

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



**ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD Y**  
**MEDIDAS DE PREVENCION SISMICA**  
**EN EL CERCADO DE LIMA**

**T E S I S**

Para optar el Título Profesional de  
**INGENIERO CIVIL**

**JOSE FRANCISCO RIOS VARA**

Lima - Perú  
1991

## INDICE

|  | Pág.      |
|--|-----------|
| INTRODUCCION   | I         |
| <b>CAPITULO I: DESARROLLO URBANO DE LIMA</b>                                 | <b>1</b>  |
| 1.1 CARACTERISTICAS DE LA METROPOLI A TRAVES<br>DE SU HISTORIA               | 1         |
| 1.2 DINAMICA DE CAMBIO   | 4         |
| 1.3 CARACTERISTICAS DE LA PROBLEMÁTICA<br>HABITACIONAL                       | 10        |
| <b>CAPITULO II: SITUACION DE LAS VIVIENDAS TUGURIZADAS</b>                   | <b>13</b> |
| 2.1 DEFINICION CONCEPTUAL DE TUGURIO   | 13        |
| 2.2 CAUSAS DE LA APARICION DE TUGURIOS                                       | 14        |
| 2.3 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS TIPOS<br>DE TUGURIOS                  | 16        |
| 2.4 ESTADO ACTUAL  | 22        |
| 2.4.1 EN EL ASPECTO FISICO   | 22        |
| 2.4.1.1 MATERIALES EMPLEADOS   | 22        |
| 2.4.1.2 MUROS  | 22        |
| 2.4.1.3 TECHOS   | 23        |
| 2.4.1.4 ESCALERAS  | 23        |
| 2.4.2 EN EL ASPECTO SOCIO-ECONOMICO  | 23        |
| <b>CAPITULO III: LIMA: CIUDAD UBICADA EN ZONA<br/>DE ALTO RIESGO SISMICO</b> | <b>25</b> |
| 3.1 ORIGEN DE LOS SISMOS   | 25        |
| 3.2 UBICACION SISMICA DEL PERU   | 27        |
| 3.3 HISTORIA DE LOS SISMOS EN LA CIUDAD DE LIMA                              | 31        |
| 3.4 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SUB-SUELO DE LIMA                          | 37        |
| <b>CAPITULO IV: AREAS DE MAYOR RIESGO SISMICO</b>                            | <b>41</b> |
| 4.1 VULNERABILIDAD. CONCEPTO. CARACTERISTICAS.                               | 41        |
| 4.2 VULNERABILIDAD EN LAS AREAS CRITICAS DE LIMA                             | 44        |
| 4.2.1 FORMACION DE LAS AREAS CRITICAS  | 46        |
| 4.2.2 LA UBICACION   | 47        |
| 4.2.3 SOBREUSO DE LAS VIVIENDAS  | 48        |
| 4.2.4 FALTA DE MANTENIMIENTO   | 49        |

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| <b>CAPITULO V: MEDIDAS DE PREVENCION SISMICA</b>          | 51          |
| 5.1 GENERALIDADES   | 51          |
| 5.2 COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES           | 53          |
| 5.3 ANALISIS DE FALLAS EN VIVIENDAS DE ADOBE              | 56          |
| 5.4 ELECCION DE UN METODO DE REPARACION                   | 60          |
| 5.5 DEMOLICION COMO ALTERNATIVA                           |             |
| ECONOMICA-PRACTICA  | 61          |
| 5.5.1 ELECCION DEL METODO DE EJECUCION                    | 62          |
| 5.5.2 DEMOLICION DE MUROS DE ADOBE                        | 64          |
| <br>  |             |
| <b>CAPITULO VI: SELECCION DEL AREA CRITICA A ANALIZAR</b> | 67          |
| 6.1 METODOLOGIA EMPLEADA                                  | 67          |
| 6.2 CARACTERISTICAS FISICAS Y SOCIO-ECONOMICAS            |             |
| DE EL CERCADO DE LIMA                                     | 69          |
| 6.3 IDENTIFICACION DEL AREA EN ESTUDIO                    | 76          |
| 6.4 CLASIFICACION DE LAS VIVIENDAS SEGUN SU ESTADO        |             |
| DE CONSERVACION Y SU RESISTENCIA SISMICA                  | 77          |
| 6.5 FACTORES DE VULNERABILIDAD DE LA ZONA                 | 79          |
| 6.5.1 TIPO Y GRADO DE OCUPACION FISICA                    | 79          |
| 6.5.2 MATERIALES DE CONSTRUCCION PREDOMINANTES            | 80          |
| 6.5.3 CLASIFICACION DE LAS VIVIENDAS SEGUN SU             |             |
| RESISTENCIA SISMICA                                       | 84          |
| 6.6 DENSIDAD POBLACIONAL                                  | 86          |
| 6.7 DIMENSIONES DE RIESGO EN CASO DE DESASTRE             | 88          |
| 6.7.1 EN TERMINOS MATERIALES                              | 88          |
| 6.7.2 EN TERMINOS HUMANOS                                 | 89          |
| <br>  |             |
| <b>CAPITULO VII: ESTUDIO DE UNA VIVIENDA TIPICA</b>       |             |
| <b>DE LA ZONA</b>   | 93          |
| 7.1 UBICACION Y DIAGNOSTICO GENERAL DEL CASO              | 93          |
| 7.2 CARACTERISTICAS FISICAS DE LA VIVIENDA EN ESTUDIO     | 95          |
| 7.2.1 LEVANTAMIENTO ARQUITECTONICO                        | 95          |
| 7.2.2 MATERIALES CONSTRUCTIVOS PREDOMINANTES              | 97          |
| 7.3 ANALISIS TECNICO DE LAS ESTRUCTURAS DETERIORADAS      | 99          |
| 7.4 PARTICIPACION DE LA COMUNIDAD EN LAS MEDIDAS          |             |
| A TOMAR. ENCUESTAS APLICADAS.                             | 104         |

|  | Pág.    |
|--|---------|
| <b>CAPITULO VIII: COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA<br/>VIVIENDA REPRESENTATIVA. ENSAYO<br/>DINAMICO DE MODELOS.</b> | 112     |
| 8.1 OBJETIVOS GENERALES DE LA PRUEBA DE LABORATORIO  | 112     |
| 8.2 CARACTERISTICAS DEL MODELO EMPLEADO  | 113     |
| 8.2.1 APLICACION DE TEORIA DE MODELOS  | 113     |
| 8.2.2 ARQUITECTURA Y DIMENSIONES ESCOGIDAS   | 116     |
| 8.2.3 PROCESO CONSTRUCTIVO   | 117     |
| 8.3 BREVE DESCRIPCION DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO   | 123     |
| 8.4 METODOLOGIA DEL ENSAYO DINAMICO  | 127     |
| 8.4.1 DETERMINACION DEL PERIODO FUNDAMENTAL  | 127     |
| 8.4.2 EJECUCION DE LA PRUEBA DE COLAPSO  | 131     |
| 8.5 CONCLUSIONES DEL ENSAYO Y SUS IMPLICANCIAS<br>EN LA REALIDAD EXISTENTE                                       | 147     |
| <br><b>CAPITULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>   | <br>151 |
| <br><b>ANEXOS</b>  |         |
| ANEXO 1  | 164     |
| ANEXO 2  | 173     |
| <br><b>BIBLIOGRAFIA</b>  | <br>176 |

## INTRODUCCION

Uno de los graves problemas por los que atraviesa Lima y que se ha venido acrecentando con el paso del tiempo es el de las casonas antiguas. Esas casas de pasado hermoso, de grandes y torneados balcones, de entradas imponentes y acabado majestuoso, se han convertido por efecto del paso del tiempo, dejadez de sus ocupantes y descuido de algunas autoridades, en vetustas casonas a punto de venirse abajo en cualquier momento.

Con el apoyo invaluable del Departamento de Planificación y Mitigación de Desastres, del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), un grupo de bachilleres nos abocamos al estudio integral de la problemática habitacional que se percibe en las zonas decadentes y tugurizadas del Centro de Lima y barrios aledaños, haciendo énfasis en distintos aspectos sobre medidas preventivas, luego de un estudio profundo del comportamiento sísmico del adobe y la quincha, que son los materiales de construcción predominantes de la zona.

Las casonas y solares de estas características se encuentran ubicados en su mayoría en El Cercado de Lima, el Rímac y los Barrios Altos. Estas residencias en sus primeros años fueron ocupadas por familias de clase media alta que disfrutaban decorándolas con ornamentos de tipo español y francés.. Con el paso de los años y los cambios sociales, estas familias se fueron mudando dejando sus propiedades arrendadas a familias de bajos recursos económicos que vivirían en ellas de generación en generación.

Las casonas antiguas han pasado a ser, de un problema de ornato a uno de seguridad, debido a que muchas de ellas se encuentran habitadas por varias familias, que por no tener otro lugar donde vivir, ponen en grave riesgo sus vidas permaneciendo en los inmuebles.

El objetivo del presente estudio es efectuar una evaluación de las condiciones actuales que rodean la problemática habitacional, y el grado de deterioro de las estructuras físicas de las viviendas antiguas del "área central" de Lima, y que en conjunto, configuran el grado de Vulnerabilidad Sísmica de una zona determinada. Asimismo, de acuerdo a los resultados obtenidos en el Ensayo Dinámico de un modelo representativo de una de las viviendas en estudio, se recomendarán algunas medidas de Prevención Sísmica, ante la eventualidad de ocurrir un sismo de gran intensidad.

Se ha escogido como zona de estudio el distrito de El Cercado, no solo por el valor histórico y comercial que tiene, sino porque algunos de sus barrios presentan un alto grado de hacinamiento y promiscuidad, además que un gran porcentaje de las viviendas se encuentran a punto de colapsar, no solo por la antigüedad de las mismas, sino principalmente, por su deficiente proceso constructivo, y por la mala conservación que le han brindado los usuarios a través de los años.

A continuación, se presenta un resumen del contenido de los capítulos que comprende el presente estudio.

En el **Capítulo I**, se da una visión de la formación y crecimiento de la ciudad de Lima, con sus características propias de expansión, mediante la habilitación de nuevas áreas, y de densificación, con la intensificación

en el uso de las estructuras existentes. Asimismo, se analizan los indicadores de la dinámica de cambio, como la presencia de edificaciones en propiedad horizontal, antigüedad de la construcción, aparición de tugurios y otros, hasta llegar a la época actual, donde encontramos que la principal causa de la problemática habitacional es la escasez de viviendas.

El **Capítulo II**, hace un estudio de los tugurios, que se originan precisamente por la escasez de viviendas, estudiada en el capítulo anterior. Se analizan las causas, formación, características y tipología de los tugurios más comunes que existen en nuestra ciudad, así como el estado actual de los materiales y las estructuras físicas que lo conforman, y del estatus social en que se desenvuelven los usuarios de dichas viviendas.

Hecho un estudio del problema de la vivienda, en especial de los tugurios, en el **Capítulo III**, hacemos una descripción de la ubicación sísmica y las características generales del suelo de Lima. Asimismo, se presenta una cronología de los sismos más significativos que han ocurrido en nuestra ciudad desde los tiempos de la Colonia, para poder apreciar el grado de destrucción y el número de víctimas ocasionadas, precisamente por las condiciones de habitabilidad que han caracterizado a la Capital.

Vistas las condiciones de las viviendas en estudio, con los deterioros estructurales que presentan, el medio social imperante, y la alta probabilidad de ocurrencia de sismos en nuestro territorio, en el **Capítulo IV** hablamos ya de la Vulnerabilidad Sísmica, dando su definición principales características, y haciendo un análisis puntual de las Areas Críticas de Lima, y los factores más importantes que la condicionan.

El **Capítulo V** presenta algunas medidas de prevención sísmica, dadas las características de vulnerabilidad que presenta el área en estudio. Se analiza el comportamiento sísmico de las edificaciones, y los tipos de fallas que ocurren en viviendas de adobe, que es precisamente el material predominante en las construcciones antiguas de Lima. Finalmente, para las estructuras que han colapsado, y que hacen imposible su reparación, se presenta la demolición como alternativa económico-práctica.

En el **Capítulo VI**, hacemos la presentación detallada de las condiciones actuales de habitabilidad y deterioro de las viviendas de El Cercado de Lima. Para ello, se ha hecho un estudio de diferentes zonas decadentes del distrito, determinando luego, los niveles de intervención, habiendo seleccionado para un análisis más detallado, una zona determinada de los Barrios Altos como área de tratamiento. Dentro del contorno de la zona involucrada se han escogido 11 manzanas que representan aquellas que tienen mayor densidad poblacional, donde la vivienda constituye el uso predominante del suelo, representando las viviendas de adobe y quincha el 89 % del total de las viviendas del área en estudio. Para este nivel se analizan los factores de Vulnerabilidad Sísmica, como el tipo y grado de ocupación física, los materiales de construcción predominantes, la clasificación de las viviendas según su estado de conservación y su resistencia sísmica. Asimismo, se ha podido determinar las dimensiones de riesgo en caso de desastre, cuantificando las edificaciones que colapsarían y las que necesitarían reparaciones urgentes, a fin de obtener el número de viviendas necesarias para las áreas de refugio temporal. Además, se determinó el número probable de víctimas y heridos, como consecuencia de un sismo de características dadas.

Dentro de la zona seleccionada para el análisis respectivo, en el **Capítulo VII**, se escogió una de las dos manzanas con mayor densidad poblacional y estudiamos un tugurio típico de la zona, presentando al detalle las características arquitectónicas y los materiales constructivos predominantes, haciendo un análisis de los deterioros encontrados en los mismos. Luego de procesar las fichas y encuestas correspondientes, se presentan los resultados de las entrevistas con los usuarios de las viviendas, evaluando el grado de conocimiento del riesgo sísmico en que se encuentran, las reacciones inmediatas ante la eventualidad de sismos, así como el interés y el grado de participación de la comunidad en la ejecución de obras de reforzamiento y reparación de sus viviendas.

Finalmente, en el **Capítulo VIII**, se describe la ejecución y los resultados de un Ensayo Dinámico, a que fue sometido un modelo reducido, representativo de una de las viviendas estudiadas, con la finalidad de estudiar el comportamiento sísmico cualitativo típico de dichas viviendas, comprobando los defectos constructivos, que originan las fallas más significativas. Se estudian los resultados en laboratorio y sus implicancias en la realidad existente. De acuerdo con los resultados del ensayo, y a las observaciones hechas en las viviendas visitadas, se presentan los defectos constructivos que aumentan la vulnerabilidad, y que permiten concluir que las viviendas de adobe estudiadas, han sido construídas con escasa seguridad ante los efectos de un sismo de gran intensidad.

El **Capítulo IX**, presenta las conclusiones y recomendaciones finales al tema, materia del presente estudio.

# CAPITULO I

## DESARROLLO URBANO EN LIMA

### 1.1 CARACTERISTICAS DE LA METROPOLI A TRAVES DE SU HISTORIA

La ciudad de Lima está ubicada en el área costera central del país, sobre el Océano Pacífico, entre latitud sur  $11^{\circ}45'$  y  $12^{\circ}35'$ , y longitud oeste entre  $77^{\circ}20'$  y  $76^{\circ}40'$ .

Su fundación se realizó en 1535, y su ubicación responde a una localización centralizada del manejo gubernamental, siendo su rol no sólo la de ser sede del Virreynato del Perú, sino que además, su puerto, El Callao, fue durante ese período el único puerto que tuvo licencia real para comerciar con el exterior.

La superficie total del área metropolitana es de 615 km<sup>2</sup> correspondiendo al área urbana, 420 km<sup>2</sup>, y al área rural, 185 km<sup>2</sup>.

El área central de Lima Metropolitana es la más antigua de la ciudad, a partir de la cual se ha ido desarrollando y extendiendo.

El centro original, en forma de cuadrícula, expresaba el rol prioritario de lugar de asentamiento del poder político-militar en la conquista (año 1530), residencia de la jerarquía político-religiosa y de las actividades comerciales, institucionales, políticas y sociales que se desarrollaban en relación con la metrópoli durante el Virreynato.

Con la República y la construcción de los ferrocarriles Lima-Callao y Lima-Chorrillos, se rompe el espacio matriz de "Lima Cuadrada", generándose un asentamiento polinucleado alrededor de Lima, y consolidándose el asentamiento central hacia el Este (Barrios Altos).

En el área central, caracterizada como Distrito Comercial Central, se van asentando las actividades comerciales, institucionales, financieras, político-administrativas, así como áreas residenciales que comienzan a entrar en un franco proceso de decadencia, a partir de la segunda mitad de este siglo, en especial las antiguas casonas de la Lima Tradicional. Asimismo, en las áreas residenciales que lo rodean, en donde se asientan sectores de población de ingresos medios y bajos, dedicados a actividades principalmente terciarias (comercio y servicio), y obreros industriales, se inicia un proceso de deterioro similar, originado por la obsolescencia de su infraestructura y el hacinamiento de su población de bajos recursos, como es el caso de los Barrios Altos y el Rímac Antiguo.

El crecimiento explosivo de la población de Lima en los últimos 20 años, básicamente por migración, significaron el cambio más importante en el proceso de estructuración urbana del Area Central.

La presión de una creciente población por un lugar para habitar, se sintió primeramente en los barrios populares existentes alrededor de Lima Cuadrada, en donde las casas de familiares, coterráneos y allegados, fueron saturadas de forasteros, alojados e inquilinos, y para lo cual, las viviendas fueron acondicionadas, ampliadas o subdivididas. Posteriormente, la demanda se extendió hacia los antiguos inmuebles residenciales abandonados por sus propietarios, siendo éstos, por lo general, familias de antigua estirpe, que buscaron su lugar de residencia en áreas más apropiadas a sus requerimientos socio-económicos y de confortabilidad. La movilidad social se tradujo en movilidad urbana, dando paso a la ocupación de estos inmuebles por familias laboriosas en condiciones de inquilinos, alojados, ocupación precaria u otras modalidades y que fueron transformándolos en los conocidos "tugurios centrales".

Conjuntamente con la vivienda, los espacios externos a ella han sufrido con el crecimiento y la forma como se localizan y funcionan las actividades formales y no formales, un constante deterioro, agravado por la insuficiencia administrativa a todos los niveles. La presión poblacional sobre el Area Central, tanto de los residentes en las inmediaciones, como de los Pueblos Jóvenes que acuden a ella en busca de las facilidades, servicios y equipamiento del que carecen, o en todo caso de un trabajo

eventual, acentúan la congestión y el sobreuso de la infraestructura y el espacio.(1)

La ciudad de Lima presenta a nuestros días, en primer lugar, un predominio de la propiedad privada (70%) de la vivienda, sobre otras formas. El 44% de las viviendas corresponde a barrios populares, cuyo origen, ya sea en la toma de suelo urbano o en la edificación, ha sido informal.(2)

## **1.2 DINAMICA DE CAMBIO.**

El proceso de crecimiento de las ciudades se da básicamente de dos maneras:

- a) Por expansión, mediante la habilitación de nuevas áreas, más o menos próximas al casco urbano consolidado.
- b) Por densificación, por la intensificación en el uso de las estructuras existentes.

Dentro de la dinámica urbana, el proceso de densificación tiende a producirse naturalmente en toda el área urbana, y con mayor énfasis, en zonas aledañas a los centros de actividad, las mismas que generalmente, se encuentran formadas por estructuras decadentes y deterioradas que al ser utilizadas intensamente, originan hacinamiento y producen el "tugurio".

(1) INADUR, El Problema de las Areas Tugurizadas Centrales en Lima Metropolitana.

(2) VIVIENDA Y CONSTRUCCION, Viviendas en Lima Metropolitana.

# EVOLUCION DEL AREA URBANA DE LIMA

**1535**  
**LA FUNDACION**



**1613**  
**CREACION  
DEL CERCADO**

**1713**  
**LAS MURALLAS  
DE LIMA**  
37.000 HAB.



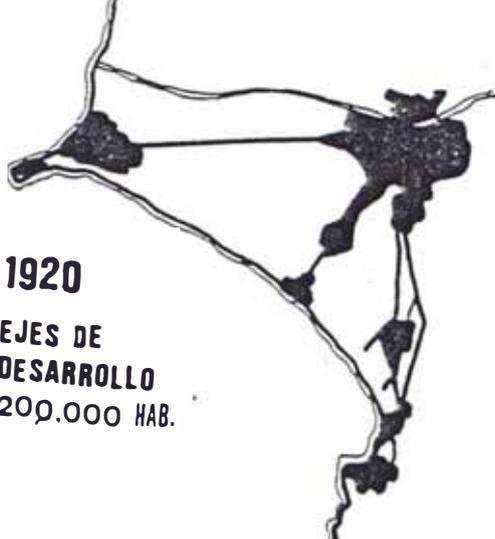
**1862**  
**RUPTURA DEL  
ESPACIO MATRIZ**  
50.000 HAB.

**1908**  
**DESARROLLO DE  
PUEBLOS AL SUR**  
175.000 HAB.



**1920**

**EJES DE  
DESARROLLO**  
200.000 HAB.



**1931**

**AVENIDAS  
URBANIZADORAS**  
500.000 HAB.



**1954**

**RELLENO**  
1'800.000 HAB.



**1959**

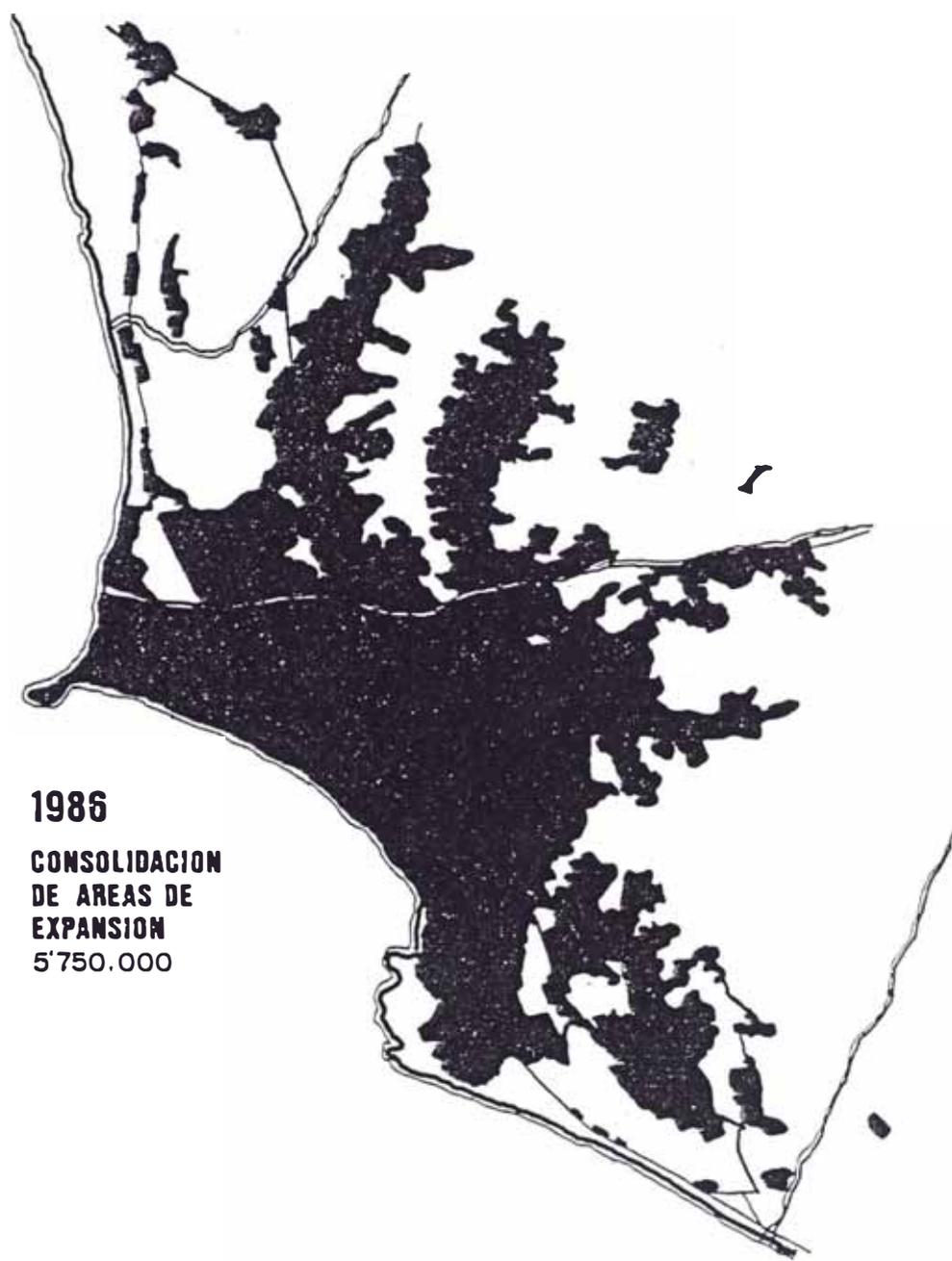
**CONSOLIDACION**  
2'500.000 HAB.



**1975**

**EJES DE  
DESARROLLO  
REGIONAL**  
4'000.000 HAB.





**1986**  
**CONSOLIDACION**  
**DE AREAS DE**  
**EXPANSION**  
5'750.000

Normalmente, las áreas decadentes de las ciudades latinoamericanas son uno de los resultados finales del proceso de "urbanización acelerada" que caracteriza a los países del Tercer Mundo y que se manifiesta con las migraciones internas desde el campo a la ciudad, y desde ciudades pequeñas a otras mayores, debido, principalmente, a la atracción que, jerárquicamente, ofrecen las ciudades en función de mayores oportunidades de trabajo y servicios urbanos.

El incremento poblacional producido por las migraciones, sumado al crecimiento vegetativo de la población, origina el fenómeno del crecimiento rápido de las ciudades, muchas veces incontrolable, que asume la modalidad de los pueblos jóvenes de formación espontánea, y de la utilización, con densidades muy superiores a las de su propia capacidad, de la estructura de determinadas áreas, generalmente, las próximas a los centros de mayor actividad urbana.

El estudio de la dinámica de los asentamientos urbanos, permite detectar en las áreas uniformes de la metrópoli, los elementos, aptitudes y fuerzas que favorecen la permanencia de una situación, o su cambio, y por lo tanto, se puede apreciar la etapa de desarrollo en que se encuentran esas áreas.

Como indicadores de la dinámica, pueden ser considerados fenómenos tales como: presencia de edificaciones en propiedad horizontal, antigüedad de la construcción, aparición de tugurios con su secuela de hacinamiento y promiscuidad, presencia de elementos ajenos a la vivienda, aparición y/o expansión de zonas comerciales, industriales, de servicio, apertura de nuevas vías, etc.

En base a lo anteriormente expuesto, se puede llegar a clasificar las áreas uniformes de los asentamientos residenciales, de la siguiente manera:(3)

- **Áreas Incipientes**, que aparecen cuando comienza el asentamiento de la vivienda, cualquiera sea su grado de calidad. Comprende tanto urbanizaciones proyectadas, como espontáneas (barriadas); se dan elementos de cambio, sin que por ello se pueda precisar cuál será el futuro del área en cuestión.
- **Áreas en Consolidación**; son áreas que a corto plazo lograrán una estructura estable dentro de los patrones de calidad fluctuantes entre mínimos y normales, encaminándose ya sea hacia asentamientos unifamiliares o multifamiliares, con la dotación de todos o casi todos los servicios.
- **Áreas Consolidadas**; son áreas que han logrado su definición y no presentan alternativas en su estructura; no acusan procesos de cambio importantes, ni deterioro, y el estado de conservación es bueno.
- **Áreas Decadentes**; son áreas que acusan manifiesto deterioro y no se dan factores de cambio positivos. En general, el estado de las viviendas en estas áreas, es malo, con elevados índices de hacinamiento.
- **Áreas de Transición**; son aquellas que presentan evidentes signos de cambio, sobretodo, por la proliferación de edificios multifamiliares de reciente construcción, y en general, de buena calidad.

---

(3) VIVIENDA Y CONSTRUCCION, Renovación Urbana.

### 1.3 CARACTERISTICAS DE LA PROBLEMÁTICA HABITACIONAL

Las condiciones habitacionales en los países en vías de desarrollo, constituyen uno de los más graves problemas que estos países deben afrontar para proveer a sus poblaciones de las mínimas condiciones humanas exigibles para su desarrollo.

Tres de las características más saltantes que la problemática habitacional presenta en los países del Tercer Mundo, son:

- La necesidad de construcción masiva de viviendas, para su cada vez más creciente población urbana.
- La necesidad de mejorar las viviendas deterioradas en el característico problema de tugurización de las grandes ciudades.
- La necesidad de planificar y dar asistencia técnica a los asentamientos incontrolados en zonas marginales, de las ciudades grandes, en particular.(4)

En el Perú, las condiciones habitacionales, no difieren en mucho de las del resto de América Latina. El Perú es un país de baja densidad poblacional, por lo que necesita del aporte de un mayor número de habitantes, pero no se puede desconocer la dinámica social que gobierna a éstos. Tan sólo a través del control y conocimiento de dicha dinámica, se podrá brindar las soluciones adecuadas para los problemas crecientes de la presión demográfica y las migraciones internas.

---

(4) PREVI, Estudios sobre la Problemática de la Vivienda en el Perú.

En el sector vivienda, sector que canaliza hasta el 30% de los ingresos familiares, las insuficiencias reales superan en mucho a las necesidades, y es evidente, que las soluciones irán por mucho tiempo a la zaga de los problemas.

La situación de nuestro país es muy diferente a la de los países en desarrollo, porque los niveles de vida son muy contrastados, y los hábitos y patrones culturales, dentro de los que se incluye el uso de la vivienda, son notoriamente variados según las regiones.

Por este motivo, es apropiado referirse a los aspectos cualitativos del problema de la vivienda, y aceptar el concepto de "vivienda", como la deseable para cada familia peruana.

Vivienda adecuada sería aquélla que proporciona el espacio habitable que necesita una familia, y satisface también otras condiciones en cuanto a la estabilidad de su estructura, buena calidad de los materiales de construcción, servicios sanitarios, iluminación y ventilación.

Las características de inadecuación se dan por la carencia de servicios esenciales, como agua, desagüe y electricidad, materiales de construcción precarios, tendencia al hacinamiento y promiscuidad.

Existe, pues, un déficit cualitativo de vivienda a la par que un déficit cuantitativo, lo que lleva a la búsqueda de soluciones a través de la investigación tecnológica, socio-económica y operativa. La necesidad de construcción masiva de viviendas es una consecuencia del déficit cuantitativo mencionado.

El proceso de tugurización, está directamente relacionado con el déficit cualitativo de vivienda.

La política habitacional peruana requiere de soluciones rápidas y eficientes que, prioritariamente, apunten hacia el área de convergencia de los problemas, es decir, los asentamientos urbanos donde el crecimiento demográfico se suma al fenómeno de migración interna sobre las ciudades.

Cuando el inmigrante proviene de otras ciudades, conoce ya las ventajas que ofrece las áreas urbanizadas y tiende a ubicarse en las áreas centrales, o próximo a ellas, ocupando las estructuras existentes que se habilitan precaria y emergentemente para satisfacer en alguna medida, las demandas, y obtener de esta manera, ventajas marginales. Es así, que aparece el callejón, el corralón, la casa subdividida, etc., modalidades de asentamiento que, en muchos casos, han devenido en "tugurios", los mismos que en el caso de Lima Metropolitana, conforman grandes áreas deterioradas que se extienden constantemente en el tejido urbano ante la creciente demanda de vivienda barata, más o menos próxima a los centros de actividad laboral.

## CAPITULO II

### SITUACION DE LAS VIVIENDAS TUGURIZADAS

#### 2.1 DEFINICION CONCEPTUAL DE TUGURIO.

Se presenta la siguiente definición de tugurio, que hizo suya el I Seminario Internacional de Renovación Urbana de La Haya, Holanda, de 1958:

"Es la vivienda precaria que se caracteriza por sus habitaciones reducidas, subdivididas, carente o deficiente de agua, desagüe o alumbrado eléctrico, con deficiente iluminación natural, y escaso asoleamiento y ventilación; edificada con materiales deficientes, inestables o estables, que han devenido en insuficientes por el deterioro, o edificaciones modernas, construídas al margen de las normas básicas de habitabilidad. El tugurio es una vivienda inadecuada para la vida humana, que limita el desarrollo social y cultural de la familia. Fenómeno social que dentro de los límites

de una vivienda, alberga casos de patología social, como la indigencia, la ignorancia, el desaseo y la ociosidad, con sus secuelas de delincuencia y vagancia."

## **2.2 CAUSAS DE LA APARICION DE TUGURIOS.**

### **a) Causas de carácter económico:**

- Bajos ingresos económicos familiares, que corresponden a los más bajos de la metrópoli.
- Baja renta de la vivienda; es así, que la demanda por ellas, es alta, por el sector de bajo nivel de ingreso y que no disponen de medios económicos para rehabilitarlas.
- Escasez de recursos económicos comunales, que dificulta cualquier intento de renovación.

### **b) Causas de carácter físico:**

- Obsolescencia o vetustez de las viviendas.
- El tipo de material empleado en la construcción.
- Falta de conservación del inmueble.
- El clima benigno de algunas ciudades como Lima, permite el uso de materiales ligeros o inestables en la construcción de las ampliaciones de la vivienda.

**c) Causas de carácter institucional:**

- Administración pública deficiente, que se traduce en una falta de control y reglamentaciones, y una falta de política de prevención, conservación y/o rehabilitación de la vivienda.
- Reglamentación incompleta o ineficiente, por la incongruencia entre las normas de urbanización, las normas de construcción, y la Ley de Propiedad Horizontal.

**d) Causas de carácter social:**

- Migración del campo a la ciudad, con la consiguiente demanda de viviendas, inestabilidad social, bajo nivel cultural, y la indiferencia del inquilino a mejorar su vivienda.
- Hacinamiento y promiscuidad, que se produce al incrementarse el número de habitantes del tugurio, con la llegada de parientes y amigos del interior del país.
- Cercanías a las fuentes de trabajo, que hace que muchos inmigrantes prefieran habitar en las zonas céntricas.

**e) Causas de carácter tecnológico:**

- Intensificación del uso de las vías, que en muchos casos produce el deterioro de algunas estructuras físicas existentes y la mutilación de otras.

Instalación de fábricas dentro del contexto urbano; debido a que no existe una zonificación definida para la ubicación de talleres y fábricas, ha sido la causa de la decadencia de algunas áreas residenciales, al producir la congestión y el deterioro de la infraestructura.

## **2.3 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS TIPOS DE TUGURIOS.**

- a) **Corralón:** contituído por un agrupamiento desordenado de cuartos en torno a un patio central y con una entrada común. Hay malas condiciones de habitabilidad; los servicios higiénicos y de alumbrado son colectivos y muy deficientes, o no existen; constructivamente, se encuentran en mal estado; son edificaciones de un piso, con paredes de adobe, techos de estera o madera, y piso de tierra.
  
- b) **Tugurio de Azotea:** este tipo de tugurio se presenta en las terrazas y azoteas de los edificios de departamentos. Consisten en agrupamientos de cuartos pequeños, mal iluminados, con ventilación deficiente y, generalmente, con servicios higiénicos y alumbrado colectivo.
  
- c) **Conventillo:** es una casa colonial o republicana, en estado ruinoso, ubicada en la parte antigua de la ciudad y habitada por un conjunto de familias. Está construída generalmente de dos pisos. Estas casas están edificadas con muros de adobón o quincha, y con

- techos y entrepisos de madera, poseyendo servicios higiénicos y alumbrado colectivo.
- d) **Solar:** es una edificación antigua, con viviendas hacia la calle y balcón corrido que da acceso a las viviendas del segundo piso. Interiormente se dan varios departamentos a ambos lados de un pasaje central angosto y profundo por el que se ingresa. El solar está edificado con paredes de adobe y/o quincha, con techos de madera y torta de barro, con servicios higiénicos y alumbrado colectivo o domiciliarios.
  - e) **Quinta Deteriorada:** constituida por un conjunto de pequeños departamentos muy hacinados, agrupados en torno a una entrada común o pasaje. Por lo general, tienen servicios domiciliarios y están construidas con materiales estables. El estado de la construcción es decadente por el tiempo y el uso intensivo.
  - f) **Callejón:** es un conjunto de cuartos ubicados en un solo predio, alineados a lo largo de un pasaje central por el que se accede. Cada vivienda está constituida por uno o dos cuartos muy reducidos, mal iluminados y con ventilación deficiente; los servicios higiénicos son colectivos, y generalmente, se reducen a un caño y botadero. Estos tugurios son edificaciones de un piso, de paredes de adobe o ladrillo, techo de madera y piso de tierra.(5)

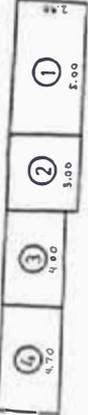
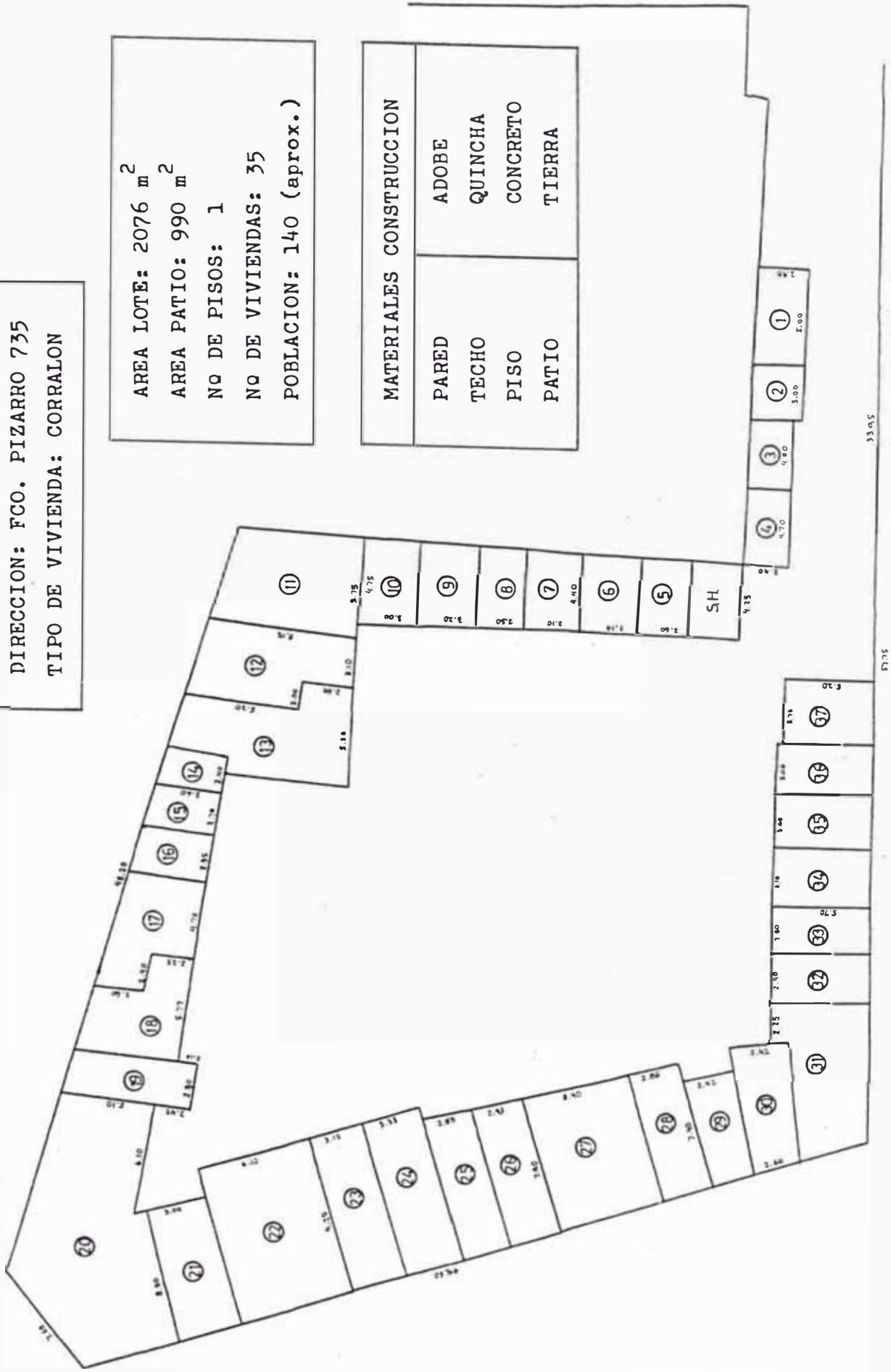
---

(5) VIVIENDA Y CONSTRUCCION, Renovación Urbana.

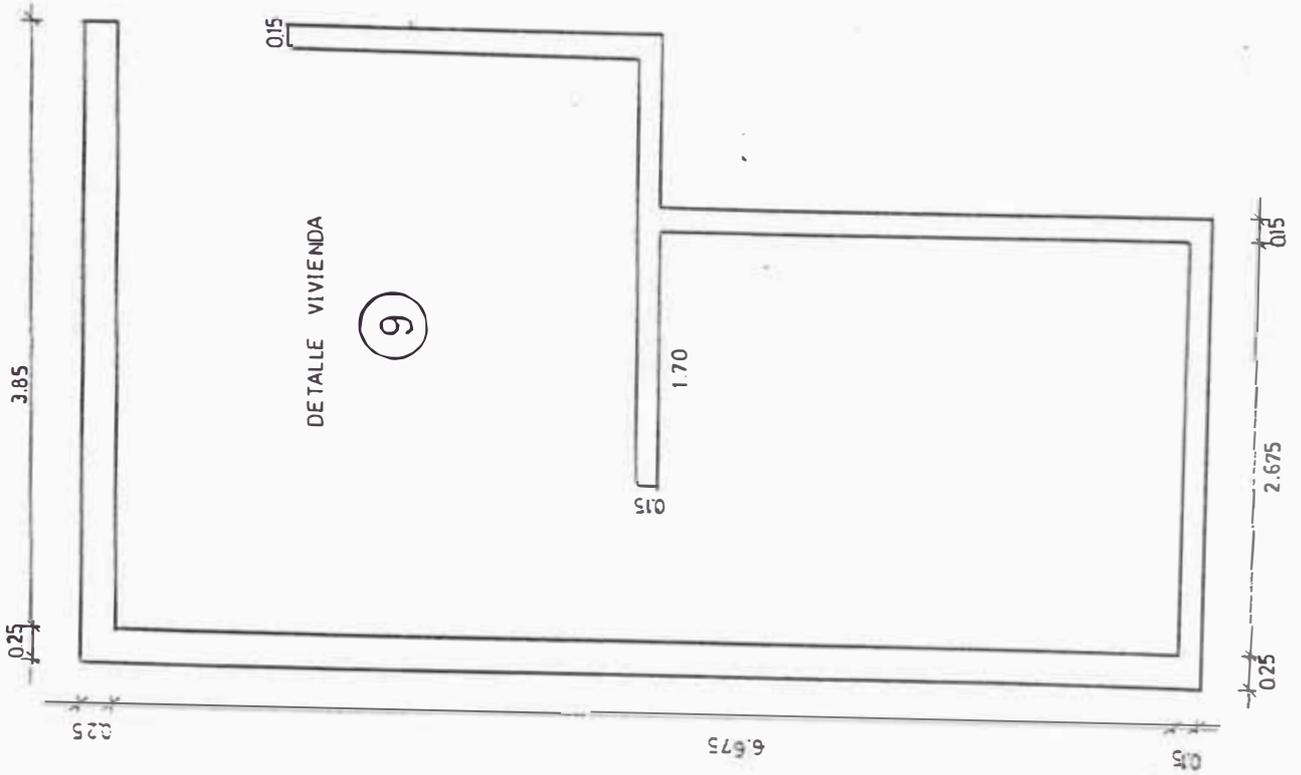
DISTRITO: RIMAC  
 DIRECCION: FCO. PIZARRO 735  
 TIPO DE VIVIENDA: CORRALON

AREA LOTE: 2076 m<sup>2</sup>  
 AREA PATIO: 990 m<sup>2</sup>  
 N° DE PISOS: 1  
 N° DE VIVIENDAS: 35  
 POBLACION: 140 (aprox.)

| MATERIALES CONSTRUCCION |          |
|-------------------------|----------|
| PARED                   | ADOBE    |
| TECHO                   | QUINCHA  |
| PISO                    | CONCRETO |
| PATIO                   | TIERRA   |



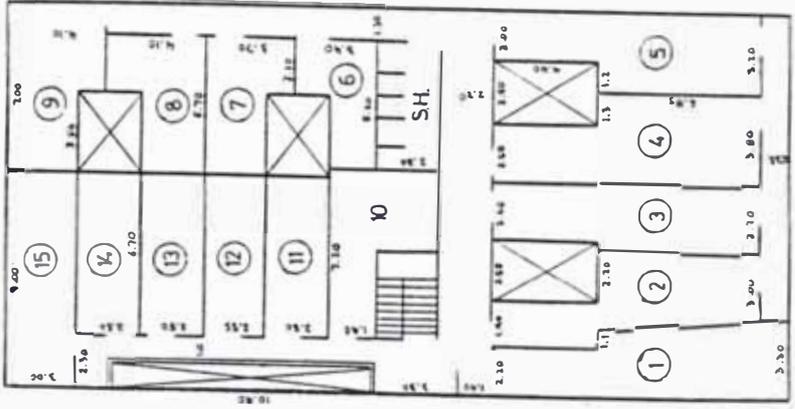
33.95  
 57.75



DISTRITO: LA VICTORIA  
 DIRECCION: HUMBOLT 1351  
 TIPO DE TUGURIO: TUGURIO DE AZOTEA

AREA DEL LOTE: 516.40 m<sup>2</sup>  
 Nº DE PISOS: 4 PISOS  
 Nº DE VIVIENDAS: 15  
 ESTIMADO POBLACION: 84

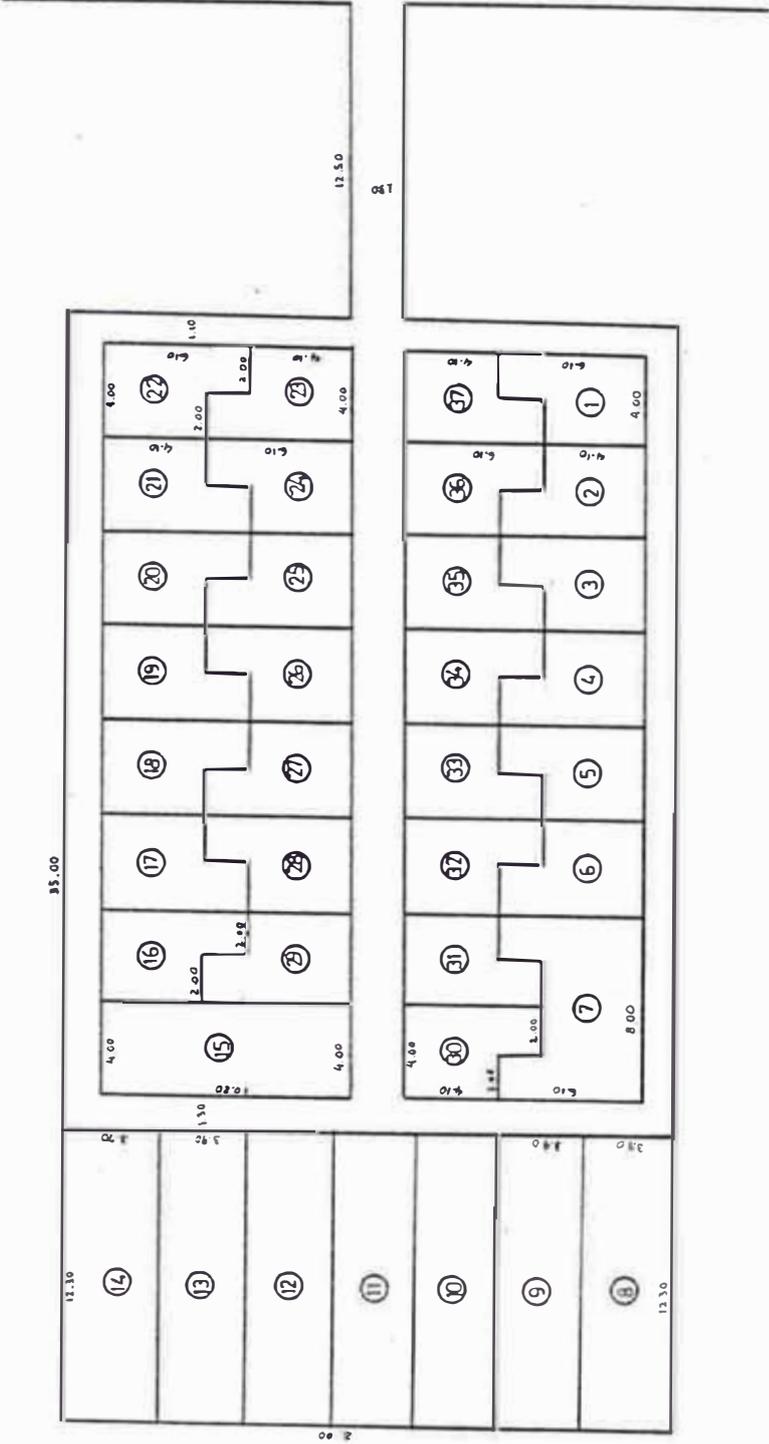
| MATERIALES DE CONSTRUCCION |          |
|----------------------------|----------|
| PARED                      | LADRILLO |
| TECHO                      | MADERA   |
| PISO                       | CONCRETO |

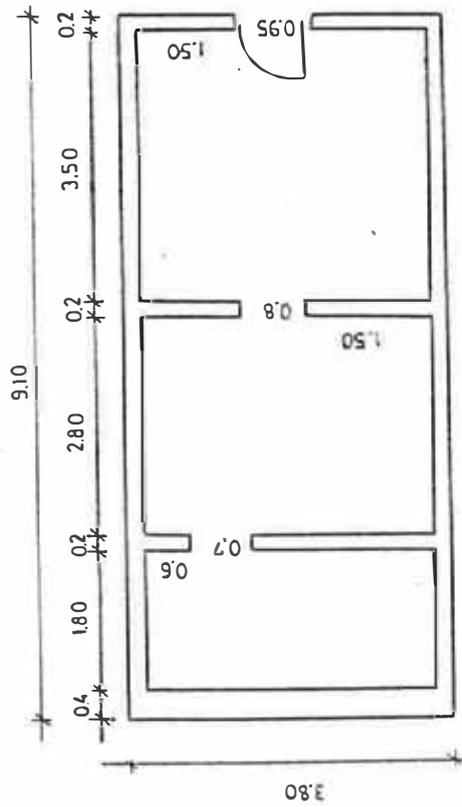


DISTRITO: LINCE  
 DIRECCION: BARTOLOME HERRERA 660  
 TIPO DE VIVIENDA: QUINTA DETERIORADA

AREA LOTE: 1195m<sup>2</sup>  
 N° PISOS: 1  
 N° VIVIENDAS: 37  
 POBLACION: 180 +

| MATERIALES CONST. |        |
|-------------------|--------|
| PARED             | ADOBE  |
| TECHO             | MADERA |
| PISO              | MADERA |

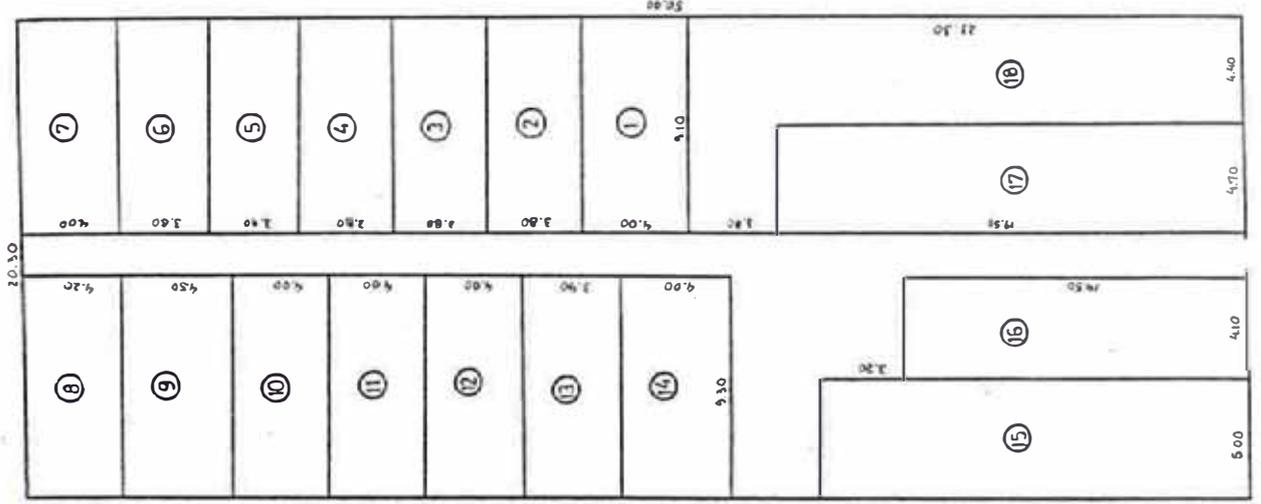




DISTRITO: LINCE  
 DIRECCION: FCO. LAZO 2051  
 TIPOLOGIA: CALLEJON

AREA DEL LOTE: 900 m<sup>2</sup>  
 N° DE PISOS: 1  
 N° DE VIVIENDAS: 17  
 ESTIMADO POBLACION: 110

| MATERIALES DE CONSTRUCCION |          |
|----------------------------|----------|
| PARED                      | ADOBE    |
| TECHO                      | MADERA   |
| PISO                       | CONCRETO |



## **2.4 ESTADO ACTUAL**

### **2.4.1 EN EL ASPECTO FISICO**

#### **2.4.1.1 MATERIALES EMPLEADOS.**

Los materiales empleados en su construcción son mayoritariamente el adobe y la quincha en las paredes, y vigas y entablado de madera con torta de barro para los techos; como material cementante se emplea el barro. Algunas viviendas que han sufrido daños por movimientos sísmicos anteriores han sido resanados en forma rudimentaria, empleando muchas veces el ladrillo en forma desordenada, sin ningún criterio técnico. Se ha empleado la madera en las construcciones de sus puertas, ventanas, escaleras, etc.

#### **2.4.1.2 MUROS.**

La mayoría de las viviendas presentan grietas en sus muros, generalmente en sus esquinas. Muchos se han pandeado y sufrido cierta inclinación, siendo necesario el apuntalamiento de los mismos. Su resistencia se ha ido debilitando con los fuertes sismos que ha soportado, y al mal estado de las instalaciones sanitarias, ya que al haber escapes de agua, se ha producido humedecimiento, dando lugar a que en cualquier momento, se produzca el colapso parcial o total de la edificación, sin que ocurra un movimiento sísmico.

### **2.4.1.3 TECHOS.**

Estos están hechos de vigas y entablado machihembrado de madera y torta de barro; debido al tiempo que tienen, la madera se encuentra apolillada y su resistencia disminuída. Contribuyen a la fatiga de las vigas, la costumbre que tiene la gente se utilizar el techo como almacén.

### **2.4.1.4 ESCALERAS.**

Las viviendas de dos pisos tienen sus escaleras de madera, en mal estado, encontrándose éstas, en muchos casos, fuera de su sitio, haciéndose difícil el tránsito rápido por ellas.

## **2.4.2 EN EL ASPECTO SOCIO-ECONOMICO.**

Aproximadamente, una quinta parte de la población total de Lima Metropolitana, habitan en este tipo de viviendas de bajo estándar, en forma hacinada, y con alto índice de promiscuidad, deterioro y vetustez de las estructuras físicas, con evidente peligro para la salud de los pobladores y con peligro moral para la niñez, dados los altos índices delictivos comprobados.(6)

(6) VIVIENDA Y CONSTRUCCION, Renovación Urbana.

El índice cultural es bajo, y se puede apreciar que no existe clara conciencia sobre la necesidad de las labores de mantenimiento de su vivienda, sobretodo, en los no propietarios.

Los recursos humanos, en gran porcentaje, no están capacitados ni cultural, ni social, ni económicamente, para entender de por sí, un proceso de intervención en sus viviendas, sin embargo, se desaprovecha el esfuerzo de muchas familias, quienes no soportan los actuales sistemas y estatus de vida.

Asímismo, se puede afirmar que en Lima Metropolitana, los grupos humanos que habitan actualmente los tugurios, tienen los índices de ingreso más bajos de la ciudad.

Los tugurios no sólo resultan un problema desde el punto de vista social, sino que también representan un serio peligro desde el punto de vista sísmico, porque constituyen grandes conglomerados humanos que habitan en locales antiguos, estrechos y totalmente inseguros.

El tugurio típico del Area Metropolitana, está constituido por casas antiguas de uno, dos o tres pisos, construidos de adobe y quincha; cuentan en su interior con un solo patio o corredor al que convergen todos los departamentos; el patio se comunica con la calle por un solo pasadizo muy estrecho que podría quedar bloqueado, impidiendo de esta manera la salida de sus moradores, en el caso de ocurrir un sismo o un incendio.

## CAPITULO III

### LIMA: CIUDAD UBICADA EN ZONA DE ALTO RIESGO SISMICO

#### 3.1 ORIGEN DE LOS SISMOS.

Se entiende por sismo, prescindiendo de la naturaleza de su origen, una sacudida violenta de la tierra. En forma más 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 esta 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.

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 consideramos que a profundidades mayores de los 400 km., que es donde se producen los sismos profundos, existen presiones del orden de 140,000 atmósferas 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.

### **3.2 UBICACION SISMICA DEL PERU.**

Según análisis sismo-tectónicos, existen en el globo terráqueo dos zonas bien marcadas de actividad sísmica. Ellas son: el Círculo Alpino-Himalayo y el Círculo Circum-Pacífico. En ambas zonas la actividad sísmica es muy intensa, especialmente en esta última donde han ocurrido el 80% de los eventos sísmicos, quedando el 15% para el Círculo Alpino-Himalayo, y el 5% restante, se reparte en el resto del mundo.

La teoría tectónica de placas, explica la ocurrencia de sismos concentrados en franjas angostas, las cuales presentan tres tipos de frontera, distinguiéndose en base del tipo de sismo que ocurre en ellos; también, en forma inversa, se podría predecir para un determinado tipo de frontera, el tipo de sismo que podría ocurrir.

Los tipos de frontera mencionados, son los siguientes:

- a) Al borde de dos placas, es decir, una zona de fractura, donde las placas se desplazan una a continuación de la otra. En este medio ocurren sismos poco profundos, resultantes del súbito desencadenamiento de la deformación acumulada, causada por esfuerzos horizontales. Estos tipos de sismos son corrientes en California, en el borde de las placas del Pacífico y América del Norte.
- b) En el borde de las placas se desarrolla un fenómeno compresivo, en el cual una placa se desliza por debajo de la otra. Esto sucede con la Placa de Nazca, que se desliza por debajo de la Placa de América del Sur. En este medio, los epicentros de los sismos ocurren cerca a un plano que empieza en el piso de la zona oceánica y penetra en un ángulo de  $45^\circ$  debajo del continente.
- c) El sufrir deslizamiento de material en la dirección del plano mencionado en el acápite anterior, hasta una profundidad de 700 kms.; es causa de los sismos profundos.

En términos generales, decimos que un sismo es una consecuencia secundaria del proceso de formación del suelo marino y de la colisión de las placas.

El Perú, según su geografía, pertenece al Círculo Sísmico Circum-Pacífico, razón por la que se debe ver el problema con la importancia que merece.

Con los datos sísmicos obtenidos, y con las evidencias geológicas, se determinaron las posibles zonas de fractura. Estas zonas de fractura no son otras que aquéllas donde hay actividad sismo-tectónica o geofractura, es decir, en las que se presentan fallas cubiertas o sea las que no presentan desgarramiento en la superficie.

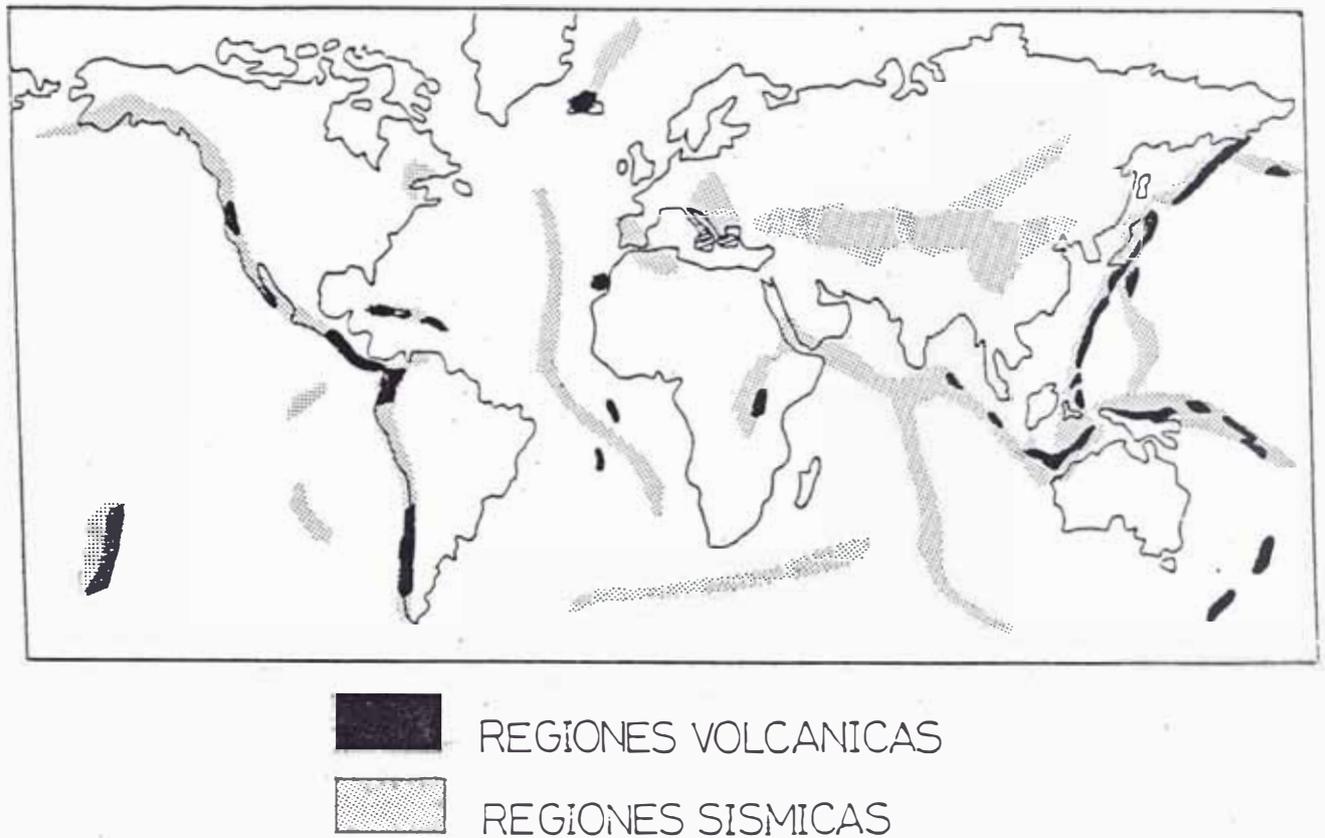
La geofractura de la costa, está localizada en la cadena costanera que va desde Arica hasta Paracas, y se pierde en el mar, para luego reaparecer en los cerros de Piura.

La goefractura de la costa corre paralela a la costa tierra adentro, de sur a norte, a unos 70 km. del mar, para posteriormente, internarse en el mar de Paracas, donde corre paralela a la costa, mar adentro, a unos 70 km de la playa, coincidiendo con la fosa de Lima.

Los epicentros de los sismos de 1940, 1966 y 1970 se localizaron en la geofractura de la costa, y el epicentro del último sismo de 1974 no podía ser una excepción, localizándose en la geofractura que viene por la costa desde Arica y se pierde en Paracas.

La historia sísmica del Perú indica, que por más que el sur del país, es una zona eminentemente sísmica, y donde han ocurrido un 30% de sismos destructores, a comparación de las demás regiones, no es preponderante este porcentaje, afirmándose, además, que los movimientos sísmicos de poca intensidad se suceden en forma continua,

en gran número, en esta región. Sin embargo, en la zona que va desde el centro al norte del país, los sismos destructores son más numerosos (42%), pero la actividad sísmica, es menor. Analizando esta situación, y aplicándola al caso concreto de Lima, la actividad sísmica de la Capital es esporádica, pero con gran incidencia de sismos destructores.



### 3.3 HISTORIA DE LOS SISMOS EN LA CIUDAD DE LIMA

Cronología y características detalladas de los sismos ocurridos en Lima, en los últimos 400 años:

| <u>FECHA</u> | <u>CARACTERISTICAS</u>   |
|--------------|--|
| 15-11-1555   | Ocurrió en Lima un temblor, el más fuerte desde su fundación. Las casas quedaron maltratadas, con grietas que comprometían su estabilidad.   |
| 04-04-1568   | Se sintió un fuerte temblor al comenzar la prédica del Padre Jesuita Jerónimo Ruiz del Portillo, en el Convento de Santo Domingo.  |
| -1581        | Según la versión de los antiguos vecinos de Lima, y que recogiera años después, el Virrey Conde de Villar, hubo por ese año un gran temblor, cuya fecha queda incógnita.                                     |
| 17-03-1584   | Gran temblor en Lima, que averió edificaciones. En El Callao, quedó temblando la tierra, contándose de 8 a 9 movimientos. En muchos lugares de la costa, el mar irrumpió a tierra.                           |
| 09-07-1586   | A las 19:00 horas, terremoto que asoló gran parte de la ciudad de Lima, e hizo caer las torres de la Catedral; murieron entre 14 y 22 personas. Derrumbe de peñascos y piedras del Cerro San Cristóbal. Hubo |

agrietamientos del terreno. En El Callao el mar subió dos brazas, y avanzó como 300 pasos, inundando parte del pueblo y destruyendo todo lo que encontró a su paso. El movimiento sísmico se extendió 1000 km. a lo largo de la costa, desde Trujillo hasta Caravelí y unos 120 km. hacia el interior, según informes del Virrey Don Bernardo Torres y Portugal.

**19-10-1609**

A las 20:00 horas. Un gran temblor en Lima, causó destrucción de edificios. La Catedral de cinco naves, émula de la de Sevilla, quedó muy maltratada y hubo que demoler sus bóvedas y labrar otras.

**27-11--1630**

A las 11:30 horas, estando la población de Lima congregada en la Plaza de Armas, expectando una corrida de toros, sobrevino un fortísimo movimiento de tierra, que causó el desplome de las torres de la Catedral y de otros edificios, y por consiguiente, muchos muertos.

**13-11-1655**

14:45 horas. Movimiento que derribó muchas casas y edificios de Lima, abriéndose profundas grietas en la Plaza Mayor y cerca al Convento de Guadalupe. En El Callao, la Iglesia de la Compañía de Jesús, construída con cal y canto, quedó en escombros.

- 17-06-1678** 19:45 horas. Fortísimo temblor en Lima; averió los principales edificios, entre ellos, el Palacio del Virrey, los conventos y casas particulares.
- 20-10-1687** 4:15 y 5:30 horas. El primer movimiento sacudió y desarticuló los edificios y torres de la ciudad; el segundo, más prolongado en duración, los acabó por arruinar, ocasionando 100 muertos. En El Callao hubo 500 muertos.
- 28-10-1746** 22:30 horas. Terremoto en Lima y tsunami en El Callao. Probable intensidad XI MM. El R. P. Lozano, describía a Lima como que había llegado al punto de perfección de lo que era capaz una ciudad del Nuevo Mundo. De las 3000 casas existentes, sólo 25 quedaron en pie; cayeron a tierra los principales edificios. Perecieron 1141 personas de 6000 habitantes. En El Callao, quedaron arruinadas la totalidad de las construcciones. El mar se erizó, y elevándose a gran altura, irrumpió sobre la población ahogando gran parte de ella. De 4000 habitantes de El Callao, sólo quedaron 200 con vida.
- 22-04-1804** Temblor sentido en Lima, y con gran intensidad en el Cuzco.
- 30-03-1828** 7:35 horas. Un gran terremoto causó daños en los edificios y viviendas de Lima. Hubo 30 muertos y

numerosos heridos. Sufrieron el puerto de El Callao, Chorrillos, Huarochirí.

- 20-09-1897** 11:25 horas. Sismo que causó la destrucción de Lima y Callao.
- 04-03-1904** 5:17 horas. Intensidad VII-VIII MM. En Lima, muchas paredes resultaron cuarteadas y cayeron cornizas. Se agrietaron torres de la Catedral.
- 11-03-1926** 6:20 horas. Temblor en Lima. Escala V-VI MM. Cayeron cornizas y algunos objetos de repisas. En el Cementerio de El Callao, hubo cuarteaduras de mausoleos.
- 19-01-1932** 21:33 horas. La ciudad de Lima fue sacudida por un violento temblor que hizo caer cornizas, tapias y paredes viejas. Escala V-VI MM.
- 05-08-1933** 21:55 horas. Fuerte y prolongado temblor en Lima-Callao e Ica. Deterioros en casas antiguas de Lima, rotura de vidrios.
- 24-05-1940** 11:35 horas. 11.2°S, 77.5°W. M = 8.2. De una intensidad de hasta VIII MM, el terremoto tuvo como epicentro El Callao, y se constituyó en el mayor sismo producido en Lima en el presente siglo. Provocó el desplome de numerosas casas, "sobre todo, aquéllas antiguas del centro de la ciudad", de edificios públicos, y el triste

saldo de 200 muertos, en un 80% niños, y unos cuatro mil heridos. En calles antiguas como Los Huérfanos, San Carlos y Guadalupe, se desprendieron las cornisas y muchos callejones quedaron destruidos. Los mercados de Guadalupe, de La Concepción y del Callao, se vinieron abajo. También hubo desplomes en la Clínica Maisón Sante, la calle Santa Rosa de las Monjas, el Palacio de Justicia, el Jirón de la Unión, y todas las iglesias de Lima. El terremoto tuvo una duración de casi un minuto, alcanzando una intensidad de hasta VIII grados en El Callao, La Molina y Chorrillos. En el Rímac y el Centro de Lima, se sintió en grado VII, y en grado V, en los balnearios del sur, en Miraflores y San Isidro. Tuvo una vasta área de percepción. Ocasionó la destrucción de muchas edificaciones de Barranca, Chancay y Lurín.

- 31-01-1951** 11:39 horas. Fuerte temblor sacudió la ciudad de Lima, con una intensidad de VI-VII MM. Se observó una fina rajadura en la fachada de un edificio de concreto armado de la Plaza San Martín.
- 15-02-1953** 4:33 horas. Temblor en Lima que duró 30 segundos. Intensidad V-VI MM.
- 09-02-1955** 11:06 horas. Temblor fuerte en Lima. Resultaron 10 personas accidentadas. Aceleración promedio de  $27\text{cm}/\text{seg}^2$  con períodos de 0.2 segundos.

- 17-10-1966** 16:41 horas. 10.7°S, 78.7°W. M = 7.5. La ciudad de Lima fue estremecida por un sismo que fue, indudablemente, el más intenso después del de 1940. Dejó un saldo de 100 muertos. En Lima Metropolitana la intensidad fue de VI MM en la parte central; en las zonas antiguas del Rímac y El Cercado, las zonas adyacentes a los cerros y una banda a lo largo del Río Rímac, incluyendo también El Callao, la intensidad fue de VII y en La Molina, VIII. Períodos del orden de 0.1 seg. La aceleración registrada fue 0.4g.
- 31-05-1970** 15:23 horas. 09.2°S, 78.8°W. Fortísimo temblor sentido en Lima, con una magnitud de 7.5. Los peores daños se produjeron en el Callejón de Huaylas, con un saldo 65,000 muertos, 20,000 desaparecidos, y 150,000 heridos. De 38 poblaciones, 15 quedaron con las viviendas destruídas en más del 80%. La mayor causa de la gran destrucción de este terremoto fue la debilidad de las construcciones de adobe existentes en el área afectada. En Lima se registró una aceleración de 0.1g. a pesar de que el epicentro estuvo a 400 km. al N.O. Los mayores daños en el área metropolitana se registraron en La Molina. En las restantes zonas, los daños fueron moderados.
- 03-10-1974** 9:22 horas. Coordenadas Epicentrales: Lat. Sur 12 05'00", Long. West 77 38'. Profundidad 25 km. Intensidad VII-VIII MM. Magnitud 7.6. La máxima aceleración registrada fue de 0.26g y el período

predominante fue de 0.2 seg. El sismo fue un evento múltiple con 4 sacudidas principales, en los 40 segundos iniciales; hubieron más o menos 400 réplicas en las 35 horas siguientes, y más de 11,300, en los 7 días siguientes. El movimiento duró 90 segundos. Asentamientos en Villa, Chincha, Cañete. Colapso de estructuras de concreto armado; agrietamiento de elementos estructurales y de muros. En El Callao y Chorrillos (VII-VIII) algunos edificios de concreto armado sufrieron daños, y construcciones de adobe colapsaron.(7)

### **3.4 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SUB-SUELO DE LIMA.**

Al igual que la mayoría de los ríos peruanos que bajan de los Andes hacia el Océano Pacífico, el río Rímac nace, aproximadamente, a 5000 msnm. Su corto recorrido de aproximadamente 120 km., hasta su desembocadura, supone una pendiente muy pronunciada del río, hasta llegar al Valle de Lima.

Debido a ello, el río está en condiciones de arrastrar considerables cantidades de material erosionado, con diámetros relativamente grandes, hasta el área de su desembocadura. El río divaga, desde el angosto valle de

(7) GIESECKE, ALBERTO y SILGADO, ENRIQUE, Historia de los Sismos más Notables en el Perú.

Vitarte (a una altura aproximada de 350 msnm), hasta el amplio valle de Lima, formando un abanico triangular de deyección, cuya línea básica se encuentra al oeste de la actual línea costera.

Los depósitos aluviales del Río Rímac, fueron influenciados por movimientos tectónicos en la zona andina, movimientos isostáticos y cambios climáticos.

El lento levantamiento del macizo andino, acompañado por una bajada de la cuenca de Lima, ha posibilitado el depósito de sedimentos de considerable espesor. No existen datos exactos respecto a la profundidad máxima del aluvión superpuesto a roca firme. En la zona de Lima, la perforación de pozos, alcanzó hasta 170 m. sin encontrar roca. Se infiere espesores de 400 m.

Las variaciones del clima, entre las épocas de lluvia y de sequía, originaron una granulometría variable en los sedimentos que se estaban depositando.

De esta manera las etapas fluviales, ocasionaron precipitaciones de mayores volúmenes de erosión en los Andes, y descargas de agua en los ríos, depositándose en el abanico, sedimentos de granulometría más gruesa; y en épocas de poca agua, sólo podría arrastrar material fino en los sedimentos. Variaciones isostáticas, movimientos tectónicos, condiciones variables hidráulicas en el río, y las diferentes velocidades de descarga del Río Rímac, originaron continuos desplazamientos del lecho fluvial y de las zonas depósito aluviales, a través de toda la extensión del abanico en mención.

El abanico del Río Rímac, con una extensión de 300 km, tal como se presenta en la actualidad, tiene un límite oriental cerca de Vitarte, y su límite occidental sobre la línea costera de 16 km., la cual representa una línea de erosión del viejo abanico. Hacia el sur limita con el macizo del Morro Solar, cerca de Chorrillos. En el Norte, el abanico acaba por cubrir parte del abanico del Río Chillón, desplazando a éste último hacia el norte.

El suelo del área metropolitana en su zona central está conformado por un conglomerado a base de bolones, cantos rodados y grava, cohesionados por una matriz limo-arenosa, y con una napa freática muy profunda.

En términos generales, se puede clasificar el suelo de cimentación de Lima, como bueno, destacándose el sector de Lima Central, por su gran estabilidad ante cortes verticales a profundidades considerables, y sin apuntalamientos. Tal característica se mantiene a través del tiempo, aún sometida a las vibraciones vehiculares y de sismo, en varios lugares de excavación. Su capacidad de carga, varía de 4 a 7 Kg/cm<sup>2</sup>.

La capacidad de carga admisible, varía en Lima, de un distrito a otro. Por ejemplo, en viviendas de tipo convencional en La Punta, donde la napa freática es alta, encontrándose limos saturados a 2 m. de profundidad, la capacidad de carga de trabajo es de 0.5 kg/cm<sup>2</sup>. En la zona de El Callao, La Perla, Bellavista y Ventanilla, los valores de la capacidad de carga admisible, fluctúan alrededor de 1.5 kg/cm<sup>2</sup>.

En San Miguel, San Isidro, Miraflores y Magdalena, se nota la presencia de suelos finos, limo-arcillosos y lentes arenosos intercalados, determinando una capacidad de carga de 0.5 kg/cm<sup>2</sup>. Tal valor tiende a

aumentar hacia Carmen de la Legua, sector Este de Bellavista, y sectores Oeste de Lima, San Miguel y Pueblo Libre, donde varía de 1.0 a 1.5 kg/cm<sup>2</sup>, merced a que la calidad del suelo va mejorando a pesar que muestra una estratigrafía alternada de limos arenosos y limos arcillosos.(8)

En los distritos de Lince, Breña, Jesús María, La Victoria (Sur), Magdalena del Mar y Miraflores (Oeste), los suelos están constituidos por gravas empacadas en arenas, formando un conglomerado bastante compacto. Esta zona pertenece al cono de deyección del Río Rímac, por lo que su capacidad admisible es alta, del orden de 2.5 hasta 4.0 kg/cm<sup>2</sup>.

La calidad del suelo tiende a mejorar en Ate, Lima (Este), Surco (Norte), La Victoria (Norte) y San Luis, donde se muestra buena graduación de grava, pocos finos y un contenido de humedad del orden del 3%. En esta zona la capacidad admisible varía entre 4 y 5 kg/cm<sup>2</sup>.

En el distrito de La Molina y Ate (oeste), la carga admisible, oscila entre 0.5 y 2.5 kg/cm<sup>2</sup>. En esta zona se presentan suelos areno-limosos y arenas pobremente graduadas.(9)

(8), (9) BAYONA PELAEZ, Cimentación de edificaciones en la Gran Lima.

## CAPITULO IV

### AREAS DE MAYOR RIESGO SISMICO

#### 4.1 VULNERABILIDAD. CONCEPTO. CARACTERISTICAS.

"La Vulnerabilidad de cualquier elemento estructural físico o socio-económico expuesto a un peligro natural, es su probabilidad de resultar destruído, dañado o perdido"(10)

La vulnerabilidad no es una situación estática, sino dinámica, ya que no existe aislada del hombre o a pesar suyo, sino que es producto de la acción humana y está en sus manos el remediar la situación.

(10) INADUR, Plan de Protección Sísmica de Lima Metropolitana.

El concepto de vulnerabilidad no sólo se refiere a los efectos directos de un sismo destructor, sino tiene una acepción más amplia, que se refiere a la vulnerabilidad de la población en sentido de su posición socio-económica, en relación funcional y conflictiva que producen condiciones desfavorables para una proporción de la población urbana.

La vulnerabilidad en Lima Metropolitana existe en doble sentido:

a) Con respecto a efectos directos del sismo, por ejemplo:

La probabilidad de colapso del medio ambiente construido, sean viviendas u otras edificaciones.

La posibilidad de escapar a un área libre.

b) Con respecto a efectos indirectos del sismo, por ejemplo:

La posibilidad de poder recuperarse del desastre.

La primera depende, principalmente, de la existencia de condiciones físicas deterioradas. La segunda depende de la existencia de recursos económicos y de factores, como: organización social, acceso a terrenos y materiales, etc. Es evidente, que en los dos sentidos, la vulnerabilidad coincide con el proceso de deterioro urbano. En las áreas deterioradas, tanto el medio ambiente construido como los pobladores, demuestran alta vulnerabilidad, ante el sismo destructor más probable.

Una vivienda o un asentamiento humano puede ser vulnerable desde su nacimiento, en cuyo caso se denomina "vulnerabilidad por origen", y se da cuando:

1. No se ha hecho un estudio de la estructura y comportamiento del suelo, para la ubicación de la vivienda o el asentamiento.
2. La modalidad del asentamiento, es decir, la forma como se va poblando un área, es caótica, desordenada, espontánea, o formada por necesidades vitales o por un afán de lucro, ciego a consideraciones de racionalidad y planificación.
3. La forma del asentamiento, debido a la ignorancia de los pobladores o la ineficiencia de los profesionales y técnicos, se pasa por alto normas sobre tamaño del área construible, tamaño y disposición de áreas libres (veredas, calles, plazas), etc.
4. La estructura de las edificaciones, su reforzamiento, el tipo de materiales usados, los revestimientos, el tipo de vivienda (altura, número de pisos, etc.), no guardan un equilibrio entre las necesidades subjetivas y cambiantes de la población, los recursos existentes al alcance de ésta, y las normas técnicas vigentes.

El riesgo más alto se da cuando existe un alto grado de deterioro urbano, en un área expuesta al mayor peligro, es decir, mayor intensidad sísmica.

El distrito de La Victoria, por ejemplo, aunque tenga un alto porcentaje de viviendas tugurizadas, se encuentra en una zona de menor

intensidad sísmica (VII MM). El distrito de La Molina, en cambio, se encuentra en una zona de mayor intensidad sísmica (IX MM), pero tiene una densidad poblacional baja, y viviendas aisladas y bien construídas. Los distritos que tienen una alta coincidencia entre intensidad sísmica y alto índice de deterioro urbano son: Chorrillos, Barranco, Cercado de Lima, Rímac y El Callao. A estos distritos se les llama "Áreas Críticas". Son las Áreas Críticas las que tienen el más alto riesgo de sufrir un desastre, en el evento del sismo destructor más probable en Lima Metropolitana.

En el caso de las Áreas Críticas, a la vulnerabilidad por origen, de las viviendas que no fueron construídas adoptando medidas antisísmicas, se agregan otras consideraciones: la "Vulnerabilidad Progresiva", o por proceso.

## **4.2 VULNERABILIDAD EN LAS ÁREAS CRÍTICAS DE LIMA.**

La vulnerabilidad de las Áreas Críticas tiene su punto de partida en las condiciones físicas del suelo y de la estructura de la edificación, lo cual sumado al uso intensivo y prolongado de ellas, ha deteriorado progresivamente, todos sus elementos.

La mayor parte de las áreas críticas, está conformada por viviendas antiguas (más de 50 años), que están construídas con adobe en su primer piso, y con quincha en el segundo y en el tercer piso.



#### 4.2.1 FORMACION DE LAS AREAS CRITICAS.

Estas áreas fueron en un comienzo lugares residenciales y sedes institucionales; algunas familias han perdurado hasta la fecha y conservan sus instalaciones, pero la mayor parte las ha abandonado para buscar otra ubicación en la ciudad.

A partir de los años 50, fuertes contingentes poblacionales fueron llegando a la ciudad, provenientes de otros lugares del país, repelidos por la falta de condiciones de producción en el campo, y atraídos por lo que la industria y actividades correlativas, ofrecían en la ciudad. Estos contingentes urbanos han presionado por su incorporación en el aparato productivo y en la vida urbana en general.

A su vez, los cambios producidos en la dinámica productiva, modificaron progresivamente la estructura y la distribución del espacio en la ciudad. La instalación de establecimientos fabriles, comerciales y de servicios, en determinadas zonas, influyó para que las antiguas zonas de residencia fueran abandonadas. Las familias que dejaron estas viviendas las vendieron o alquilaron, para ir a vivir a otros barrios residenciales.

Los inmuebles de las Areas Críticas, en su mayoría, se usan para fines de vivienda. Están, por lo general, ubicadas sobre lotes de gran dimensión (de mil metros cuadrados ó más). En su mayoría adoptan la forma de solares, conventillos, quintas deterioradas; en suma, edificaciones multifamiliares en donde se hospedan familias

de trabajadores con bajos ingresos, en condición de inquilinos o en usufructo de la vivienda.

#### **4.2.2 LA UBICACION.**

Una vivienda alquilada, aún de tamaño reducido dentro del Area Crítica, presenta una serie de ventajas para los usuarios, en su mayor parte referidas a la posibilidad de trabajar y hacer uso de los bienes y servicios urbanos. Esto significa una gran ventaja para los usuarios, cuanto que se trata de trabajadores urbanos que en el proceso de insertarse en las actividades productivas urbanas, realizan actividades de diversa índole, de carácter temporal en su mayor parte, y en cierto porcentaje, ubicadas en el sector informal de la economía.

Las ventajas de vivir en el centro, en términos de cercanía al trabajo y a los servicios, queda confirmada al observar el tiempo que tardan en movilizarse desde sus hogares hasta el centro de trabajo, lo cual permite establecer otro criterio que justifica y refuerza su permanencia en tales áreas: la posibilidad de ahorrar en ciertos gastos, como el transporte.

Finalmente, el tipo de tenencia, vivienda alquilada en su mayor parte, siendo funcional en términos de ingreso, lo es también en cuanto permite mayor margen de desplazamiento de los usuarios dentro de la ciudad. Es así, que conforme pasan de un trabajo a otro, y, según su necesidad pueden cambiar de residencia buscando lo más funcional dentro de lo que sus ingresos y las condiciones del mercado, les permite.

### 4.2.3 SOBREUSO DE LAS VIVIENDAS.

Estas viviendas fueron construídas para albergar a unas pocas familias, lo que se puede deducir, más que del número original de habitaciones, del tipo y número de servicios de agua y desagüe, los que tienen una limitada capacidad de expansión.

La desmesurada demanda de viviendas obligó a los propietarios a subdividir la vivienda, para dar cabida cada vez a un mayor número de usuarios. Se produjo así, una relativa expansión de las instalaciones, ocupando más área del lote, o construyendo en otros niveles.

Los inquilinos, usuarios de estas casas, acondicionaron y subdividieron también los espacios interiores, dando como resultado una situación de sobrepoblación y hacinamiento progresivo.

Se entiende la tugurización como una situación de vivienda, en la que una población en condiciones de hacinamiento, habita espacios reducidos de precario acondicionamiento, en términos de estructura física, servicios básicos inexistentes o insuficientes, y condiciones ambientales, en general, insalubres y nocivos a la condición humana. La mayor parte de las "áreas críticas" soporta esta situación.

#### 4.2.4 FALTA DE MANTENIMIENTO.

El sobreuso que soportan estas viviendas, provoca un deterioro más acelerado que el normal. El no reestablecer las condiciones desgastadas por el uso, es también un factor que coadyuva al deterioro.

Ni los propietarios ni los inquilinos hacen mantenimiento de las viviendas. Los primeros por tener ingresos muy bajos, y los segundos, por no tener seguridad de tenencia. A lo sumo, los usuarios hacen reparar los servicios que les afectan directamente la satisfacción de sus necesidades vitales. En el caso del servicio de agua, que es comunal en la mayoría de los inmuebles, la reparación es por cuenta de todos.

Finalmente, se puede concluir que la vulnerabilidad en las Areas Críticas de Lima, se debe a las siguientes causas:

- a) Existe una gran población en edad joven que ha venido ocupando las viviendas antiguas, sobre todo desde hace cuatro décadas.
- b) El aparato productivo no ha tenido la capacidad de acoger a toda la población económicamente activa de Lima en condiciones adecuadas.
- c) El sector manufacturero y otras actividades económicas de sólido nivel de inversión y de producción en Lima, no son precisamente los que más puestos de trabajo ofertan.

- d) Las ocupaciones de la Población Económicamente Activa que vive en Areas Críticas, en su mayor parte no brindan ingresos medianamente satisfactorios, motivo por el cual sólo puede alquilar viviendas precarias, de baja habitabilidad, ubicándose las familias en condiciones de tugurización y tratando de estar cerca de las fuentes de empleo.

Las causas expuestas explican tanto la vulnerabilidad por origen, como la vulnerabilidad por proceso. Esta última, es la que en mayor medida ha afectado a las viviendas antiguas de Lima.

# CAPITULO V

## MEDIDAS DE PREVENCION SISMICA

### 5.1 GENERALIDADES.

El objetivo general de cualquier medida de mitigación de desastres, es dotar de condiciones de mayor seguridad a la población que habita en las Areas Críticas de Lima, y que ocupan viviendas que presentan riesgos de colapso total o parcial, en caso de un sismo de gran magnitud.

Dentro de las medidas de prevención sísmica a tenerse en cuenta, tenemos:

**1.- Evacuar y Reubicar a la Población de las Viviendas que están en Alto Riesgo Sísmico:**

Supone que la vivienda ha sido calificada previamente como "inhabitable" en razón de la falta de seguridad sísmica, y se ordena su demolición después de ser desocupada. Esta medida lleva consigo la responsabilidad de reubicar a la población bajo condiciones que no signifiquen otro desastre.

Los nuevos terrenos desocupados por demolición de inmuebles ruinosos, dentro de las Areas Críticas, deben ser considerados como medios para disminuir la vulnerabilidad del resto del área.

**2.- Ordenar y Apoyar Técnicamente el Reforzamiento y la Reparación de las Viviendas que sean Rehabitables:**

Es una medida que puede ser considerada central, puesto que allí se concreta la prevención sísmica.

El reforzamiento de las viviendas deterioradas, no es solamente un problema técnico, sino también económico, social y legal.

Podría suceder, también, que las evaluaciones técnicas y análisis de costos, concluyan señalando que:

Es imposible técnicamente reforzar la vivienda.

Económicamente, es más costoso reforzar que demoler y construir otra vivienda.

El reforzamiento de viviendas necesita financiamiento, ya que sólo existen inversiones en reparación de edificaciones que tienen valor histórico, en cuyo caso el reforzamiento y reparaciones deben preservar las características originales del inmueble. En el caso de reforzamiento de viviendas, que carecen de ese valor, las exigencias técnicas son menores. Los refuerzos pretenden devolver seguridad y funcionalidad al inmueble.

## **5.2 COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES.**

Es sabido que la construcción es una combinación compleja de elementos estructurales y no estructurales, de diferente resistencia, ductilidad y calidad de materiales. Si su entramado tiene defectos en su proyecto, en su construcción, o en su mantenimiento, ante los efectos producidos por un sismo fuerte, se suscitan un conglomerado de deformaciones en el rango elástico, plástico y de falla, causando deterioros en la construcción.

Los elementos estructurales se deterioran con los efectos sísmicos, cuando estos producen esfuerzos que desbordan las resistencias de los elementos.

El sismo en sus vibraciones transmite energía, la que es absorbida íntegramente por la construcción. Esta se almacena en forma de energía

cinética, que origina la deformación de los elementos estructurales, y el resto se disipa por amortiguamiento estructural.

Las formas de energía que absorbe la construcción, se dan de manera combinada y de apreciación muy compleja; por esto es que el diseño plástico tiene modelos idealizados simples.

La energía cinética es la que produce los movimientos de la estructura proporcionalmente a su masa, y al cuadrado de la velocidad que el sismo genera en su base.

La energía de deformación, al almacenarse, produce en todos los elementos, deformación proporcional a su resistencia y rigidez.

La energía que se disipa en forma de amortiguamiento, es la que se da en todo elemento estructural, en forma de fricción, de rotura, y de deslizamiento a lo largo de las grietas.

El deterioro en la construcción se dará cuando la energía transmitida, conserve su capacidad de disipar energía en forma de movimiento y de deformación; es así, que se agrieta o fractura uno o varios elementos. La causa de que esto suceda es consecuencia de que no se hayan proyectado los elementos estructurales capaces de disipar energía sin deteriorarse, porque se hizo una estructuración defectuosa, o de insuficiente resistencia, o las estructuras proyectadas para tal fin,

responden a las expectativas del proyecto, por una estructuración defectuosa o el empleo de materiales de baja calidad.

"Una estructura bien proyectada y construída, será capaz de resistir sin deterioro alguno, los sismos de gran frecuencia y de magnitud media, y con deterioros progresivos en fluencia, sin llegar a colapsar en sismos excepcionales de intensidad alta".(11)

La pérdida de resistencia se da como consecuencia de un mantenimiento inadecuado de la edificación, que trae como resultado una disminución de la sección recta, que debe resistir el sismo de una intensidad prevista.

Esta pérdida de resistencia es debida, por ejemplo, a la corrosión, o degradación o fisuraciones previas por causas diversas, o como consecuencia de esfuerzos residuales de fabricación o de sollicitaciones posteriores, o como un asentamiento de un sismo anterior (común en construcciones de adobe), cuyos daños no se han reparado o la reparación fue defectuosa.

Desde el punto de vista sísmico, la estructura debe diseñarse par resistir sismos menores, sin deteriorarse, es decir, dentro del rango elástico.

Los sismos más destructores no son aquéllos de aceleraciones alta sino aquéllos cuya duración del período predominante, es más largo.

Elegir un tipo de estructura considerando la interacción que hay entre suelo y estructura, es elegir estructuras rígidas en suelos blandos, y

-----

(11) MINISTERIO DE VIVIENDA , Recomendaciones Técnicas, Reparación de Viviendas de Adobe y

estructuras flexibles en suelos duros, para evitar resonancia entre los períodos predominantes del suelo y el período natural de vibración de las edificaciones.

### **5.3 ANALISIS DE FALLAS EN VIVIENDAS DE ADOBE.**

La gran actividad sísmica de nuestro territorio ha cobrado siempre, sus mayores víctimas en las construcciones de adobe.

Debe aceptarse, entonces, que existen ciertas condiciones bajo las cuales, este tipo de construcciones puede ofrecer un comportamiento satisfactorio ante sismos severos.

Según Mark Fintel, en su libro "Resistance to Earthquakes-Philosophy, Ductility and Details", los objetivos implícitos en la mayoría de las Normas de Diseño Antisísmico, son que la estructura sea capaz de:

1. Resistir sismos menores sin daños.
2. Resistir sismos moderados con algunos daños estructurales leves y con daños no estructurales moderados.
3. Resistir sismos catastróficos sin colapsar.

Por colapso, se entiende "aquel estado que no permite que los ocupantes salgan del edificio, debido a la falla de estructura primaria", según definición del mismo Fintel.

Con los movimientos sísmicos, las construcciones de adobe, presentan:

- a) **Falla a Tracción:** ésta se produce en los encuentros de muro a muro, debiéndose principalmente al esfuerzo de tracción directa, que se produce en uno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros de encuentro, que se agrava cuando se suman efectos de flexión.
  
- b) **Falla por Flexión:** esta falla se debe al esfuerzo de flexión, al actuar el muro como una losa apoyada en su base y en los elementos verticales que lo arriostan, más las grietas pueden ocurrir en secciones horizontales, verticales u oblicuas.
  
- c) **Falla por Corte:** esta falla ocurre cuando el muro trabaja como un muro de corte y se debe, principalmente, a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales. Se fisura en forma diagonal, siguiendo las juntas, semejante a la falla de los ladrillos.

Muchas de las causas del deterioro en adobes, es consecuencia de su deficiente construcción, mala disposición de los detalles constructivos y la mala estructuración.

Claro está, que al hacer el análisis de fallas, éstos también pueden devenir por otras causas tales como la naturaleza del suelo de cimentación, mal cálculo de las edificaciones, o en último caso, por el grado de intensidad del movimiento sísmico.

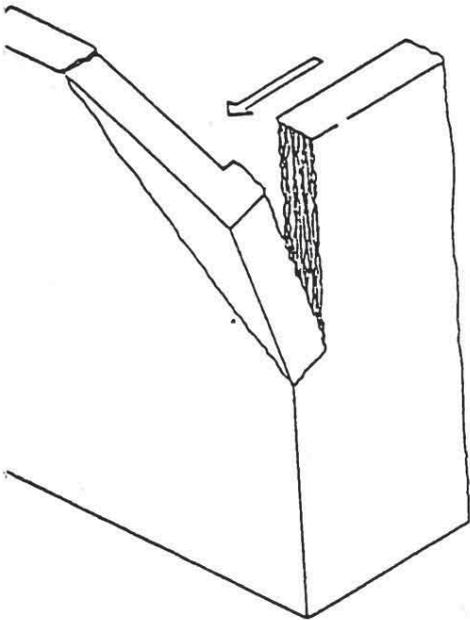
Una de las principales causas de fallas en construcciones de adobe, es el peso propio del muro, y a que es muy difícil introducirle refuerzos. Esto se ha agravado por las siguientes circunstancias:

1. Altura excesiva de algunos muros, de 3 a 4 metros, y peor aún, dos o tres pisos de altura, en casos excepcionales.
2. Adobes de baja calidad y detalles constructivos deficientes, como es el no rellenar íntegramente las juntas, tener una mala cimentación, etc.
3. Condiciones desfavorables del suelo, que incrementa la intensidad sísmica.

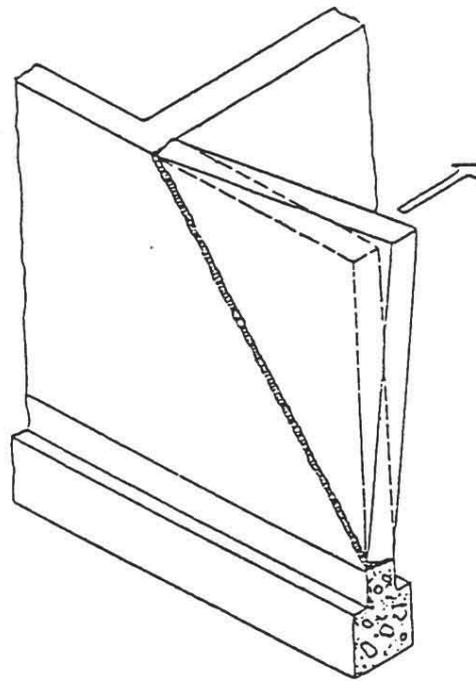
En los muros, el aparejo resultante es deficiente, por la alta probabilidad de que el plano de falla tenga fuerte pendiente, esto es debido a un inadecuado dimensionamiento de los adobes. Las uniones de los mismos están mal realizados, razón por la cual, no pueden trabajar en forma adecuada a compresión. En las uniones verticales, el llenado es deficiente, haciendo casi nula la resistencia al corte que deben tener los muros de adobe.

La excesiva altura de los muros, no concordante con su espesor y longitud, origina fallas por esbeltez, llegando hasta el colapso.

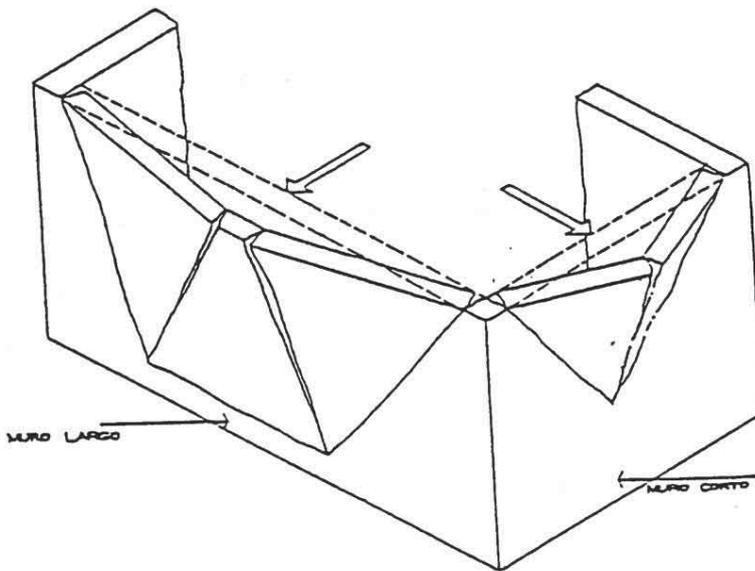
Otro defecto común, es encontrar fallas por un deficiente arriostramiento en las esquinas, complicándose aún más, por el inadecuado dimensionamiento de los adobes.



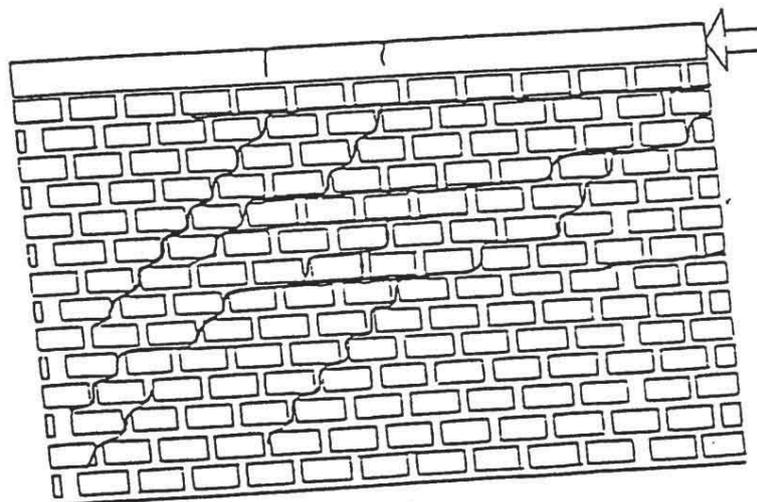
FALLA TIPICA DE TRACCION EN ENCUENTRO DE MUROS SIN ARRIOSTRE SUPERIOR.



FALLA TIPICA EN FLEXION DE MURO SIN ARRIOSTRAMIENTO EN DOS BORDES.



FALLAS TIPICAS EN FLEXION DE MUROS SIN ARRIOSTRE SUPERIOR.



FALLA TIPICA POR CORTE.

## 5.4 ELECCION DE UN METODO DE REPARACION.

El problema se le presenta al ingeniero tal cual lo es al médico; es decir, comprobar la existencia de la enfermedad, diagnosticar y prescribir el remedio.

Así, el ingeniero debe de conocer las diferentes formas de deterioro de las estructuras, indicar las causas de dichos desperfectos y la manera de solucionar el problema. Eso lo hará basándose en la experiencia adquirida, y elegirá una determinada técnica de reparación. Para esto es necesario una basta información acerca de la técnica elegida, en lo referente a sus ventajas y desventajas; técnica que haya sido ya empleada para remediar deterioros similares, y que han dado buenos resultados.

En ocasiones será necesario experimentar algunos métodos en modelos a escala, y después elegir el que más virtudes tenga en la solución del problema.

Para elegir un método de reparación, se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) El trabajo debe ser efectuado a su debido tiempo, sin prisa, con reflexión y cuidado.
- b) Que el gasto crece a medida que la situación se agrava.
- c) Si la obra se ha debilitado peligrosamente, la reparación debe devolverle su resistencia inicial.

- d) Que la reparación anule el progreso de los deterioros; de lo contrario, darle mayor seguridad.
- e) El método elegido debe ser compatible con la causa del deterioro, es decir, que asegure que el deterioro no volverá a originarse nuevamente por los agentes que lo degradaron, ni otro posible.
- f) Usar materiales no afectos de deterioro por las causas que degradaron la estructura. Dichos materiales deberán tener perfecta adherencia con los materiales empleados en la estructura original.
- g) Que las reparaciones durante su ejecución no dificulten el servicio de la edificación.
- h) Si los daños son pocos y aislados, hacer reparaciones parciales, pero si son graves con compromiso estructural, se deberá hacer una reparación total.

La reparación de una edificación dañada no consiste únicamente en reestablecer o mejorar su aspecto, sino fundamentalmente, eliminar la causa que provocó la falla y adecuarla a las exigencias de los conocimientos actuales.

## **5.5 DEMOLICION COMO ALTERNATIVA ECONOMICO-PRACTICA.**

Al hacer la diagnosis acerca del deterioro de una edificación, y después de realizar las pruebas de resistencia, se presentan decisiones como la de dejar la estructura en su estado actual, proceder con la

reparación, o demoler la estructura para construir en su lugar otra más conveniente.

Para decidir entre reparar o demoler, se tendrá que hacer un estudio económico de acuerdo a la rentabilidad de ambas decisiones. Para ello también se indican criterios empíricos, es decir, reparar si su costo fuera inferior al 50% del costo de una obra nueva, de lo contrario, se recomienda demoler y construir otra de sustitución.

### 5.5.1 ELECCION DEL METODO DE EJECUCION.

La elección del método de ejecución más adecuado se debe hacer de acuerdo a los siguientes factores:

- a) **Seguridad:** la demolición es una operación que encierra muchos riesgos y peligros, y que requiere experiencia y habilidad, aún cuando la estructura que se va a demoler sea relativamente pequeña.

Toda ejecución de una demolición debe asegurar la vida de los obreros y del público, así como de los vehículos; para ello, se elegirá el procedimiento y el equipo mecánico que ofrezca mayores garantías.

Se recomienda realizar una demolición a mano, siempre y cuando se asegure que al operador no le sucederá nada.

Para la seguridad del público, se deberá construir cercos, techos de protección donde sea necesario, colocar señales de advertencia, etc.

- b) **Resistencia:** de acuerdo a la resistencia, monolitismo y modos de falla, se puede elegir un proceso que garantice su rápida ejecución.

La demolición a mano es recomendable para edificaciones de madera, quincha, o adobe, aún el ladrillo.

Para estructuras monolíticas, como la mampostería, concreto simple y concreto armado, y para una demolición por tramos, es necesario emplear taladros accionados por compresoras. También es recomendable la demolición por impacto.

Si la estructura está debilitada como las de quincha, madera u otras, en las que se puede aplicar ranuras para debilitarle, es factible realizar una demolición por vuelco, con ayuda de cables, tractores, palas mecánicas, etc.

- c) **Economía:** una demolición a mano tiene la ventaja de que se puede conseguir mayor aprovechamiento de los materiales procedentes de la demolición, que se extraen con más cuidado al hacerla por partes, y seleccionando el material, inclusive antes de derribarlo. Este procedimiento resulta costoso por la excesiva mano de obra, el mayor tiempo a emplearse en la ejecución, y el incremento de los riesgos para los operarios;

sin embargo, se abarata en cuanto a la recuperación de materiales de construcción.

La demolición mecánica requiere menos mano de obra, y ofrece menos peligro en la ejecución, pero de los escombros no se recuperarán materiales de construcción; otro inconveniente, es que la demolición está limitada a la altura de operación, propia de cada máquina.

Las demoliciones por vuelco son bastante convenientes para el tipo de edificios ruinosos, porque con otros métodos, los peligros de operación serán muy grandes.

- d) **Recursos:** no siendo una actividad constante, ni de gran volumen de obras en nuestro país, en la elección de un método de demolición no es primordial las condiciones de mano de obra calificada, ni de equipos apropiados al tipo de construcción que se va a demoler; generalmente, se estará condicionado a mano de obra sin experiencia y propias de la región donde se efectúa la labor.

### 5.5.2 DEMOLICION DE MUROS DE ADOBE.

Como medidas de prevención ante los peligros potenciales existentes en algunas viviendas, se dan las siguientes recomendaciones:

- a) Debe demolerse todo muro de espesor menor de 30 cm. que esté agrietado.

- b) Debe demolerse cuando la pared del muro esté humedecida y muestre deterioro (aunque éste no sea causado por un sismo).
- c) Debe demolerse cuando existe un desplome mayor de 1 cm. por metro lineal de alto (en el caso de que la parte inferior esté humedecida, no se debe admitir desplome alguno).
- d) Debe demolerse cuando las paredes que soportan las vigas del techo, estén desplomadas en el mismo sentido.
- e) Debe demolerse cuando se presente un abultamiento o hinchamiento que se extiende horizontalmente a lo largo del muro.
- f) Debe demolerse cuando se presenten rajaduras diagonales que atraviesen el largo del muro. Cuando estas rajaduras alcancen solamente una parte del largo del muro, puede reconstruirse la parte afectada.
- g) Debe demolerse cuando un muro de más de 2.50 m. de altura, no tenga techo o solera de coronación que lo sujete; debe reducirse a un máximo de 2.50 m., aún cuando el muro se encuentre en buen estado.
- h) Debe demolerse todo el segundo piso con muros de adobe, que presenten grietas, no recomendándose su reparación.

- i) Debe demolerse todos los muros bajos en bordes de azoteas (parapetos).(12)

(12) HUAPAYA PONCE, Estudio Sísmico y Plan de Rehabilitación Urbana del Distrito de Imperial, Cañete. Tesis de Grado, UNI.

## CAPITULO VI

### SELECCION DEL AREA CRITICA A ANALIZAR

#### 6.1 METODOLOGIA EMPLEADA.

La selección y posterior análisis del Area Crítica en estudio, s realizó en base a trabajos de campo y de gabinete, y en base a la recopilación de información de estudios anteriores efectuados por INADUR, PLANMET, y el Instituto Catastral de Lima.

El trabajo de campo consistió en observaciones y visitas a lugares considerados como zonas críticas. Se efectuaron observaciones en viviendas tugurizadas del Rímac, Monserrate, Barrios Altos y Lima Cuadrada, encontrándose bastante similitud en cuanto a las condiciones de vida de los pobladores, y al grado de deterioro de las estructuras.

Sin embargo, recopilando información de estudios precedentes, a nivel integral de áreas mayores, encontramos que los Barrios Altos, presenta el más alto porcentaje de área deteriorada respecto al total distrital, y una densidad poblacional mayor en relación a las otras zonas consideradas.

Es por ello que se definió como zona de trabajo los Barrios Altos, y dentro de toda la zona involucrada, se escogieron las manzanas mostradas en el plano correspondiente, para efectuar un análisis más detallado.

Así, con la valiosa información procesada por otros organismos, se efectuaron observaciones detalladas sobre el estado de las construcciones, el estado de los servicios básicos, la escala vertical de los asentamientos, y el estado de las áreas libres que puedan servir como refugios en el caso de ocurrir un sismo de gran intensidad.

Información socio-económica de mucha importancia de los pobladores de la zona, fue obtenida del "Plan de Prevención Sísmica de Lima Metropolitana", estudio efectuado por INADUR. Sin embargo, con el fin de actualizar y ampliar algunos aspectos, fue necesaria la aplicación de una encuesta, cuyo modelo presentamos más adelante.

La realización de esta encuesta se efectuó paralelamente a las observaciones técnicas, y fue aplicada, específicamente, en la vivienda seleccionada aunque también se tomaron algunas muestras en viviendas vecinas.

Finalmente, se ha procesado el resultado de las observaciones efectuadas y de la encuesta aplicada, presentándose una síntesis en los cuadros y gráficos correspondientes.

Resumiendo, en base a visitas a distintos lugares deteriorados de Lima, se ha escogido Barrios Altos, como Area Crítica a analizar, y dentro de esta zona, se ha considerado algunas manzanas que representan los más altos grados de vulnerabilidad por su población y por el estado de sus construcciones, efectuándose aquí observaciones técnicas sobre el estado de las viviendas, para concluir en una encuesta a los habitantes del tugurio seleccionado, estableciendo las condiciones socio-económicas, y sus reacciones ante la eventualidad de un sismo de gran intensidad.

## **6.2 CARACTERISTICAS FISICAS Y SOCIO-ECONOMICAS DE EL CERCADO DE LIMA.**

El distrito de El Cercado cuenta, a diciembre de 1988, con un población de 376,162 habitantes. El área distrital alcanza las 1,660.5 Has , con una densidad poblacional promedio de 227 Hab/Ha.

El área deteriorada está distribuída en cinco zonas: Lima Cuadrada Monserrate, Barrios Altos, Roosevelt y Lima Industrial, y representa 481. Has. que es el 29% del área distrital, con una población de 175,349 habitantes, igual al 46.6% de la población distrital, y al 16.3% de la población metropolitana que habita en áreas deterioradas.(13)

Haciendo una breve descripción de las zonas deterioradas del distrito, tenemos que:

- a) **Lima Cuadrada:** es la zona central del Centro Histórico Cultural de Lima.

Concentra la mayor cantidad y calidad de monumentos y ambientes urbano-monumentales de la época Virreynal y Republicana.

En algunos casos las edificaciones antiguas vienen siendo reparadas en forma provisional por sus ocupantes, sin asesoría técnica, alterando sus características y aspecto original.

En el área se identifican todos los tipos de tugurios existentes: callejones, corralones, quintas deterioradas, conventillos, solares, casas subdivididas y tugurios de azotea, predominando en éstos como material constructivo, el adobe, la quincha y la madera, y en menor proporción el ladrillo.

Tiene un área de 76.10 Has., que representa el 4.6% del total distrital, con una población de 10,837 habitantes que son el 0.2% de los habitantes de Lima Metropolitana y el 2.9% del total del distrito.

- b) Monserrate:** Forma parte del Centro Histórico Cultural de Lima. Un elevado porcentaje de las viviendas se encuentran en situación de tugurios, y sus edificaciones muy deterioradas.

Tiene construcciones muy antiguas de adobe, quincha y madera, algunas de las cuales son monumentos históricos.

El área comprende 39.50 Has. que equivalen al 2.4% del total distrital, y alberga una población proyectada de 12,585 habitantes, que representa el 0.2% del total metropolitano, y el 3.4% de la población distrital proyectada.

- c) Roosevelt:** existen viviendas deterioradas y tugurizadas del tipo corralón-callejón.

Se encuentra dentro del Centro Histórico Cultural de Lima.

Abarca 6.7 Has. que significa el 0.4% del total distrital y alberga una población de 1607 habitantes, equivalente al 0.03% del total metropolitano, y al 0.4% de la población distrital proyectada.

- d) Lima Industrial:** conformada principalmente por urbanizaciones populares y asentamientos humanos deteriorados.

Tiene su origen en invasiones y construcciones con materiales precarios, y ha ido consolidándose a lo largo de 30 años, proceso que aún continúa.

Tiene muy pocas conexiones domiciliarias de redes de servicios, y las existentes son precarias.

Existen tugurios del tipo casa subdividida, empleándose el ladrillo como material predominante, en algunos casos, el adobe, y en otros, material precario; estos últimos al borde del Río Rímac.

Ocupa 171.20 Has. que representa el 10.3% del total distrital, y cuenta con una población de 68164 habitantes, equivalentes al 1.1% del total metropolitano, y al 18.1% de la población distrital.

**e) Barrios Altos:** Forma parte del Centro Histórico Cultural de Lima.

Contiene edificaciones de la época Colonial y Republicana, algunas de ellas declaradas Monumentos Históricos, por el INC, en muy mal estado de conservación.

Existen fincas ruinosas o deterioradas por la antigüedad de la construcción, con el adobe y la quincha como materiales predominantes.

Redes de agua y desagüe en mal estado.

Zona básicamente residencial, de alta densidad y muy tugurizada; los tipos de tugurios predominantes son el solar el callejón y la quinta.

## CARACTERISTICAS DE EL CERCADO DE LIMA

| DISTRITO         | AREA BRUTA<br>RESIDENCIAL<br>(Ha.) | AREA BRUTA<br>RESIDENCIAL<br>DETERIORADA<br>(Ha.) | %RESPECTO<br>AL TOTAL<br>DISTRITAL | POBLACION<br>DISTRITAL<br>(Hab.) |
|------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|
| El<br>Cercado    | 1660.50                            | 481.50  | 29.00                              | 376,162                          |
| TOTAL<br>METROP. |                                    | 2591.68   |                                    | 6`053,900                        |

| DISTRITO         | POBLACION<br>QUE HABITA<br>EN AREAS DETER.<br>(Hab.) | % DE LA<br>POBLACION<br>DISTRITAL | % DE LA<br>POBLACION<br>EN AREAS<br>DETERIORADAS<br>METROPOLITANA | % DE LA<br>POBLACION<br>TOTAL<br>METROPOL. |
|------------------|--|-----------------------------------|---|--|
| El<br>Cercado    | 175,349  | 46.60                             | 16.30   | 2.90                                       |
| TOTAL<br>METROP. | 1`072,719  | 17.70                             |   |  |

**FUENTE: PLANMET (DIC. 1988)**

## DESCRIPCION DE LAS ZONAS DETERIORADAS DE EL CERCADO DE LIMA

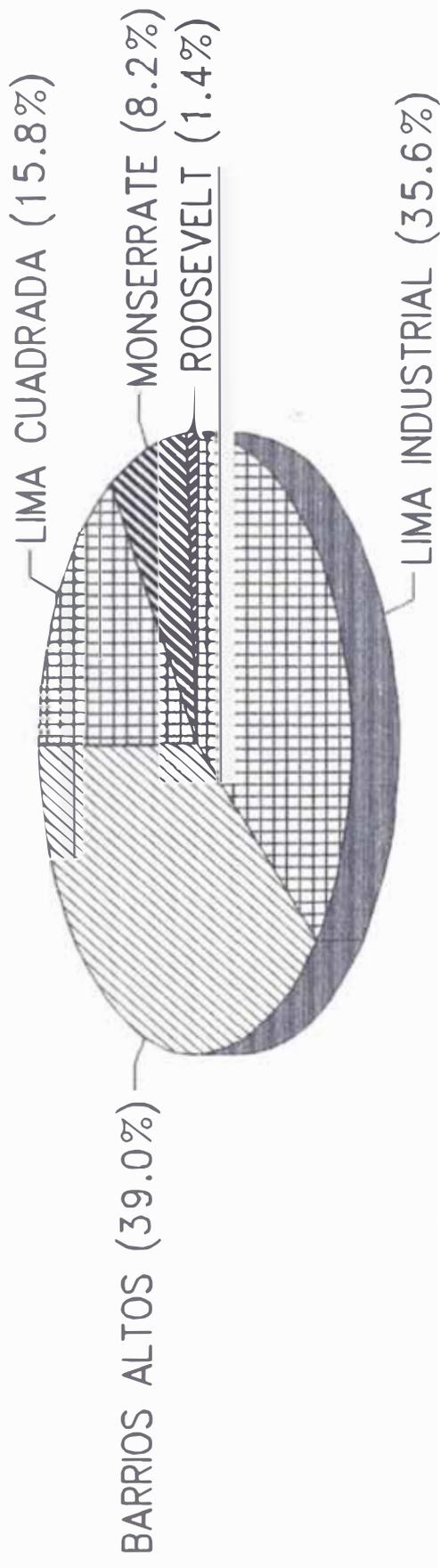
| ZONA             | AREA BRUTA<br>DETERIORADA<br>(Ha.) | % DEL AREA<br>BRUTA DISTRITAL | POBLACION QUE<br>HABITA EN EL<br>AREA DETERIORADA |
|------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|
| Lima             |                                    |                               |   |
| Cuadrada         | 76.10                              | 4.60                          | 10,837  |
| Monserate        | 39.50                              | 2.40                          | 12,585  |
| Roosevelt        | 6.70                               | 0.40                          | 1,607   |
| Industrial       | 171.20                             | 10.30                         | 68,164  |
| Barrios<br>Altos | 188.00                             | 11.30                         | 82,156  |
| TOTAL            |                                    |                               |   |
| METROPOL.        | 2591.66                            |                               | 1'072,719   |

| ZONA             | % DE POBLACION<br>EN AREAS DETER.<br>RESPECTO AL<br>TOTAL DISTRITAL | % DEL TOTAL<br>METROP. QUE<br>HABITA EN<br>AREAS DETER. | % DEL<br>TOTAL<br>METROP. | DENSIDAD<br>(Hab/Ha) |
|------------------|---|---|---------------------------|----------------------|
| Lima             |   |   |                           |                      |
| Cuadrada         | 2.90  | 1.00  | 0.20                      | 142                  |
| Monserate        | 3.40  | 1.20  | 0.20                      | 319                  |
| Roosevelt        | 0.40  | 0.10  | 0.03                      | 240                  |
| Industrial       | 18.10   | 6.40  | 1.10                      | 402                  |
| Barrios<br>Altos | 21.80   | 7.70  | 1.40                      | 437                  |

**FUENTE: PLANMET (DIC. 1988)**

# AREAS CRITICAS DE EL CERCADO DE LIMA

(COMPARACION SEGUN SU EXTENSION)



**CARACTERISTICAS FISICAS Y SOCIO-ECONOMICAS DE LA  
POBLACION QUE HABITA EN AREAS CRITICAS DE  
EL CERCADO DE LIMA**

| <b>TIPO DE VIVIENDA</b>            | <b>LIMA (%)</b> | <b>MONSERRATE (%)</b> | <b>BARRIOS ALTOS (%)</b> | <b>PROMEDIO (%)</b> |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|
| Casa Independte.                   | 17              | 18                    | 27                       | 21                  |
| Dpto.en edificio                   | 25              | 28                    | 13                       | 22                  |
| Vivnda.en Quinta                   | 23              | 27                    | 5                        | 18                  |
| Casa de Vecindad                   | 34              | 26                    | 55                       | 38                  |
| Vivda.Improvisada                  | 0               | 0                     | 0                        | 0                   |
| Vivda.en local<br>dest.para habit. | 1               | 1                     | 0                        | 1                   |

| <b>TIPO DE TENENCIA</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Propia                  | 16         | 15         | 24         | 18         |
| Alquilada               | 77         | 82         | 31         | 63         |
| Usufructuada            | 4          | 1          | 29         | 12         |
| Otra Forma              | 3          | 2          | 16         | 7          |

| <b>OCUPACION Y<br/>DESOCUPACION</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| PEA Ocupada                         | 98         | 97         | 99         | 98         |
| PEA Desocupada                      | 2          | 3          | 1          | 2          |

| <b>CONDICION LABORAL</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Trab. Permanente         | 45         | 41         | 51         | 46         |
| Trabajo Temporal         | 47         | 47         | 44         | 46         |
| No Definido              | 8          | 12         | 5          | 8          |

| <b>CATEG. OCUPACIONAL</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> | <b>(%)</b> |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Obrero                    | 24         | 25         | 40         | 30         |
| Empleado                  | 42         | 47         | 19         | 36         |
| Trabaj.Independ.          | 31         | 25         | 40         | 32         |
| Empleador                 | 2          | 2          | 1          | 1          |
| Trabaj.por Hora           | 1          | 1          | 0          | 1          |

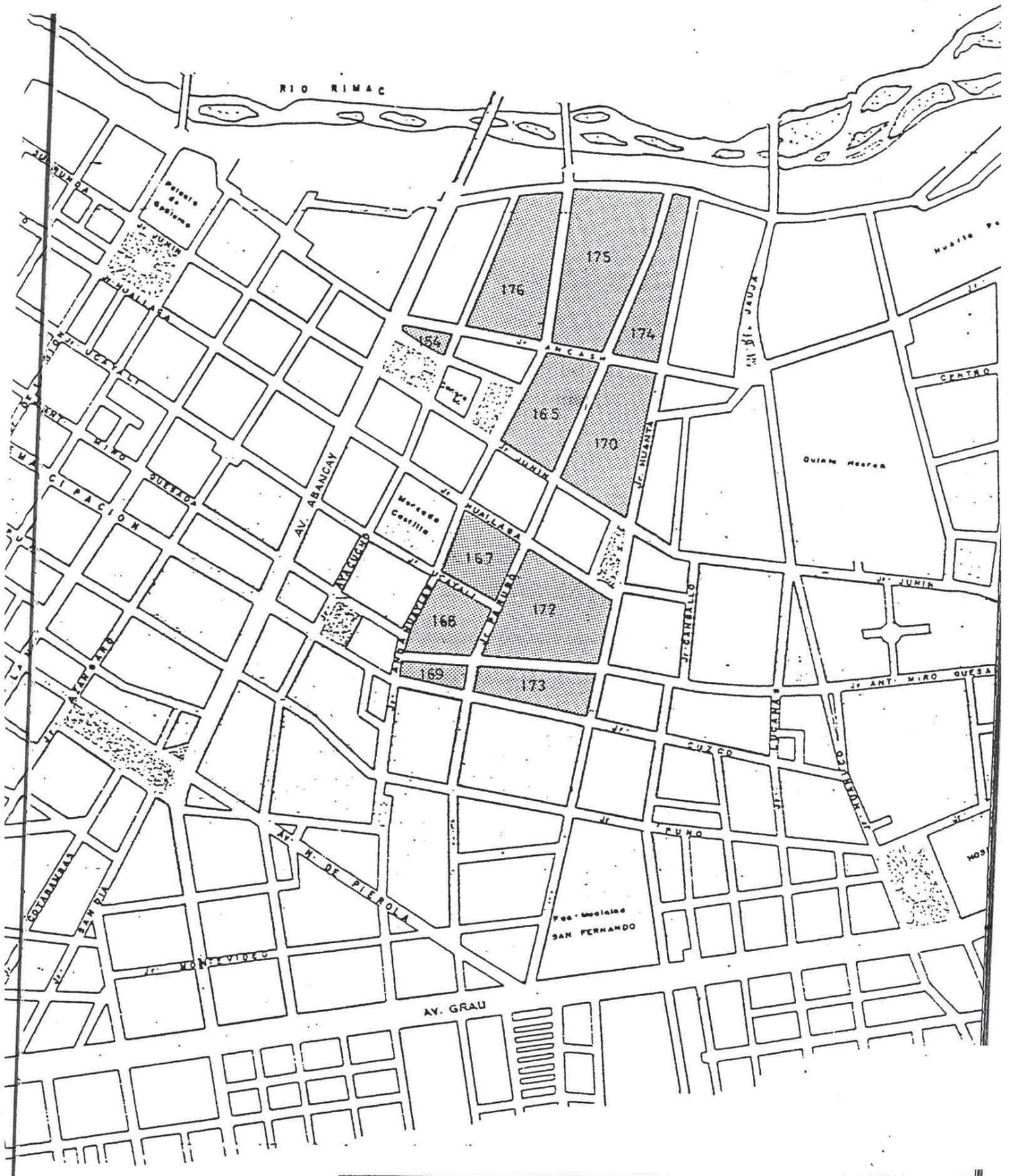
Gran concentración de comercio informal, sobretodo en las inmediaciones del Mercado Central. El área abarca 188.00 Has., que representa el 11.30% del total distrital, y tiene una población de 82,156 habitantes, equivalentes al 1.40% del total metropolitano y al 21.80% del total distrital.

### **6.3 IDENTIFICACION DEL AREA EN ESTUDIO.**

El área en estudio está delimitado por el norte por el Jr. Amazonas, por el este, por el Jr. Huanta, por el oeste, por la Av. Abancay, y por el sur, por el Jr. Cuzco.

Entre los principales edificios públicos comprendidos en la zona, se encuentran: el Palacio Legislativo, el Ministerio de Economía y Finanzas, el Museo de la Santa Inquisición, y el Mercado Central Ramón Castilla. También se ubica en esta área el antiguo Barrio Chino, y entre las principales plazas públicas tenemos: la Plaza Italia, la Plazoleta de la Buena Muerte y la Plaza Simón Bolívar.

Dentro del contorno de la zona involucrada se han escogido 11 manzanas que representan aquéllas que tienen mayor densidad poblacional. Las manzanas que en un gran porcentaje están ocupadas por el comercio o industrias pequeñas, así como aquéllas destinadas a entidades bancarias o edificios públicos, no han sido tomados en cuenta.



|  |                                      |                             |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|
| ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN SISMICA EN EL CERCADO DE LIMA |                                      |                             |
| PLANO<br>Nº 1  | CODIGO DE MANZANAS<br>SEGUN CATASTRO | DISTRITO:<br>CERCADO - LIMA |
| ESCALA GRAFICA:<br>1 / 10,000  |                                      | J.F. RIOS V.                |

## 6.4 CLASIFICACION DE LAS VIVIENDAS SEGUN SU ESTADO DE CONSERVACION Y SU RESISTENCIA SISMICA.

A continuación presentamos la clasificación hecha por INADUR, en su estudio "Plan de Protección Sísmica de Lima Metropolitana", y que ha servido de base para la evaluación de las edificaciones consideradas en el presente análisis.

### 1. Edificaciones Tipo A:

Son edificaciones con gran probabilidad de falla total o de daños muy graves que hagan difícil su reparación (más de 75% de daños), además de implicar peligro de muerte o heridos graves para sus ocupantes. Por ejemplo:

- a) Edificaciones de adobe antiguas debilitadas por la humedad, erosión natural o roedores; ubicados sobre cualquier tipo de suelo.
- b) Edificaciones de adobe y/o ladrillo sin columnas; con poca densidad de muros; ubicados sobre cualquier tipo de suelos blandos o en zonas de contacto (El Callao, La Molina).
- c) Muros de ladrillo o adobes altos, de poco espesor y ningún arriostre.
- d) Edificios de ladrillo y/o concreto con dos o más defectos graves de estructuración (columnas cortas, torsión impacto, ubicados en suelos desfavorables).

## **2. Edificaciones Tipo B:**

Son edificaciones donde se pueden producir daños importantes, que aunque no colapsen las estructuras, es imposible su utilización sin ser reparadas, estimándose este costo entre el 30% y 60% de su valor. Pueden producirse accidentes por caídas de bloques de albañilería o concreto, rotura, etc. Por ejemplo:

- a) Edificaciones de concreto y/o ladrillo con defectos de estructuración, que provoque concentración de esfuerzos en algunos puntos (columnas cortas, torsión, juntas inapropiadas que causen fallas por impacto, falta de confinamientos en muros paralelos a la dirección donde hay una baja densidad de muros, etc.)
- b) Construcciones de adobe bien estructurado, de un solo piso y construido en terreno firme.

## **3. Edificaciones Tipo C:**

Son edificaciones donde se estiman se producirán daños moderados o leves. El sistema estructural conserva sin mayor peligro, gran parte de su resistencia y puede aún seguir siendo utilizado. Costo de reparación: 10%-20% de su valor. Por ejemplo:

Edificaciones de ladrillo con columnas, pero que no han sido especialmente calculados para resistir sismos, presentando algunos defectos como: baja densidad de muros y que no todos los paños están confinados por columnas.

#### **4. Edificaciones Tipo D:**

Son edificaciones donde se estimen no se producirán daños, o éstos serán muy leves. El costo de reparación no sobrepasa el 5% de su valor. No hay peligro para sus ocupantes. Por ejemplo:

Edificaciones de ladrillo, concreto armado o acero, diseñado de acuerdo a normas de diseño sísmico, con materiales de buena calidad, buena mano de obra, e inspección rigurosa.

### **6.5 FACTORES DE VULNERABILIDAD DE LA ZONA.**

Haremos un análisis de los factores físicos, cuyo objetivo será descubrir, a través de los datos obtenidos en las observaciones, las características que subrayan la condición de vulnerabilidad para el área de estudio, y una apreciación del grado que ésta presenta.

#### **6.5.1 TIPO Y GRADO DE OCUPACION FISICA.**

En el área considerada en el presente estudio, la vivienda constituye el uso predominante del suelo; ocupan aproximadamente el 50% del área total de las manzanas. El otro 50% del área total, está ocupada por edificaciones destinadas al comercio mayorista y minorista, y la industria pequeña y mediana, que sirve, precisamente, para dar ocupación a un buen porcentaje de los habitantes de la zona.

También ocupan un área significativa, iglesias y conventos, edificios públicos, como Ministerios y el Congreso de la República, entidades culturales, como la Casa de la Moneda y la Escuela Nacional de Bellas Artes, y el comercio formal e informal alrededor del Mercado Central, que ocupa una gran parte de las vías circundantes.

En cuanto a los tipos de vivienda en el área, tenemos que un 60% de éstas, corresponde a quintas y casas de vecindad, como callejones y corralones, 27% son casas independientes, en su mayoría muy antiguas, y sólo un 13% son departamentos en edificios modernos.

#### **6.5.2 MATERIALES DE CONSTRUCCION PREDOMINANTES.**

En conjunto, las edificaciones de adobe y quincha representan un 89% del total de las viviendas del área en estudio, siendo las viviendas de material noble, solamente un 9.6%.

En cuanto al área ocupada, las viviendas de adobe-quincha s consolidan sobre un 76.7% del área total, ocupando las viviendas de ladrillo, sólo un 23.3% del total.

Observando las tablas subsiguientes, se puede encontrar una estrecha relación entre la resistencia sísmica de las viviendas y los materiales de construcción. Puede notarse que las manzanas que poseen mayores porcentajes de viviendas de adobe, poseen también los más altos índices de viviendas tipo A y B. No obstante,

## CUADRO RESUMEN DE AREAS POR MANZANAS CONSIDERADAS

| MANZANA      | AREA DE LA MANZANA<br>(m <sup>2</sup> ) | AREA OCUPADA<br>VIVIENDAS (m <sup>2</sup> ) | % MANZANA |
|--------------|---|---|-----------|
| 154          | 10823                                   | 2922  | 27        |
| 165          | 25173                                   | 5538  | 22        |
| 167          | 13469                                   | 5521  | 41        |
| 168          | 15719                                   | 4244  | 27        |
| 169          | 9176                                    | 5230  | 57        |
| 170          | 34107                                   | 19782                                       | 58        |
| 172          | 35496                                   | 15618                                       | 44        |
| 173          | 20172                                   | 17146                                       | 85        |
| 174          | 19803                                   | 7525  | 38        |
| 175          | 29345                                   | 19074                                       | 65        |
| 176          | 29550                                   | 15366                                       | 52        |
| <b>TOTAL</b> | 242833                                  | 117966                                      | 48.6      |

FUENTE: INADUR, "PLAN DE PROTECCION SISMICA DE LIMA  
METROPOLITANA".

## MATERIALES DE CONSTRUCCION PREDOMINANTES EN LA ZONA

| MANZANA      | LOTES<br>LADRILLO | (%)        | LOTES<br>ADOBE | (%)         | LOTES<br>PROV. | (%)        | LOTES<br>QUINCHA | (%)        | LOTES<br>TOTAL |
|--------------|-------------------|------------|----------------|-------------|----------------|------------|------------------|------------|----------------|
| 154          | 2                 | 12.5       | 13             | 81.0        | -              | -          | 1                | 6.5        | 16             |
| 165          | 1                 | 5.5        | 16             | 89.0        | -              | -          | 1                | 5.5        | 18             |
| 167          | 6                 | 30.0       | 14             | 70.0        | -              | -          | -                | -          | 20             |
| 168          | 2                 | 5.6        | 29             | 80.5        | -              | -          | 5                | 13.9       | 36             |
| 169          | 1                 | 6.7        | 13             | 86.7        | -              | -          | 1                | 6.6        | 15             |
| 170          | 3                 | 6.8        | 40             | 90.9        | -              | -          | 1                | 2.3        | 44             |
| 172          | 6                 | 14.6       | 35             | 85.4        | -              | -          | -                | -          | 41             |
| 173          | 6                 | 17.6       | 28             | 82.4        | -              | -          | -                | -          | 34             |
| 174          | 1                 | 1.9        | 44             | 84.6        | 3              | 5.8        | 4                | 7.7        | 52             |
| 175          | 3                 | 7.0        | 40             | 93.0        | -              | -          | -                | -          | 43             |
| 176          | 3                 | 8.3        | 28             | 77.8        | 2              | 5.6        | 3                | 8.3        | 36             |
| <b>TOTAL</b> | <b>34</b>         | <b>9.6</b> | <b>300</b>     | <b>84.5</b> | <b>5</b>       | <b>1.4</b> | <b>16</b>        | <b>4.5</b> | <b>355</b>     |

CUADRO ELABORADO POR EL AUTOR.

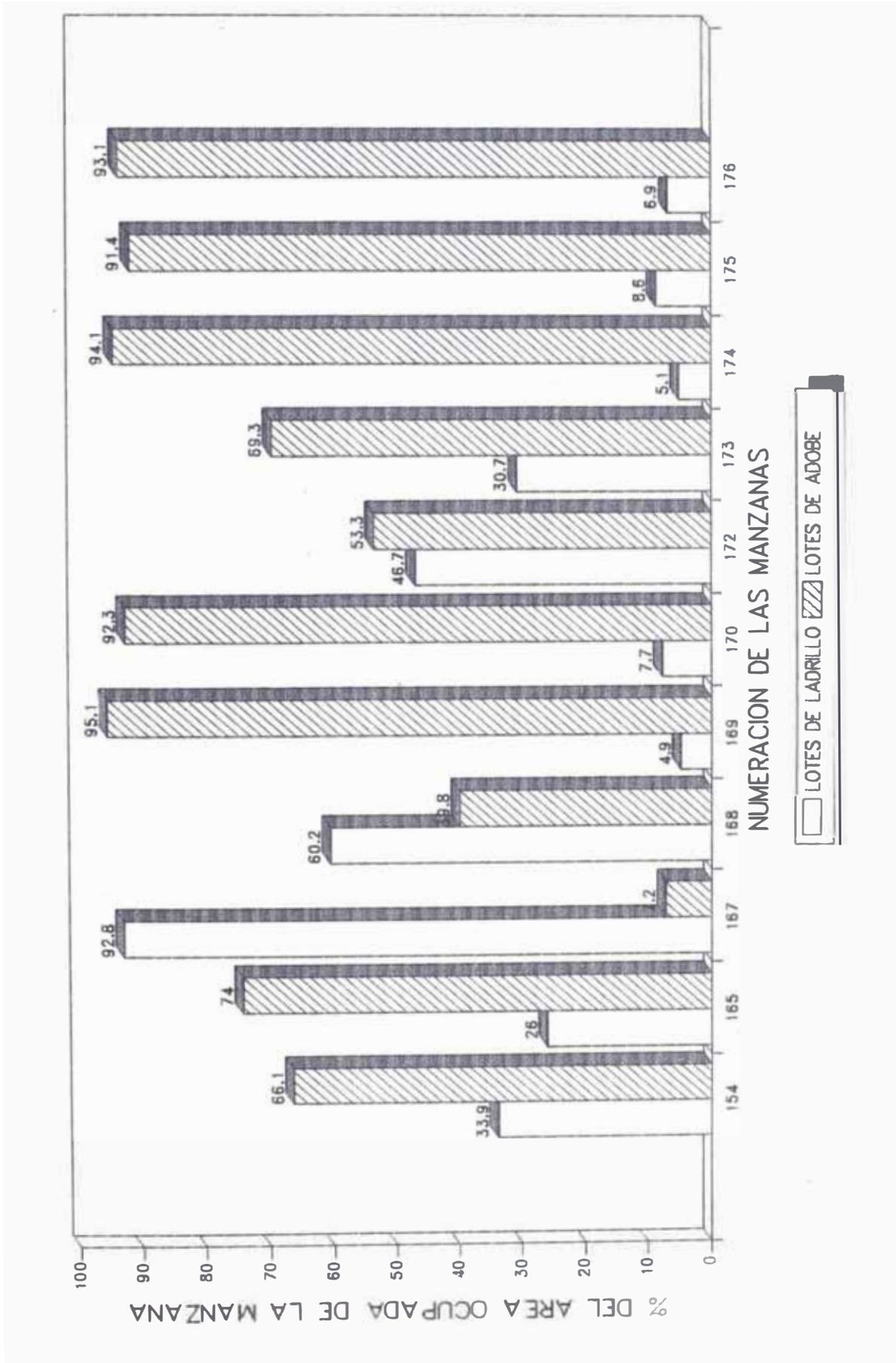
## AREAS OCUPADAS SEGUN MATERIALES DE CONSTRUCCION

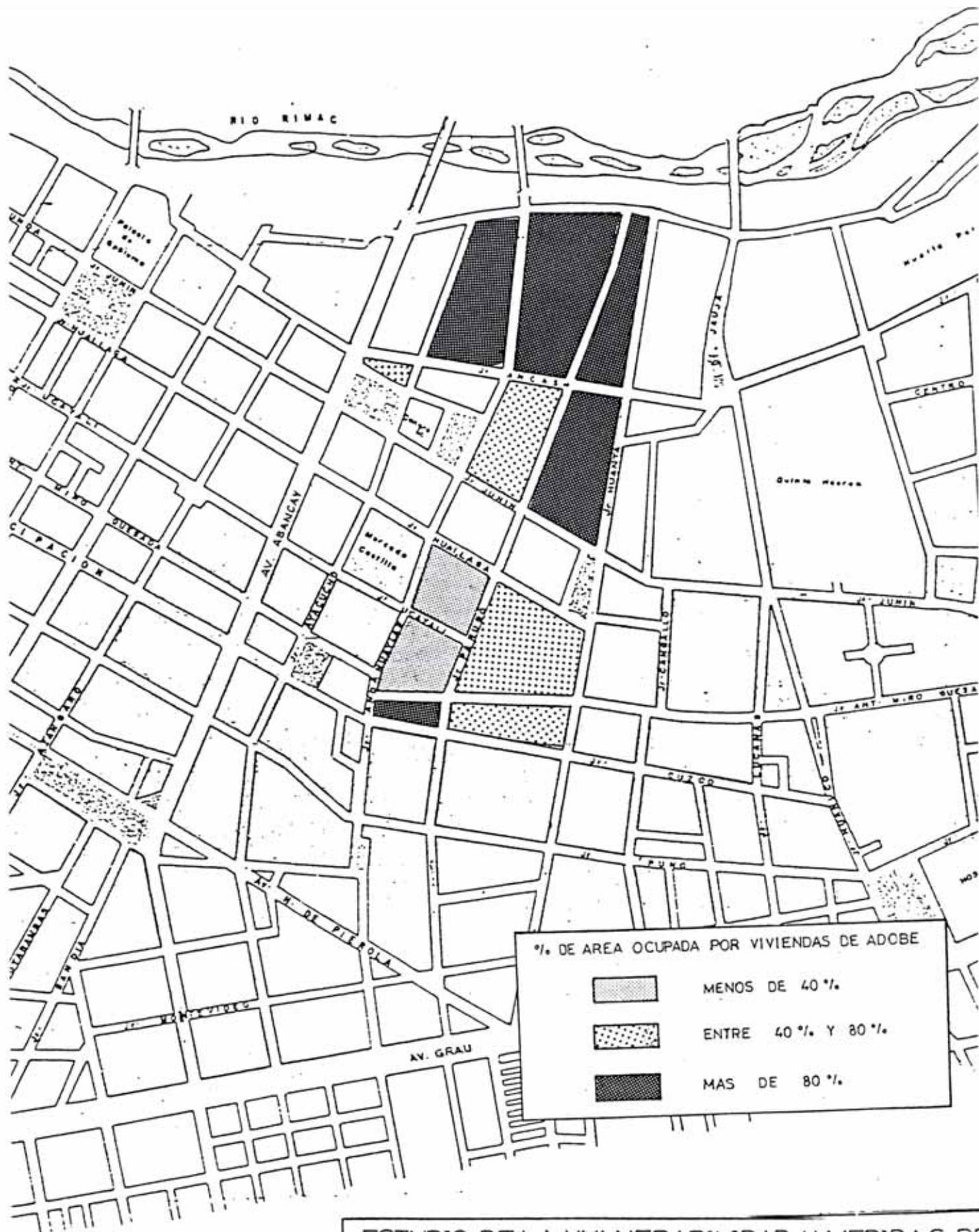
(COMPARACION ENTRE LADRILLO Y ADOBE-QUINCHA)

| MANZANA      | AREA TOTAL<br>OCUPADA<br>(m <sup>2</sup> ) | AREA OCUPADA POR TIPO DE MATERIAL (m <sup>2</sup> ) |      |               |      |
|--------------|--|---|------|---------------|------|
|              |  | LADRILLO  | (%)  | ADOBE-QUINCHA | (%)  |
| 154          | 2922                                       | 990.0   | 33.9 | 1932.0        | 66.1 |
| 165          | 5538                                       | 1440.0  | 26.0 | 4098.0        | 74.0 |
| 167          | 5521                                       | 5122.7  | 92.8 | 398.3         | 7.2  |
| 168          | 4244                                       | 2556.0  | 60.2 | 1688.0        | 39.8 |
| 169          | 5230                                       | 256.0   | 4.9  | 4974.0        | 95.1 |
| 170          | 19782                                      | 1528.0  | 7.7  | 18254.0       | 92.3 |
| 172          | 15618                                      | 7296.0  | 46.7 | 8322.0        | 53.3 |
| 173          | 17146                                      | 5270.0  | 30.7 | 11876.0       | 69.3 |
| 174          | 7525                                       | 385.0   | 5.1  | 7140.0        | 94.1 |
| 175          | 19074                                      | 1637.0  | 8.6  | 17437.0       | 91.4 |
| 176          | 15366                                      | 1053.0  | 6.9  | 14313.0       | 93.1 |
| <b>TOTAL</b> | 117966                                     | 27533.7   | 23.3 | 90432.3       | 76.7 |

CUADRO ELABORADO POR EL AUTOR.

# AREA OCUPADA SEGUN MATERIAL EMPLEADO (COMPARACION ENTRE LADRILLO Y ADOBE)





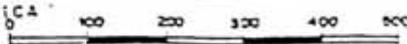
ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN SISMICA EN EL CERCADO DE LIMA

PLANO  
Nº 2

PREDOMINIO DEL ADOBE  
EN LAS EDIFICACIONES

DISTRITO:  
CERCADO - LIMA

ESCALA GRAFICA  
1 / 10,000



J.F. RIOS V.

esto no resulta una regla porque en ciertos casos no se cumple debido a la incidencia de otros factores, como intensidad probable en la zona, ausencia de columnas de refuerzo, antigüedad de las edificaciones, daños en sismos pasados, etc.

### **6.5.3 CLASIFICACION DE LAS VIVIENDAS SEGUN SU RESISTENCIA SISMICA.**

Sobre un total de 1964 unidades de vivienda, 1137 (58%), están calificadas como edificaciones tipo A, es decir, con gran probabilidad de falla total o daños muy graves. Están consideradas en este rubro, edificaciones antiguas de adobe, que es precisamente el material predominante, y con un inadecuado mantenimiento.

Sólo un 13% del total, es decir, 258 unidades de vivienda son edificaciones tipo B, o en regular estado de conservación, donde se pueden producir daños importantes aunque no lleguen al colapso. Finalmente, 571 viviendas (29%) son edificaciones tipo C, es decir, donde se producirán daños moderados o leves.

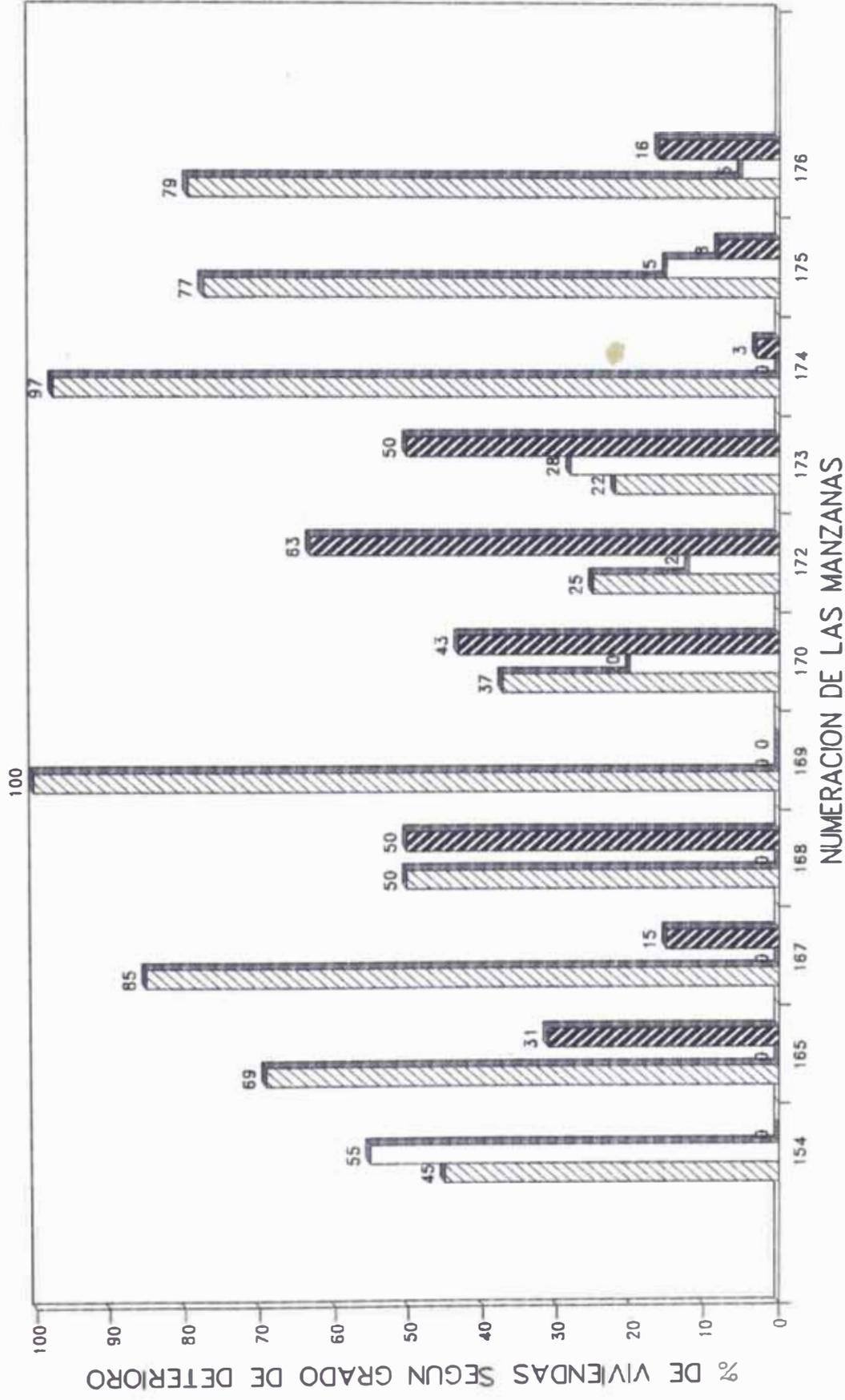
Haciendo un análisis por manzanas, vemos que aquéllas identificadas con los números 169, 174, 167, 176 y 175, tienen los más altos porcentajes de viviendas en pésimo estado, en orden decreciente. Sin embargo, comparando con la densidad habitacional neta, la manzana N°175, es la que tiene el mayor valor: 1245 hab/ha. Por este motivo, se puede afirmar que esta manzana es la más vulnerable de todas ante la posibilidad de un

**CLASIFICACION DE LAS VIVIENDAS SEGUN SU  
RESISTENCIA SISMICA**

| MANZANA      | TOTAL DE<br>UNIDADES | TIPO DE EDIFICACION |           |            |           |            |           |
|--------------|----------------------|---------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|              |                      | A                   |           | B          |           | C          |           |
|              |                      | N°                  | %         | N°         | %         | N°         | %         |
| 154          | 40                   | 18                  | 45        | 22         | 55        | -          | -         |
| 165          | 154                  | 106                 | 69        | -          | -         | 48         | 31        |
| 167          | 102                  | 87                  | 85        | -          | -         | 15         | 15        |
| 168          | 34                   | 17                  | 50        | -          | -         | 17         | 50        |
| 169          | 78                   | 78                  | 100       | -          | -         | -          | -         |
| 170          | 270                  | 100                 | 37        | 53         | 20        | 117        | 43        |
| 172          | 294                  | 74                  | 25        | 35         | 12        | 187        | 63        |
| 173          | 227                  | 50                  | 22        | 64         | 28        | 113        | 50        |
| 174          | 80                   | 76                  | 97        | -          | -         | 4          | 3         |
| 175          | 475                  | 365                 | 77        | 73         | 15        | 37         | 8         |
| 176          | 210                  | 166                 | 79        | 11         | 5         | 33         | 16        |
| <b>TOTAL</b> | <b>1964</b>          | <b>1137</b>         | <b>58</b> | <b>258</b> | <b>13</b> | <b>571</b> | <b>29</b> |

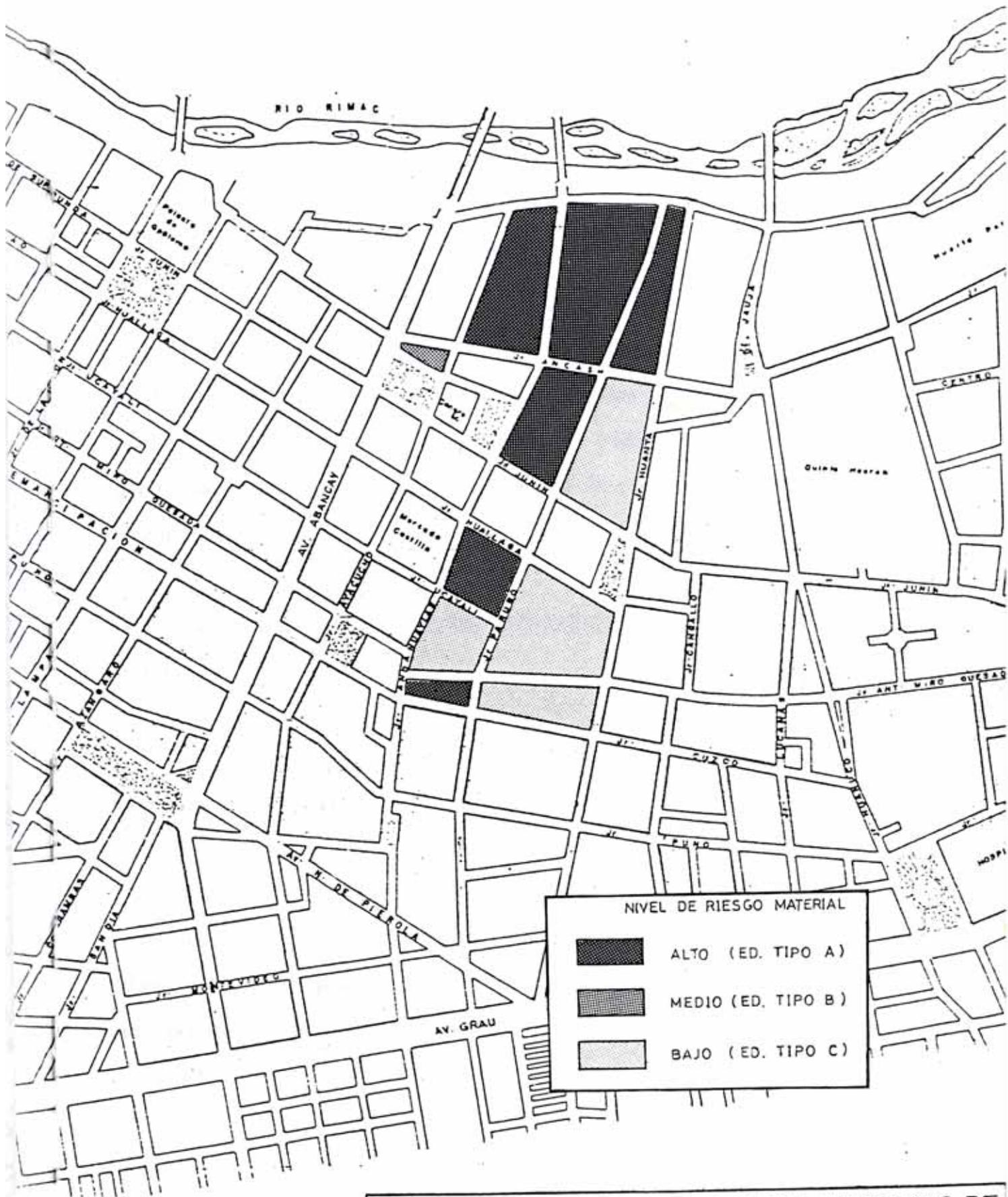
FUENTE: INADUR, "PLAN DE PROTECCION SISMICA DE LIMA METROPOLITANA".

# VIVIENDAS SEGUN SU RESIS C



NUMERACION DE LAS MANZANAS





ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN SISMICA EN EL CERCADO DE LIMA

|                            |                 |                             |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| PLANO<br>Nº 3              | RIESGO MATERIAL | DISTRITO:<br>CERCADO - LIMA |
| ESCALA GRAFICA<br>1/10,000 |                 | J.F. RIOS V.                |

sismo intenso, dado el número de viviendas en pésimo estado (77%), y su altísima densidad habitacional neta.

## 6.6 DENSIDAD POBLACIONAL.

Las manzanas consideradas dentro del área en estudio, ocupan un total de 242,833 m<sup>2</sup>, aproximadamente 25 Has. De esta área bruta, el porcentaje de área ocupada por todo tipo de edificaciones, es de 48.6%, es decir, que tenemos 117,966 m<sup>2</sup> (12 Has.) de área ocupada por viviendas en la zona en estudio.

La población total de las manzanas consideradas, es de 9814 habitantes.

La Densidad Neta, es decir, el número de habitantes por área ocupada, es de 832 Hab/Ha., la cual se considera como una densidad alta.

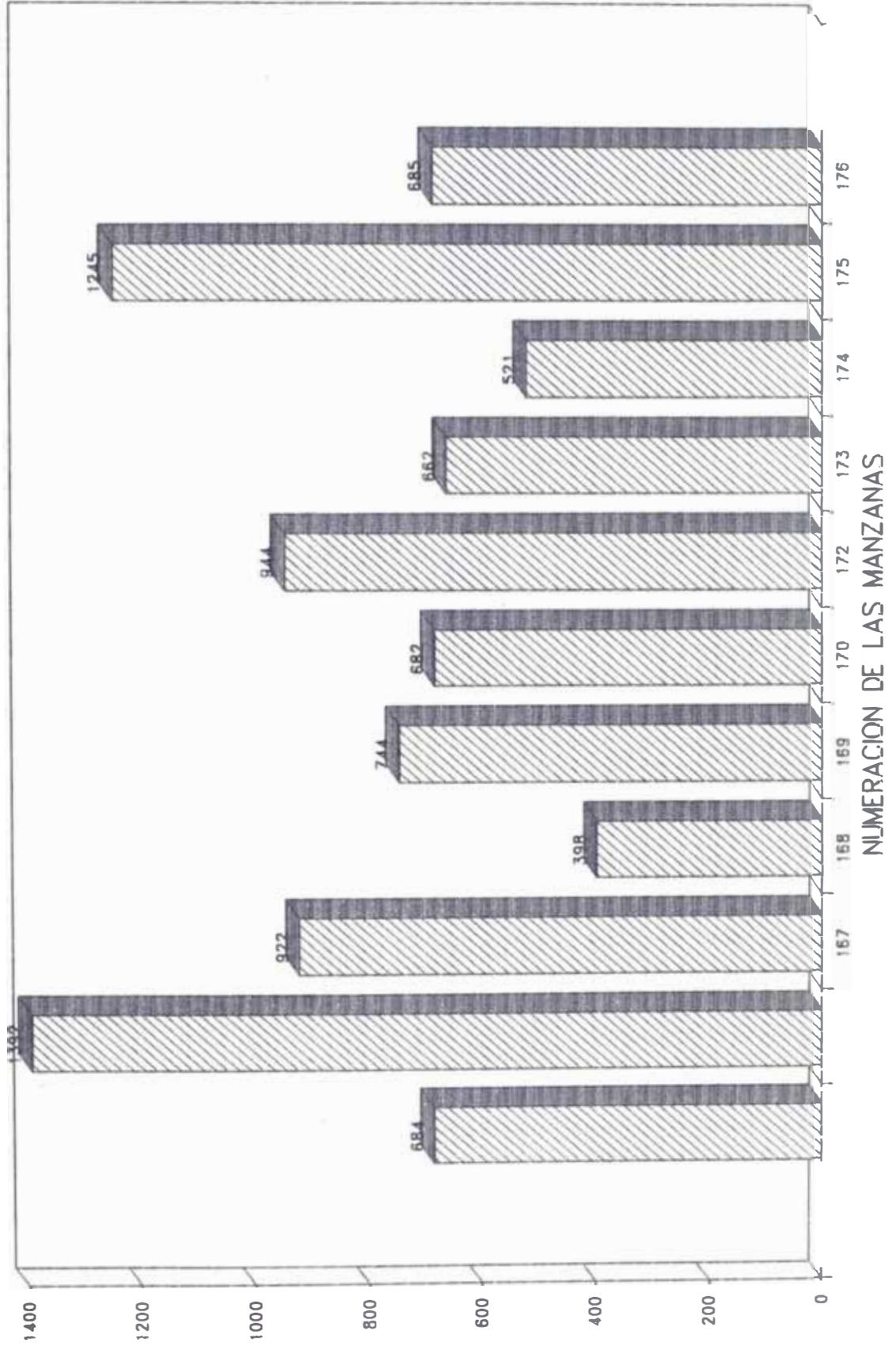
De las 11 manzanas estudiadas, dos de ellas tienen densidades superiores a 1200 hab/Ha., lo que nos demuestra que el área en estudio tiene densidades poblacionales altísimas. Precisamente, estas manzanas son las que tienen una alta proporción de edificaciones de adobe y quincha, en pésimo estado de conservación.

**CUADRO RESUMEN DE POBLACION POR TIPO DE  
EDIFICACION Y DENSIDADES HABITACIONALES  
NETAS POR MANZANAS**

| MANZANA      | TOTAL<br>(hab.) | POR TIPO DE EDIFICACION |      |      | DENSIDAD NETA<br>(hab/ha.) |
|--------------|-----------------|-------------------------|------|------|----------------------------|
|              |                 | A                       | B    | C    |                            |
| 154          | 200             | 88                      | 112  | -    | 684                        |
| 165          | 771             | 531                     | -    | 240  | 1392                       |
| 167          | 509             | 435                     | -    | 84   | 922                        |
| 168          | 169             | 86                      | -    | 83   | 398                        |
| 169          | 389             | 389                     | -    | -    | 744                        |
| 170          | 1349            | 499                     | 265  | 585  | 682                        |
| 172          | 1474            | 370                     | 177  | 937  | 944                        |
| 173          | 1135            | 248                     | 321  | 566  | 662                        |
| 174          | 392             | 379                     | -    | 20   | 521                        |
| 175          | 2374            | 1826                    | 365  | 182  | 1245                       |
| 176          | 1052            | 831                     | 57   | 164  | 685                        |
| <b>TOTAL</b> | 9814            | 5682                    | 1297 | 2861 | 832                        |

FUENTE: INADUR, "PLAN DE PROTECCION SISMICA DE LIMA  
METROPOLITANA".

# DENSIDADES HABITACIONALES





## 6.7 DIMENSIONES DE RIESGO EN CASO DE DESASTRE.

### 6.7.1 EN TERMINOS MATERIALES.

Frente a un sismo de características dadas, la cuantificación de los riesgos materiales en el aspecto físico, nos permite conocer lo siguiente:

- a) El número probable de edificaciones que pueden colapsar, o que resultan tan seriamente dañadas que su reutilización no sea posible.
- b) El número probable de edificaciones que necesitarán reparación a fin de volver a utilizarse.
- c) Como resultado de los dos puntos anteriores, se puede obtener el número de unidades de vivienda necesarias para las áreas de refugio temporal (evacuación).

Para el caso del presente estudio, nos referiremos exclusivamente a las viviendas, en razón de constituir el problema principal y de mayor cuantía a solucionarse.

- 1.- Edificaciones con más del 75% de daños (Tipo A), consideradas como no posibles de reparar.**

Nº de unidades de vivienda : 1137 unidades.

Nº probable de damnificados : 5685 personas.

(5 personas por unidad de vivienda)

**2.- Edificaciones con daños entre 30% y 60% (Tipo B), no habitables si no son reparadas.**

Nº de unidades de vivienda : 258 unidades.

Nº probable de damnificados : 1290 personas.

(5 personas por unidad de vivienda)

**3.- Edificaciones con daños entre 10% y 20% (Tipo C), y que pueden habitarse después del sismo.**

Nº de unidades de vivienda : 571 unidades.

No se tendrían damnificados.

En conclusión, para el caso de evacuación temporal y definitiva de personas damnificadas, se necesitarían:

Tipo A: 1137 unidades de vivienda.

Tipo B: 258 unidades de vivienda.

---

Total : 1395 unidades de vivienda.

Lo cual nos da un total de 6975 personas sin hogar, luego de producido el sismo.

**6.7.2 EN TERMINOS HUMANOS.**

Existen dos criterios para determinar el número probable de víctimas en el caso de ocurrir un movimiento sísmico de gran intensidad.(14)

**a) Criterio Estadístico:**

En función de los datos resultantes de sismos anteriores en el país y el extranjero, se obtienen los coeficientes para el número de muertos y heridos. Estos coeficientes se promedian ponderadamente, y de esta manera, se hace intervenir a todos los factores que conlleva cada sismo. El coeficiente obtenido en la metodología mencionada es de 0.92% de la población total, para el número de muertos, y una cantidad diez veces mayor, para el número de heridos.

**b) Criterio por Apreciación Directa:**

En función de las condiciones determinantes del área en estudio, se asumen hipótesis de ocurrencia del sismo, y se les analiza para obtener un coeficiente promedio, el cual será representativo de las condiciones más desfavorables del área en estudio.

Factores que influyen en la determinación del coeficiente:

1. Horas del día.
2. Día de la semana.
3. Intensidad del sismo.
4. Tipo de edificación.
5. Suelo-cimentación.
6. Locales de Concentración de Población.

El estudio consideró cuatro hipótesis.

1. Día laborable, cualquiera de la semana.
2. Noche, cualquiera de la semana.
3. Día festivo, por la mañana.
4. Día festivo, por la tarde.

Para el distrito del Rímac, según PAREDES RAFAEL, de acuerdo a las características propias, este coeficiente resultó 1.27. Este coeficiente debe ser superior al anteriormente considerado por el criterio estadístico, que fue de 0.92., debido al hecho de corresponder a un "distrito crítico", con una alta población en tugurios. Si hacemos válido este coeficiente para nuestra área de estudio, en vista de su cercanía al Rímac, y sus condiciones similares, obtenemos el siguiente resultado, asumiendo un sismo con intensidad VIII en la Escala Modificada de Mercalli:

## CUANTIFICACION DE RIESGOS HUMANOS

|                            | COEF.<br>(%) | POBLACION<br>CONSIDERADA | NUMERO DE<br>VICTIMAS | NUMERO DE<br>HERIDOS |
|----------------------------|--------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1. CRITERIO<br>ESTADISTICO | 0.92         | 9814 HAB.                | 91                    | 910                  |
| 2. METODO<br>DIRECTO       | 1.27         | 9814 HAB.                | 125                   | 1250                 |
| 3. PROMEDIO                | 1.095        | 9814 HAB.                | 108                   | 1080                 |

## CAPITULO VII

### ESTUDIO DE UNA VIVIENDA TIPICA DE LA ZONA

#### 7.1 UBICACION Y DIAGNOSTICO GENERAL DEL CASO.

Se ha seleccionado una vivienda perteneciente a la manzana que, según nuestro criterio, puede ser considerada como la más vulnerable de todas las manzanas comprendidas en el área de estudio.

Esta manzana, encerrada entre los jirones Amazonas, Andahuaylas, Ancash y Paruro, tiene una densidad neta de 1245 hab/ha., siendo ésta una de las dos más altas en comparación con las demás manzanas.

Está ocupada por 475 unidades de vivienda, correspondiendo un 77% (365 unid.) a las que se encuentran en mal estado, 15% (73 unid.) en

regular estado, y sólo un 8% (37 unid.) a las que permanecen en buen estado de conservación.

La vivienda seleccionada se encuentra ubicada en el Jirón Paruro, y está signada con el número 324. Su edificación data de principios de siglo, ubicándose en una de las zonas más antiguas de la Capital.

Ocupa un área aproximada de 858 m<sup>2</sup>, con un 70% de área construída y 30% de área libre, conformada en su mayoría, por estrechos corredores y patios de distribución de mediana extensión.

Dentro de la tipología de tugurios, podemos clasificarla como corralón en su parte delantera, por tratarse de un agrupamiento desordenado de cuartos en torno a un patio central; y como callejón, en su parte posterior, por constituir un conjunto de cuartos alineados a lo largo de un pasaje central. En ambos casos, cada vivienda está constituída por uno o dos cuartos muy reducidos, mal iluminados y con ventilación deficiente, siendo su estado de conservación, deplorable.

De acuerdo a la encuesta aplicada, y que se presentará posteriormente, se ha podido determinar que son 10 familias las que ocupan las viviendas, siendo su población aproximada de 40 personas, resultando una densidad neta de 666 hab/ha.

El 62% de los usuarios son inquilinos, correspondiendo un 38% a propietarios ocupantes del lote.

Podemos resumir las características que identifican la vivienda en estudio de la siguiente manera:

|                          |   |  |
|--------------------------|---|--|
| Distrito                 | : | El Cercado de Lima                         |
| Dirección                | : | Jr. Paruro # 324                           |
| Area del Lote            | : | 858 m <sup>2</sup> .                       |
| Area Construída          | : | 600 m <sup>2</sup> (aprox.)                |
| Tipología                | : | Corralón-Callejón                          |
| Nº de Familias Ocupantes | : | 10   |
| Población                | : | 40 habitantes (aprox.)                     |
| Promedio Familiar        | : | 4.0 hab/familia                            |
| Densidad Neta            | : | 666 hab/ha.                                |
| Propietarios Ocupantes   | : | 38% del total de familias                  |
| Inquilinos               | : | 62% del total de familias                  |
| Edificación              | : | Adobe (predominante).                      |
| Agua y Desague           | : | 1 lavadero. No posee servicios higiénicos. |
| Corriente Eléctrica      | : | En todas las viviendas.                    |
| Antigüedad               | : | 80 años (aprox.)                           |

## 7.2 CARACTERISTICAS FISICAS DE LA VIVIENDA EN ESTUDIO.

### 7.2.1 LEVANTAMIENTO ARQUITECTONICO.

La vivienda está edificada sobre un lote de 858m<sup>2</sup>, siendo el área construída de 600 m<sup>2</sup>, aproximadamente.

La edificación consta de 14 habitaciones que albergan a 10 familias, ocupando algunas de ellas, más de una habitación. En general, todos los cuartos son de pequeñas dimensiones, con un promedio de 5m x 5m.

Las habitaciones en su totalidad, carecen de buena iluminación y ventilación.

En la parte anterior del lote, las habitaciones tienen una altura de 3.70 m., reduciéndose a 3.50m., en las viviendas ubicadas en la parte posterior.

También se observa una proliferación de construcciones precarias y provisionales, como son los cercos de madera y esteras que algunas familias han levantado alrededor de sus habitaciones, como una forma de apropiarse de un sector del área libre común, reduciendo aún más los estrechos pasadizos que pueden servir como área de refugio, en caso de ocurrir un movimiento sísmico.

Es notorio apreciar en el patio delantero, 3 columnas de madera de 5 m. de altura, que soportan un techo semiderruido del mismo material, y que constituyen un peligro de derrumbe, por cuanto la base de las columnas, se encuentran apolilladas y deterioradas por la humedad.

Resumiendo las características arquitectónicas, tenemos:

|                            |   |                       |
|----------------------------|---|-----------------------|
| Tipo de Edificación        | : | Corralón-Callejón     |
| Estado de la Construcción  | : | Malo                  |
| Número de Pisos            | : | 1                     |
| Circulación Interna        | : | Confusa               |
| Nº de Unidades de Vivienda | : | 10                    |
| Altura de Edificación      | : | 4.00 m.(en el frente) |

|                            |   |                              |
|----------------------------|---|------------------------------|
| Area del Lote              | : | 858 m <sup>2</sup>           |
| Area Construída            | : | 600 m <sup>2</sup> (aprox.)  |
| Area Libre                 | : | 258 m <sup>2</sup>           |
| Dimensiones de los Cuartos | : | 25 m <sup>2</sup> (promedio) |

## 7.2.2 MATERIALES CONSTRUCTIVOS PREDOMINANTES.

El material predominante en la edificación es, indudablemente el adobe, aunque también se aprecian construcciones de ladrillo, madera, e incluso cercos de esteras, pero en menor proporción.

Los adobes empleados son bastante irregulares, siendo sus dimensiones, en promedio, de 40cm. x 40cm. x 10cm.

Así, podemos clasificar a la vivienda, como una edificación tipo A, es decir, con gran probabilidad de falla total o de daños muy graves que hagan difícil su reparación. Este es el caso presentado: una edificación de adobe, muy antigua, debilitada por la humedad y la erosión natural, con poca densidad de muros, muy altos y sin ningún arriostre.

En cuanto al sistema constructivo, éste es de muros portantes de adobe, en algunos casos de 40 cm., y otros de 50 cm.

Los pisos en su generalidad, son de cemento, tanto en el interior de las viviendas, como en las áreas libres; en algunos

sectores, especialmente en los corredores y patios, el piso consiste en un empedrado, o tierra en las zonas más deterioradas.

No existen columnas de confinamiento en las viviendas, salvo en aquella hecha de ladrillo, que posee columnas de concreto armado en todas sus esquinas.

Las vigas y los techos son de madera o calamina, las cuales se encuentran bastante debilitadas por el intemperismo al que han sido sometidos a lo largo de los años.

En cuanto a los servicios básicos, el sistema de agua y desagüe se encuentra en buenas condiciones, a pesar del intenso uso que los pobladores hacen del único pilón que existe. El sistema de tubería de agua, es de fierro y corre a lo largo de un muro perimetral en un sector, y bajo tierra en otro.

El sistema eléctrico, consta de cables que se encuentran sin ningún revestimiento, corriéndose el peligro que los conductores eléctricos queden al descubierto.

Resumiendo las características explicadas, tenemos :

|                       |   |                           |
|-----------------------|---|---------------------------|
| Material Predominante | : | Adobe                     |
| Muros Portantes       | : | Adobe, ladrillo           |
| Muros de Cerco        | : | Madera, esteras.          |
| Pisos                 | : | Cemento, piedra, tierra.  |
| Columnas              | : | De C.A. (en una vivienda) |
| Techos                | : | Madera, calamina.         |
| Vigas                 | : | Madera.                   |

### 7.3 ANALISIS TECNICO DE LAS ESTRUCTURAS DETERIORADAS.

Hemos hecho una clasificación de los muros existentes en la vivienda, de acuerdo a su función, a su grado de deterioro, y al material con el cual han sido construídos.

**Muros de Adobe, Tipo 1:** son los muros que delimitan las dimensiones de las habitaciones. Su espesor promedio es de 40 cm., y su longitud no excede de 6m, salvo en un caso, donde llega a tener 8 m.

No se presentan asentamientos de estos muros, aunque sí, un gran desprendimiento de acabados, tanto en la parte interior como exterior. En cuanto a este aspecto, la torta de barro que cubre los muros desprendida en algunos sectores, ha sido reemplazada por un revestimiento de cemento.

Es más, en algunos muros, muy pocos, se aprecia que los adobes se han ido desprendiendo, o han sido carcomidos, dejando orificios en las paredes, los que han sido rellenados con trozos de ladrillo, pedazos de madera, e incluso piedras medianas, colocados sin ninguna dirección técnica. Es evidente, que estos muros han perdido su rigidez original.

En cuanto a las grietas observadas, éstas no son muy profundas en algunas viviendas, por lo que los muros pueden rehabilitarse. Sin embargo, notamos que se han producido fallas a tracción en los encuentros de muros perpendiculares, y fallas por

flexión en la parte superior de cada muro, debido a la carencia de un elemento de arriostre superior; y en menor proporción, fallas por corte, al observarse fisuras diagonales, siguiendo las juntas, semejante a las fallas que ocurren en muros de ladrillo.

Asímismo, en las esquinas de vanos de puertas y ventanas, se observan fisuras, originadas principalmente, por tener dinteles débiles o con poco empotramiento.

Recomendamos la reparación y reforzamiento con asesoría técnica de aquellos muros que no hayan colapsado, evitando de este modo, una agudización de los deterioros por el paso de los años y el mal uso de los usuarios.

**Muros de Adobe, Tipo 2:** estos muros tienen un espesor de 50 cm. El muro identificado como 2(a), mide 28.40 m. y sirve como muro medianero con el lote vecino. Tiene una altura de 8 m., aproximadamente. La base del muro, hasta 1.50 m. de alto, es de piedra en buenas condiciones; sin embargo, en la parte superior, el muro está conformado por adobes bastantes deteriorados, que se han ido desintegrando y carcomiendo, poniendo en peligro la seguridad de las personas que, obligatoriamente tienen que transitar por el pasadizo colindante.

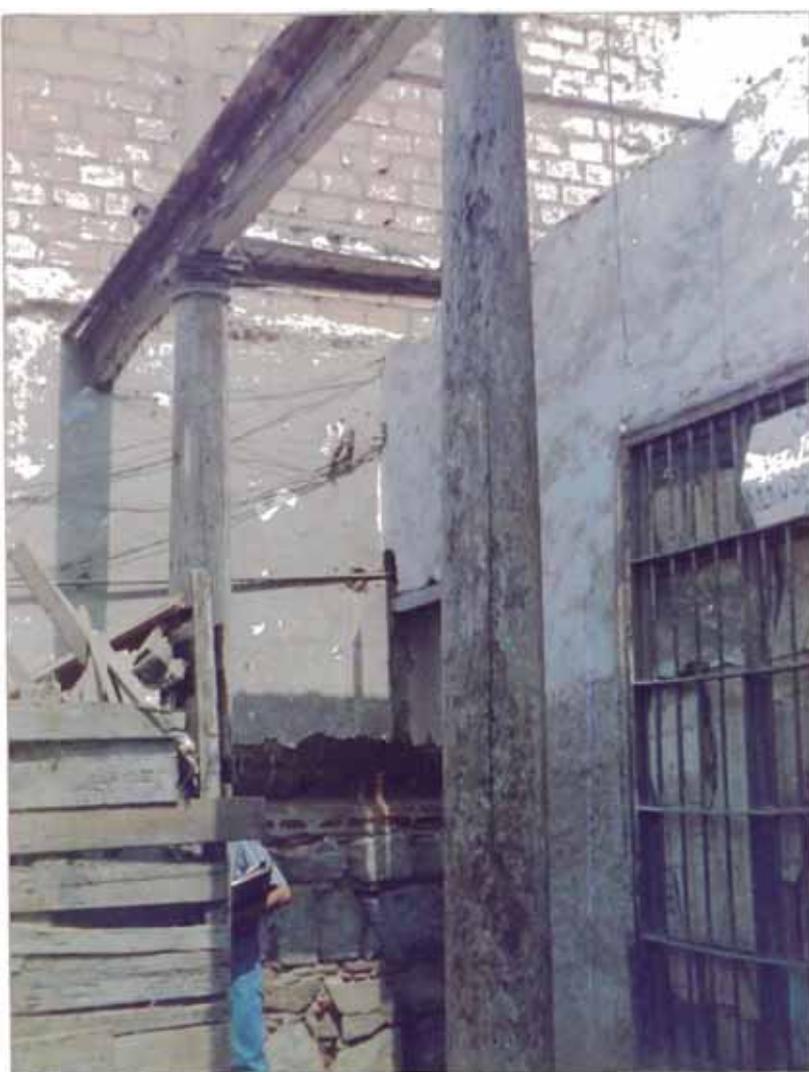
Los muros 2(b) y 2(c), tampoco cumplen función estructural alguna. Es más, conforman pórticos, muy agrietados, sobretudo en las esquinas, y que se encuentran en inminente peligro de desplomarse. Desprendimiento de acabados. Se recomienda la demolición total de estos muros.



**Fig. 1.** Estado en que se encuentran la mayoría de los muros. Se puede observar que los adobes se han debilitado por efecto del tiempo y la humedad, y han sido "reforzados" con trozos de madera.

**Fig. 2.** Grieta longitudinal entre el muro a la vista, y otro perpendicular al primero. Se puede apreciar también el sistema eléctrico a la intemperie.





**Fig. 3.** En la presente vista se observa la estrecha puerta que da acceso al pasadizo que comunica con las viviendas de la parte posterior. Entre otros detalles constructivos, podemos apreciar la tubería de agua corriendo a lo largo del muro perimetral, y las columnas de madera que soportan lo que fue un techo de madera.



**Fig. 4.** Vista del único pasadizo (ancho: 1.45m) por el cual seis familias transitan para acceder a la calle. Como se observa el peligro de derrumbe del muro colindante, es inminente. En la parte superior del mismo se aprecia el sistema eléctrico. Piso de tierra.



**Fig. 5.** Vista correspondiente al ingreso al tugurio. Obsérvese la variedad de materiales empleados. El defecto constructivo más saltante es la construcción de una columna de concreto apoyada sobre una base de piedra y adobes.



**Fig. 6.** Otra vista del mismo detalle constructivo. Se observa también, el sistema de agua prácticamente a la intemperie.

**Muros, Tipo 3:** Son muros de ladrillo. Los muros identificados como 3(a), son aquéllo que delimitan la configuración de una de las viviendas. Estos muros están confinados por columnas de concreto armado. No presentan rajaduras, por lo que se puede afirmar que se encuentran en buenas condiciones. Podemos decir lo mismo de los muros 3(b) y 3(c), en especial este último, que sirve como entrada principal y única, al interior del lote.

**Muros, Tipo 4, 5 y 6:** Los muros 4 y 5 son de madera, siendo más importante el análisis de las condiciones del muro 4, por cuanto configura la fachada de una de las viviendas. Tiene 3.50 m. de altura y se encuentra en buenas condiciones. El muro 5, de madera y el muro 6, de esteras, cumplen la función de cercar los límites de propiedad de una de las familias. Son estructuras provisionales, y por lo tanto, su importancia es muy relativa.

#### **7.4 PARTICIPACION DE LA COMUNIDAD EN LAS MEDIDAS A TOMAR. ENCUESTAS APLICADAS.**

Para determinar el grado de participación de los pobladores en cualquier medida de prevención sísmica a proponer, se aplicó una encuesta basada en aquella que aplicó INADUR en su estudio "Plan de Protección Sísmica de Lima Metropolitana".

Dicha encuesta tuvo la finalidad de determinar primeramente, las características socio-económicas de la familia, y su relación con la vivienda que ocupan y el medio ambiente que los rodea, y posteriormente, conocer

sus reacciones ante la eventualidad de un sismo destructor, y las consecuencias que éste acarrearía.

A continuación describimos los resultados más importantes obtenidos en la aplicación de la encuesta. El formulario de preguntas aplicado se muestra en el Anexo-2.

|                       |   |                                |
|-----------------------|---|--------------------------------|
| Tipología de Vivienda | : | Corralón-Callejón              |
| Dirección             | : | Jr. Paruro 324 (Barrios Altos) |
| Familias Ocupantes    | : | 10                             |
| Familias Encuestadas  | : | 8                              |
| Total Habitantes      | : | 40                             |
| Tenencia de Vivienda  | : | Propia : 38%                   |
|                       |   | Alquilada : 62%                |

---

TIEMPO QUE VIVE LA FAMILIA EN SU CASA ACTUAL

---

| AÑOS     | (%)  | COMENTARIO   |
|----------|------|--|
| 1-10     | 12.5 | El 75% de las familias tiene más de 20 años de asentamiento en el lugar, lo que implica que toda una generación se ha formado y se ha consolidado al medio ambiente que los rodea. |
| 10-20    | 12.5 |  |
| 20-30    | 50.0 |  |
| 30 ó más | 25.0 |  |

---

---

VENTAJAS DE VIVIR EN LA ZONA

---

| RAZONES                 | (%)  | COMENTARIO   |
|-------------------------|------|--|
| (1) Cerca del trabajo   | 33.3 | Sumando los porcentajes de (1) y (6) vemos que para más del 50% de los usuarios el aspecto económico es fundamental en la decisión de habitar en una zona céntrica, a pesar de las condiciones precarias de la vivienda, y de todo el riesgo físico y social que ello implica. |
| (2) Cerca Serv.Públicos | 8.3  |  |
| (3) Buena Movilidad     | 25.0 |  |
| (4) Cerca de Familiares | 0.0  |  |
| (5) Vivienda es Propia  | 12.5 |  |
| (6) Vivienda es Barata  | 20.9 |  |

---



---

EXPECTATIVA DE RESIDENCIA DE LOS USUARIOS

---

| DECISION         | (%)  | COMENTARIO  |
|------------------|------|---|
| Hogar Definitivo | 62.5 | En base a los resultados anteriores, antigüedad y costumbre de vivir en la zona, y las razones de tipo económico expuestas, observamos que un 62.5%, han tomado ya la decisión de afirmarse definitivamente en su residencia. |
| Aloj.Provisional | 37.5 |   |

---

---

EXPECTATIVA DE TRASLADARSE A UNA ZONA MARGINAL

---

| DECISION       | (%)  | RAZONES EXPUESTAS  |
|----------------|------|--|
| Sí se traslada | 12.5 | Tener casa independiente, de material noble; destugurizarse.                               |
| No se traslada | 87.5 | Lejanía de los centros laborales, mala movilidad; costumbre de vivir en una zona céntrica. |

---

---

EXPECTATIVA DE TRASLADO A OTRA VIVIENDA DE ZONA CENTRICA

---

| DECISION       | (%)  | RAZONES EXPUESTAS   |
|----------------|------|---|
| Sí se traslada | 37.5 | Se trasladarían a otra vivienda, pero de material noble.  |
| No se traslada | 62.5 | Consideran su casa como hogar definitivo; se aferran a su habitat actual, aún a riesgo de su integridad física. |

---

---

SU VIVIENDA CONSTITUYE UN PELIGRO EN CASO DE SISMO?

---

| RESPUESTA | (%)  | RAZONES EXPUESTAS   |
|-----------|------|---|
| Sí        | 87.5 | Por la antigüedad y el material del que está construido.          |
| No        | 12.5 | Por experiencias de sismos anteriores, no ha sucedido nada grave. |

---

COMENTARIO: vemos que los usuarios, en su gran mayoría, son conscientes que la vivienda que habitan, representa un grave peligro en caso de sismo; aún así, y según respuestas anteriores, consideran su vivienda como hogar definitivo, y no piensan trasladarse a ninguna otra parte.

---

SI SU VIVIENDA TUVIERA QUE SER DEMOLIDA POR CONSTITUIR UN PELIGRO EN CASO DE SISMO, QUE ACTITUD ASUMIRIA ?

---

| RESPUESTA                     | (%)  | COMENTARIO  |
|-------------------------------|------|---|
| No, no es peligrosa           | 12.5 | Se aprecia que un 37.5%, se resiste a adoptar una actitud razonable, ya que no admiten el peligro en que se encuentran, o aún admitiéndolo, persisten en permanecer en sus casas. Se hace necesario, entonces, una mayor instrucción a aquellas familias intransigentes, sobre el peligro en que se hallan. |
| No saldría de ninguna manera. | 25.0 |   |
| No lo he pensado, no sé.      | 25.0 |   |
| Tendría que salir             | 37.5 |   |

---

---

CUAL ES EL LUGAR MAS SEGURO DENTRO DE LA VIVIENDA?

---

| RESPUESTA            | (%)  | COMENTARIO   |
|----------------------|------|--|
| Ninguno              | 37.5 | Vemos que el mayor porcentaje obtenido, corrobora la respuesta anterior, en que la mayoría de las familias son conscientes del peligro que representan sus casas. Sin embargo, algunas otras respuestas, son reflejo de sismos anteriores. |
| Dintel de la Puerta  | 12.5 |  |
| Cerca de las Paredes | 25.0 |  |
| Patio Exterior       | 25.0 |  |

---

---

CUAL ES EL LUGAR MAS SEGURO FUERA DE LA VIVIENDA?

---

| RESPUESTA      | (%)  | COMENTARIO  |
|----------------|------|---|
| La vía pública | 62.5 | El 62.5% de las personas recurre a la vía pública como zona de refugio. Sin embargo, en este caso, la calle no constituye una zona segura, por ser una vía angosta, circundada por casonas antiguas de considerable altura. |
| Ninguno        | 37.5 |   |

---

---

ACTITUDES QUE ADOPTARIA SI SU VIVIENDA SE  
DESTRUYERA POR EFECTO DE UN SISMO

---

| RESPUESTA                          | (%)  | COMENTARIO  |
|------------------------------------|------|---|
| Me quedaría sobre los escombros    | 12.5 | Las respuestas obtenidas ratifican la precaria situación económica de los pobladores, al extremo que un 12.5% del total de los usuarios, prefiere quedarse sobre los escombros de su destruída vivienda, por carecer de otro lugar apropiado para refugiarse temporalmente. |
| Iría a vivir donde familiares      | 37.5 |   |
| Iría a las áreas libres de la zona | 25.0 |   |
| No lo he pensado                   | 25.0 |   |

---



---

EXPERIENCIA EN CONSTRUCCION DE VIVIENDAS

---

| RESPUESTA            | (%)  | COMENTARIO   |
|----------------------|------|--|
| Sí tiene experiencia | 12.5 | Estas respuestas nos demuestran la necesidad de brindar asesoría técnica para el reforzamiento de sus viviendas, si se aplica algún plan de prevención de desastres, ya que los pobladores, sólo, harían reparaciones deficientes. |
| No tiene experiencia | 87.5 |  |

---

Como acción inmediata, se recomienda ampliar el estrecho pasadizo de circulación, ya que constituye el único acceso hacia la calle. Otra alternativa sería ubicar una zona de refugio al interior del lote, es decir, evitar que los usuarios tengan como única posibilidad de refugio, la calle. Esta zona de refugio interior puede ser al aire libre, o una habitación de albañilería confinada bien construída, que a su vez serviría como salón comunal de la vecindad, lo que implica que debería existir una organización vecinal, que agrupe y organice a los pobladores, ante la ocurrencia de emergencias.

Finalmente, y como conclusión más importante, encontramos que el 100% de las personas encuestadas, están dispuestas a participar de un Ensayo de Evacuación ante Sismos, y a colaborar en la mano de obra, en cualquier medida de reparación y reforzamiento de las deterioradas viviendas. Es pues, competencia de las autoridades respectivas, llevar adelante un Plan de Prevención Sísmica en la zona estudiada.

## **CAPITULO VIII**

### **COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA VIVIENDA REPRESENTATIVA. ENSAYO DINAMICO DE MODELOS**

#### **8.1 OBJETIVOS GENERALES DE LA PRUEBA DE LABORATORIO.**

El presente capítulo describe el proceso seguido en la ejecución de un Ensayo Dinámico en Mesa Vibradora, de un modelo representativo a escala reducida, de una de las unidades de vivienda anteriormente estudiadas.

La prueba en laboratorio tiene dos objetivos fundamentales:

Inicialmente, determinar las propiedades dinámicas características del modelo, y por lo tanto, de las viviendas a las cuales representa, así como el

comportamiento sísmico de sus muros, ante diferentes aceleraciones de la base.

Asímismo, de acuerdo a las conclusiones obtenidas de las observaciones del comportamiento de las estructuras de las viviendas, se dará paso a proponer algunas medidas de prevención sísmica, haciendo notar los defectos constructivos más importantes, observados en las visitas, y comprobados durante los ensayos.

## 8.2 CARACTERISTICAS DEL MODELO ENSAYADO.

### 8.2.1 APLICACION DE TEORIA DE MODELOS.

Si un ensayo de modelos pretende reflejar el comportamiento de un prototipo similar a escala natural, ciertos requerimientos

dimensionales deben ser satisfechos. Denotaremos con " $\partial$ " la escala, que

es el factor por el cual una dimensión en el modelo debe ser multiplicada para obtener la correspondiente dimensión en el prototipo natural. Además, escribiremos " $l$ " al referirnos a dimensiones lineales, "

" $t$ " a tiempo, y " $f$ " a fuerzas.

Determinadas  $\partial_l$ ,  $\partial_t$  y  $\partial_f$  las escalas para las otras variables de interés pueden ser obtenidas, de acuerdo a la segunda columna de la tabla siguiente:

**ESCALAS EN MODELOS DINAMICOS**

| VARIABLE        | ESCALA ARBITRARIA<br>PARA ACELERACION<br>Y DENSIDAD   | ESC. UNITARIA PARA<br>ACELERACION; ESC.<br>ARBITRARIA PARA<br>DENSIDAD | ESCALA UNITARIA<br>PARA ACELERACION<br>Y DENSIDAD | ESC. UNITARIA<br>PARA VELOCIDAD<br>Y DENSIDAD |
|-----------------|---|--|---|---|
| Desplazamiento  | $\partial_1$  | $\partial_1$   | $\partial_1$                                      | $\partial_1$                                  |
| Velocidad       | $\partial_1 \cdot \partial_t^{-1}$                    | $\partial_1^{1/2}$   | $\partial_1^{1/2}$                                | 1   |
| Aceleración     | $\partial_1 \cdot \partial_t^{-2}$                    | 1  | 1   | $\partial_1^{-1}$                             |
| Esf. Unitario   | 1   | 1  | 1   | 1   |
| Mod. Elasticid. | $\partial_f \cdot \partial_t^{-2}$                    | $\partial_f \cdot \partial_1^{-2}$                                     | $\partial_1$                                      | 1   |
| Peso/Volumen    | $\partial_f \cdot \partial_1^{-3}$                    | $\partial_f \cdot \partial_1^{-3}$                                     | 1   | 1   |
| Masa/Volumen    | $\partial_f \cdot \partial_1^{-4} \cdot \partial_t^2$ | $\partial_f \cdot \partial_1^{-3}$                                     | 1   | 1   |
| Tiempo, Período | $\partial_t$  | $\partial_1^{1/2}$   | $\partial_1^{1/2}$                                | $\partial_1$                                  |

Comúnmente, en modelos dinámicos, las aceleraciones son iguales a las de los prototipos naturales, aunque no es simple alterar la aceleración de la gravedad. La tercera columna de la tabla, nos ofrece las escalas correspondientes a esta condición, que implica que  $\partial_l \times \partial_t^{-2}$  las escalas correspondientes a esta condición, que implica que  $\partial_l \times \partial_t^{-2} = 1$ .

Si además, el modelo está hecho con materiales que tienen el mismo peso unitario del prototipo natural, llegamos a las escalas mostradas en la cuarta columna de la tabla, derivada de las condiciones:  $\partial_l \times \partial_t^{-2} = 1$ , y  $\partial_f \times \partial_l^{-3} = 1$ .

La última columna corresponde a un criterio conveniente en el escalamiento de modelos. Los efectos de la gravedad son tratados separadamente. Esta práctica facilita modelar pequeñas aceleraciones sísmicas.

Usualmente, los pesos unitarios de los materiales en el modelo son los mismos o aproximadamente similares a aquellos en el prototipo. C frecuencia, cuando se desea ensayar un modelo fuera del rango line este requerimiento es difícil de cumplir debido a que la escala esfuerzos de los materiales es la misma, en el rango lineal.

Ensayar modelos dentro del rango lineal de comportamiento justificable sólo para estructuras muy complejas como una presa tierra sobre una formación rocosa irregular. La mayor parte de las aplicaciones prácticas de un ensayo dinámico de modelos, está

limitado, por lo tanto, a casos en que un estudio de comportamiento no-lineal, o de estado de colapso, son de mucho interés.(15)

### 8.2.2 ARQUITECTURA Y DIMENSIONES ESCOGIDAS.

El modelo de adobe edificado representa una habitación típica, de una de las unidades de vivienda estudiadas del tugurio seleccionado para su análisis en el capítulo anterior. La ubicación del mismo, dentro de la vivienda, se detalla en el gráfico de la siguiente hoja.

Se decidió construir el modelo a una escala 1:6 con relación al tamaño natural, supeditados a las dimensiones de la Mesa Vibradora. Es decir, que cada dimensión del modelo representaba la sexta parte de la habitación real.

Las dimensiones de la habitación y del modelo, son las siguiente :

---

(15) NEWMARK y ROSENBLUETH, Fundamentals of Earthquake Engineering.

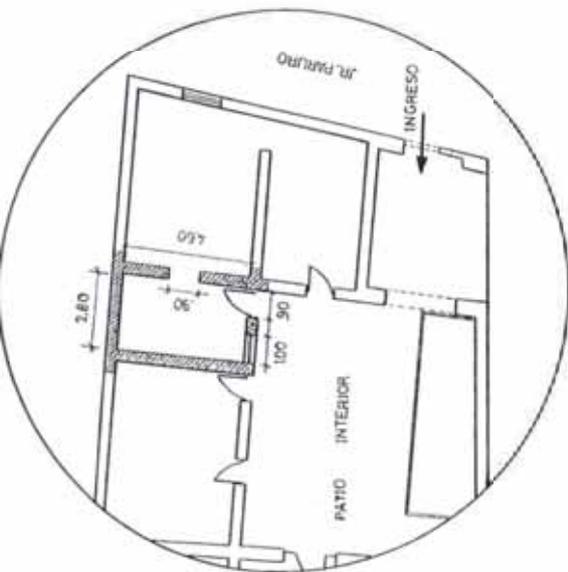
|                  | ESCALA<br>NATURAL<br>(m.) | ESCALA<br>REDUCIDA<br>(m.) |
|------------------|---------------------------|----------------------------|
| Ancho            | 2.80                      | 0.47                       |
| Largo            | 4.60                      | 0.77                       |
| Altura           | 3.70                      | 0.62                       |
| Puertas:- Ancho  | 0.90                      | 0.15                       |
| - Altura         | 2.40                      | 0.40                       |
| Ventana:- Ancho  | 1.00                      | 0.16                       |
| - Altura         | 1.00                      | 0.16                       |
| - Alfeizer       | 1.40                      | 0.24                       |
| Espesor de Muros | 0.40                      | 0.065                      |

Asímismo, se ha considerado necesario incluir en el modelo, unas moquetas de 0.10m. (0.60m. a escala natural), que representa la continuidad de los muros adyacentes de otras habitaciones.

Las conclusiones que se puedan extraer respecto de este modelo reducido, pueden ser aplicadas a cualquier otra habitación similar de las diferentes viviendas de la zona en estudio.

### 8.2.3 PROCESO CONSTRUCTIVO.

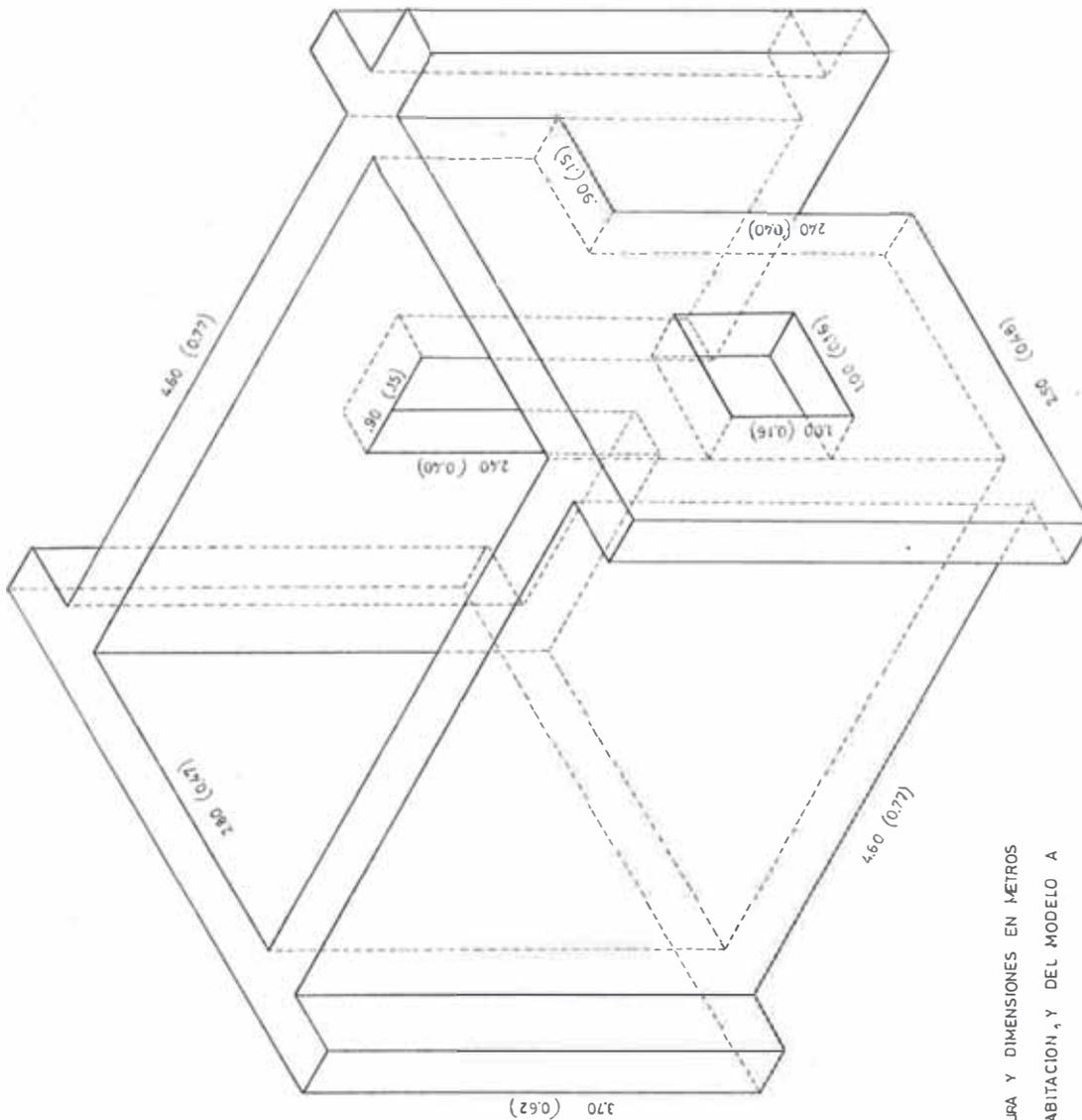
En términos generales, para la construcción del modelo de prueba, se siguieron las mismas pautas que ejercieron los constructores de las viviendas estudiadas. Inclusive, se mantuvo algunos defectos



UBICACIÓN DE LA HABITACION, EN LA  
VIVIENDA, REPRESENTADA EN EL MODELO

ENSAYADO

ESC. 1:200



ARQUITECTURA Y DIMENSIONES EN METROS  
DE LA HABITACION, Y DEL MODELO A  
ESCALA REDUCIDA ( ) ESC. 1:75

constructivos, contraviniendo lo estipulado en el Reglamento Nacional de Construcciones, Norma E-080.

A continuación, detallaremos los aspectos más importantes de la construcción del modelo:

- a) **Elaboración de las Unidades de Adobe:** Las unidades de adobe de las viviendas, tienen las siguientes dimensiones promedio: 0.40m. x 0.40m. x 0.10m. Como el modelo edificado está en una relación 1:6 con respecto a la vivienda real, las dimensiones consideradas para cada adobe a escala son de 6.50cm. x 6.50cm. x 1.50cm.

Se empleó únicamente barro y pasto seco en el mezclado, con una cantidad de agua necesaria que otorgue trabajabilidad. Una mezcla similar se empleó para el asentado de los adobes. Para el secado de los mismos, se utilizó una superficie horizontal limpia y libre de impurezas orgánicas. Previamente, se espolvoreó arena fina sobre toda la superficie para evitar que se adhieran los adobes.

Al cabo de una semana, se apilaron los adobes, quedando listos para ser utilizados.

- b) Cimentación:** Se utilizó concreto como cimiento de los muros, con una proporción volumétrica 1:8:1 de cemento, arena gruesa y piedra chancada de 1/2".

Como encofrado del cimiento se empleó un molde de madera de dimensiones similares a la longitud y el espesor de los muros. La altura del cimiento fue de 10 cms (60 cms. a escala natural). El RNC contempla 40 cms. como mínimo.

En la construcción del modelo se obvió considerar un sobrecimiento, reflejando la realidad existente.

- c) Muros:** En la construcción de los cuatro muros del modelo que limitan el ambiente considerado, se conservó la misma arquitectura y los mismos defectos constructivos de la vivienda original. Entre ellos, la altura y la longitud de los muros. La altura máxima permitida es 3.00 m. (0.50 m. a escala); sin embargo, se ha mantenido la altura inicial de 3.70 m. (0.62 m. en escala reducida). En cuanto a la longitud máxima permitida, ésta es 10 veces el espesor del muro; en nuestro caso, la longitud máxima sería de 4.00m. (0.66m a escala), pero se mantuvo la longitud original de 4.60m. (0.77m. en escala reducida).

La fachada del modelo conservó la arquitectura original, a pesar que la Norma especifica que la distancia entre una esquina y

un vano no debe ser inferior a 0.80m.. Se aprecia, pues, que esto no se cumple en las viviendas estudiadas.

Los elementos de arriostre vertical están constituídos por los muros perpendiculares entre sí, existiendo suficiente adherencia o anclaje entre ellos, para garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos. La vivienda y el modelo carecen de cualquier tipo de arriostre horizontal.

Finalmente, los muros fueron pintados con cal diluída, para una mejor visualización durante los ensayos.

**d) Dinteles, Techo y Refuerzos:** Se colocaron dinteles de madera sobre los vanos de puertas y ventanas, siendo la longitud de empotramiento de éstos de 0.40m. (0.065m. en escala reducida), es decir, la dimensión de una unidad de adobe.

Los techos de las viviendas estudiadas son bastante livianos, y tal como especifica la Norma E-080, "los techos livianos no pueden considerarse como diafragma rígidos, y por tanto, no contribuyen a la distribución de fuerzas horizontales entre los muros". Es por esto, que se obvió considerar la colocación de techo sobre el modelo, además, que para los objetivos que se perseguían en el ensayo, se iba a dificultar la visualización de los resultados.

En cuanto a los refuerzos, ninguna de las viviendas estudiadas los tienen, ni vertical ni horizontalmente, a pesar que la Norma lo considera como obligatorio. Es decir, que en el modelo tampoco se colocó ningún tipo de viga solera que garantice la conexión de los muros, encuentros y esquinas, para evitar la separación y desplome de los mismos.

e) **Volumen y Peso del Modelo:** de acuerdo a las dimensiones detalladas anteriormente, se ha determinado el volumen y el peso aproximado del modelo edificado.

|                                 |                       |
|---------------------------------|-----------------------|
| Volumen de los Muros            | 0.1211 m <sup>3</sup> |
| Volumen de la Base de Concreto: | 0.0211 m <sup>3</sup> |
|                                 | <hr/>                 |
| Total:                          | 0.1422 m <sup>3</sup> |

Peso de los Muros:  $(0.1211 \text{ m}^3)(1.6 \text{ Ton/m}^3) = 0.194 \text{ Ton.}$

Peso de la Base :  $(0.0211 \text{ m}^3)(2.4 \text{ Ton/m}^3) = 0.050 \text{ Ton.}$

Peso aproximado de la madera empleada = 0.006 Ton.

|         |            |
|---------|------------|
|         | <hr/>      |
| Total : | 0.250 Ton. |

Por lo tanto, el Volumen del Modelo = 0.1422 m<sup>3</sup>

Peso del Modelo = 250 Kg.

### 8.3 BREVE DESCRIPCION DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO.

Entre los instrumentos más importantes utilizados en la ejecución de los ensayos, tenemos: el Control Automático de Vibración, instalado en la Consola, la Mesa Vibradora, y el Osciloscopio.

Detallaremos brevemente, las especificaciones técnicas más importantes de cada uno de ellos:

- i) **El Control Automático de Vibración** está destinado a proporcionar todas las facilidades necesarias para llevar adelante ensayos de Vibración Sinusoidal.

Especificaciones:

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Rango de Frecuencias     | 0.5 a 20,000 Hz.     |
| Lectura de Frecuencias   | Contador de 4 digit. |
| Tipo de Onda             | Sinusoidal           |
| Rango de Aceleraciones   | 0.1 a 30 g           |
| Rango de Velocidades     | 3 a 300 cm/seg.      |
| Rango de Desplazamientos | 0.1 a 300 mm.        |

- ii) **Mesa Vibradora:**

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Dimensiones Generador: Ancho | 1300 mm. |
| Largo                        | 2400 mm. |
| Altura :                     | 810 mm.  |

|                          |         |                  |
|--------------------------|---------|------------------|
| Dimensiones de la Mesa:  | Ancho : | 1200 mm.         |
|                          | Largo : | 1000 mm.         |
| Peso Total               |         | 2800 Kg (aprox.) |
| Máxima Fuerza Disponible |         | 700 Kg-f         |
| Peso de la Mesa          |         | 100 Kg-f         |
| Máxima Carga Admisible   |         | 500 Kg.          |
| Máxima Aceleración       |         | 5 g              |
| Máximo Desplazamiento    |         | 80 mm.           |

### iii) Osciloscopio:

El Osciloscopio es el instrumento de salida de datos del sistema. Puede registrar las señales provenientes de hasta nueve acelerómetros a la vez, que se reflejan en la pantalla con que cuenta.

Se puede leer con exactitud, el período, la frecuencia, la aceleración y el desplazamiento de la onda emitida, entre otros parámetros importantes.

Especificaciones más detalladas de estos equipos y de sus accesorios, se encuentran especificadas en los Manuales respectivos con que cuenta el Laboratorio de Estructuras del CISMID.

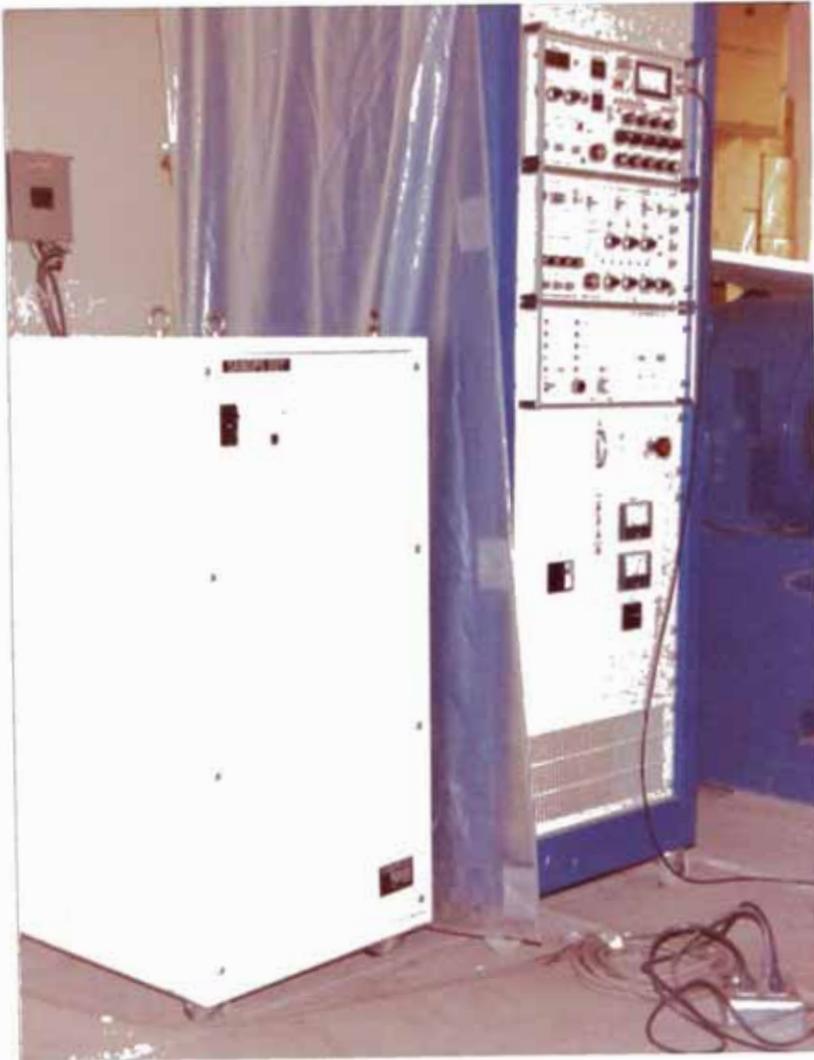


Fig. 1. Vista de la Consola. En la parte superior se encuentra el Control Automático de Vibración.

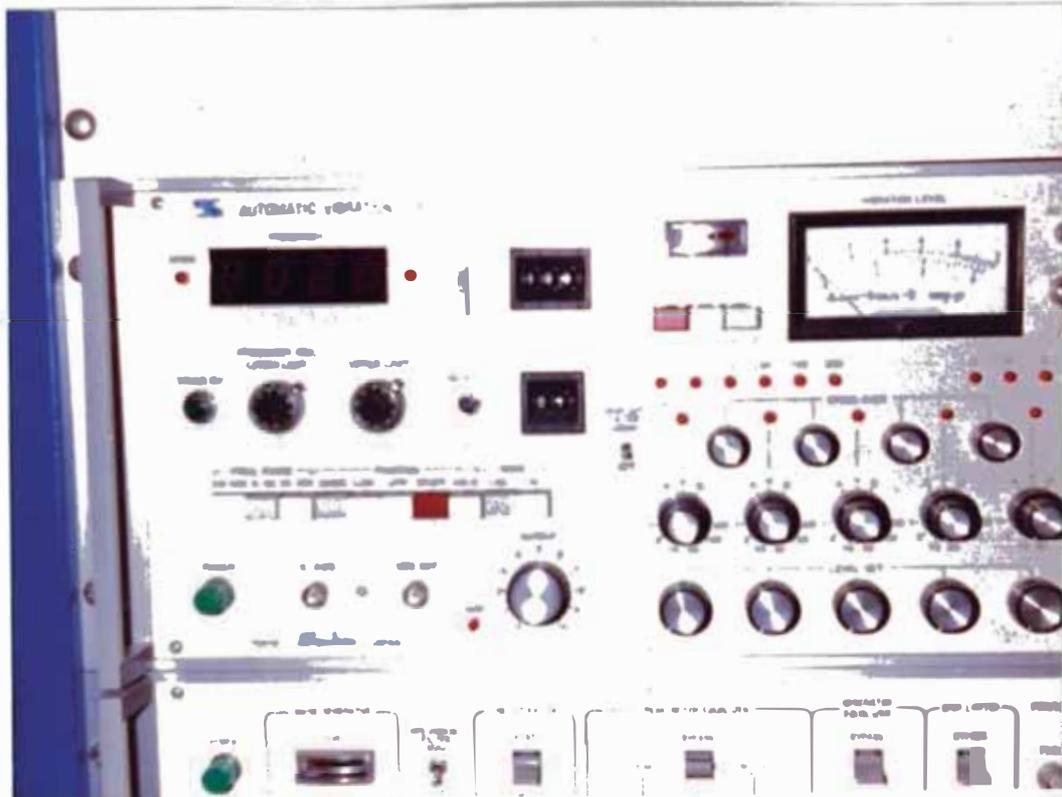


Fig. 2. Control Automático de Vibración. Obsérvese el Contador de Frecuencias de 4 dígitos.



**Fig. 3.** Vista del Osciloscopio. Puede recibir señales de nueve acelerómetros a la vez.



**Fig. 4.** El modelo colocado sobre la Mesa Vibradora listo a ser ensayado. Se puede apreciar los acelerómetros instalados sobre cada muro.

## 8.4 METODOLOGIA DEL ENSAYO DINAMICO.

### 8.4.1 DETERMINACION DEL PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACION

Como paso inicial en la ejecución del Ensayo, se ha determinado el Período Fundamental de Vibración del modelo de adobe, con la finalidad de proceder, luego, a la Prueba de Colapso, en un estado de Resonancia. Es decir, que la frecuencia de la fuerza excitadora con la cual se hará colapsar el espécimen, será la misma frecuencia correspondiente al período fundamental del modelo.

Para ello, se confeccionó un cuadro de Frecuencias vs. Aceleraciones, considerando la siguiente metodología:

- 1) El Osciloscopio del instrumental empleado tiene dos señales de salida: la primera nos permitió apreciar la respuesta de la base ante cualquier excitación externa; la segunda, nos brindó la respuesta del censor colocado en la parte superior del modelo.
- 2) La ejecución del ensayo en sí, consideró ir incrementando la frecuencia de la fuerza excitadora, manteniendo constante la aceleración de la base. Este proceso permitió evaluar la respuesta del modelo ante las diferentes frecuencias de la onda excitadora.
- 3) La frecuencia se fue incrementando en 1 Hz. cada vez, y la aceleración de la base se fijó en 0.002g (0.00033g en escala

natural), para evitar que el modelo sufra el más mínimo deterioro.

- 4) Así, para cada una de las frecuencias consideradas, se obtuvo una aceleración de la parte superior del modelo como respuesta. Con cada uno de estos valores se confeccionó el cuadro deseado.

Es importante mencionar las siguientes pautas preliminares que fueron consideradas para obtener mayor precisión y rapidez en los resultados buscados:

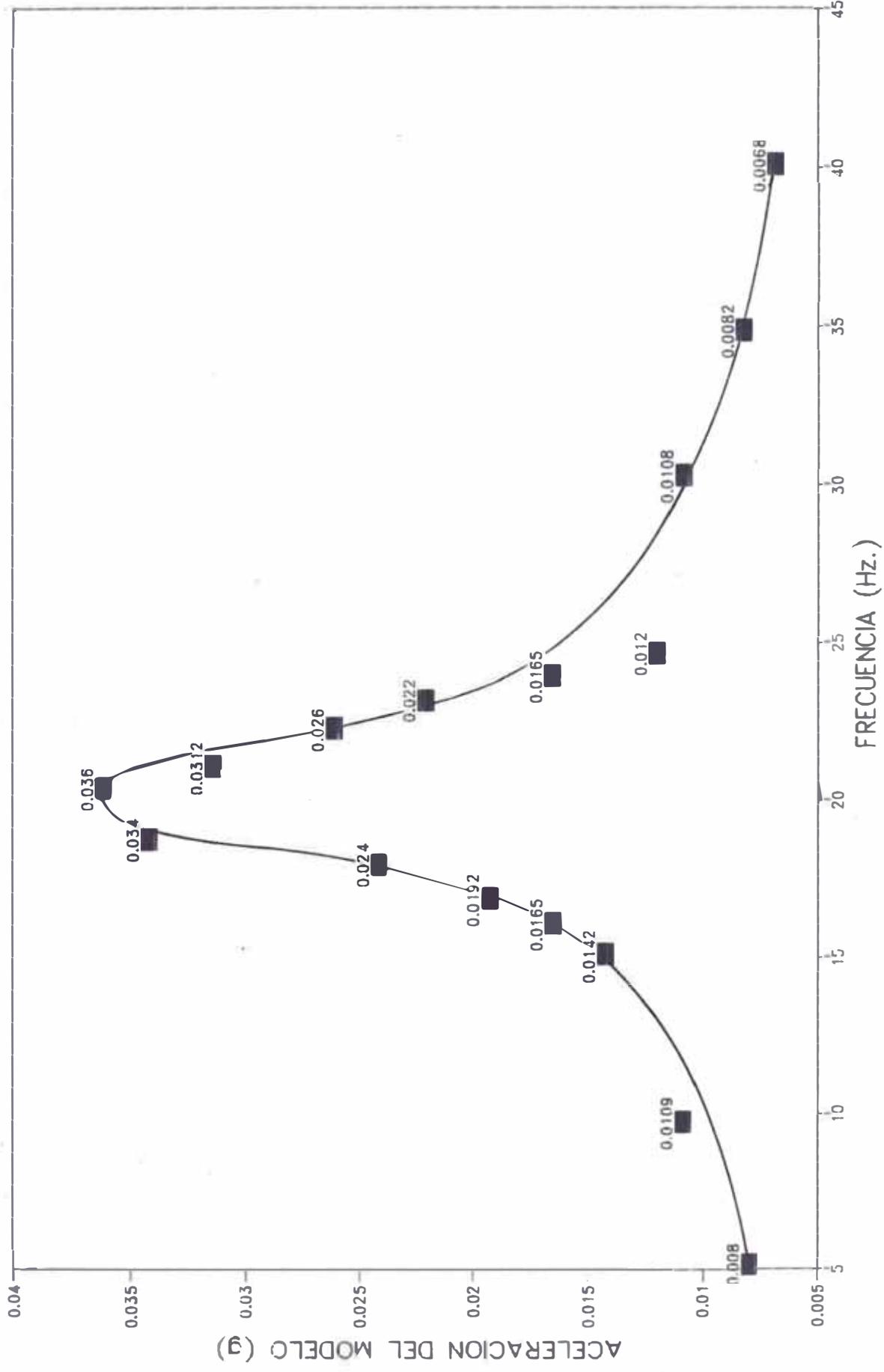
- a) Antes de evaluar cada una de las frecuencias, se sometió el modelo a una excitación cualquiera y con baja aceleración, apareciendo la onda de respuesta en la pantalla del osciloscopio. Se detuvo bruscamente la excitación, y se apreció en pantalla, que quedó una pequeña onda tendiente a desaparecer, como rezago de la onda respuesta inicial. Este rezago de onda es la respuesta que el modelo tiende a adoptar una vez cesada la excitación, y el período que se puede medir entre dos picos sucesivos, no es otro que un aproximado al Período Fundamental de Vibración del modelo. En nuestro caso, se obtuvo un período de 0.052 seg. y una frecuencia de 19.20 Hz.
- b) Este período y su respectiva frecuencia, nos permitió ubicar en qué rango de frecuencias, se encontraba la Frecuencia Fundamental buscada.

- c) De este modo, para el intervalo comprendido entre 15 y 25 Hz., se midió con bastante precisión la frecuencia otorgada a la onda excitadora. Entre 0 y 15 Hz., y entre 25 y 40 Hz., no fue necesaria tanta precisión, y la evaluación de puntos se hizo con un incremento de 5 Hz., cada vez.

A continuación presentamos una tabla de resultados confeccionada con los valores obtenidos en esta parte del Ensayo Dinámico, así como su gráfico representativo.

| FRECUENCIA<br>(Hz.) | ACELERACION DEL MODELO<br>(g) |
|---------------------|-------------------------------|
| 5.20                | 0.0080                        |
| 9.80                | 0.0109                        |
| 15.10               | 0.0142                        |
| 16.10               | 0.0165                        |
| 16.90               | 0.0192                        |
| 18.00               | 0.0240                        |
| 18.80               | 0.0340                        |
| 20.40               | 0.0360                        |
| 21.10               | 0.0312                        |
| 22.30               | 0.0260                        |
| 23.20               | 0.0220                        |
| 24.00               | 0.0165                        |
| 24.70               | 0.0120                        |
| 30.30               | 0.0108                        |
| 34.90               | 0.0082                        |
| 40.10               | 0.0068                        |

# GRAFICO: FRECUENCIA vs. ACELERACION



Con los resultados obtenidos, se concluye que para el modelo construido, la Frecuencia Fundamental es 20.40 Hz., y el Período Fundamental de Vibración respectivo, es 0.049 seg.

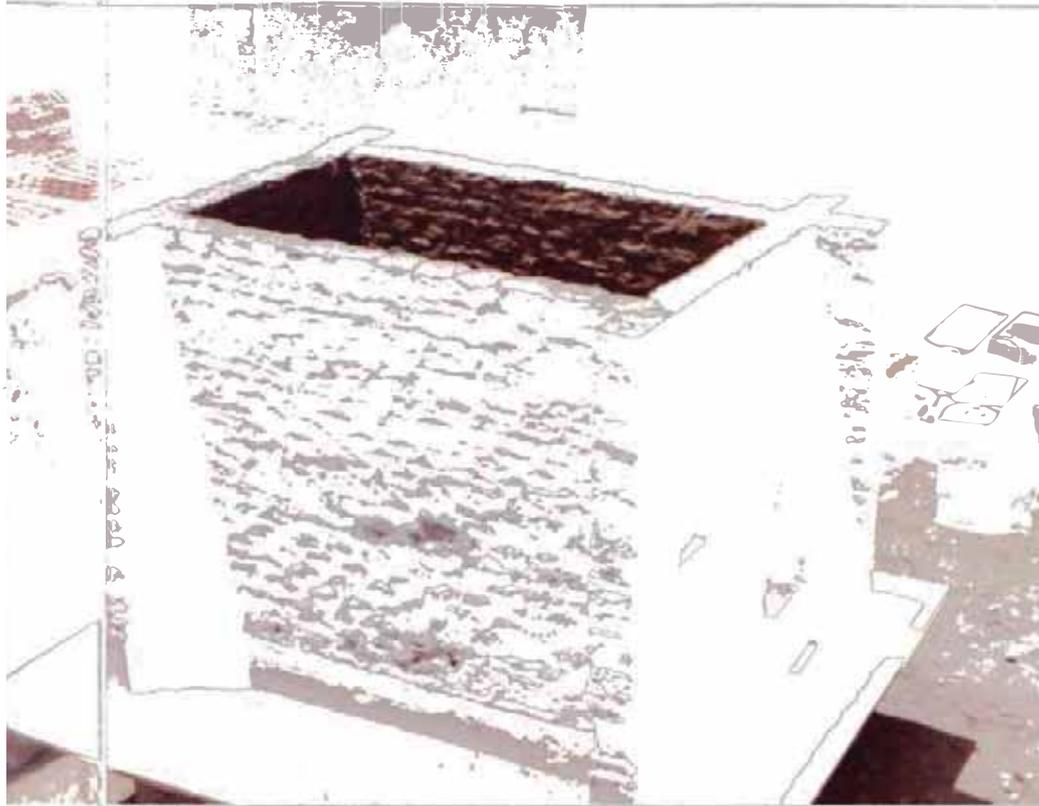
Utilizando esta frecuencia de 20.40 Hz., y manteniéndola constante, procedimos al Ensayo de Colapso del modelo, que describiremos en el acápite siguiente.

#### **8.4.2 EJECUCION DE LA PRUEBA DE COLAPSO.**

Comenzaremos por describir brevemente, cada uno de los muros del modelo, de acuerdo a la denominación que le hemos dado:

- Muros 1 y 2: son los muros llenos, sin ninguna abertura.
- Muro 3: tiene una puerta al centro de 0.15m. de ancho, por 0.40m. de alto.
- Muro 4: tiene una ventana de 0.16m. por 0.16m. al extremo izquierdo, y una puerta de 0.15m. por 0.40m. en el extremo derecho del muro.

Manteniendo constante la Frecuencia Fundamental de Vibración del modelo, se procedió a ejecutar el Ensayo de Colapso, según la metodología siguiente:



**Fig 1.** Vista superior del modelo concluído.



**Fig. 2.** Muros 1 y 2. No tienen ningún vano. El muro 1 es perpendicular a la dirección del movimiento.



**Fig. 3.** Muro 3, perpendicular a la dirección del movimiento. Vano de puerta en el centro del paño.



**Fig. 4.** Muro 4, paralelo al movimiento. Vanos de ventana y puerta en el paño.

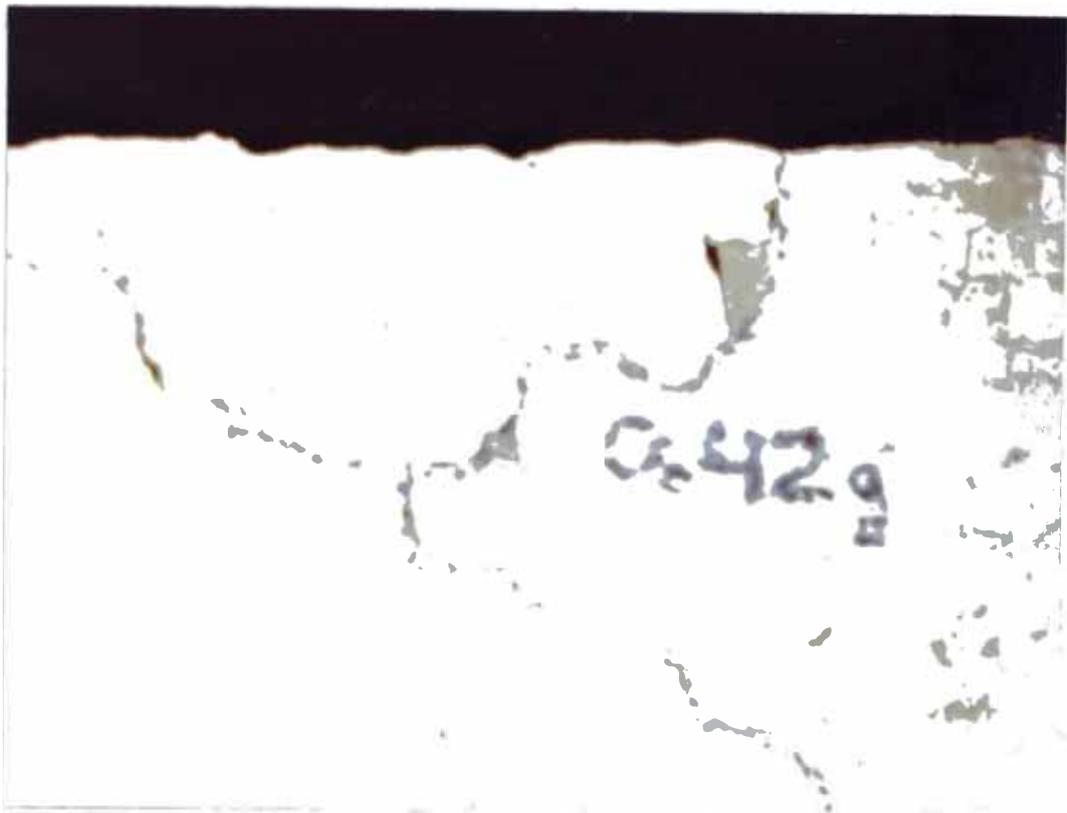
- 1) Se colocaron cuatro acelerómetros sobre cada uno de los muros, colocados en el centro de los mismos. Cada uno de estos acelerómetros medirá la aceleración de los muros, registrada en la pantalla del osciloscopio, cada vez que se vaya incrementando la aceleración de la base.
- 2) Se inició el ensayo con una aceleración de 0.002g en la base, es decir, la misma aceleración con la cual se calculó la frecuencia Fundamental. Como sucedió anteriormente, el modelo no sufrió daño alguno.
- 3) Posteriormente, la aceleración basal se fue incrementando cada vez más, apareciendo las primeras grietas y fisuras en los muros del modelo. Este proceso continuó hasta apreciarse grietas considerables y desprendimiento total de bloques.
- 4) Para cada una de las aceleraciones dadas, se registró las aceleraciones correspondientes a cada uno de los muros, anotándose éstas sobre las fisuras o grietas que hayan ocasionado.

Las aceleraciones registradas en los muros, y la descripción de los daños correspondientes, se describen a continuación:

## DAÑOS EN EL MURO 1



**Fig. 1.1** Se observa una fisura diagonal desde el borde superior del muro, para una aceleración de 0.288g (0.048g a escala natural). Esta falla es originada por flexión del borde superior, debido a una fuerza perpendicular al plano del muro.



**Fig. 1.2** Se incrementa la aceleración, es decir, la fuerza sísmica perpendicular al muro, y se producen grietas en el borde superior. La grieta más considerable corresponde a una aceleración de 0.42g (0.07g a escala natural).



**Fig. 1.3** Observaremos el acelerómetro en el borde superior, lo cual nos confirma que las grietas por flexión, se producen en la parte central superior del muro, debido a carecer de un arriostre horizontal. Se aprecia que la grieta correspondiente a 0.288g se hace más profunda, y a partir de ésta, se produce otra debida a una aceleración de 0.624g (0.104g a escala natural).



**Fig.1.4** Las grietas superiores corren hacia las esquinas. En este caso se nota un desprendimiento entre los muros 1 y 2. Aceleración registrada 0.80g (0.133g a escala natural). No hay aún, desprendimiento de bloques.

**Fig.1.5** Otra vista de los daños causados por la aceleración 0.80g, unos segundos después. Obsérvese el desprendimiento de algunos adobes, la abertura de las grietas, y el desprendimiento en algunos sectores, de la capa de barro que cubre los muros.





**Fig.1.6** Vista panorámica de los daños producidos en el borde superior del muro, por la carencia de un arriostre horizontal, que absorba la flexión que produce la fuerza sísmica perpendicular al muro. Se puede apreciar la grieta profunda entre los muros 1 y 4, sobre el sector derecho.



**Fig.1.7** Desprendimiento de bloques en la esquina superior izquierda, desde una grieta causada por una aceleración de 0.80g. Se profundizaron las grietas en las esquinas. Colapso total del muro.

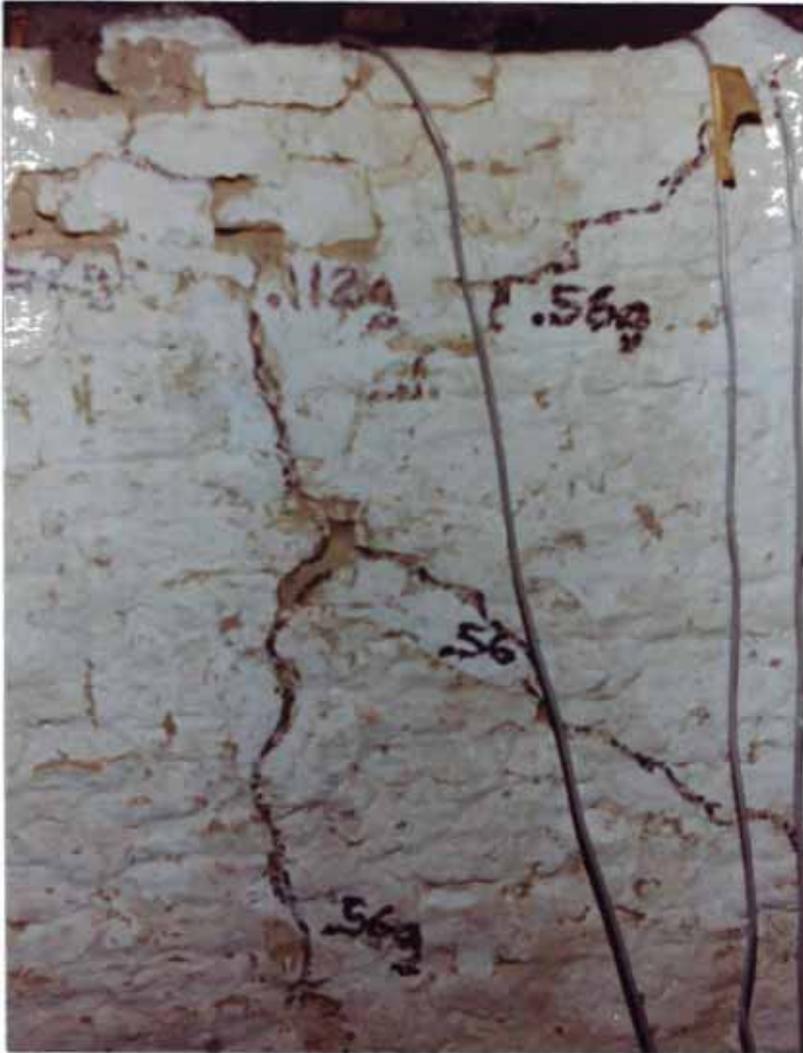
## DAÑOS EN EL MURO 2



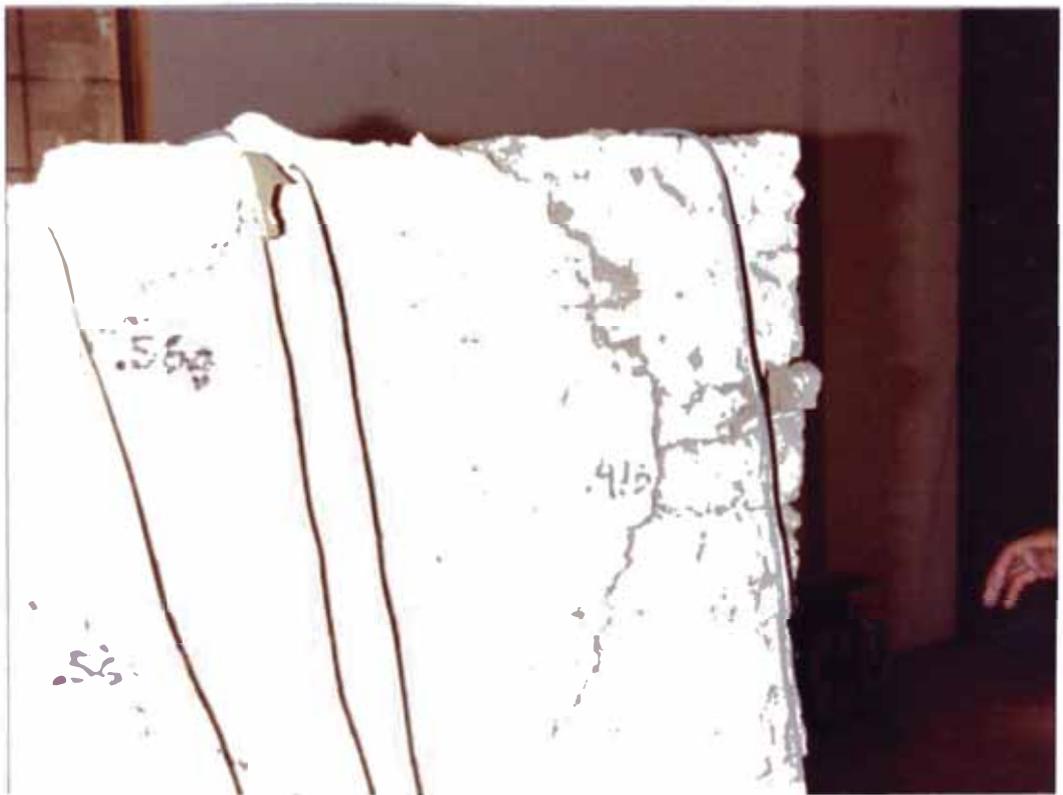
**Fig.2.1** El muro 2 es paralelo a la dirección de la fuerza sísmica. Este muro fallará por corte. Se puede observar una fisura inicial causada por una aceleración de 0.152 (0.025 a escala natural).



**Fig.2.2** Fisura vertical en la cercanía del encuentro entre los muros 1 y 2. Aceleración registrada 0.41 g (0.068g a escala natural).



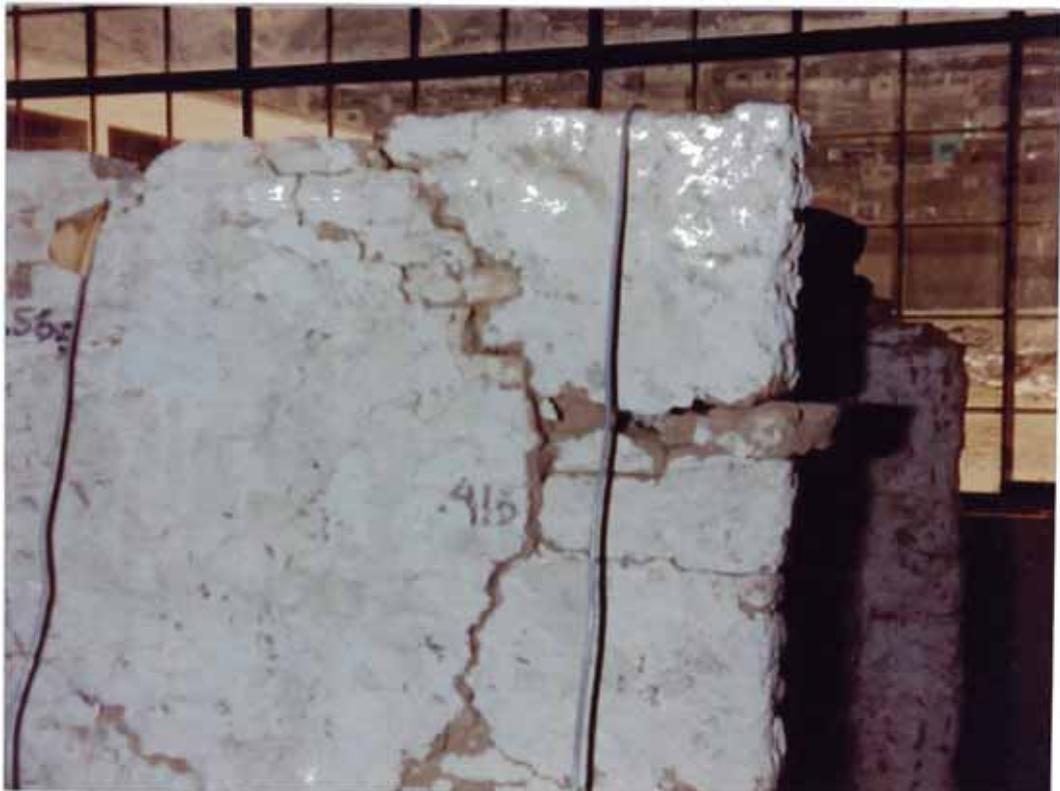
**Fig.2.3** Vista panorámica de las fisuras y grietas producidas por diferentes aceleraciones, en la zona de encuentro de los muros 2 y 3. Obsérvese grietas verticales y diagonales para una aceleración de 0.56g (0.093 g a escala natural).



**Fig.2.4** Se puede apreciar la parte central del muro, prácticamente intacta.



**Fig.2.5** Vista completa del muro 2. Las zonas más dañadas son los encuentros entre los muros, especialmente en las esquinas superiores, producto de la flexión de los muros perpendiculares al muro 2.



**Fig.2.6** Unos segundos después, para la misma aceleración, se produce el desprendimiento de bloques. Este corresponde al mostrado, también, en la figura 1.7



**Fig.2.7** Colapso del muro. Desprendimiento y caída de bloques en las zonas de encuentro entre dos muros perpendiculares.



**Fig.2.8** Aspecto final del estado en que quedó el muro 2. Se observa que los mayores daños han ocurrido en las esquinas superiores del muro, y a partir de las cuales, se han producido grietas longitudinales en las esquinas, que han originado desprendimiento de los muros perpendiculares entre sí. La parte central del muro 2, inclusive el borde superior, no ha sufrido daño alguno.

### DAÑOS EN EL MURO 3



**Fig.3.1** Este muro tuvo un buen comportamiento para aceleraciones como 0.288g, 0.384g, 0.536g (0.048g, 0.064g, 0.089g, a escala natural, respectivamente). Sin embargo, para una aceleración de 0.82g (0.137g a escala natural), sufrió un brusco agrietamiento diagonal desde los vanos hacia las esquinas de los muros. A raíz de este agrietamiento, el bloque superior quedó desprendido del resto del muro, y prácticamente, no sufrió ningún daño adicional, a pesar que la dirección de la fuerza sísmica, era perpendicular al plano del muro.



## DANOS EN EL MURO 4

Fig.4.1 Las primeras grietas aparecen desde el vano de la ventana. En este caso, el muro es paralelo a la dirección del sismo. Aceleración registrada 0.192g (0.032 g a escala natural).

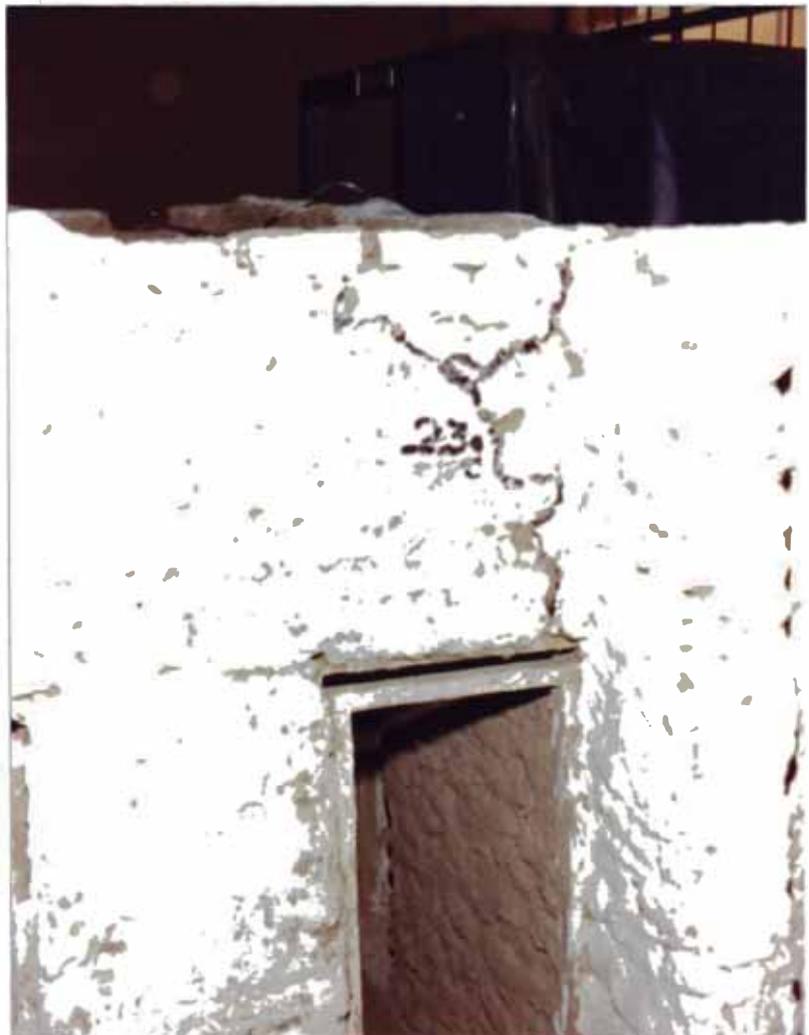
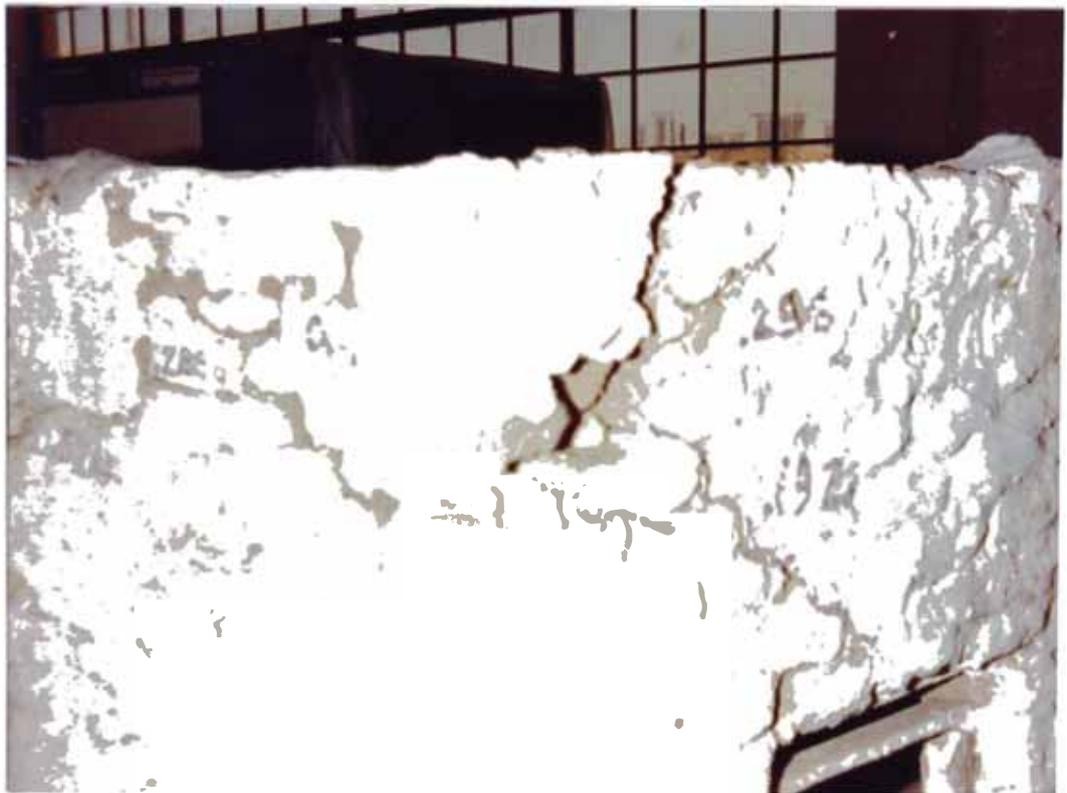


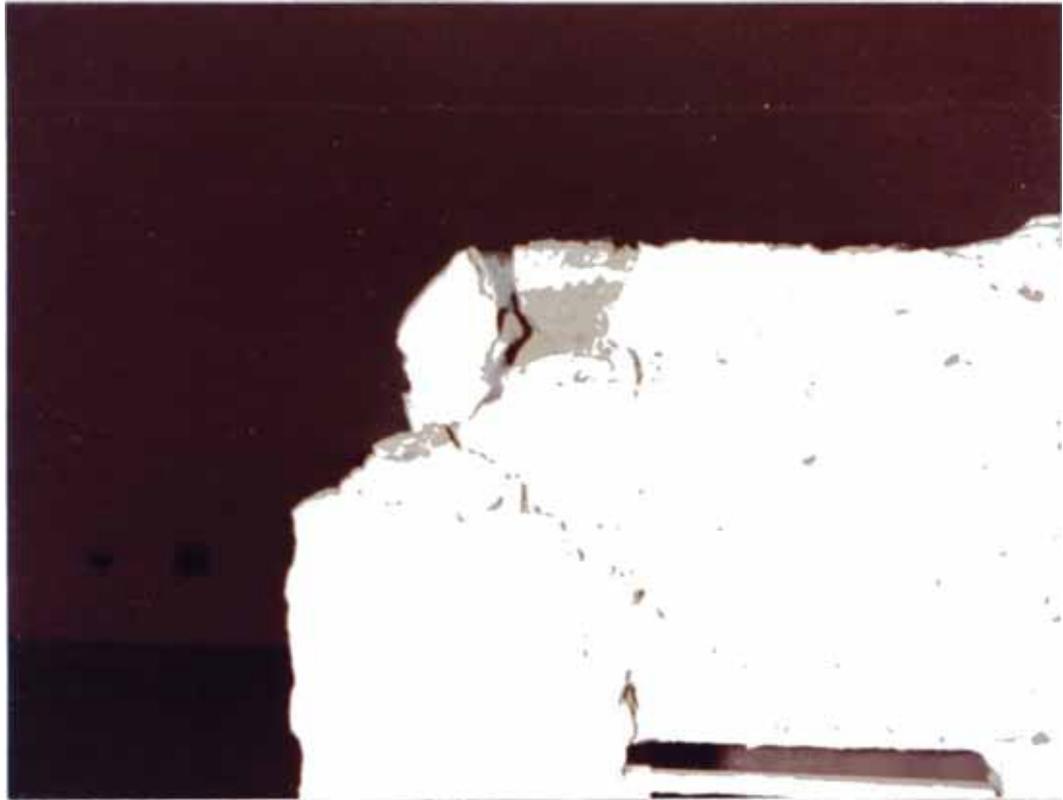
Fig.4.2 Sobre el sector derecho del muro, aparecen grietas verticales que desprenden los muros perpendiculares 3 y 4. Aceleración registrada 0.23g (0.038g a escala natural).



**Fig.4.3** Para una aceleración de 0.256g (0.043g a escala natural), se aprecia una grieta en el borde superior izquierdo, que llevará posteriormente, a un desprendimiento de bloques.



**Fig.4.4** La misma zona de la figura anterior, registrada en la presente toma. Unos segundos después, para la misma aceleración, se produce el desprendimiento del bloque afectado.



**Fig.4.5** Se aprecia la caída de un sector del bloque anteriormente mostrado.



**Fig.4.6** Vista final del muro 4. Se nota que la parte central del mismo, no ha sufrido mayores daños. Las grietas presentadas ocurren en los encuentros de los muros, y desde los vanos hacia las esquinas superiores.

## 8.5 CONCLUSIONES DEL ENSAYO Y SUS IMPLICANCIAS EN LA REALIDAD EXISTENTE.

De acuerdo a la metodología para evaluar los niveles de peligro sísmico, es importante contar con información cualitativa para describir los niveles de seguridad de sacudimiento del suelo, causado por sismos sensibles. Desde el punto de vista de ingeniería, se acostumbra utilizar el parámetro de aceleraciones.

Contamos con los datos de aceleraciones registradas para los tres últimos sismos de alta intensidad, y podemos hacer la comparación respectiva con los daños ocasionados al modelo según las aceleraciones introducidas a la fuerza excitadora, durante el Ensayo de Colapso.

Los daños más significativos ocurrieron para aceleraciones superiores a 0.100g (en escala natural), en especial, en los muros perpendiculares a la dirección del movimiento. Para aceleraciones por debajo de 0.100g, se produjeron fisuras y grietas de mediana significación, en particular en los encuentros de muros, y en el borde superior de los mismos.

Las primeras fisuras se produjeron en la parte central superior del Muro 1, ya que debido a la ausencia de un elemento que arriestre horizontalmente al modelo, se originaron fallas por flexión. Conforme se fue incrementando la aceleración de la base, las fisuras del Muro 1, se convirtieron en grietas, las que a su vez corrieron hacia las esquinas, produciendo fallas por tracción entre dos muros perpendiculares. Paralelamente, aparecieron las primeras fisuras por corte en los muros paralelos a la dirección del movimiento.

En el siguiente Cuadro-Resumen, se puede observar la progresión de las aceleraciones de los muros:

| ACELERACION DE LA BASE | MURO 1    | MURO 2    | MURO 3    | MURO 4    |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.021g                 | 0.134g    | 0.050g    | 0.288g    | 0.037g    |
| 0.027g                 | 0.168g    | 0.056g    | 0.384g    | 0.029g    |
| 0.036g                 | 0.288g(F) | 0.112g    | 0.536g    | 0.030g    |
| 0.060g                 | 0.424g(G) | 0.152g(F) | 0.820g(G) | 0.192g(F) |
| 0.101g                 | 0.624g(G) | 0.416g(F) | -         | 0.230g(G) |
| 0.125g                 | 0.800g(D) | 0.560g(G) | -         | 0.256g(D) |

(F): Fisuras, (G): Grietas, (D): Desprendimiento de Bloques

Se puede apreciar el limitado alcance de la aceleración de la base, debido a que se hizo el ensayo en Estado de Resonancia.

Como se observa, este tipo de viviendas tienden a fallar por flexión y tracción entre muros, antes que por corte. Es decir, que ante la eventualidad de un sismo violento, las grietas y los desprendimientos de bloques se producirán súbitamente, ocasionando pánico entre los moradores, quienes ocasionalmente tendrán tiempo de ubicarse en zonas de refugio.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, y luego de analizar los daños producidos en el modelo para diferentes aceleraciones, concluimos que las viviendas de adobe visitadas han sido construidas con escasa seguridad ante los efectos de un sismo de gran intensidad.

Además, se ha podido estimar que la gran mayoría de estas viviendas no tienen una base de cimentación que la proteja de la humedad proveniente de las filtraciones de agua, ocasionadas por la red de tuberías existente.

Dentro de los defectos constructivos que aumentan la vulnerabilidad de estas viviendas, tenemos los siguientes:

Mala calidad de los adobes en lo que se refiere a la materia prima utilizada y a la técnica de producción.

Deficiente mano de obra en la colocación de los adobes.

Dimensionamiento incorrecto de los muros, en especial en el excesivo largo y alto de los mismos.

Vanos de puertas y ventanas muy anchos, y poco empotramiento de los dinteles.

Muchos vanos y pocos llenos en la distribución de un paño de un muro.

Trabas inadecuadas y deficientes en los encuentros de muros, que producen juntas verticales continuas de tres y más hiladas.

Deficiente confinamiento y/o arriostre de los muros.

Soluciones constructivas dificultosas en el empalme de techos con los muros.

- Poca o ninguna protección de los muros contra su debilitamiento por efecto de la erosión o la humedad.
- Carencia de una cadena superior de amarre.

Finalmente, este último acápite, la carencia de una cadena superior de amarre, es el que más influye en la falta de una rigidez adecuada de los muros, y en el débil comportamiento sísmico de la estructura en su conjunto.

Es así, que el requisito mínimo que se recomienda, es la colocación de un elemento perimetral en el extremo superior de los muros, para aumentar la rigidez, la resistencia a flexión, y permitir un mejor amarre con el techo. A este requisito va, generalmente, aunada alguna recomendación para rigidizar el techo.

## CAPITULO IX

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Presentamos a continuación, las conclusiones y recomendaciones más importantes a las que se ha llegado al finalizar el presente estudio:

- 1.- A partir de la segunda mitad del presente siglo, tanto en las casonas antiguas de la Lima Tradicional, como en las áreas residenciales que la rodean, donde se asientan sectores de población de ingresos medios y bajos, se inicia un proceso de deterioro originado por la obsolescencia de su infraestructura y el hacinamiento de su población de bajos recursos. La presión de una creciente población por un lugar dónde habitar, se sintió inicialmente en los barrios populares existentes alrededor de Lima Cuadrada, donde las viviendas fueron acondicionadas, ampliadas o subdivididas.

Posteriormente, la demanda se extendió hacia los antiguos inmuebles residenciales abandonados por sus propietarios, transformándolos en los llamados "tugurios centrales". Conjuntamente con la vivienda, los espacios externos a ella han sufrido, con el crecimiento y la forma cómo se localizan y funcionan las actividades formales y no formales, un constante deterioro, agravado por la insuficiencia administrativa a todos los niveles.

- 2.- El estudio de la dinámica de los asentamientos urbanos permite detectar en las áreas en formación de la metrópoli, los elementos, aptitudes y fuerzas que favorecen la permanencia de una situación, o su cambio, y por lo tanto, se puede apreciar la etapa de desarrollo en que se encuentran esas áreas. Como indicadores de la dinámica se puede considerar la presencia de edificaciones en propiedad horizontal, antigüedad de la construcción, aparición de tugurios, aparición y/o expansión de zonas comerciales, etc.

El proceso de crecimiento de las ciudades se da básicamente de dos maneras:

- a) Por expansión, con la habilitación de nuevas áreas próximas al casco urbano consolidado.
  - b) Por densificación, con la intensificación en el uso de las estructuras existentes.
- 3.- El inmigrante proveniente de otras ciudades conoce las ventajas que ofrece las áreas urbanizadas, y tiende a ubicarse en las áreas centrales o próximas a ellas, ocupando las estructuras existentes que se habilitan precaria y emergentemente. Así, aparece el callejón, el corralón, etc., modalidades de asentamiento que han devenido en tugurios.

- 4.- Las principales causas de la aparición de tugurios,son:
- a. Bajos ingresos económicos familiares, que ejercen una gran demanda por estas viviendas de baja renta, y que no cuentan con medios económicos para rehabilitarlas o renovarlas.
  - b. Se origina un deterioro grande del inmueble, por la falta de conservación del mismo, y por la obsolescencia y deficiente calidad de los materiales empleados en su construcción.
  - c. La migración del campo a la ciudad, y la creciente explosión demográfica, origina una gran demanda de viviendas, en especial de aquéllas que se encuentran en las zonas céntricas, por la cercanía a las fuentes de trabajo.
  - d. La ubicación de talleres y fábricas en algunas áreas residenciales, ha sido la causa de la decadencia de las mismas, al producir la congestión y el deterioro de la infraestructura.
- 5.- La mayor parte de las Areas Críticas está conformada por viviendas antiguas (más de 50 años), que están constituídas de adobe en su primer piso, y de quincha en el segundo y tercer piso, los cuales, en muchos casos, presentan grietas especialmente en las esquinas, a la vez que se han pandeado y han sufrido cierta inclinación. Algunos muros han sido resanados por los pobladores en forma rudimentaria, empleando muchas veces el ladrillo en forma desordenada, sin ningún criterio técnico. Debido a los sismos que han soportado y al humedecimiento por el mal estado de las instalaciones sanitarias, la resistencia de los muros se ha ido

debilitando, dando lugar a que en cualquier momento se produzca el colapso parcial o total de la edificación.

- 6.- La madera es el material empleado para los techos, vigas y escaleras. Debido al tiempo que tiene la madera, en muchos casos, se encuentra apolillada, disminuyendo su resistencia, a la vez que los usuarios tienen la pésima costumbre de utilizar los techos como almacén o tendedero de ropa mojada. Las escaleras son una verdadera trampa mortal debido a la estrechez de las mismas, y al mal estado en que se encuentran, haciendo difícil el tránsito rápido por ellas.
- 7.- Los tugurios no solo resultan un problema desde el punto de vista social, sino que también representan un serio peligro desde el punto de vista sísmico, porque constituyen grandes conglomerados humanos que habitan en locales antiguos, estrechos, y totalmente inseguros por el estado de deterioro en que se encuentran.
- 8.- La vulnerabilidad de cualquier elemento estructural físico o socio-económico, expuesto a un peligro natural, es su probabilidad de resultar destruido, dañado o perdido. En Lima, la vulnerabilidad se presenta en dos aspectos:
  - a. Respecto a efectos directos de un sismo destructor, dependiendo de la existencia de condiciones físicas deterioradas o de inseguridad.
  - b. Respecto a efectos indirectos del sismo, dependiendo de la existencia de recursos económicos y de organización social para poder recuperarse del desastre.

En ambos sentidos, la vulnerabilidad coincide con el proceso de deterioro urbano. En las áreas críticas deterioradas, tanto el medio ambiente construido como los pobladores, demuestran alta vulnerabilidad ante el sismo destructor más probable, incrementándose ésta, si es que el área se encuentra en una zona de alta intensidad sísmica. Es el caso de los distritos de Chorrillos, Barranco, El Cercado de Lima, Rímac y El Callao. La Victoria, en cambio, tiene un alto porcentaje de viviendas tugurizadas, pero se encuentra en una zona donde se ha registrado una menor intensidad sísmica.

- 9.- La gran actividad sísmica de nuestro territorio ha cobrado siempre, sus mayores víctimas en las construcciones de adobe. Entre las principales causas de fallas en construcciones de adobe, tenemos el peso propio del muro, y la dificultad de introducirle refuerzos, aunque las fallas también pueden devenir por otras causas, como la naturaleza del suelo de cimentación, deficiente construcción, altura excesiva de algunos muros, adobes de baja calidad y mal dimensionados, deficiente arriostramiento en las esquinas, y en último caso, por el grado de intensidad del movimiento sísmico.
- 10.- El objetivo general de cualquier medida de prevención sísmica es dotar de condiciones de mayor seguridad a la población que habita en las Areas Críticas de Lima, y que ocupan viviendas que presentan riesgos de colapso total o parcial, en caso de un sismo de gran magnitud. Se debe tener en cuenta las siguientes medidas de prevención:

- a. Evacuar y reubicar a la población de las viviendas que están en alto riesgo sísmico, debido a que la vivienda ha sido calificada previamente como "inhabitable", ordenándose su demolición después de ser desocupada.
- b. Ordenar y apoyar técnicamente el reforzamiento y la reparación de las viviendas que sean rehabitables, para devolver seguridad y funcionalidad al inmueble. Es una medida central, puesto que allí se concreta la prevención sísmica.

11.- A diciembre de 1988, El Cercado de Lima cuenta con una población de 376,162 habitantes, resultando una densidad poblacional de 227 Hab/Ha., sobre las 1660.5 Has. que tiene el distrito. El Cercado tiene cinco zonas deterioradas distribuidas sobre 481.5 Has. (29% del área distrital), y una población de 175,349 habitantes (46.6% del total distrital). Estas zonas deterioradas son:

- a. Lima Cuadrada, con 76.10 Has. (4.6% del distrito) y 10,837 habitantes (2.9% del total distrital).
- b. Monserrate, con 39.50 Has. (2.4% del distrito) y 12,585 habitantes (3.4% del total distrital).
- c. Roosevelt, con 6.7 Has. (0.4% del distrito) y 1,607 habitantes (0.4% del total distrital).
- d. Lima Industrial, con 171.20 Has. (10.3% del distrito) y 68,164 habitantes (18.1% del total distrital).
- e. Barrios Altos, con 188.0 Has. (11.3% del distrito) y 82,156 habitantes (21.8% del total distrital).

12.- Las observaciones efectuadas en el área estudiada de los Barrios Altos, arrojó los siguientes resultados:

i)- Los Factores de Vulnerabilidad son los siguientes:

- a. La vivienda constituye el uso predominante del suelo, ocupando el 50% del área total de las manzanas. El otro 50% lo conforman el comercio mayorista y minorista, e industrias medianas y pequeñas, que dan ocupación a un buen porcentaje de los habitantes de la zona, así como instituciones culturales, religiosas y gubernamentales. Del total de las viviendas en el área, el 60% corresponde a quintas, callejones y corralones, 27% a casas independientes muy antiguas, y 13% a departamentos en edificios modernos.
- b. Las viviendas de adobe y quincha representan el 89% del total de las viviendas del área en estudio; las viviendas de ladrillo conforman el 9.6% y el 1.4% restante corresponde a lotes provisionales (madera, esteras, etc.). Del área total de las manzanas ocupadas por viviendas, las viviendas de adobe-quincha se consolidan sobre  $90,432.3 \text{ m}^2$  (76.7%), y las viviendas de ladrillo, sobre  $27,533.7 \text{ m}^2$  (23.3%). No se consideran las viviendas provisionales por ser poco significativas.
- c. De las 1964 unidades de vivienda consideradas, 137 (58%) están calificadas como edificaciones tipo "A", es decir, con gran probabilidad de falla total o daños graves. Están consideradas en este rubro, viviendas antiguas de adobe con

un inadecuado mantenimiento. 258 unidades de vivienda (13%) son edificaciones tipo "B", o en regular estado de conservación, donde puede ocurrir daños importantes, aunque no lleguen al colapso. 571 viviendas (29%) son edificaciones tipo "C", donde se producirán daños moderados o leves.

- ii)- La población total de las manzanas consideradas es de 9814 habitantes, resultando una densidad habitacional neta de 832 Hab/Ha. Sin embargo, algunas manzanas tienen densidades superiores a 1200 Hab/Ha., lo cual nos demuestra el altísimo grado de hacinamiento que existe. Precisamente, estas manzanas son las que tienen la más alta proporción de edificaciones de adobe y quincha, en pésimo estado de conservación.
  
- iii) De acuerdo a la clasificación de las viviendas según su resistencia sísmica, se concluye que 1137 unidades tipo "A", resultarían imposibles de reparar, en caso de ocurrir un sismo intenso. Si consideramos un promedio de 5 personas por unidad de vivienda, tenemos 5685 personas damnificadas. Asimismo, de las 258 unidades tipo "B", no habitables si no son reparadas, se tendría 1290 personas damnificadas. En las unidades tipo "C" (571 unidades) no se tendría damnificados. Concluimos que se tendría 1395 unidades de vivienda imposibles de habitar luego de ocurrido el sismo, con 6975 personas sin hogar.

- iv) El número probable de víctimas que ocasionaría un movimiento sísmico, según metodología presentada por PAREDES RAFAEL, arrojó los siguientes resultados: para una población de 9814 habitantes, por "Criterio Estadístico", se tendría 91 muertos y 910 heridos; y por "Apreciación Directa", 125 muertos y 1250 heridos. El promedio de ambos resultados concluyó en 108 muertos y 1080 heridos en la zona en estudio, luego de ocurrido un sismo de gran intensidad.
  
- v) Haciendo una proyección de los resultados de la encuesta aplicada al tugurio típico estudiado, podemos sacar las siguientes conclusiones:
  - a. Aproximadamente un 75% de las familias residentes, tienen más de 20 años de asentamiento en el lugar; es decir, que toda una generación, como mínimo, se ha formado y consolidado en el medio ambiente que los rodea.
  
  - b. El aspecto económico es fundamental para la decisión de permanecer en el lugar de residencia actual. Llegamos a esta conclusión debido a que más del 50% de los usuarios consideran que las principales ventajas de vivir en la zona, son la cercanía a los centros de trabajo y servicios públicos, lo que implica un ahorro sustancial en gastos de movilidad, y lo conveniente que resulta pagar una bajísima renta por las viviendas que ocupan. Por ello, más del 60% de los pobladores consideran sus viviendas como hogar definitivo y no tienen expectativa de trasladarse a otros lugares,

aferrándose a su habitat actual, aún a riesgo de su integridad física y social.

- c. Aún así, más del 80% de los pobladores son conscientes que sus viviendas constituyen un serio peligro en caso de ocurrir un sismo, por la antigüedad de las mismas, y el estado precario en que se encuentran los materiales que la conforman.
- d. La mayoría de las personas consideran que ningún lugar dentro de la vivienda, constituye una zona segura de refugio en caso de sismo. Sin embargo, algunas otras respuestas, como el colocarse bajo el dintel de la puerta, son reflejo de las reacciones de las personas en sismos anteriores. Igualmente, más del 60% de los habitantes recurre a la vía pública como zona de refugio. Se hace necesario, entonces, brindar mayor seguridad a los pasadizos y patios, que configuran las zonas de circulación del interior hacia la calle.
- e. Aproximadamente el 15% de los pobladores, debido a la precaria situación económica que atraviesan, se quedarían sobre los escombros de sus casas, luego que ésta se destruyera por efecto de un sismo, ya que no tienen ningún otro lugar dónde acudir a refugiarse temporalmente. Es necesario, pues, acondicionar zonas de refugio temporales que puedan acoger a aquellos pobladores que queden sin hogar.
- f. Finalmente, los habitantes, en su totalidad, están dispuestos a participar en medidas de prevención sísmica, tanto en

ensayos de evacuación, como en la reparación y reforzamiento de sus deterioradas viviendas. En este último aspecto, es vital brindar asesoría técnica, porque casi un 90% de los usuarios no tienen ninguna experiencia en obras civiles.

**13.-** El modelo a escala reducida conservó los mismos defectos constructivos de las viviendas estudiadas en los tugurios visitados. De este modo, las conclusiones que presentamos a continuación, pueden ser aplicadas a todas las habitaciones de viviendas similares de la zona:

- i) El Período Fundamental de Vibración del modelo es 0.049seg., y su frecuencia fundamental 20.40 Hz. Es decir, que para las habitaciones de adobe cuyas habitaciones son del orden de 3m x 4.50m, una altura superior a 3.50m, y espesor de sus muros de 40cm., su Período Fundamental es aproximadamente 0.3 seg., y su frecuencia fundamental de vibración es del orden de 3.5Hz.
- ii) Durante el Ensayo de Colapso, los daños más importantes ocurrieron para aceleraciones superiores a 0.6g (0.100g a escala natural), en especial en los bordes superiores de los muros perpendiculares a la dirección del movimiento, debido a la carencia de una cadena superior de amarre que absorba los esfuerzos de flexión que se producen en esa zona del muro. Otros daños considerables ocurrieron en los encuentros entre muros perpendiculares, originándose grietas verticales a lo

largo de las esquinas, debido a trabas inadecuadas y deficientes.

- iii) Las viviendas con características similares al modelo, es decir, sin elementos de arriostre vertical ni horizontal, tienden a fallar primero por flexión y por tracción entre muros, y luego por corte, ocasionando que los agrietamientos en las paredes, y un posterior desprendimiento de bloques, ocurra en forma violenta, y no progresivamente, como en el caso de fallas por corte, poniendo en serio peligro a los moradores, ante la eventualidad de un sismo violento.
  
- iv) De acuerdo a los resultados del ensayo, y a las observaciones hechas en las viviendas visitadas, encontramos los siguientes defectos constructivos que aumentan la vulnerabilidad, y que permiten concluir que las viviendas de adobe estudiadas, han sido construídas con escasa seguridad ante los efectos de un sismo de gran intensidad:
  - a. Dimensionamiento incorrecto de los muros, como el excesivo largo y alto de los mismos.
  - b. Vanos de puertas y ventanas muy anchos, y poco empotramiento de los dinteles.
  - c. Mala calidad de los adobes y deficiente mano de obra en la colocación de los mismos.
  - d. Deficiente confinamiento y/o arriostre de los muros.
  - e. Se ha podido estimar que la gran mayoría de estas viviendas no tienen una base de cimentación que la proteja de la

humedad proveniente de las filtraciones de agua ocasionadas por la red de tuberías existentes.

- v) El requisito mínimo que se recomienda, es la colocación de un elemento perimetral en el extremo superior de los muros, para aumentar la rigidez, la resistencia a flexión y permitir un mayor amarre con el techo. Dicho elemento perimetral debe ser una viga collar embebida en las hiladas superiores del muro, que se adecúe a las características arquitectónicas de las viviendas, y que esté al alcance del nivel económico de los pobladores, tanto en los materiales que se empleen, como en el proceso constructivo.