

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



**VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
EDIFICACIONES DEL CENTRO POBLADO
PRIMAVERA-VÉGUETA-HUAURA**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JOSÉ FRANCISCO URBANO DÍAZ

**Lima- Perú
2012**

INDICE

RESUMEN

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

	Pág.
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 UBICACIÓN	1
1.3 CLIMA	2
1.4 TOPOGRAFÍA	2
1.5 GEOLOGÍA – GEOMORFOLOGÍA	2
1.5.1 Geología Regional	2
1.5.2 Geomorfología	4
1.6 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
1.6.1 Los estudios de suelos	6
1.6.2 Estudio de suelos realizado en la zona de estudio	7
CAPÍTULO II: GEODINÁMICA INTERNA	13
2.1 ORIGEN Y GENERACIÓN DE SISMOS	13
2.2 LAS ONDAS SÍSMICAS	15
2.2.1 Amplificación de las ondas sísmicas	18
2.2.2 Velocidad de las ondas	18
2.2.3 Maremotos o tsunamis	18
2.3 UBICACIÓN SÍSMICA DEL PERÚ	19
2.4 SISMICIDAD HISTÓRICA EN LA ZONA DE ESTUDIO	21
CAPÍTULO III: CRITERIOS PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS EDIFICACIONES	22
3.1 CONCEPTOS GENERALES	22
3.1.1 Vulnerabilidad	22
3.1.2 Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones	22
3.1.3 Condiciones de vulnerabilidad sísmica	22
3.1.4 Vulnerabilidad por origen y vulnerabilidad progresiva	23

INDICE

RESUMEN

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

	Pág.
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 UBICACIÓN	1
1.3 CLIMA	2
1.4 TOPOGRAFÍA	2
1.5 GEOLOGÍA – GEOMORFOLOGÍA	2
1.5.1 Geología Regional	2
1.5.2 Geomorfología	4
1.6 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
1.6.1 Los estudios de suelos	6
1.6.2 Estudio de suelos realizado en la zona de estudio	7
CAPÍTULO II: GEODINÁMICA INTERNA	13
2.1 ORIGEN Y GENERACIÓN DE SISMOS	13
2.2 LAS ONDAS SÍSMICAS	15
2.2.1 Amplificación de las ondas sísmicas	18
2.2.2 Velocidad de las ondas	18
2.2.3 Maremotos o tsunamis	18
2.3 UBICACIÓN SÍSMICA DEL PERÚ	19
2.4 SISMICIDAD HISTÓRICA EN LA ZONA DE ESTUDIO	21
CAPÍTULO III: CRITERIOS PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS EDIFICACIONES	22
3.1 CONCEPTOS GENERALES	22
3.1.1 Vulnerabilidad	22
3.1.2 Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones	22
3.1.3 Condiciones de vulnerabilidad sísmica	22
3.1.4 Vulnerabilidad por origen y vulnerabilidad progresiva	23

3.2 CLASIFICACIÓN DE EDIFICACIONES SEGÚN SU COMPORTAMIENTO SÍSMICO	23
3.3 DAÑOS ESTRUCTURALES	26
3.4 CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES TOMADOS EN CUENTA PARA PROPONER LA HOJA DE EVALUACIÓN	28
3.4.1. Configuración arquitectónica	29
3.4.2. Configuración geométrica	29
3.4.3. La configuración estructural	32
3.5 COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES	39
3.5.1 Tipo 1: sísmicas muy débiles	39
3.5.2 Tipo 2: sísmicamente débiles	41
3.5.3 Tipo 3: sísmicamente semi-resistentes	42
3.5.4 Tipo 4: sísmicamente resistentes	43
3.6 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	44
3.6.1 Método cualitativos	44
3.6.2 Métodos cuantitativos	45
CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LA ZONA DE ESTUDIO	46
4.1 SOBRE EL ESTUDIO A REALIZAR	46
4.2 METODOLOGÍA EMPLEADA	46
4.3 OBTENCIÓN DE LA MUESTRA	47
4.4 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS PREDIOS OBTENIDOS DE LAS ENCUESTAS	48
4.5 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LA ZONA DE ESTUDIO	55
CAPÍTULO V: RIESGO SÍSMICO EN EL CENTRO POBLADO	59
5.1 CONCEPTOS	59
5.1.1 Desastres	59
5.1.2 Peligro	59
5.1.3 Riesgo	59
5.1.4 Riesgo Sísmico	60
5.2 INTENSIDADES SÍSMICAS PROBABLES	60
5.3 PROYECCIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES	62

RESUMEN

El Perú se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica, debido a que a lo largo de la costa del territorio existe una falla sísmica debido al proceso de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Continental, generando sismos de gran magnitud, los cuales han causado grandes pérdidas humanas y materiales.

A pesar de los avances tecnológicos en el mundo, existe aún una necesidad mundial de conseguir mejores conocimientos científicos y técnicos, en el campo de la prevención de desastres naturales por sismos. Por ejemplo no es aun posible predecir la aparición de un terremoto, ni de la energía que pueda liberar, ni la zona geográfica que puede verse afectada.

Actualmente la mayor parte de las víctimas se deben a derrumbamientos de edificios, daños a estructuras o a efectos secundarios como incendios, corrimientos de tierra o de tsunamis. Los daños y la destrucción de la infraestructura (autopistas, líneas de comunicación, etc.) son normalmente, la causa de las pérdidas económicas, que aumentan en relación al desarrollo económico.

Considerando esta situación se hacen esfuerzos para reducir los negativos efectos de los desastres naturales, de tal manera que se logre un mundo mas seguro donde vivir y siga mejorando la calidad de vida del ser humano.

El presente trabajo "Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del Centro Poblado Primavera-Végueta-Huaura", tiene como finalidad principal determinar el nivel actual de vulnerabilidad de las edificaciones existentes, así como proporcionar las recomendaciones respectivas para disminuir el grado de vulnerabilidad en las edificaciones sísmicamente débiles.

Para determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones se plantea una metodología cualitativa para proponer una hoja de evaluación, basadas en normas de diseño y de construcción peruanas. La facilidad del uso de estas hojas, permitirá obtener una muestra representativa en la zona de estudio; y así poder determinar de una forma sencilla los niveles de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, sin la necesidad de realizar cálculos matemáticos complicados y las zonas vulnerables que vayan a sufrir más daños debido a la ocurrencia de un movimiento sísmico de importancia que podrán ser visualizadas en mapas de niveles de vulnerabilidad en la zona de estudio.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TablaN°1.1 Ángulo de fricción y cohesión	12
Tabla N°1.2Capacidad Portante	12
Tabla N°4.1 Cantidad de predios encuestados	48
Tabla N°4.2 Porcentaje de viviendas según su uso de suelo	49
Tabla N°4.3 Cantidad de Viviendas según el número de pisos	50
Tabla N°4.4 Cantidad de Viviendas según el tipo de materiales	51
Tabla N°4.5 Cantidad de predios según su estado de conservación	52
Tabla N°4.6 Cantidad de predios según su estado de construcción	53
Tabla N°4.7 Distribución de tipos de edificaciones por sector	55
Tabla N°4.8 Vulnerabilidad Sísmica por sectores	57
TablaN°5.1 Porcentaje de daños en las edificaciones	62
TablaN°5.2 Porcentaje de daños proyectados en las edificaciones	63
Tabla N°5.3. Distribución del porcentaje de tipos de edificaciones	64
Tabla N°5.4. Riesgo Sísmico por sectores	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1.1 Ubicación de la zona de estudio	2
Figura N°2.1. Generación de sismos	13
Figura N°2.2. Ondas P.	16
Figura N°2.3. Ondas S.	16
Figura N°2.4. Onda Love	17
Figura N°2.5. Onda Rayleigh	17
Figura N°2.6. Un maremoto acercándose a la costa	19
Figura N°2.7. Proceso de subducción	19
Figura N°2.8. Cinturón de Fuego del Pacifico.	20
Figura N°3.1. Solución al problema de longitud en planta	30
Figura N°3.2. Ejemplos de plantas complejas.	31
Figura N°3.3. Ejemplos de elevaciones complejas	32
Figura N°3.4. Efecto de concentraciones de masa en niveles superiores	33
Figura N°3.5. Problema de columnas débiles	34
Figura N°3.6. Efecto de menor resistencia en columnas que envigas	35
Figura N°3.7. Piso blando por interrupción de elementos.	35
Figura N°3.8. Esquema de falla por falta de confinamiento del concreto	36
Figura N°3.9. Ejemplo sobre la falta de redundancia	36
Figura N°3.10. Ejemplo sobre flexibilidad excesiva en el diafragma.	37
Figura N°3.11. Ejemplos de arreglos estructurales que producen torsión	38
Figura N°3.12. Choque entre edificios que se mueven distintos.	39
Figura N°3.13: Modo de falla en muros de adobepor vibración	40
FiguraN°3.14: diagrama de esfuerzos de corteen el borde superior	40
Figura N°3.15: diagrama de momentos en elborde superior	41
Figura N°4.1 Porcentaje del Uso por tipo	50
Figura N°4.2 Altura de edificación	51
Figura N°4.3 Material predominante	52
Figura N°4.4 y 4.5 <i>Estado de conservación</i>	53
Figura N°4.6 Condición del predio	54
Figura N°4.7 Tipos de edificaciones en el sector I	55
Figura N°4.8 Tipos de edificaciones en el sector II	56
Figura N°5.1Distribución de daños en las edificaciones del Sector I	65
Figura N°5.2 Distribución de daños en las edificaciones del Sector II	65

INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe de la "Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del Centro Poblado Primavera-Végueta-Huaura". Se tiene como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del centro poblado Primavera, presentando una metodología clara concisa y bastante aproximada.

En el Capítulo I se presentan los aspectos generales del Centro Poblado, donde se describen la geografía, topografía, geología y las características del suelo de la zona de estudio, estableciéndose los materiales que conforman el suelo de la zona de estudio.

En el Capítulo II se habla sobre la Geodinámica Interna, donde se dan a conocer la generación de sismos así como las ondas sísmicas y sus características y la ubicación sísmica del Perú, siendo esto importante para entender que somos un país sísmico y por consiguiente, vulnerables de que suceda en nuestro territorio un evento sísmico.

El concepto de vulnerabilidad se define en el Capítulo III, también se presenta la clasificación de las edificaciones según su comportamiento sísmico y los criterios arquitectónicos y estructurales, en base a los cuales se obtienen los niveles de vulnerabilidad sísmica en los diferentes sectores. Los niveles de vulnerabilidad con los que se trabajan son Alta, Media y Baja.

En el Capítulo IV se detallan la metodología empleada en el estudio y la obtención de la muestra. También se determinan los niveles de vulnerabilidad sísmica en la zona de estudio a partir de la identificación de la edificación encuestada, y luego de obtener un resultado global del tipo de edificación encontrado en cada sector de la localidad en estudio.

En el Capítulo V se definen los conceptos de peligro y riesgo sísmico, así como también se determinan las intensidades sísmicas probables y se proyectan los probables daños ocasionados por los efectos sísmicos en las edificaciones. Y conociendo estas proyecciones se determina de manera preliminar el riesgo sísmico. Al final del capítulo se dan las recomendaciones para disminuir el grado de vulnerabilidad de las edificaciones.

Finalmente en el Capítulo VI se dan las conclusiones y recomendaciones del presente informe.

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1 GENERALIDADES

El Centro Poblado Primavera del distrito de Végueta, desde sus inicios y con el correr de los años se ha ido poblando desordenadamente, hasta llegar a posicionarse en las cuestas de los cerros y sobre los mismos cerros, con deficientes servicios básicos y en algunos casos sin ellos, fue como se formó y creció el centro poblado. Se debe mencionar que el crecimiento se realiza de forma irregular al no existir un documento técnico, geométrico e informativo que permita la regulación del territorio.

Actualmente la autoconstrucción sigue constituyendo el principal medio para acceder a una vivienda propia muchas veces con pocas consideraciones para el diseño arquitectónico y estructural, mala calidad de los materiales de construcción y sin el control respectivo de las obras durante la construcción, por personal técnico calificado.

1.2 UBICACIÓN

La localidad de Primavera se encuentra ubicada en el norte chico del Perú, junto a la Panamericana Norte en el Km. 159, en el lado Norte del Departamento de Lima, en la Provincia de Huaura y Distrito Végueta (ver fig.N° 1.1).

Limita por:

Norte: Empresa envasadora de gas propano, Pronto Gas.

Sur: Centro Poblado Menor de Mazo.

Este: AA. HH. Túpac Amaru.

Oeste: Localidad de Végueta.

La localidad de Primavera se encuentra ubicada geográficamente por las siguientes coordenadas UTM.

Norte: 8782230N – 8781150N

Este: 215400E – 214200E



UBICACIÓN:

DEPARTAMENTO: LIMA

PROVINCIA: HUAURA

DISTRITO: VEGUETA

CENTRO POBLADO: PRIMAVERA

DATOS GENERALES DEL DISTRITO

Región Geográfica	Costa
Altitud (msnm.)	127 msnm.
Coordenadas	77°38'27" S 11°01'15" O

Figura N°1.1 Ubicación de la zona de estudio

1.3 CLIMA

En lo referente al clima, que incluye temperaturas, horas de sol, humedad relativa, según las estaciones de Alcantarilla y Andahuasi; en el valle Huaura – Sayán, hay dos épocas bien marcadas: el verano (diciembre-abril) con temperaturas promedio de 23° C y el invierno (mayo-noviembre) con promedios de 15° C, de igual manera, las horas de sol son mayores en verano que en invierno. En general el clima de la localidad de Primavera es húmedo por su cercanía al mar.

1.4 TOPOGRAFÍA

La topografía del lugar es ondulada, ubicándose en la parte más alta cerca de la cumbre del cerro, siendo éste el que rodea por la parte Oeste. La zona baja de la localidad son las faldas de los cerros.

La localidad se encuentra ubicada a una altitud promedio de 127 m.s.n.m.

1.5 GEOLOGÍA – GEOMORFOLOGÍA

1.5.1 Geología Regional

La geología regional de la cuenca comprende una secuencia de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas cuyas edades varían desde el jurásico superior hasta el cuaternario reciente.

Rocas Volcánicas

Las rocas volcánicas están constituidas por andesitas, piroclásticas brechas de color gris verdoso, de textura porfirítica, constituyen terrenos aceptables para la ubicación de obras de ingeniería, estos depósitos tienen su mayor distribución dentro de la cuenca alta y algunos sectores de las cuencas media y baja.

Depósitos sedimentarios

Los depósitos sedimentarios comprenden unidades antiguas, de edad jurásico superior, cretáceo inferior y cretáceo superior. Las rocas jurásicas están representadas por lutitas de color negro, gris, verdoso y rojizo, algunas veces carbonosas (grupo Chicama), y en algunos sectores se hallan intercalados con horizontes delgados de cuarcita gris blanquecina; por su poca resistencia a los agentes de intemperismo da lugar a un relieve de formas topográficas suaves, como afloramiento típico.

Las rocas del cretáceo medio están representadas por paquetes gruesos de areniscas, cuarcitas blancas grises a pardas, intercaladas con lutitas pizarrosas, resistentes a la erosión lo que determina formaciones de cerros prominentes, resistentes a la erosión lo que determina formaciones de cerros prominentes que destacan en la topografía de la región.

Acompañando a las rocas anteriormente mencionadas, se encuentran en la cuenca alta rocas calizas oscuras, intercaladas con lutitas negras a grises oscuras, lutitas arenosas pardo rojizas, limonitas marrón rojizas en capas gruesas y medianas, areniscas cuarzosas de color gris, componentes de las formaciones Chulec-Pariatambo.

Las rocas de cretáceo superior, consisten en una serie de conglomerados areniscas y lutitas (formación Huaylas) de aproximadamente 300 metros de grosor que afloran muy localmente.

Rocas ígneas

Las rocas intrusivas en la cuenca del río Huaura forman parte del Batolito Andino y su afloramiento tiene gran amplitud de distribución. Estas rocas varían en

composición desde diorita a granodiorita, con variaciones a adamelita y tonalita, existen afloramientos de granodiorita típicos.

1.5.2 Geomorfología

La cuenca del río Huaura pertenece a la vertiente del Pacífico y comprende sectores de la costa y sierra del departamento de Lima; de Oeste a Este, se puede diferenciar tres macro unidades geomorfológicas.

Las pampas costaneras se desarrollan a manera de una faja paralela a la costa, desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada a los 22 msnm.

Están constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos aluviales, dunas y mantos de arena.

El flanco occidental varía desde altitudes promedio de 200 msnm. hasta los 3,500 msnm: se caracteriza por unidades geológicas de fuerte pendiente y por estar intensamente disectada por numerosos valles profundos.

La unidad del Altiplano se desarrolla en la sección oriental de la cuenca, aproximadamente desde los 3,500 msnm; se caracteriza por su topografía suave y más o menos ondulada.

Unidades geomorfológicas

Se han diferenciado los siguientes ambientes geomorfológicos.

- a. Ribera litoral
 - b. Llano aluvial-pampa costanera
 - c. Estribaciones del frente andino.
 - d. Valle del río Huaura y quebrada tributaria.
 - e. Altiplanicies
 - f. Área glaciada
-
- a) La unidad de ribera litoral se ubica a una altitud estimada entre 0 y 50 msnm con una topografía llana de playa, limitada por cerros aislados constituyendo recursos para materiales de construcción.
 - b) La unidad Llano Aluvial.- Pampa costanera se ubica entre los 50 y 200 msnm con pendientes naturales del orden de 1° a 10° y afloramiento de colinas distribuidas muy locamente.

- c) Las estribaciones del frente andino están entre las altitudes de 200 y 400 msnm, correspondiente a cerros que se ubican al Norte y Este, sobre el llamo aluvial y pampas costaneras.
- d) La unidad de valle y quebradas tributarias ocupa la mayor parte de la cuenca y esta comprendida entre altitudes de 400 a 3,800 msnm, se caracteriza por presentar una topografía muy variada, con pendientes naturales comprendidas entre 5° y 35°, locamente pueden tener mayor pendiente.
- e) La unidad de altiplanicies está comprendida entre las altitudes de 3,800 a 4,000 msnm, son de relieve moderado, disectada por las nacientes de los ríos quebradas, el área es estable en condiciones naturales.
- f) La unidad de área glaciada se encuentra entre los 4,000 msnm y la divisoria de aguas de la cuenca a 4,253 msnm. presenta una morfología moderada a abrupta, producto del modelado glacial y fluvioglacial, en condiciones naturales estables.

Parámetros geomorfológicos

Los principales parámetros geomorfológicos establecidos son:

- a. Superficie de la cuenca
- b. Forma de la cuenca
- c. Sistema de drenaje
- d. Elevación de los terrenos
- e. Coeficientes denudacional y torrencialidad

El sistema de drenaje lo establece el río Huaura y sus tributarios considerándose como un sistema poco desarrollado, con una densidad de drenaje equivalente a 0.51 m/km^2 y con una extensión media de escurrimiento superficial de 490.35 m.

Agentes modeladores

Entre los agentes principales que han dado origen a los geofomas actuales se tiene el agua y el viento son los que han jugado un papel muy importante, (aguas provenientes del deshielo de los glaciares pleistocenos han sido en gran parte responsables del origen del valle actual del Huaura de los otros valles vecinos como el Pativilca, Santa, etc.); la acción erosiva continúa en la actualidad,

principalmente por las aguas meteóricas que se colectan en las partes altas del flanco andino.

Las intensas lluvias que se producen en la región costanera, después de largos periodos de sequia, originan grandes torrentes que descienden por las diversas quebradas, los materiales acarreados por dichos torrentes se han acumulado en las planicies bajas en formas de grandes abanicos.

1.6 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.6.1 Los estudios de suelos

OBJETIVO

El objetivo de realizar este tipo de estudios es el de determinar las características del subsuelo con fines de cimentación, el cual recibirá las cargas de las superestructuras que se construyan sobre éstas.

CONCEPTOS GENERALES

La cimentación es la parte soportante de una estructura. Este término se aplica en forma restrictiva al miembro que transmite la carga de la superestructura a la tierra, pero en su más completo sentido, la cimentación incluye el suelo y la roca que está debajo. Una buena cimentación debe tener tres requisitos:

1. Debe colocarse a una profundidad adecuada y lograr un empotramiento adecuado para impedir los daños por heladas, levantamientos, construcciones cercanas, etc.
2. Debe ser rígida y capaz de transmitir al suelo las acciones que se generan por la interacción entre los movimientos del suelo y de la estructura, sin que se produzcan fallas o deformaciones excesivas en el terreno.
3. No debe ser susceptible a asentamientos que dañen la estructura principal.

PASOS A SEGUIR EN TODO TIPO DE ESTUDIO GEOTECNICO CON FINES DE CIMENTACIÓN

Se debe determinar las características físico-mecánicas de los suelos de fundación, en el área determinada para el proyecto con el fin de establecer los materiales que conforman el suelo. Para esto se debe seguir los pasos que se mencionan a continuación:

- Reconocimiento del terreno
- Recopilación de información
- Ejecución de calicatas
- Toma de muestras alteradas
- Ejecución de ensayo de laboratorio
- Evaluación de los ensayos de campo y laboratorio
- Perfil estratigráfico
- Capacidad portante
- Conclusiones y recomendaciones

1.6.2 Estudio de suelos realizado en la zona de estudio

En la zona de estudio se realizó el estudio de suelos con fines de cimentación para el proyecto "Construcción del sistema de alcantarillado y tendido de tubería PVC del Centro Poblado Primavera del Distrito de Végueta" a solicitud de la oficina de proyectos y obras de la Municipalidad Distrital de Végueta. Así mismo a modo de verificación de datos, para la elaboración del presente informe se excavaron tres calicatas en puntos representativos de la zona en estudio para verificar in situ la estratigrafía del terreno. De dos de estas calicatas se extrajeron muestras para ser analizadas en el laboratorio de la UNI, con lo cual quedó verificado el estudio de suelos que se presenta a continuación.

El programa de exploración de campo llevado a cabo, consistió en la ejecución de quince (15) calicatas excavadas en forma manual, fueron realizados según Norma Técnica STM D 420, hasta una profundidad de 2.00 metros, las calicatas se enumeraron como C-1 al C-15 la ubicación de las calicatas se muestran en los anexos.

En las calicatas se realizó un peritaje minucioso el cual incluyó el registro cuidadoso de las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del sistema unificado de clasificación de suelos y la extracción de muestras representativas de los suelos típicos, las cuales debidamente protegidas e identificadas fueron remitidas al laboratorio para su verificación y análisis.

ENSAYOS DE LABORATORIO

En el laboratorio se verificó la clasificación visual de las muestras y se procedió a ejecutar con ellas.

Análisis granulométrico	ASTMD-4222
Clasificación SUCS	ASTMD – 2487
Clasificación AAHTO	ASTMD – 3282
Constantes físicas	
Límites de atterberg	ASTMD – 4318
Humedad	ASTMD – 2216
Compactación proctor	ASTMD – 1557
Relación soporte (CBR)	ASTMD – 1883
Corte directo	ASTMD – 3080

Los ensayos de laboratorio fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM respectivamente y con los resultados obtenidos se procedió a efectuar una comparación con las características de suelos obtenidos en el campo y las compatibilizaciones correspondientes en los casos en que fue necesario para obtener los perfiles de suelos definitivos, que son los que se presentan.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al sistema Unificado de Clasificación de los suelos (SUCS).

CONFORMACIÓN DEL SUBSUELO

El subsuelo del terreno estudiado presenta superficialmente rellenos contaminados subyaciendo suelos arenoso de grano medio a grueso, producto

del intemperismo y meteorización de la roca granito, presentándose en forma muy fracturada y disgregada, en estado semicompacto y compacto, la roca fresca se encuentra a mayor profundidad.

En el subsuelo segundo tramo se presentan superficialmente rellenos contaminados, subyaciendo suelos arenosos de grano fino a medio producto del intemperismo y meteorización de la roca granito, en estado semi compacto.

Hasta la máxima profundidad excavada no se detectó la presencia del nivel freático.

DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO

El terreno en estudio se encuentra en ladera de un cerro cuyo basamento, de acuerdo a la Geología, pertenece a la formación de Casma. La superficie es irregular, y como se ha podido apreciar en vista de la exploración del campo, existe una cobertura superficial del suelo residual producido por la meteorización de la roca, bajo el cual subyace la roca más firme sobre la que se emplazara la cimentación. Este suelo residual se ha analizado obteniéndose características de suelos granulares gravosas con matriz areno arcillosa y areno limosa, de las cuales se han obtenido valores para los parámetros de calculo de la capacidad portante, considerando este material es la presente roca muy intemperizada meteorizada, Granito alterado y caliza intemperizada en la condición mas desfavorable.

PERFIL DEL ESTUDIO

Con los resultados de los registros de excavaciones y los de ensayos de laboratorio se ha elaborado el perfil estratigráfico del terreno, algunas de ellas se describe a continuación:

Calicata N° 1:

De 0.00 a 0.40mt Se encuentra relleno contaminado

De 0.40 a 0.55mt arena y roca tipo granito disgregada

De 0.55 a 0.90mt roca granito meteorizada

Calicata N° 2

De 0.00 a 0.20mt Material de relleno contaminado con limo arenoso y gravillas disgregada

De 0.20 a 0.60mt arena fina con gravillas de roca granito meteorizada se encontró tubo de matriz de agua

De 0.60 a 1.20 mt roca granito meteorizada

Calicata N° 3

De 0.00 a 0.15mt Se encuentra material de relleno limoso, de color beige claro, buen porcentaje de gravillas.

De 0.15 a 0.25mt Gravillas con arena y roca granito meteorizada, semicompacto.

De 0.25 a 0.60mt gravillas y roca granito meteorizadas, polvos de roca.

De 0.60 a 1.30mt roca meteorizada disgregada suelta

Calicata N° 4

De 0.00 a 0.40mt se encuentra relleno no

De 0.40 a 0.55mt Granito alterado con zonas de suelo residual arcilloso y pedazos de roca en forma de grava gruesa color plomo verdusco

Roca intemperizada arena y roca granito disgregada

De 0.55 a 0.90 roca granito meteorizada

Calicata N° 5

De 0.00 a 0.10mt se encuentra material contaminado, urba. limo arenosos.

De 0.10 a 1.50mt limo arenoso contaminado, polvos de roca meteorizada, presencia de gravas aisladas húmedo.

De 1.50 a 2.00mt roca granito meteorizada fracturada y disgregada

Se encuentra el canal de regadío a 4.70mt sequia que viene de buenos aires

Calicata N° 6

De 0.00 a 0.10mt relleno contaminado, limos sueltos, con arena meteorizada

De 0.10 a 1.00mt roca granito meteorizada disgregada, falda de cerro

Calicata N° 7

De 0.00 a 0.10mt suelo removido consistente en un limo arenoso mesclado con gravillas, semicompacto

De 0.10 a 0.90mt roca granito meteorizada color beige verdoso, compacto

De 0.90 a 1.20mt roca granito disgregada

Calicata N° 8

De 0.00 a 0.65mt limo con arena fina y gruesa semicompacto

De 0.65 a 1.05mt arena fina suelta, color beige, seco

De 1.05 a 1.50 gravillas y roca granito meteorizada, disgregada

Calicata N° 9

De 0.00 a 0.40mt relleno contaminado, con arena de grano fino suelto, medio limoso, húmedo.

De 0.40 a 1.00 mt arena disgregada con presencia de gravillas

De 1.00 a 1.50mt roca granito meteorizada disgregada muy fracturada

Calicata N° 10

De 0.00 a 0.20mt material contaminado de limos presencia de plásticos, trozos de madera, raíces, etc.

De 0.20 a 1.00mt roca granito muy intemperizada en pequeños bloques de pendiente pronunciada hasta Leoncio Prado

ANALISIS DE LA CIMENTACIÓN

Dada la naturaleza del suelo conformada por un suelo perteneciente a la terraza aluvional del río Huaura, además de la compacidad dura del suelo encontrado, para la construcción de buzones se recomienda el empleo de una cimentación superficial equivalente al espesor de la losa de concreto simple, formando una cimentación del tipo rígido.

En base al estudio del perfil estratigráfico, características físico-mecánicas del subsuelo y las solicitaciones de carga, se recomienda cimentar a una profundidad de 1.80 m por debajo del nivel de terreno actual, dada las características geométricas del diseño del buzón de concreto simple del sistema de alcantarillado.

CAPACIDAD ADMISIBLE

Se ha determinado la capacidad portante del terreno en base a las características de los suelos subyacentes. En el análisis de capacidad de soporte del nivel de cimentación a partir de 1.80 m de profundidad, por las condiciones geométricas de la estructura.

Para determinar la capacidad portante del terreno, se tomo en cuenta el grado de compacidad que se registró en la exploración de campo y tipo de material de apoyo. En la medida que se han efectuado los ensayos de corte directo del terreno de cimentación, se tiene en promedio (ver tabla N° 1.1).

Tabla N°1.1 Ángulo de fricción y Cohesión

Tipo de suelo	Angulo de fricción ϕ	Cohesión C
G M	30.1	0.03
S M – S C	30.4	0.01

Fuente: MECÁNICA DE SUELOS Ings. Consultores

El material de préstamo será compactado por capas al 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado. Luego la capacidad portante se observa en la tabla N° 1.2.

Tabla N°1.2 Capacidad Portante

Tipo de suelo	Profundidad de estrato de apoyo (m)	Ancho de cimentación	Capacidad Portante (kg/cm ²)
GM	1,8	0,20	2,62
SM-SC	1,8	0,20	2,54

Fuente: MECÁNICA DE SUELOS Ings. Consultores

CONCLUSIONES

- 1.- A la profundidad en estudio (2 m) no se detectó la presencia de napa freática
- 2.- Los tipos de suelos predominantes en la zona de cimentación son: En la parte alta de la zona en estudio es un suelo semi rocoso tipo GM, grava limosa, finos plásticos, roca muy intemperizada con suelo residual arcilloso y pedazos de roca en forma de grava gruesa de forma y tamaño irregular, de baja compresibilidad, seca de color plomo. El otro suelo corresponde a la zona baja con un suelo tipo SM-SC correspondiente a una arena limosa arcillosa, densa de color marrón claro, finos de plasticidad baja.

CAPITULO II GEODINÁMICA INTERNA

2.1 ORIGEN Y GENERACIÓN DE SISMOS

Se entiende por sismo, prescindiendo de la naturaleza de su origen, una sacudida violenta de la tierra. En forma mas precisa, es la ruptura del equilibrio elástico de una región del interior de la tierra, propagando las vibraciones elásticas que produce en todas las direcciones. Cuando ocurre un desplazamiento relativo a lo largo de una falla activa, se generan ondas que se propagan en todas las direcciones y cuando el frente de onda cruza un punto determinado de la superficie terrestre ésta es obligada a vibrar. La vibración de la superficie terrestre durante un sismo es producida por el paso de ondas a través de ella, las que han producido cambios bruscos en el estado de distribución de esfuerzos en equilibrio.

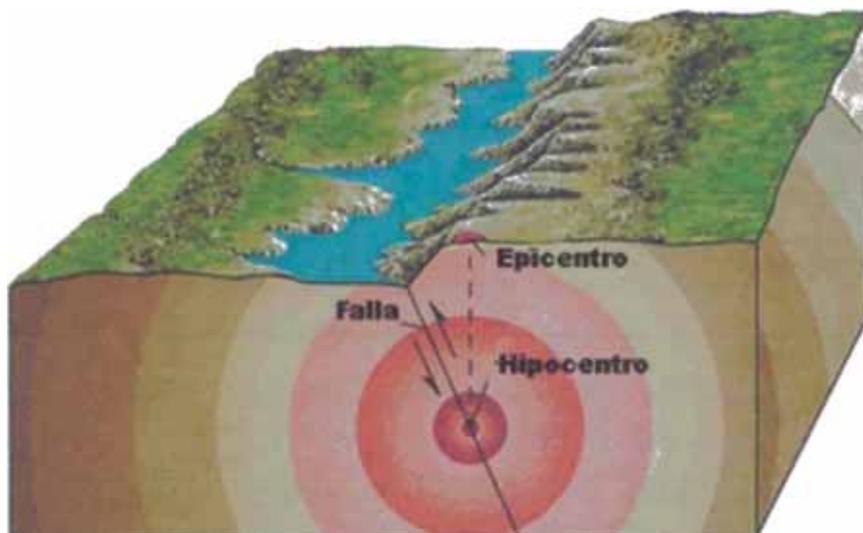


Figura N°2.1. Generación de sismos.

De acuerdo a su origen, los sismos se dividen en volcánicos y tectónicos. Los sismos volcánicos son, en general, de poca intensidad y están directamente relacionados con la actividad de los volcanes. Los sismos tectónicos están relacionados con los procesos de deformación que dan origen a la formación de continentes y montañas; a este tipo pertenecen los sismos fuertes. Los desplazamientos relativos de los lados de una falla, producidos por un sismo, pueden, a veces, ser observados directamente, como la Falla de San Andrés, en California, que se habría desplazado una extensión de 300 km.

El estudio de los diferentes sismos ocurridos, indican que éstos pueden originarse hasta profundidades de 600 km. bajo la superficie de la Tierra; pero los movimientos que producen intensidades suficientes para ser de significación en ingeniería, se producen a profundidades menores de 100 km. de la superficie, siendo especialmente destructivos, los originados a 15 ó 25 km. de profundidad.

A partir de mediados del siglo XX, se aceptó que las causas volcánicas son tan sólo responsables de una pequeña parte de la actividad sísmica (aproximadamente el 5%), y que los sismos no volcánicos ocurren en regiones geológicamente jóvenes, en las que existen montañas en formación en la vecindad de fallas activas.

Evidentemente, el concepto que se tiene sobre las causas que dan origen a los sismos superficiales, no pueden ser aplicados a los sismos profundos. Mientras los superficiales, en su gran mayoría, tienen el mecanismo de plano de falla, es decir, deben su origen a causas tectónicas, los sismos profundos, según Benioff (1963), parecen originarse por cambios que se producen en el estado de la materia.

Si considerarnos que a profundidades mayores de los 400 km., que es donde se producen los sismos profundos, existen presiones del orden de 140000 atmósferas de presión que comprimen el material, además de las elevadas temperaturas existentes, es comprensible suponer que dichos materiales no tienen la libertad de acción necesaria como para que se produzcan desplazamientos.

Hoy en día, se sabe que el mayor porcentaje de los fenómenos sísmicos, es producido por fracturas o fallamiento dentro de las partes superiores del manto y la corteza, sin descartar del todo, a las erupciones volcánicas, cambios de fase, explosiones nucleares y otros fenómenos menores, que más bien son causantes de sismos débiles.

La energía elástica acumulada a lo largo del tiempo en las zonas de convergencia o de movimientos relativos entre diferentes bloques de la corteza,

se libera súbitamente cuando se producen desequilibrios. La energía liberada se debe disipar para que el medio pueda retornar a su condición de equilibrio. La disipación se produce por el desplazamiento del estado de esfuerzos liberados. La disipación obedece a los fenómenos de fricción y debilitamiento de la intensidad energética a medida que las ondas se alejan de la fuente que las originó (Sarria, 1990).

En el proceso de radiación existen tres dominios de transferencia, llamados los campos cercano, intermedio y lejano. El más complicado de estudiar analíticamente, el cercano, es el de mayor interés para la ingeniería sísmica, puesto que en éste las características de la fuente son significativas; no es así en los otros dominios. Además, en el campo cercano las aceleraciones velocidades y desplazamientos de las partículas del medio transmisor llegan a sus máximos valores.

La energía liberada se irradia desde el origen del sismo de manera tridimensional en forma de ondas elásticas a través de la masa terrestre llamándose a estas Ondas Corporales; y cuando estas ondas llegan a la superficie originan ondas que se transportan a través de la superficie divisoria por lo que se les llaman Ondas Superficiales.

2.2 LAS ONDAS SÍSMICAS:

Al romperse las rocas en el subsuelo se generan ondas que se propagan a través de la Tierra, tanto en su interior como por su superficie. Básicamente hay tres tipos de ondas. La primera de ellas, llamadas ondas P, consiste en la transmisión de compresiones y rarefacciones de la roca, de forma similar a la propagación del sonido, F-103. El segundo tipo, las ondas S, consiste en la propagación de ondas de cizalla, donde las partículas se mueven en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación, F104. Estos dos tipos de ondas se pueden propagar por el interior de la Tierra.

ONDAS P

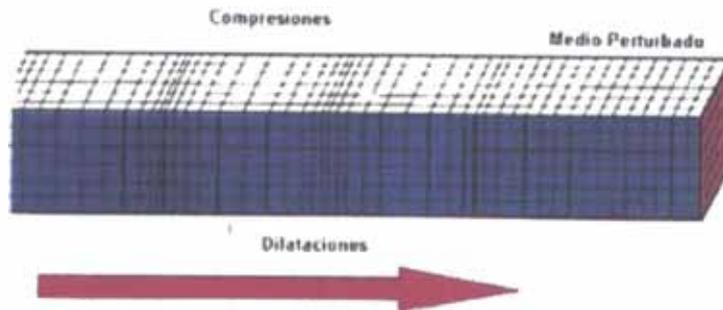


Figura N°2.2. Ondas P.

ONDAS S

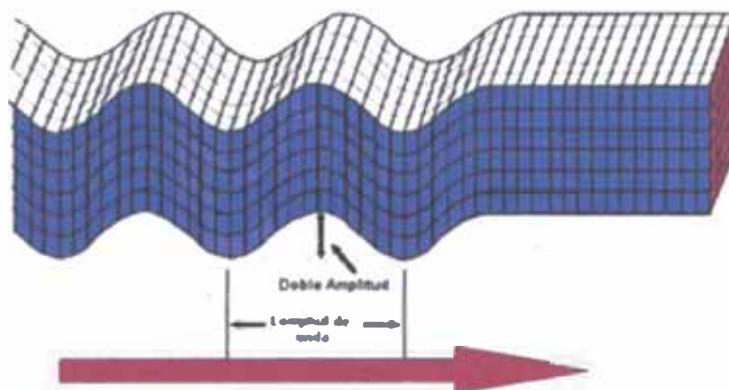


Figura N°2.3. Ondas S.

Existe un tercer tipo de ondas llamadas superficiales debido a que sólo se propagan por las capas más superficiales de la Tierra, decreciendo su amplitud con la profundidad. Dentro de este tipo de ondas se pueden diferenciar dos tipos, denominadas ondas Rayleigh y ondas Love en honor a los científicos que demostraron teóricamente su existencia.

Las ondas Rayleigh se forman en la superficie de la Tierra y hacen que las partículas se desplacen según una trayectoria elíptica retrógrada, F-105. En cambio las ondas Love se originan en las interface de dos medios con propiedades mecánicas diferentes; en este caso el movimiento de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación, similar a las ondas S, pero solo ocurre en el plano de la superficie terrestre, F-106.

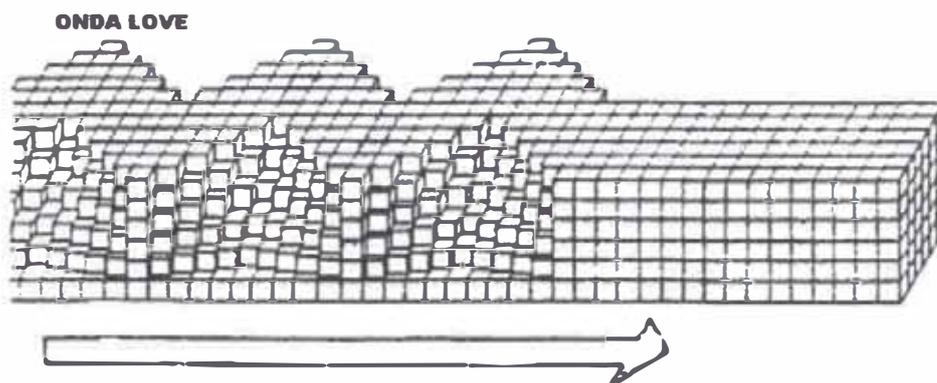


Figura N°2.4. Onda Love.

Rayleigh Wave

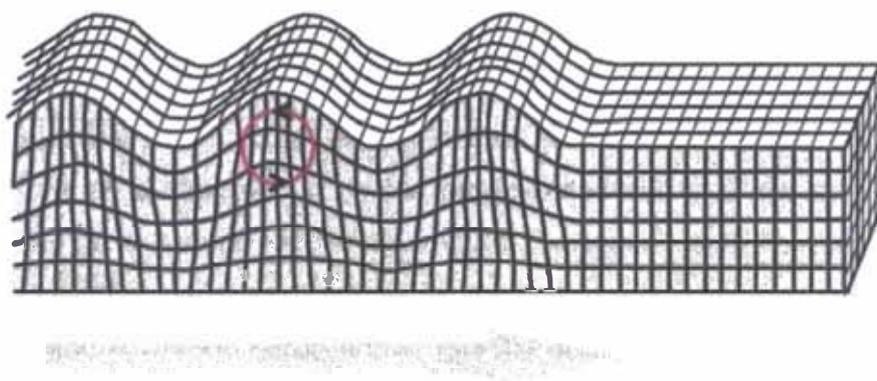


Figura N°2.5. Onda Rayleigh.

Dentro de esta variedad de ondas, las P son las que se propagan con mayor velocidad (de ahí su nombre, primarias), presentando además la característica de poder propagarse por cualquier tipo de material, sea sólido o líquido. Las ondas S viajan a una velocidad algo menor (secundarias) y no se propagan por masa líquidas. Por último, las ondas superficiales viajan con una velocidad menor aún. Debido a la diferencia en la velocidad de cada tipo de onda, cuando sentimos un terremoto las primeras sacudidas son debidas a las ondas P, siendo las siguientes las ondas S y por último las ondas superficiales. La diferente velocidad de cada tipo de onda es, además, la propiedad que se utiliza para determinar la localización del foco del terremoto.

2.2.1 Amplificación de las ondas sísmicas:

Las ondas sísmicas son amplificadas notablemente en suelos blandos por ser más fácilmente deformables que la roca firme. Uno de los casos más notorios de amplificación local de vibraciones sísmicas debido a las condiciones del subsuelo son sin duda los de las ciudades de Bogotá y México, que están construidas sobre arcillas que fueron arrastradas de las partes altas de los valles y depositadas en el lecho de antiguos lagos. La destrucción de numerosos edificios y las altas intensidades reportadas registradas en el centro de la ciudad de México en el terremoto de 1985 muestra claramente este fenómeno de amplificación local de energía sísmica.

2.2.2 Velocidad de las ondas:

La velocidad de propagación de las ondas en el interior de la tierra varía, dependiendo de la densidad y de las propiedades elásticas de las rocas. En rocas típicas de la corteza terrestre las ondas P alcanza los 15 km/seg, mientras que en rocas poco consolidadas es de aproximadamente 2 km/seg. o menor. Las ondas S viajan a una velocidad menor que las ondas P; la relación aproximada entre ambas es: $V_p = 3 \times V_s$. Como las ondas P viajan más rápido que las ondas S, son registradas antes por los sismógrafos, por ello en sismología a las ondas de compresión se les llama ondas primarias (P) y a las ondas de coret, que son registradas mas tarde, ondas secundarias (S).

2.2.3 Maremotos o tsunamis:

Un caso especial de ondas son las que se originan cuando el foco se sitúa bajo el mar. Este caso es muy similar al ejemplo de la piedra que cae en un estanque: se generan grandes olas, que se propagan desde el foco hacia la costa, donde causan graves daños. Son los maremotos. Quizás el ejemplo mas tristemente conocido sea el terremoto que se produjo en 1755, en el Océano Atlántico, las olas alcanzaron la costa de Portugal, causando gran número de victimas. En el último terremoto de Atico – Arequipa del 23 de junio del 2001, ocurrido en Perú, produjo un maremoto. Afortunadamente, este tipo de olas son poco

frecuentes, requieren que el mar sea suficientemente profundo y el terremoto que los origina sea de gran magnitud.

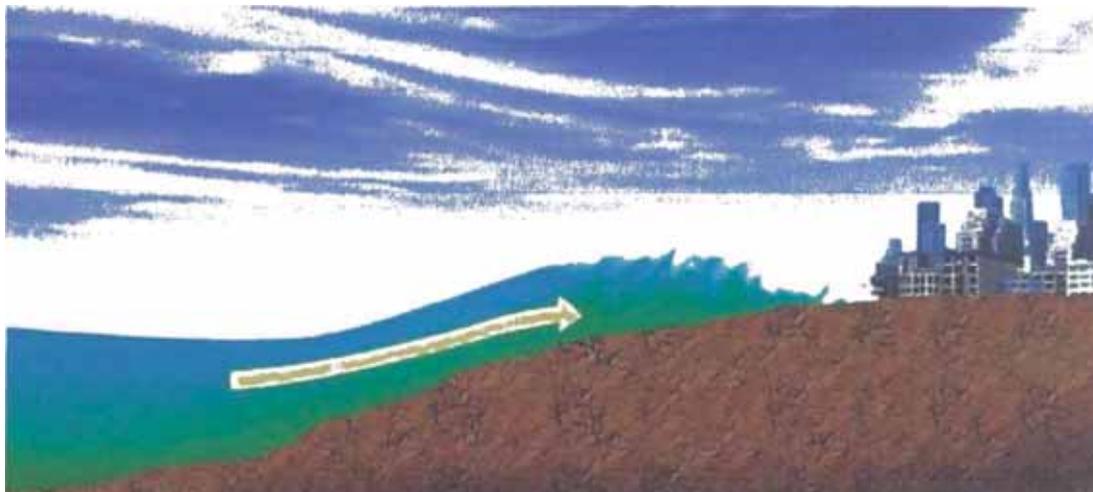


Figura N°2.6. Un maremoto acercándose a la costa.

2.3 UBICACIÓN SÍSMICA DEL PERÚ

El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente mas activas del mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica mas importante está asociada al proceso de subducción de la Placa de Nazca (oceánica) bajo la Placa Sudamericana (continental), generando frecuentemente terremotos de magnitud elevada.



Figura N°2.7. Proceso de subducción.

Además este tipo de fenómeno natural se debe a que nuestro país se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, zona de gran actividad volcánica, la que es asociada con el fenómeno de subducción.

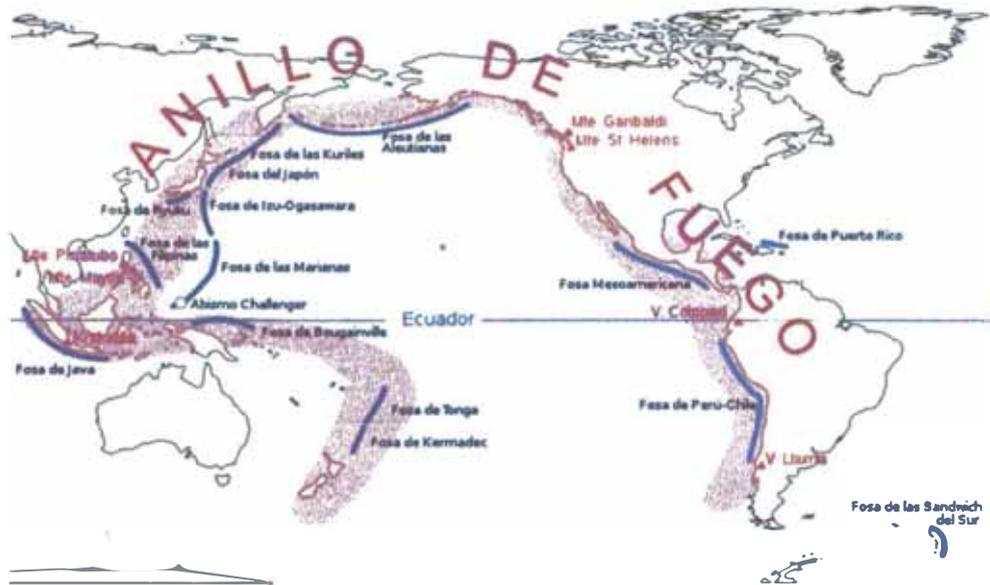


Figura N°2.8. Cinturón de Fuego del Pacífico.

Muchas personas tienen ideas muy equivocadas sobre los terremotos. Estas crean ansiedades innecesarias que pueden afectar adversamente las acciones de los ciudadanos antes, durante y después de un terremoto. La ciencia todavía no está lo suficientemente avanzada como para predecir cuando ocurrirá un terremoto. No se debe prestar atención alguna a rumores que indiquen que en una fecha, hora o lugar en particular ocurrirá un terremoto.

El volcanismo en América del Sur está asociado también a los procesos geodinámicos de subducción de la placa oceánica de Nazca por debajo de la placa continental Sudamericana. En el Perú las regiones con actividad volcánica reciente se concentran entre los paralelos $15^{\circ} 30'$ y $17^{\circ} 30'$ de Latitud sur en donde se han reconocido e inventariado más de 400 estructuras volcánicas, dispuestas sobre una zona aproximadamente paralela a la costa. Actualmente, 14 de estas estructuras volcánicas son consideradas activas, siendo los volcanes Sabancaya, Ubinas y Misti los volcanes potencialmente más peligrosos debido a su actual estado de actividad y cercanía a ciudades, pueblos y/o importantes obras civiles.

2.4 SISMICIDAD HISTÓRICA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Del análisis histórico general se puede deducir que los sismos más importantes que pudieron haber afectado en algún grado la cuenca, son aquellos que se han producido en la Costa. De acuerdo a esta información y para un periodo de aproximadamente de 400 años, se tiene que en la cuenca se han producido sismos con intensidades máximas de VI-VII M.M.

Evaluación de la actividad sísmica en la cuenca

La actividad sísmica que se observa en la región corresponde a un área de baja concentración, caracterizada por un número relativamente pequeño de sismo entre 70 y 100 km. de profundidad, pero con un tectonismo considerable.

Probable actividad sísmica futura

Se tiene cálculos de probabilidades de la ocurrencia de un sismo de cierta magnitud para periodos de: 10, 50 y 100 años, habiéndose determinado previamente la magnitud máxima probable en un intervalo fijo de tiempo.

Riesgo sísmico crítico en la cuenca

De acuerdo a la evaluación de riesgo sísmico para la cuenca del río Huaura, se tiene que desde el año 1555 hasta 1980, la magnitud máxima registrada es de 6.9 mb; entre 1963 y 1980, es de 6.6 mb, según la historia sísmica y la evaluación realizada se considera como terremoto crítico en la cuenca uno de la magnitud de 6.5 mb., el cual tiene un periodo de retorno de 60 años.

CAPITULO III CRITERIOS PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS EDIFICACIONES

3.1 CONCEPTOS GENERALES

3.1.1 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad de cualquier elemento estructural físico o socioeconómico expuesto a un peligro natural, es su probabilidad de resultar destruido, dañado o perdido. El concepto de vulnerabilidad no es estático, sino que debe considerarse como un proceso dinámico. Este proceso integra el cambio y el desarrollo que alteran y afectan la probabilidad de daño de todos los elementos expuestos.

En base al concepto expuesto, identificamos a las edificaciones como los elementos expuestos a un peligro natural que en este caso vienen a ser los sismos. Se puede entonces definir lo que es la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

3.1.2 VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES.

Es el nivel o grado de daño al que las edificaciones están expuestas a sufrir cuando se encuentran sometidas a un sismo. Se puede interpretar que el nivel de vulnerabilidad de una edificación es inversamente proporcional a la resistencia sísmica con la cual se encuentra construida. Dicha resistencia puede aumentar o disminuir con el transcurrir del tiempo por ello es un proceso dinámico y no estático.

3.1.3 CONDICIONES DE VULNERABILIDAD SISMICA

Las condiciones de vulnerabilidad sísmica se dan cuando:

- a) Los asentamientos humanos se ubican en áreas de alta actividad sísmica
- b) La forma de construcción de la edificación no ofrece ninguna resistencia sísmica.

Estos dos factores son los componentes de lo que se podría llamar la vulnerabilidad física de un asentamiento humano frente a los sismos.

Los asentamientos humanos no ubicados en zonas sísmicas o que se construyen edificaciones con criterio antisísmico no presentan condiciones de vulnerabilidad sísmica.

3.1.4 VULNERABILIDAD POR ORIGEN Y VULNERABILIDAD PROGRESIVA

Hay asentamientos que son vulnerables en su origen, que son los pueblos jóvenes donde las viviendas no han sido construidas con buen criterio antisísmico. Sin embargo otros asentamientos, que siendo seguros en su origen, se han vuelto vulnerables con el tiempo debido a un proceso acelerado de deterioro y falta de reacondicionamiento.

Tanto la forma de construcción de los nuevos asentamientos como el proceso de deterioro de los antiguos son parte del proceso de transformación en su conjunto, y por tanto tienen que entenderse como parte integral de éste. No sorprende entonces que la vulnerabilidad progresiva en sus aspectos físicos esté íntimamente relacionada con la vulnerabilidad progresiva en sus aspectos sociales, económicos y culturales (MASKREY ET AL 1986).

3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES SEGÚN SU COMPORTAMIENTO SÍSMICO

Para poder determinar el estado de vulnerabilidad de las edificaciones, es necesario clasificar los diferentes sistemas de construcción en un determinado número de categorías. La consideración básica para desarrollar un esquema de clasificación es la diferencia del grado de resistencia sísmica que las edificaciones presentan. Dicha resistencia define el comportamiento sísmico de una edificación la cual depende de diversas características como el tipo de sistema estructural, los materiales de construcción, el tamaño del edificio, mano de obra, estado de conservación, etc.

Diversas investigaciones realizadas en nuestro país, han definido claramente que las construcciones de adobe son las que presentan un comportamiento más débil frente a sismos (menor resistencia sísmica, mayor vulnerabilidad), así mismo las edificaciones de albañilería con y sin confinar han merecido diversos estudios con el fin de determinar su comportamiento sísmico, concluyéndose que las de albañilería confinada ofrecen una mayor resistencia sísmica (menor vulnerabilidad).

Teniendo en cuenta dichas investigaciones, Kuroiwa (1992), ha definido cuatro tipos de comportamiento de las edificaciones según el grado esperado de su

resistencia sísmica, esta clasificación abarca los tipos de edificaciones más comunes que existen en Latinoamérica.

TIPO 1:

Construcciones sísmicamente muy débiles

Construcciones de tierra conocidas como adobe, piezas cuyas dimensiones mas comunes son de 40x25x18 cm., lo que da muros de 40 y 25 cm de espesor dependiendo del aparejo usado. Las construcciones antiguas utilizaron adobe de mayores dimensiones y por lo tanto los muros resultantes son de mayor espesor. Edificaciones construidas con tierra húmeda apisonada en moldes o formas de madera, resultando bloques de tierra de 50 a 80 cm. de espesor, 50 a 100 cm de altura y 80 a 150 cm de largo, dispuesto de tal forma que conforman los muros de las edificaciones, que en muchos casos son innecesariamente altos. En el Perú toma el nombre de adobón.

Edificaciones construidas con bloques de piedra de diferentes formas y tamaños, unidas con mortero de barro.

Estas edificaciones por lo general tienen techos ligeros y flexibles constituidos por vigas de madera, troncos o caña gruesa y la cobertura planchas onduladas de zinc, asbesto, cemento, cañas delgadas, hojas de palmeras o materiales similares.

TIPO 2:

Construcciones sísmicamente débiles

Edificaciones de albañilería de ladrillo (tierra cocida) o bloques de concreto unidas con mortero de arena-cemento; sin refuerzo de columnas y vigas collar de concreto armado, con techo ligero o flexible.

Edificaciones con bloques de piedras unidas con mortero de arena-cemento; sin refuerzo de columnas y vigas collar.

Construcciones de madera y/o caña recubiertas con tierra (bahareque, quincha) cuyos miembros estructurales están debilitados por la acción de insectos o descompuestos por la acción de sucesivos humedecimientos y secado.

Estas edificaciones tienen techos ligeros y flexibles constituidos por vigas de madera, troncos o caña gruesa; y la cobertura de planchas onduladas de zinc, asbesto cemento, cañas delgadas hojas de palmeras o materiales similares.

Construcciones con muros de albañilería de ladrillo (tierra cocida), bloques de concreto o piedra tallada, unidas con mortero de arena cemento, con techo rígido y pesado generalmente de concreto reforzado, con baja densidad de muros (menor o igual a 8 cm/m²), sin columnas de confinamiento, ni refuerzo interior en los muros.

Construcciones de concreto reforzado, cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto reforzado conformando pórticos espaciales, con techos de losa de concreto reforzados o aligerados con elementos de albañilería huecos, con muros de relleno generalmente de ladrillo cocido o bloques de concreto. Con estructuración inadecuada para resistir sismos por la presencia de columnas cortas, excentricidad, poca rigidez lateral en una de las direcciones principales, insuficiente separación con el bloque adyacente o edificios vecinos y con otras deficiencias estructurales. No diseñadas para resistir sismos, concreto de baja resistencia y ausencia de muros de corte para tomar cargas laterales.

TIPO 3

Construcciones livianas y normales

Construcciones livianas, que tienen poco peso propio y por lo tanto en caso de sismos generan fuerzas de inercia poco intensas. La estructura resistente lo constituyen piezas de madera cuadrillado en estado rústico (troncos), caña gruesa (tipo caña de Guayaquil) y el relleno de los muros son tablas, cañas delgadas ramas de árboles recubiertas con barro. Dentro de este grupo se incluye el bahareque de Centro América, la quincha de Perú, las viviendas de madera del sur de Chile y construcciones de características similares que se construyen en la región.

Construcciones normales, de concreto reforzado, cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto reforzado conformando pórticos espaciales, con techo de losas de concreto reforzado o aligerados con elementos de albañilería huecos, con muros de relleno generalmente de ladrillo cocido o bloques de concreto, con algunos muros de concreto reforzado para tomar fuerzas horizontales sin tener una concepción ideal para resistir terremotos pudiendo tener en la construcción y supervisión uno de los defectos señalados como construcción débil. Concreto de resistencia normal ($f'c=210$ Kg/cm²).

TIPO 4

Construcciones sismo-resistentes

Construcciones con muros de albañilería de ladrillo (tierra cocida) o bloques de concreto de buena calidad, unidas con mortero de arena cemento, con techo rígido y pesado, generalmente de concreto reforzado. Con densidad de muros igual o superior a 8 cm/m², con columnas y vigas de concreto reforzado o con refuerzo interior. Sin columnas de amarre pero con 25 cm/m² o mas de densidad de muros. Buena mano de obra.

Construcciones de concreto reforzado, cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto reforzado conformando pórticos espaciales, con techos de losas de concreto reforzado o aligerados con elementos de albañilería huecos, con muros de relleno generalmente de ladrillo cocido o bloques de concreto. Concebidas, diseñadas y construidas para resistir sismos utilizando modernas técnicas sismo resistente con muros de corte de concreto reforzado simétricamente distribuidos en planta y elevación, capaces de controlar la deformación lateral dentro de límites que evitan las fallas de elementos frágiles como vidrios o muros de relleno aun en casos de sismos intensos. Concreto de buena calidad ($f'c \geq 210 \text{ Kg/cm}^2$). Buena mano de obra y supervisión.

La clasificación presentada, forma parte de la Escala de Intensidades Mercalli Modificada para los países andinos (M.M.A-92) elaborada por Kuroiwa, cuya versión se presenta en el anexo "B".

3.3 DAÑOS ESTRUCTURALES

En general las enseñanzas que han dejado los movimientos sísmicos indican que en los países donde se diseña de acuerdo con una buena normativa sismo resistente, donde la construcción es sometida a una supervisión estricta y donde el sismo de diseño es representativo de la amenaza sísmica real de la zona, el daño sobre la infraestructura es marginal en comparación con el observado en sitios donde no se han dado estas circunstancias.

Desde una perspectiva histórica, un código por si solo no puede garantizar la seguridad contra el daño excesivo, puesto que los códigos son reglamentos que establecen requisitos mínimos, los que a su vez experimentan actualizaciones continuas de acuerdo con los avances tecnológicos y las enseñanzas que dejan

las investigaciones y los estudios de los efectos causados por terremotos, que no son mas que pruebas de laboratorio a escala real. La ductilidad y redundancia estructural han resultado ser los medios más efectivos para proporcionar seguridad contra el colapso, especialmente si los movimientos resultan más severos que los anticipados por el diseño. El daño severo o colapso de muchas estructuras durante sismos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente.

A causa de sismos fuertes es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexo compresión.

En vigas, se presenta grietas diagonales y rotura de estribos a causa de cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que impone el sismo arriba y debajo de la sección como resultado de las cargas alternadas.

Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos.

En las uniones viga-columna (nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión.

En las losas se pueden presentar grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas longitudinales a lo largo de la placa debido a la excesiva demanda por flexión que en ciertas circunstancias puede imponer el sismo.

Irregularidades en altura, traducidas en cambios repentinos de rigidez entre pisos adyacentes, hacen que la absorción y disipación de energía en el momento del sismo se concentren en los pisos flexibles, donde los elementos estructurales se ven sobre solicitados. Las irregularidades en planta de masa, rigidez y

resistencia pueden originar vibraciones torsionales que generan concentraciones esfuerzos difíciles de evaluar, razón por la cual una mayor exigencia en este tipo de aspectos debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar arquitectónicamente las edificaciones.

No obstante, es importante destacar que el solo hecho de diseñar de acuerdo con un código no siempre salvaguarda contra el daño producido por terremotos severos. Los códigos sísmicos establecen requisitos mínimos para proteger la vida de los ocupantes, requisitos que muchas veces no son suficientes para garantizar el funcionamiento de la edificación después del sismo.

Las observaciones realizadas en los últimos años, indican que las construcciones rígidas (estructuras de concreto armado) se desempeñan, en general, mejor que las flexibles (estructuras de acero o madera); en lo que respecta a la protección de los componentes no estructurales, que sufren menos daños al limitarse el desplazamiento entre pisos.

3.4 CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES TOMADOS EN CUENTA PARA PROPONER LA HOJA DE EVALUACIÓN

En el Centro Poblado Primavera así como en muchos del Perú, la construcción de las viviendas se ha dado bajo la modalidad de la autoconstrucción. Esto significa que el poblado ha edificado y edifica sus viviendas tratando de aprovechar al máximo posible toda el área de terreno que pueda haber conseguido y de acuerdo a sus posibilidades económicas sin asesoramiento de un técnico especialista para el diseño, la construcción y supervisión de obras.

Además de la clasificación de las edificaciones según su comportamiento sísmico, para proponer la hoja de evaluación de las características de las edificaciones, necesitamos conocer los criterios arquitectónicos y estructurales a tomarse en cuenta para luego poder realizar las encuestas de campo. Esto se tratará en las siguientes páginas.

3.4.1. Configuración arquitectónica

Por configuración arquitectónica no se entiende la mera forma espacial de la construcción en abstracto, sino el tipo, disposición, fragmentación, resistencia y geometría de respuesta estructural ante sismos. Puede decirse de manera general que el alejamiento de formas y esquemas arquitectónicos simples es castigado fuertemente por los sismos. Hay que tener en cuenta que una de las mayores causas de daños en edificaciones ha sido el uso de esquemas de configuración irregulares.

Además lamentablemente, los métodos de análisis sísmicos usuales no logran cuantificar adecuadamente la mayoría de estos problemas arquitectónicos. Es aconsejable evitar el planteamiento de configuraciones riesgosas, es decir, de configuraciones arquitectónicas irregulares, independientemente del grado de sofisticación que sea posible lograr.

3.4.2. Configuración geométrica

Debe hacerse énfasis en que , debido a su complejidad, y a su estrecha relación con el planteamiento de espacio y forma de la construcción, los problemas de configuración deben ser enfrentados básicamente desde la etapa de definición del esquema espacial del edificio, y en toda la etapa de diseño. Por esta razón es un tema que debe ser comprendido en toda su amplitud por los arquitectos e ingenieros diseñadores.

CONFIGURACIÓN EN PLANTA

Se entiende por configuración en planta a la distribución del área de la sección o secciones transversales que una edificación pueda mostrar. Aquellas plantas que a simple vista se pueden percibir como complejas y que cuentan con las respectivas juntas de dilatación sísmicas no presentan problemas para el comportamiento frente a sismos.

Longitud (L)

La longitud en planta de una construcción influye en la respuesta estructural de la misma. En vista de que el movimiento del terreno consiste en una transmisión

de ondas, la cual se da con una velocidad que depende de las características de masa u rigidez del suelo de soporte, la excitación que se da en un punto de apoyo del edificio en un momento dado difiere de la que se da en otro, diferencia que es mayor en la medida en que sea mayor la longitud del edificio en la dirección de las ondas. Los edificios cortos se acomodan fácilmente a las ondas sísmicas, a comparación que los edificios largos.

Los edificios largos son también mas sensibles a las componentes torsionales de los movimientos del terreno, puesto que las diferencias de movimientos transversales y longitudinales del terreno de apoyo, de las que depende dicha rotación, son mayores.

Si las estructuras son muy largas, la excitación que se da en un punto de ella será diferente de la que se produce en un punto ubicado en el otro extremo. Este efecto es muy difícil de cuantificar y de resolver en la etapa de diseño, lo anterior no aplica para el caso de edificios cortos, dado que este efecto no es tan significativo. Además, las plantas largas permiten que los efectos de torsión se manifiesten por los movimientos distintos en el terreno. Esto puede solucionarse al partir las plantas largas en bloques independientes si se dejan juntas constructivas, esto permitirá que cada bloque se mueva independientemente y el choque entre módulos debe ser evitado por la separación de la junta de construcción.



Si la planta es muy larga, el comportamiento entre extremos es muy distinto lo que puede producir inestabilidades en la estructura



La solución es dividir la planta con juntas constructivas para que cada bloque tenga un comportamiento independiente

Figura N°3.1. Solución al problema de longitud en planta.

Plantas complejas

Esta configuración es típica de plantas compuestas por alas de significativo que se orientan en distintas direcciones (por ejemplo en forma de X, H, o T). Esto provoca que se concentren esfuerzos entre el cuerpo principal y las alas, ya que estas trabajan como elementos empotrados en un cuerpo más rígido y propenso a sufrir menos deformaciones. La solución suele ser diseñar una junta constructiva entre las alas y el cuerpo central, que permiten que cada cuerpo se mueva sin estar atado al cuerpo principal.

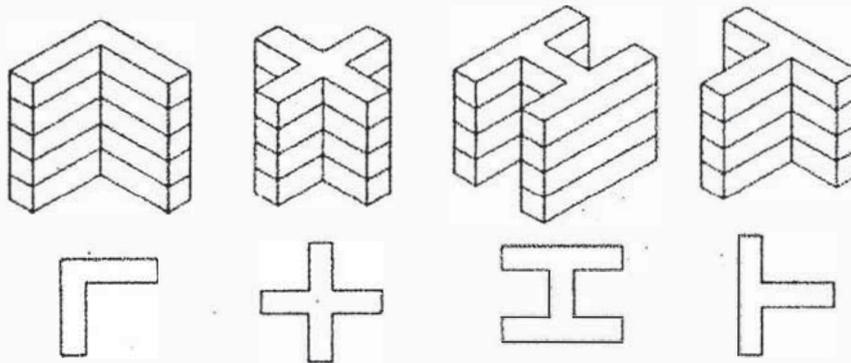


Figura N°3.2. Ejemplos de plantas complejas.

CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN

Escalonamientos

Los escalonamientos en elevación se diseñan con el objetivo de resolver problemas de iluminación y de proporción, pero estos provocan un cambio abrupto en la rigidez y en la masa de los pisos, que propicia la concentración de esfuerzos producto de las acciones sísmicas. Son preferibles las transiciones suaves para evitar este fenómeno.

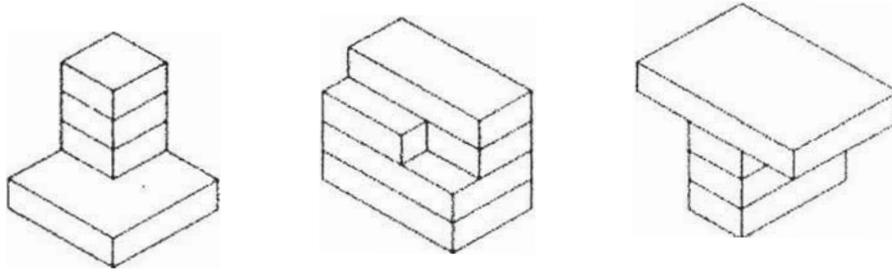


Figura N°3.3. Ejemplos de elevaciones complejas.

La esbeltez en altura

La esbeltez en altura de una edificación esta dada por la relación que existe entre su altura (H) y su ancho (A)

Así:

Si: $H \leq A$ → Ideal

Si: $H \leq 3A$ → Aceptable

Si: $H > 3A$ → Mala

3.4.3. La configuración estructural

Los sitios donde se concentran los mayores esfuerzos (intensidad de una fuerza) en las estructuras son las uniones y conexiones entre elementos estructurales, por ejemplo las conexiones viga-columna, y columna-cimiento. Estas zonas deben soportar las mayores fuerzas cortantes y momentos debidos a flexión y por ello su diseño debe realizarse cuidadosamente, en especial, verificando la distribución del acero de refuerzo en los nudos, o la cantidad y tipo de soldadura a utilizar si son elementos de acero, y además, contar con una adecuada inspección durante su construcción.

Los principales problemas que se pueden presentar tienen que ver con: las altas concentraciones de masa en niveles superiores, columnas débiles, menor resistencia de columnas que vigas, pisos blandos o suaves, falta de confinamiento del concreto en columnas, falta de redundancia, flexibilidad

excesiva en el diafragma que forma el entrepiso, la torsión entre pisos y el desplazamiento relativo entre pisos.

Altas concentraciones de masa en niveles superiores

Las fuerzas sísmicas son proporcionales a la masa, entonces si en un piso superior se concentran elementos como tanques de almacenamiento de agua, equipos, bodegas o archivos, las fuerzas sísmicas aumentan en ese nivel. Lo recomendable es colocar estos elementos pesados en el sótano o en sitios aledaños a la estructura principal.

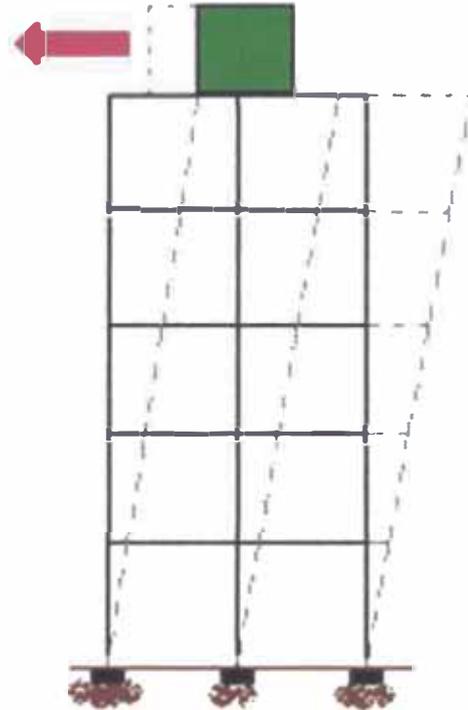


Figura N°3.4. Efecto de las concentraciones de masa en niveles superiores.

Columnas débiles

Las fuerzas sísmicas se distribuyen proporcionalmente a la rigidez y resistencia de los elementos estructurales verticales. Entonces, si la rigidez de las columnas o paredes que soportan la estructura sufre un cambio brusco ya sea por

confinamiento de las paredes hasta cierta altura de los marcos, por desniveles del terreno, por nivel intermedio entre dos pisos, se concentrarán los esfuerzos y se acumulará energía en el piso más débil, dado que el nivel donde se interrumpen los elementos verticales es más flexible que los demás, lo que permite que se produzca un problema de estabilidad.

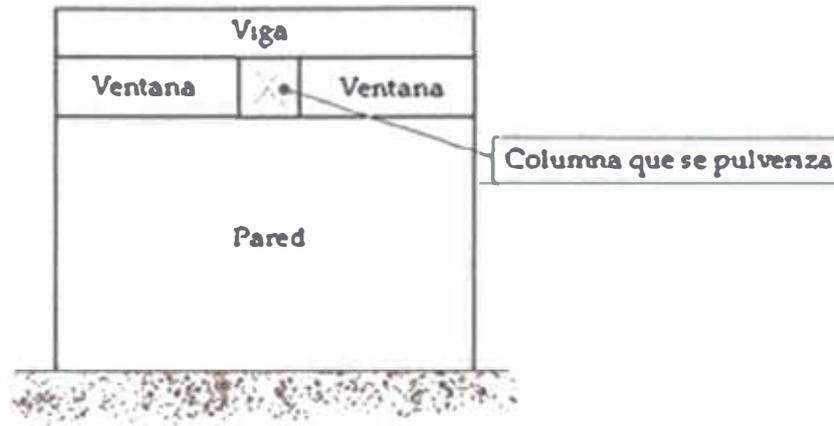


Figura N°3.5. Problema de columnas débiles.

Menor resistencia de columnas que vigas

Si las columnas tienen menor resistencia que las vigas, las primeras fallarán primero lo que provoca que la estructura se vuelva un mecanismo y esta colapse. La falla puede ser reparada si se da en las vigas.

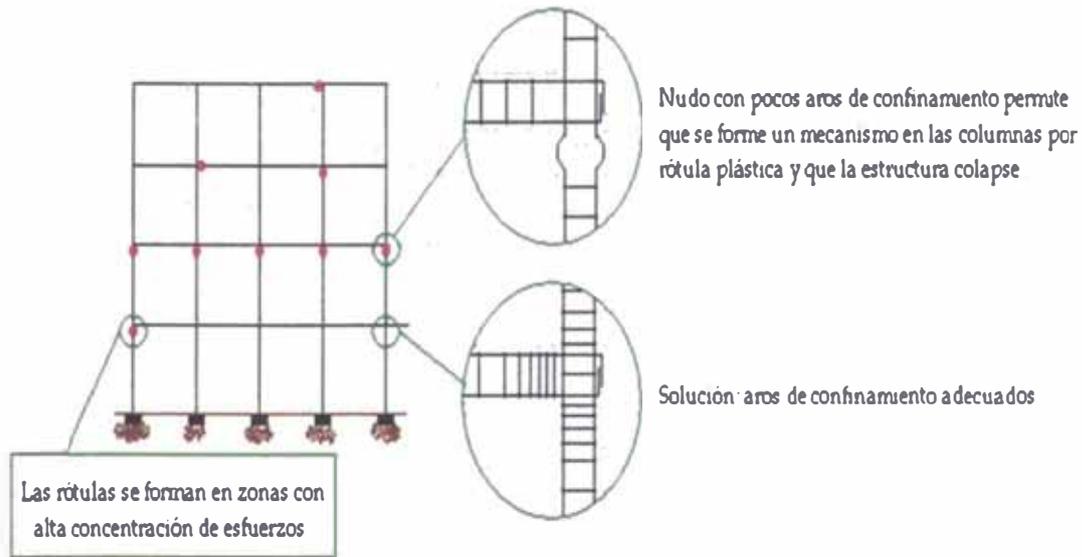
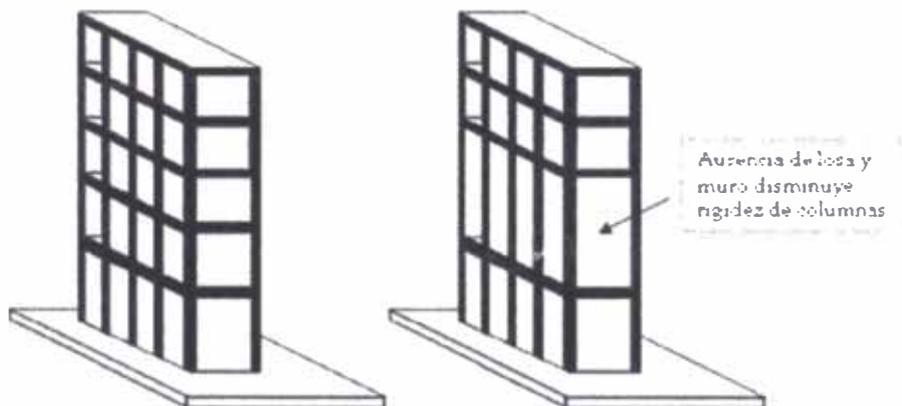


Figura N°3.6. Efecto de una menor resistencia en columnas que en las vigas.

Pisos blandos o suaves

Son pisos donde los elementos estructurales verticales son interrumpidos, para ofrecer más espacio en ese piso o por razones arquitectónicas, generalmente en los niveles de acceso. Esto produce un debilitamiento de la rigidez de los elementos verticales en ese piso.



© Laboratorio de Ingeniería Sísmica. INII-UCR.

Figura N°3.7 Piso blando por interrupción de elementos.

Falta de confinamiento del concreto en columnas

Se produce cuando se utilizan pocos o ningún aro de confinamiento del concreto, por lo que el núcleo de los elementos sometidos a flexocompresión falla en forma explosiva.



Figura N°3.8. Esquema de falla por falta de confinamiento del concreto.

Falta de redundancia

Se debe buscar que la resistencia a fuerzas sísmicas dependa de varios elementos, puesto que si se cuenta con pocos elementos resistentes (falta de redundancia), la falla de uno de ellos provocará el colapso total o parcial de la estructura.

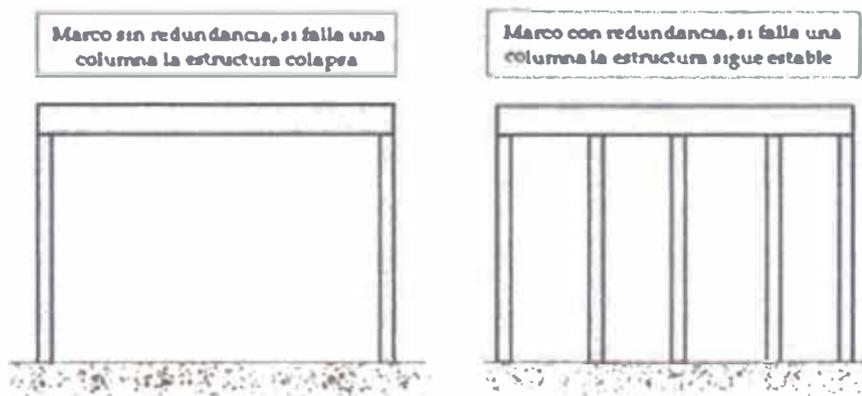


Figura N°3.9. Ejemplo sobre la falta de redundancia.

Flexibilidad excesiva en el diafragma que forma el entrepiso

La flexibilidad excesiva en el diafragma que forma el entrepiso produce deformaciones laterales no uniformes, que son perjudiciales para los elementos no estructurales adosados al diafragma. Son debidas a una relación muy grande largo/ancho (mayor que 5), y a aberturas creadas en el diafragma para efectos de iluminación, ventilación, que impiden que este funcione como un cuerpo rígido.

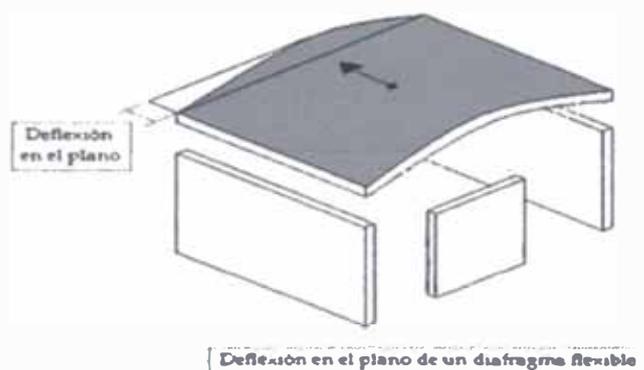


Figura N°3.10. Ejemplo sobre flexibilidad excesiva en el diafragma.

Torsión entre pisos

La torsión entre pisos se produce por la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez en un piso, debido a que los elementos rígidos están colocados de manera asimétrica en un piso (ductos de elevadores), o a la colocación de grandes masas en forma asimétrica respecto al centro de masa. Generalmente se produce en edificios de esquina, debido a la gran rigidez que presentan los muros de colindancia, pero basta con que se excedan ciertos límites de excentricidad (una mala distribución de la rigidez lateral) para que se produzcan efectos negativos de la torsión.

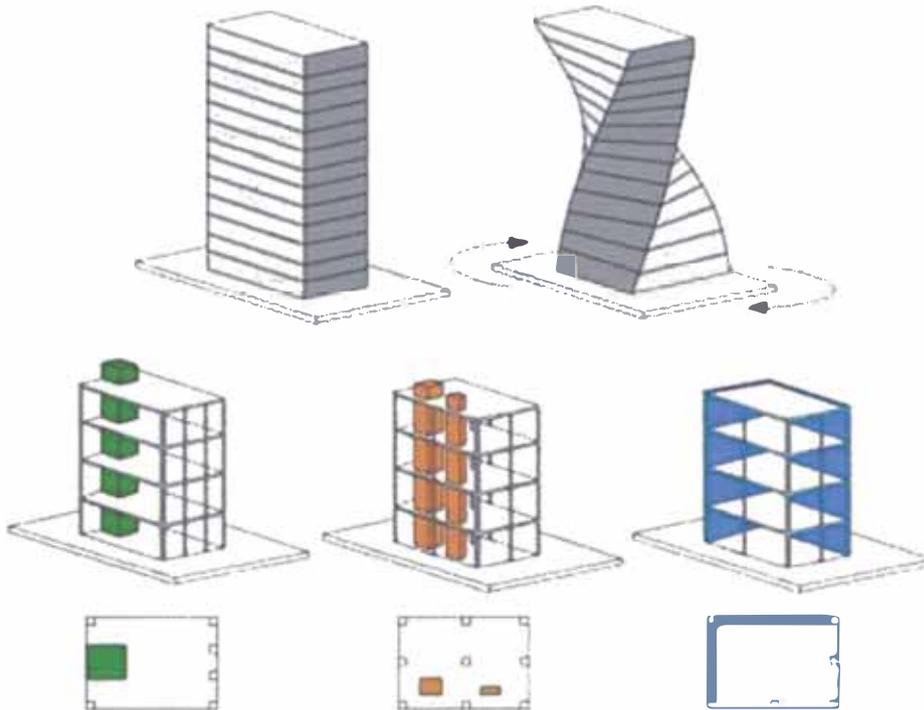


Figura N°3.11. Ejemplos de arreglos estructurales que producen torsión.

Desplazamiento relativo entre pisos.

El desplazamiento relativo entre pisos (excesiva flexibilidad de los marcos) y dimensiones de juntas constructivas insuficientes, provoca daños en paredes de cerramiento por la excesiva flexibilidad de los marcos. Los desplazamientos laterales excesivos se deben a las grandes distancias entre los elementos de soporte (claros o luces), las alturas y las rigideces de los mismos. Se pueden tener como problemas: inestabilidad estructural y daños en elementos no estructurales adosados a niveles contiguos.

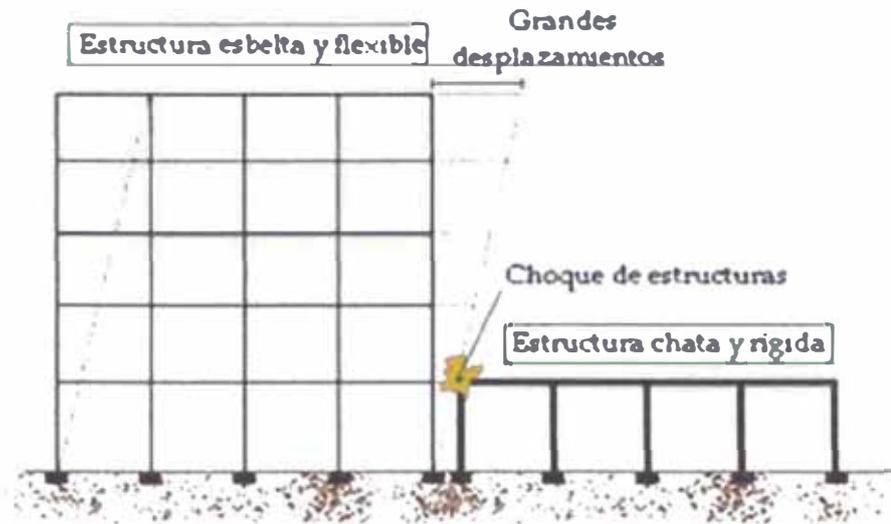


Figura N°3.12. Choque entre dos edificios que se mueven distintos.

3.5 COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES

3.5.1 Tipo 1: Sísmicamente muy débiles

Está constituido por edificaciones con muros de adobe de dimensiones 40 x 80 x 12 cms. en promedio, con antigüedad mayor de 50 años, con techo ligero, cuyas vigas de madera forman armaduras trapezoidales sobre los cuales se tiene una cobertura de listones de madera o caña con torta de barro y también unidades de adobe de 30 x 35 x 12 cms. utilizados en edificaciones de la localidad con una antigüedad mayor de 20 años con techo de vigas de madera o troncos sobre los cuales se tiene planchas onduladas de asbesto cemento o zinc, caña con barro, entre otros. En ambos casos la cimentación es de piedra con barro.

En la mayoría de los casos, estas construcciones fallan por flexión producida por las cargas de inercia horizontales inducidas por el peso propio de los muros que son muy pesados (debidos a su gran espesor y excesiva altura), estas cargas actúan perpendicularmente a sus caras. Como los techos por su poco peso y flexibilidad no confinan a los muros en su borde superior, éstos tienden a vibrar libremente en dicho borde. Por estas razones se originan momentos flectores negativos y esfuerzos de corte que son máximos en las esquinas, originando grietas en esos puntos que se propagan desde arriba hacia abajo (Figuras 6.1,

6.2 y 6.3). Al ocurrir esto en ambos lados del muro, éste queda libre y se vuelcan mayormente hacia afuera, como consecuencia el techo se desploma. Otras veces si en la parte central del muro hay vanos grandes de puertas y ventanas, el momento flector positivo provoca grietas que nacen de la parte superior y se dirigen a las esquinas de los vanos, desestabilizando esa área del muro produciéndole el colapso.

Se debe recalcar, que las edificaciones de adobe con una antigüedad mayor de 50 años, han cumplido con creces su vida útil, a simple vista se observa en muchos muros la tendencia a volcarse así como rajaduras de consideración productos de sismos leves ocurridos además de otros daños producidos por el paso del tiempo. Estas edificaciones se encuentran ubicadas en los cascos urbanos antiguos de la localidad. Los pobladores que mayoritariamente son de bajos recursos económicos, han optado por construir sus viviendas con adobe.

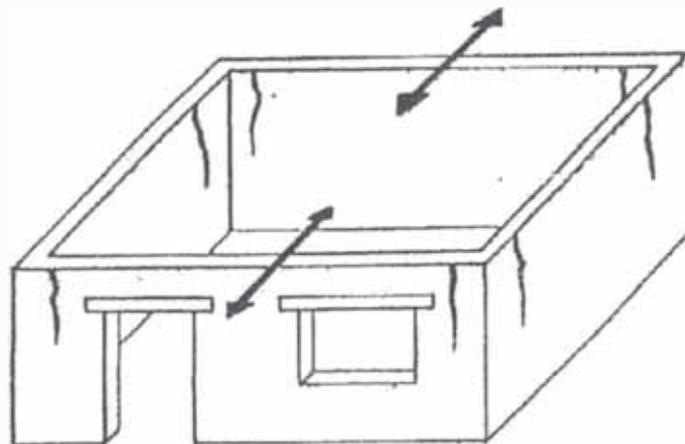


Figura N°3.13: modo de falla en muros de adobe por vibración horizontal

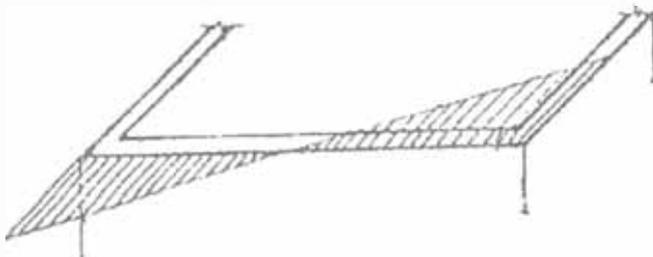


Figura N°3.14: diagrama de esfuerzos de corte en el borde superior

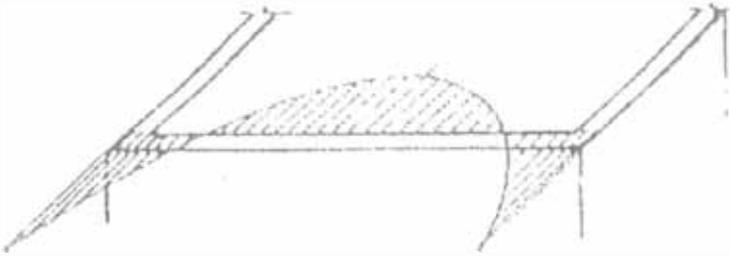


Figura N°3.15: diagrama de momentos en el borde superior

Estas construcciones tienen más de 20 años de antigüedad, muestran varios defectos típicos que son:

- Mala calidad de los adobes.
- Dimensionamiento inadecuado de los adobes.
- Insuficiente traba horizontal entre los adobes.
- Juntas verticales continuas.
- Trabas inadecuadas en los encuentros de muros.
- Deficiente mano de obra en la construcción.
- Dimensionamiento incorrecto de los muros.
- Vanos de puertas y ventanas ubicados cerca de las esquinas de los muros, además que tienen un gran tamaño.
- Muros sin protección frente a la erosión por efecto del agua.
- Poco empotramiento en los dinteles de ventanas y puertas.
- No existe una viga collar que proporcione rigidez a los muros.

3.5.2 Tipo 2: Sísmicamente débiles

Construidas con muros de unidades de albañilería mayoritariamente de ladrillo o bloquetas de concreto fabricados artesanalmente, con y sin columnas con techo ligero y flexible, sin viga collar, cimentación de concreto simple, con techo ligero y flexible de planchas onduladas de asbesto-cemento o zinc entre otros. El comportamiento sísmico de este tipo de edificaciones es similar al "Tipo 1", con una resistencia algo mayor debido al uso de unidades de albañilería, pero en este caso, al haber sido éstas fabricadas artesanalmente sin ningún tipo de control de calidad no aportan toda la resistencia debida. Mayoritariamente los muros tienen confinamiento vertical (columnas) que aumentan su resistencia sísmica, pero al no tener confinamiento horizontal (viga collar) los muros están expuestos a fallar por flexión.

Asimismo como el concreto no es mezclado en máquina, sino manualmente, provoca que la mezcla no tenga la calidad necesaria manifestándose en las columnas con la presencia de cangrejeras las cuales disminuyen su resistencia a la compresión, tracción y corte.

Las unidades de albañilería son de dos tipos, los ladrillos de concreto con dimensiones 15 x 25 x 9 cms. en promedio utilizados para muros y las bloquetas de concreto de dimensiones 30 x 18 x 13 cms. en promedio que son utilizados para muros y techos. Tienen como características principales resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degradan su durabilidad y resistencia, no presentan uniformidad en su calidad, textura superficial y acabado, esto se debe a la mala selección de los agregados, inadecuada dosificación (se utiliza una bolsa de cemento para cinco carretillas de agregado, el cual les rinde de 40 a 45 bloquetas) faltando cemento, mezclado de los materiales en forma manual e inadecuado proceso de curado. Los agregados son de forma redondeada y no presentan una granulometría continua, al ejecutarse la mezcla en forma artesanal no se realiza una buena vibración y compactación, el curado se realiza mediante riegos no muy sucesivos sin estar bajo cubierta, en la mayoría de las veces son utilizados a los pocos días de terminado el curado.

3.5.3 Tipo 3: Sísmicamente semi-resistentes

Las edificaciones sísmicamente semi-resistentes son las que originalmente fueron sísmicamente débiles, la diferencia está en que cuentan con un techo rígido de concreto reforzado aligerado con bloquetas de concreto en lugar del techo ligero y flexible descrito anteriormente. Realizadas por autoconstrucción sin criterio profesional, al igual que en las edificaciones tipo 1 y 2, sus propietarios por sus bajos ingresos no pueden pagar los servicios de profesionales especializados, por lo que para su construcción se emplean unidades de albañilería fabricados artesanalmente los cuales no aportan toda la resistencia debida frente al corte y la flexión, y el concreto es elaborado manualmente sin máquina, no alcanzando las resistencias reglamentarias, el sistema estructural empleado aparentemente es el de albañilería confinada pero con los defectos propios de la autoconstrucción, por ejemplo:

Nacimiento de columnas en el segundo piso.

Muros con vanos confinados erróneamente con una columna.

Construcción primera de columnas levantándose después el muro (el muro actúa como tabique, sin confinamiento).

Falta de continuidad vertical en columnas y muros.

Presencia de cangrejeras en columnas, vigas y techos, reduciendo la resistencia de estos elementos.

Baja calidad en la mano de obra.

Inadecuada distribución de densidad de muros siendo menor en el sentido paralelo a la fachada y mayor en el sentido perpendicular.

Estas edificaciones presentan una mayor resistencia que las tipo 1 y 2, por ello ante la presencia de un sismo su comportamiento será mejor que las edificaciones mencionadas pero sin alcanzar la resistencia de las tipo 4.

En las construcciones con muros de albañilería y techo de concreto reforzado aligerado, el techo actúa como un diafragma rígido y si la edificación es sometida a la acción sísmica horizontal, dicho elemento distribuye la fuerza sísmica proporcionalmente a las rigideces de los muros, los que tienden a fallar por corte, presentándose la clásica cruz de San Andrés (diagonales que se intersectan) casi siempre en el centro del plano. Si hay vanos de puertas o ventanas en el muro, las grietas diagonales se irradian a partir de las esquinas de dichos vanos. Si los muros no están confinados por columnas y vigas de amarre, las grietas se propagan hacia las esquinas, el muro se disloca, eventualmente colapsan y se produce el desplome del techo. Este tipo de falla ocurre en la dirección donde la densidad de muros es menor.

3.5.4 Tipo 4: Sísmicamente resistentes

Estas construcciones están diseñadas para soportar los sismos y sólo intensidades muy altas les ocasionarían graves daños, las edificaciones de albañilería confinada construidas con asesoramiento técnico corresponden a este tipo.

Las edificaciones de albañilería confinada tienen en sus muros unidades de albañilería hechas en fábrica, bajo control de calidad, el concreto se elabora con máquina mezcladora y vibrado mecánicamente, el diseño contempla una adecuada densidad de muros, los cuales tienen confinamientos adecuados (columnas de amarre, vigas collar), con techo de losa de concreto reforzado aligerado con ladrillos que actúa como un diafragma rígido distribuyendo la fuerza horizontal sísmica entre los muros.

3.6 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Un estudio de vulnerabilidad busca, entre otras cosas, determinar la susceptibilidad o el nivel de daño esperado en la estructura y su funcionalidad frente a un desastre determinado; por lo tanto, para iniciar un estudio de vulnerabilidad deben caracterizarse él o los fenómenos a ser considerados.

Para el caso de sismos, vale la pena seleccionar y caracterizar aquellos eventos que podrían presentarse durante la vida de la estructura ya que los sismos menos frecuentes pero más violentos pueden afectar tanto a elementos estructurales como no estructurales, pero principalmente nosotros centramos nuestra atención en la parte estructural porque si ésta colapsa, las personas que las habitan quedarían temporalmente sin un lugar donde cobijarse.

Para la realización de estudios de análisis de vulnerabilidad sísmica de una construcción, la literatura internacional presente diversos métodos como el método japonés, el método ATC-21, la evaluación diseñada por Iglesias J., etc.; pero en términos generales, los métodos pueden clasificarse en los siguientes grupos:

1. MÉTODOS CUALITATIVOS
2. MÉTODOS CUANTITATIVOS

3.6.1 Métodos cualitativos: Generalmente estos métodos han sido utilizados cuando se evalúa la vulnerabilidad de una muestra numerosa de edificaciones de manera rápida. También cuando se tiene información acerca de la seguridad de una determinada estructura y se pretende corroborar dicho nivel de seguridad.

3.6.2 Métodos cuantitativos: Estos métodos son utilizados cuando la importancia de la edificación así lo amerita, o bien cuando los métodos cualitativos no han sido determinantes con respecto a la seguridad de la edificación.

Para la investigación usaremos el método cualitativo, debido a que el caso de estudio así lo amerita, ya que se quiere hallar los niveles de vulnerabilidad de una zona representativa de un centro poblado, la cual no debe ser demasiado extensa ni demasiado pequeña, debido a que se quiere abarcar un área representativa del Centro Poblado Primavera, y que incluya todos los tipos de sistemas de construcción (aporticado, mixto, albañilería de ladrillos cocidos confinado, albañilería de ladrillos cocidos sin confinar, albañilería de ladrillos sin cocer, albañilería de adobes, etc.).

METODOS CUALITATIVOS

Los métodos cualitativos son diseñados para evaluar de manera rápida y sencilla un grupo de edificaciones diversas, y seleccionar aquellas que ameriten un análisis más detallado. Estos métodos se utilizan principalmente para la evaluación masiva de edificaciones con fines de cuantificación del riesgo sísmico en una zona de un centro poblado con la ayuda de hojas de evaluación previamente diseñadas, y cuyos resultados no pueden tomarse como concluyentes en ningún caso particular, salvo que corroboren la seguridad de una edificación.

El propósito es aplicar un método cualitativo acorde a las condiciones propias de nuestro país. Así, se tuvo presente para el desarrollo de la metodología y plantear las hojas de evaluación: el uso de la edificación, la cantidad de personas que la habitan, características del terreno donde se vaya cimentar la edificación, características de diseño estructural y de arquitectura, características de los materiales de construcción, de la mano de obra y la supervisión en obra.

CAPITULO IV. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES

4.1 SOBRE EL ESTUDIO A REALIZAR

De la gama de problemas que presenta el Centro Poblado Primavera, se escogerá y centrará la atención y el interés en las edificaciones de esta zona para evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones.

Para la evaluación del nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones se elaborará una hoja de encuesta basada en los "Tipos de edificaciones según su comportamiento sísmico", propuestas por el Ing. Kuroiwa (1992) y por el Reglamento Nacional de Construcciones en la Norma Técnica de Edificaciones E-030 para el diseño sísmico (Noviembre de 1997), de los cuales se rescatan los aspectos más importantes que ayudaran a preparar la ficha u hoja de evaluación, tratando siempre que las preguntas sean claras, sencillas y concretas.

4.2 METODOLOGÍA EMPLEADA.

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones en base a los tipos de edificaciones mencionados, se han empleado encuestas dirigidas a obtener la información necesaria para establecer su comportamiento sísmico; los modelos de las encuestas se encuentran en el anexo.

Teniendo en cuenta que existen numerosas edificaciones de diferentes tipos en la zona de estudio, se está utilizando el método de muestreo recomendado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y que ya ha sido empleado en otros estudios similares. Esta metodología encajó con la disponibilidad de recursos y las necesidades de precisión que se requería de acuerdo con el tipo de decisiones que podrían tomarse durante el desarrollo del estudio.

Se buscó que los resultados a obtenerse sean creíbles y demostrables de tal manera que sirvan para plantear soluciones prácticas orientadas a disminuir el nivel de vulnerabilidad en aquellas edificaciones que lo requieran.

El trabajo de campo en la zona de estudio se realizó de una manera ordenada y sistemática, contando para ello con la ayuda de planos de ubicación general de

la zona de estudio, registrando la ubicación exacta de la edificación evaluada en cada una de las hojas de evaluación.

Toda la información obtenida en cada inspección diaria se procesó para crear una base de datos con toda la información recolectada, la cual se basó en la forma de la hoja de encuesta y las preguntas que la hoja tenía. La información procesada será de gran ayuda para el presente estudio y su almacenamiento servirá como una base de datos para futuros estudios.

Se procederá a determinar las zonas vulnerables dentro de la zona de estudio diferenciándolas unas de otras en el plano, mediante el uso de diferentes colores y finalmente proponer las medidas necesarias para reducir los niveles de vulnerabilidad.

4.3 OBTENCIÓN DE LA MUESTRA.

Se obtuvo la muestra con la mayor precisión posible bajo las circunstancias y recursos disponibles encontrados en la localidad, esta exigencia fue necesaria debido a que para la evaluación del comportamiento sísmico de las edificaciones indispensablemente se debe contar con el uso de información confiable.

Lamentablemente en la localidad no se encontró inventario actualizado de las edificaciones, información que hubiese sido de valioso apoyo para el presente estudio. Utilizándose la poca información existente, se realizó el trabajo de inspección de lotes y encuestas en edificaciones para recoger la muestra, el cual estuvo dirigido a las edificaciones cuyo uso es de viviendas, las de otro uso, consideradas especiales, como aquellas que tienen un potencial de pérdidas grande por ser lugar que pueden congregarse un gran número de personas, no han sido encuestadas pues no son elementos estándar y por lo tanto requieren de un estudio individual y detallado lo que hace que no se les incluya en un estudio de éste alcance; no se puede ignorar que son una amenaza potencial por lo que deben ser evaluados en posteriores estudios.

En general, los resultados obtenidos indican que se han empleado diversos materiales de construcción en las edificaciones, como planchas onduladas de asbesto-cemento o zinc y madera en muros y techos de edificaciones provisionales; adobe, quincha, ladrillos de concreto o arcilla, bloquetas de concreto con y sin elementos de confinamiento de concreto armado en muros utilizándose caña, madera, planchas onduladas de asbesto-cemento o zinc,

losas de concreto armado con ladrillos huecos de concreto y arcilla en techos de edificaciones estables.

Esta variedad tanto de material de construcción como del sistema estructural empleado, motivó clasificar las edificaciones en cuatro grupos, utilizándose como base la clasificación empleada por Kuroiwa (1992) y presentada anteriormente, los cuatro tipos de edificación que se han definido y con las cuales se ha trabajado son:

Tipo 1: Edificación sísmicamente muy débil

Tipo 2: Edificación sísmicamente débil

Tipo 3: Edificación sísmicamente semi-resistente

Tipo 4: Edificación sísmicamente resistente.

Esta clasificación permite identificar la edificación encuestada, ubicándola en uno de los cuatro tipos, permitiendo luego obtener un resultado global del tipo de edificación encontrado en cada sector de la localidad en estudio.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la localidad.

4.4 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS PREDIOS, OBTENIDOS DE LAS ENCUESTAS

La producción de encuestas realizadas en el centro poblado Primavera fue:

De un total de 450 predios de la primera etapa se logró encuestar a 135 predios que representa el 30% del total de predios en el centro poblado.

Tabla N°4.1 Cantidad de predios encuestados

PREDIOS	CANTIDAD	PORCENTAJE
LOTES MEDIDOS Y ENCUESTADOS	135	30%
LOTES MEDIDOS Y NO ENCUESTADO	315	70%
TOTAL	450	100.00%

Fuente: Elaborada en campo

Por otra parte se debe mencionar que para tener una mejor información de los predios encuestados, se logró tomar un registro fotográfico digital de las fachadas de los lotes. Con este registro fotográfico se pudo obtener las características adicionales de los lotes. Así también se pudieron comparar las encuestas de campo, con la imagen real de la fachada de lotes.

De los datos tomados en campo se puede notar que las características más importantes obtenidas son: el material predominante de la construcción, el estado de conservación, las condiciones del predio, entre otras.

Además de estos datos se determinarán los tipos de edificaciones existentes en la localidad y definidos anteriormente.

Por otra parte se debe hacer mención a los datos sobre el uso del suelo en el centro poblado, que distribuye en porcentaje del siguiente modo: ver tabla 4.2.

USO DE SUELO

Tabla N°4.2 Porcentaje de viviendas según su uso de suelo

USO DE SUELO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Vivienda Taller	1	0.74%
Vivienda Habitación	132	97.78%
Vivienda Comercio	2	1.48%
Otros	0	0.00%
Total	135	100.00%

Fuente: Elaborada en cc.npo



Figura N°4.1 Porcentaje del Uso por tipo

Del gráfico y cuadro se puede notar que en un 97.78% de las unidades catastrales son viviendas habitación de uso familiar, luego en menor porcentaje 1.48% corresponde a vivienda comercial y el 0.74% vivienda taller.

También debemos mencionar la tendencia que tienen las diferentes alturas de edificación en toda el área urbana, que se distribuyen en porcentaje del siguiente modo. Ver tabla 4.3

ALTURA DE EDIFICACIÓN

Tabla N°4.3 Cantidad de Viviendas según el número de pisos

PISOS	CANTIDAD	PORCENTAJE
1 PISO	110	81.48%
2 PISOS	22	16.30%
3 PISOS	2	1.48%
4 PISOS	1	0.74%
TOTAL	135	100.00%

Fuente: Elaborada en campo

Del siguiente cuadro se puede deducir que básicamente la distribución de alturas, se limita a edificaciones de 01 a 02 pisos, donde solo existe una edificación de 4 pisos y dos de tres pisos. Hay 22 de dos pisos y 110 de un solo piso.



Figura N°4.2 Altura de edificación

Se induce finalmente que en el centro poblado no existen preponderantemente edificaciones de altura, y es una tendencia que concuerda con el uso del suelo que es preferentemente vivienda habitación generalmente de 01 a 02 pisos.

El área urbana de estudio, correspondiente a la parte de la costa del Perú, donde tradicionalmente las construcciones de viviendas se realizan con material de albañilería y adobe. Según la tabla 4.4 se podrá ver algunas conclusiones.

MATERIAL PREDOMINANTE

Tabla N°4.4 Cantidad de Viviendas según el tipo de materiales

TIPO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Adobe	53	39.26%
Albañilería	78	57.78%
Concreto	4	2.96%
Total	135	100.00%

Fuente: Elaborada en campo

Del cuadro se ve que el 39.26% de las viviendas son construidas de adobe, luego el 57.78% es de albañilería y un 2.96% de concreto con placas. Vemos pues que los materiales predominantes son la albañilería y adobe. Además en campo se pudo constatar que el porcentaje de viviendas de albañilería está en aumento, debido a que muchas viviendas de adobe están siendo remplazadas por viviendas de albañilería.

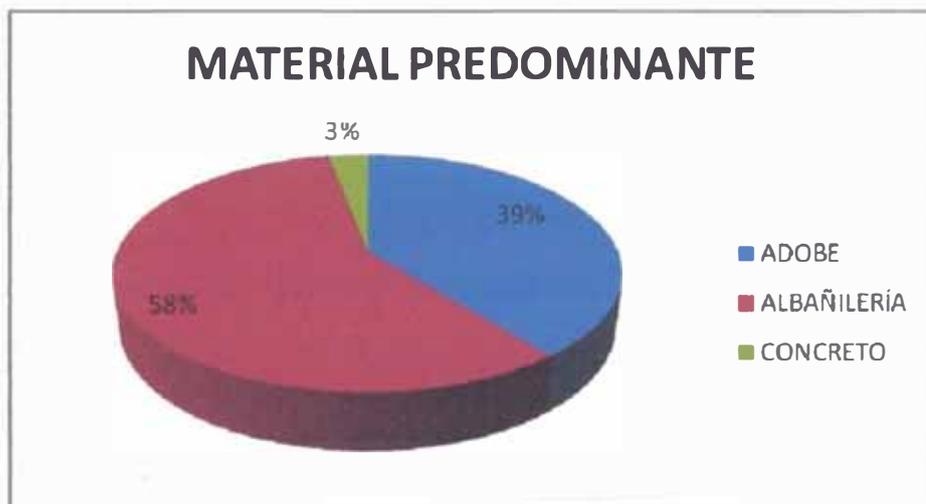


Figura N°4.3 Material predominante

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Para determinar el estado de conservación el encargado de la encuesta anotará el código que corresponda a las condiciones en las que se encuentra la construcción, en cuanto a su mantenimiento y condiciones generales (estructuras, acabados, instalaciones), según las siguientes características:

Muy Bueno: Para construcciones terminadas que reciben mantenimiento permanente y no presentan deterioro alguno.

Bueno: Para construcciones que reciben mantenimiento permanente y sólo presentan deterioro en los acabados por el uso normal.

Regular: Para construcciones que reciben mantenimiento esporádico, cuya estructura no tiene deterioro o si lo tienen no la compromete y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al uso normal.

Malo: Para construcciones que no reciben mantenimiento y presentan deterioros que comprometen la estructura sin peligro de desplome y que los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos. Ver figura 4.4.



Figura 4.4. Dos ejemplos gráficos del estado de conservación. Estado de conservación Muy Bueno (izquierda) y Malo (derecha).

Es así que se encontró la siguiente distribución:

Tabla N°4.5 Cantidad de predios según su estado de conservación

TIPO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Muy bueno	5	3.70%
Bueno	48	35.56%
Regular	66	48.89%
Malo	16	11.85%
Total	135	100.00%

Fuente: Elaborada en campo

De los datos expuesto se puede notar que el 3.07 % están en condiciones muy buenas, el 35.56% se encuentra en buenas condiciones, 48.89% en regular condición y el 11.85% en malas condiciones. De donde se puede concluir que el 85.15% de los lotes están en condiciones favorables para la habitabilidad. Ver Fig. 4.5



Figura N°4.5 Estado de conservación

Acerca de las condiciones del predio, se hará referencia a los siguientes puntos: Predios en construcción, construidos, simplemente cercados, en ruinas y otros. Donde evaluaremos según porcentajes como se aprecian en la Tabla 4.6

CONDICIÓN DEL PREDIO

Tabla N°4.6 Cantidad de predios según su estado de construcción

CONDICIÓN DEL PREDIO	CANTIDAD	PORCENTAJE
En Ruinas	3	2.22%
En Construcción	38	28.15%
Construido	43	31.85%
Inconcluso	51	37.78%
Total	135	100.00%

Fuente: Elaborada en campo

De la tabla se resalta que el 31.85% de los predios se encuentran construidos en su totalidad, el 28.15% se encuentran en construcción, 37.78% se encuentra en construcción inconclusa y existen alrededor del 2.22% en ruinas, las cuales estos predios pueden ser terrenos de transición urbana, deshabilitado entre otros. Ver Fig.4.6



Figura N°4.6 Condición del predio

4.5 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LA ZONA DE ESTUDIO

La clasificación de las edificaciones según su comportamiento sísmico permite identificar la edificación encuestada, ubicándola en uno de los cuatro tipos, permitiendo luego obtener un resultado global del tipo de edificación encontrado en cada sector de la localidad en estudio.

Para la realización de las encuestas, se sectorizó el centro poblado en dos zonas, en base a las características de tipo de suelo y topografía. Esta sectorización se ilustra en la Lámina I.01 y comprende:

Sector I: Casco urbano antiguo presenta un suelo que corresponde a una arena Limosa arcillosa densa y una topografía relativamente plana.

Sector II : Se encuentra en la zona alta y presenta un suelo semi-rocoso, grava Limosa y una topografía con bastante pendiente.

Para el estudio no se está considerando la zona de expansión, ya que se encuentra en pleno proceso de consolidación.

En la tabla 4.7 se muestra la distribución por sector de los dos tipos de edificaciones definidos anteriormente. Así mismo se presenta gráficamente los resultados en las figuras 4.7 y 4.8.

TIPOS DE EDIFICACIONES

Tabla N°4.7 Distribución de tipos de edificaciones por sector

SECTOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
I	41%	20%	24%	15%
II	31%	21%	31%	17%

Fuente: Elaboración propia

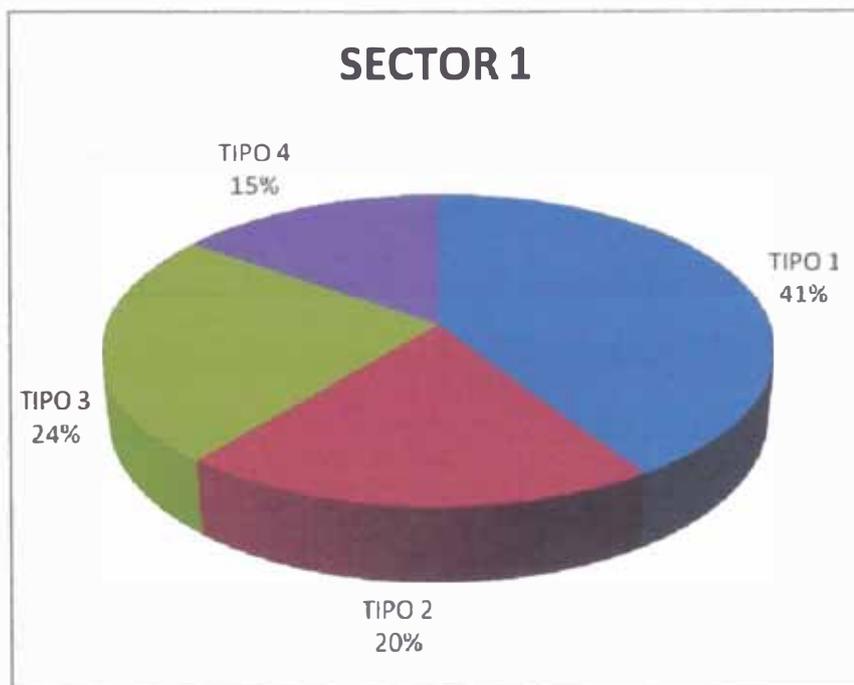


Figura N°4.7 Tipos de edificaciones en el sector I

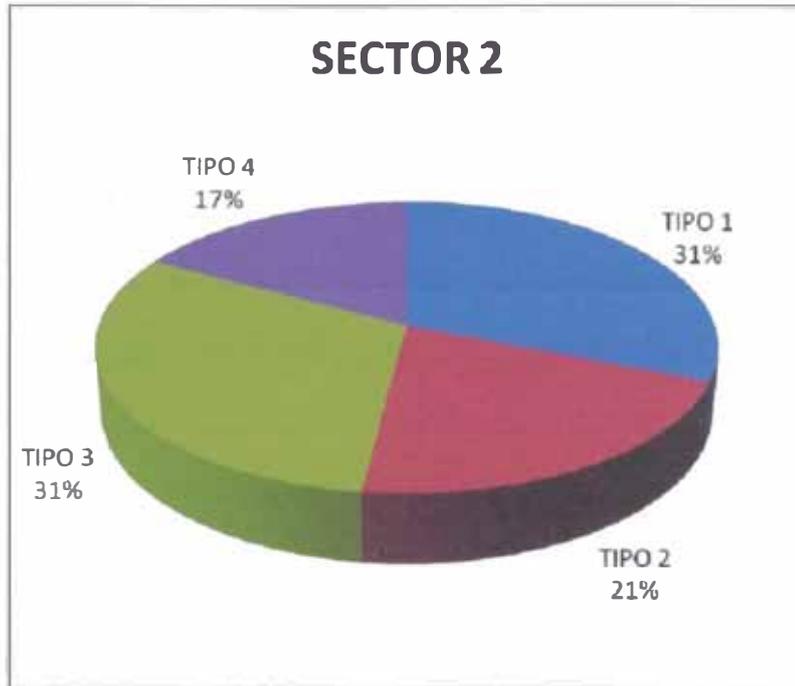


Figura N°4.8 Tipos de edificaciones en el sector II

En base a los resultados expuestos se ha determinado el tipo de edificación predominante en cada sector, para ello se ha considerado como predominante aquella cuya presencia es del 25% como mínimo por sector, aplicando este criterio en los resultados de la tabla N° 4.7, se obtiene la lámina I-02.

La sectorización del tipo de edificación predominante permite obtener la Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones en el centro poblado, para ello se han tomado las siguientes consideraciones:

- | | |
|---|-----------------------------|
| Sector I donde predominan
las edificaciones tipo 1 | Vulnerabilidad Alta |
| Sector II donde predominan
las edificaciones tipo 1 y tipo 3 | Vulnerabilidad Alta y Media |

Se recalca que en el sector II se tiene la presencia de edificaciones tipo 1 (sísmicamente muy débiles = 31%) y tipo II (sísmicamente débiles = 21%) que en conjunto suman el 52 % y son los que presentan una alta vulnerabilidad, pero en el mismo sector existe un 31% de edificaciones tipo 3, las cuales presentan una vulnerabilidad media, por ello se considera en el sector II los niveles de vulnerabilidad alta y media.

En la lámina I.03 se presentan los resultados finales de Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones para el Centro Poblado de Primavera, así como también en la tabla N° 4.8.

Tabla N°4.8 Vulnerabilidad Sísmica por sectores

SECTOR	VULNERABILIDAD
I	ALTA
II	ALTA Y MEDIA

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

RIESGO SISMICO EN EL CENTRO POBLADO PRIMAVERA

En el presente capítulo, considerando los resultados obtenidos de Vulnerabilidad Sísmica, se procederá a determinar los niveles de riesgo sísmico en el centro poblado de estudio, describiendo los conceptos utilizados y mostrando los resultados logrados.

5.1 CONCEPTOS

5.1.1 Desastre

Un desastre no es, como muchas veces se supone, un evento natural como un terremoto, tsunami o huracán. Para darnos una definición adecuada de lo que es un desastre, tenemos que tomar en cuenta las condiciones específicas bajo las cuales ocurre el evento natural. Una adecuada definición de un desastre es: la correlación entre eventos naturales peligrosos, como los descritos, y las condiciones socio-económicas y físicas vulnerables, como viviendas mal construidas, situación económica precaria, y condiciones de suelo inestable. En otras palabras, hay un alto riesgo de desastre, cuando eventos peligrosos ocurren en situaciones vulnerables. (DAVIS 1978)

5.1.2 Peligro:

El Peligro es la probabilidad de que se produzca en un período determinado y en una zona dada, un fenómeno natural potencialmente dañoso. Los desastres naturales son fenómenos extremados que inducen movimientos de la tierra, el agua o el aire, los cuales afectan a una zona determinada. La magnitud del fenómeno, la probabilidad de su ocurrencia y la extensión de su impacto, pueden variar y ser determinados en algunos casos. (N.U. 1982)

5.1.3 Riesgo:

La noción de riesgo puede relacionarse directamente con el concepto de desastre, ya que incluye las pérdidas y daños totales que podrían sufrirse después de un peligro natural; personas muertas, personas heridas, daños a la propiedad, perturbación de la actividad socio-económica. El riesgo implica una

condición futura, que será función de la magnitud del peligro natural y de la vulnerabilidad de todos los elementos expuestos en cualquier momento determinado. (N.U. 1 982).

5.1.4 Riesgo Sísmico:

De los conceptos expuestos, se puede concluir que:

RIESGO = PELIGRO + VULNERABILIDAD

Para nuestro estudio, el peligro a considerarse es el de un sismo de características destructoras que afecte la localidad de Primavera, por lo que el riesgo sería de tipo sísmico.

**RIESGO = SISMO + VULNERABILIDAD
SÍSMICO DESTRUCTOR SÍSMICA**

Como ya se ha obtenido la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones sólo queda determinar de qué manera puede afectar en la localidad la ocurrencia de un sismo destructor, una forma de representar los posibles efectos sísmicos es proyectando las probables intensidades que podrían presentarse en la localidad, lo que a continuación se detalla.

5.2 INTENSIDADES SÍSMICAS PROBALES

Las características de los sismos que pueden esperarse en un lugar determinado, dependen de factores cuya influencia es variable para cada evento; en algunos casos las condiciones locales del sitio influyen de manera determinante, mientras que en otros resultan de menor importancia.

Como resultado, dada la naturaleza tan compleja de la generación y propagación de los sismos que involucran factores, tales como, la localización del epicentro, propagación de las ondas, distancias recorridas, geología, etc., la incidencia de un sismo sobre un lugar determinado será diferente para cada evento. Sin embargo siempre existe una tendencia general condicionada por los factores

locales, que es preciso aclarar y fundamentar y se debe principalmente a la topografía del manto inferior y a las características intrínsecas del suelo.

Para la obtención de las probables intensidades sísmicas, se procederá a analizar las condiciones locales en el centro poblado en estudio, como la topografía del manto inferior, tipo de suelo y la geología.

Kuroiwa (1 992) relaciona el tipo de suelo de cimentación con las siguientes intensidades sísmicas de la escala de M.M.A.-92

Suelos sísmicamente desfavorables: suelos granulares sueltos, suelos cohesivos blandos, suelo arenoso saturado, intensidad sísmica probable IX MMA-92.

Suelos intermedios: Arenadensa, suelo cohesivo duro o densa, intensidad sísmica probable VIII MMA-92.

Suelos firmes: Roca, grava densa, grava arenosa densa, intensidad sísmica probable VII MMA-92.

Como una primera aproximación, se considerará el valor probable de intensidad sísmica que proporcionará el tipo de suelo existente en la localidad, dicho valor será reajustado, si así lo justifican, las condiciones topográficas.

Intensidades sísmicas probables en el Centro Poblado Primavera

Según la geología regional de la Cuenca, comprende una secuencia de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas. Esta zona pertenece a las pampas costaneras que se desarrollan a manera de una faja paralela a la costa y están constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos aluviales, dunas y mantos de arena.

El terreno en estudio se encuentra en la ladera de un cerro, la superficie es irregular y según el estudio de suelos realizado en la localidad, existe una cobertura superficial del suelo residual (suelos granulares gravosas con matriz areno arcillosa y arena limosa) producido por la meteorización de la roca, bajo el cual subyace la roca más firme. Según las características descritas le correspondería una Intensidad Sísmica VII M.M.A.-92, sin embargo, debido a la existencia de la capa superficial formado por arena limosa arcillosa densa, en la zona baja de la localidad y la fuerte pendiente que existe en la zona alta, se concluye que se esperaría una intensidad de grado VII+ (mayor que VII, sin llegar a VIII), de la escala M.M.A.-92.

5.3 PROYECCIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES

Resulta muy complejo el determinar los probables daños y pérdidas ocasionadas por efectos sísmicos en las edificaciones, esto se debe al gran número de factores que involucra, ya que se deberían conocer los siguientes parámetros:

- Profundidad focal y distancia epicentral del sismo.
- Características del material a través del cual viajan las ondas.
- Datos sobre la amplificación del suelo.
- Interacción suelo-estructura.
- Características dinámicas de las edificaciones.
- Espectros sísmicos.

Con los cuales es posible calcular la respuesta sísmica y estimar los probables daños.

Este problema se presenta más complicado si se tiene en cuenta la existencia de miles de edificaciones con diferentes características, ubicadas en diferentes tipos de suelos.

Considerando las limitaciones existentes en el presente trabajo, se han realizado simplificaciones a fin de obtener resultados prácticos que brinden una idea cabal del riesgo sísmico al que están expuestas las edificaciones.

Kuroiwa (1992) en base al estudio de la destrucción de diferentes tipos de edificaciones que estuvieron sometidas a distintas intensidades sísmicas en el país, ha preparado tablas para estimar el grado de destrucción que sufrirían las edificaciones ubicadas en las diferentes zonas de intensidades. Estas tablas se elaboraron en base a las isosistas de los sismos de 1940, 1966, 1970 y 1974 que afectaron la ciudad de Lima, a pesar de corresponder a eventos con diferentes parámetros, fueron bastante similares entre ellos, haciéndose notar que las condiciones locales del suelo, geología y topografía tienen gran influencia en la distribución de los daños. Una de estas tablas es la que se presenta en la tabla 5.1 en la cual se relaciona la intensidad sísmica probable según la escala M.M.A.-92 con los tipos de edificaciones clasificadas según su resistencia sísmica, clasificación que también pertenece a la misma escala. El resultado de dicha relación es el porcentaje de daños que sufrirían los diferentes tipos de edificaciones.

Tabla N°5.1 Porcentaje de daños en las edificaciones según intensidad sísmica Probable (Kuroiwa 1992) – Escala M.M.A.-92

TIPO DE EDIFICACIÓN	INTENSIDAD PROBABLE			
	VI	VII	VIII	IX
1	10% Fisuras esquinas	20% Grietas esquinas	60% Colapso Parcial	100% Colapso Total
2	-	10% Fisuras esquinas	30% Daños Graves	70% Colapso Parcial
3	-	5% Pequeñas Fisuras	±20% Daños Leves	40% Daños Graves
4	-	-	5-10% Fisuras	±20% Daños Leves

Fuente: Ing. Kuroiwa 1992

A fin de obtener una proyección de los posibles daños en las edificaciones encontradas en la localidad de estudio, se presenta una tabla elaborada para los cuatro tipos de edificación con los que se están trabajando en este informe, esta tabla se ha confeccionado en base a la anteriormente presentada por Kuroiwa y se muestra en la tabla 5.2.

Tabla N°5.2 Porcentaje de daños proyectados en las edificaciones según
Intensidad Sísmica M.M.A. probable

TIPO DE EDIFICACIÓN	INTENSIDAD PROBABLE			
	VI	VII	VIII	IX
TIPO 1: Adobe con techo ligero y flexible	5-10% Fisuras en esquinas y en la parte central superior de los muros	15-20% Grietas en esquinas y en la parte central superior de los muros	25-60% Destrucción parcial de las edificaciones, incluye caída de techos	65-100% Destrucción total de las edificaciones
TIPO 2: Quincha y madera con elementos debilitados. Albañilería con techo flexible.	-	5-10% Albañilería: fisuras en esquinas. Quincha y madera: desprendimiento de trozos de estuco (daños leves)	15-30% Albañilería, quincha y madera: daños graves	35-70% Albañilería, quincha y madera: colapso parcial
TIPO 3: Albañilería de techo aligerado con muros de ladrillos o bloquetas de concreto artesanal, con inadecuada densidad de muros.	-	0-5% Pequeñas Fisuras en muros	10-20% Daños Leves	25-40% Daños Graves
TIPO 4: Albañilería de techo aligerado con muros de ladrillos o bloquetas de concreto de fábrica, con adecuada densidad de muros.	-	-	5-10% Fisuras y grietas	15-20% Daños importantes pero reparables (daños leves)

Fuente: Ing. Luis Lázares 1994

Teniendo en cuenta las intensidades sísmicas probables propuestas para la localidad, estas se correlacionan con los tipos de edificaciones encontrados en cada sector. Los resultados nos muestra la sectorización de daños para la localidad según el tipo de edificación.

Relacionando los valores presentados en la tabla 5.2 con los resultados presentados en el cuadro 4.7 que corresponden a la distribución de los tipos de edificaciones por sector, se obtiene la distribución por clase de daños que se muestra en la tabla 5.3

TablaN°5.3. Distribución del porcentaje de tipos de edificaciones y su proyección de clases de daños por sector.

SECTOR	TIPO 1	TIPO2	TIPO 3	TIPO4
I	41% Grietas y daños leves a graves	20% Daños leves a graves	24% Fisuras y daños leves	15% Sin daños
II	31% Grietas	21% Fisuras	31% Pequeñas fisuras	17% Sin daños

Fuente: Elaboración propia

La distribución presentada se puede también observar en las figuras 5.1 y 5.2, en las que se proyectan las diferentes clases de daños para los cuatro tipos de edificaciones.

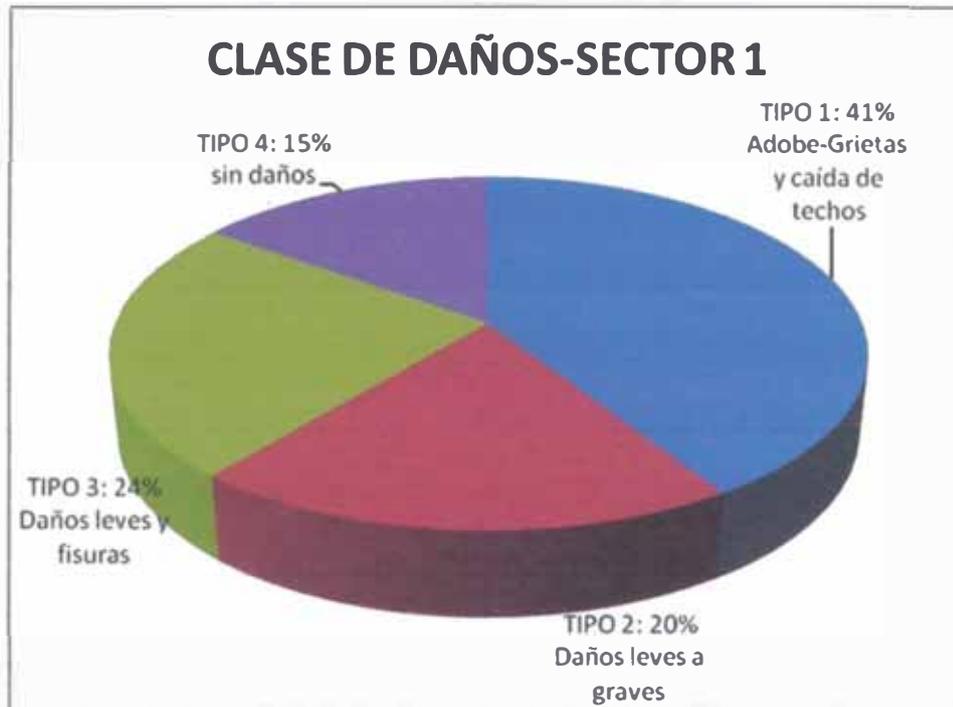


Figura N°5.1 Distribución de clases de daños en las edificaciones del Sector I

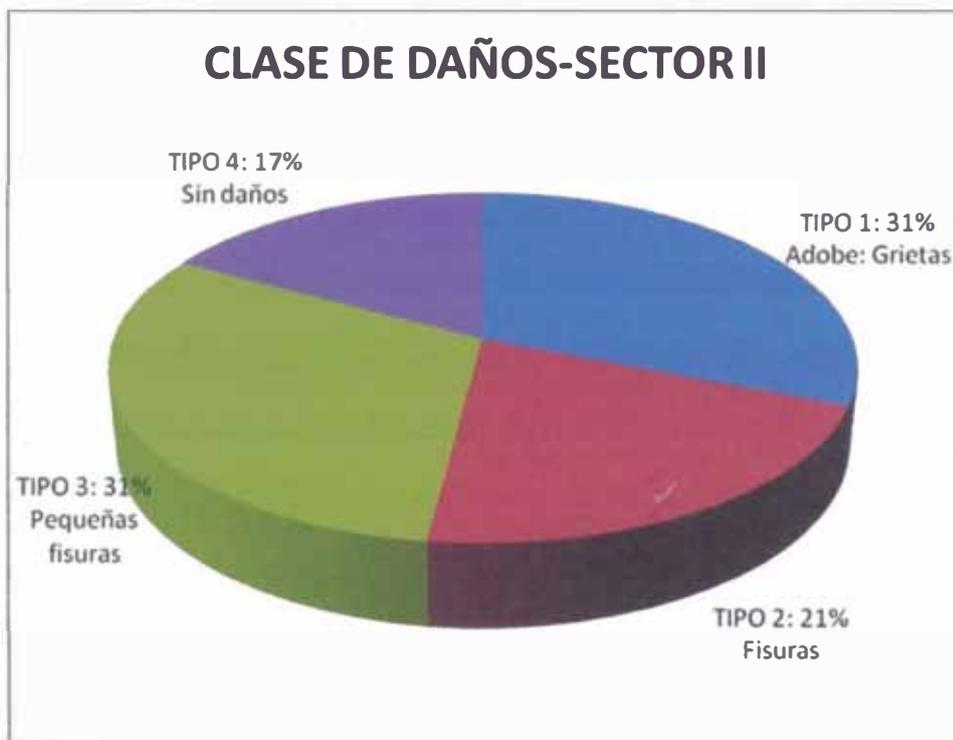


Figura N°5.2 Distribución de clases de daños en las edificaciones del Sector II

5.4 DETERMINACIÓN PRELIMINAR DEL RIESGO SISMICO

Conociéndose los resultados de las proyecciones de las clases de daños para los diferentes tipos de edificación, se ha determinado el riesgo sísmico en cada sector, teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones:

Riesgo alto, sectores donde más del 50% de las edificaciones en conjunto tendrán probablemente las siguientes clases de daños: daños graves, colapso parcial y colapso total.

Riesgo medio, sectores donde más del 50% de las edificaciones en conjunto tendrán probablemente los siguientes clases de daños: pequeñas fisuras, fisuras, grietas y daños leves.

Riesgo bajo, sectores donde más del 50% de las edificaciones en conjunto probablemente no sufran daños.

Con lo expuesto se determina el riesgo sísmico en el centro poblado.

Centro Poblado Primavera.

Los daños proyectados en las edificaciones muestran que en los sectores I y II se presentaran probablemente clases de daños que determinan un riesgo sísmico de nivel medio. Los resultados se presentan en la tabla 5.4 y en la lamina I.04.

Tabla N°5.4. Riesgo Sísmico por sectores

SECTOR	RIESGO SÍSMICO
I	MEDIO
II	MEDIO

Fuente: Elaboración propia

5.5 RECOMENDACIONES PARA DISMINUIR EL GRADO DE VULNERABILIDAD EN LAS EDIFICACIONES

TIPO1.- CONSTRUCCIONES SISMICAS MUY DEBILES

En las construcciones de adobe, es recomendable y necesario el reforzamiento en aquellas que presentan hasta un 60% de daños (Colapso Parcial), mediante la reparación de las fisuras y grietas con un mortero de cemento-tierra en proporción 1:4, tratando en lo posible que durante la inyección del mortero las grietas sean llenadas en su totalidad.

El elemento más efectivo para evitar fallas por flexión es la VIGA COLLAR, consiste en la colocación de un refuerzo perimetral de vigas de madera trabadas entre sí (cara interior y exterior de los muros) y unidas a los muros en las esquinas mediante pernos colocada en la parte superior de los muros y a la altura de los dinteles de puertas y ventanas. Esta viga perimetral de madera no quita a la edificación su flexibilidad original y es relativamente económico.

Este tipo de refuerzo tiene como objetivo absorber los esfuerzos por flexión y tracción que se producen en los muros y encuentros de muros ante la acción de un movimiento sísmico.

Para el refuerzo con vigas de madera, es recomendable utilizar madera tipo tornillo de sección 3" x 12", la longitud de las vigas que se colocan en el interior de la vivienda va de acuerdo a las dimensiones libres de los muros; y las longitudes de las vigas externas debe ser igual a la dimensión libre del muro más dos veces su ancho más la longitud de un adobe.

Los pernos deberán ser de acero de sección 1 y 1/2 " y de longitud igual al ancho del muro más una pulgada. Se recomienda que el ancho y la profundidad de los canales en los muros, para la colocación del refuerzo, debe ser igual al peralte y espesor de las vigas de madera.

La viga collar también puede ser de concreto reforzado con 4 \varnothing 1/2" y estribos de \varnothing 1/4" con un ancho igual al muro y una al tura entre 15 a 20 cm. Respecto a la elaboración de los adobes se dan las siguientes recomendaciones básicas:

La tierra para fabricar adobe debe estar formada por el 25 a 45% de limos y arcilla y el resto de arena. La proporción máxima de arcilla será de 15 a 17%.

La tierra no debe ser de cultivo y debe estar libre de materias vegetales, sales e impurezas orgánicas.

Como estabilizadores para impermeabilizar la tierra se puede utilizar asfalto (en una proporción de 1 a 3%), cemento (10 a 12%) o cal (15 a 20%). Estos productos mejoran la calidad del adobe pero elevan su costo de 3 a 5 veces más (Tesis: Vulnerabilidad Sísmica de las Ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna, Ing. Luis Lázares, 1994). Otra alternativa que permite disminuir los costos es utilizar estabilizadores de procedencia vegetal, el uso de la paja (1% en peso) reduce las contracciones debido al secado y mejora la adherencia con los materiales.

La longitud de los adobes no será mayor que el doble de su ancho mas el espesor de una junta de pega, siendo la dimensión máxima de 40 cm.

En cuanto a los muros, es necesario una buena distribución de vanos para puertas y ventanas, el porcentaje de estos será como máximo de 33% del total del área del muro alejándolos de las esquinas y proporcionándolos simetría. El asentado de los adobes debe ser controlado, las juntas verticales deben ser alternadas entre cada hilada. Se recomienda la continuación de los muros más allá de los cruces a manera de contrafuertes.

TIPO 2.- CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE DÉBILES

Para edificaciones de albañilería con techo ligero, es decir con muros de ladrillos o bloquetas de concreto unidos con mortero de arena cemento, se deberá aumentar su resistencia sísmica incorporando una viga collar de concreto reforzado a nivel de dintel y sobre todos los muros. Si los muros tienen o se les añaden columnas de concreto reforzado, la viga collar puede construirse sobre el borde superior de los muros pero debe conectarse a las columnas. De esta manera se incrementará notablemente a los muros su resistencia a los efectos de corte y flexión.

Para las edificaciones de quincha y madera deterioradas por el tiempo, ya sea por efectos de la humedad o por picaduras de insectos, se deberán remplazar los elementos dañados por otros nuevos. Los de madera deberán ser tratados con preservantes, se tomarán medidas que eviten el contacto con el suelo húmedo.

TIPO 3.- CONSTRUCCIONES SEMIRESISTENTES

Presentan una resistencia sísmica mayor que los tipos 1 y 2 pero por los defectos de autoconstrucción no llegan a alcanzar la resistencia de los tipo 4. Un defecto típico de autoconstrucción es la baja densidad de muros en el sentido paralelo a la fachada. En general las construcciones hechas sobre lotes angostos y largos es muy resistente en el sentido perpendicular a la fachada donde hay muchos muros, pero hay muy pocos en la dirección paralela, y estos son los que fallan. La densidad de muros se define como la longitud total del muro en la dirección considerada, dividida entre el área total de la construcción. Por lo tanto es posible encontrar un equilibrio en la resistencia de los muros en las dos direcciones. Las columnas de refuerzo de concreto armado son muy efectivas para incrementar la resistencia sísmica.

Si la densidad de muros es mayor que unos 8 cm/m² en ambas direcciones y tienen columnas de refuerzo la edificación puede considerarse sísmicamente resistente.

TIPO 4.- CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTES

Edificaciones diseñadas para resistir sismos. Solo intensidades muy altas le ocasionarían graves daños. Intensidad IX de la MMA., causan daños leves en estas edificaciones, las cuales se podrán reparar devolviéndole a la estructura su resistencia original.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1.- La zona de estudio presenta una vulnerabilidad alta, debido sobre todo a la presencia del adobe como material de construcción y a la autoconstrucción, es decir la construcción de viviendas sin control técnico.

2.- Si bien la zona de estudio resultó con un riesgo medio de desastre sísmico, sobre todo por el tipo de suelo (grava arenosa densa), la manera de hallar este riesgo fue haciendo simplificaciones a fin de obtener resultados prácticos; ya que resulta muy complejo el determinar los probables daños por efectos sísmicos y esto se debe al gran número de factores que involucra. Es así que si se presenta un sismo de VIII o mas el riesgo será alto por la alta vulnerabilidad que presenta la zona de estudio.

3.- Según los datos obtenidos después de procesar los planos temáticos se definen los porcentajes predominantes en la localidad de la siguiente manera:
Con respecto al estado de conservación de las edificaciones, el 49% de la muestra, es de estado regular. Los materiales predominantes en las edificaciones son albañilería (58%) y adobe (39%). En el uso por tipo de vivienda predomina la vivienda habitación con 98% de la muestra. Con respecto al número de pisos, las edificaciones que predominan son las de un solo piso con 81% de la muestra. Finalmente se tiene que el 38% de la muestra de las edificaciones se encuentran inconclusas.

4.- Según los datos obtenidos de las encuestas, el adobe es uno de los materiales predominantes en las edificaciones existentes en la zona de estudio; esto ha sido el motivo por el cual la vulnerabilidad de la zona es alta. Las edificaciones de adobe construidas artesanalmente no ofrecen resistencia ante los sismos.

5.- Si bien la albañilería, con ladrillos de arcilla o bloques de concreto, es un sistema constructivo que si ofrece resistencia sísmica, ésta se pierde cuando es mal construida, sin el asesoramiento técnico.

6.2 RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda que las construcciones futuras en la localidad, tanto de adobe como de albañilería, cuenten con refuerzo, así como también con asesoramiento técnico, buena mano de obra y materiales de calidad.
- 2.- Cuando se realicen estas construcciones de adobe o de albañilería confinada, se debe tener presente que la cimentación debe estar apoyada en un terreno firme (roca o grava arenosa densa), sobre todo en la zona baja donde existe una capa superficial arenosa.
- 3.- Así mismo se debe evitar la expansión del centro poblado, sobre todo hacia la parte alta, ya que ésta presenta una alta pendiente, lo cual incide en la vulnerabilidad de la edificación.
- 4.- En el Centro Poblado Primavera, así como en todo el país es común las construcciones de adobe, sobretodo en zonas rurales, por ser un material de bajo costo y de facilidad para la auto construcción. Ante esta realidad deben hacerse conocer las normas y recomendaciones, para que limiten las dimensiones tanto de las unidades como de los muros, además de añadir refuerzos de madera o de caña entre las unidades, para lograr un mejor comportamiento de la estructura.

BIBLIOGRAFÍA

Alarcón Presentación Silvia Marisela, "Vulnerabilidad Sísmica del distrito de La Molina", Tesis-UNI-FIC, Lima, 2004.

Coarita Tintaya Grover Alfredo, "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Biblioteca de la Universidad Agraria La Molina", Tesis-UNI-FIC, Lima 2009.

Lazares La Rosa Luis Fernando, "Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones en los departamentos de Moquegua y Tacna", Tesis-UNI-FIC, Lima 1994.

Sánchez Recuay Roberto Carlo, "Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones en el distrito de San Juan de Lurigancho; Comportamiento Sísmico de las construcciones de Tierra", Tesis-UNI-FIC, Lima 2004.

Reglamento Nacional de Construcciones, NTE E.030 Diseño Sismorresistente, Lima, 1997