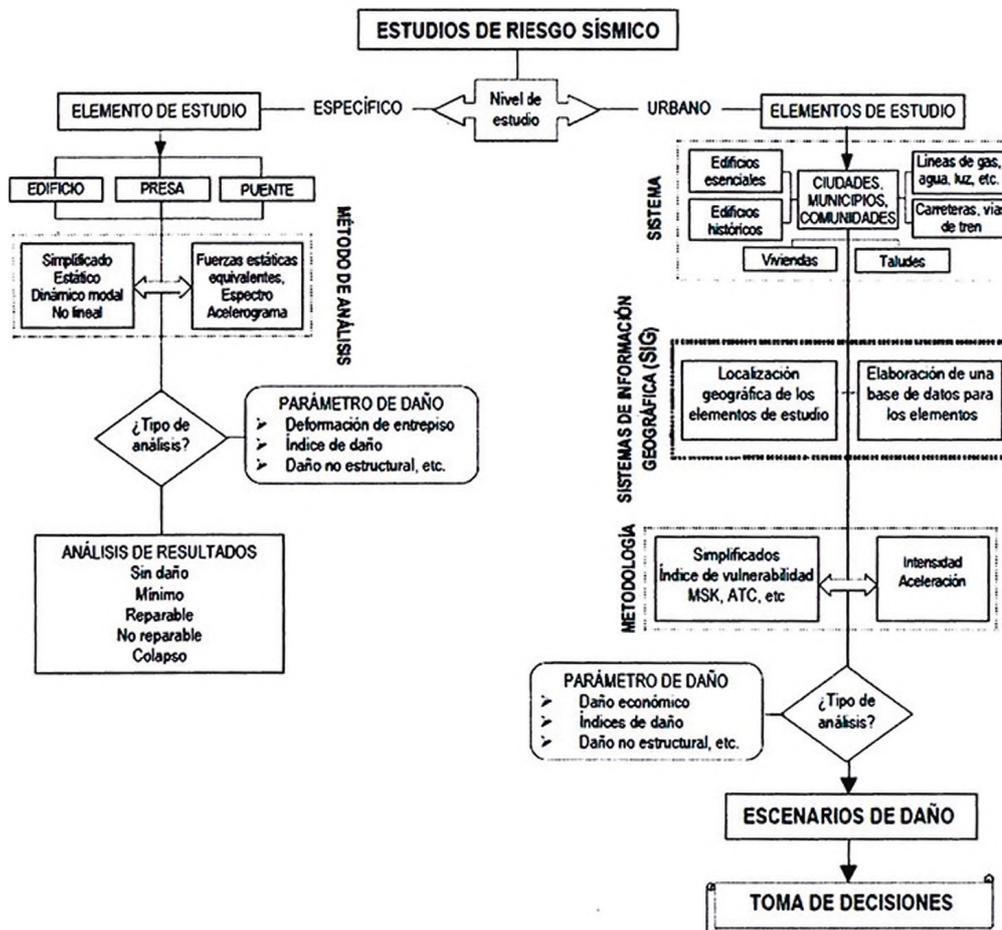


Figura No 2.2 Diagrama que muestra la aplicación del SIG a estudio de riesgo sísmico. (Fuente: Mena Hernández, Ulises "Evaluación de Riesgo sísmico en Zonas Urbanas")

A continuación se enumeran algunas ventajas en la utilización de un SIG en la administración de la información de estudios de vulnerabilidad sísmica estructural:

- Debido a la naturaleza de los SIG, se pueden generar mapas temáticos de casi todas las categorías de información que pueda contener el estudio, por ejemplo: mapa de vulnerabilidad estructural, de tipos de construcción, de uso de las construcciones, etc.
  - La información plasmada en un mapa digital georeferenciado, da una idea global y real, que la visualizada en un formato tabular o en otro tipo de gráfico no georeferenciado.
  - Mediante la superposición de diferentes capas de información, se pueden generar mapas completos, para realizar análisis y generación de reportes gráficos entendibles para una persona que no está familiarizada con el tema.
  - Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta inteligente de análisis espacial de objetos gráficos y no gráficos.
  - Es un sistema muy útil para actualizar y administrar información en forma dinámica y eficiente.
  - Puede aumentar la productividad de un técnico en la creación de información geográfica.
  - Brinda resultados de mejor calidad, que los obtenidos manualmente, no importando su costo.
  - Los SIG incorporan diversas funciones de visualización, incluyendo recursos tridimensionales.
  - La integración manual de mapas en el pasado se limitaba esencialmente, en la superposición de transparencias. Los análisis se realizaban por medio de una operación aritmética de suma y resta.
- Hoy, a partir de la organización de los datos en un proyecto de SIG, dos o más mapas pueden ser relacionados a través de distintas funciones lógicas y matemáticas.
- Los cálculos de: longitud, área, perímetro e intersecciones entre distintas unidades geográficas, pueden ser realizados y detectados con precisión.

## 2.4 Sistema de Coordenadas Geográficas y Proyecciones

Por muchos años, la mayoría de países utilizaban datums locales que tenían por objeto buscar el elipsoide de referencia que mejor se acople a la zona de interés. El Perú no fue la excepción y es así que adoptó como datum horizontal oficial el PSAD 56, que tiene como elipsoide de referencia el Internacional de Hayford y como punto origen La Canoa ubicado en la República de Venezuela.

La actual tendencia mundial del uso de GPS trae consigo la utilización de sistemas de referencia geocéntricos asociados a elipsoides globales como es el caso del sistema WGS 84.

Este fenómeno mundial nos obliga a buscar mecanismos para compatibilizar los antiguos datums locales con los modernos sistemas de referencia (ver Figura 2.3).

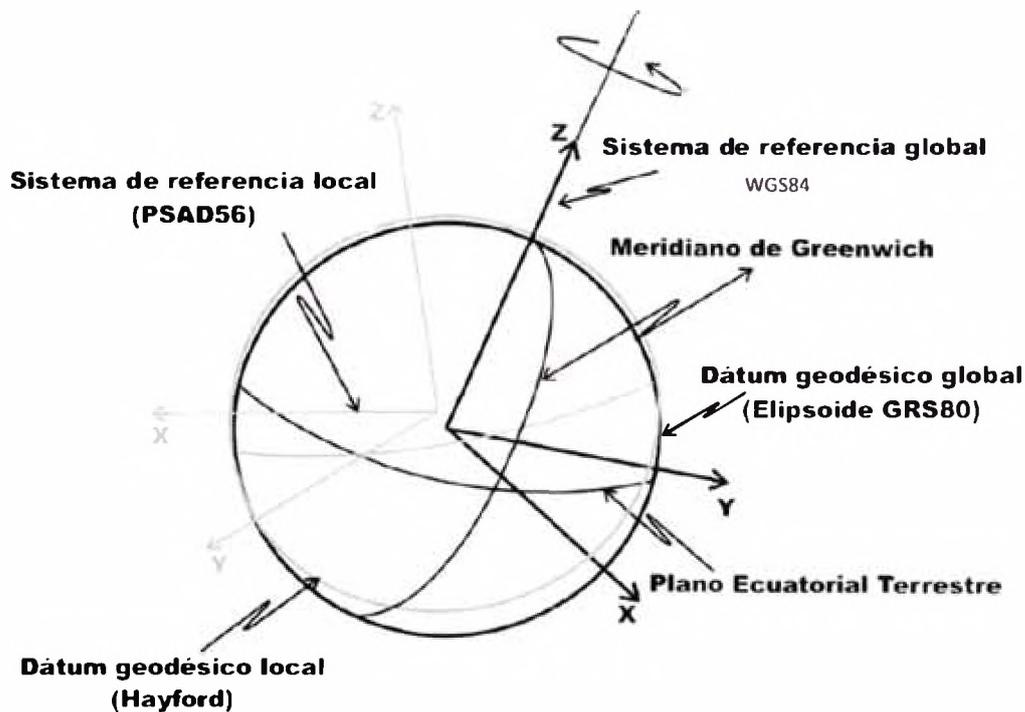


Figura No 2.3 Sistemas de referencia geodésicos (Fuente: Cesar A. Leiva, "Parámetros de Transformación entre los Sistemas Geodésicos de Referencia PSAD56 y SIRGAS95 (WGS84) para el Ecuador")

Antes de analizar los datos en el SIG la cartografía debe estar toda ella en una misma proyección y sistemas de coordenadas. Para ello muchas veces es necesario reprojectar las capas de información antes de integrarlas en el Sistema de Información Geográfica.

Como se mencionó anteriormente La Tierra puede estar representada cartográficamente por varios modelos matemáticos, cada uno de los cuales pueden proporcionar un conjunto diferente de coordenadas (por ejemplo, latitud, longitud, altitud) para cualquier punto dado de su superficie. El modelo más simple es asumir que la Tierra es una esfera perfecta. A medida que se han ido acumulando más mediciones del planeta los modelos del geoide se han vuelto más sofisticados y más precisos. De hecho, algunos de estos se aplican a diferentes regiones de la Tierra para proporcionar una mayor precisión (por ejemplo, el European Terrestrial Reference System 1989 - ETRS89 – funciona bien en Europa pero no en América del Norte) u otros de aplicación mundial como el WGS84 que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984).

La proyección es un componente fundamental a la hora de crear un mapa. Una proyección matemática es la manera de transferir información desde un modelo de la Tierra, el cual representa una superficie curva en tres dimensiones, a otro de dos dimensiones como es el papel o la pantalla de un ordenador. Para ello se utilizan diferentes proyecciones cartográficas según el tipo de mapa que se desea crear, ya que existen determinadas proyecciones que se adaptan mejor a unos usos concretos que a otros. Por ejemplo, una proyección que representa con exactitud la forma de los continentes distorsiona, por el contrario, sus tamaños relativos.

Dado que gran parte de la información en un SIG proviene de cartografía ya existente, un Sistema de Información Geográfica utiliza la potencia de procesamiento de la computadora para transformar la información digital, obtenida de fuentes con diferentes proyecciones y/o diferentes sistemas de coordenadas, a una proyección y sistema de coordenadas común. En el caso de

las imágenes (ortofotos, imágenes de satélite, etc.) este proceso se denomina rectificación.

#### 2.4.1 Sistema de Coordenadas WGS84

Como se mencionó anteriormente, WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984), dicho sistema adopta los parámetros del elipsoide GRS80 (Global Reference System), de USA.

Se trata de un estándar en geodesia, cartografía, y navegación, que data de 1984. Tuvo varias revisiones (la última en 2004), y se considera válido hasta una próxima reunión (aún no definida en la página web oficial de la Agencia de Inteligencia Geoespacial). Se estima un error de cálculo menor a 2 cm. por lo que es en la que se basa el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Consiste en un patrón matemático de tres dimensiones que representa la tierra por medio de un elipsoide, un cuerpo geométrico más regular que la Tierra, que se denomina WGS 84 (nótese el espacio).

Por Resolución Jefatural N 086-2011-IGN/OAJ/DGC del 03 de Mayo del año 2011 se da por concluido el periodo de uso del Sistema Local Geodésico Provisional Sudamericano 1956 - PSAD 56 constituyéndose como Sistema Oficial el WGS84. Siendo de cumplimiento obligatorio para todas las entidades públicas y privadas a efectos de uniformizar la elaboración y actualización cartográfica del país.

Tiene asociado un elipsoide de referencia donde el origen coincide con el centro de masas de la Tierra. Los parámetros del elipsoide son:

Semieje mayor	$a = 6378137.000 \text{ m.}$
Semieje menor	$b = 6356752.314 \text{ m.}$
Achatamiento	$f = 1 / 298.257223563$

La DMA (**D**efense **M**apping **A**gency), actualmente NIMA (**N**ational **I**magery & **M**apping **A**gency) llegó a la definición de este sistema después de haber

utilizado otros tres anteriores: WGS-60, WGS-66 y WGS-72, este último es muy parecido al actual WGS-84, al punto que para pasar de uno a otro sólo es necesario un corrimiento del origen de coordenadas de 4,5 m, una rotación del eje Z de 0,814 segundos de arco y una diferencia de factor de escala de  $-0,6$  ppm.

#### **2.4.2 Proyecciones Cartográficas**

La ubicación de los puntos dados por un sistema de referencia está dada por las coordenadas de los mismos y éstas son de tipo: cartesianas (X, Y, Z) ó geodésicas ( $\varphi$ ,  $\lambda$ , h). La conversión de uno a otro tipo se resuelve mediante algoritmos conocidos y disponibles en innumerables software. La representación de las coordenadas geodésicas puede hacerse pero las líneas curvas que representan meridianos y paralelos no pueden dibujarse con facilidad. La dificultad surge por el hecho, de transferir la superficie de la Tierra a un plano, por tal motivo se han desarrollado las proyecciones cartográficas de muy diversos tipos y tratando de satisfacer distintos objetivos.

La representación en UTM, es recomendada para países como Perú, extendidos a lo largo de un meridiano, derivado de la proyección Gauss-Krüger, pero la diferencia fundamental entre ambas, radica en que la Gauss-Krüger concibe un cilindro transversal tangente a la esfera en un meridiano central, que por no tener distorsión, tendrá un factor de escala igual a 1, por el contrario la proyección UTM concibe un cilindro secante al elipsoide con un meridiano central cuyo factor de escala es igual a 0,9996.

Para que la proyección UTM cubra toda la superficie de referencia, se recurre a dividir al elipsoide en husos (60) de igual amplitud ( $6^\circ$ ). El primer huso está comprendido entre las longitudes  $180^\circ\text{W}$  y  $174^\circ\text{W}$ . Los husos crecen y se enumeran desde el primero en dirección oeste, de esta forma, el meridiano Greenwich es la separación entre los husos 30 y 31. El Perú está comprendido en los husos 17, 18 y 19.

Cada zona (husos) cuenta con un meridiano central que está a  $3^\circ$  de sus fronteras, los meridianos centrales de la zona 17, 18 y 19 son  $81^\circ$ ,  $75^\circ$  y  $69^\circ$ .

La zona en estudio se encuentra ubicada en el huso 18, zona sur, tal como se muestra en la figura No 2.4

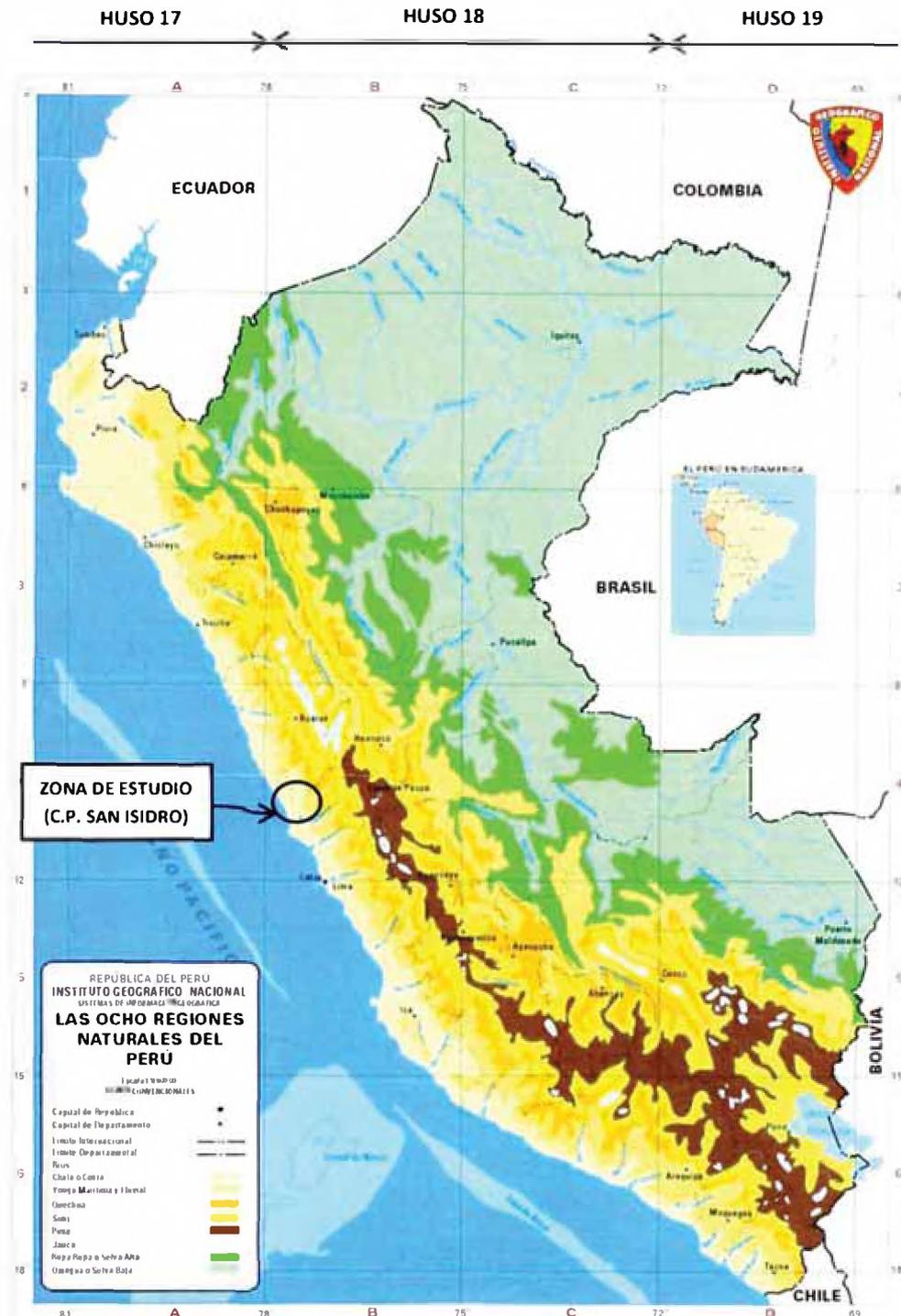


Figura No 2.4 Ubicación de la zona de trabajo, de acuerdo a los husos geodésicos  
(Fuente: IGN)

## CAPÍTULO III ANÁLISIS DE FENÓMENOS GEODINÁMICOS DEL LUGAR.

### 3.1 El Peligro.

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o provocado por la acción del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o medio ambiente.

El Peligro según su origen, está clasificado en dos clases:

- De carácter natural.
- De carácter tecnológico o generado por la acción del hombre.

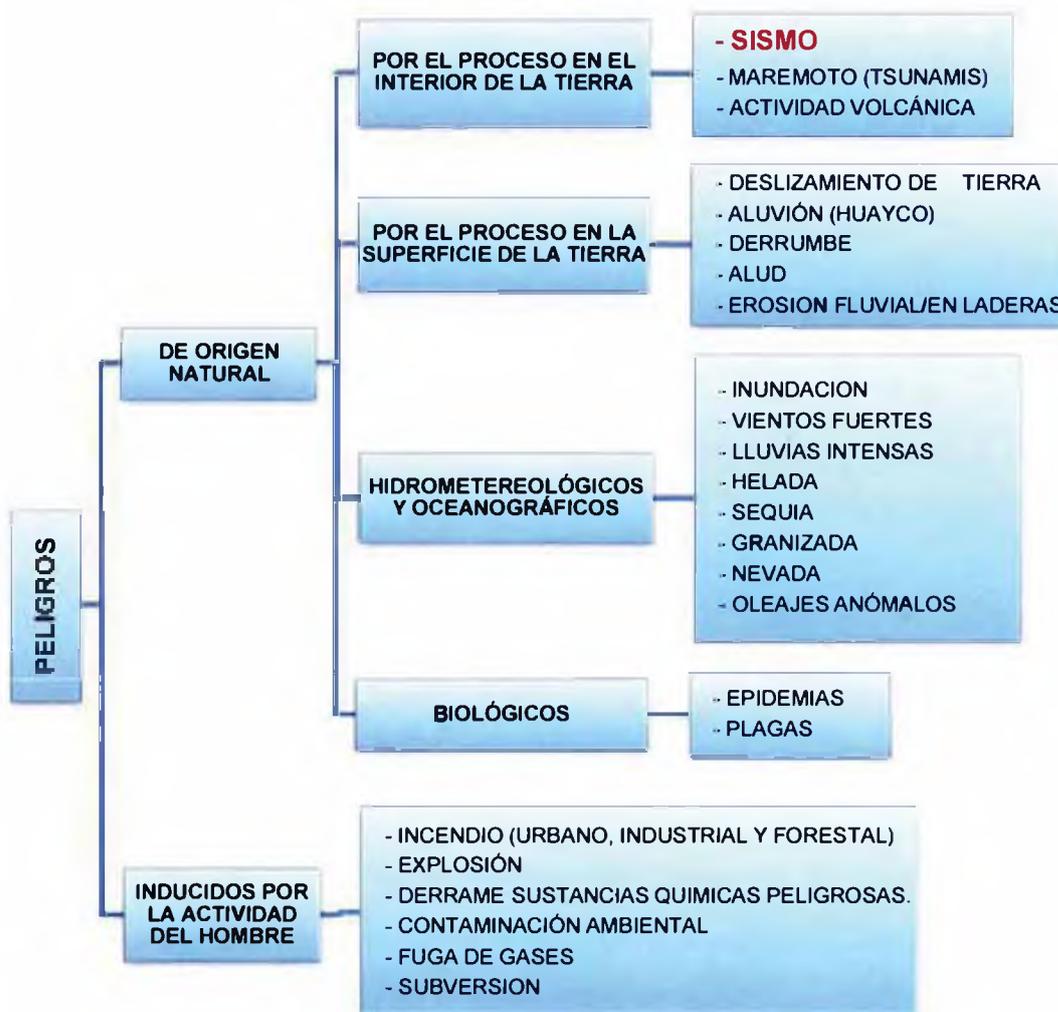


Figura No 3.1 Clasificación de los principales peligros (Fuente: INDECI).

### 3.1.1 Peligro Sísmico.

El peligro sísmico se define por la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un valor fijado.

El sismo es la liberación súbita de energía mecánica generada por el movimiento de grandes columnas de rocas en el interior de la tierra.

El Perú está localizado en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, dicha zona se caracteriza por concentrar alguna de las zonas de subducción (hundimiento de una placa litosférica bajo otra, ver Figura No 3.2) más importantes del mundo, lo que ocasiona una intensa actividad sísmica y volcánica en las zonas que abarca.

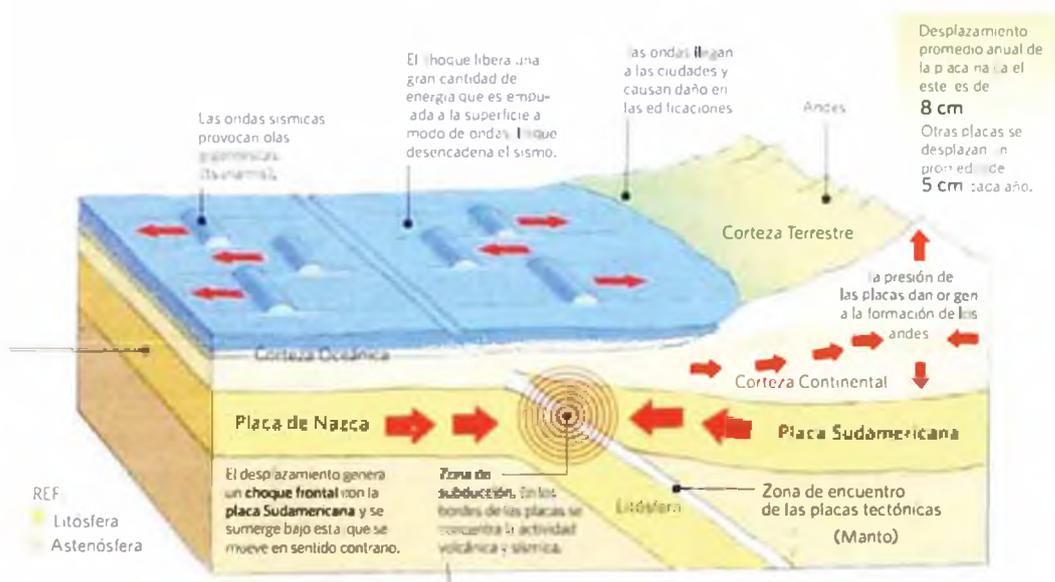


Figura No 3.2 Fenómeno de subducción entre la Placa de Nazca (Océánica) y la Placa Sudamericana (Continental) (Fuente: IGP)

El “Cinturón de Fuego del Pacífico” incluye (en sentido antihorario) a Chile, parte de Argentina, parte de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Centroamérica, México, parte de los Estados Unidos, parte de Canadá, luego dobla a la altura de las Islas Aleutianas y baja por las costas e islas de Rusia, Japón, Taiwán, Filipinas, Indonesia, Papúa Nueva Guinea y Nueva Zelanda, ver figura No 3.3.

El lecho del océano Pacífico reposa sobre varias placas tectónicas, las cuales están en permanente fricción y por ende, acumulan tensión. Cuando esa tensión se libera, origina terremotos en los países del cinturón. Además, la zona concentra actividad volcánica constante. En esta zona las placas de la corteza

terrestre se hunden a gran velocidad (varios centímetros por año) y a la vez acumulan enormes tensiones que deben liberarse en forma de sismos.

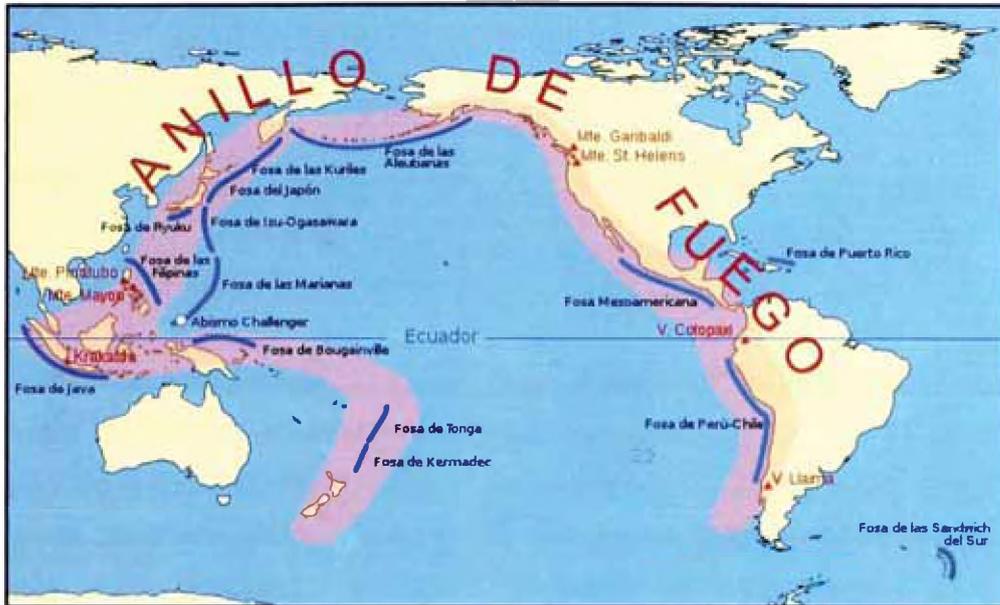


Figura No 3.3 Zona de influencia del Anillo de Fuego (Fuente: Wikipedia)

Las placas tectónicas son grandes plataformas rocosas que están separadas y tienen la característica de desplazarse bajo la superficie de la tierra. El movimiento de las placas explica en gran parte los terremotos y la actividad volcánica del planeta, en la figura No 3.4 se muestra las placas litosféricas.

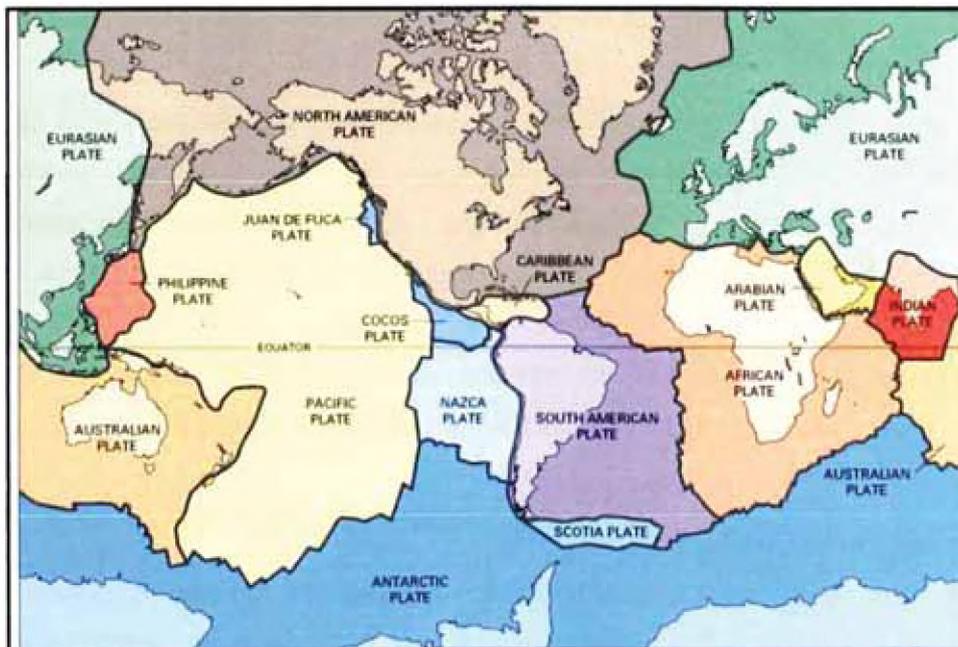


Figura No 3.4 Distribución de las placas litosféricas. (Fuente: U.S. Geological Survey)

Las actividades sísmicas pueden ser medidas por su magnitud e intensidad. Para ello se utilizan varias escalas; las más comunes son las de Richter y de Mercalli.

### **RICHTER: MAGNITUD = CAUSA**

La escala sismológica de Richter, también conocida como escala de magnitud local (ML), es una escala logarítmica arbitraria denominada así en honor del sismólogo estadounidense Charles Richter (1900-1985).

La escala de Richter mide la magnitud de un sismo. A través de ella se puede conocer la energía liberada en el hipocentro o foco, que es aquella zona del interior de la tierra donde se inicia la fractura o ruptura de las rocas, la que se propaga mediante ondas sísmicas. Es una escala logarítmica, no existiendo límites inferior ni superior. De acuerdo a esta escala, un sismo tiene un único valor o grado Richter.

La magnitud Richter se calcula mediante una expresión matemática, cuyos datos se obtienen del análisis de los registros instrumentales. Debido a su carácter logarítmico, por cada punto de aumento puede significar un aumento de 10 veces o poco más veces mayor de la magnitud de las ondas (vibración de la tierra), pero la energía liberada aumenta 32 veces aproximadamente.

Debido a ciertas limitaciones en la escala de Richter, esta ha sido sustituida en la actualidad por la escala de magnitud de momento (MW), la cual es completamente independiente del tipo de instrumento. La escala de Richter sigue siendo ampliamente usada debido a que se puede calcular rápidamente.

El sismo más grande, registrado instrumentalmente en el mundo, alcanzó una magnitud momento (MW) de 9.5 Richter el 22 de mayo de 1960 en Chile.

### **MERCALLI: INTENSIDAD = EFECTO**

Los sismólogos usan un método diferente para estimar los efectos de un sismo, conocido como su intensidad. La intensidad no debe confundirse con la magnitud. Aunque cada sismo tiene un solo valor de magnitud, sus efectos varían de un lugar a otro, y habrá muchos estimados diferentes de intensidad.

La intensidad es la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de la zona afectada. La medición se realiza de acuerdo a la sensibilidad del movimiento, en el caso de sismos menores, y, en el caso de sismos mayores, observando los efectos o daños producidos en las construcciones, objetos, terrenos y el impacto que provoca en las personas. El valor de la intensidad de un sismo en un cierto lugar se determina de acuerdo a una escala previamente establecida.

Se han desarrollado varias escalas para medir la intensidad de un sismo pero la más usada es la escala de Mercalli, que ha estado en uso desde 1931. Debe su nombre al vulcanólogo italiano Giuseppe Mercalli. Ha sido modificada varias veces y en la actualidad la escala se conoce como la Escala de Mercalli Modificada, abreviada comúnmente como MM.

Es una escala cualitativa, mediante la que se mide la intensidad de un sismo. Constituye la percepción de un observador entrenado para establecer los efectos de un movimiento telúrico en un punto determinado de la superficie de la tierra. La escala modificada de Mercalli va desde el grado I hasta el XII.

A un mismo sismo, con un único grado Richter, se le pueden otorgar distintos grados en la Escala de Mercalli, de acuerdo a la percepción o efectos de ese movimiento en cada punto donde se ha percibido. Esto explica el por qué a un mismo sismo sensible, con un único grado Richter, se le otorgan distintos grados Mercalli en los distintos puntos geográficos donde se ha dejado sentir. (Se expresan en los números romanos del I al XII)

Por lo tanto, el uso de la Escala de Mercalli requiere:

Tener en cuenta los efectos que distorsionan la percepción de la intensidad (percepción personal), que depende del lugar en que uno se encuentra: altura, tipo de edificación, tipo de suelo, modalidad de construcción, entre otros factores.

Junto con tener presente lo anterior, al momento de precisar la Intensidad, se sugiere consultar a otras personas con qué intensidad percibieron el sismo. De preferencia no deben encontrarse en el mismo lugar.

Esta medición cualitativa es la que orienta directamente las acciones de protección civil frente a la ocurrencia de sismos mayores o destructores (terremotos).

A continuación se define cada uno de estos grados.

Grado I (Muy Débil): No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.

Grado II (Débil): Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios.

Grado III (Leve): Se percibe en los interiores de los edificios y casas.

Grado IV (Moderado): Los objetos colgantes oscilan visiblemente. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.

Grado V (Fuerte): La mayoría de las personas lo percibe aun en el exterior. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y pueden llegar a derramarse. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.

Grado VI (Bastante Fuerte): Lo perciben todas las personas. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien se les oye crujir.

Grado VII (Muy fuerte): Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse de pie. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Se dañan los muebles. Caen trozos de mampostería, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los lagos.

Grado VIII (Destructivo): Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aun el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vértices y pozos.

Grado IX (Ruinoso): Pánico generalizado. Todos los edificios sufren grandes daños. Las casas sin cimentación se desplazan. Se quiebran algunas canalizaciones subterráneas, la tierra se fisura.

Grado X (Desastroso): Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. El agua de canales, ríos y lagos sale proyectada a las riberas.

Grado XI (Muy desastroso): Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las cañerías subterráneas quedan totalmente fuera de servicio.

Grado XII (Catastrófico): El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

Un comentario especial, debe referirse a los eventos de **Tsunamis**, los cuales son producidos por un movimiento sísmico que tiene su epicentro en el fondo del mar, a distancia considerable de la costa, se pueden producir grandes desplazamientos de masas de agua, que hacen estragos en las orillas y sobre todo lo que esté ubicado en ella (Muelles, edificios, embarcaciones, viviendas, cauces de ríos, etc.).

Nuestro país, propenso a una gama de fenómenos naturales no escapa a los Tsunamis y resulta triste recordar lo ocurrido el 28 de octubre de 1746, 23:30 horas, segundos después del Terremoto que asoló Lima y Callao. Las olas asesinas que se generaron por dicho sismo dieron como resultado que de una población de 4,800 habitantes que moraban en el Callao sólo subsistieran 200.

En la figura No 3.5 muestra este catastrófico evento. (Fuente web: <http://eltractorrojo.blogspot.com/2010/03/terremotos-tsunamis-y-la-megalomania.html>)



Figura No 3.5 Inundación del puerto del Callao provocado por un Tsunami (1746).  
(Fuente web: <http://eltractorrojo.blogspot.com/2010/03/terremotos-tsunamis-y-la-megalomania.html>)

El análisis de riesgo por Tsunamis no es parte del presente informe, por lo que solo se ha hecho una breve mención de este tipo de desastre.

Según un estudio realizado por SINADECI (Sistema Nacional de Defensa Civil) en el año 2008, la provincia de Végueta está expuesta a un grado de ocurrencia de Tsunamis alta.

Como se explicó anteriormente, el Perú se encuentra ubicado entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en el planeta, por lo tanto está expuesto a este peligro, que trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. Es necesario efectuar estudios que puedan predecir el comportamiento más probable de este fenómeno para poder planificar y mitigar los efectos que trae consigo. Una forma de conocer el probable comportamiento sísmico de un lugar es mediante la evaluación del peligro sísmico en términos probabilísticos, es decir predecir las posibles aceleraciones que podrían ocurrir en un lugar determinado.

En las normas de diseño sismorresistente (E-030) se especifican las cargas sísmicas de diseño, por lo que no es necesario realizar investigaciones detalladas de la actividad sísmica del área donde se construirán estructuras comunes. El coeficiente de diseño sísmico a ser usado en el diseño sísmico pseudo-estático se determina en base parámetros sísmicos de acuerdo a la zona (Z), condición del suelo (S) e importancia de la estructura (U). Si la estructura es flexible, la carga sísmica se modifica tomando en cuenta su periodo fundamental, adicionando un factor de amplificación sísmica (C), también se usará un coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R), según la clasificación estructural sismorresistente que se haga la edificación. Sin embargo, cuando se planifican estructuras importantes, deben evaluarse sus capacidades de resistir terremotos en base a estudios detallados de peligro sísmico. Tales estructuras incluyen: grandes presas, puentes con luces grandes, túneles y centrales nucleares. También se necesitan estudios detallados para la evaluación del peligro sísmico en una zona grande por urbanizar.

### **3.2 Peligro Sísmico en el Centro Poblado San Isidro.**

Para el análisis de peligro sísmico se puede realizar mediante la metodología desarrollada por Cornell (1968) en términos probabilísticos, metodología que fue

modificada e implementada en el programa de cómputo RISK por McGuire (1976). Esta metodología integra información sismotectónica, parámetros sismológicos y leyes de atenuación regionales para los diferentes mecanismos de ruptura. El resultado es una curva de peligro sísmico, donde se relaciona la aceleración y su probabilidad anual de excedencia.

Resultado de los estudios realizados por el Dr. Jorge Alva y el Ing. Castillo lograron elaborar mapas de distribución de isoaceleraciones (curvas de igual aceleración) sobre roca, para un 10% de excedencia en 50 y 100 años. Esto según la teoría de probabilidades significa que el periodo de retorno de los sismos es de unos 475 y 1000 años respectivamente.

La estimación de distribución de isoaceleraciones sobre roca, para un 10% de excedencia en 50 años, elaborado por Jorge Alva y Jorge Castillo, se muestra en la figura No 3.6.

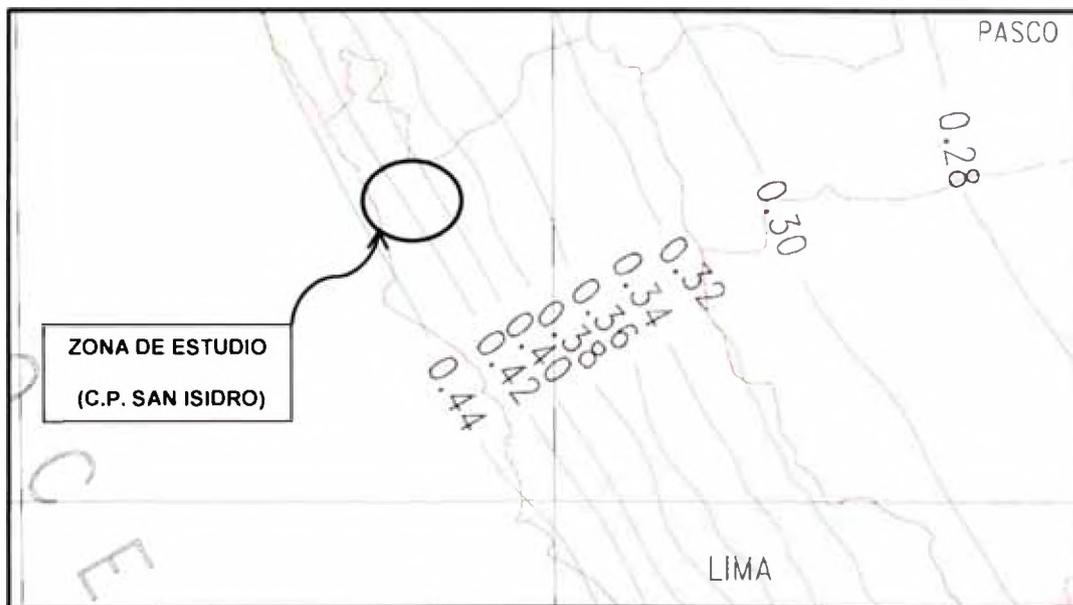


Figura No 3.6 Estimación de distribución de Isoaceleraciones sobre roca para un periodo de retorno de 475 años.

(Fuente: Peligro Sísmico en el Perú, Alva y Castillo)

El análisis de Peligro Sísmico a escala regional, efectuado por J. Alva, se estima en la tasa de excedencia de intensidades. Para ello utilizó la metodología implementada por Cornell en términos probabilísticos, la cual fue modificada e implementada por McGuire. Esta metodología integra información de las fuentes sismogénicas, parámetros sismológicos y leyes de atenuación, determinándose una curva de peligro sísmico donde se relaciona la intensidad sísmica en gals y la probabilidad anual de excedencia, asociada a un periodo de retorno. Como la totalidad de las edificaciones son viviendas comunes, se consideró una vida útil de 50 años y tres intensidades sísmicas correspondientes a sismo frecuente (0.20g), ocasional (0.25g) y raro (0.42g), asociadas a periodo de retorno de 45, 75 y 475 años respectivamente.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO DEL CENTRO POBLADO "SAN ISIDRO"**

### **4.1 Muestreo.**

El centro poblado está conformado por 78 (setenta y ocho) manzanas, dentro de esta cantidad 28 manzanas son urbanizadas (317 lotes), 9 manzanas destinadas a la recreación (9 lotes) y una proyección a futuro de 41 manzanas (728 lotes), estas últimas actualmente se encuentran como terreno baldío sin delimitación.

El área total del centro poblado San Isidro es de aproximadamente 450,000 m<sup>2</sup> y el perímetro que limita el centro poblado es de 4,340.85 m.

El C.P San Isidro limita al oeste con terrenos de cultivo, al sur limita con el Pueblo Tradicional de Végüeta y la Urbanización San Juan, al este con el Centro Poblado Bellavista, y al norte con terrenos de cultivo.

Estos datos son obtenidos según los planos de lotización proporcionados por la municipalidad del distrito

En la figura No 4.1 se especifica con zonas achuradas la zona muestral para el presente estudio.

Se analizaron 15 manzanas, de las cuales se recabaron información de las viviendas tales como material de construcción, antigüedad, estado de conservación, calidad en su construcción, etc.

Esta información será de utilidad al momento de analizar la vulnerabilidad de las edificaciones.

Cabe precisar que la zona muestral representa el 54% de las manzanas existentes y además las características de las viviendas del resto de manzanas no analizadas son muy parecidas a las analizadas, por lo que se considera que la muestra obtenida es factible para poder predecir la vulnerabilidad en forma general.

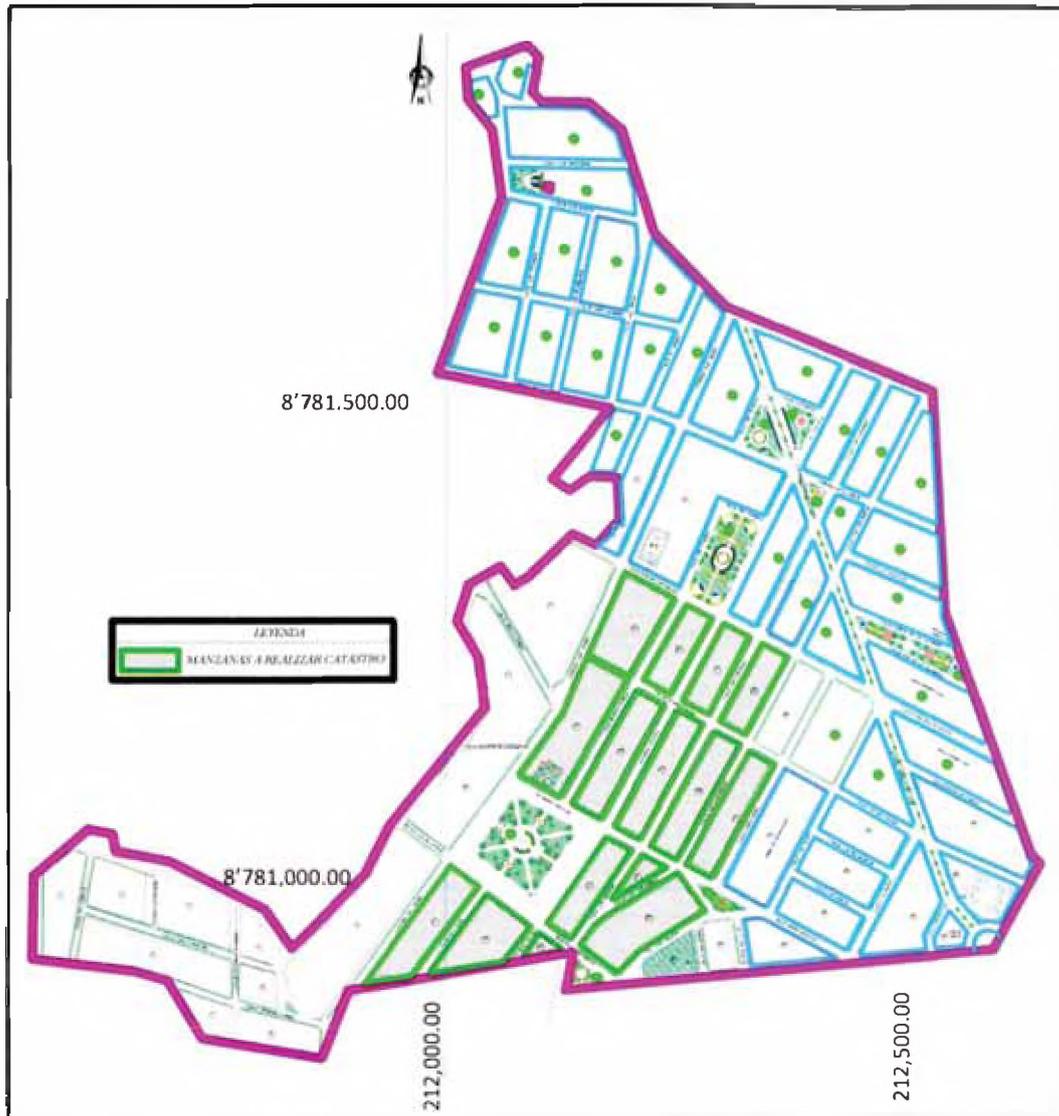


Figura No 4.1 Ubicación de la zona muestral y el centro poblado San Isidro.  
(Coordenadas PSAD56)

## 4.2 Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas.

### 4.2.1 Vulnerabilidad.

Una vez establecida la amenaza sísmica potencial sobre el centro poblado, se debe evaluar la vulnerabilidad de la misma ante dicha amenaza, esto es la afectación o daño que van a tener las estructuras ante la ocurrencia del sismo.

Se puede definir como vulnerabilidad al grado de daños que puede sufrir las edificaciones que realiza el hombre y depende de las características de su diseño, la calidad de los materiales y la técnica de la construcción.

No solo basta con usar materiales adecuados sísmicamente para decir que la edificación se comportará de una manera adecuada. La estructuración también se refiere a la forma de disponer los elementos resistentes de tal forma que el conjunto funcione adecuadamente

Los factores más importantes que influyen en la vulnerabilidad de las edificaciones son las siguientes:

Configuración de la edificación y su estructura.

Materiales de construcción (tierra, piedra, ladrillo, bloque, concreto, acero, madera).

Antigüedad de la estructura (normatividad de construcción, conservación).

Resistencia (densidad de elementos resistentes):

Rigidez

Ductilidad.

Calidad de la construcción, asesoría técnica calificada (supervisión).

En las figuras No 4.2, 4.3, y 4.4 muestran algunas fallas de edificaciones debido a una mala práctica constructiva.



Figura No 4.2 Problema de piso blando (baja rigidez en el piso inferior).



Figura No 4.3 Problema de columna corta, junta deficiente entre columna y alfeizar y ventana.



Figura No 4.4 Falla de edificación por deficiente diseño, ausencia de asesoramiento especializado por un ingeniero y posiblemente pobre calidad de los materiales.

#### 4.2.2 Análisis de Vulnerabilidad de la zona de estudio.

La evaluación de la vulnerabilidad o la calidad estructural de los edificios antes respuestas sísmicas no es única y los procedimientos y/o parámetros utilizados para la evaluación también varían.

La alternativa a escoger de las diferentes metodologías existentes para la evaluación de la vulnerabilidad dependerá principalmente de los objetivos planteados para el estudio, las hipótesis planteadas y además de la información de la que disponemos.

Una de las metodologías conocidas mundialmente y aplicadas en diferentes partes del mundo es la **Metodología del Índice de Vulnerabilidad** la cual fue propuesta por un grupo de investigadores italianos en 1984, que fue desarrollada a partir de la información de daño en edificios provocados por terremotos desde 1976. A partir de esta información se elaboró una gran base de datos con el índice de vulnerabilidad de cada edificio y el daño sufrido por terremotos de determinada magnitud.

La metodología se desarrolló para las tipologías de mampostería no reforzada y hormigón armado, poniendo un especial interés en las primeras debido a que son las construcciones más comunes en la zona de estudio.

##### **Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de adobe y albañilería.**

El método del **Índice de Vulnerabilidad** (Benedetti y Petrini, 1984) para edificaciones de albañilería y adobe identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto. El método califica diversos aspectos de los edificios tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología.

En total son once parámetros que calificados con su valor máximo se obtiene un índice de 382.5 (el valor mínimo es 0.0). La tabla No 4.1 muestra los once parámetros considerados en la calificación de las estructuras, los valores correspondientes a los coeficientes de calificación posibles  $K_i$  de acuerdo a la condición de calidad (de A, óptimo, a D, desfavorable) y a los factores de peso  $W_i$  asignados a cada parámetro. Los factores  $K_i$  y  $W_i$  se obtuvieron de la experiencia de los investigadores y de los datos obtenidos en cada evento

sísmico. Finalmente el índice de vulnerabilidad global de cada edificio se evalúa utilizando la siguiente formula:

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} Ki * Wi$$

Tabla No 4.1 Escala numérica del Índice de Vulnerabilidad - Método Benedetti y Petrini, 1984 – Edificaciones de Albañilería y Adobe

i	Parámetro	Ki*A	Ki*B	Ki*C	Ki*D	Wi
1	Organización Del Sistema Resistente	0	5	20	45	1.00
2	Calidad del sistema Resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional.	0	5	25	45	1.50
4	Posición de edificio y ciment.	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales.	0	5	15	45	1.00
6	Configuración en planta.	0	5	25	45	0.50
7	Configuración en elevación.	0	5	25	45	1.00
8	Distancia entre muros.	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de Cubierta.	0	15	25	45	1.00
10	Elementos no estructurales.	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación.	0	5	25	45	1.00

Fuente: Yopez, 1996

El índice de vulnerabilidad se puede entender como un valor que ayuda a entender la falta de seguridad en los edificios ante cargas sísmicas.

El índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 382,5 que es el máximo valor posible. Este se divide por 3.825 para obtener un valor de índice de vulnerabilidad normalizado a un rango de  $0 < Ivn < 100$ . Para interpretar mejor los resultados que se tienen en el presente estudio se definen los siguientes rangos de vulnerabilidad:

- $Ivn < 15\%$ : BAJA
- $15\% \leq Ivn < 35\%$ : MEDIA
- $Ivn \geq 35\%$ : ALTA

#### - Índice de vulnerabilidad para edificaciones de concreto armado.

Para la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones de concreto armado se sigue un procedimiento similar a lo explicado anteriormente, sin embargo en este caso se asignan solamente tres calificaciones a diferencia de las cuatro propuestas para las edificaciones de adobe y albañilería. En la tabla No 4.2 se

muestra la metodología explicada para edificaciones de concreto armado. Una vez evaluado cada parámetro se realiza una suma ponderada utilizando los factores de peso mostrado ( $W_i$ ), para obtener el índice de vulnerabilidad final mediante la siguiente expresión:

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

El  $I_v$  para estructuras de concreto armado van de 0 a 94, donde mientras el valor de  $I_v$  aumenta la edificación es más vulnerable. Para interpretar mejor los resultados que se tienen en el presente estudio se definen los siguientes rangos de vulnerabilidad para las edificaciones de concreto armado:

- $I_v \leq 30$ : BAJA
- $31 \leq I_v \leq 60$ : MEDIA
- $94 \geq I_v \geq 61$ : ALTA

Tabla No 4.2 Escala numérica del Índice de Vulnerabilidad - Método Benedetti y Petrini, 1984 – Edificaciones de Concreto Armado.

i	Parámetro	Ki*A	Ki*B	Ki*C	Wi
1	Organización Del Sistema Resistente	0	1	2	4.00
2	Calidad del sistema Resistente	0	1	2	1.00
3	Resistencia convencional.	-1	0	1	1.00
4	Posición de edificio y ciment.	0	1	2	1.00
5	Diafragmas horizontales.	0	1	2	1.00
6	Configuración en planta.	0	1	2	1.00
7	Configuración en elevación.	0	1	3	2.00
8	Distancia entre columnas.	0	1	2	1.00
9	Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1.00
10	Elementos no estructurales.	0	1	2	1.00
11	Estado de conservación.	0	1	2	1.00

Fuente: Yopez, 1996

Se llegaron a analizar un total de 168 lotes (edificaciones), de los cuales se calculó que 1 edificación (0.60%) es de concreto armado el cual tiene como uso Centro Educativo, 76 viviendas (45.2%) son construcciones de adobe, 56 viviendas (33.3%) son construcciones de albañilería, 28 viviendas (16.7%) son edificaciones provisionales construido de estera y/o madera y 7 lotes (4.2%) es

terreno vacío sin ninguna construcción sobre ellos. En la figura No 4.5 se muestra estos valores.

Las edificaciones más características de la zona de estudio es a base de construcciones de adobe, en las figuras No 4.6 y 4.7, 4.8, Y 4.9 se muestran edificaciones típicas de acuerdo a la clasificación hecha anteriormente. Cabe anotar que las edificaciones hechas de adobe son muy pesadas por lo que son muy vulnerables ante acciones sísmicas.

Además de debe de considerar y tomar en cuenta que el 100% de las viviendas han sido construidas sin ninguna asesoría técnica especializada, básicamente son autoconstrucciones, lo cual hace a las edificaciones altamente vulnerables.

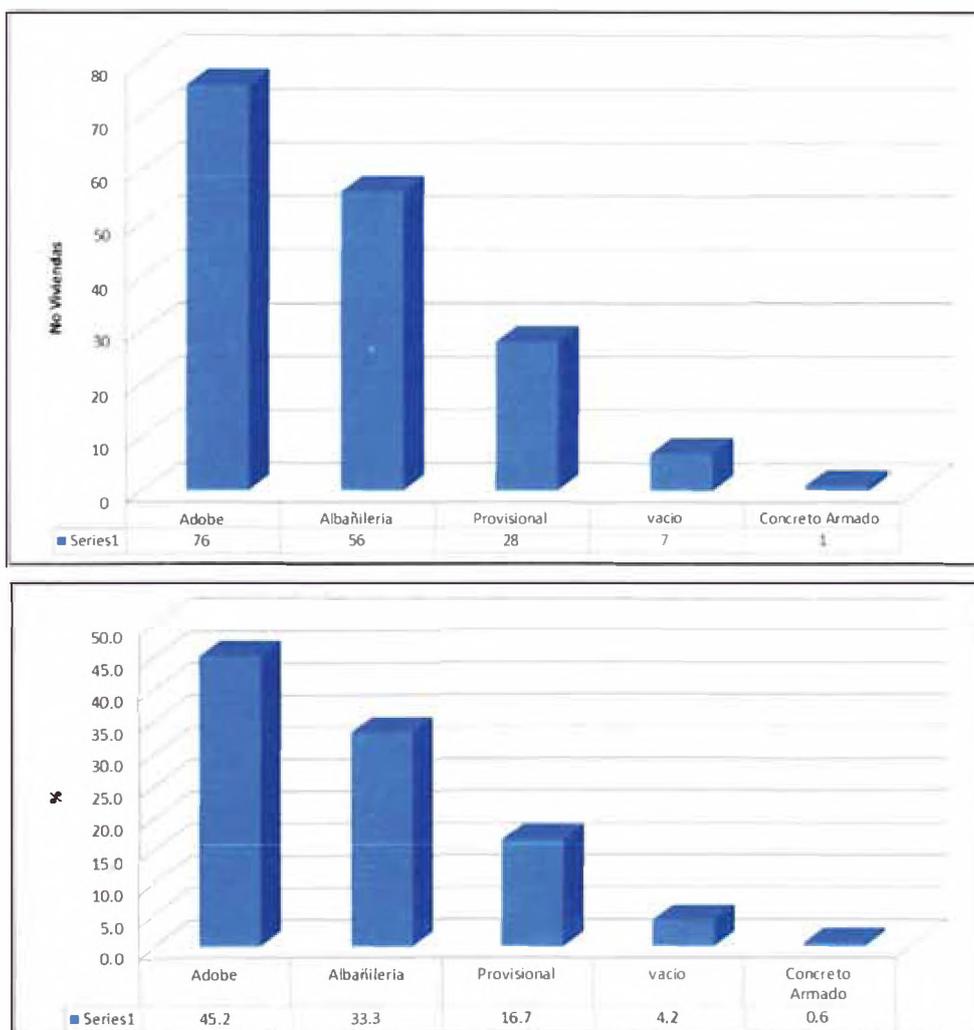


Figura No 4.5 Cuantificación de viviendas según el material de construcción.

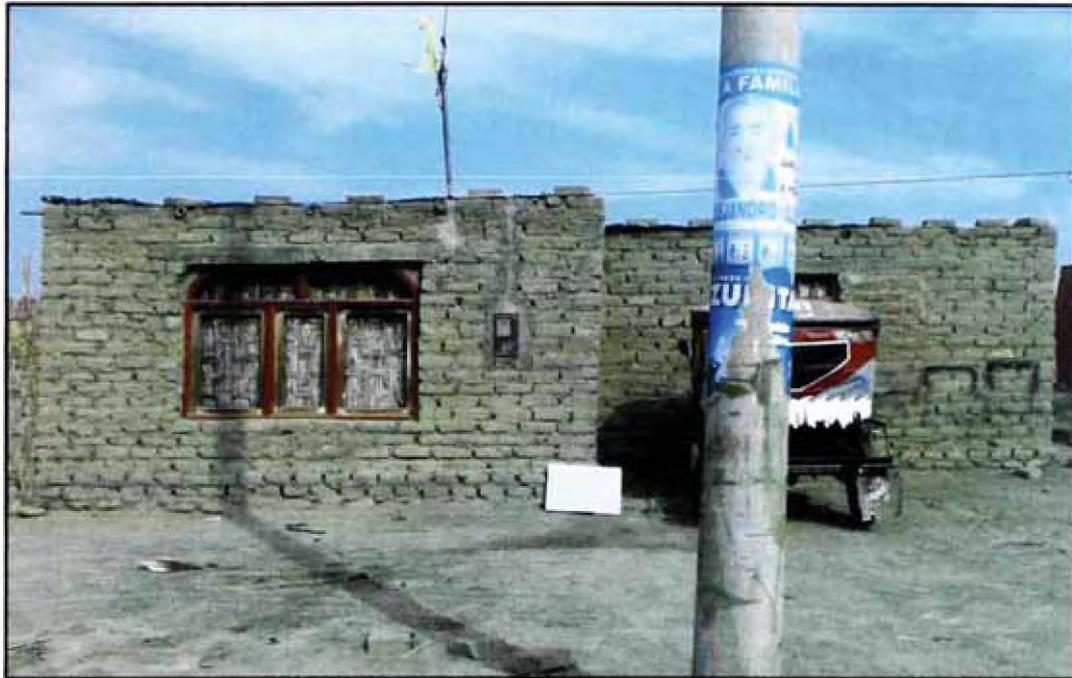


Figura No 4.6 Vivienda típica de adobe.

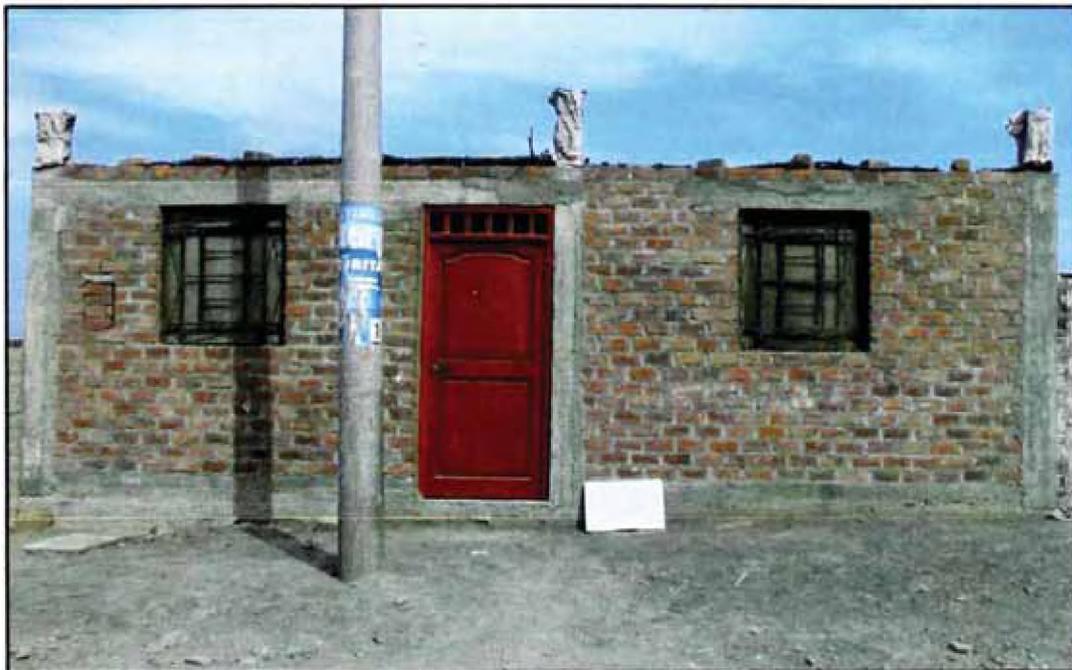


Figura No 4.7 Vivienda típica de albañilería, nótese la baja calidad constructiva,  
básicamente todas las edificaciones son autoconstrucciones.

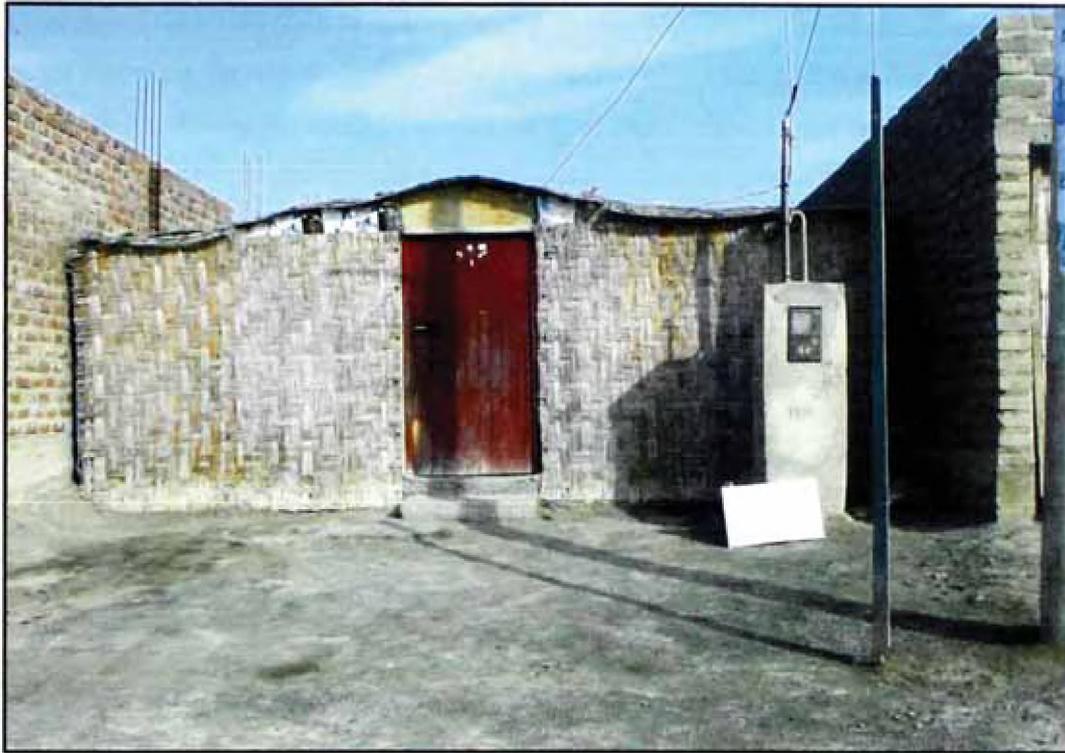


Figura No 4.8 Viviendas provisionales construidas a base de estera y/o madera.



Figura No 4.9 Terrenos baldíos.

Mención aparte se debe referir a las edificaciones esenciales (nomenclatura que se le hace de acuerdo a la actual norma sismorresistente E-030 del 2003) como es el caso de las instituciones educativas. En el centro poblado San Isidro se encuentra ubicado el colegio I.E.I. 647 – I.E.P No 21003 – San Isidro – Végueta, la cual presenta deficiencias tanto estructurales así como la falta de conservación de la misma, lo cual aumenta la vulnerabilidad de la edificación. Las figuras No 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14 hacen referencia a las deficiencias observadas.



Figura No 4.10 Estructura de concreto armado  
Centro Educativo I.E.I. 647 – I.E.P No 21003 – San Isidro – Végueta.



Figura No 4.11 Sistema estructural sísmica a base de muros de albañilería en  
dirección corta.



Figura No 4.12 Sistema estructural sísmica a base de pórticos de concreto armado, se notó la inexistencia de junta sísmica entre las columnas de concreto armado y el alfeizar. La inexistencia de la junta puede provocar el fenómeno de columna corta en un eventual sismo, lo cual podría provocar daño estructural de consideración a la edificación



Figura No 4.13 Cerco en muy mal estado de conservación, muros con presencia de salitres, que afectan la resistencia de la albañilería y la corrosión de la armadura de los elementos confinantes.



Figura No 4.14 Cerco de madera con elementos rígidos de concreto armado en muy mal estado, en eventual sismo los cercos pueden sufrir el colapso tanto los cercos de madera como los de albañilería dejando sin ningún resguardo a la institución educativa.

Se evaluaron solo las edificaciones de adobe, albañilería y concreto armado, los cuales hacen un total de 133 edificaciones.

Los 11 parámetros para el cálculo del índice de vulnerabilidad se analizaron con graficas y tablas en Excel. La información obtenida se muestra a continuación.

#### - Organización del Sistema Estructural:

Con este parámetro se evalúa el grado de organización de los elementos verticales prescindiendo del tipo de material. El elemento significativo es la presencia y la eficiencia de la conexión entre las paredes ortogonales con tal de asegurar el comportamiento en "cajón" de la estructura. Se reporta una de las clases:

*Clase A:* Edificio que presenta en todas las plantas, vigas y columnas de amarre como lo recomiendan las Normas Peruana de Estructuras.

*Clase B:* Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre.

**Clase C:** Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas. Está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas.

**Clase D:** Edificio con paredes ortogonales no ligadas.

En la Figura No 4.15 se muestran los resultados para este primer parámetro.



Figura No 4.15 Resultados - Organización del sistema estructural

#### - Calidad del Sistema Resistente:

Con este parámetro se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando, de modo cualitativo, su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento en "cajón" de la estructura. La atribución de un edificio a una de las cuatro clases se efectúa en función de dos factores: por un lado, del tipo de material y de la forma de los elementos que constituyen la mampostería. Por otro lado, de la homogeneidad del material y de las piezas por toda la extensión del muro.

En la Figura No 4.16 se muestran los resultados para este segundo parámetro.

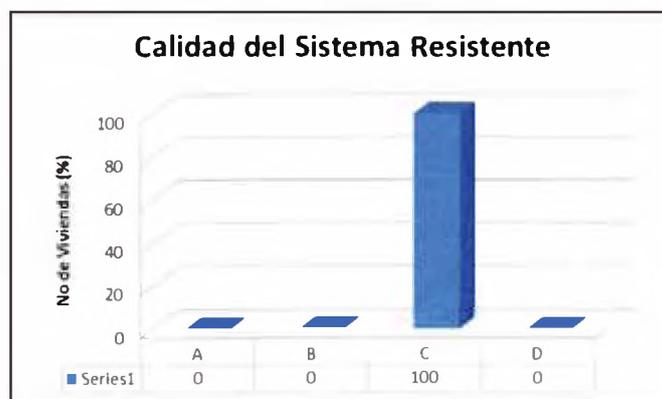


Figura No 4.16 Resultados - Calidad del Sistema Resistente

### - Resistencia Convencional:

Con la hipótesis de un perfecto comportamiento en "cajón" de la estructura, se evalúa la resistencia de la edificación de mampostería. El procedimiento requiere los siguientes datos:

- N: número de pisos.
- At: área total cubierta en (m<sup>2</sup>).
- Ax, Ay: área total de muros resistentes sentido X e Y (m<sup>2</sup>).

En la Figura No 4.17 se muestran los resultados para este tercer parámetro.

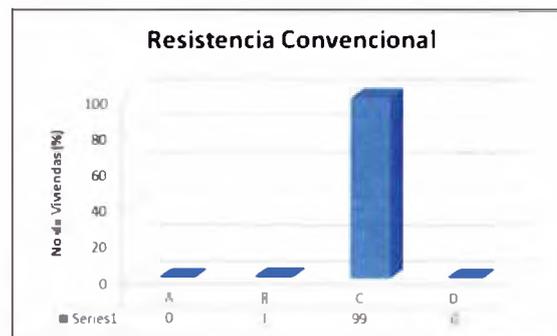


Figura No 4.17 Resultados - Resistencia Convencional

### - Posición del Edificio y cimentación:

*Clase A:* Edificio cimentado sobre terreno estable,  $p \leq 10\%$ .

*Clase B:* Edificio cimentado sobre roca ( $10\% < p < 30\%$ ) o sobre terreno suelto ( $10\% < p < 20\%$ ).

*Clase C:* Edificio cimentado sobre terreno suelto ( $20\% < p < 30\%$ ) o sobre terreno rocoso ( $30\% < p < 50\%$ ).

*Clase D:* Edificio cimentado sobre terreno suelto con  $p$  mayor al 30% o sobre terreno rocoso con  $p$  mayor al 50%.

En la Figura No 4.18 se muestran los resultados para este cuarto parámetro.

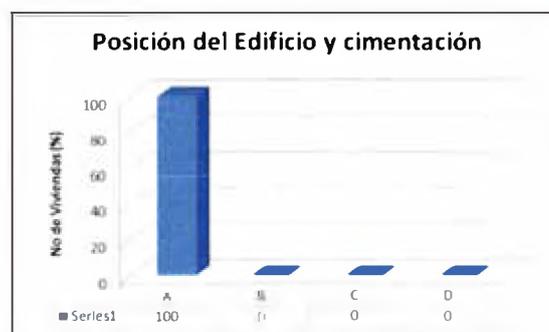


Figura No 4.18 Resultados - Posición del Edificio y Cimentación

### - Diafragmas Horizontales:

**Clase A:** Edificio con diafragmas que satisfacen las condiciones:

1. Ausencia de planos a desnivel y las placas son de concreto.
2. La deformabilidad del diafragma es despreciable.
3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

**Clase B:** Cuando no cumplen con una de las condiciones pasadas

**Clase C:** Cuando no cumplen con dos de las condiciones pasadas.

**Clase D:** Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

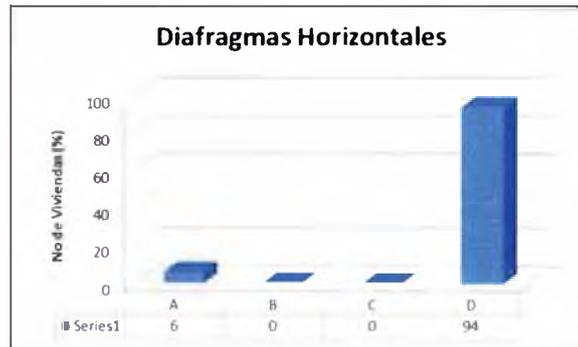


Figura No 4.19 Resultados - Diafragmas Horizontales

### - Configuración en Planta:

El comportamiento sísmico de un edificio depende de la forma en planta del mismo. En el caso de edificios rectangulares es significativo la relación  $b_1 = a / L$  entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor. También es necesario tener en cuenta las protuberancias del cuerpo principal mediante la relación  $b_2 = b / L$ . En la Figura 4.20 se explica el significado de los dos valores que se deben reportar, para lo cual se evalúa siempre el caso más desfavorable.

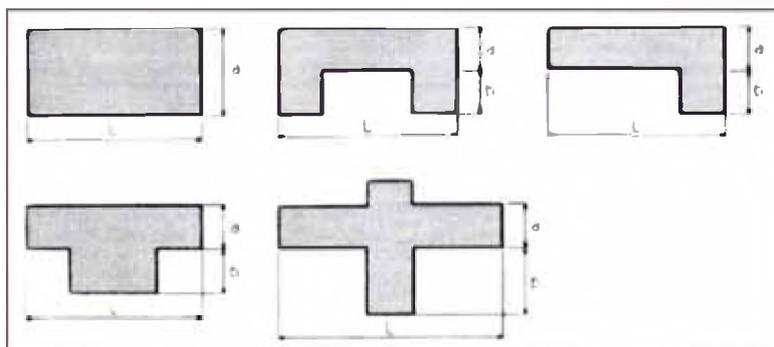


Figura No 4.20 Configuración en planta de la estructura

La asignación de este parámetro dentro de una de las cuatro clases, se realiza con base en las condiciones:

- A) Edificio con  $b_1 \geq 0.8$  ó  $b_2 \leq 0.1$ .
- B) Edificio con  $0.8 > b_1 \geq 0.6$  ó  $0.1 < b_2 \leq 0.2$ .
- C) Edificio con  $0.6 > b_1 \geq 0.4$  ó  $0.2 < b_2 \leq 0.3$ .
- D) Edificio con  $0.4 > b_1$  ó  $0.3 < b_2$

En la Figura No 4.21 se muestran los resultados para este sexto parámetro.



Figura No 4.21 Resultados - Configuración en planta

**- Configuración en Elevación:**

La asignación de este parámetro, dentro de una de las cuatro clases, se realiza con base en las condiciones:

- Clase A. Edificio con  $-\Delta M/M < 10\%$ .
- Clase B. Superficie porche  $< 10\%$  ó  $10\% \leq -\Delta M/M < 20\%$ .
- Clase C. Superficie porche = 10% a 20% ó  $-\Delta M/M > 20\%$  ó  $T/H < 2/3$ .
- Clase D. Superficie porche  $> 20\%$  ó  $\Delta M/M > 0$  ó  $T/H > 2/3$ .

En la Figura No 4.22 se muestran los resultados para este séptimo parámetro.



Figura No 4.22 Resultados - Configuración en elevación

**- Distancia entre muros:**

Se considera la presencia de muros maestros intersectados por muros transversales ubicados a distancia excesiva entre ellos. Se reporta el factor L/S (L: espaciamiento de muros transversales; S: espesor del muro maestro).

Clase A. Edificio con  $L/S < 15$ .

Clase B. Edificio con  $15 \leq L/S < 18$ .

Clase C. Edificio con  $18 \leq L/S < 25$ .

Clase D. Edificio con  $L/S \geq 25$ .

En la Figura No 4.23 se muestran los resultados para este octavo parámetro.



Figura No 4.23 Resultados – Distancia entre muros

**- Tipo de Cubierta / Elementos de baja ductilidad (para concreto armado):**

Clase A. Edificio con cubierta estable y provista de viga cumbreira. Edificio con cubierta plana.

Clase B. Edificio con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira. Edificio con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.

Clase C. Edificio con cubierta inestable, provista de viga cumbreira.

Clase D. Edificio con cubierta inestable, sin viga cumbreira.

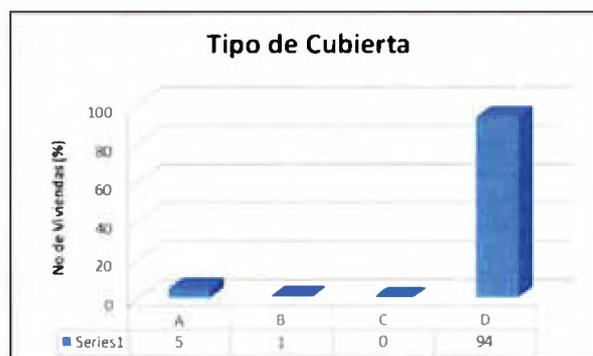


Figura No 4.24 Resultados – Tipo de Cubierta

**- Elementos no estructurales:**

Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de cornisas, parapetos o cualquier elemento no estructural que pueda causar daño a personas o cosas. Se trata de un parámetro secundario, para fines de la evaluación de la vulnerabilidad, por lo cual no se hace ninguna distinción entre las dos primeras clases.

En la Figura No 4.25 se muestran los resultados para este décimo parámetro.

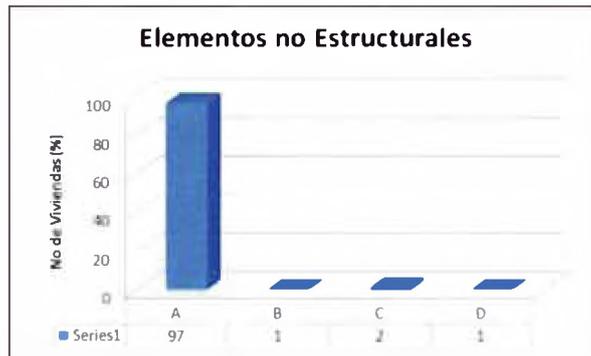


Figura No 4.25 Resultados – Elementos no estructurales

**- Estado de Conservación:**

Clase A. Muros en buena condición, sin lesiones visibles.

Clase B. Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.

Clase C. Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 a 3 milímetros de ancho o con lesiones capilares producidas por sismos. Edificio que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.

Clase D. Muros que presenta un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho.



Figura No 4.26 Resultados – Estado de Conservación

Finalmente se calcula el índice de vulnerabilidad (Iv) de las 133 edificaciones evaluadas, dando como resultado que el 94% de las edificaciones presentan un índice de vulnerabilidad alta y el 6% presentan un índice de vulnerabilidad media. Estos resultados se muestran gráficamente en la Figura No 4.27.

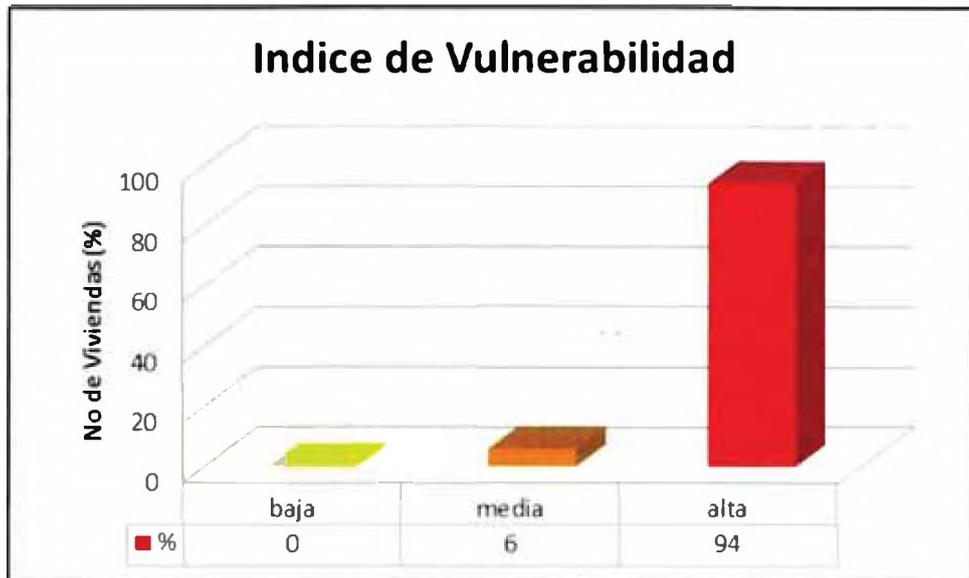


Figura No 4.27 Índice de vulnerabilidad en las edificaciones evaluadas.

El cálculo del análisis de evaluación de vulnerabilidad sísmico se presenta en el ANEXO B del presente informe.

### 4.3 Evaluación de Riesgo Sísmico o Índice de Daño.

El riesgo es el resultado de la exposición de la construcción hecha por el hombre, con el grado de vulnerabilidad que le es inherente, frente al peligro al que se verá sometida.

Para estimar el daño estructural (Riesgo) se hizo uso de funciones de vulnerabilidad para la tipología existente del centro histórico de Chiclayo. Se hizo uso de estas funciones debido a que el centro histórico de Chiclayo y el Centro Poblado San Isidro poseen características geológicas similares.

Las funciones de vulnerabilidad relacionan el Índice de vulnerabilidad normalizado (I<sub>vn</sub>) con el índice de daño estimado, condicionado por las aceleraciones máximas del suelo. Se seleccionaron tres tipos de escenario (sismo frecuente, sismo ocasional y sismo raro con periodos de retorno de 45, 75 y 475 años respectivamente). La Figura 4.28 muestra estas funciones. Además se procedió a calibrar dichas funciones.

Los niveles de daño se tomaron de los propuestos por la EERI (Earthquake Engineering Research Institute) y se muestran a continuación:

Daño Ligero:	0-5%
Daño Moderado:	5-25%
Daño Severo:	25-50%
Daño Muy Severo:	50-100%

Con las funciones de vulnerabilidad calibradas, se pueden estimar los índices de daño en función de los valores de índice de vulnerabilidad y las intensidades sísmicas propuestas. Los resultados de la estimación de los índices de daño se muestran en la Figura No 29. En la tabla 4.3 también se representan estos valores.

El cálculo del análisis de evaluación de riesgo sísmico (Índice de daño) se presenta en el ANEXO C del presente informe.

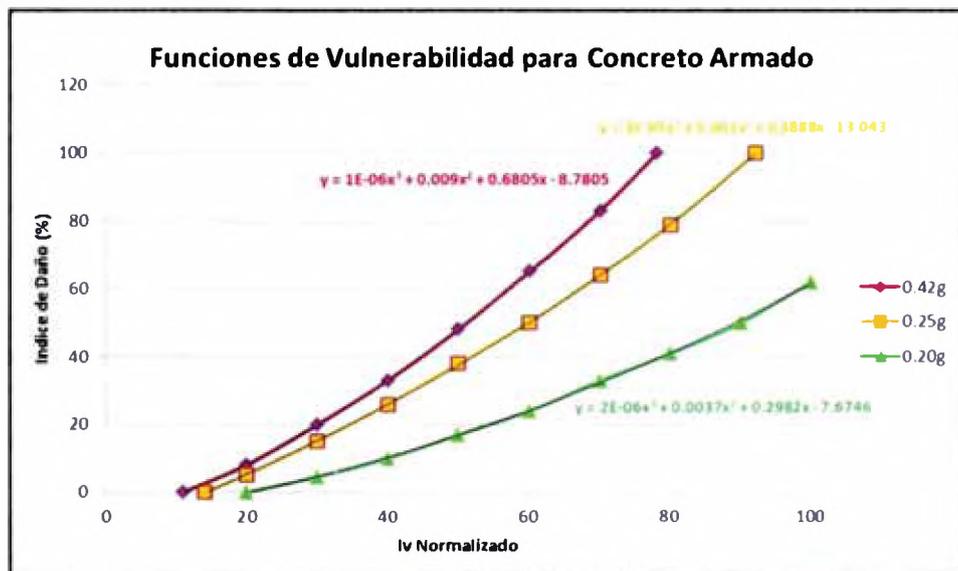
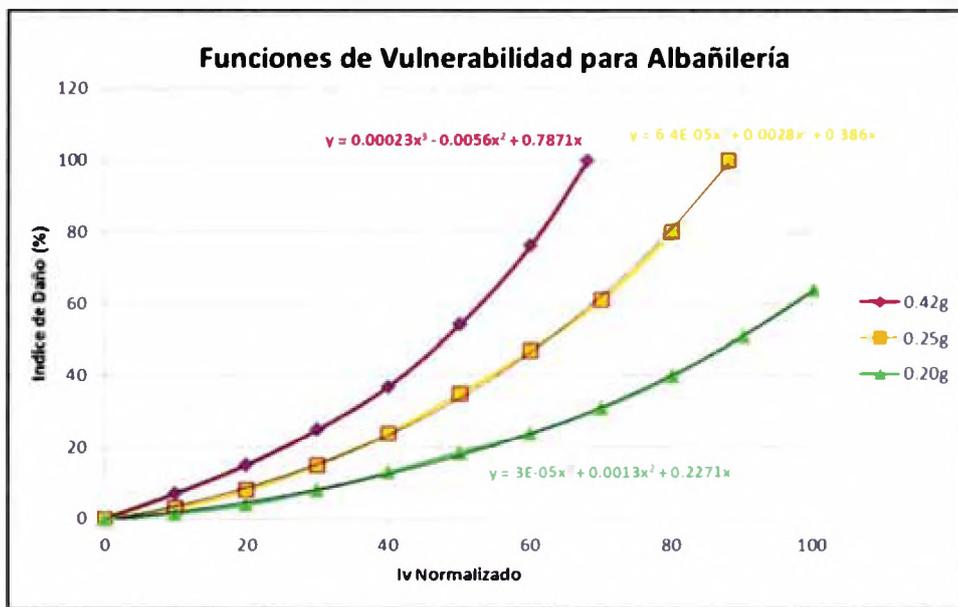
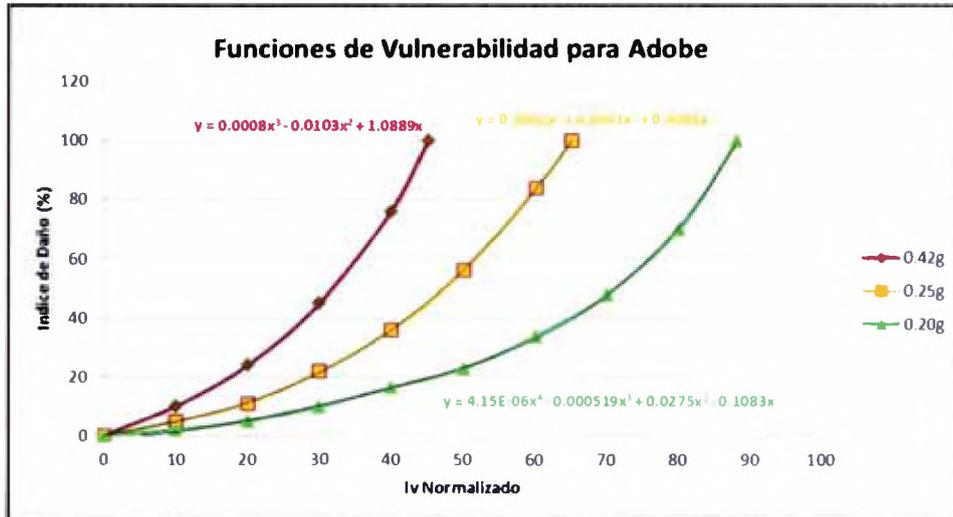


Figura No 4.28 Funciones de vulnerabilidad para edificaciones evaluadas.

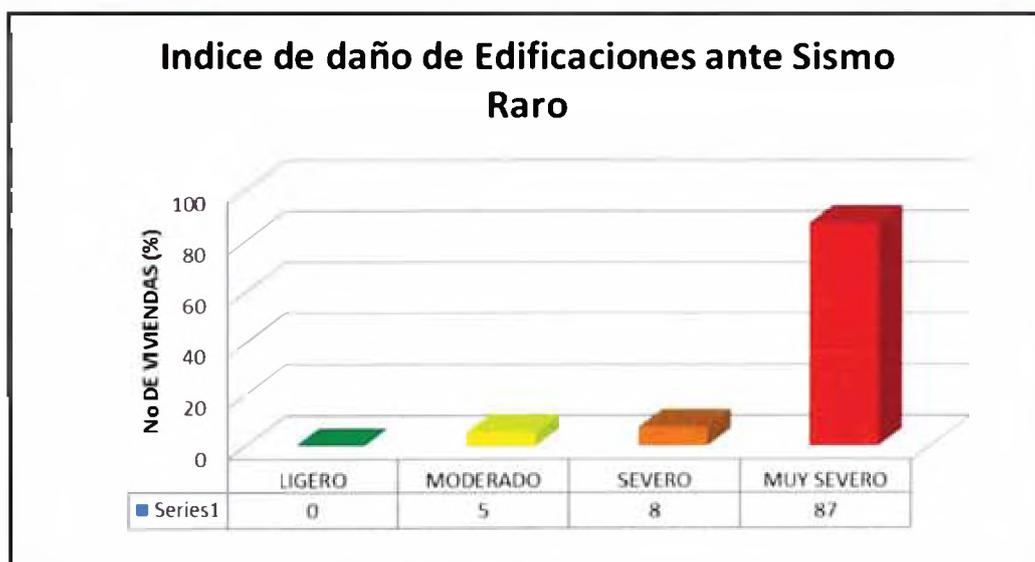
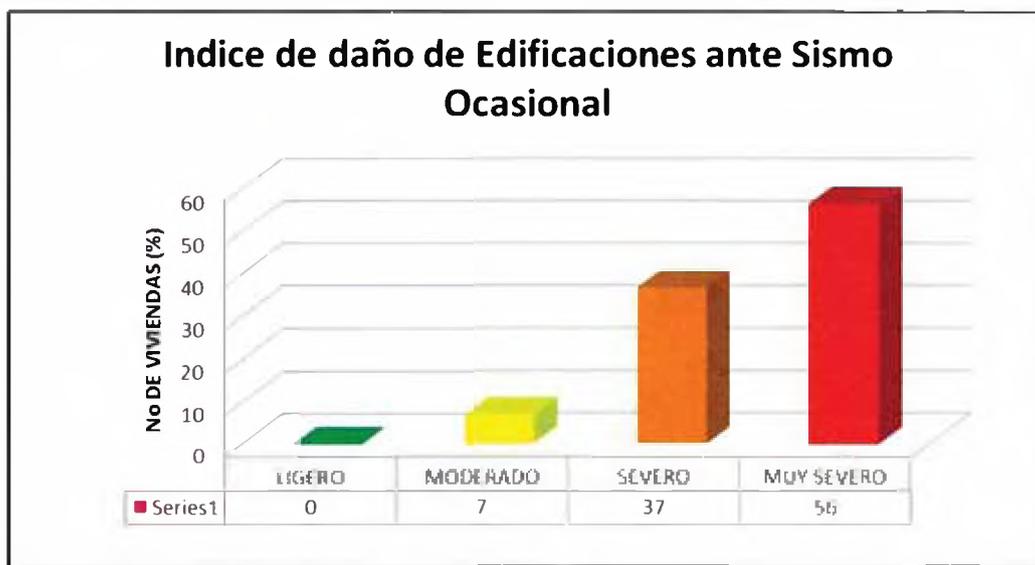
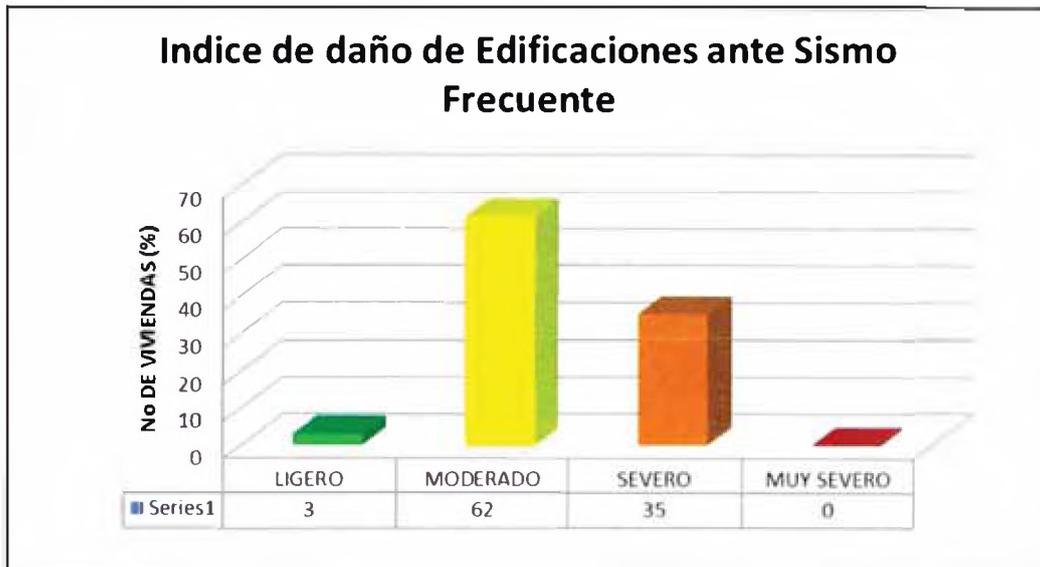


Figura No 4.29 Índice de daño de edificaciones para sismo severo, moderado y raro.

Tabla No 4.3 Daño obtenido en las edificaciones para diferentes demandas sísmicas.

DAÑO	DAÑO OBTENIDO PARA ACELERACION EN ROCA					
	0.20g		0.25g		0.42g	
	%	No Viv	%	No Viv	%	No Viv
LIGERO	3	4	0	0	0	0
MODERADO	62	82	7	9	5	7
SEVERO	35	47	37	49	8	10
TOTAL	0	0	56	75	87	116
Σ	100	133	100	133	100	133

Fuente: Elaboración Propia.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

De la evaluación de riesgo sísmico podemos concluir:

- El centro poblado San Isidro del distrito de Végueta, con las condiciones actuales de las viviendas (informalidad en la construcción, edificaciones que en su mayoría poseen un muy mal estado de conservación y además de la ubicación geográfica que se encuentra el centro poblado) se encuentra que el 7% de las edificaciones presenta un índice de daño MODERADO, el 37% presenta un índice de daño SEVERO y el 56% presenta un índice de daño MUY SEVERO ante la ocurrencia de un sismo OCASIONAL.
- Las edificaciones de adobe, que representan el 45% del total de las edificaciones en la zona de estudio, por su elevado peso y una mala práctica constructiva son muy vulnerables ante acciones sísmicas.
- El Centro Educativo I.E.I. 647 – I.E.P No 21003 la cual por su uso debería de ser destinada para resguardo de damnificados de desastres, según la filosofía de diseño sismorresistente de la norma peruana vigente, carece de seguridad estructural, tanto en los pabellones interiores como en el cerco que debería servir como seguridad de la entidad educativa.
- Las construcciones precarias y de baja calidad constructiva de la zona es debido a la limitada capacidad económica de la población, esto conlleva a un aumento de la vulnerabilidad.
- Las vías tienen un ancho libre que va desde 13 m. a 16 m. (debido a que no hay presencia de jardines ni de veredas), estas pueden sufrir alguna obstrucción debido a la caída de casas y postes al ocurrir un sismo, esto ocasiona que el transporte de vea afectado.

Las edificaciones son en su mayoría de 1 solo piso de una altura aproximada de 2.50 m, las vías no se verían afectadas gravemente por el colapso de dichas edificaciones debido a su baja altura.

Los postes al tener una altura que va desde los 10m. hasta los 15m. si puede afectar las vías de evacuación y de acceso a la zona de desastre si es que no tienen una adecuada profundidad de empotramiento en el suelo, que pueda evitar su volteo. Debido a la buena calidad del suelo (suelo compacto), no se producirán grandes amplificaciones de ondas sísmicas en la zona de estudio, por lo que reduce el riesgo de colapso de los postes, pero esto debe verificarse haciendo un cálculo de estabilidad de estos elementos y así evitar el colapso y la obstrucción de las vías.

Todas las vías del centro poblado San Isidro están expuestas a este percance, por lo que habría que considerarlo durante la elaboración del plan de mitigación de desastres.

## 5.2 Recomendaciones.

- Existen diferentes parámetros en la reducción de desastres, entre los que podemos mencionar: buena práctica constructiva, planes de evacuación y ubicación de zonas seguras, educar a la población ante las acciones a tomar ante posibles eventos sísmicos y otros desastres, etc. En este informe se hace hincapié principalmente en la construcción de las edificaciones sin dejar de mencionar los demás parámetros.
- Es necesario crear una conciencia cívica a la población del centro poblado San Isidro tanto en el tema planes de mitigación de desastres así como crear conciencia en el crear estructuras antisísmicas y sus beneficios en la reducción de vulnerabilidad.
- Las estructuras de adobe típicas encontradas en la zona de estudio carecen de propiedades antisísmicas, por lo que se recomienda seguir un lineamiento antisísmico. Como alternativa constructiva en construcciones de adobe se presenta un modelo de vivienda de adobe el cual propone colocar una viga collarín a todo alrededor de los muros de adobe, esto aumenta la resistencia antes de sismos de estas edificaciones.

Adicionalmente se plantea construir contrafuertes en los muros para así evitar el volteo de los muros los cuales actuarán o se comportaran básicamente como un cerco, debido a la inexistencia de un diafragma rígido (losa rígida).

Este tipo de modelo fue elaborado por el Ing. Julio Kuroiwa y esta puede ser vista con más detalle en el anexo A.

- Se recomienda que el Centro Educativo I.E.I. 647 – I.E.P No 21003 tenga una evaluación estructural detallada para poder realizar un posterior reforzamiento de la misma, basándose en la actual norma de diseño sismorresistente del Perú (E-030 - 2003). Esta institución deberá de servir de albergue a damnificados en caso de un posterior desastre.
- En el caso en que el Centro Educativo I.E.I. 647 – O.E.P No 21003 no esté en condiciones de servir de albergue a los damnificados se sugiere que la Plaza Central del Centro Poblado San Isidro (ver fig. 1.5, 1.7 y 1.10) sirva para este fin, debido a su fácil acceso y ser una zona céntrica del centro poblado.
- Las construcciones futuras de las edificaciones que se realicen deberán contar con la orientación y diseño de un profesional calificado (Ingeniero Civil) de tal manera que éstas sean seguras y adecuadas al tipo de suelo.
- Es necesario identificar las Zonas de Seguridad dentro del centro poblado y elaborar un plan de evacuación para casos de emergencia con asesoramiento del Instituto Nacional de Defensa Civil de la región (INDECI).
- Realizar programas educativos como charlas informativas frecuentes a la población del centro poblado San Isidro, sobre defensa civil y su importancia de la participación ciudadana ante estos eventos.
- También es importante dar charlas de primeros auxilios y crear cuadrillas que puedan proporcionar ayuda a personas que puedan sufrir algún tipo de daño ante estos eventos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACHUY SALCEDO, Jorge "Sistema de Información Geográfica". Ed. Grupo Universitario, Lima, PERÚ (2006).
- ALVA Y CASTILLO, "Mapa Sismotectónico del Perú", Lima, PERÚ (1993).
- ALVA Y CASTILLO, "Peligro Sísmico en el Perú", Lima, PERÚ (1993).
- INDECI "Manual Básico para la estimación de riesgo", Lima, PERÚ (2006).
- KUROIWA, Julio "Reducción de desastres". Edit. Bruño. Lima, PERÚ (2002).
- MORENO JIMÉNEZ, Antonio "Sistemas y análisis de la Información Geográfica", Edit. Alfaomega MÉXICO (2008).
- MENA HERNANDEZ, Ulises "Evaluación de Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas". Barcelona, ESPAÑA (2002).
- J. JULCA Y E. ORBEGOSO, "Evaluación del Riesgo Sísmico del Centro Histórico de Chiclayo", Lima, PERÚ (2007)

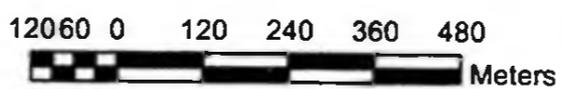
**MAPAS**

## **Mapa 1.1: Mapa Temático - Zona de estudio**

# MAPA 1.1: MAPA TEMÁTICO - ZONA DE ESTUDIO



Esc. 1/5,000



LEYENDA	
	MZ. PROYECTADAS
	MZ. EXISTENTES CATASTRADAS
	MZ. EXISTENTES NO CATASTRADAS

**Mapa 1.2: Mapa geológico de Cuadrángulo  
de Huacho**



## **Mapa 1.3: Mapa Temático – Usos de Suelo**



## **Mapa 1.4: Mapa del Distrito de Végueta**

**Mapa 3.1: Mapa de Distribución de  
Isoaceleraciones para un 10% de excedencia  
en 50 años**

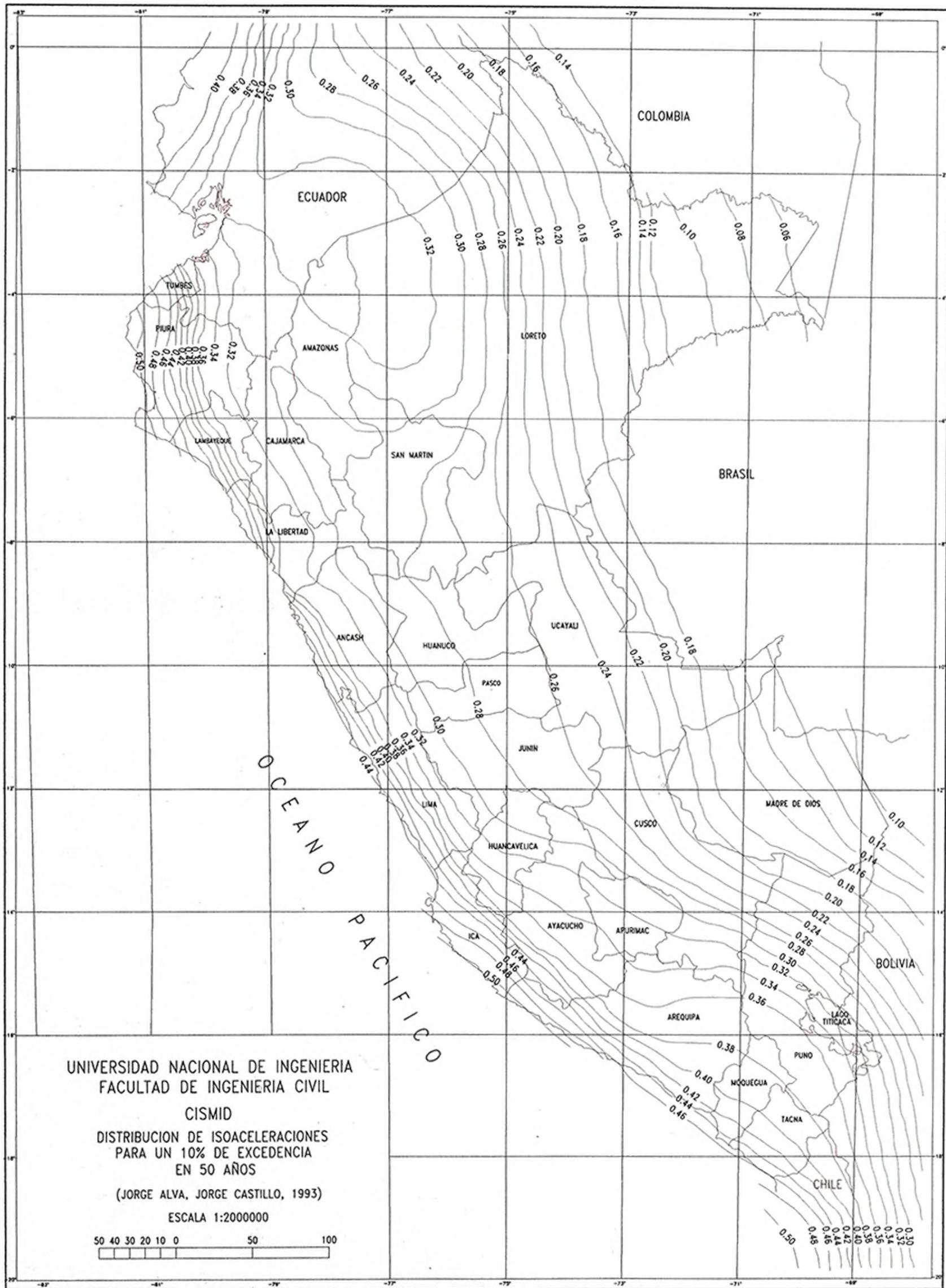


Figura N° 4: Distribución de Isoaceleraciones para 10% de Excedencia en 50 años

**Mapa 3.2: Mapa de Distribución de  
Isoaceleraciones para un 10% de excedencia  
en 100 años**

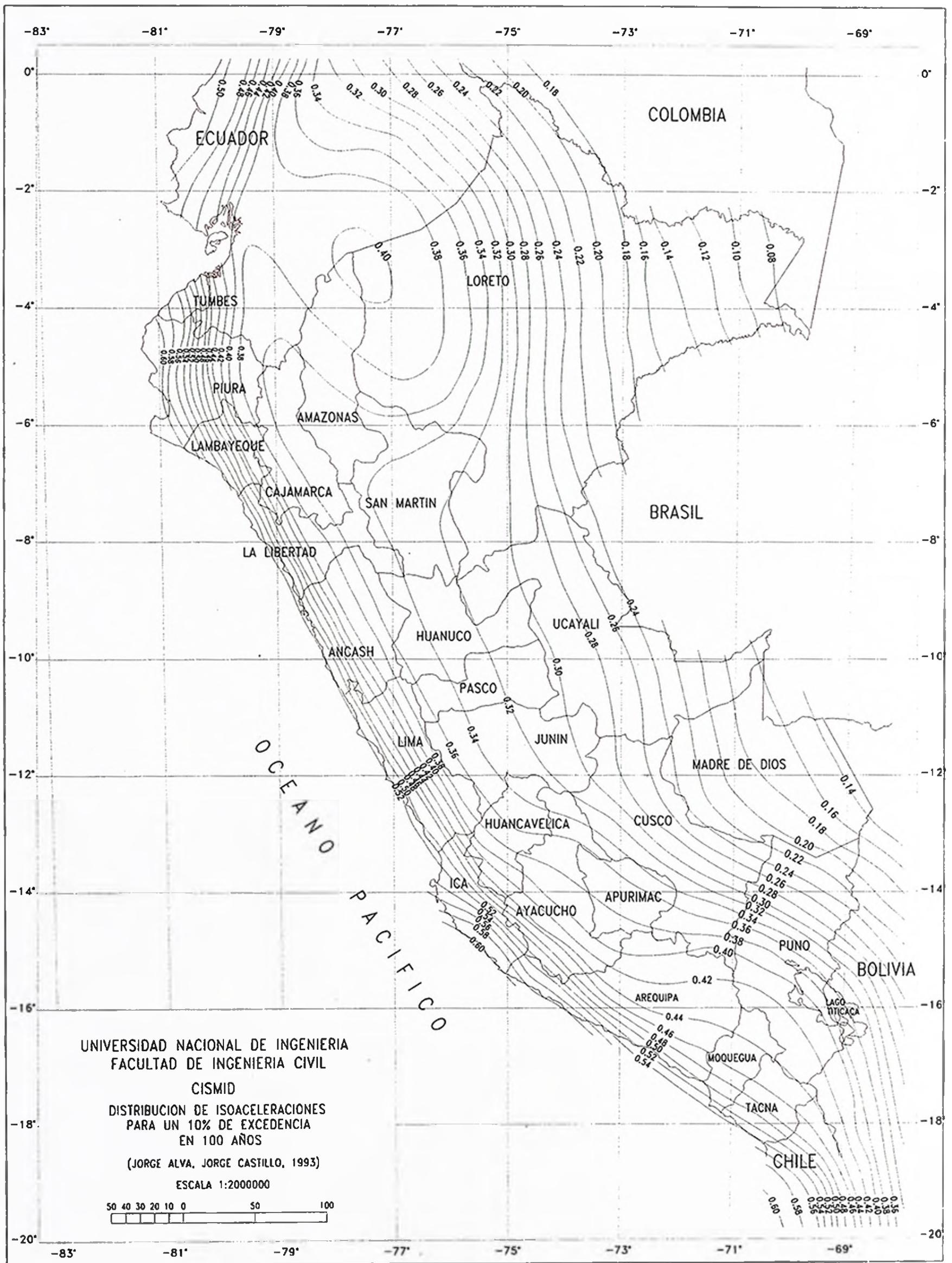


Figura N° 5: Distribución de Isoaceleraciones para 10% de Excedencia en 100 años

**Mapa 4.1: Mapa Temático - Material de  
Construcción de las Viviendas**



**Mapa 4.2: Mapa Temático - Vulnerabilidad de las edificaciones evaluadas**

# MAPA 4.2: MAPA TEMÁTICO - VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES



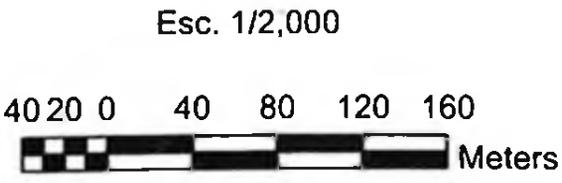
**LEYENDA**

**LOTES CATASTRADOS**

- LOTES

**INDICE DE VULNE#**

- ALTA
- MEDIA
- N.D.



**Mapa 4.3: Mapa temático - Escenario de  
daño de las edificaciones ante sismo  
frecuente**

# MAPA 4.3: MAPA TEMÁTICO - ESCENARIO DE DAÑO (SISMO FRECUENTE)

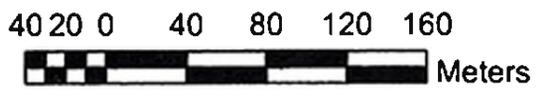


**LEYENDA**

**LOTES CATASTRADOS**

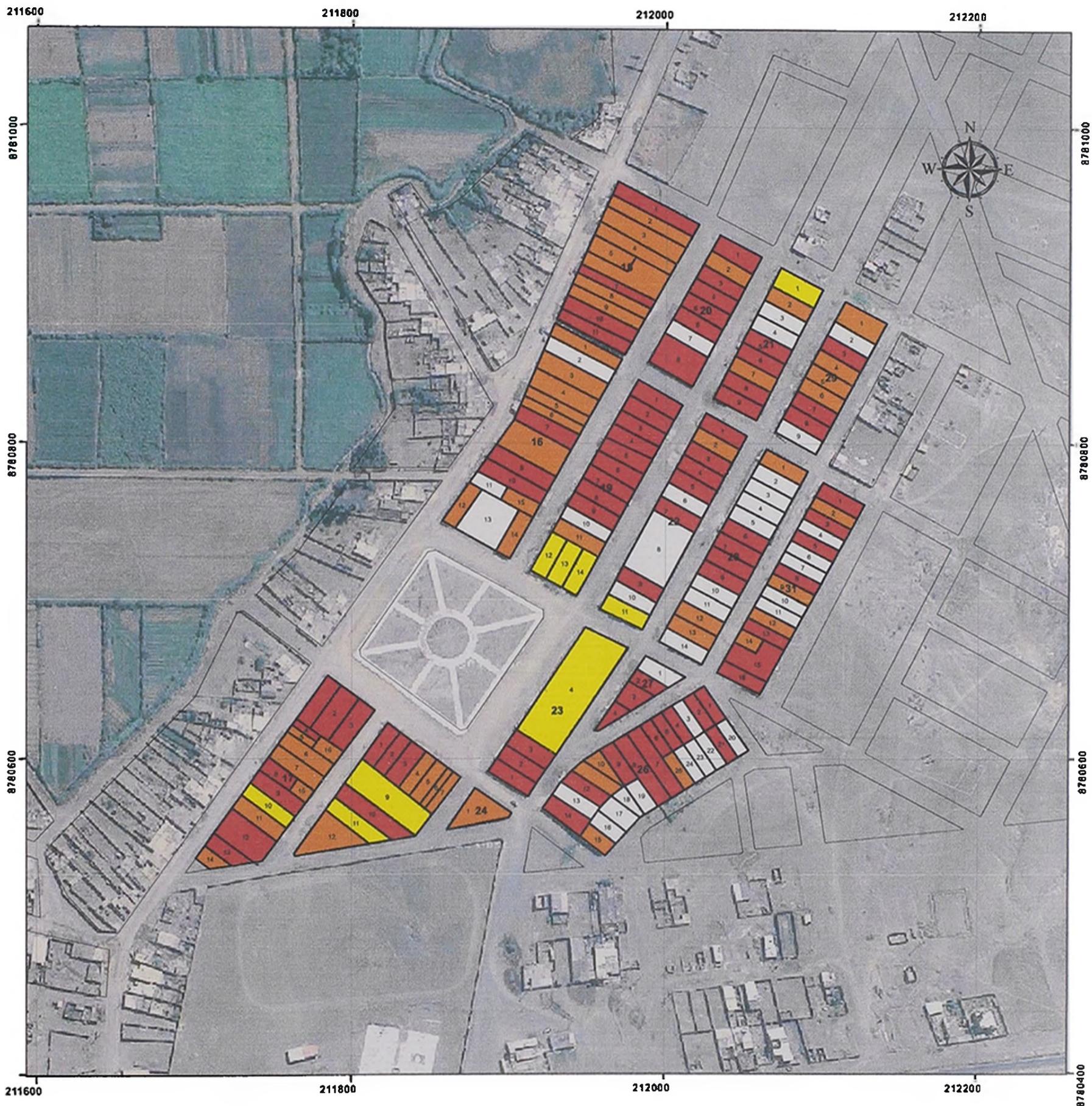
- LOTES
- DAÑO (a=20g)**
- SEVERO
- MODERADO
- LIGERO
- N.D.

Esc. 1/2,000



**Mapa 4.4: Mapa temático - Escenario de  
daño de las edificaciones ante sismo  
ocasional**

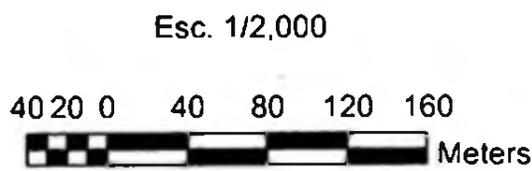
# MAPA 4.4: MAPA TEMÁTICO - ESCENARIO DE DAÑO (SISMO OCASIONAL)



**LEYENDA**

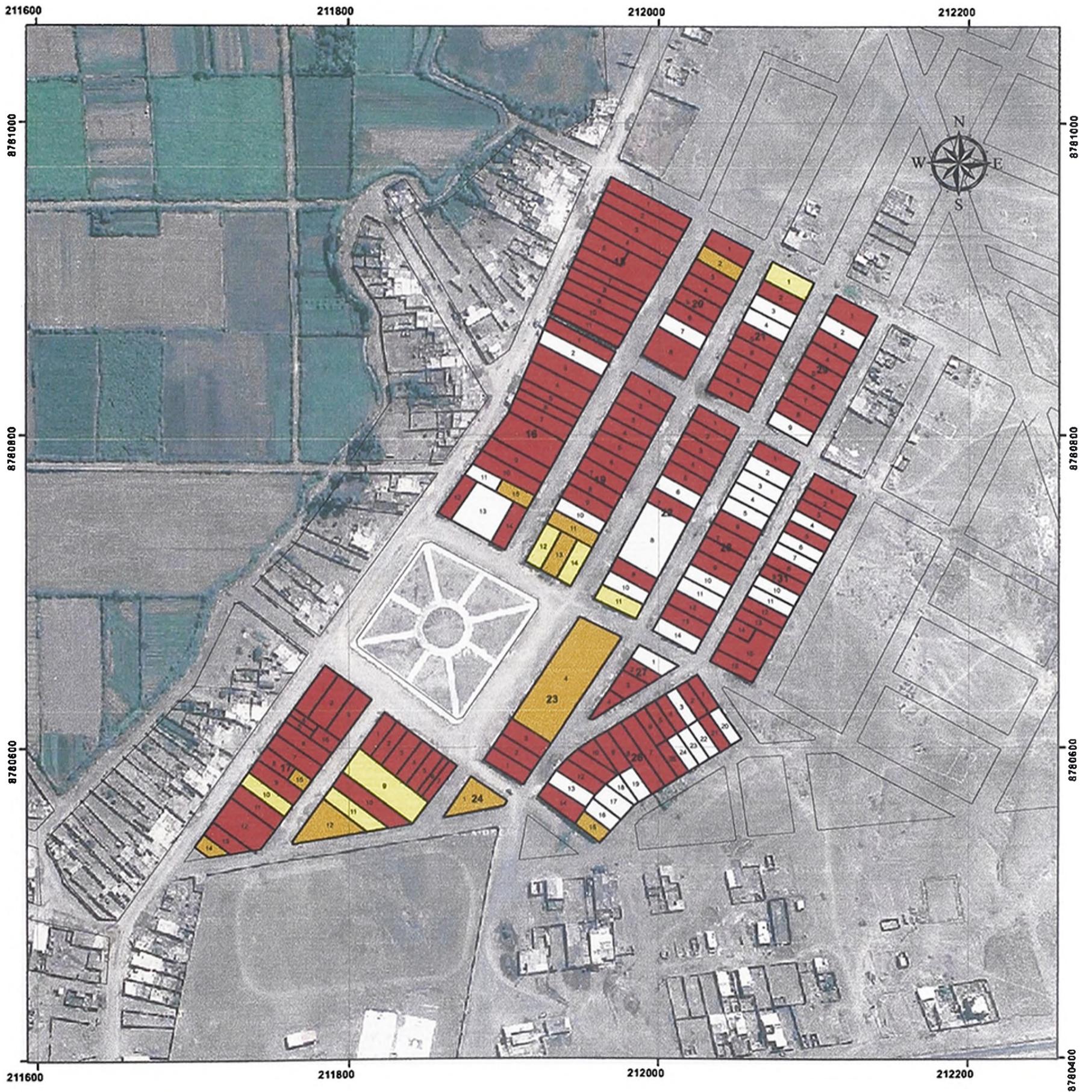
**LOTES CATASTRADOS**

- LOTES
- DAÑO (a=25g)**
- MUY SEVERO
- SEVERO
- MODERADO
- N.D.



**Mapa 4.5: Mapa temático - Escenario de daño de las edificaciones ante sismo raro.**

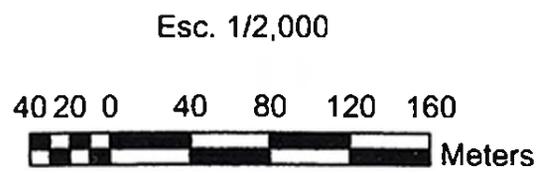
# MAPA 4.5: MAPA TEMÁTICO - ESCENARIO DE DAÑO (SISMO RARO)



**LEYENDA**

**LOTES CATASTRADOS**

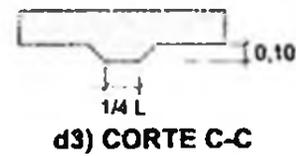
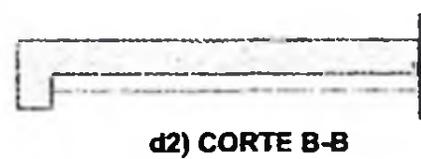
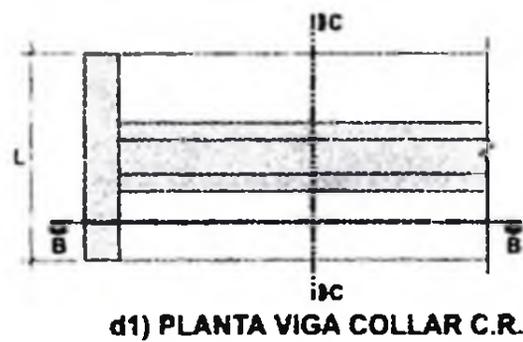
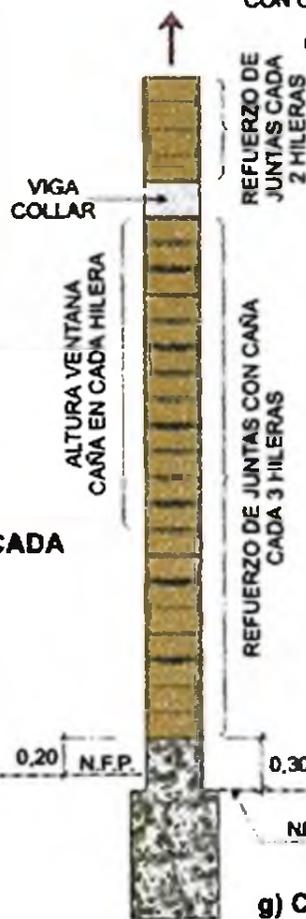
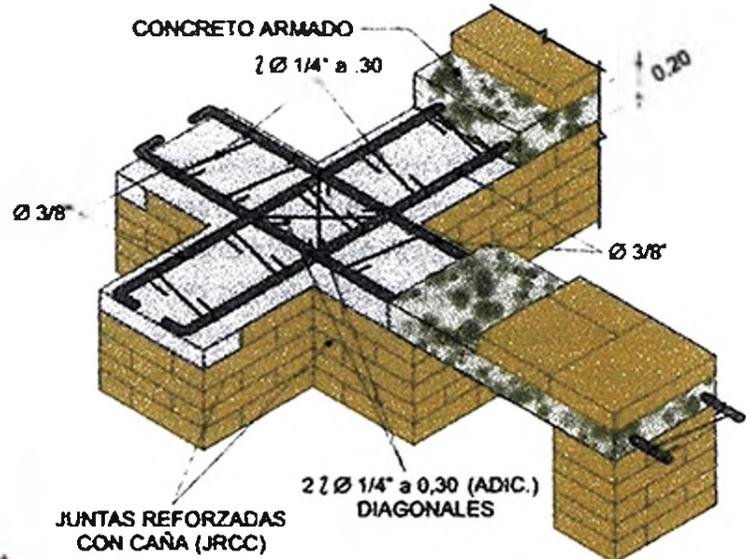
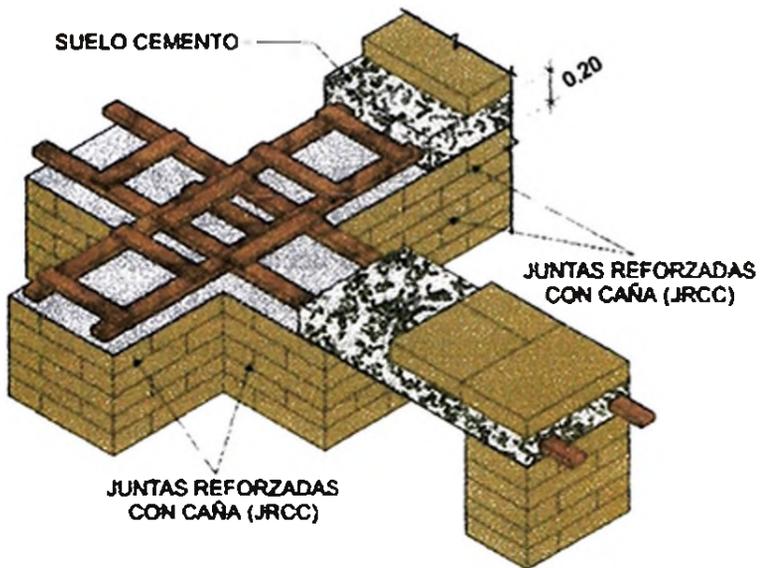
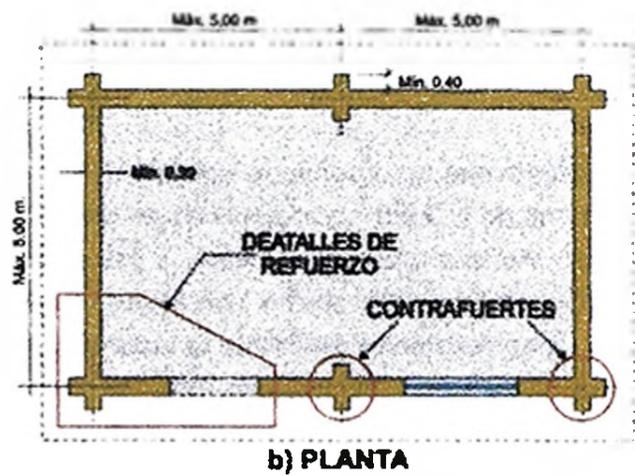
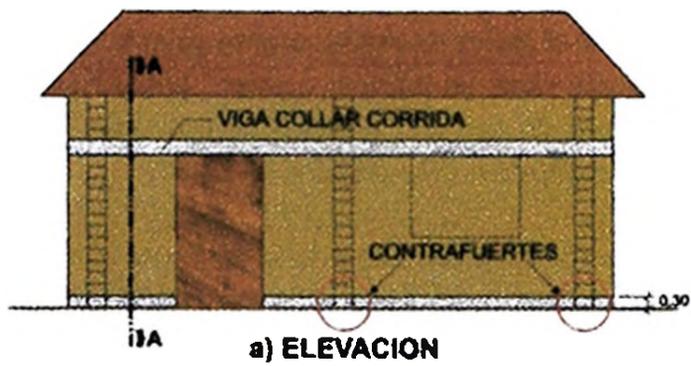
- LOTES
- DAÑO (a=42g)**
- MUY SEVERO
- SEVERO
- MODERADO
- N.D.



# ANEXOS

## **Anexo A: Alternativa a las Construcciones de Adobe**

# EDIFICACIONES DE ADOBE MODELO MEJORADO



- F-3AD10a Elevación de una vivienda típica
- F-3AD10b Planta y contrafuertes
- F-3AD10c Viga collar de madera y suelo cemento
- F-3AD10d Viga collar de CR
- F-3AD10e Refuerzo de juntas con caña chancada
- F-3AD10f Fachada lateral. El triángulo superior es muy vulnerable y es recomendable usar material liviano allí.
- F-3AD10g Corte vertical de un muro, viga collar y ubicación refuerzos en juntas.

## **Anexo B: Cálculo del índice de vulnerabilidad de las viviendas analizadas**

**CALCULO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD**

	PARAMETROS DE VULNERABILIDAD BENEDETTI-PETRINI																						VULNERABILIDAD		
	1° P.		2° P.		3° P.		4° P.		5° P.		6° P.		7° P.		8° P.		9° P.		10° P.		11° P.				
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase	Iv	Ivn	Nivel
<b>Mz. 15</b>																									
Lote 1	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 2	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 3	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	193	50	A
Lote 4	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	193	50	A
Lote 5	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 6	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 7	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 8	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 9	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 10	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 11	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
<b>Mz. 16</b>																									
Lote 1	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 2																									
Lote 3	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 4	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 5	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 6	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 7	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 8	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	203	53	A
Lote 9	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 10	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 11																									
Lote 12	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 13																									
Lote 14	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 15	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	183	48	A
<b>Mz. 17</b>																									
Lote 1	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 2	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 3	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 4	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	233	61	A
Lote 5	0	A	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	188	49	A
Lote 6	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 7	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 8	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	203	53	A
Lote 9	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 10	5	B	25	C	25	C	0	A	0	A	45	D	0	A	25	C	0	A	0	A	25	C	103	27	M
Lote 11	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 12	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	203	53	A
Lote 13	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 14	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	183	48	A

	1° P.		2° P.		3° P.		4° P.		5° P.		6° P.		7° P.		8° P.		9° P.		10° P.		11° P.		VULNERABILIDAD		
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase																			
Lote 15	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	5	B	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	173	45	A
Lote 16	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	198	52	A
<b>Mz. 18</b>																									
Lote 1	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 2	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 3	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 4	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 5	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 6	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	193	50	A
Lote 7	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	193	50	A
Lote 9	5	B	25	C	25	C	0	A	0	A	45	D	0	A	25	C	0	A	25	C	25	C	109	28	M
Lote 10	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 11	5	B	25	C	25	C	0	A	0	A	45	D	0	A	25	C	0	A	25	C	25	C	109	28	M
Lote 12	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	0	A	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	170	44	A
<b>Mz. 19</b>																									
Lote 1	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 2	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 3	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 4	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 5	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 6	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 7	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 8	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 9	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 10																									
Lote 11	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	5	B	173	45	A
Lote 12	5	B	25	C	25	C	0	A	0	A	25	C	0	A	25	C	0	A	45	D	5	B	84	22	M
Lote 13	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	25	C	45	D	0	A	5	B	163	42	A
Lote 14	5	B	25	C	25	C	0	A	0	A	25	C	0	A	45	D	0	A	0	A	5	B	78	20	M
<b>Mz. 20</b>																									
Lote 1	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 2	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	45	D	0	A	5	B	168	44	A
Lote 3	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 4	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 5	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 6	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 7																									
Lote 8	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	5	B	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	188	49	A
<b>Mz. 21</b>																									
Lote 1	0	A	25	C	25	C	0	A	0	A	25	C	0	A	25	C	0	A	0	A	5	B	68	18	M
Lote 2	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A
Lote 3																									
Lote 4																									
Lote 5	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	5	B	193	50	A



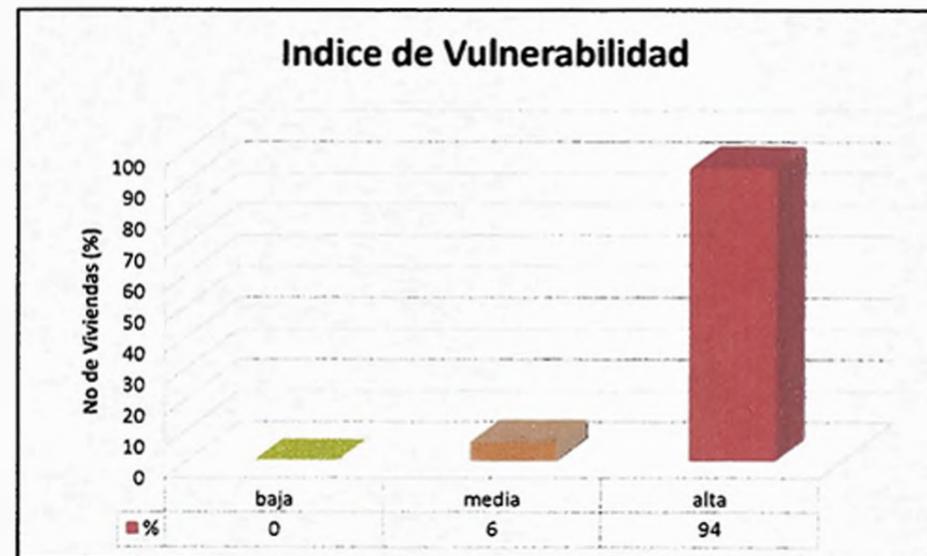
	1° P.		2° P.		3° P.		4° P.		5° P.		6° P.		7° P.		8° P.		9° P.		10° P.		11° P.		VULNERABILIDAD		
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase																			
Lote 21	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 22																									
Lote 23																									
Lote 24																									
Lote 25	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	198	52	A
Mz. 27																									
Lote 1																									
Lote 2	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	203	53	A
Lote 3	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	0	A	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	190	50	A
Lote 4	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	203	53	A
Mz. 28																									
Lote 1	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 2																									
Lote 3																									
Lote 4																									
Lote 5																									
Lote 6	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 7	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 8	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 9	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 10																									
Lote 11																									
Lote 12	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 13	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	193	50	A
Lote 14																									
Mz. 29																									
Lote 1	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	198	52	A
Lote 2																									
Lote 3	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 4	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 5	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 6	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 7	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 8	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 9																									
Mz. 31																									
Lote 1	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 2	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	193	50	A
Lote 3	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 4																									
Lote 5	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 6																									
Lote 7																									
Lote 8	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A

	1° P.		2° P.		3° P.		4° P.		5° P.		6° P.		7° P.		8° P.		9° P.		10° P.		11° P.		VULNERABILIDAD		
	Valor	Clase	Valor	Clase	Valor	Clase																			
Lote 9	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	193	50	A
Lote 10																									
Lote 11																									
Lote 12	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	208	54	A
Lote 13	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	213	56	A
Lote 14	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	5	B	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	173	45	A
Lote 15	20	C	25	C	25	C	0	A	45	D	25	C	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	198	52	A
Lote 16	5	B	25	C	25	C	0	A	45	D	45	D	0	A	25	C	45	D	0	A	25	C	193	50	A
	1° P.		2° P.		3° P.		4° P.		5° P.		6° P.		7° P.		8° P.		9° P.		10° P.		11° P.		VULNERABILIDAD		
Clase	%	No Viv	%	No Viv	%	No Viv	Vul	%	No Viv																
A	2	3	0	0	0	0	100	133	6	8	2	3	100	133	0	0	5	7	97	129	0	0	baja	0	0
B	18	24	0	0	1	1	0	0	0	0	3	4	0	0	2	2	1	1	1	1	27	36	media	6	8
C	80	106	100	133	99	132	0	0	0	0	11	15	0	0	35	46	0	0	2	2	71	95	alta	94	125
D	0	0	0	0	0	0	0	0	94	125	83	111	0	0	64	85	94	125	1	1	2	2	Σ	100	133
Σ	100	133	100	133	100	133	100	133	100	133	100	133	100	133	100	133	100	133	100	133	100	133			

TIPO DE CLASIFICACION PARA CADA PARAMETRO

CLASE	DESCRIPCION
A	Vulnerabilidad Baja
B	Vulnerabilidad Media a Baja
C	Vulnerabilidad Media a Alta
D	Vulnerabilidad Alta

Nivel Vulnerab.	RANGO IvM (%)
BAJA (B)	0-14
MEDIA (M)	15-34
ALTA (A)	35-100



**Anexo C: Cálculo del índice de daño (riesgo)  
de las viviendas analizadas**

## CALCULO DEL INDICE DE DAÑO DE LAS EDIFICACIONES EVALUADAS

	Ivn	Indice de Daño (%)					
		0.20g		0.25g		0.42g	
		%	L/M/S/T	%	L/M/S/T	%	L/M/S/T
<b>MANZANA 15</b>							
Lote 1	56	30	S	71	T	169	T
Lote 2	54	20	M	38	S	62	T
Lote 3	50	18	M	34	S	54	T
Lote 4	50	18	M	34	S	54	T
Lote 5	54	20	M	38	S	62	T
Lote 6	54	20	M	38	S	62	T
Lote 7	56	30	S	71	T	169	T
Lote 8	54	20	M	38	S	62	T
Lote 9	54	20	M	38	S	62	T
Lote 10	56	30	S	71	T	169	T
Lote 11	56	30	S	71	T	169	T
<b>MANZANA 16</b>							
Lote 1	54	20	M	38	S	62	T
Lote 2	0						
Lote 3	54	20	M	38	S	62	T
Lote 4	54	20	M	38	S	62	T
Lote 5	56	22	M	41	S	67	T
Lote 6	54	20	M	38	S	62	T
Lote 7	56	22	M	71	T	169	T
Lote 8	53	20	M	37	S	60	T
Lote 9	56	30	S	71	T	169	T
Lote 10	56	30	S	71	T	169	T
Lote 11	0						
Lote 12	54	20	M	38	S	62	T
Lote 13	0						
Lote 14	56	22	M	41	S	67	T
Lote 15	48	17	M	31	S	50	S
<b>MANZANA 17</b>							
Lote 1	56	30	S	71	T	169	T
Lote 2	56	30	S	71	T	169	T
Lote 3	56	30	S	71	T	169	T
Lote 4	61	35	S	86	T	210	T
Lote 5	49	17	M	33	S	52	T
Lote 6	54	20	M	38	S	62	T
Lote 7	56	22	M	41	S	67	T
Lote 8	53	27	S	63	T	148	T
Lote 9	56	30	S	71	T	169	T
Lote 10	27	7	M	13	M	22	M
Lote 11	56	22	M	41	S	67	T
Lote 12	53	27	S	63	T	148	T
Lote 13	56	30	S	71	T	169	T
Lote 14	48	17	M	31	S	50	S
Lote 15	45	15	M	28	S	45	S
Lote 16	52	19	M	36	S	58	T
<b>MANZANA 18</b>							
Lote 1	56	30	S	71	T	169	T
Lote 2	50	24	M	56	T	129	T
Lote 3	56	30	S	71	T	169	T
Lote 4	50	18	M	34	S	54	T
Lote 5	56	22	M	41	S	67	T
Lote 6	50	18	M	34	S	54	T
Lote 7	50	18	M	34	S	54	T
Lote 9	28	8	M	14	M	23	M

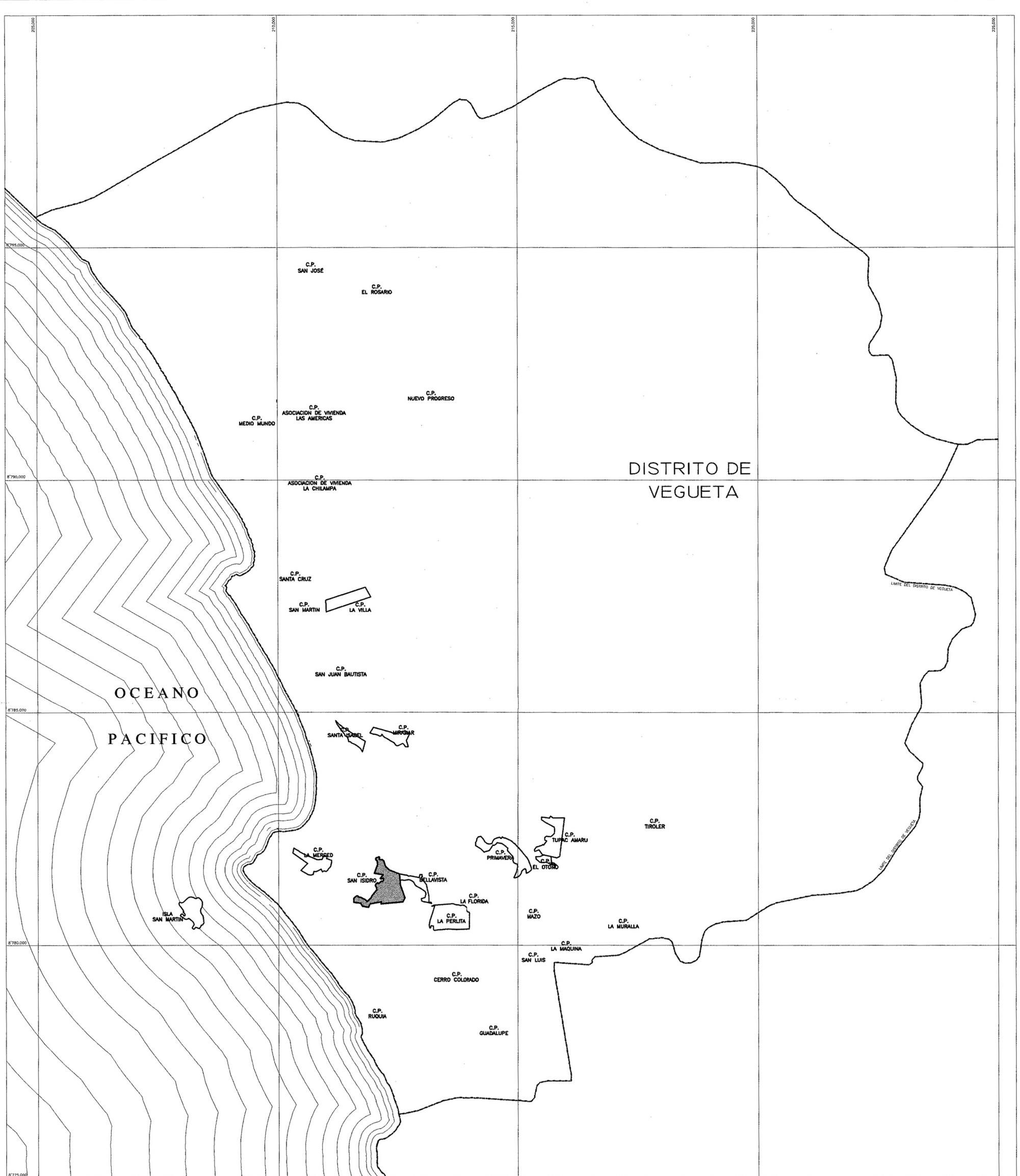
	Ivn	Indice de Daño (%)					
		0.20g		0.25g		0.42g	
		%	L/M/S/T	%	L/M/S/T	%	L/M/S/T
Lote 10	56	30	S	71	T	169	T
Lote 11	28	8	M	14	M	23	M
Lote 12	44	15	M	27	S	43	S
<b>MANZANA 19</b>							
Lote 1	56	30	S	71	T	169	T
Lote 2	50	24	M	56	T	129	T
Lote 3	50	24	M	56	T	129	T
Lote 4	50	24	M	56	T	129	T
Lote 5	50	24	M	56	T	129	T
Lote 6	50	24	M	56	T	129	T
Lote 7	50	24	M	56	T	129	T
Lote 8	50	24	M	56	T	129	T
Lote 9	50	24	M	56	T	129	T
Lote 10	0						
Lote 11	45	15	M	28	S	45	S
Lote 12	22	5	L	10	M	17	M
Lote 13	42	14	M	25	M	40	S
Lote 14	20	5	L	9	M	15	M
<b>MANZANA 20</b>							
Lote 1	50	24	M	56	T	129	T
Lote 2	44	15	M	27	S	43	S
Lote 3	56	30	S	71	T	169	T
Lote 4	50	24	M	56	T	129	T
Lote 5	50	24	M	56	T	129	T
Lote 6	50	24	M	56	T	129	T
Lote 7	0						
Lote 8	49	24	M	53	T	123	T
<b>MANZANA 21</b>							
Lote 1	18	4	L	8	M	14	M
Lote 2	50	18	M	34	S	54	T
Lote 3	0						
Lote 4	0						
Lote 5	50	24	M	56	T	129	T
Lote 6	50	24	M	56	T	129	T
Lote 7	50	18	M	34	S	54	T
Lote 8	50	24	M	56	T	129	T
Lote 9	50	24	M	56	T	129	T
<b>MANZANA 22</b>							
Lote 1	50	24	M	56	T	129	T
Lote 2	50	18	M	34	S	54	T
Lote 3	50	24	M	56	T	129	T
Lote 4	50	24	M	56	T	129	T
Lote 5	50	24	M	56	T	129	T
Lote 6	0						
Lote 7	50	24	M	56	T	129	T
Lote 8	0						
Lote 9	50	24	M	56	T	129	T
Lote 10	0						
Lote 11	22	5	L	10	M	17	M
<b>MANZANA 23</b>							
Lote 1	56	30	S	71	T	169	T
Lote 2	51	25	M	58	T	135	T
Lote 3	56	30	S	71	T	169	T
Lote 4	38	9	M	24	M	30	S

	lvn	Indice de Daño (%)					
		0.20g		0.25g		0.42g	
		%	L/M/S/T	%	L/M/S/T	%	L/M/S/T
<b>MANZANA 24</b>							
Lote 1	43	14	M	26	S	42	S
<b>MANZANA 26</b>							
Lote 1	56	30	S	71	T	169	T
Lote 2	56	30	S	71	T	169	T
Lote 3	0						
Lote 4	56	30	S	71	T	169	T
Lote 5	56	30	S	71	T	169	T
Lote 6	56	30	S	71	T	169	T
Lote 7	56	30	S	71	T	169	T
Lote 8	56	30	S	71	T	169	T
Lote 9	56	30	S	71	T	169	T
Lote 10	56	22	M	41	S	67	T
Lote 11	54	20	M	38	S	62	T
Lote 12	56	30	S	71	T	169	T
Lote 13	0						
Lote 14	56	30	S	71	T	169	T
Lote 15	48	17	M	31	S	50	S
Lote 16	0						
Lote 17	0						
Lote 18	0						
Lote 19	0						
Lote 20	0						
Lote 21	56	30	S	71	T	169	T
Lote 22	0						
Lote 23	0						
Lote 24	0						
Lote 25	52	19	M	36	S	58	T
<b>MANZANA 27</b>							
Lote 1	0						
Lote 2	53	27	S	63	T	148	T
Lote 3	50	24	M	56	T	129	T
Lote 4	53	27	S	63	T	148	T
<b>MANZANA 28</b>							
Lote 1	54	20	M	38	S	62	T
Lote 2	0						
Lote 3	0						
Lote 4	0						
Lote 5	0						
Lote 6	56	30	S	71	T	169	T
Lote 7	56	30	S	71	T	169	T
Lote 8	56	30	S	71	T	169	T
Lote 9	56	30	S	71	T	169	T
Lote 10	0						
Lote 11	0						
Lote 12	54	20	M	38	S	62	T
Lote 13	50	18	M	34	S	54	T
Lote 14	0						
<b>MANZANA 29</b>							
Lote 1	52	19	M	36	S	58	T
Lote 2	0						
Lote 3	56	30	S	71	T	169	T
Lote 4	54	20	M	38	S	62	T
Lote 5	54	20	M	38	S	62	T

	Ivn	Indice de Daño (%)					
		0.20g		0.25g		0.42g	
		%	L/M/S/T	%	L/M/S/T	%	L/M/S/T
Lote 6	54	20	M	38	S	62	T
Lote 7	56	30	S	71	T	169	T
Lote 8	54	28	S	66	T	155	T
Lote 9	0						
<b>MANZANA 31</b>							
Lote 1	56	30	S	71	T	169	T
Lote 2	50	18	M	34	S	54	T
Lote 3	56	30	S	71	T	169	T
Lote 4	0						
Lote 5	56	30	S	71	T	169	T
Lote 6	0						
Lote 7	0						
Lote 8	56	30	S	71	T	169	T
Lote 9	50	18	M	34	S	54	T
Lote 10	0						
Lote 11	0						
Lote 12	54	20	M	38	S	62	T
Lote 13	56	30	S	71	T	169	T
Lote 14	45	21	M	45	S	101	T
Lote 15	52	26	S	60	T	141	T
Lote 16	50	24	M	56	T	129	T

DAÑO	DAÑO OBTENIDO PARA ACELERACION EN ROCA					
	0.20g		0.25g		0.42g	
	%	No Viv	%	No Viv	%	No Viv
LIGERO	3	4	0	0	0	0
MODERADO	62	82	7	9	5	7
SEVERO	35	47	37	49	8	10
MUY SEVERO	0	0	56	75	87	116
Σ	100	133	100	133	100	133

NIVEL DE DAÑO	RANGO DE DAÑO (%)
LIGERO (L)	0-5
MODERADO (M)	5-25
SEVERO (S)	25-50
MUY SEVERO (T)	50-100



# MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VEGUETA

PROVINCIA DE HUAURA - REGION LIMA

ALCALDE : JOSE LUIS LI NONATO    FECHA : OCTUBRE 2,007    ESCALA : 1/ 50,000

SISTEMA DE REFERENCIA : DATUM PROVINCIONAL SUDAMERICANO DE 1956 (PSAD-56)





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE SUFICIENCIA**

En la Universidad Nacional de Ingeniería en la ciudad de Lima, a las 11:00 horas del día martes 15 de enero del dos mil trece, se reunió en la Sala de Sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Civil, el Jurado conformado por los profesores: Mg. PUR Ing. R. NEMESIO CANELO ALMEYDA, Dr. MIGUEL L. ESTRADA MENDOZA e Ing. HUGO E. SALAZAR NEIRA, quienes actuaron como Presidente, Especialista y Secretario respectivamente, para proceder al Examen de Titulación Profesional de Ingeniero Civil de Don:

**RICARDO ALCAHUAMAN MAMANI**

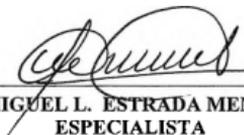
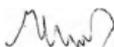
quién presentó el Informe de Suficiencia titulado:

**“ANÁLISIS DE RIESGO SISMICO DEL CENTRO POBLADO “SAN ISIDRO”  
USANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)”**

en cumplimiento de los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Los señores miembros del Jurado replicaron al sustentante y terminada la réplica, después de debatir entre sí, reservada y libremente, lo declararon aprobado con la mención de:

APROBADO

A continuación, el Presidente del Jurado hizo saber al sustentante el resultado de su examen, con lo cual se dió por terminado el acto, levantándose la presente acta por triplicado, la misma que fue suscrita por los que en ella intervinieron.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. MIGUEL L. ESTRADA MENDOZA  
ESPECIALISTA  
\_\_\_\_\_  
Ing. HUGO E. SALAZAR NEIRA  
SECRETARIO  
\_\_\_\_\_  
Mg. PUR Ing. R. NEMESIO CANELO ALMEYDA  
PRESIDENTE