

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



**VULNERABILIDAD SISMICA DEL CENTRO POBLADO MEDIO MUNDO-
VÉGUETA-HUAURA CON APLICACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA(SIG)**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

PERCY HUMALA BARBIER

Lima- Perú

2012

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	03
LISTA DE CUADROS	04
LISTA DE FIGURAS	05
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	06
INTRODUCCIÓN	07
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	
1.1. ANTECEDENTES	08
1.2. UBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO	09
1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CENTRO POBLADO	10
1.3.1. Aspectos geotécnicos	10
1.3.2. Aspectos hidrológicos	10
1.4. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DEL CENTRO POBLADO	11
1.4.1 Población y aspectos socioeconómicos	11
CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DEL RIESGO SISMICO	
2.1. RIESGO PELIGRO Y VULNERABILIDAD	14
2.1.1. Riesgo	14
2.1.2. Peligro	14
2.1.3. Vulnerabilidad	15
2.2. FACTORES QUE PROPICIAN LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS ESTRUCTURAS	15
2.2.1. Calidad y mano de obra	16
2.2.2. Estado de preservación	16
2.2.3. Regularidad	16
2.2.4. Ductilidad	18
2.2.5. Localización	18
2.2.6. Suelos no favorables	19
2.2.7. Cambio de uso	19
2.3. ESCALAS DE MEDICION DE LOS SISMOS	20
2.3.1 Escala de intensidad	20
2.3.2 Escala de magnitud	21
2.4. VULNERABILIDAD SISMICA	21
2.4.1. Métodos analíticos	23
2.4.2. Métodos cualitativos	25

CAPÍTULO III: METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD	
3.1. INTRODUCCION	29
3.2. VULNERABILIDAD SISMICA	30
3.3. METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD (BENEDETTI Y PETRINI)	31
CAPÍTULO IV: ASPECTOS GENERALES DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)	
4.1. INTRODUCCION	36
4.2. DEFINICION DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	36
4.3. COMPONENTES DE UN SIG	38
4.3.1. Información georeferenciada	39
4.3.2. Atributos descriptivos	40
4.3.3. Equipo informático	41
4.3.4. Software	41
4.3.5. Personal	42
4.4. AREAS DE APLICACIÓN DE LOS SIG	42
CAPÍTULO V: VULNERABILIDAD SISMICA DEL CENTRO POBLADO MEDIO MUNDO CON EL METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD APLICANDO EL SIG	
5.1. ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS	44
5.2. MAPAS TEMÁTICOS	53
5.2.1. Mapas Temáticos de la zona de estudio	53
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1. CONCLUSIONES	57
6.2. RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	60

RESUMEN

El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo tanto está expuesto a este peligro, que trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales.

Las ciudades que se encuentran en zonas de amenazas sísmicas media y alta han crecido de una forma incontrolable, aumentando el riesgo de sufrir grandes pérdidas como consecuencia de un terremoto. Acompañado todo esto de una falta de criterios sísmicos en las estructuras antiguas, un mal control en las construcciones nuevas, la autoconstrucción, el mantenimiento deficiente en las existentes y problemas de estructuración Sísmica en las edificaciones. Los desastres naturales presentados en todo el mundo, dejan evidencia que los programas de prevención y mitigación de desastres no se han aplicado correctamente, más por indiferencia que por falta de recursos. La determinación del riesgo sísmico en una zona urbana es una herramienta muy útil para la planificación urbana

Tomando como premisa la necesidad de disminuir las pérdidas humanas y materiales ante la posible ocurrencia de un sismo en el centro poblado Medio Mundo, el presente informe pretende mostrar el grado de vulnerabilidad ante los sismos de las edificaciones del centro poblado Medio Mundo, todo ello se plasma en la elaboración de mapas temáticos a través de la herramienta Arc Gis.

LISTAS DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 3.1 Escala numérica del índice de Vulnerabilidad de Benedetti para albañilería	34
Cuadro N° 3.2 Escala numérica del índice de Vulnerabilidad para concreto armado	35
Cuadro N° 5.1 Estado de Estructura	45
Cuadro N° 5.2 Tipo de losa	46
Cuadro N° 5.3 Tipo de estructura	46
Cuadro N° 5.4 Uso de la estructura	47
Cuadro N° 5.5 Configuración en planta	49
Cuadro N° 5.6 Tipo de muro	49
Cuadro N° 5.7 Tipo de piso	50
Cuadro N° 5.8 Índice de vulnerabilidad	51

LISTAS DE FIGURAS	Pág.
Figura N° 1.1 Mapa de Ubicación del Centro Poblado Medio Mundo	9
Figura N° 1.2 Imagen de la Explotación del Junco	12
Figura N° 1.3 Imagen de actividad de la Pesca Artesanal	12
Figura N° 1.4 Imagen de actividad de la Agricultura	13
Figura N° 2.1 Escala de Mercalli Modificada	20
Figura N° 2.2 Escala de Richter	21
Figura N° 4.1 Representación de área geográfica con diferentes temas y capas	38
Figura N° 4.2 Principales componentes de un SIG	39
Figura N° 4.3 Ejemplo de información georeferenciada en formato raster	40
Figura N° 4.4 Atributos descriptivos (vivienda, vías, tipo de suelo, etc.)	40
Figura N° 4.5 Equipo físico que compone un SIG	41
Figura N° 5.1 Estado de la estructura	45
Figura N° 5.2 Tipo de losa	46
Figura N° 5.3 Tipo de estructura	47
Figura N° 5.4 Uso de la estructura	48
Figura N° 5.5 Configuración en planta I	48
Figura N° 5.6 Configuración en planta II	49
Figura N° 5.7 Tipo de muros	50
Figura N° 5.8 Tipo de piso	51
Figura N° 5.9 Índice de Vulnerabilidad	52
Figura N° 5.10 Imagen satelital de la zona de estudio	53
Figura N° 5.11 Mapa temático del material predominante por lote	54
Figura N° 5.12 Mapa temático uso de suelo por lote	55
Figura N° 5.13 Mapa temático del índice de vulnerabilidad por lote	56

LISTAS DE SIMBOLOS Y SIGLAS

	Pág.
SIG : Sistema de Información Geográfica	1
UTM : Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator	09
INRENA : Instituto Nacional de Recursos Naturales	11
MMC : Millones de metros cúbicos	11
INEI : Instituto Nacional de Estadística e Informática	11
JMA : Japan Meteorological Agency	21
FEMA : Federal Emergency Management Agency	24
ATC : Applied Technology Council	24
ISTC : Italiano del Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni	26
AIS : Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica	27
IGU : Interface Gráfica de Usuarios	41

INTRODUCCION

La municipalidad del centro poblado Medio Mundo presenta falencias en materia de prevención y atención a los desastres, no existe un verdadero compromiso ni apoyo institucional, se suma a esto el desconocimiento general por parte de los habitantes, de una cultura de prevención y atención de desastres que permitan acciones oportunas en todas sus fases.

En ese sentido el presente Informe de Suficiencia tiene como objetivo principal, hallar la Vulnerabilidad sísmica del centro poblado Medio Mundo, utilizando la tecnología del Sistema de Información Geográfica (SIG) y como objetivo específico, aplicar la metodología del índice de Vulnerabilidad Sísmica de estructuras (método cualitativo).

El primer capítulo comprende las generalidades, este capítulo narra los antecedentes, ubicación y características del centro poblado en estudio.

El segundo capítulo comprende los aspectos generales del riesgo sísmico, en este capítulo se describe las generalidades de sismología, la sismicidad en el Perú y la vulnerabilidad sísmica.

El tercer capítulo contiene la estructuración y la configuración estructural, en este capítulo se describe la importancia y la influencia de la configuración sobre el comportamiento sísmico.

En el cuarto capítulo se explica el método de los Índices de Vulnerabilidad para las estructuras de mampostería no reforzada con el cual hallaremos la vulnerabilidad sísmica de la zona de estudio.

Finalmente el quinto capítulo comprende la aplicación al Centro Poblado Medio Mundo, este capítulo contiene una serie de gráficos elaborados con la información obtenida de la salida de campo, para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad. Así también se muestran los mapas temáticos de los resultados.

Riesgo Sísmico, tiene información completa sobre las principales ciudades, manejadas todas en la base de datos con la tecnología SIG.

1.2. UBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO MEDIO MUNDO

El Centro Poblado de Medio Mundo se encuentra ubicado en el distrito de Vegueta por la parte Nor-occidental de la provincia de Huaura, Región Lima Provincias - Perú, a 14 km de Huacho y a 45 m.s.n.m. Sus coordenadas UTM son 18L 209964.49m Este 8790400.92m Sur. Ver figura N° 1.1.

Sus límites son los siguientes:

- Por el Norte con el distrito de Supe.
- Por el Sur con el Centro Poblado Menor de Santa Cruz.
- Por el Este, con el Centro Poblado de Las Américas.
- Por el Oeste con las Albuferas de Medio Mundo - El Océano Pacífico.



Figura N° 1.1 Mapa de Ubicación del Centro Poblado Medio Mundo

En el anexo 1 se puede encontrar el plano de localización U-01 donde se indica la zona de estudio.

1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CENTRO POBLADO

1.3.1. Aspectos Geotécnicos

Los suelos del Complejo Végueta se componen de superficies con lomeríos de pendientes suaves que varían de 2 a 10 %. Los estratos inferiores están formados por material volcánico parcialmente descompuesto. En las zonas de mayor pendiente las rocas se encuentran muy cerca de la superficie. El drenaje varía de bueno a pobre en las superficies cóncavas casi planas siendo excesivo en las convexas.

El color de los suelos va del pardo gris al pardo gris oscuro. En superficies cóncavas la estructura varía de arena franca a franco arenosa, con grava fina hasta unos 40 a 60 cm. de profundidad. Más abajo se encuentra arena gruesa con 3 a 10 % de grava fina. En algunos sitios, y a 60 cm. de profundidad abundan las piedras. En la superficie hay grava gruesa y a veces piedras, en cantidades que varían del 0.1 al 3 % pero en algunas tierras de cultivo han sido limpiadas. En estos lugares los suelos son profundos. El drenaje varía con la posición e incluso hay algunos suelos en lugares muy localizados que poseen un horizonte superior orgánico negro, de unos 30 a 40 cm. de espesor sobre arena de color gris y cuyo drenaje es muy pobre.

En las superficies convexas estos suelos son de color pardo gris oscuro con textura superficial que va de arena franca a arena gravosa fina y suelta, sobre arena gravosa, en cantidades de 3 a 10 %. La roca madre se halla a profundidad variable, la que en algunos sitios, casi siempre en las superficies inclinadas, varía de 20 a 60 cm.

Respecto al uso actual, se efectúan en ellos la mayoría de los cultivos usuales de la zona, con producciones entre moderadas y buenas dependiendo del sitio.

1.3.2. Aspectos Hidrológicos

La cuenca del río Huaura pertenece a la vertiente del Pacífico y drena una hoya hidrográfica de 5,705 Km². El río recorre aproximadamente 156.4 Km., primero en dirección NSO y luego EO, con una pendiente promedio de 3.6% desde sus nacientes en el Nevado de Raura, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

La cuenca del río Huaura, se ubica en la costa central del Perú hacia el Norte del departamento de Lima.

Tomando datos de INRENA tenemos que la disponibilidad hídrica del río Huaura al 75% de persistencia presenta un caudal promedio anual de 18.77 m³/s y un volumen anual de 589.67 MMC, y al 60% de persistencia es 22.45 m³/s y volumen de 704.90 MMC.

Cuenta con una extensión de 4400 km² y con una descarga media anual de 844.63 MMC y la media mínima mensual se presenta en el mes setiembre con 10.51m³/s (28.55 MMC) y la máxima se presenta en marzo con 64.25 m³/s (172.10MMC) .Siendo el tercer río importante por su volumen del Departamento. En los mese de Diciembre a Marzo presenta sus aguas se incrementan por las precipitaciones de las zonas altas.

La cuenca del rio Huara tiene como uso y demanda para las actividades agrícola del valle Huara-Sayán la cual es importante despensa de productos alimenticios y agroindustriales de la propia como la capital de república.

1.4. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONOMICAS DEL CENTRO POBLADO

1.4.1. Población y aspectos socioeconómicos

Según los resultados del XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda que ejecutó el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) el 21 de Octubre del 2007, el distrito de Végueta cuenta con 18250 habitantes, de los cuales el 75.45% vive en zonas urbanas y el 24.55% restante en zonas rurales. Dentro de ese porcentaje mayor se encuentra el Centro Poblado de Medio Mundo.

Cuenta parcialmente con servicios públicos de agua y desagüe (75%), y si cuenta con suministro eléctrico. No obstante sus calles y avenidas principales carecen de pavimento. Entre las actividades económicas se realizan:

- Explotación de Junco y Totorá: Su explotación no está siendo manejada sosteniblemente. Cabe indicar que el 90% de los techos de los inmuebles de la zona son hechos de este material. Ver Figura N° 1.2.



Figura N° 1.2 Imagen de la Explotación del Junco

- Pesca artesanal, utilizando aparejos de pesca como atarrayas, chinchorros y mallas. La extracción en la laguna es principalmente de lisa y mojarrilla por parte de los pobladores locales. Ver Figura N° 1.3.



Figura N° 1.3 Imagen de actividad de la Pesca Artesanal

- Agricultura: La agricultura es otra actividad importante en el lugar. Entre los productos que más se cosechan, tenemos el algodón, maíz, tomate,

frijoles, camote, espárragos, maracuyá, el marigold, etc. siendo comercializados todos los productos agrícolas en Huacho y en la capital del Perú. Ver Figura N° 1.4.



Figura N° 1.4 Imagen de actividad de la Agricultura

- Pastoreo: Esta actividad se realiza por parte de pobladores de la zona donde llevan algunos animales como ovinos, caprinos y bovinos para que se alimenten de los pastos y junco.
- Comercio: Se desarrolla un comercio menos pujante, teniendo un mercado comunal externo, venta de comida y varias tiendas pequeñas de venta de abarrotes que proporciona un escaso dinamismo económico para el pueblo.

Turismo y actividades potenciales: Por su belleza paisajística, flora y fauna, posee un alto potencial turístico, siendo visitada por una cantidad creciente de turistas nacionales y extranjeros, algunos de ellos los llamados “bird-watchers”, quienes gozan de observar, estudiar y fotografiar la belleza del entorno visual integrado por el comportamiento de las diferentes variedades de aves, y por su ecosistema circundante. Por todos estos motivos existe el antecedente de haber sido declarada Zona de Reserva Turística Nacional mediante Resolución Suprema 237-83 ITI/TUR.

CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DEL RIESGO SISMICO

2.1. RIESGO, PELIGRO Y VULNERABILIDAD

2.1.1. Riesgo

Se define como riesgo, a la pérdida esperada a causa de una amenaza determinada en un elemento, durante un período específico en el futuro, se puede medir según la pérdida económica esperada o según el número de vidas perdidas o la extensión del daño físico a la propiedad. Se define también como la amenaza sísmica relativa o comparativa de un sitio a otro.

Matemáticamente se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y un cierto período de tiempo; se determina por la siguiente expresión:

$$R=P*V$$

Donde:

R = Riesgo

P = Peligro

V = Vulnerabilidad

Para evaluar el riesgo deben seguirse tres pasos: la evaluación de la amenaza o peligro; el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo.

2.1.2. Peligro

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. En general, se hace extensivo el término intensidad a cualquier otra característica de un sismo, tal como su magnitud, la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad, el valor espectral del desplazamiento del suelo, el valor

medio de la intensidad Mercalli Modificada u otro parámetro. La ocurrencia de un evento sísmico es de carácter aleatorio y la Teoría de las Probabilidades es aplicable en el análisis del riesgo de su ocurrencia.

La diferencia entre peligro y riesgo radica en que el peligro está relacionada con la probabilidad de que se manifieste un evento natural o un evento provocado, mientras el riesgo está relacionado, con la probabilidad de que se manifiesten ciertas consecuencias, las cuales están íntimamente relacionadas no solo con el grado de exposición de los elementos sometidos si no con la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento.

2.1.3. Vulnerabilidad

Se define como el grado de pérdida de elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total.

En términos generales la vulnerabilidad puede entenderse, como la predisposición de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles razones externas, y por lo tanto su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante las interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso.

2.2. FACTORES QUE PROPICIAN LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS ESTRUCTURAS

Existe un número de factores distintos que afectan la vulnerabilidad general de una estructura.

Todas las estructuras se comportan de diferente forma bajo la acción de los sismos debido a los materiales empleados en su construcción, la disposición de los elementos estructurales, el sistema estructural, la forma, geometría y configuración del edificio, la calidad de la construcción, los criterios o códigos de diseño, el mantenimiento que recibe el edificio y otros factores, lo que hace de cada edificación un caso en particular.

2.2.1. Calidad y mano de obra

Debe ser obvio decir que un edificio que está bien construido será más fuerte que uno que está mal construido, se presenta la dificultad de definir lo que constituye "bueno" y "malo". El dejar una discriminación para estas condiciones de una manera subjetiva es mejor que el no incorporarlas del todo. El uso de materiales de buena calidad y buenas técnicas de construcción resultará en un edificio que resistirá en mejor forma la vibración que uno donde se usan materiales de baja calidad, así como mano de obra deficiente. En el caso de los materiales, la calidad del mortero es de particular importancia al igual que la mampostería dando como resultado un edificio fuerte, por el contrario si el mortero es alta calidad pero la mano de obra de mala calidad agregando recortes de presupuestos, tal como el error de no anclar adecuadamente los segmentos de la estructura dará como resultado una estructura final no satisfactoria.

2.2.2. Estado de preservación

Un edificio que se le ha dado el mantenimiento en forma adecuada funcionará de acuerdo a la resistencia esperada que generan los otros factores. Un edificio que se le ha permitido decaer puede estar significativamente más débil. Esto se puede observar en los casos de edificios abandonados así como en los que existe una falta evidente de mantenimiento. Un caso particular a ser mencionado es el caso de edificios previamente dañados (por un terremoto previo, donde se han manifestado series de grietas). Dichos edificios pueden responder muy pobremente, a un sismo de poca magnitud el cual puede causar daños desproporcionados (incluyendo colapso). Tenemos que tener claro que la aplicación de repello reciente y capas de pintura bonita no necesariamente conllevan a una reparación adecuada del sistema estructural del edificio.

2.2.3. Regularidad

Desde el punto de vista de la sismo resistencia, el edificio ideal sería un cubo en el cual todas las variaciones en la rigidez (como las gradas) están dispuestas en forma simétrica. Lamentablemente estos no funcionarían adecuadamente y

serían rechazados estéticamente, se puede esperar variaciones más o menos significativas en la mayoría de edificios con respecto a este plan perfecto. Entre mayor sea la discrepancia en simetría y regularidad, mayor será la vulnerabilidad del edificio con relación a la vibración sísmica, es posible observar el daño a edificios en los cuales la irregularidad ha contribuido claramente al daño. La regularidad estructural se refiere específicamente a dimensiones y relaciones geométricas.

Las irregularidades graves se pueden identificar fácilmente; por ejemplo, edificios diseñados en los planos con formas de L son comunes y están sujetos a efectos torsionales que pueden aumentar dramáticamente los daños sufridos. No sería inteligente asumir que un edificio acata las normas de regularidad solamente debido a que posee una simetría en sus dimensiones exteriores. Aun si la planta es regular, pueden surgir problemas en edificios que poseen una asimetría marcada en el arreglo interno de componentes de rigidez variable. Un aspecto notable en este caso es la posición de cavidades para elevadores y gradas.

Se encuentra frecuentemente casos de edificios en los cuales un piso (usualmente el más bajo) es significativamente más débil que los otros; algunas veces será muy abierto (sin muros) solo con columnas que soportan los pisos superiores. Tales casos se conocen como pisos débiles y son susceptibles a colapsar. De igual forma los ventanales amplios a lo largo de un edificio pueden introducir efectos similares.

En algunos casos las modificaciones subsecuentes pueden afectar adversamente edificios que tenían un buen nivel de regularidad. Por ejemplo, la conversión del primer piso de un edificio en una cochera o almacén puede debilitarlo (creando un piso débil); la construcción de una extensión de un edificio puede introducir irregularidades en la planta e introducir irregularidades de rigidez y período sobre toda la estructura.

Edificios antiguos de mampostería pueden haber sido modificados extensivamente a lo largo de varios años, resultando en desniveles en los pisos, así como losas en distintos niveles de pendientes y casos similares.

2.2.4. Ductilidad

La ductilidad representa una medida de la capacidad de un edificio para tolerar cargas laterales en el rango post-elástico, disipando la energía del terremoto y creando daños controlados en forma dispersa o en forma localmente concentrada, dependiendo del tipo de construcción y del tipo de sistema estructural.

La ductilidad puede estar en función directa del tipo de construcción; viviendas bien construidas de acero tienen una alta ductilidad y por lo tanto resisten la vibración en forma adecuada, en comparación a los edificios más quebradizos tales como las viviendas de mampostería no reforzada.

En los edificios diseñados en forma sismorresistente, los parámetros que determinan las características dinámicas del edificio (rigidez y distribución de masas) se controlan y la calidad de transformación y disipación de energía se aseguran en los acoplamientos entre el piso, los cimientos y los elementos estructurales.

2.2.5. Localización

La localización de un edificio con respecto a otros edificios en la vecindad puede afectar su comportamiento durante un terremoto. En el caso de una fila de viviendas en una cuadra, por lo general son las viviendas situadas en los extremos de la fila o las situadas en la esquina las que se ven más afectadas, Esto debido a que un extremo de la vivienda está anclado a la vivienda vecina, mientras que el otro lado no, generando irregularidad en la rigidez general de la estructura, lo que conlleva a un daño mayor.

Se pueden ocasionar daños severos cuando dos edificios altos con períodos naturales distintos están situados muy cerca el uno del otro. Durante el terremoto, ambos pueden mecerse a frecuencias distintas y chocarse el uno contra el otro, causando un efecto conocido como "golpeteo".

2.2.6. Suelos no favorables

Los peligros geológicos pueden afectar grandemente a una estructura. Es importante resaltar que la interacción entre el suelo y la estructura puede ocasionar que ésta entre en resonancia si los períodos naturales de vibración del suelo y la estructura son similares. Las estructuras bajas poseen períodos de vibración rápidos, similares a los suelos rígidos; las estructuras altas, son de período de vibración lento, similares a los suelos blandos, en los cuales se producen mayores amplitudes de movimiento, por lo que estructuras asentadas en suelos que favorezcan la condición de resonancia son más vulnerables.

Otra condición crítica podría producirse por suelos mal compactados o distintos tipos de suelo en el área del edificio, lo que podría ocasionar asentamientos diferenciales o diferentes tipos de vibración. Arenas sueltas no cohesivas, con grandes contenidos de humedad favorecen el fenómeno de licuación, el cual consiste en que el suelo se comporta momentáneamente como “arena movediza”, es decir prácticamente como un líquido, debido a las presiones y movimientos del sismo, lo cual desencadena asentamientos permanentes en las estructuras que se encuentran sobre este tipo de suelo.

La existencia de estos factores no implica, necesariamente, que la estructura sea vulnerable, ya que un buen análisis y diseño de la estructura sustentante del edificio, permitiría un comportamiento sísmico adecuado.

2.2.7. Cambio de uso

Es común encontrar edificios que se han diseñado para tener usos residenciales o de oficinas, por ejemplo, en los cuales se ha cambiado el uso de uno, de varios niveles, o de algunas partes de algún nivel, para ser utilizado como archivo o bodega, lo que cambia la magnitud de las cargas vivas y muertas que actúan en estos pisos. En casos críticos, cuando el incremento y la concentración de las cargas es considerable éstas pueden, incluso, afectar el período natural de vibración de la estructura, lo cual afecta la respuesta sísmica de la estructura.

2.3. ESCALAS DE MEDICION DE LOS SISMOS

La medición se debe realizar por dos maneras diferentes de medir los sismos: por su intensidad y por su magnitud. La escala más usada para conocer la magnitud de un sismo es, justamente, la que propuso Richter y que se expresa con números arábigos con aproximaciones hasta decimos.

2.3.1. Escala de intensidad

La intensidad de un sismo está asociada a un lugar determinado y se asignan en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y en general, en el terreno en dicho sitio. Esta medida resulta un tanto subjetiva, debido a que la forma de medirse depende de la sensibilidad de cada persona y de la apreciación que se tenga de los efectos. La Escala de Mercalli Modificada es una de las más conocidas para determinar la intensidad y la podemos ver en la Figura N° 2.1.

Intensidad	Descripción
I	Detectada por instrumentos muy sensible
II	Sentido únicamente por personas en estado de reposo
III	Sentido en el interior de las edificaciones mediante vibraciones similares al paso de un camión
IV	Movimientos de platos, ventanas, lámparas
V	Ruptura de platos, ventanas y otros
VI	Caída de acabados, chimeneas, daños estructurales menores
VII	Daños considerables en edificios mal construidos
VIII	Caída de paredes, monumentos, chimeneas
IX	Movimiento de fundaciones en edificios de mampostería, grandes grietas en el suelo, rotura de tuberías
X	Destrucción de la mayoría de mampostería, grandes grietas en el suelo, doblamiento de rieles de ferrocarril, derrumbes y deslizamientos
XI	Solo muy pocas construcciones permanecen, ruptura de puentes
XII	Daño total, presencia de ondas en la superficie, distorsión de líneas de nivel, objetos arrojados al aire

Figura N° 2.1 Escala de Mercalli Modificada

La asignación de intensidades debe hacerse lo más pronto posible después de sucedido un sismo; también es empleada para caracterizar posibles situaciones futuras.

2.3.2. Escala de magnitud

Es una escala estrictamente cuantitativa, aplicable a sismos ocurridos en regiones habitadas o no, que fue desarrollada por Charles Richter, utilizando las amplitudes de las ondas registradas por un sismógrafo, Richter en 1932 definió la escala de Magnitud, basada en la medición de un gran número de sismos en la costa de California. La escala de Richter es una de las más usadas para calcular la magnitud.

Ésta es una escala logarítmica: La magnitud de un sismo aumenta 10 veces de un grado al siguiente. Por ejemplo, un temblor de grado 5 es 10 veces más intenso que uno de grado 4 y un temblor de grado 8 no es el doble de intenso que uno de grado 4, sino 10000 más fuerte. Ver Figura N° 2.2.

Valor en la escala de Richter	Amplitud máxima de las ondas (en milésimas de milímetro)
3	1 000 (1 milímetro)
4	10 000 (1 centímetro)
5	100 000 (10 centímetros)
8	100 000 000 (100 metros)

Figura N° 2.2 Escala de Richter

2.4. VULNERABILIDAD SISMICA

A partir de experiencias de terremotos pasados se ha observado que ciertas estructuras, dentro de la misma tipología estructural, experimentan un daño más severo que otras, a pesar de estar ubicadas en la misma zona. Si al grado de daño que sufre una estructura, ocasionado por un sismo de determinadas características, se le denomina Vulnerabilidad, se puede entonces en calificar los edificios en más vulnerables o menos vulnerables frente a un mismo evento sísmico. El ser más o menos vulnerable ante un sismo de determinadas características es también una propiedad intrínseca de cada estructura, por

tanto, independiente de la peligrosidad del sitio de emplazamiento. Esto quiere decir, que una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo, a menos que se encuentre en un sitio con cierta peligrosidad sísmica.

La vulnerabilidad sísmica de una estructura, grupo de estructuras o de una zona urbana completa, se define entonces, como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño.

El concepto de vulnerabilidad sísmica es indispensable en estudios sobre riesgos sísmicos y para la mitigación de desastres por terremotos. La mitigación de desastres, corresponde a la totalidad de las acciones que tienen como objetivo la mejora del comportamiento sísmico de los edificios de una zona, a fin de reducir los costos de daños esperados durante el terremoto. Así, es evidente que para mitigar el riesgo sísmico de una zona, es necesario disminuir la amenaza, la vulnerabilidad y el costo de reparación de las estructuras afectadas. El conocimiento adecuado de la amenaza sísmica existente, permite definir tanto la acción que debe considerarse en el diseño de nuevas estructuras como el sitio donde pueden ser construidas, de tal forma que las condiciones de los emplazamientos sean optimas, esto es: alejando las fallas, evitando los rellenos, los lugares con posibles asentamientos o deslizamientos y los de alto potencial de licuefacción. Sin embargo, poco puede hacerse para reducir la amenaza a la que están expuestas las estructuras existentes, por lo tanto, si se desea disminuir el riesgo, se requiere una intervención directa sobre la vulnerabilidad.

El conocimiento del comportamiento sísmico de las estructuras, permite definir los mecanismos y acciones de refuerzo requeridos para la reducción de los efectos provocados por los movimientos del terreno. Para el caso de construcciones nuevas, pueden plantearse nuevos sistemas constructivos.

En la actualidad, el análisis de vulnerabilidad sísmica de las diferentes estructuras existentes en nuestro medio, esto es: edificios, componentes de líneas vitales, estructuras esenciales, entre otras, se encuentran en un nivel avanzado debido a la gran cantidad de estudios. De igual forma, se han desarrollado un gran número de propuestas para la evaluación de la

vulnerabilidad sísmica a diferentes niveles de detalle, y se han hecho numerosas aplicaciones en varias regiones del mundo. No obstante en países en vías de desarrollo y con un bajo control del diseño sismo resistente, como es en el caso de Perú, poco se ha hecho para reducir la vulnerabilidad sísmica de las estructuras existentes, con lo cual, ante movimiento de intensidad moderada y alta, el número de pérdidas de vidas humanas y la magnitud de los daños físicos, sociales y económicos, han originado verdaderas catástrofes sísmicas.

Las aplicaciones de los estudios de vulnerabilidad en entornos urbanos, debe considerar tanto los aspectos estructurales como los funcionales, operativos y urbanos, para que puedan proporcionar información útil para la prevención de desastres, la planificación y el ordenamiento del territorio. En este sentido, constituyen un importante punto de partida para la toma de decisiones relacionadas con la rehabilitación o demolición de edificios peligrosos, la ubicación de hospitales y puestos de auxilio de una determinada zona. El primer paso de un estudio de vulnerabilidad consiste en definir su naturaleza y alcance, lo cual está condicionado por varios factores, tales como: el tipo de daño que se pretende evaluar, el nivel de amenaza existente en la zona, la información disponible sobre las estructuras, entre otras. Cuando todos estos factores se tengan, se prosigue a determinar la vulnerabilidad de las estructuras por medio del método escogido.

Para la determinación de la vulnerabilidad estructural, existen métodos de análisis cualitativos y cuantitativos o analíticos de distintos grados de complejidad.

2.4.1. Métodos Analíticos

Los métodos cuantitativos se basan en el análisis que no por exhaustivos son necesariamente más precisos. Típicamente son extensiones propias de los procedimientos de análisis y diseño antisísmico recomendados por las normas. Tienen su fundamento en un modelo calibrado que tiene en cuenta el análisis dinámico inelástico del edificio, que permite conocer el proceso de plastificación paso a paso y el posterior colapso de la estructura. La aplicabilidad de estos métodos ha sido muy discutida, ya que requieren una alta complejidad en el

modelo utilizado y la evaluación del comportamiento de las edificaciones ante la posible ocurrencia de acción sobre la estructura. Entre los métodos más usados, están el método FEMA 178, el Método ATC-14 y el método FEMA-273, los cuales describiremos en forma muy breve a continuación.

Método FEMA 178

El Building Safety Council de EE.UU desarrolló este método, el cual es empleado para realizar la evaluación y el diagnóstico sísmico de cualquier edificación existente. Las guías y procedimientos del FEMA-178 son utilizados únicamente para evaluar la capacidad de la edificación en cuanto a si es peligrosa para ser ocupada o no, y evalúa el uso después del terremoto.

La metodología del FEMA-178 plantea una serie de interrogantes para el sistema estructural, pórticos resistentes a momentos, diafragmas, conexiones y amenazas geológicas, entre otros, los cuales están diseñados para describir defectos, puntos débiles o zonas vulnerables de la edificación. El análisis realizado por medio de este método se debe de llevar a cabo mediante procedimientos simples y en caso de resultar que la edificación es cuestionable, se deberá realizar una investigación más detallada.

Método ATC-14

Hace énfasis en la determinación de los “puntos débiles del edificio” con base en la observación de daños en edificios similares, producidos por eventos sísmicos anteriores.

Para determinar la vulnerabilidad de una edificación, se deben calcular los esfuerzos cortantes actuantes y los desplazamientos relativos del entrepiso. Con las fuerzas cortantes en los entrepisos se calcula el esfuerzo promedio V_{av} de los elementos resistentes verticales del edificio, el cual se compara con el esfuerzo estimado del material mediante la relación $V_{av}/4.26$; si esta relación es menor que uno, indica que la estructura presenta problemas de corte y que requiere de un análisis estructural más detallado.

Método FEMA-273

Está diseñado para identificar los elementos estructurales que podrían tener un mal comportamiento frente a la ocurrencia de un evento sísmico, porque tienen

poca capacidad o resistencia. Además, define diferentes técnicas y criterios de diseño que permiten alcanzar diferentes niveles de desempeño sísmico de la edificación. Dentro de los niveles de desempeño sísmico se encuentran, el nivel de ocupación inmediata, el nivel operacional, nivel de protección de la vida y el nivel de prevención de colapso y su escogencia del comportamiento que se espere de la edificación durante y después de un sismo.

El procedimiento del FEMA-273 permite hacer una simplificación o una rehabilitación sistemática. La rehabilitación simplificada es usada para edificaciones bajas, de configuración geométrica sencilla y generalmente en zonas de amenaza sísmica baja e intermedia. La rehabilitación sistemática, se basa en el comportamiento no lineal de la respuesta de la estructura y revisa cada elemento estructural, para verificar la interacción aceptable de los desplazamientos esperados y de las fuerzas internas en los elementos estructurales.

2.4.2. Métodos Cualitativos

Para realizar el estudio de vulnerabilidad de un conjunto de edificios, se han desarrollado múltiples métodos cualitativos que permiten hacer la evaluación de forma rápida y sencilla. Estos métodos son usados para obtener un estimado de la vulnerabilidad de las edificaciones, lo que permite conocer el comportamiento de una zona urbana ante la ocurrencia de algunos fenómenos naturales, proporcionando con esto una herramienta muy importante para los planes de prevención y mitigación de desastres.

Dentro de los métodos cualitativos que han sido desarrollados se encuentran las Técnicas de Screening, el método ATC-21, el método NAVFAC, los métodos japoneses, el método Venezolano, el método ISTC, el método del Índice de Vulnerabilidad y el método de la AIS.

Método ATC-21

Conocido también como el método de revisión por filtro de peligros sísmicos potenciales en edificaciones existentes. Es un método muy sencillo que se basa en darle una calificación inicial a la edificación, a la cual se le suman o restan

puntos a medida que avanza la revisión y se filtran las características estructurales de la misma. Esta calificación inicial depende del tipo de estructura y del sistema de resistencia sísmica que tenga el edificio.

Los parámetros que este método tienen en cuenta para sumar o restar al puntaje inicial son la altura del edificio, las irregularidades geométricas, la flexibilidad de los pisos y la existencia de torsión en planta, la calificación obtenida al final de la revisión varía entre 0 y 6, siendo 2 la calificación sugerida como límite para definir la seguridad de la edificación. El resultado de la evaluación por este método puede ser considerado como una evaluación preliminar y de obtener que un edificio sea inseguro deberá ser evaluado utilizando los procedimientos del NSR-98 o del FEMA-273.

Método NAVFAC

Determina el índice de daños que un sismo puede causar en una estructura, evaluando la capacidad de la misma por medio del coeficiente de corte basal resistente (C_b), el desplazamiento al tope de la estructura (S) y el periodo (T). Si el índice de daño global es mayor que el 60% se debe proceder a realizar una evaluación más detallada de la estructura.

Métodos Japoneses

Entre los métodos japoneses, se encuentran el Método de Hirosawa, el cual es el método utilizado oficialmente en el Japón por el ministerio de construcción, en la evaluación de la seguridad sísmica de edificios de concreto armado. El método recomienda tres niveles de evaluación, que van de lo simple a lo detallado, y se basa en análisis del comportamiento sísmico de cada piso del edificio en las direcciones principales de la planta.

El método fue propuesto originalmente para ser utilizado en edificios de concreto armado de altura media existentes o dañados, del orden de seis a ocho pisos estructurados con muros o pórticos. En estudios más recientes el método se ha aplicado en edificios de concreto armado y albañilería.

Método del ISTC

Determina la vulnerabilidad de un grupo de edificios cuya estructura esta soportada por muros de mampostería de tipologías y características constructivas similares, evaluando la capacidad resistente del edificio por medio de dos parámetros, I1 e I2, que representan los dos posibles modos de rotura en los muros. Con estos índices se calcula el índice I3, que es utilizado para determinar, en conjunto con los otros dos, la vulnerabilidad de edificio sobre la base de función de vulnerabilidad propuesta por el ISTC.

Método del Índice de Vulnerabilidad

El método del índice de vulnerabilidad (BENEDETTI y PETRINI, 1984), 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. Esta es una ventaja sobre los métodos que clasifican las construcciones por tipologías, material, año de construcción como son el ATC-13 y las escalas de EMS-98, MSK, entre otros. Esta metodología considera aspectos como el tipo de suelo sobre el cual están los cimientos y la inclinación que estas presentan, así como la configuración en planta y elevación, el sistema de organización resistente para ver el grado de organización de los elementos, la tipología estructural, resistencia de la edificación ante cargas sísmicas, el sistema de losa y como está unido al sistema resistente, la ubicación de elementos no estructurales, entre otros.

La importancia de este método, es que se puede aplicar para edificios de mampostería No estructural y para edificios de concreto armado, el cual son los dos tipos de edificaciones que más encontramos en nuestro medio. En cada uno de los dos tipos de estructuras, se evalúan once parámetros, y a cada uno se le da una importancia. Al final la sumatoria de los once parámetros multiplicados por sus coeficientes, da el índice de vulnerabilidad de la estructura, en la que a medida que va subiendo, ese valor, la edificación es más vulnerable.

Método de la AIS

Determina la vulnerabilidad sísmica de viviendas de mampostería, evaluando aspectos geométricos. Constructivos y estructurales. Dentro de los aspectos que se evalúan están, la irregularidad en planta y en altura, la cantidad de muros, la

calidad de las juntas de pega en mortero y de los materiales, las vigas de amarre, los muros confinados y reforzados, cimentación, suelos, entorno, entre otros. Cada uno de ellos se califica mediante visualización y la comparación con patrones generales. Esta calificación se realiza en tres niveles: Vulnerabilidad baja, vulnerabilidad media y vulnerabilidad alta.

Finalmente, después de que se haya obtenido y calificado toda la información requerida, se hace una calificación global de la vulnerabilidad sísmica de la vivienda, con base en las deficiencias que presenta cualquiera de los aspectos estudiados.

CAPÍTULO III: METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD

3.1. INTRODUCCION

Una de las características principales que se encuentran en la mayoría de estructuras, es que el material predominante es la mampostería no estructural, ya sea como sistema resistente, o como sistema de muros de entre pisos, haciéndolas más vulnerables debido a la falta de ductilidad de estas, convirtiéndose así la estructura en frágil, lo cual hace que estén expuestas a un riesgo sísmico alto. Esto acompañado de un mal diseño estructural, ya sea por falta de normas al momento del diseño o por un diseño deficiente por parte del ingeniero, o en el peor de los casos no hubo presencia de un ingeniero, así como una mala estructuración y un estado de conservación con deterioro en sus elementos estructurales y no estructurales, hace que las edificaciones en nuestro medio sean necesariamente estudiadas, para así poder conocer la situación de ellas y lograr buscar diferentes mecanismos para reducir el riesgo sísmico.

Las líneas de investigación actuales sobre riesgo sísmico se han enfocado al estudio del comportamiento sísmico de los edificios, gracias al importante desarrollo alcanzado en los métodos de análisis estructural y a las técnicas experimentales que permiten conocer las características mecánicas de los edificios construidos, además del mejoramiento de las normas de diseño sismo resistente para la construcción de nuevos edificios. Sin embargo, los sismos siguen ocasionando muchos daños a las edificaciones. Las razones pueden ser que los métodos de análisis no han sido lo suficientemente eficaces para reducir el daño en los edificios, o quizás, que los programas de mitigación de riesgo sísmico no se han aplicado correctamente en el caso que existan. Probablemente esta última es la más factible, es decir, por falta de programas de planeación, las consecuencias tanto de pérdidas humanas como de daños en los edificios han sido devastadores.

Los programas de planeación o mitigación sísmica, permite tomar las acciones adecuadas en las zonas donde se ha determinado que la vulnerabilidad o el riesgo sísmico sea alto o moderado. Para esto se necesita que la metodología elegida para evaluar la calidad estructural o vulnerabilidad sísmica de los

edificios se adecue a los objetivos planteados en el estudio. Es decir, aplicar metodologías detalladas implicaría costos muy elevados que en muchos casos no son viables e incluso inadecuados, si es una zona de baja peligrosidad, sin embargo, aplicar metodologías simplificadas podrían eliminar aspectos importantes para poder conocer el comportamiento general de un área. Por tal motivo, se eligió una metodología que no se encuentre en ninguno de los casos extremos, tratando de aprovechar las ventajas de cada uno de ellos, para realizar estudios a nivel urbano.

3.2. VULNERABILIDAD SISMICA

La vulnerabilidad sísmica de una estructura se define como el grado de daño debido a la ocurrencia de un movimiento sísmico del terreno de una intensidad determinada. Ya habiendo entendido este concepto, se hará un análisis más detallado sobre él.

El grado de daño que puede sufrir una estructura puede ser de dos tipos: a) Daño estructural o daño que se produce en elementos que forman parte del sistema resistente de la edificación, y b) Daño no estructural que ocurre en los elementos que no forman parte del sistema resistente principal, incluyendo el daño arquitectónico, daño en los sistemas mecánicos, eléctricos, sanitarios y daño en el contenido del edificio. El daño estructural depende del comportamiento de los elementos del esquema resistente sean vigas, columnas, muros de corte, sistemas de piso, etc., y puede cuantificarse mediante un indicador de daño local, es decir, un indicador del daño ocasionado en el elemento asociándolo luego a un indicador de daño global de toda la estructura en conjunto. El indicador global se estima a partir de las contribuciones ponderadas de los indicadores de daños locales. Por otra parte, el daño no estructural se evalúa en función de las deformaciones y distorsiones que sufra la estructura y en ocasiones a partir de las aceleraciones que experimenta.

Desde el punto de vista de los costos financieros, se requiere conocer un índice de daño económico de la estructura, que agrupe de alguna manera los índices de daños anteriores. Se define como:

Índice de daño económico = Costo de reparación del daño/ Costo de reposición

3.3. METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD (BENEDETTI Y PETRINI)

El método del índice de vulnerabilidad se comienza a desarrollar en Italia con motivo de los estudios post-terremoto realizados a partir de 1976. El método se describe en 1982, año a partir del cual empieza su utilización en numerosas ocasiones. Como resultado de ello se obtiene un importante banco de datos sobre daños de edificios para diferentes intensidades de terremotos y las comprobaciones realizadas demuestran buenos resultados en la aplicación del método. El método de Índices de Vulnerabilidad puede clasificarse como subjetivo, debido a que realiza una calificación subjetiva de los edificios apoyándose en cálculos simplificados de estructuras, intentando identificar los parámetros más relevantes que controlan el daño estructural. La calificación de los edificios se realiza mediante un coeficiente denominado índice de Vulnerabilidad. Este índice se relaciona directamente con la vulnerabilidad de la estructura mediante funciones de vulnerabilidad. Estas funciones permiten formular el índice de vulnerabilidad para cada grado de intensidad macro sísmica de terremoto y evaluar de manera rápida y sencilla la vulnerabilidad sísmica de edificios, condiciones que resultan imprescindibles para desarrollar estudios urbanos a gran escala.¹

El método ha sido desarrollado tanto para el estudio de estructuras de mampostería como para el de estructuras de concreto armado; sin embargo, gran parte del esfuerzo realizado para su estudio y aplicación ha sido dedicado a las estructuras de mampostería, debido a la gran cantidad de edificios existentes. La concepción del mismo método la hace aplicable a muchas tipologías de los dos grandes grupos de estructuras mencionadas, lo cual evita el enorme problema de tener que describir detalladamente la tipología específica de cada estructura y tener que utilizar descripciones de daño y funciones de vulnerabilidad que respondan exclusivamente a esa tipología, tal como lo hacen otros métodos existentes de evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Esta es una de las principales ventajas que hace al método italiano más eficiente.

El método del índice de vulnerabilidad identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto. El método

¹ Caballero Guerrero Álvaro, 2007. Ref. Bibliográfica 2

califica diversos aspectos de los edificios tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología. El método del índice de vulnerabilidad, enmarcándose dentro del grupo de métodos de vulnerabilidad observada, identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en un edificio ante una sollicitación sísmica. Los estudios de la configuración en planta y elevación, el tipo y calidad de los materiales utilizados, la posición y la cimentación del edificio, la disposición de los elementos estructurales, así como el estado de conservación de la estructura, son calificados individualmente en una escala numérica afectada por un factor de peso, que trata de resaltar la importancia de un parámetro respecto al resto. A partir de los valores de los parámetros obtenidos de esta manera, se realiza una calificación global del edificio en una escala numérica continua.

Método del Índice de Vulnerabilidad para estructuras de Mampostería No Reforzada:

El método del índice de Vulnerabilidad, como se había dicho anteriormente, se aplica principalmente a estructuras de albañilería, ya que la mayoría de estructuras son de este tipo.

El primer punto que se encuentra en este formulario es el tipo y organización del sistema resistente, el cual se evalúa el grado de organización de los elementos de la estructura resistente vertical, sin tomar en cuenta el material utilizado. Es más bien como tener en cuenta si se tuvo referencia a alguna norma sismorresistente, y el estado de las conexiones realizadas entre vigas de amarre o vigas corona, con los muros en todos los niveles de la estructura. El segundo punto trata sobre la calidad del sistema resistente en el que se evalúa el tipo de mampostería utilizada, diferenciándola cualitativamente por su resistencia. Aquí se tienen en cuenta es la tipología estructural resumida en dos factores: El tipo de material utilizado y la forma del elemento de mampostería, y la homogeneidad de dicho material y de los elementos a lo largo del panel de la estructura. El tercer punto hace referencia a la resistencia convencional en la que se evalúa la fiabilidad de la resistencia que puede presentar el edificio frente a cargas horizontales.

El cuarto punto es la posición del edificio y de la cimentación, en la que mediante una inspección visual se evalúa la influencia del terreno y de la cimentación,

castigando así a la edificación mientras en más malas condiciones se encuentre el suelo, y la pendiente del terreno sobre la cual está cimentada. La evaluación de este parámetro parece incompleta y difícil, ya que la observación de cotas de cimentación no siempre es posible a simple vista, requiriéndose examinar los planos estructurales de la cimentación, pero esto es muchas veces complicado, debido a que la mayoría de las estructuras en estudios son antiguas y no presentan planos de este tipo, o están incompletos. El quinto punto es el de los diafragmas horizontales en el que se evalúa la calidad del sistema resistente de la losa de entrepiso. Aquí se ve calidad de la conexión que existe entre la losa y el sistema de muros, así como la ausencia de planos de desnivel. El sexto y séptimo punto es la configuración en planta y la configuración en elevación. El Octavo punto es sobre el espaciamiento máximo entre muros, el cual tiene en cuenta el espaciamiento excesivo posible entre muros ubicados transversalmente a los muros maestros. El noveno punto es sobre el tipo de cubierta en la que factores como la tipología de la cubierta y su peso, determinan la influencia de ella ante el comportamiento sísmico del edificio.

El décimo punto es sobre los elementos no estructurales y su importancia ante la presencia de un sismo, que influye en el efecto de un peligro colateral. Y el onceavo y último punto es sobre el estado de conservación actual de la estructura, ya que esta influye directamente en el comportamiento de la estructura ante la presencia de un sismo.

Cuantificación del Índice de Vulnerabilidad:

Una vez obtenida todas las cuantificaciones (A, B, C o D) de cada uno de los once parámetros de la estructura, se determina el Índice de Vulnerabilidad, por medio de una suma ponderada del valor de cada parámetro multiplicado por un peso de importancia, mediante la siguiente ecuación:

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

En el siguiente cuadro se indica la escala numérica del índice de vulnerabilidad, la cual fue desarrollada por Benedetti,

Cuadro N° 3.1 Escala numérica del índice de Vulnerabilidad de Benedetti para albañilería

N°	Parámetro	kiA	kiB	kiC	kiD	Peso Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8	Separación máxima 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: Caballero Guerrero Alvaro, 2007. Ref. Bibliográfica 2

Como se puede observar en el cuadro N° 3.1, el Índice de Vulnerabilidad de la estructura puede estar entre 0 y 382.5, en el que a medida que este valor sea mayor, más vulnerable es la estructura. Los valores K_i y W_i que se observan en la tabla, son puramente subjetivos y se obtuvieron de la experiencia de sus creadores.

Método del Índice de Vulnerabilidad para estructuras de concreto armado:

El otro tipo de estructura que se puede utilizar para aplicar el método del índice de vulnerabilidad, es la de concreto armado. En este método también presenta once parámetros, que aunque algunos son parecidos al de mampostería no reforzada, otros tienen diferencia, especialmente a los que requieren de cálculos. Otra diferencia es que cada parámetro clasifica a las estructuras entre A, B, y C, y no como en el caso de las estructuras de mampostería que son hasta D, el cual hace que la clasificación de las estructuras de concreto armado sea un poco más estrecha.

Evaluación del índice de Vulnerabilidad:

Una vez obtenida todas las calificaciones (A, B o C) de cada uno de los once parámetros analizados del edificio, se procede a asignar un valor numérico a cada clase de acuerdo a una escala similar a la utilizada para la estructura de mampostería No Reforzada. La tabla se indica a continuación:

Cuadro N° 3.2 Escala numérica del índice de Vulnerabilidad para concreto armado

N°	Parámetro	kiA	kiB	kiC
1	Organización del sistema resistente	0	6	10
2	Calidad del sistema resistente	0	6	10
3	Resistencia convencional	0	11	22
4	Posición del edificio y cimentación	0	2	4
5	Diafragmas horizontales	0	3	6
6	Configuración en planta	0	3	6
7	Configuración en elevación	0	3	6
8	Separación máxima entre muros	0	3	6
9	Tipo de cubierta	0	3	66
10	Elementos no estructurales	0	4	10
11	Estado de conservación	0	10	20

Fuente: Caballero Guerrero Alvaro, 2007. Ref. Bibliográfica 2

CAPÍTULO IV: ASPECTOS GENERALES DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)

4.1. INTRODUCCION

A finales de los años 70's 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's, 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.

4.2. DEFINICION DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)

Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Existen otras muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con el estudio científico de la biodiversidad. Tratando de integrar todos los aspectos que componen un SIG, se hace la siguiente definición:

“Los SIG son un sistema organizado de equipo informático, software, datos geográficos y descriptivos, así como diseños personales para hacer más eficiente la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y despliegue de todas las formas de información georeferenciada”

La palabra SIG es un acrónimo de tres palabras básicas: Sistemas, Información y Geográfica, cuyo significado permite un fácil entendimiento.

- **Sistemas:** este término se utiliza para representar los subsistemas que integran los SIG, es decir, un ambiente de trabajo complejo que se divide en diferentes componentes para una mayor facilidad de entendimiento y de manejo, pero considerándolas como parte integral de un todo. El avance en la informática ha ayudado e incluso necesitado de esta división para que la mayoría de los SIG se pudieran automatizar.

- **Información:** esta palabra representa la gran cantidad de datos que normalmente se requieren y manipulan en un SIG, es decir, todos los objetos del “mundo real” tienen su propio grupo de características o atributos descriptivos en forma alfanumérica no espacial, formando la parte fundamental de la información de cada elemento geográfico que se encuentre en un estudio.

- **Geográfica:** este término es la base de los SIG, ya que tratan primero cada elemento del “mundo real” de una forma geográfica o espacial. Es decir, estos elementos están referenciados o relacionados con una posición específica en el espacio. Sin embargo, estos elementos no sólo pueden ser físicos sino que también pueden ser culturales o económicos. Por ejemplo, los elementos en un mapa son una representación gráfica de los objetos espaciales del “mundo real”, así como los símbolos, colores y estilos de líneas que se utilizan para representar los diferentes elementos espaciales de un mapa en dos dimensiones.

Con todo esto se puede observar que tanto la geografía, como los datos descriptivos son parte fundamental de nuestro mundo, es decir, cualquier decisión que se tome está restringida, influenciada o indicada por algún hecho

geográfico, dependiente de un concepto descriptivo. Los SIG permiten representar las características de los elementos de un estudio en diferentes capas y temas (ver figura N° 4.1), como pueden ser la hidrología, la topografía, el uso de la tierra, el tipo de suelo, la demografía, la división política, etc.

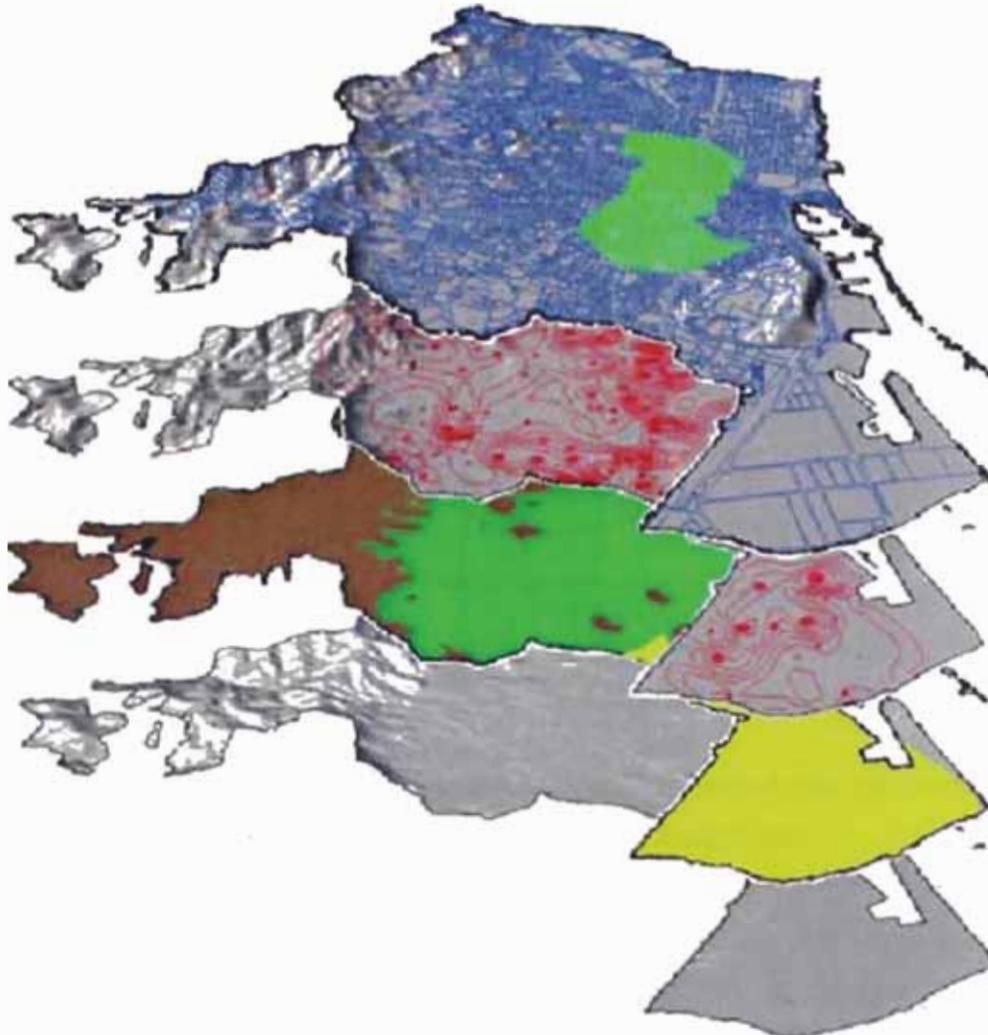


Figura N° 4.1 Representación de área geográfica con diferentes temas y capas

4.3. COMPONENTES DE UN SIG

Como ya se ha mencionado un SIG es un sistema integrado 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 N° 4.2 esquematiza los principales componentes de un SIG y la forma de interactuar entre, cuya descripción se muestra a continuación.

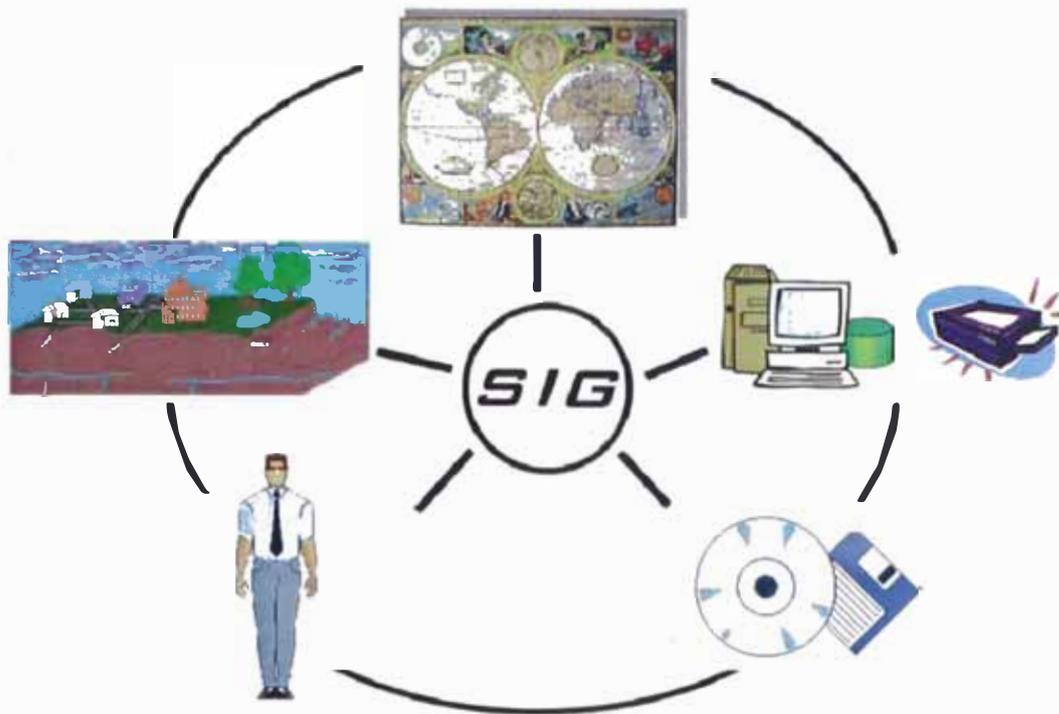


Figura N° 4.2 Principales componentes de un SIG

4.3.1. Información Georeferenciada

Con el equipo informático y software seleccionado, se introducen los elementos que forman el “mundo real”, ubicándolos georeferenciadamente.

Esto se logra gracias a la interrelación de diferentes campos como son: el catastro, la topografía, la cartografía, el levantamiento, la fotogrametría, el procesamiento de imágenes, la percepción remota, la planeación rural, la ciencia de la tierra y la geografía.

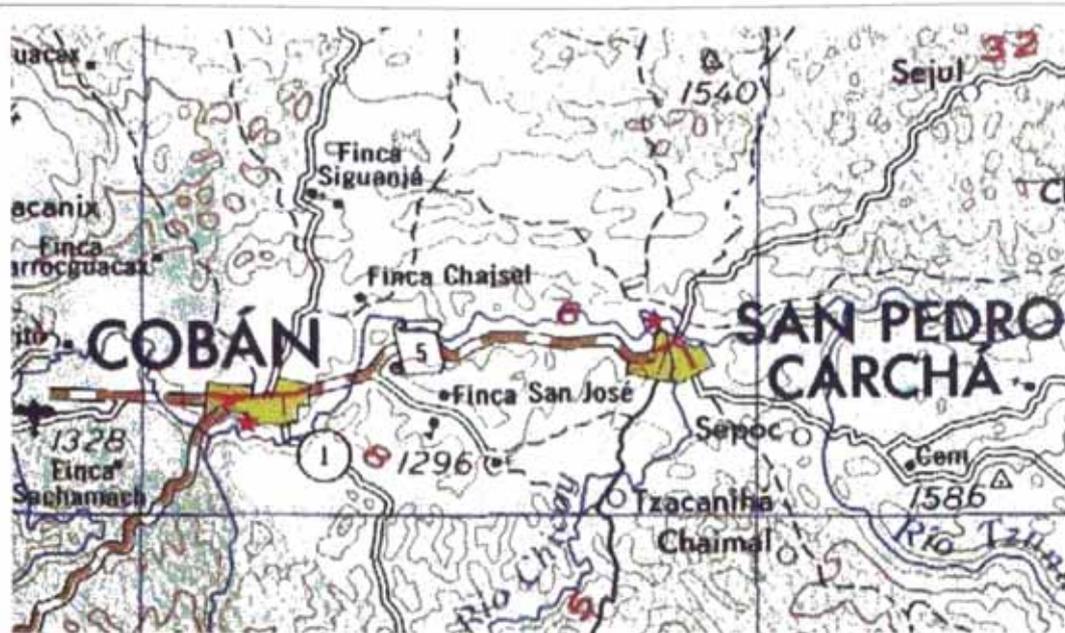


Figura N° 4.3 Ejemplo de información georeferenciada en formato raster

4.3.2. Atributos descriptivos

Estos corresponden a la información que cada elemento tiene, representados 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.

Los atributos descriptivos de información geográfica pueden ejemplificar con un mapa urbano (ver figura N° 4.4), en el cual además de el elemento gráfico que se puede ver en un mapa, cada uno de ellos tiene propiedades, como altura del árbol, tipo de árbol, tipo de construcción, uso de la construcción, categoría de la carretera, tipo de material de que está compuesta la carretera, etc.

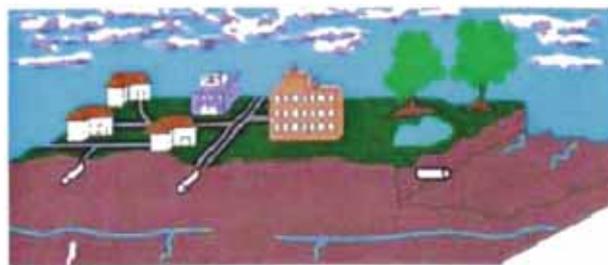


Figura N° 4.4 Atributos descriptivos (Vivienda, vías, tipo de suelo, etc.)

El componente de la información georeferenciada y la descriptiva es muy importante para un SIG. Se requiere de buenos elementos geográficos y atributos descriptivos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma más acertada posible. La obtención de buena información geográfica con sus atributos generalmente absorbe entre un 60 y 80 % del presupuesto de implementación del SIG, y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad.

4.3.3. Equipo Informático (hardware)

Este renglón corresponde a la parte física de los SIG. Puede estar constituido por una computadora, en donde se realizan todas las operaciones geográficas; digitalizador y escáner, para convertir una imagen en formato digital; equipos GPS, etc. Los SIG corren en un amplio rango de tipos de computadoras, desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red, todo esto de acuerdo a las necesidades.



Figura N° 4.5 Equipo físico que compone un SIG

4.3.4. Software

Los programas para los SIG proveen herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica, los componentes principales de un software SIG son:

- Sistema de manejo de base de datos.
- Una interface grafica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas.
- Herramientas para captura y manejo de información geográfica.
- Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Actualmente la mayoría de los proveedores de software SIG distribuyen productos fáciles de usar y pueden reconocer información geográfica estructurada en muchos formatos distintos. La variedad de software es amplia y entre ellos se encuentran: *Idrisi, MapInfo, ArcView, Grass, Ilwis, Erdas, ArcInfo*, entre otros.

4.3.5. Personal

Obviamente, 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, economistas, geógrafos, y muchos más.

Como se mencionó antes, el usuario llega a ser parte esencial del SIG cuando los análisis requieren la habilidad en la selección y uso de herramientas auxiliares y conocimiento del tema de los datos que se usarán.

En ocasiones la utilización de algunos programas externos, ayudan a mejorar el funcionamiento o lo hacen más eficiente; esto dependerá de las necesidades que se tengan y de la disponibilidad de estos programas.

Finalmente, un SIG no es sólo un equipo informático que se utiliza para elaborar mapas, aunque puede crear mapas a diferentes escalas, en diferentes proyecciones y con diferentes colores. Un SIG es una herramienta analítica con la que se pueden realizar operaciones espaciales o geográficas, basadas en conceptos matemáticos que, en ocasiones pueden llegar a ser complejas, además de identificar los elementos de los mapas mediante relaciones espaciales.

4.4. AREA DE APLICACIÓN DE LOS SIG

Los SIG actualmente tienen un amplio rango de aplicaciones y una buena aceptación por parte de entidades públicas, empresas privadas e institutos de investigación. Entre estas aplicaciones está el análisis de recursos medioambientales, planificación del suelo, análisis posicional, estimación de

impuesto, análisis de mercado, demografía, planificación de infraestructura, estudios de hábitat, análisis arqueológicos, 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, así como los mismos fenómenos naturales que puedan actuar.

Dentro de los alcances 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 una evaluación más 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 esenciales 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.

CAPÍTULO V: VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL CENTRO POBLADO MEDIO MUNDO CON EL METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD APLICANDO EL SIG

5.1. ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS

Para crear la base de datos y determinar la vulnerabilidad sísmica de la zona del Centro Poblado Medio Mundo, se realizó el catastro en las 12 manzanas las cuales se realiza el estudio, posterior a esta encuesta se debió completar la información que requiere el método de los Índices de Vulnerabilidad.

En total se analizaron 177 lotes en toda el área de estudio de los cuales 104 lotes son terrenos vacíos, 48 lotes fueron usados para la aplicación del método y los otros 25 lotes son de esteras y maderas en los cuales el método no aplica. El área de estudio va desde la esquina de la calle Las Albuferas, hasta la esquina de la calle Simón Bolívar en la intersección con la avenida 2 de Mayo. También el área entre las calles Las Poncianas y la calle Jardines de la Paz. Los lotes en el Centro Poblado Medio Mundo en su mayoría son de 10 m. de ancho por 20 m. de fondo y tienen un área construida en la parte delantera del lote la cual es un gran ambiente con divisiones de esteras o muros de albañilería. En el anexo 4 podemos ver un esquema de los lotes.

Cada una de los puntos de la encuesta se analiza con gráfica y tablas en Excel, con la información obtenida del ArcGis, donde se ha tabulado la información correspondiente a las estructuras. Esta encuesta se le realizó a la totalidad de las estructuras de la zona de estudio. Luego, se realizó una segunda encuesta en la que se determinaba los parámetros para hallar el Índice de Vulnerabilidad. La información obtenida se expresa a continuación:

Estado de la estructura

El estado de la estructura, se refiere a las condiciones actuales de la edificación. Este punto es subjetivo, es decir, es criterio del encuestador. De la base de datos de ArcMap el resultado es el siguiente:

Cuadro N° 5.1 Estado de Estructura

Fuente: Elaboración propia

Estado de la Estructura		Nº
Bueno	16.67%	8
Malo	25.00%	12
Regular	58.33%	28
Total		48

Como se puede observar el 17% de las estructuras se consideran que están en buen estado, en comparación con el 25% que se consideran en mal estado. Como se había mencionado, este punto de vista es subjetivo para esta primera encuesta.



Figura N° 5.1 Estado de la estructura

Fuente: Elaboración propia

Tipo de losa horizontal (Techo)

La losa horizontal, es algo que influye mucho en el índice de vulnerabilidad de la estructura. Todo depende de cómo está trabajando la losa junto al sistema estructural y como se encuentra ligado a esta. Esto puede ocasionar un aumento o disminución considerable en la vulnerabilidad, ya que este parámetro tiene un peso de importancia alta en el cálculo del índice.

En la Figura N° 5.2 y la Cuadro N° 5.2, se indican las estadísticas mostradas para este caso, en la que se observa que la losa en cañas, es la de mayor

porcentaje, comparado con los otros tipos de losas. Luego le sigue la losa de aligerado.

Cuadro N° 5.2 Tipo de losa

Fuente: Elaboración propia

Losa Horizontal		Nº
Cañas	75.00%	36
Aligerado	18.75%	9
Otra	6.25%	3
Total		48

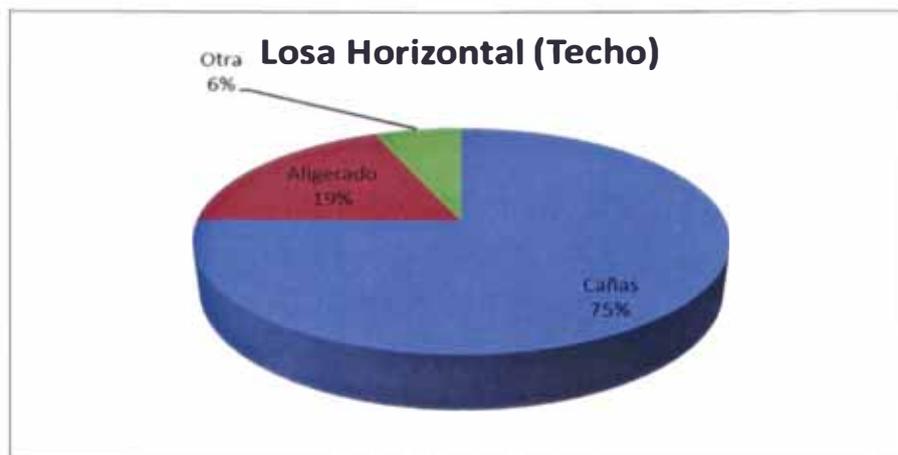


Figura N° 5.2 Tipo de losa

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Estructura

El tipo de estructura es uno de los parámetros más importantes para aplicar el método del índice de Vulnerabilidad, ya que, como se había mencionado en el capítulo anterior, este método solo se puede aplicar a estructuras de mampostería no estructural y a estructuras de Concreto Armado, siendo las encuestas diferentes para cada uno de los dos casos.

Cuadro N° 5.3 Tipo de estructura

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Estructura		Nº
Adobe	5.48%	4
Albañilería	60.27%	44
Esteras	30.14%	22
Madera	4.11%	3
Total		73

Como se puede observar en el Cuadro N° 5.3 y la Figura N° 5.3, el tipo de estructura de mayor porcentaje en la zona de estudio, son de Mampostería No estructural, representando casi el 60.27% del total de las estructuras.



Figura N° 5.3 Tipo de estructura

Fuente: Elaboración propia

Uso de la estructura

Una de las características que se tuvieron en cuenta en este estudio fue el uso de la estructura. Esto con el fin de conocer las actividades en la que se presentan en las estructuras para conocer las cargas a las que está sometida la estructura. En el Cuadro N° 5.4 y la Figura N° 5.4, esta detallado este parámetro. Como se observa, el 96% de las estructuras son viviendas.

Cuadro N° 5.4 Uso de la estructura

Fuente: Elaboración propia

Uso de la Estructura		Nº
Área recreativa	1.35%	1
Comedor popular	1.35%	1
Parque	1.35%	1
Vivienda	95.95%	71
Total		74



Figura N° 5.4 Uso de la estructura

Fuente: Elaboración propia

Configuración en planta

La configuración en planta es otro de los parámetros que se tienen en cuenta en la determinación de la Vulnerabilidad sísmica de las estructuras, debido a que influye de manera importante en el comportamiento sísmico de un edificio. Se recomienda utilizar estructuras con configuraciones simples y simétricas evitando utilizar edificios en forma de U, Y, L, H y T ya que la unión entre los diferentes cuerpos (aristas), en el caso que existiere, se ve sujeta a una concentración de esfuerzos, que pueden causar daños de consideración.

PLANTA					
SENCILLA			COMPLEJA		

Figura N° 5.5 Configuración en planta I

Como se puede ver en el Cuadro N° 5.5 y la Figura N° 5.5, casi el 35 por ciento de las estructuras estudiadas presentan una configuración regular, y el 52 por ciento una configuración buena.

Cuadro N° 5.5 Configuración en planta

Fuente: Elaboración propia

Configuración en Planta		Nº
Bueno	52.08%	25
Malo	12.50%	6
Regular	35.42%	17
Total		48

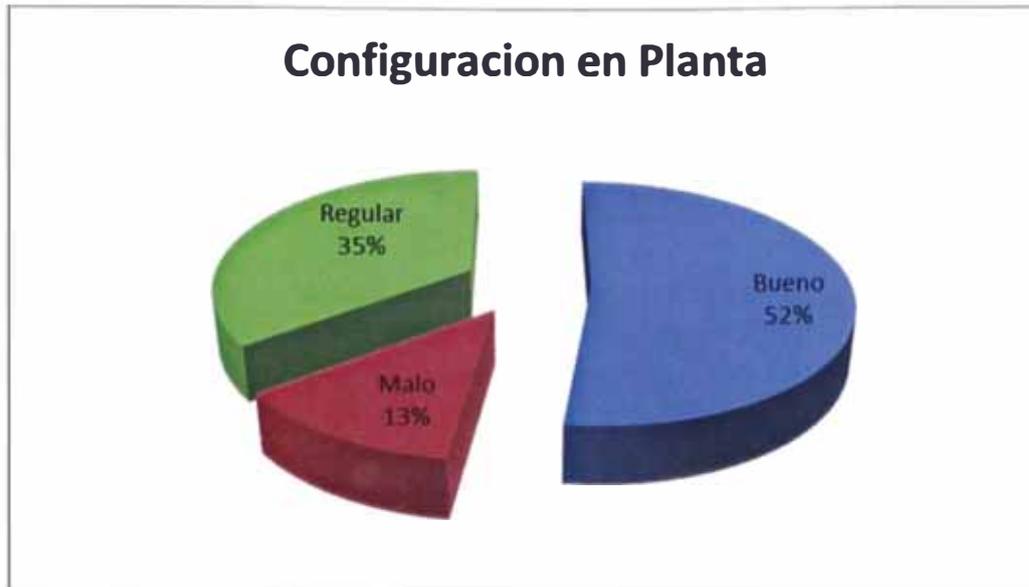


Figura N° 5.6 Configuración en planta II

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Muro

El tipo de muro es, al igual que el tipo de estructura, uno de los parámetros más importantes en los estudios de Vulnerabilidad sísmica, y en especial en el Método del índice de Vulnerabilidad. En el Cuadro N° 5.6 y la Figura N° 5.6, se observa que el 86% de los muros son de albañilería. Son ladrillos King Kong de 18 huecos, con mezcla de mortero entre las hiladas.

Cuadro N° 5.6 Tipo de muro

Fuente: Elaboración propia

Tipo de muros		Nº
Adobe	7.84%	4
Albañilería	86.27%	44
Madera	5.88%	3
Total		51



Figura N° 5.7 Tipo de muros

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Piso

El piso, al igual que el tipo de cubierta, es una característica de la estructura, que se tiene en cuenta en los estudios de caracterización estructural o tipología estructura. Realmente, no se tiene en cuenta en la determinación de la vulnerabilidad sísmica.

Cuadro N° 5.7 Tipo de piso

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Piso		Nº
Sin Piso	6.25%	3
Concreto	79.17%	38
Cerámico	8.33%	4
Madera	6.25%	3
Total		48



Figura N° 5.8 Tipo de piso

Fuente: Elaboración propia

Índice de Vulnerabilidad

Este parámetro se evaluó por medio del método del índice de Vulnerabilidad, que ha sido explicado en el capítulo anterior, tanto para las estructuras en mampostería No Estructural. La encuesta se realizó a 48 edificaciones en Albañilería y adobe. A las estructuras que no pertenecen a estos dos tipos de estructuras no se les aplicó el método. En el Cuadro N° 5.8 y las Figura N° 5.8 se expresan los datos obtenidos: En el anexo 2 podemos ver la encuesta con los resultados a cada uno de los 48 lotes.

Cuadro N° 5.8 Índice de vulnerabilidad

Fuente: Elaboración propia

Iv (0%-100%)	
Bajo	2.09%
Medio	58.33%
Alto	39.58%

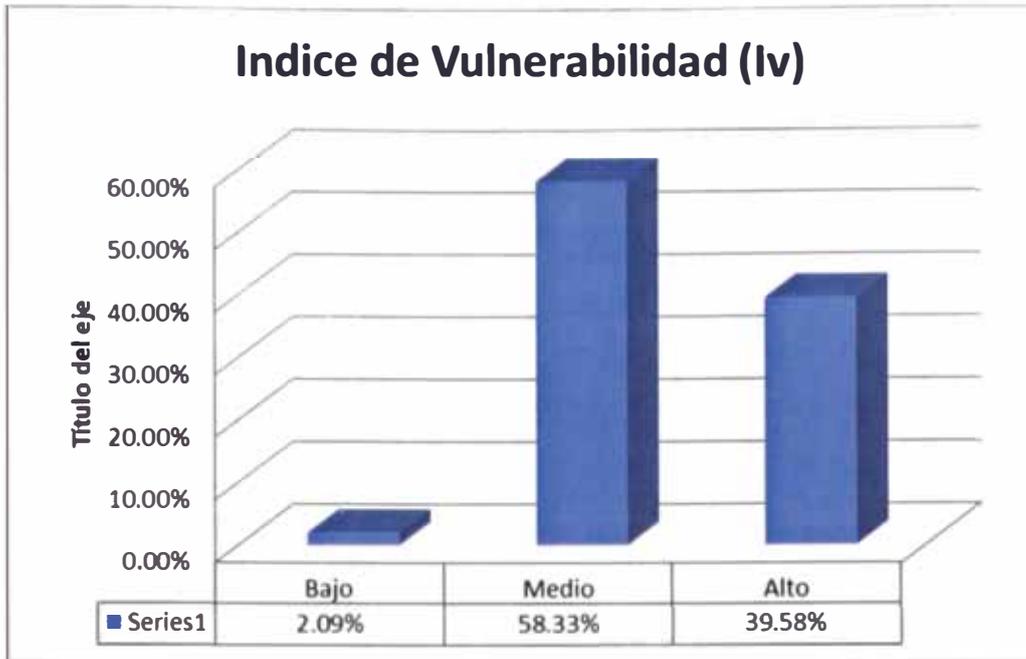


Figura N° 5.9 Índice de Vulnerabilidad

Fuente: Elaboración propia

En el Centro Poblado Medio Mundo el 40% de las edificaciones tiene una vulnerabilidad alta y el 58% una vulnerabilidad media.

5.2. MAPAS TEMÁTICOS

5.2.1. Mapas temáticos de la zona de estudio

A continuación se muestran una serie de figuras elaboradas en el programa ArcGis donde se muestran los resultados.

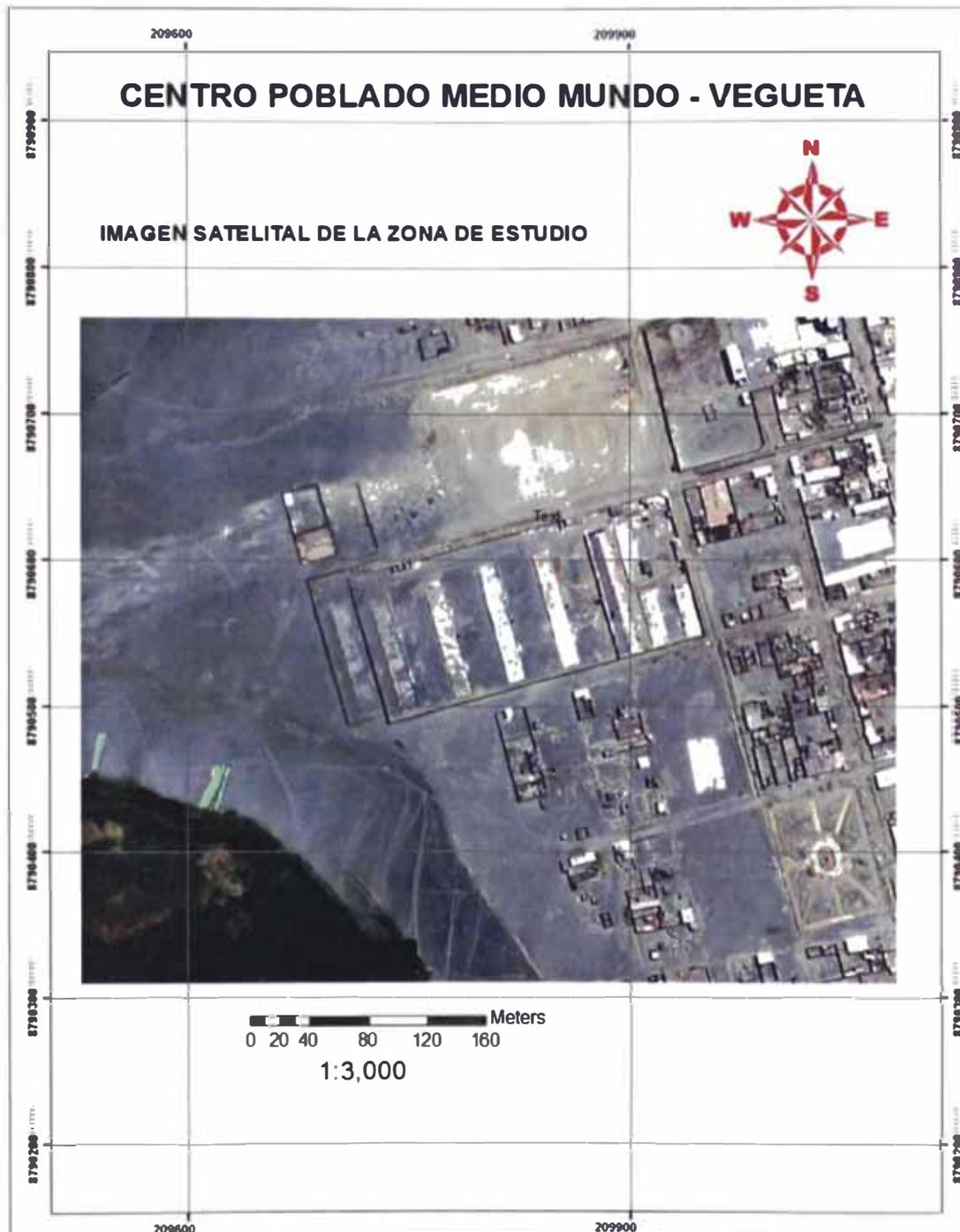


Figura N° 5.10 Imagen satelital de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

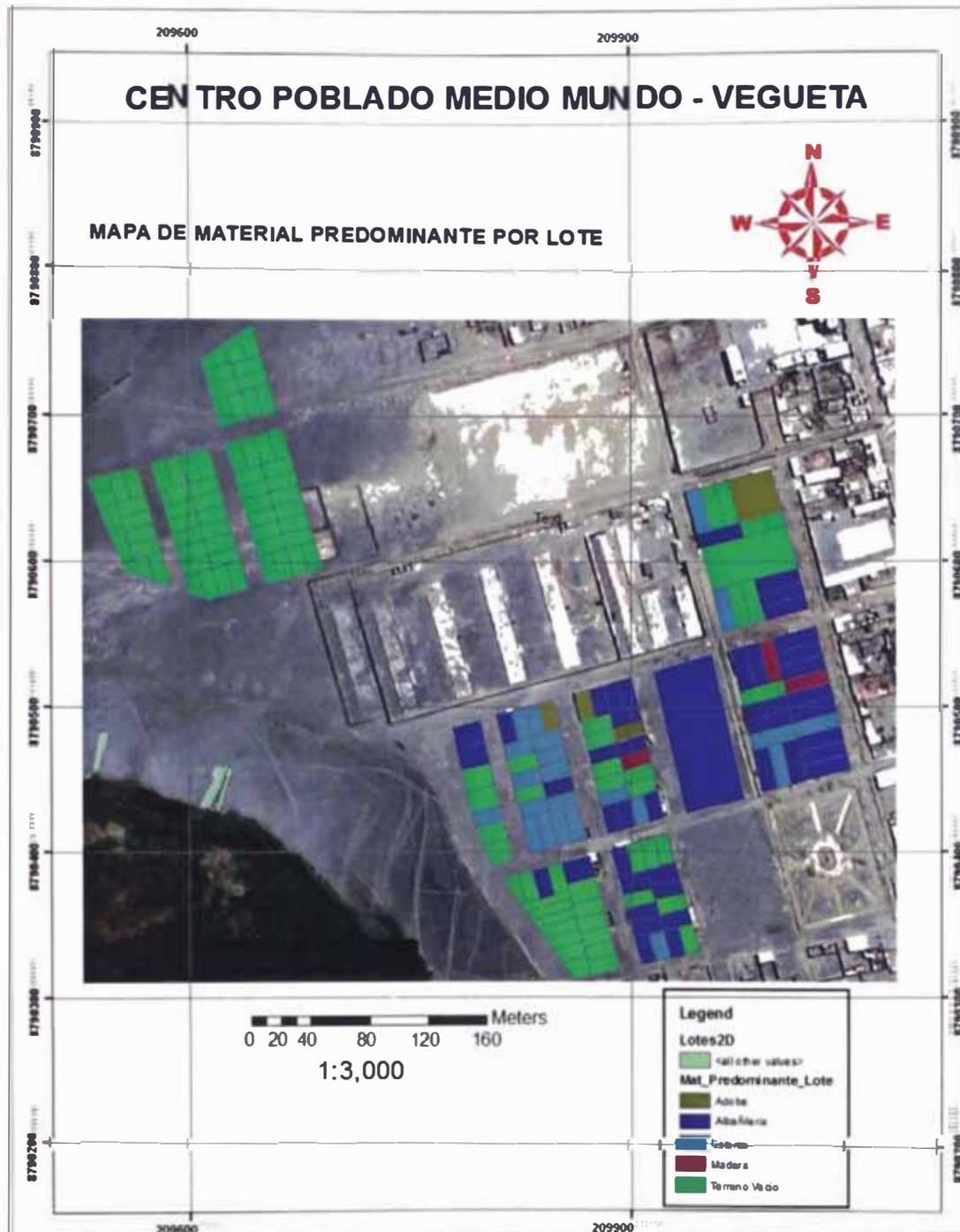


Figura Nº 5.11 Mapa temático del material predominante por lote

Fuente: Elaboración propia

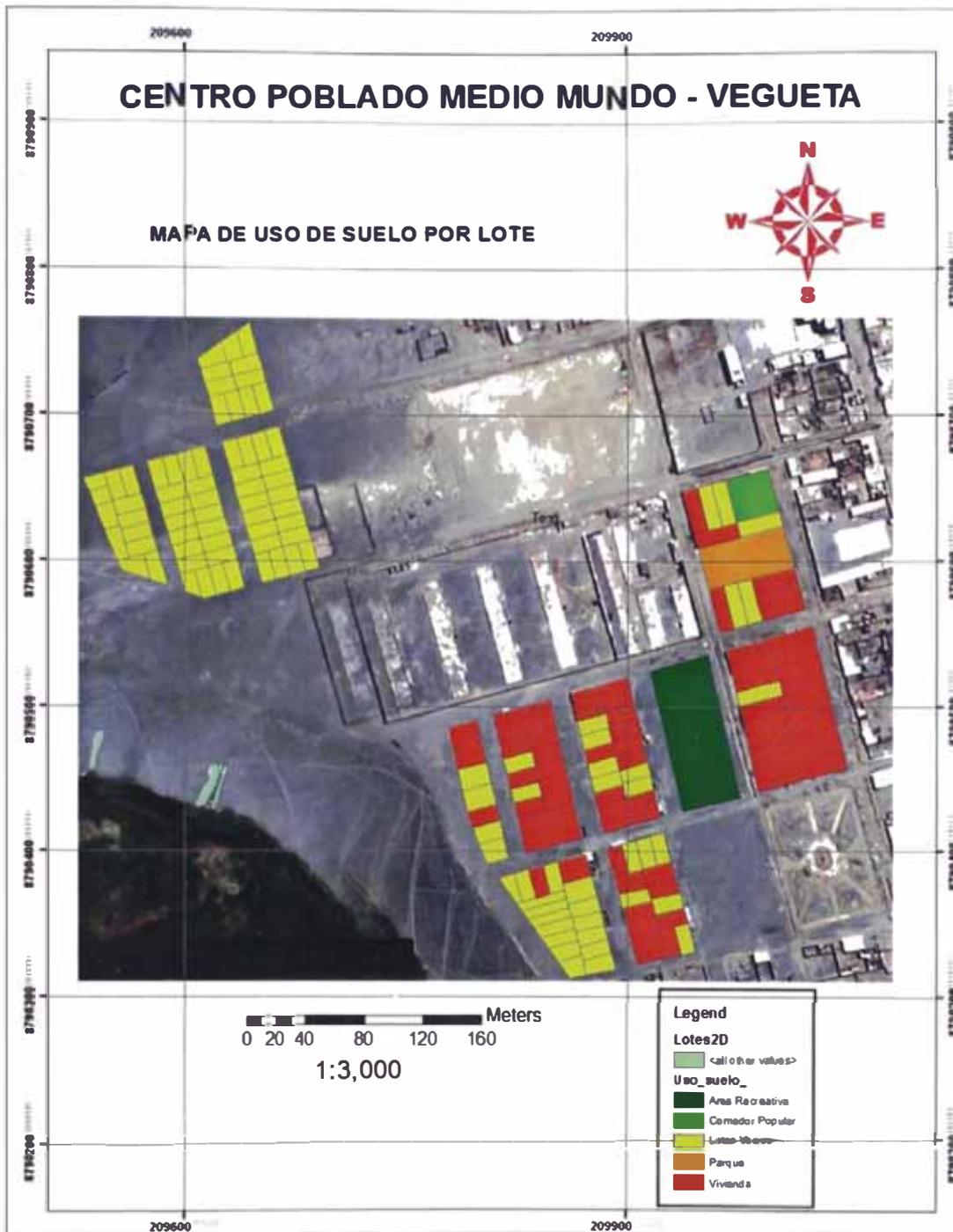


Figura Nº 5.12 Mapa temático del uso de suelo por lote

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En el Centro Poblado Medio Mundo el 40% de las edificaciones tiene una vulnerabilidad alta y el 58% una vulnerabilidad media.
- El 100% de las edificaciones se construyeron sin considerar alguna normativa sísmica y con técnicas constructivas artesanales, los que la convierte en estructuras con una media y alta vulnerabilidad. Esto es debido principalmente, a que en esta zona se practica la autoconstrucción.
- La Municipalidad del Centro poblado Medio Mundo no cumple la labor de una adecuada fiscalización de las construcciones.
- El método del índice de vulnerabilidad es adecuado implementarlo en grandes ciudades a nivel urbano, que cuenten con la información mínima necesaria para evaluar la calidad sismorresistente.
- Los resultados obtenidos hacen referencia a una tipología típica del centro poblado, las viviendas son de mampostería no reforzada.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda una mayor fiscalización a las construcciones futuras en el centro poblado Medio Mundo, se debe vigilar el cumplimiento de las normas de diseño y construcción en las nuevas estructuras.
- Se deben tomar los datos obtenidos en el presente trabajo para realizar una investigación sobre si es conveniente económicamente el reforzamiento estructural de las viviendas que tienen una alta y mediana vulnerabilidad o la demolición y construcción de estructuras nuevas.
- Debido a la gran actividad sísmica en el Perú y al silencio sísmico en Lima es necesario realizar un plan de seguridad y evacuación ante posibles movimientos sísmicos, en el que se muestren las vías de escape y las zonas seguras. Estas zonas pueden ser las plazas y las edificaciones menos vulnerables.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alva J., Meneses J. y Guzmán V., "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú, 1984.
2. Caballero Guerrero Álvaro, "Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo", Tesis de maestría, Sincelejo, Colombia, 2007.
3. Casaverde L. y Vargas J., "Zonificación Sísmica del Perú", II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-Resistente, Organización de Estados Americanos y Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 1980.
4. Kuroiwa Julio, "Reducción de Desastres", Lima, Perú, 2002.
5. Lazares Fernando, "Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones de Moquegua y Tacna". Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 1994.
6. Maldonado Esperanza, Gómez Araujo Iván, Chio Cho Gustavo, "Funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para edificaciones de mampostería utilizando técnicas de simulación", Colombia, 2007.
7. Moreno Llacza Rodolfo, "Vulnerabilidad Sísmica de la Ciudad de Moquegua". Trabajo de Investigación. CISMID, Lima, Perú, 2010.
8. Olarte J., Julca J., Orbegoso E., "Evaluación del riesgo sísmico del Centro Histórico de Chiclayo" Trabajo de Investigación. 2008
9. Sánchez Recuay, Roberto. "Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones en el distrito de San Juan de Lurigancho". Tesis profesional de Ing. Civil. FIC-UNI. Lima, Perú, 2003.