

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE GRADUADOS



*Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad
Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada
de la Costa Peruana*

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO
DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL

Presentada por

Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Ing. Sabino Nicola Tarque Ruíz

Asesor

Dr. Marcial Blondet

Lima - Perú

Junio 2005

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor Dr. Ing. Marcial Blondet por el constante apoyo y dedicación al desarrollo de este proyecto.

A los alumnos de la PUCP Miguel Baca, Michael Dueñas, Roberto Flores, Sandra Godenzi, Johan Laucata, José Puente, Paúl Rojo y Carla Valdivieso, quienes recorrieron diferentes ciudades de la costa peruana para recolectar información sobre las construcciones informales.

A los profesionales de la PUCP que colaboraron de forma activa en la realización de la cartilla “Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería”.

A nuestros amigos José Acero, Rodwar Huanchuari, Manuel Monroe, Ana Bolaños y Jesús Vergara, quienes compartieron sus experiencias profesionales y conocimientos académicos durante los estudios de maestría.

A la Dirección Académica Investigación (DAI) de la PUCP y al Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO) por el apoyo económico brindado para la realización de las tareas de campo y para la elaboración de la cartilla. Al Earthquake Engineering Research Institute (EERI) por el tiraje de 450 cartillas y por la publicación de la versión electrónica de la cartilla en la página Web de la Enciclopedia Mundial.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) por el apoyo económico brindado para realizar los estudios de maestría y para la realización de la tesis.

DEDICATORIA

A DIOS Y A LA VIRGEN MARÍA

Gracias a Dios por haberme regalado la vida y permitirme ser parte de una familia sólida y unida.

A Santa María por guiarme cada instante en el camino del Señor Jesús.

A MIS PADRES

Quienes sabiamente me supieron guiar en la vida, siendo parte de mis planes, alegrías y tristezas.

A MIS HERMANOS

Por las enseñanzas que cada día recibo de ellos y por el ímpetu de seguir luchando en el arduo camino de la vida.

A MIS ABUELITOS Y TIOS

Quienes me brindaron su apoyo en cada instante de mi vida.

A MIS AMIGOS

A mis amigos, con quienes he compartido mis ideas y sueños, y en especial a quienes me apoyaron incondicionalmente.

MIGUEL MOSQUEIRA MORENO

DEDICATORIA

A DIOS

Por mostrarme cada día que tan
bella puede ser la vida
y que siempre hay una luz
para creer en nuestra existencia.

A MI ABUELO MARCOS Y A MI TÍA MECHE

Por haber compartido conmigo parte
de su vida y haberme enseñado que
con responsabilidad se logra muchas cosas.

A MI FAMILIA

Por el apoyo constante en todo momento
y ser parte siempre de mis
alegrías y tristezas, y de mis logros y fracasos.

NICOLA TARQUE RUÍZ

PRÓLOGO

En este proyecto se desarrolla una metodología simple para determinar el riesgo sísmico de viviendas informales de albañilería confinada. Para ello, se ha realizado un estudio sobre los errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de 270 viviendas construidas informalmente en 5 ciudades de la costa del Perú.

Las viviendas informales son construidas por pobladores, albañiles y maestros de obra, sin asesoramiento técnico o profesional. Muchas veces las viviendas informales son vulnerables ante los sismos y colapsan, causando innumerables pérdidas económicas y lamentables pérdidas de vida.

Para recolectar información sobre las construcciones informales se encuestaron un total de 270 viviendas ubicadas en Chiclayo (30), Trujillo (30), Lima (150), Ica (30) y Arequipa (30). Las tareas de recolección de información en campo se realizaron en fichas de encuesta por alumnos de la PUCP. Después la información recogida fue procesada en fichas de reporte donde se obtuvo la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. Luego, con la información obtenida se elaboró una base de datos para clasificar los principales defectos de las viviendas analizadas.

Los resultados obtenidos contribuyeron al desarrollo de una cartilla para la construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería confinada en zonas de alto peligro sísmico. La cartilla presenta información sobre cada paso del proceso constructivo en forma gráfica y con lenguaje muy simple. Se espera que, con una adecuada difusión, esta cartilla pueda servir para que los pobladores y albañiles puedan conocer mejor cómo pueden construir viviendas sismorresistentes de albañilería confinada.

Esta tesis está organizada en nueve capítulos y un apéndice distribuidos de la siguiente forma:

En el Capítulo 1, “Introducción”, se plantea el problema de las viviendas informales de albañilería de arcilla de la costa del Perú. Se describen los antecedentes de trabajo y se explica la justificación de esta investigación. Además, se muestran las hipótesis propuestas y los objetivos que se esperan cumplir.

En el Capítulo 2, “Marco teórico y metodología”, se presenta la relación que existe entre el problema particular de estudio y las teorías e investigaciones similares realizadas anteriormente. También, se presenta la metodología seguida y se explican los conceptos relacionados en el desarrollo de la investigación.

En el Capítulo 3, “Descripción de las zonas estudiadas”, se muestran las características geográficas, demográficas y socio económicas de las zonas donde se han realizado encuestas de viviendas informales.

En el Capítulo 4, “Fichas de encuesta y fichas de reporte”, se describen las fichas de encuesta y de reporte, y se explican detalladamente los cálculos para determinar el riesgo sísmico de las viviendas de albañilería.

En el Capítulo 5, “Defectos de la construcción de las viviendas informales”, se describen los problemas de ubicación, constructivos y estructurales más comunes de las viviendas autoconstruidas. También, se realiza un análisis de la calidad de mano de obra en la construcción de las viviendas.

En el Capítulo 6, “Base de datos de los errores constructivos”, se presentan tablas de conteo donde se han organizado estadísticamente los errores constructivos encontrados en las viviendas informales.

En el Capítulo 7, “Construcción de viviendas”, se desarrolla un conjunto de recomendaciones básicas para que el poblador pueda construir adecuadamente su vivienda sismorresistente de albañilería.

En el Capítulo 8, “Reparación y reforzamiento de viviendas”, se presenta un conjunto de recomendaciones básicas para la reparación y reforzamiento de viviendas sismorresistentes de albañilería. Se espera que con estas recomendaciones el poblador sea capaz de realizar reparaciones y reforzamientos sencillos.

Finalmente, en el Capítulo 9, “Conclusiones y recomendaciones”, se escriben las conclusiones del trabajo y se resumen los resultados de la investigación. Además, se muestran las recomendaciones para futuras líneas de investigación sobre vulnerabilidad de viviendas de albañilería.

El apéndice, “Cartilla de recomendaciones técnicas para la construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería”, contiene una cartilla gráfica que muestra cómo construir y reparar viviendas de albañilería confinada sismorresistente.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA.....	III
PRÓLOGO.....	V
CONTENIDO.....	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS	XIV
1 INTRODUCCIÓN	
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Antecedentes y justificación	1
1.3 Hipótesis.....	2
1.4 Objetivos.....	3
2 MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA	
2.1 Introducción.....	4
2.1 Marco teórico	4
2.2 Conceptos relacionados con la investigación.....	6
2.3 Metodología y plan de trabajo.....	10
3 DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS ESTUDIADAS	
3.1 Introducción.....	12
3.2 Ubicación de las viviendas en las zonas encuestadas	12
3.3 Características de las zonas encuestadas	18
3.4 Características demográficas de las zonas encuestadas.....	22
3.5 Características socioeconómicas	23
4 FICHAS DE ENCUESTA Y FICHAS DE REPORTE	
4.1 Introducción.....	25
4.2 Fichas de encuesta	25
4.3 Fichas de reporte	31

5 DEFECTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS INFORMALES	
5.1 Introducción.....	48
5.2 Problemas de ubicación las viviendas.....	48
5.3 Problemas estructurales de las viviendas.....	50
5.4 Problemas del proceso constructivo de las viviendas.....	56
5.5 Calidad de mano de obra.....	59
5.6 Otros problemas de las viviendas.....	60
6 BASE DE DATOS DE LOS DEFECTOS CONSTRUCTIVOS	
6.1 Introducción.....	63
6.2 Base de datos de la ciudad de Chiclayo.....	63
6.3 Base de datos de la ciudad de Trujillo.....	64
6.4 Base de datos de la ciudad de Carabayllo - Lima.....	66
6.5 Base de datos de la ciudad de Villa El Salvador - Lima.....	67
6.6 Base de datos de la ciudad de Puente Piedra - Lima.....	68
6.7 Base de datos de la ciudad de San Martín de Porres - Lima.....	69
6.8 Base de datos de la ciudad de Ate - Lima.....	71
6.9 Base de datos de la ciudad de La Molina - Lima.....	71
6.10 Base de datos de la ciudad de Chorrillos - Lima.....	73
6.11 Base de datos de la ciudad de Ica.....	74
6.12 Base de datos de la ciudad de Mollendo.....	75
6.13 Análisis cualitativo de la base de datos.....	76
6.14 Análisis cuantitativo de la base de datos.....	79
7 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS	
7.1 Introducción.....	81
7.1 Configuración estructural.....	81
7.2 Densidad de muros.....	84
7.3 Ubicación de viviendas.....	84
7.4 Limpieza, nivelación y trazado.....	86
7.5 Cimentación.....	88
7.6 Muros.....	90
7.7 Columnas de confinamiento.....	92
7.8 Vigas de confinamiento.....	96
7.9 Losa aligerada.....	97
7.10 Vigas.....	100
8 REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS	
8.1 Introducción.....	102
8.2 Reparación de viviendas.....	102
8.3 Reforzamiento de viviendas.....	117
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
9.1 Conclusiones.....	121
9.2 Recomendaciones.....	123

BIBLIOGRAFÍA 124

APÉNDICE

CARTILLA DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA
CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA..... 128



LISTA DE FIGURAS

Fig 1.01	Población y vivienda de los departamentos de la costa peruana (INEI 1993).....	2
Fig 2.01	Interacción de la placa Nazca con la Sudamericana (Disponible de: www.igm.cl/Terremoto.html)	7
Fig 2.02	Epicentro y foco (Disponible de: www.harcourtschool.com)	7
Fig 2.03	Tipos de ladrillo de arcilla (Fotos: San Bartolomé)	8
Fig 2.04	(a) Falla por flexión; (b) Falla por corte en muros de albañilería ante cargas paralelas a su plano (Fotos: San Bartolomé)	9
Fig 3.01	Ciudades de la costa donde se realizaron las encuestas	12
Fig 3.02	(a) Ciudad de Chiclayo (Telefónica 2003); (b) Viviendas encuestadas en la Urb. Las Brisas.....	13
Fig 3.03	(a) Ciudad de Trujillo; (b) Viviendas encuestadas en Víctor Larco; (c) Viviendas encuestadas en El Porvenir	15
Fig 3.04	(a) Ciudad de Ica; (b) Viviendas encuestadas en Pasaje Tinguiña Valle; (c) Viviendas encuestadas en el AA.HH. Señor de Luren	16
Fig 3.05	(a) Ciudad de Mollendo; (b) Viviendas encuestadas en El Progreso; (c) Viviendas encuestadas en Alto Inclán; (d) Viviendas encuestas en César Vallejo	18
Fig 3.06	Población de los departamentos encuestados (INEI, 2004)	22
Fig 3.07	Viviendas y servicios básicos en los distritos Limeños encuestados (INEI 1993).....	22
Fig 3.08	Viviendas y servicios básicos de los demás distritos encuestados (INEI 1993).....	23
Fig 3.09	Distribución socioeconómica de los hogares de la costa peruana	23
Fig 4.01	(a) 1ra página; (b) 2da página; (c) 3ra página de la ficha de encuesta.....	30
Fig 4.02	Fuerza cortante y momento en muro de vivienda de un piso	34
Fig 4.03	Fuerzas cortantes y momento en un muro de vivienda de dos pisos	34
Fig 4.04	Muro con 4 bordes arriostrados.....	37
Fig 4.05	Muro con 3 bordes arriostrados.....	37
Fig 4.06	Momento resistente M_r en un muro de albañilería	38
Fig 4.07	(a) 1ra página; (b) 2da página; (c) 3ra página de la ficha de reporte	47
Fig 5.01	Vivienda sobre relleno de nivel	49
Fig 5.02	Muro agrietado por asentamientos diferenciales.....	49
Fig 5.03	Vivienda sobre suelo no consolidado	49
Fig 5.04	Viviendas en pendiente pronunciada.....	50
Fig 5.05	Vivienda ubicada en suelo arenoso.....	50
Fig 5.06	Muros de ladrillo pandereta	51
Fig 5.07	(a) Pocos muros en la dirección X; (b) Adecuada cantidad de muros en X y Y	52
Fig 5.08	Hileras de ladrillos sobre viga solera.....	52
Fig 5.09	Muros con empuje lateral	53
Fig 5.10	Muros sin confinar.....	54
Fig 5.11	Tabiquería no arriostrada en segundo piso	54

Fig 5.12	Torsión en planta	55
Fig 5.13	Viviendas vecinas sin junta sísmica y losa de techo a desnivel	55
Fig 5.14	(a) Uso de bolsa de cemento en el encofrado; (b) Uso de latones y ladrillo en el encofrado.....	57
Fig 5.15	Acero de refuerzo expuesto.....	57
Fig 5.16	Junta de construcción horizontal en viga	58
Fig 5.17	Junta de construcción mal ubicada en vigas.....	58
Fig 5.18	Muro constituido con adobe y ladrillo de arcilla	59
Fig 5.19	Remoción de ladrillos en la unión muro, viga solera y techo	59
Fig 5.20	Baja calidad de mano de obra	60
Fig 5.21	Muro con eflorescencia	61
Fig 5.22	Muros con presencia de humedad	61
Fig 5.23	Baja calidad de ladrillo.....	62
Fig 5.24	Muros agrietados	62
Fig 7.01	Configuración estructural deficiente (SENA 2003).....	81
Fig 7.02	Configuración estructural adecuada (SENA 2003)	82
Fig 7.03	Plantas y elevaciones en una configuración estructural (Arnold y Reitherman 1987).....	82
Fig 7.04	Relación entre las dimensiones en viviendas	83
Fig 7.05	Muro con discontinuidad vertical en los vanos (Gallegos 1986)	83
Fig 7.06	Muro confinado.....	84
Fig 7.07	Zonas sísmicas del Perú (MTC 2003)	85
Fig 7.08	Suelo arcillo expansivo	86
Fig 7.09	Suelo de relleno.....	86
Fig 7.10	Limpieza del terreno	87
Fig 7.11	Nivelación del terreno (SENA 2001)	87
Fig 7.12	Corte y relleno (SENA 2001)	87
Fig 7.13	Baliza	88
Fig 7.14	Marcado del ancho de la cimentación (SENA 2001).....	88
Fig 7.15	El cimiento	88
Fig 7.16	Excavación de zanjas para la cimentación	89
Fig 7.17	Llenado de concreto en la cimentación.....	89
Fig 7.18	Sobrecimiento armado	90
Fig 7.19	Chuceado del sobrecimiento	90
Fig 7.20	Rayado del sobrecimiento	90
Fig 7.21	Construcción de muros de ladrillos	91
Fig 7.22	Muros portantes y no portantes.....	92
Fig 7.23	Distancia máxima entre columnas de confinamiento.....	93
Fig 7.24	Armado de las columnas	93
Fig 7.25	Columna de confinamiento	94
Fig 7.26	Encofrado de columnas.....	94
Fig 7.27	Chuceado del concreto de columna	95
Fig 7.28	Zonas de empalme en columnas	95
Fig 7.29	Viga de confinamiento	96
Fig 7.30	Estribos en vigas de confinamiento.....	96
Fig 7.31	Cubos de mortero	96
Fig 7.32	Conexión columna y viga de confinamiento	97

Fig 7.33	Sección transversal de una losa aligerada	97
Fig 7.34	Encofrado de losa aligerada	98
Fig 7.35	(a) Inadecuada ubicación de los centros de luz; (b) Adecuada ubicación de los centros de luz	98
Fig 7.36	Proceso de llenado de la losa aligerada	99
Fig 7.37	Viga peraltada	100
Fig 7.38	Junta de construcción para vigas y losas	101
Fig 8.01	Grietas estructurales (Iglesias y Robles 1988)	103
Fig 8.02	Grietas no estructurales (AIS 2002)	103
Fig 8.03	Grietómetro	104
Fig 8.04	Grietas no estructurales	104
Fig 8.05	Grieta de falla por corte (Flores y Blondet 2002)	104
Fig 8.06	Espesor de la grieta	104
Fig 8.07	Herramientas utilizadas en las perforaciones	105
Fig 8.08	Perforaciones con el taladro	105
Fig 8.09	Ubicación y profundidad de las perforaciones	105
Fig 8.10	Lavado de grietas (Black & Decker 2000)	105
Fig 8.11	Sellado de las grietas	106
Fig 8.12	Inyección de grietas con lechada de cemento	106
Fig 8.13	Inyección de grietas con lechada de mortero (AIS 2002)	106
Fig 8.14	Grieta de espesor mayor 1.5 mm. (Flores 2002)	107
Fig 8.15	Picado de la junta (Life books 1995)	107
Fig 8.16	Profundidad de la junta removida	107
Fig 8.17	Colocación de nuevo mortero (Life books 1995)	107
Fig 8.18	Extracción de ladrillo (Black & Decker 2000)	108
Fig 8.19	Colocación de nuevo mortero (Black & Decker 2000)	108
Fig 8.20	Colocación de nuevo ladrillo (Black & Decker 2000)	108
Fig 8.21	Grietas estructurales en vigas (Do Lago 1997)	109
Fig 8.22	Herramientas utilizadas en la inyección de grietas con resina epóxica	109
Fig 8.23	Inyección de grietas con resina epóxica	109
Fig 8.24	Inyección de grietas por gravedad	110
Fig 8.25	Acero corroído de aligerado (Flores 2002)	110
Fig 8.26	Acero corroído de columna (Flores 2002)	110
Fig 8.27	Cangrejera	111
Fig 8.28	Acero de refuerzo corroído	111
Fig 8.29	Picado de la zona afectada (Do Lago 1997)	111
Fig 8.30	Lijado de la superficie del acero (Do Lago 1997)	112
Fig 8.31	Refuerzo del acero con soldadura filete de un lado (Do Lago 1997)	112
Fig 8.32	Refuerzo del acero con soldadura tipo filete por ambos (Do Lago 1997)	113
Fig 8.33	Sección reparada (Do Lago 1997)	113
Fig 8.34	Eflorescencia en muro	114
Fig 8.35	Lavado de la zona afectada (Black & Decker 2000)	114
Fig 8.36	Aplicación de solución limpiadora (Black & Decker 2000)	115
Fig 8.37	Enjuague de la superficie con agua (Black & Decker 2000)	115
Fig 8.38	Humedad en muro de baño	115
Fig 8.39	Picado de muro	116

Fig 8.40	Fuga de agua en tubería rota.....	116
Fig 8.41	Fuga de agua en la unión de tuberías.....	116
Fig 8.42	Unión de conexiones. (Nisnovich 1998)	117
Fig 8.43	Ranurado del muro (AIS 2002)	117
Fig 8.44	Reforzamiento del muro (AIS 2002).....	118
Fig 8.45	Reparación de grietas gruesas.....	119
Fig 8.46	Picado del nudo viga columna	119
Fig 8.47	Pañeteo del muro.....	119
Fig 8.48	Perforación del muro.....	120
Fig 8.49	Fijado de la malla electrosoldada	120
Fig 8.50	Inyección de perforaciones.....	120



LISTA DE TABLAS

Tabla 3.01	Características generales de las zonas encuestadas.....	19
Tabla 3.02	Ingreso promedio según nivel socio económico.....	24
Tabla 4.01	Valores de α para muros de viviendas de uno o dos pisos.....	35
Tabla 4.02	Cálculo de la diferencia de valores entre las ecuaciones 4.4 y 4.6.....	35
Tabla 4.03	Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica.....	39
Tabla 4.04	Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.....	40
Tabla 4.05	Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.....	40
Tabla 4.06	Ejemplo para evaluar la vulnerabilidad sísmica.....	41
Tabla 4.07	Valores de los parámetros del peligro sísmico.....	41
Tabla 4.08	Rango de valores para el cálculo del peligro sísmico.....	41
Tabla 4.09	Combinaciones de los parámetros para la evaluación del peligro sísmico.....	42
Tabla 4.10	Ejemplo para evaluar el peligro sísmico.....	42
Tabla 4.11	Valores de la vulnerabilidad y peligro para el cálculo del riesgo sísmico.....	43
Tabla 4.12	Calificación del riesgo sísmico.....	43
Tabla 6.01	Problemas de ubicación en la costa norte y costa sur.....	77
Tabla 6.02	Problemas estructurales en la costa norte y costa sur.....	77
Tabla 6.03	Problemas del proceso constructivo en la costa norte y costa sur.....	78
Tabla 6.04	Calidad de la mano de obra en la costa norte y costa sur.....	78
Tabla 6.05	Otros defectos constructivos costa norte y sur.....	79
Tabla 6.06	Densidad inadecuada de muros.....	79
Tabla 6.07	Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas informales de albañilería confinada de la costa peruana.....	80
Tabla 7.01	Factores de zona de la NTE-E030.....	84
Tabla 7.02	Factores de suelo de la NTE-E030.....	84
Tabla 7.03	Longitud de traslape de acero.....	95

Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana

Nicola Tarque, Miguel Mosqueira

RESUMEN

La albañilería de ladrillos de arcilla confinada por elementos de concreto armado es considerada como “material noble” por los pobladores peruanos, y es por tanto un material de preferencia para la construcción de viviendas en el Perú. Muchos pobladores peruanos no tienen la posibilidad de contratar profesionales y recurren a la construcción informal para edificar sus viviendas en albañilería confinada. La mayoría de estas viviendas tienen problemas estructurales graves y son sísmicamente vulnerables.

En este proyecto se desarrolla una metodología simple para determinar el riesgo sísmico de viviendas informales de albañilería confinada. Esta metodología fue aplicada a una muestra de 270 viviendas distribuidas en 5 ciudades de la costa peruana (Chiclayo, Trujillo, Lima, Ica y Mollendo). Los datos de campo recogieron las principales características de ubicación, arquitectónicas, estructurales y constructivas de cada vivienda. La información obtenida se procesó en hojas de cálculo para determinar el riesgo sísmico de las viviendas ante sismos severos, y se elaboró una base de datos para clasificar los principales defectos de las viviendas analizadas.

Los resultados obtenidos contribuyeron al desarrollo de una cartilla para la construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería confinada en zonas de alto peligro sísmico. La cartilla presenta información sobre cada paso del proceso constructivo en forma gráfica y con lenguaje muy simple. Se espera que, con una adecuada difusión, esta cartilla pueda servir para que los pobladores y albañiles puedan conocer mejor cómo pueden construir viviendas sismorresistentes de albañilería confinada.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento anual de la población peruana es alrededor del 1,6% (www.inei.gob.pe), lo que origina un incremento en la demanda de viviendas para las nuevas familias que se van formando cada año. La albañilería de ladrillos de arcilla confinada por elementos de concreto armado es considerada como “material noble” por muchos pobladores, y es por tanto un material de preferencia para la construcción de viviendas en el Perú.

Debido a la deficiente situación económica, muchos pobladores peruanos no tienen la posibilidad de contratar profesionales y recurren a la construcción informal para edificar sus viviendas en albañilería confinada. El problema principal de la mayoría de estas viviendas es que tienen problemas estructurales graves y son sísmicamente muy vulnerables.

En esta tesis y en base a investigaciones preliminares (Flores 2002, Blondet et al. 2003) se ha podido establecer una metodología para determinar la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada. También se ha podido elaborar una cartilla para informar a la población cómo construir viviendas sismorresistentes.

Los resultados obtenidos en esta tesis sobre viviendas informales construidas en 5 ciudades de la costa peruana (Chiclayo, Trujillo, Lima, Ica y Mollendo) son alarmantes, pues de las viviendas analizadas el 84% tienen riesgo sísmico alto y el 16% tienen riesgo sísmico medio. Esto implica que las viviendas informales son inseguras y que todas sufrirían daños importantes ante un sismo severo (aceleración máxima de 0,4g). Ante esta situación, es imprescindible el planteamiento de investigaciones futuras que contribuyan a mitigar el riesgo sísmico en las viviendas informales. Este proyecto es un aporte para conocer la realidad de las viviendas informales de la costa peruana y establecer recomendaciones técnicas para la construcción y mantenimiento de viviendas seguras de albañilería de ladrillo de arcilla.

1.2 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La necesidad de vivienda para los habitantes de la costa peruana tiene relación directa con el incremento demográfico. A mayor población corresponde una mayor necesidad de viviendas (Fig. 1.01). En nuestro país, la población está concentrada en algunas ciudades principales como Lima, Trujillo, Chiclayo y Arequipa.

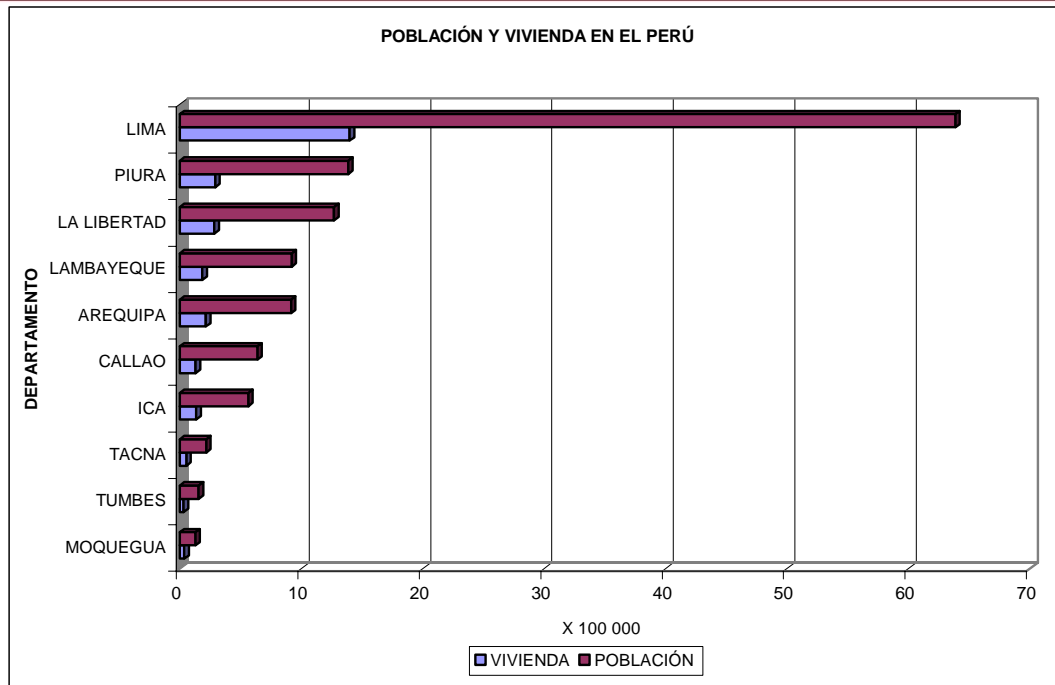


Fig. 1.01 Población y vivienda de los departamentos de la costa peruana (INEI 1993)

Debido a que muchas veces los pobladores no cuentan con los medios económicos suficientes para una adecuada construcción de sus viviendas, muchos de ellos optan por construir sus viviendas informalmente. Es decir, con escasa dirección técnica y profesional que asegure una construcción de calidad.

Recientes investigaciones realizadas en distritos de la ciudad de Lima (Flores 2002, Blondet et al. 2003) revelan la mala calidad estructural de las viviendas construidas informalmente. Estas viviendas no tendrían un buen comportamiento sísmico y podrían colapsar, ocasionando pérdidas materiales y de vidas. Es necesario, por tanto, conocer y mitigar el riesgo sísmico de las viviendas de albañilería. Para ello se plantea la elaboración una metodología rápida para la evaluación del riesgo sísmico y el desarrollo de una cartilla con recomendaciones constructivas. Con la difusión de la cartilla se mostrará a los pobladores, albañiles y maestros de obra cómo construir viviendas sismorresistentes.

1.3 HIPÓTESIS

- Las viviendas construidas informalmente en la costa peruana son sísmicamente vulnerables.
- Es posible elaborar una metodología para la evaluación rápida del riesgo sísmico de viviendas.
- Las encuestas en las viviendas seleccionadas muestran información sobre la construcción informal en albañilería de ladrillo de la costa peruana.

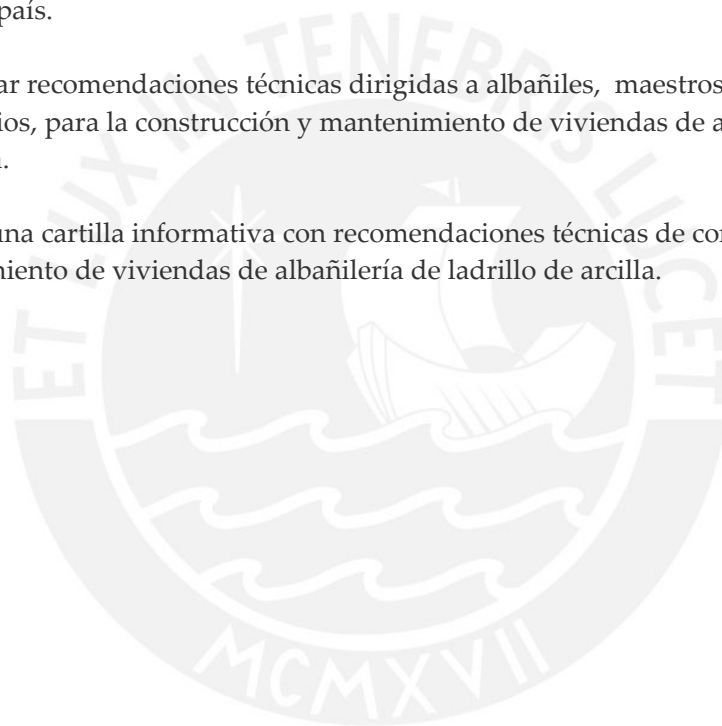
- La difusión masiva de una cartilla de recomendaciones técnicas puede contribuir a mitigar el riesgo sísmico de las viviendas informales.

1.4 OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es contribuir a la reducción del riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada construidas informalmente en la costa del país.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Generar una base de datos de los errores estructurales y constructivos más frecuentes de las viviendas de albañilería de ladrillo de arcilla, construidas informalmente en la costa del país.
- Desarrollar recomendaciones técnicas dirigidas a albañiles, maestros de obra y propietarios, para la construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería confinada.
- Generar una cartilla informativa con recomendaciones técnicas de construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería de ladrillo de arcilla.



2 MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el marco teórico de la investigación, que tiene por objetivo relacionar el problema en estudio (riesgo sísmico de las viviendas informales) con las teorías, conceptos e informes relacionados con el tema. Se explican algunos términos relacionados a los sismos y a la albañilería confinada. Además, se muestra la metodología de la investigación y se explica cada uno de los pasos realizados.

2.2 MARCO TEÓRICO

En muchos países en desarrollo, las viviendas informales son construidas sin asesoramiento técnico ni profesional. Estas viviendas muchas veces presentan serios problemas respecto a su ubicación, configuración estructural y proceso constructivo, que las hacen muy vulnerables ante los sismos (Flores 2002, Blondet et al. 2003).

La vulnerabilidad sísmica es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones realizadas por el hombre durante un sismo. La vulnerabilidad refleja la falta de resistencia de una edificación frente a los sismos (Bommer et al. 1998) y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción (Kuroiwa 2002).

El peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia de movimiento sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo definido. El peligro también puede incluir otros efectos que el mismo sismo genera, como derrumbes y licuefacción de suelos (Bommer et al. 1998).

El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett 2003, Barbart 1998). También, el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como: $Riesgo = Peligro \times Vulnerabilidad$ (Fourier d'Albe 1988, Kuroiwa 2002). Esta evaluación de riesgo es en forma individual para cada estructura.

Cuando se desea calcular el riesgo sísmico de una determinada zona, entonces la ecuación del riesgo sísmico se ve afectada por la densidad poblacional: $Riesgo = Peligro \times Exposición \times Vulnerabilidad \times Costo$ (Bommer et al. 1998). En este caso el riesgo sísmico es medido en términos de pérdidas de vidas o económicas.

La exposición es el número de personas o viviendas de la zona, o el valor productivo del comercio del lugar. El costo está relacionado al número de personas en cada vivienda o valor monetario de reparación de cada vivienda (Bommer et al. 1998).

En la actualidad, los procedimientos y herramientas para el análisis de la vulnerabilidad y peligro sísmico se encuentran muy avanzados. Las teorías para el análisis de la vulnerabilidad van desde técnicas directas de campo, basada en observaciones, hasta técnicas probabilísticas con análisis computacionales no lineales de las estructuras (Bonett 2003). Las teorías para el análisis del peligro sísmico involucra la evaluación de fuentes sismogénicas del área de estudio (Sarria 1995).

En este trabajo se propone una metodología simple para evaluar de forma rápida el riesgo sísmico en viviendas de albañilería confinada. En base a la ecuación propuesta por Fourier d'Albe (1988) y a lo sustentado por Kuroiwa (2002), se ha establecido al riesgo sísmico como la suma de la evaluación de la vulnerabilidad y del peligro sísmico: $Riesgo = (0,5 \times Vulnerabilidad) + (0,5 \times Peligro)$. El riesgo sísmico ha sido dividido en tres niveles: alto, medio y bajo.

La metodología fue aplicada a 270 viviendas ubicadas en 5 ciudades de la costa peruana: Chiclayo, Trujillo, Lima, Ica y Mollendo. Aunque no se siguió una metodología estadística para seleccionar las viviendas encuestadas, se asume que las construcciones en estas ciudades son representativas de toda la costa.

En la evaluación de la vulnerabilidad (alta, media o baja) se ha considerando el análisis de la densidad de muros, la calidad de mano de obra y materiales, y la estabilidad de tabiques y parapetos.

La densidad de muros en viviendas es la división del área de muros requerida A_m para el buen comportamiento sísmico entre el área de la planta A_p (San Bartolomé 1998). La Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030 establece la ecuación para calcular la fuerza sísmica V que una estructura tendrá ante sismos raros (0,4g): $V = Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P / R$. La fuerza sísmica está en función de la zona sísmica Z (para la costa $Z=0,4$), del uso U de la estructura (para el caso de viviendas $U=1$), del tipo de suelo S , del factor de amplificación sísmica C , del peso P de la estructura y de la reducción R por ductilidad (MTC 2003).

Los edificios de albañilería confinada, sometidos a fuerzas sísmicas, muestran casi siempre falla por corte como falla predominante. La capacidad resistente al corte VR de un muro de albañilería está en función de la resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería ($v'm$), de la reducción por esbeltez (α), de las dimensiones en planta del muro (t , l) y de una carga reducida que soporta el muro ($0,23Pg$): $VR = 0,5v'm \cdot \alpha \cdot t \cdot l + 0,23Pg$ (San Bartolomé 1998).

En este proyecto el cálculo de la densidad mínima de muros para cada vivienda se basó en la comparación de la fuerza sísmica V , dividida entre el área requerida de muros (A_m),

y la sumatoria de las capacidades resistentes VR de cada muro, dividida entre el área de muros existentes (Ae): $V/Am = \sum VR/Ae$.

La calidad de mano de obra y de materiales (buena, regular, o mala calidad) fueron evaluados directamente por la persona que realizó el levantamiento de información en campo. La evaluación de la estabilidad de parapetos y tabiques se basa en la comparación del momento actuante debido a cargas perpendiculares al plano del muro (San Bartolomé 1998) y el momento resistente paralelo al plano del muro.

En la evaluación del peligro sísmico (alto, medio o bajo) se está considerando el análisis de la sismicidad, del tipo de suelo y de la topografía de la zona sobre la que está construida la vivienda. En la metodología planteada, la sismicidad y tipo de suelo se clasifica de acuerdo a la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030 (MTC 2003), donde se establece que la costa es una zona de sismicidad alta. La evaluación de la topografía (plana, media o pronunciada) es realizada durante el trabajo de campo.

Con la evaluación de la vulnerabilidad y peligro sísmico es posible determinar si el riesgo es alto, medio o bajo.

El riesgo sísmico alto significa que la vivienda sufrirá daños importantes ante un sismo raro (0,4g). Existe gran probabilidad que la vivienda colapse ya que no tiene adecuada densidad de muros y se encuentra sobre suelo blando. El riesgo sísmico medio significa que la vivienda tiene aceptable densidad de muros y se encuentra sobre un suelo rígido o flexible. Los muros de la vivienda podrían sufrir daños menores y algunos parapetos podrían colapsar parcial o totalmente. El riesgo sísmico bajo significa que la vivienda tiene adecuada densidad de muros y la calidad de construcción es regular a buena. La vivienda se encuentra sobre suelo rígido sin pendiente y solo podría sufrir el colapso parcial o total de los parapetos.

Los resultados obtenidos de la evaluación del riesgo sísmico serán indicadores del comportamiento sísmico y de la calidad constructiva de las viviendas informales de la costa peruana.

A nivel mundial, y en especial en Latinoamérica, existen cartillas que muestran el adecuado proceso constructivo de viviendas. La finalidad de las cartillas es que a través de ellas se enseñe la forma correcta de construcción a las personas autoconstruidoras, quienes no tienen posibilidades económicas de contratar a un profesional (Taucer F y Papanikolaou 2003). En este trabajo también se ha desarrollado una cartilla de recomendaciones técnicas constructivas y de mantenimiento para viviendas sismo resistentes de albañilería confinada.

2.3 CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA INVESTIGACIÓN

A continuación se explican los conceptos relacionados con la investigación.

2.3.1 Los sismos

Los sismos son perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo. El origen de los sismos en nuestro territorio se debe principalmente a la interacción de la placa Nazca (placa oceánica) con la placa Sudamericana (placa continental) (Fig. 2.01). Frente a la costa del Perú se produce el fenómeno de subducción en el que la placa Nazca se introduce debajo de la placa Sudamericana. Cuando se presenta un movimiento relativo entre estas dos placas se generan ondas sísmicas, que producen el movimiento del suelo.

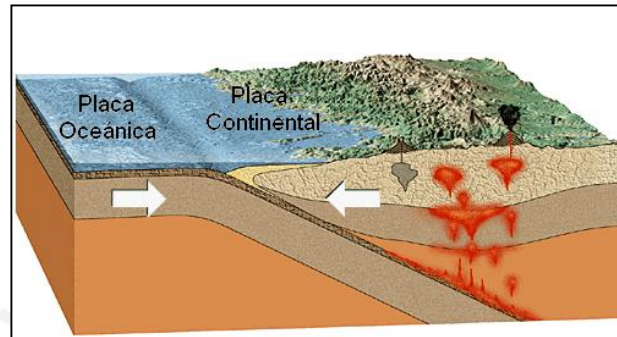


Fig. 2.01 Interacción de la placa Nazca con la Sudamericana
(Disponible de: www.igm.cl/Terremoto.html)

Las ondas sísmicas se clasifican en ondas de cuerpo y en ondas de superficie. Las ondas de cuerpo son aquellas que se transmiten desde el interior de la corteza terrestre hacia la superficie. En cambio, las ondas superficiales solo se transmiten sobre la superficie y son las más perjudiciales para las edificaciones.

Para el estudio de los sismos es necesario conocer dos puntos imaginarios. Uno de ellos es el foco o hipocentro, que es el centro de propagación de las ondas sísmicas. El foco se idealiza como un punto en la superficie de falla donde se inicia la ruptura. El otro punto importante es el epicentro, que es la proyección del foco sobre la superficie terrestre (Fig. 2.02).

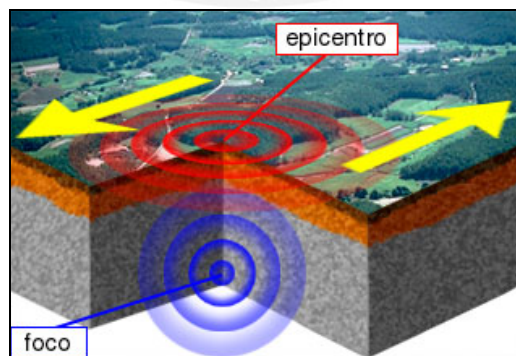


Fig. 2.02 Epicentro y foco (Disponible de: www.harcourtschool.com)

Los sismos pueden ser medidos en función de su magnitud y de su intensidad. La magnitud está relacionada a la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas (Sarria 1995). La intensidad es la medida o estimación empírica de la

vibración o sacudimiento del suelo. La intensidad de un sismo se mide teniendo en cuenta los daños causados en las edificaciones y en la naturaleza a través de cómo el hombre percibe las vibraciones sísmicas (Kuroiwa 2002).

2.3.2 Unidad de albañilería de arcilla

La unidad de albañilería (ladrillo) es el componente básico para la construcción de la albañilería (Gallegos 1986). Los ladrillos son hechos artesanalmente o industrialmente, y se caracterizan físicamente por tener buenas propiedades acústicas y térmicas. La principal propiedad mecánica del ladrillo es su resistencia a la compresión. Las unidades de albañilería pueden ser hechas de arcilla, concreto o cal. En este proyecto solo se han estudiado las viviendas de ladrillo de arcilla.

Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones y pesos que los hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado (Arango 2002). El ladrillo tradicional de arcilla tiene un ancho entre 12 a 14 cm, un largo entre 23 a 24 cm, y un alto entre 9 a 10 cm.

Los ladrillos de arcilla más usados en las construcciones de viviendas son los mostrados en la Fig. 2.03. El ladrillo sólido o macizo puede tener alvéolos perpendiculares a la cara de asiento. La suma de las áreas de los alvéolos no debe ser mayor al 25% del área de la sección bruta del ladrillo. Los ladrillos perforados necesariamente tienen alvéolos cuyas áreas suman más del 25% del área de la sección bruta del ladrillo. Los ladrillos pandereta o tubulares tienen perforaciones paralelas a la cara de asiento.

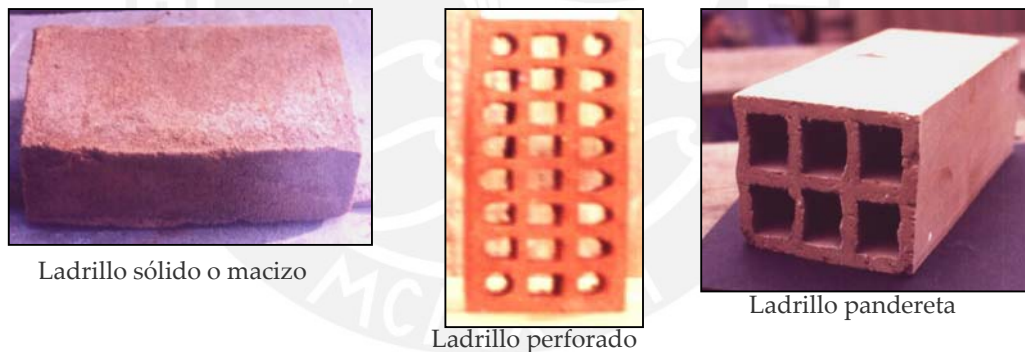


Fig. 2.03 Tipos de ladrillo de arcilla (Fotos: San Bartolomé)

2.3.3 Mortero

El mortero es un adhesivo que une y cubre las irregularidades de los ladrillos de arcilla con relativa estabilidad en el proceso constructivo (Gallegos 1986). El mortero se elabora con una mezcla de cemento, arena y agua. Algunas veces al mortero se le agrega cal para darle mayor capacidad de retención del agua de mezclado (retentividad).

La cantidad de agua que se le adiciona a la mezcla de cemento y arena debe ser la necesaria para que la mezcla sea trabajable. El ladrillo al absorber parte del agua de mezcla permite una mejor adhesión con el mortero.

2.3.4 Albañilería confinada

La albañilería confinada es un material estructural compuesto por unidades asentadas con mortero y reforzada con elementos de confinamiento de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras) (Gallegos 1986).

Los muros confinados son los elementos de las viviendas que resisten las fuerzas horizontales que producen los sismos. A mayor cantidad de muros construidos paralelos y perpendiculares a la fachada, entonces mejor será el comportamiento de las viviendas durante los sismos. Las cargas verticales también son soportadas por los muros confinados, quienes transmiten las cargas provenientes de las losas hasta la cimentación.

La fuerza sísmica paralela al plano de los muros puede ocasionar dos tipos de fallas en los muros: la falla por flexión y la falla por corte (San Bartolomé et al. 2001). La falla por flexión produce grandes esfuerzos de tracción y compresión en las base de las columnas y produce grietas horizontales en la base de los muros (Fig. 2.04, a). La falla por corte produce la separación de la albañilería y del confinamiento. Los muros confinados empiezan a comportarse como pórticos contra ventados con diagonales en compresión. Este tipo de falla produce también grietas diagonales en el muro confinado (Fig. 2.04, b).

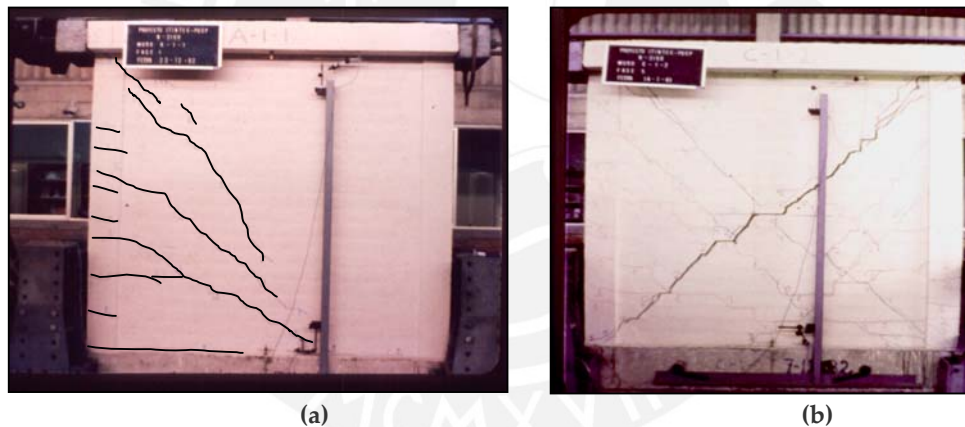


Fig. 2.04 (a) Falla por flexión; (b) Falla por corte en muros de albañilería ante cargas paralelas a su plano (Fotos: San Bartolomé)

La fuerza sísmica perpendicular al plano de los muros puede ocasionar el volteo de los muros. Sin embargo, si el muro está confinado, tiene las columnas a una distancia menor al doble de la altura del entrepiso (h) y tiene un espesor efectivo mayor que $h/20$, entonces se puede afirmar que el muro no podrá fallar ante cargas perpendiculares (San Bartolomé 1998).

2.3.5 Tabiquería

Los tabiques son muros cuyo único fin es la separación de ambientes. Los tabiques no se diseñan como parte de los elementos de la vivienda que resisten la fuerza sísmica. Los tabiques solo soportan cargas generadas por su propio peso y deben ser construidos con ladrillos panderetas o tubulares.

2.4 METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Para el desarrollo del proyecto se han realizado investigaciones de campo y teóricas. La investigación de campo consistió en las encuestas realizadas por alumnos de la PUCP a las viviendas informales seleccionadas. La investigación teórica involucró el desarrollo de las fichas de encuesta y de reporte, el análisis del riesgo sísmico de las viviendas, la elaboración de la base de datos con los errores constructivos y la elaboración de la cartilla con recomendaciones para la construcción.

La metodología para el desarrollo de la investigación fue la siguiente:

a) Investigación bibliográfica

Se buscó información sobre estudios de riesgo sísmico en viviendas de albañilería confinada. El documento que sirvió de base para esta investigación fue la tesis “Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima” (Flores 2002). También se buscó informaciones sobre cartillas y manuales de construcción elaboradas anteriormente.

b) Selección de las zonas a encuestar

Las ciudades escogidas para realizar las encuestas fueron Chiclayo, Trujillo, Lima, Ica y Mollendo. En cada una de estas ciudades los alumnos de la PUCP realizaron visitas previas a las zonas seleccionadas y coordinaron con entidades como SENCICO para que tengan facilidad de transporte y de acceso a las poblaciones. Las zonas seleccionadas debían poseer características representativas de la ciudad a la que pertenecen, como tipo de suelo, topografía y tipo de construcciones.

c) Elaboración de las fichas de encuesta y de reporte

En hojas de cálculo de MS Excel se elaboraron fichas (modelos) de encuesta y de reporte. Las fichas de encuesta sirvieron para recolectar información en campo sobre las características constructivas de las viviendas de albañilería. Las fichas de reporte se utilizaron para sintetizar la información recogida en las fichas de encuesta y realizar el análisis del riesgo sísmico de las viviendas de forma automática.

d) Trabajo de campo

Luego de haber seleccionado las zonas a encuestar, el grupo de alumnos de la PUCP realizaron las encuestas a las viviendas informales a las que tenían acceso. Muchas veces los moradores no deseaban que sus viviendas sean encuestadas puesto que temían ser afectados con el pago de algún impuesto. El llenado de las fichas de encuesta así como el croquis de cada vivienda fue hecho a mano.

e) Proceso de datos

Después de culminado el proceso de encuesta se realizó el llenado de las fichas de reporte. En estas fichas se resumieron y se agruparon los errores arquitectónicos, estructurales y constructivos de cada vivienda encuestada. También se realizaron análisis sísmicos simplificados para determinar la vulnerabilidad sísmica de cada vivienda. El peligro sísmico fue determinado en base a la topografía de la zona, tipo de suelo y zona sísmica

sobre la cual la vivienda fue construida. El cálculo del riesgo sísmico se generó automáticamente en cada ficha de reporte.

f) Elaboración de la base de datos

Se elaboró una base de datos reunió de forma estadística los problemas arquitectónicos, estructurales y constructivos de las viviendas encuestadas. Esta base nos da una idea de los errores más frecuentes en las viviendas informales de la costa del Perú.

g) Elaboración de las recomendaciones constructivas

Se realizaron un conjunto de recomendaciones constructivas y de mantenimiento para la construcción de viviendas sismorresistentes de albañilería.

h) Elaboración de la cartilla

Con el conjunto de recomendaciones técnicas se pudo elaborar una cartilla que mostrara de forma gráfica y simple el adecuado procedimiento constructivo de viviendas sismorresistentes de albañilería.



3 DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS ENCUESTADAS

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las características generales de las zonas encuestadas como los tipos de suelo, relieves, demografía y estadísticas socio-económicas. Además se muestra el porcentaje de viviendas que han sido construidas con mano de obra de buena, regular y mala calidad. Una característica común en todas las ciudades encuestadas es que las viviendas son construidas sin asesoramiento técnico. Los datos estadísticos consignados en este capítulo se basan en la información proporcionada en el último censo y de las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI 1993, 2004).

3.2 UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS EN LAS ZONAS DE ENCUESTA

Las ciudades donde se realizaron las encuestas fueron Chiclayo, Trujillo, Lima, Ica y Mollendo (Fig. 3.01, 3.02, 3.03, 3.04, 3.05).

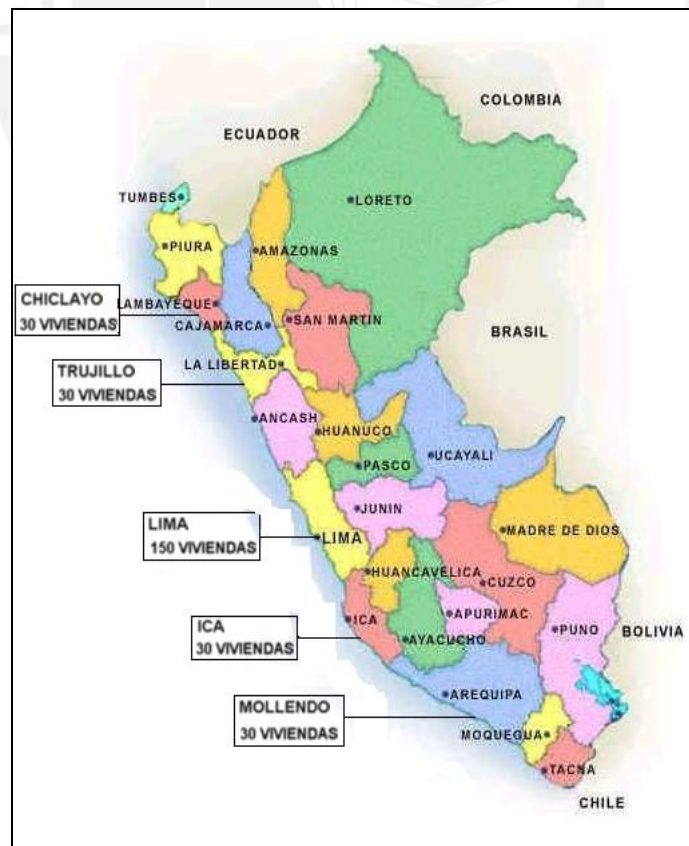
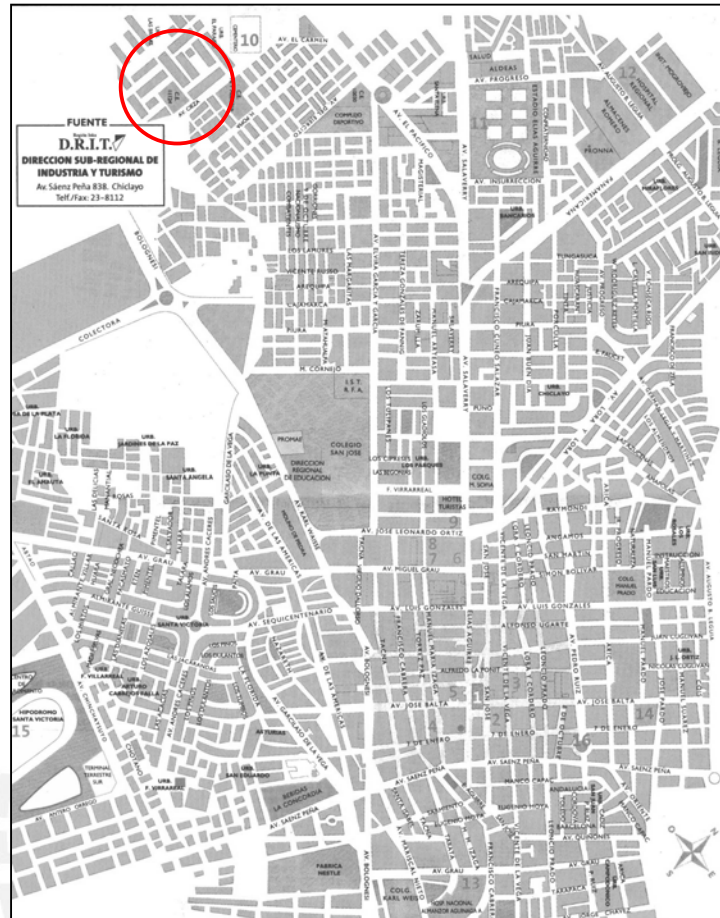
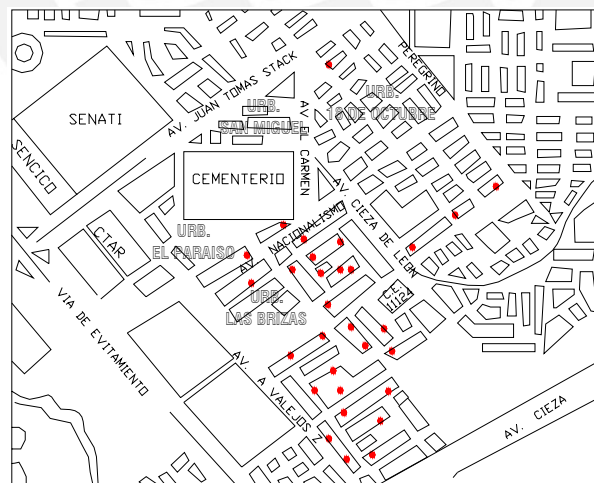


Fig. 3.01 Ciudades de la costa donde se realizaron las encuestas

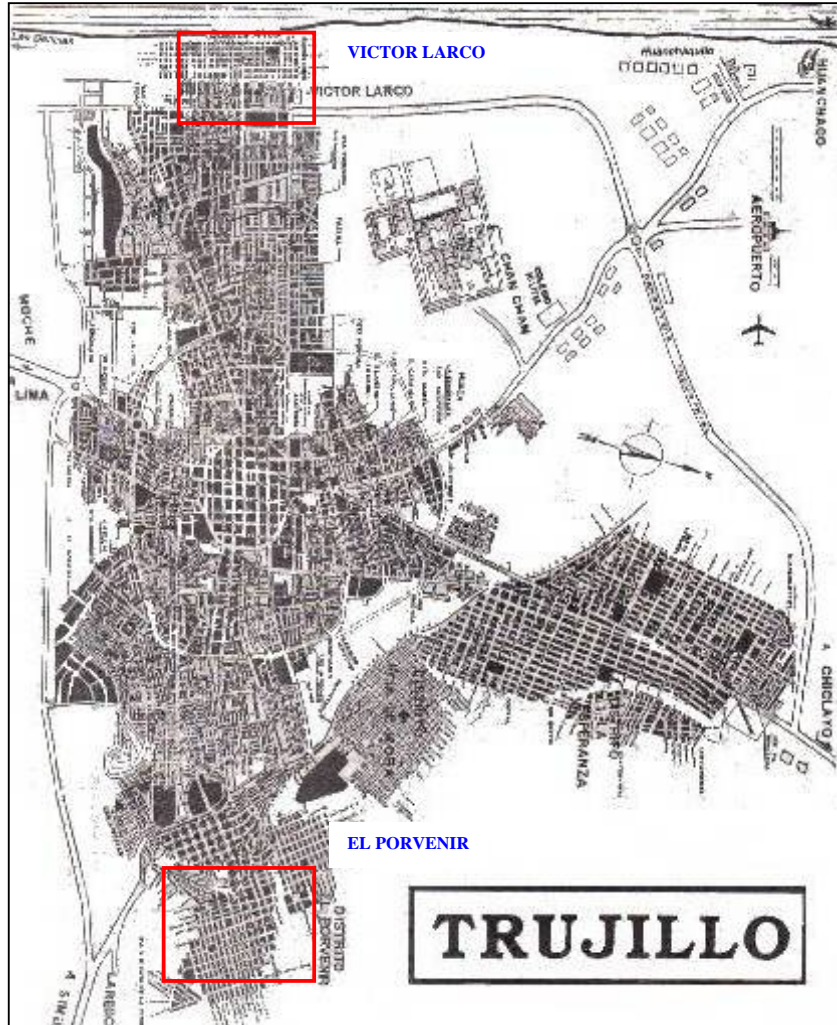


(a)

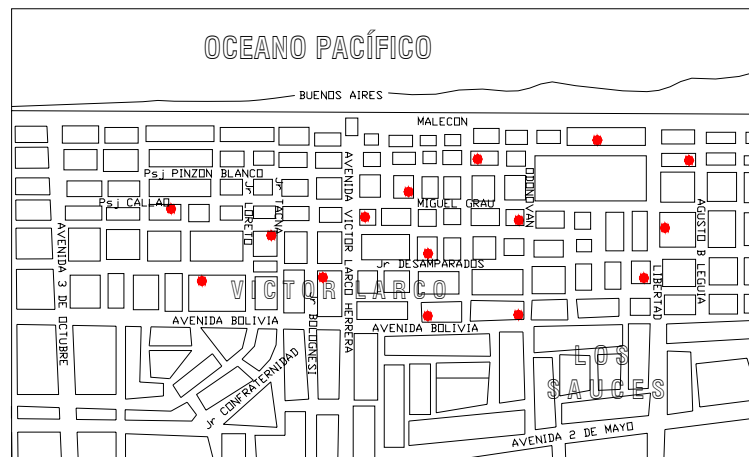


(b)

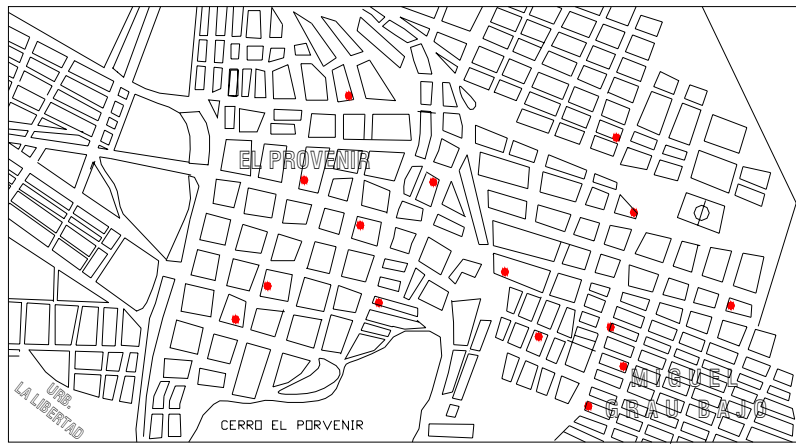
**Fig. 3.02 (a) Ciudad de Chiclayo (Telefónica 2003);
(b) Viviendas encuestadas en la Urb. Las Brisas**



(a)

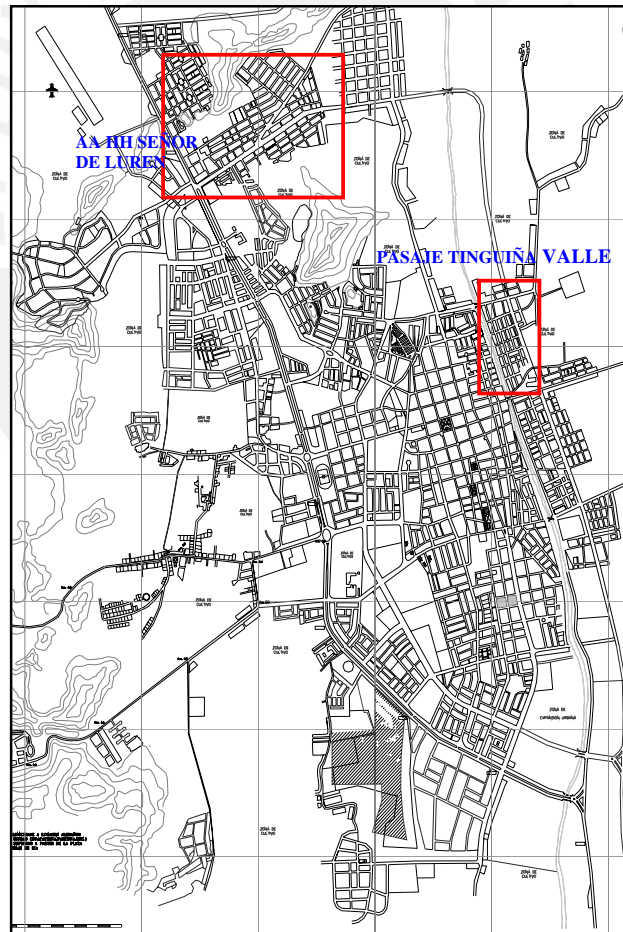


(b)

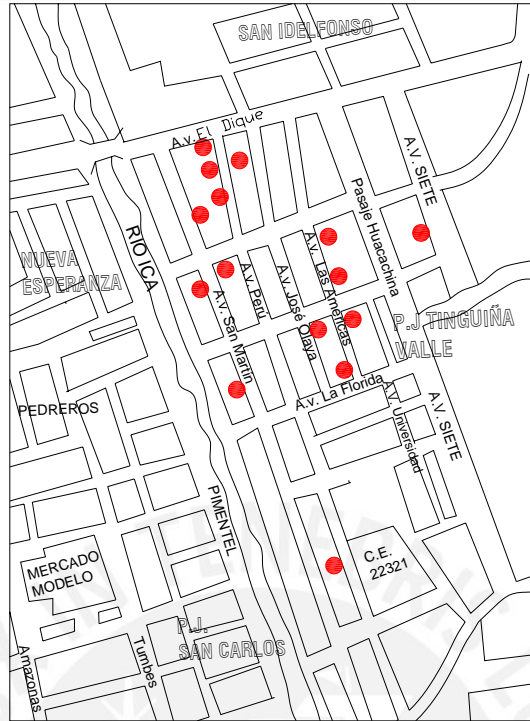


(c)

Fig. 3.03 (a) Ciudad de Trujillo; (b) Viviendas encuestadas en Víctor Larco; (c) Viviendas encuestadas en El Porvenir



(a)

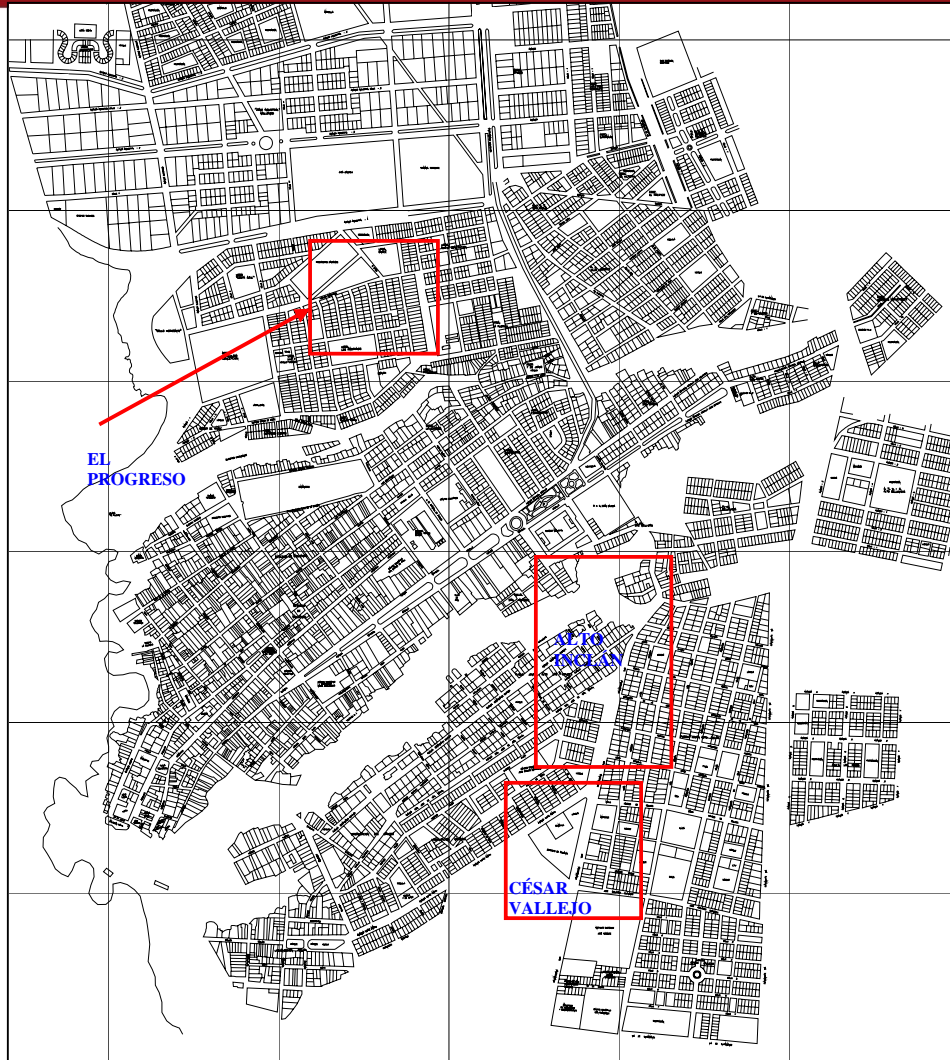


(b)



(c)

Fig. 3.04 (a) Ciudad de Ica; (b) Viviendas encuestadas en Pasaje Tinguina Valle; (c) Viviendas encuestadas en el AA.HH. Señor de Luren



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 3.05 (a) Ciudad de Mollendo; (b) Viviendas encuestadas en El Progreso; (c) Viviendas encuestadas en Alto Inclán; (d) Viviendas encuestadas en César Vallejo

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS ENCUESTADAS

Las características principales de las zonas encuestadas se muestran en la tabla 3.01.

Tabla 3.01 Características generales de las zonas encuestadas

CIUDAD	ZONA DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS	Nº DE ENCUESTAS	ENCUESTADOR
Chiclayo (Fig. 3.02, a)	Urbanización Las Brisas (Fig. 3.02, b)	Suelo areno arcilloso Relieve plano Diseño de las viviendas con asesoramiento del Banco de Materiales Construcción de viviendas realizadas sin asesoramiento técnico 90% de las viviendas construidas con mano de obra de calidad media y el resto con mano de obra de calidad baja	30	Sandra Godenzi
Trujillo (Fig. 3.03, a)	Distrito Víctor Larco (Fig. 3.03, b)	93% de las viviendas ubicadas sobre suelo arenoso Relieve plano Nivel freático cercano a la superficie Diseño de las viviendas con asesoramiento del Banco de Materiales Construcción de viviendas realizadas sin asesoramiento técnico 53% de las viviendas construidas con mano de obra de buena calidad, 35% con mano de obra de calidad media, y el resto con mano de obra de calidad baja	15	Johan Laucata
	Distrito de El Porvenir (Fig. 3.03, c)	Suelo areno gravoso Topografía variada con presencia de llanuras y afloramientos rocosos Diseño de las viviendas con asesoramiento del Banco de Materiales Construcción de viviendas realizadas sin asesoramiento técnico 41% de las viviendas construidas con mano de obra de buena calidad, 51% con mano de obra de calidad media, y el resto con calidad baja	15	
Lima	Distrito de Carabayllo	Suelo variado. Predomina el areno limoso en 48% y el rocoso en 22% Topografía variada con pendientes de suave a elevada Viviendas diseñadas y construidas sin asesoramiento técnico 68% de las viviendas construidas con mano de obra de calidad media, 20% con mano de obra de baja calidad, y el resto con mano de obra de buena calidad	50	Roberto Flores y Michael Dueñas

Tabla 3.01 (continua) Características generales de las zonas encuestadas

CIUDAD	ZONA DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS	Nº DE ENCUESTAS	ENCUESTADOR
Lima	Distrito de Villa el Salvador	Suelo arenoso no consolidado Topografía plana Viviendas diseñadas y construidas sin asesoramiento técnico 60% de las viviendas construidas con mano de obra de calidad media, 24% con mano de obra de calidad baja, y el resto con mano de obra de buena calidad	50	Roberto Flores y Michael Dueñas
	Distrito de Puente Piedra	Suelo arcilloso Viviendas diseñadas y construidas sin asesoramiento técnico 93% de las viviendas construidas con mano de obra de calidad media y el resto con mano de obra de calidad baja	15	Paúl Rojo y José Puente
	Distrito de San Martín de Porres	Suelo arenoso no consolidado Viviendas diseñadas y construidas sin asesoramiento técnico Viviendas construidas con mano de obra de calidad media	10	
	Distrito de Ate	Suelo gravoso Topografía variada con pendiente moderada Viviendas construidas sin asesoramiento técnico 80% de las viviendas construidas con mano de obra de calidad media y el resto con mano de obra de buena calidad	5	Paúl Rojo y José Puente
	Distrito de La Molina	90% de las viviendas se ubicadas sobre suelo arenoso y el resto sobre suelo rocoso Topografía llana rodeada de afloramientos rocosos Viviendas construidas sin asesoramiento técnico Viviendas construidas con mano de obra de calidad media	10	
	Distrito de Chorrillos	Suelo arenoso Nivel freático cercano a la superficie Viviendas construidas sin asesoramiento técnico Viviendas construidas con mano de obra de calidad media	10	

Tabla 3.01 (continua) Características generales de las zonas encuestadas

CIUDAD	ZONA DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS	Nº DE ENCUESTAS	ENCUESTADOR
Ica (Fig. 3.04, a)	Pasaje Tinguíña Valle (Fig. 3.04, b)	Suelo areno limoso Topografía llana, expuesta a inundación por estar cerca al río Ica Diseño de las viviendas con asesoramiento del Banco de Materiales Construcción de viviendas realizadas sin asesoramiento técnico 67% de las viviendas construidas con mano de obra de calidad baja, 30% con mano de obra de calidad media, y el resto con mano de obra de buena calidad	15	Carla Valdivieso
	A.A.H.H. Señor de Luren (Fig. 3.04, c)	Suelo conformado por arenas no consolidadas Topografía llana, expuesta a licuación de suelos Diseño de las viviendas con asesoramiento del Banco de Materiales Construcción de viviendas realizadas sin asesoramiento técnico 67% de las viviendas construidas con mano de obra de calidad baja y el 30% con mano de obra de calidad media	15	
Arequipa (Fig. 3.05, a)	El Progreso (Fig. 3.05, b)	Suelo rocoso Topografía escabrosa con grandes pendientes Vulnerable a inundaciones por encontrarse en márgenes de quebrada Viviendas construidas sin asesoramiento técnico Viviendas construidas con mano de obra de baja calidad	15	Miguel Baca
	Alto Inclán <(Fig. 3.05, c)	Suelo arenoso Topografía variada con pendiente suave a moderada Construcciones sin asesoramiento técnico durante la construcción Viviendas construidas con mano de obra de baja calidad	5	
	César Vallejo (Fig. 3.05, d)	Suelo rocoso Topografía llana Viviendas construidas sin asesoramiento técnico Viviendas construidas con mano de obra de baja calidad	10	

3.4 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS DE LAS ZONAS ENCUESTADAS

El departamento de Lima es el más poblado del Perú (Fig. 3.06) con aproximadamente 8 millones de habitantes (cerca de la tercera parte de la población peruana).

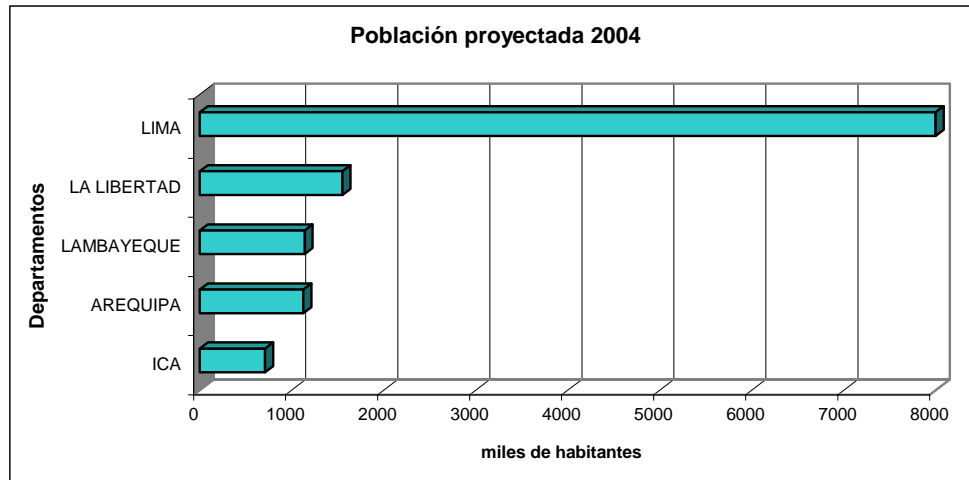


Fig. 3.06 Población de los departamentos encuestados (INEI, 2004)

Los distritos más poblados de la provincia de Lima son Lima, San Martín de Porres y Villa el Salvador con un promedio de 5 habitantes por vivienda. El 14 % de las viviendas encuestadas en Lima no cuenta con servicio de desagüe, y el 45% no tiene alumbrado eléctrico (Fig. 3.07).

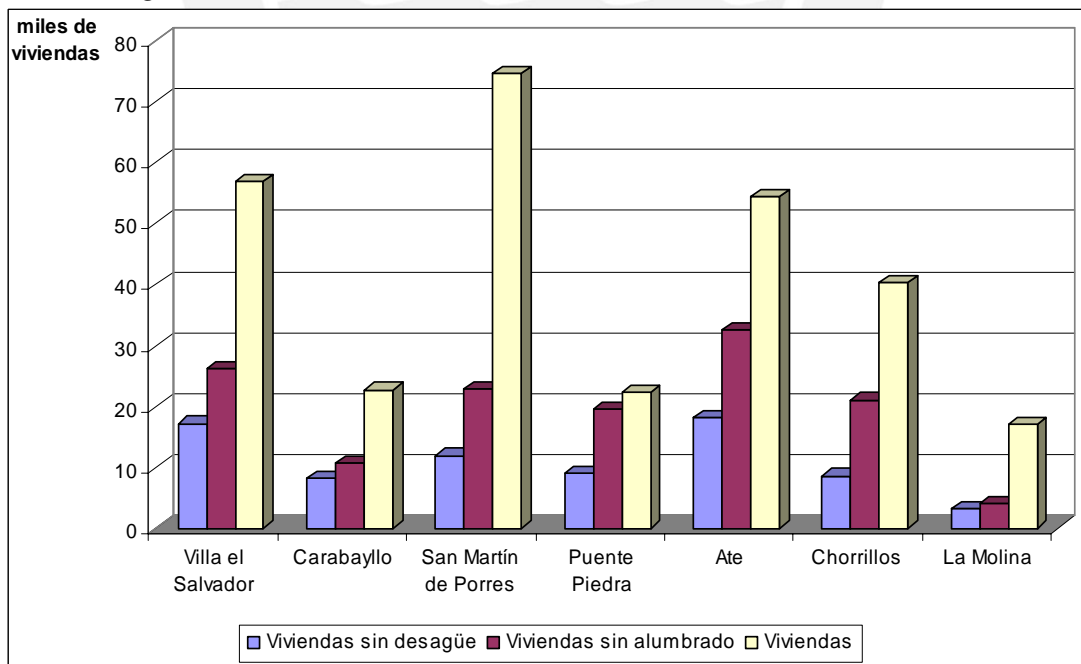


Fig. 3.07 Viviendas y servicios básicos en los distritos limeños encuestados (INEI 1993)

De acuerdo a datos estadísticos las demás provincias encuestadas también tienen aproximadamente 5 habitantes por vivienda. En promedio, el 18 % de las viviendas de Chiclayo, Trujillo, Ica y Mollendo no cuenta con servicio de desagüe y el 34% no tiene alumbrado eléctrico (Fig. 3.08).

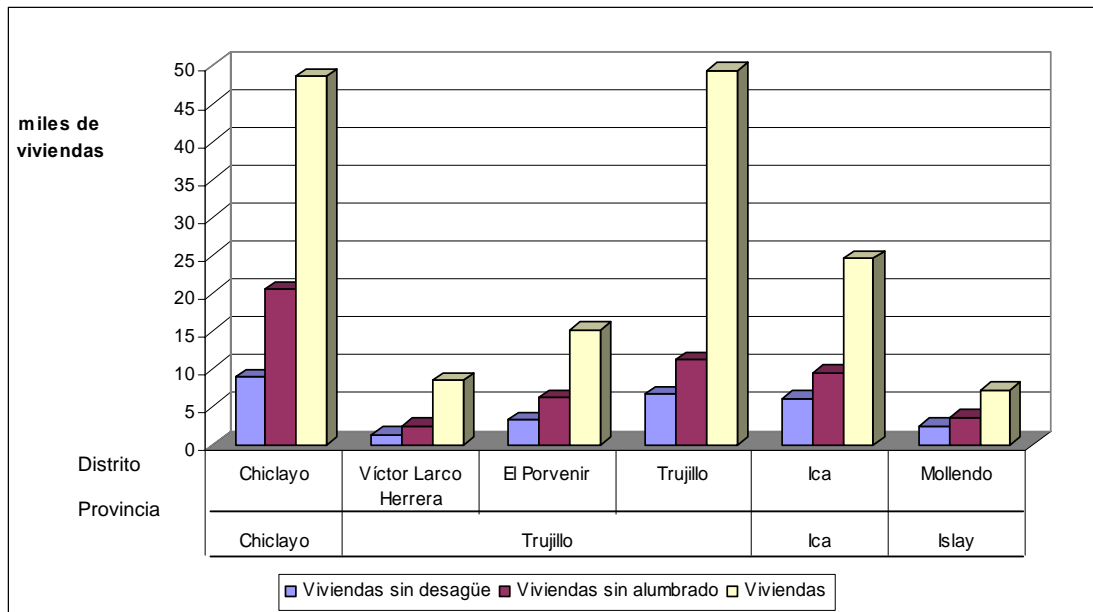


Fig. 3.08 Viviendas y servicios básicos de los distritos demás distritos encuestados (INEI 1993)

3.5 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

Los hogares del departamento de la costa peruana son en su mayoría de un nivel socioeconómico medio bajo a bajo (Fig. 3.09).

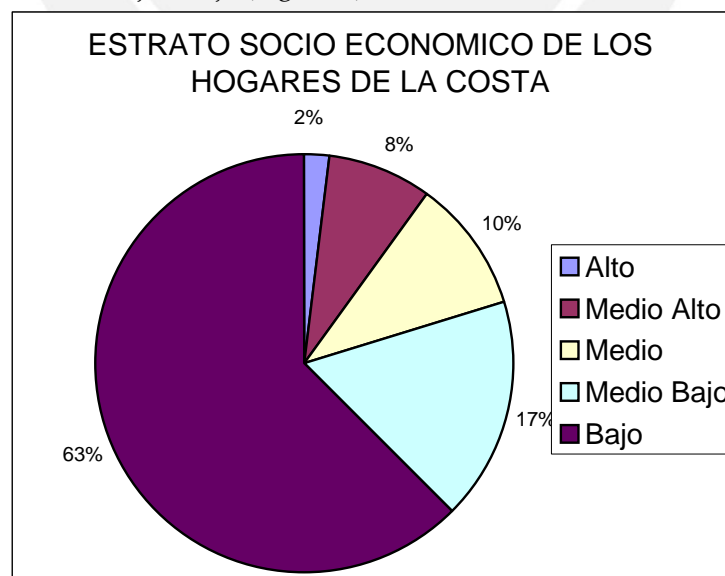


Fig. 3.09 Distribución socioeconómica de los hogares de la costa peruana

Para la clasificación de los niveles socio económicos, el INEI utilizó un modelo econométrico compuesto de 23 variables económicas, sociales y demográficas. El INEI construyó un indicador del nivel de vida en los hogares que permitió estratificar cinco niveles socioeconómicos. Las variables más importantes incluidas en el modelo son los niveles de educación, la actividad económica, el lugar donde trabajan los miembros del hogar, el número de miembros del hogar, la categoría de ocupación que tienen, el tamaño del establecimiento donde laboran, los servicios básicos de la vivienda, y el equipamiento del hogar.

En el estudio técnico “UNICON: Distribución de hogares por distrito y por niveles económicos” (Unicon 2000) se establece un ingreso promedio mensual en los hogares de Lima de acuerdo a los niveles socioeconómicos establecidos por el INEI (Tabla 3.02).

Tabla 3.02 Ingreso promedio según nivel socio económico

Nivel socio económico	Ingreso promedio mensual (US \$)
Alto	4000
Medio alto	1000
Medio	400
Medio bajo	220
Bajo	120

4 FICHAS DE ENCUESTA Y FICHAS DE REPORTE

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las fichas de encuesta y de reporte, que sirvieron para recoger información en campo y obtener el riesgo sísmico de las viviendas encuestadas.

El proceso de encuesta estuvo a cargo de varios tesisistas de pregrado, quienes elaboraron los primeros modelos de fichas de encuesta y establecieron nexos con juntas vecinales y agrupaciones de las zonas seleccionadas para facilitar el acceso a las viviendas. Este proceso de encuestado no fue del todo sencillo pues muchos pobladores tenían el temor de que con este trabajo las autoridades gubernamentales les obligasen a pagar impuestos.

Con las fichas de reporte se logró procesar numéricamente y de forma rápida la cuantificación de las características estructurales y constructivas de las viviendas, y así determinar el nivel de riesgo sísmico de cada una de ellas.

4.2 FICHAS DE ENCUESTA

Las fichas de encuestas son documentos elaborados en hojas de cálculo de MS Excel que sirven para anotar información de las características arquitectónicas, estructurales y constructivas de las viviendas de albañilería de ladrillo de arcilla. Las fichas constan de 3 páginas.

En la primera página (Fig. 4.01, a) se anotan datos de la familia, del proceso constructivo, y de las características técnicas de la construcción. En la segunda página (Fig. 4.01, b) se dibuja un esquema de la vivienda y algunas observaciones y comentarios sobre los problemas que se observan. En la tercera página (Fig. 4.01, c) se presenta un conjunto de fotografías que muestran los problemas más resaltantes de la vivienda.

Las fichas de encuesta tienen un único formato y pueden ser aplicadas a viviendas de hasta dos pisos con o sin losa en el último nivel. El formato de las fichas se ha dividido en antecedentes, aspectos técnicos, esquemas, observaciones, comentarios y fotografías. Estas fichas fueron llenadas a mano por los encuestadores al momento de visitar las viviendas y luego pasadas en limpio.

4.2.1 Antecedentes

Los encuestadores realizan anotaciones respecto a la ubicación de la vivienda, cantidad de personas que la habitan, tipo de asesoramiento que recibió el poblador durante la etapa de

diseño y construcción, tiempo de construcción, secuencia constructiva y el monto aproximado de inversión que realizó el poblador.

4.2.2 Aspectos técnicos

En esta parte los encuestadores anotan las características del suelo de cimentación y lo clasifican como suelo rígido, intermedio o flexible. Describen también los elementos de la superestructura y de la subestructura, y especifican las dimensiones de los cimientos, muros, vigas, columnas y losas (elementos estructurales). Anotan observaciones y comentarios sobre los problemas encontrados en cada uno de estos elementos estructurales.

4.2.3 Esquema de la vivienda

Los encuestadores elaboran esquemas de la vivienda en planta y elevación. Además, indican la existencia o no de junta sísmica con las viviendas vecinas. En este esquema se debe apreciar la distribución de los ambientes y la ubicación de los elementos estructurales debidamente dimensionados.

4.2.4 Observaciones y comentarios

En esta parte los encuestadores anotan y clasifican los defectos que tienen las viviendas de acuerdo a lo siguientes ítems:

- **Problemas de ubicación**
Son los problemas inherentes a la zona donde se ubica la vivienda, como rellenos de nivel, suelo no consolidado, viviendas con asentamiento y viviendas en pendiente.
- **Problemas estructurales**
Son los principales errores estructurales encontrados, como inadecuada densidad de muros, muros sin viga solera, muros resistentes a sismo sin confinar, muros inadecuados para soportar empuje lateral, tabiquería no arriostrada, torsión en planta, viviendas sin junta sísmica o losas de techo a desnivel.
- **Factores degradantes**
Se considera como factor degradante en las viviendas a las armaduras corroídas por intemperismo, a la humedad en muros o losas, a la eflorescencia en muros y a los muros agrietados. Estos problemas pueden generar la degradación de la resistencia estructural de las viviendas con el paso del tiempo.
- **Mano de obra**
De acuerdo a la calidad de construcción de muros y elementos de concreto armado, el encuestador califica la mano de obra como buena, regular o de mala calidad.
- **Materiales deficientes**
El encuestador califica la calidad de los materiales de construcción empleados en la vivienda, en especial la calidad de los ladrillos de arcilla. Un ladrillo de mala calidad

es aquel que tiene mucha variabilidad dimensional, se puede rayar fácilmente con un clavo y no presenta un color uniforme.

- Otros
Los encuestadores anotan cualquier otro problema (no descrito anteriormente) que pueda tener la vivienda que crean que pueda influir en el buen comportamiento sísmico.

4.2.5 Fotografías

Se muestra una serie de fotografías. La primera muestra la fachada de la vivienda, la segunda es una vista lateral y las demás muestran los problemas más resaltantes de la vivienda encuestada.





**VULNERABILIDAD SISMICA DE LA VIVIENDA INFORMAL EN CHICLAYO, PERU
FICHA DE ENCUESTA**

Fecha encuesta: 27/07/03
 Vivienda Nº: 13
 Familia: Guillena Dávila Cantidad de personas de la vivienda: 8
 Dirección: Juan Pablo II 586 Urbanización Las Brisas

- 1.- ¿Recibió asesoría técnica para construir su vivienda, por qué? Si
 La hizo un ingeniero .
- 2.- ¿Cuándo empezó a construirla? 1982 ¿Cuándo terminó? 1983
 Tiempo de residencia en la vivienda: 12 años
 Nº de pisos actual: 2 Nº de pisos proyectado: 2
- 3.- Secuencia de construcción de los ambientes:
 Paredes límites (). Sala-Comedor (). Dormitorio 1 (). Dormitorio 2 (). Cocina ().
 Baño (). Otros (). Todo a la vez (1). Primero un cuarto ().
- 4.- ¿Cuánto invirtió en la construcción de su vivienda? S/. 45 000

Datos Técnicos:

Parámetros del suelo				Observaciones	
Rígidos ()	Intermedios (x)	Flexibles ()		arenoso - arcilloso	
Características de los principales elementos de la vivienda					
Elemento	Características			Observaciones	
Cimiento (m)	Cimiento corrido		Zapata		Viga de Cimentación de 0.50 x 0.25 En el c.corrido se usó concreto ciclópeo
	Profundidad	1,20	Profundidad	1,2	
	Ancho	0,40	Sección	1.30 x 1.30	
Muros (cm)	Ladrillo macizo		Ladrillo pandereta		KK artesanal
	Dimensiones	9x13x24	Dimensiones		
	Juntas	2 - 3	Juntas		
Techo (m)	Diafragma rígido		Otro		
	Tipo	aligerado	Tipo		
	Peralte	0,20	Peralte		
Columnas (m)	Concreto		Otro		C3 0.15 X 0.25
	Dimensiones	0.25 x 0.25	Dimensiones	0.30 X 0.25	
Vigas (m)	Concreto (m)		Otro		
	Dimensiones	0.25 x 0.35	Dimensiones	0.35 X 0.25	

Observaciones y comentarios:

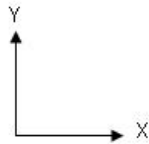
Problemas de fisuración en los techos.
 Problemas de salitre en los muros.
 Existen un par de muros con aprejo de cabeza en la primera planta,(ejes 2 y 3).
 Las vistas laterales de la vivienda evidencian la pésima calidad de la mano de obra. Desalineación en las hileras y mala terminación de lña última hilada y su unión con la losa de techo.

Esquema de la vivienda:

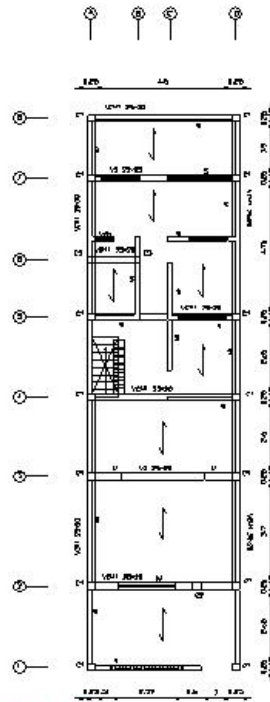
Planta:

A.lote 100m²

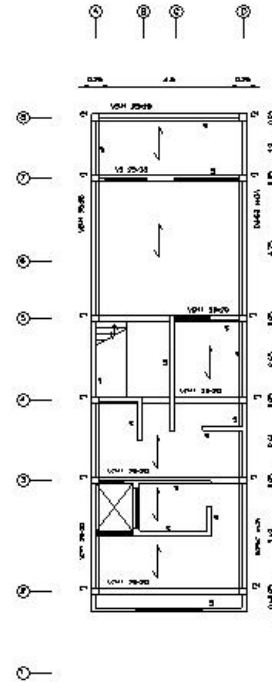
- C1: 0.25 x 0.25
- C2: 0.30 x 0.25
- C3: 0.15 x 0.25
- M: Muro cabeza KK
- S: Muro soga KK
- v.a.: vent.alta
- / : techo ligero
- X : sin techar
- ← sent. de alig.
- h : Altura de entrepiso



Primera Planta
h = 2.60m

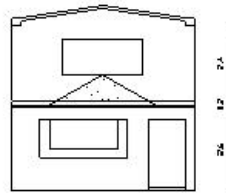


Segunda Planta
h=2.40m



Elevación:

Frontal



Juntas sísmicas

Izquierda	Derecha
0	0

Observaciones y comentarios:

Problemas de Ubicación	Estructuración	Factores Degradantes
<input type="checkbox"/> Vivienda sobre relleno natural <input type="checkbox"/> Vivienda en quebrada <input type="checkbox"/> Vivienda con pendiente pronunciada <input type="checkbox"/> Vivienda con nivel freático superficial Otros:	<input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Losas no monolíticas <input checked="" type="checkbox"/> Insuficiencia de junta sísmica <input type="checkbox"/> Losa de techo a desnivel con vecino <input checked="" type="checkbox"/> Cercos no aislados de la estructura <input type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada <input type="checkbox"/> Reducción en planta <input type="checkbox"/> Muros portantes de ladrillos pandereta	<input type="checkbox"/> Armaduras expuestas <input type="checkbox"/> Armaduras corroídas <input type="checkbox"/> Eflorescencia <input checked="" type="checkbox"/> Humedad en muros <input type="checkbox"/> Muros agrietados Otros:
Materiales Deficientes	Mano de Obra	
<input checked="" type="checkbox"/> Ladrillos K.K. artesanal Otros:	<input checked="" type="checkbox"/> Unión muro y techo <input type="checkbox"/> Juntas frías Otros:	<input type="checkbox"/> Muy Mala <input type="checkbox"/> Mala <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Buena

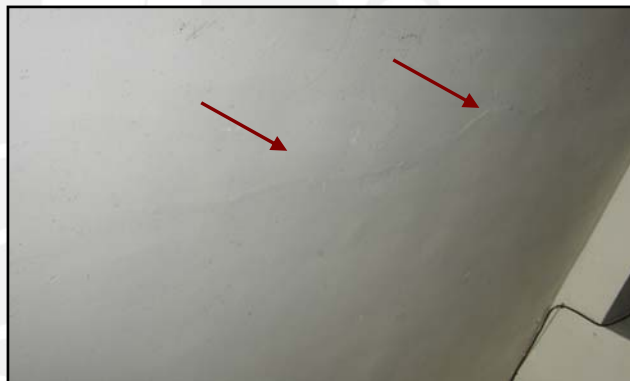
Familia: Guillena Dávila



Dirección:
Juan Pablo II 586 Urbanización
Las Brisas



Fisura resanada en el sentido
ortogonal a la losa del primer piso



Se observa la desalineación y
desorden total en la colocación de
los ladrillos.
Armaduras expuestas y corroídas



Pág. 3

(c)

Fig. 4.01 (a) 1ra página; (b) 2da página; (c) 3ra página de la ficha de encuesta

4.3 FICHAS DE REPORTE

Las fichas de reporte son hojas de cálculo donde se describen de manera ordenada y detallada las características arquitectónicas, estructurales y constructivas de las viviendas registradas previamente en las fichas de encuestas. Además se realiza el cálculo de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. Al igual que las fichas de encuesta, las fichas de reporte han sido elaboradas en hojas de cálculo de MS Excel y constan de 3 páginas.

En la primera página (Fig. 4.07, a) se resume la información de antecedentes, aspectos técnicos y deficiencias constructivas de la vivienda encuestada. Además, se realiza un análisis sísmico de la vivienda usando la densidad de muros mínima requerida. En la segunda página (Fig. 4.07, b) se calcula la estabilidad al volteo de los muros y se realiza el diagnóstico de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico. La segunda página muestra también el esquema de la vivienda. En la tercera página (Fig. 4.07, c) se presenta un conjunto de fotografías que muestran los problemas más resaltantes de la vivienda encuestada.

Las fichas de reporte se diferencian de las fichas de encuesta por el análisis sísmico de las viviendas, el análisis de la estabilidad de muros y la calificación de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas de albañilería.

La ficha de reporte tiene las siguientes partes:

4.3.1 Antecedentes

Se resumen los datos anotados en las fichas de encuesta, como la ubicación de la vivienda, cantidad de personas que la habitan, tipo de asesoramiento que recibió el poblador durante la etapa de diseño y construcción, tiempo de construcción, secuencia constructiva y el monto aproximado de inversión que realizó el poblador.

4.3.2 Aspectos técnicos

Se resumen y se ordenan los datos técnicos y deficiencias de la estructura anotados en las fichas de encuesta.

4.3.3 Análisis sísmico

En esta parte se realiza el análisis sísmico de las viviendas de albañilería. El análisis se basa en la comparación de la densidad de muros existentes con la densidad mínima requerida para que las viviendas soporten adecuadamente los sismos raros (0,4 g).

Para determinar el área mínima de muros que debe tener cada vivienda en el primer piso, se ha supuesto que la fuerza cortante actuante, producto de un sismo raro, dividida entre el área de muros requerida debe ser menor que la sumatoria de las fuerzas cortantes resistentes de los muros dividida entre el área existente de muros (ecuación 4.1).

$$\frac{V}{Am} \leq \frac{\sum VR}{Ae} \quad \dots (4.1)$$

donde

V = Fuerza cortante basal (kN) actuante

VR = Fuerza de corte resistente (kN) de los muros.

Am = Área (m²) requerida o necesaria de muros

Ae = Área (m²) existente de muros confinados

La fuerza cortante basal V producida por los sismos se expresa como (Norma E 030 de diseño sismorresistente):

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R} P \quad \dots (4.2)$$

donde

Z = Factor de zona

U = Factor de uso que para viviendas es 1

S = Factor de suelo

Suelo rígido = 1

Suelo intermedio = 1,2

Suelo flexible = 1,4

C = Factor de amplificación sísmica = 2,5

R = Factor de reducción por ductilidad = 3

P = Peso de la estructura (kN)

Para determinar el peso P de la vivienda se ha asumido que el peso está en función al área techada, que es aproximadamente 8 kN/m² para viviendas de albañilería confinada (Arango 2002)

$$P = A_{tt} \cdot \gamma \quad \dots (4.3)$$

donde

A_{tt} = Suma de las áreas techada (m²) de todos los pisos de la vivienda.

γ = 8 kN/m²

La fuerza de corte resistente de cada muro se expresa como:

$$VR = 0,5 \times v'm \cdot \alpha \cdot t \cdot l + 0,23 \times Pg \quad \dots (4.4) \quad (\text{San Bartolomé 1998})$$

donde

$v'm$ = Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería. Para ladrillo de fabricación artesanal $v'm = 510$ kPa (San Bartolomé 1998)

α = Factor de reducción por esbeltez varía entre $1/3 \leq \alpha \leq 1$

t = Espesor (m) del muro en análisis

l = Longitud (m) del muro en análisis

Pg = Carga gravitacional (kN) de servicio más sobrecarga reducida

La condición más desfavorable para que las viviendas no colapsen se da cuando la fuerza sísmica (fuerza actuante) sea igual a la fuerza resistente de todos los muros de la estructura. Entonces ambos términos de la ecuación 4.1 serán iguales.

$$\frac{V}{A_m} = \frac{\sum VR}{A_e} \quad \dots (4.5)$$

Para calcular VR se ha realizado una simplificación en la ecuación 4.4. Se ha supuesto que $\alpha = 1$ y que $0,23Pg = 0$. Al final del acápite 4.3.3 se muestra la justificación de la simplificación.

La ecuación 4.4 queda reducida a

$$VR = 0,5 \times v' m \cdot t \cdot l \quad \dots (4.6)$$

Despejando de la ecuación 4.5 el término A_m , reemplazando las ecuaciones 4.2, 4.3 y 4.6, e igualando $\sum(t \cdot l) = A_e$, se tiene:

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R \cdot A_m} A_{ti} \times 8 = \frac{0,5 \times v' m \cdot \sum(t \cdot l)}{A_e}$$

$$A_m \approx \frac{Z \cdot S \cdot A_{ti} \times 8}{300} \quad \dots (4.7) \quad A_m \text{ expresada en m}^2$$

La ecuación 4.7 determina el área mínima de muros en cada dirección que debe tener el primer piso de las viviendas para asegurar un buen comportamiento sísmico.

En el proceso de datos en las fichas de reporte se calculó A_m con la ecuación 4.7 y A_e en base a las fichas de encuesta. Luego, se calificó la relación A_e/A_m en base a los siguientes rangos de valores:

- Si $A_e/A_m \leq 0,80$ se concluye que la vivienda no tiene adecuada densidad de muros.
- Si $A_e/A_m \geq 1,1$ se concluye que la vivienda tiene adecuada densidad de muros.
- Si $0,8 < A_e/A_m < 1,1$ se necesita calcular con mayor detalle la suma de fuerzas cortantes resistente de los muros de la vivienda (ΣVR) y el cortante actuante (V).

Para el cálculo detallado de la ΣVR y de V se elaboró una hoja de cálculo anexa a la ficha de reporte donde se calcula de forma rápida el porcentaje de fuerza cortante y fuerza resistente de corte de cada muro. En esta hoja anexa se calcula el valor de la reducción por vulnerabilidad α teniendo como base lo especificado en la tesis "Diagnóstico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las Autoconstrucciones en Lima" (Flores 2002):

- Para viviendas de un piso

$$\alpha \approx \frac{V \cdot L}{M_e} = \frac{F_1 \cdot L}{F_1 \cdot h} = \frac{L}{h} \quad \dots (4.8)$$

donde

Me = Momento (kN-m) producido en la base del muro

F_i = Fuerza (kN) de inercia

h = Altura (m) de entrepiso

L = Longitud (m) del muro

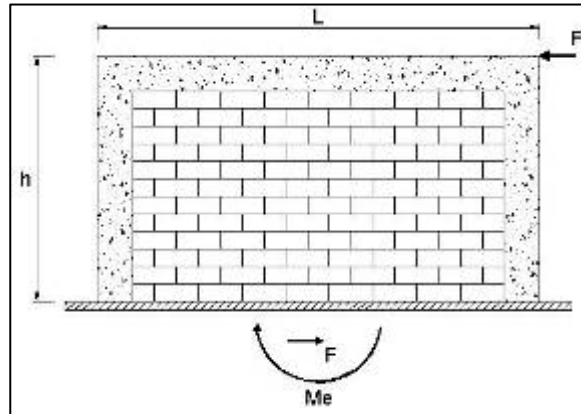


Fig. 4.02 Fuerza cortante y momento en muro de vivienda de un piso

- Para viviendas de dos pisos

$$\alpha \approx \frac{V \cdot L}{Me} = \frac{(F_1 + F_2)L}{F_1 \cdot h + F_2(2h)} \dots(4.9)$$

donde

Me = Momento (kN-m) producido en la base del muro

F_i = Fuerza (kN) de inercia en el nivel i

h = Altura (m) de entrepiso

L = Longitud (m) del muro

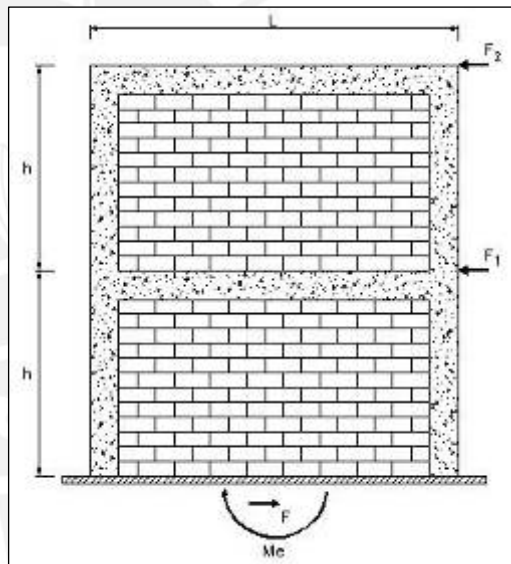


Fig. 4.03 Fuerzas cortantes y momento en un muro de vivienda de dos pisos

Generalmente las alturas de entrepisos en viviendas de albañilería son iguales y también $F_2 = 2F_1$, por lo tanto la ecuación (4.9) se reduce a la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{3L}{5h} \dots (4.10)$$

Para ambos casos, viviendas de uno o dos pisos, el valor de α debe estar comprendido entre $\frac{1}{3} \leq \alpha \leq 1$ (San Bartolomé 1998).

Justificación de la reducción de la ecuación 4.4: VR

Para analizar la diferencia de valores entre la ecuación 4.4 y 4.6 se analizarán muros de 0,15 m de espesor y de diferentes longitudes. Estos muros serán no portantes. Se considerará una longitud mínima (4 veces el espesor de la losa) de influencia del peso de la losa. P_g será la suma del peso propio del muro, peso de vigas, peso de la losa de 0,20 m, peso de acabados y sobrecarga reducida. El cálculo de los valores de α se muestra en la tabla 4.01.

Tabla 4.01 Valores de α para muros de viviendas de uno y dos pisos

Viviendas de un piso (Ecuación 4.8)		Viviendas de dos pisos (Ecuación 4.10)	
L	α	L	α
3	1,0	3	0,7
3,5	1,0	3,5	0,8
3,8	1,0	3,8	0,9
4	1,0	4	1,0
4,5	1,0	4,5	1,0

De acuerdo a la tabla 4.01 se observa que para viviendas de un piso el valor de α es 1. Para el caso de las viviendas de 2 pisos se observa que el valor de α es menor a 1 para longitudes menores a 4 m. La diferencia numérica en utilizar la ecuación 4.4 y 4.6 se muestra en la tabla 4.02.

Tabla 4.02 Cálculo de la diferencia de valores entre las ecuaciones 4.4 y 4.6

L	Peso muro	Peso Viga	Peso Losa + acabados	Carga muerta (PD)	Carga viva (PL)	$P_g = PD + 0.5 PL$	VR	VR Aprox	Diferencia	Diferencia
m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	%
3	40,5	5,4	3,8	49,7	1,9	50,7	94,3	114,8	-20,5	-17,8%
3,5	47,3	6,3	4,5	58,0	2,2	59,2	126,1	133,9	-7,8	-5,8%
3,8	51,3	6,8	4,9	63,0	2,4	64,2	147,3	145,4	2,0	1,4%
4	54,0	7,2	5,1	66,3	2,6	67,6	162,4	153,0	9,4	6,2%
4,5	60,8	8,1	5,8	74,6	2,9	76,1	189,6	172,1	17,5	10,2%

De la tabla 4.02 se observa que para muros con longitudes mayores a 3,8 m el valor de VR aproximado es menor que el valor verdadero. El único problema crítico se presenta para muros de 3 m de longitud. Pero se supone que no todos los muros de una vivienda son de 3 m de longitud, no todos son de 0,15 m de espesor y no todos son muros no portantes. Por lo tanto, la ecuación 4.7, que utiliza la ecuación 4.6 del cálculo de VR aproximado, es una buena aproximación a la cantidad mínima de muros requerida para viviendas sismorresistentes.

4.3.4 Estabilidad de muros al volteo

Los muros no portantes son aquellos diseñados y construidos para soportar cargas provenientes de su propio peso. Los muros no portantes son los tabiques, cercos y parapetos de las viviendas.

Para analizar la estabilidad al volteo de un determinado tabique se compara el momento actuante debido a sismo (M_a) y el momento resistente (M_r) que actúa en el tabique. Ambos momentos son calculados en la base de los muros y son momentos paralelos a los planos de los muros.

Para el cálculo de M_a se establece primero la carga sísmica V que actúa durante un sismo perpendicular al plano del muro (MTC 2003).

$$V = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P \quad \dots (4.11) \quad V \text{ expresado en kN/m}^2$$

donde

Z = Factor de zona

U = Factor de uso (vivienda = 1)

C_1 = Coeficiente sísmico

P = Peso del muro por unidad de área del plano del muro (kN/m^2)

El peso P está dado por la siguiente expresión:

$$P = \gamma_m \cdot t \quad \dots (4.12) \quad P \text{ expresado en kN/m}^2$$

donde

γ_m = Peso específico del muro

Para muro de ladrillo macizo $\gamma_m = 18 \text{ kN/m}^3$

Para muro de ladrillo pandereta $\gamma_m = 14 \text{ kN/m}^3$

t = Espesor del muro (m)

Los valores de C_1 están dados por la actual norma de diseño sismorresistente E030. C_1 es 1,3 para parapetos; 0,9 para tabiques y 0,6 para cercos.

El momento actuante perpendicular al plano del muro (San Bartolomé 1998) está dado por la siguiente expresión:

$$M_a = m \cdot V \cdot a^2 \quad \dots (4.13) \quad M_a \text{ expresado en kN - m/ml}$$

donde

m = Coeficiente de momentos

a = Dimensión crítica (m)

V = carga sísmica perpendicular

Los valores de los coeficientes de momentos m para cada valor de b/a son (Norma E 070 de albañilería):

- Muro con cuatro bordes arriostrados (Fig. 4.04)

a = Menor dimensión

b/a	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	∞
m	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,1180	0,125

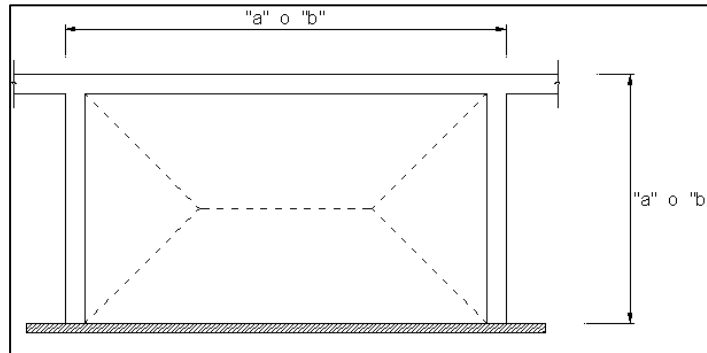


Fig. 4.04 Muro con 4 bordes arriostrados

- Muro con tres bordes arriostrados (Fig. 4.05)

a = Longitud del borde libre

b/a	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	∞
m	0,06	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133

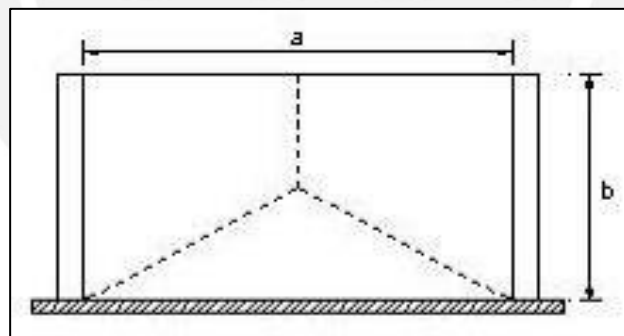


Fig. 4.05 Muro con 3 bordes arriostrados

- Muro arriostrado en sus bordes horizontales

a = Altura del muro

$m = 0,125$

- Muro en voladizo

a = Altura del muro

$m = 0,5$

Al reemplazar la ecuación (4.11) en la ecuación (4.13) se tiene

$$M_a = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P \cdot m \cdot a^2 \dots (4.14) \quad M_a \text{ expresado en kN- m/m}$$

Para determinar el momento resistente a tracción por flexión (M_r) del muro se sabe por resistencia de materiales que el esfuerzo de un elemento sometido a flexión es

$$\sigma_{\max} = \frac{Mr \cdot c}{I} \quad \dots(4.15)$$

donde

σ_{\max} = Esfuerzo por flexión (kN/m²)

Mr = Momento resistente a tracción por flexión (kN-m)

c = Distancia del eje neutro a la fibra extrema (m)

I = Momento de inercia de superficie (m⁴) de la sección, paralela al eje del momento

El momento resistente a tracción por flexión (Fig. 4.06) es expresado como

$$M_r = \frac{f_t \cdot I}{c} \quad \dots(4.16)$$

donde

f_t = Esfuerzo de tracción por flexión de la albañilería (100 kN/m²) (Arango 2002)

I = Momento de inercia (m⁴) de la sección del muro

c = Distancia (m) del eje neutro a la fibra extrema de la sección

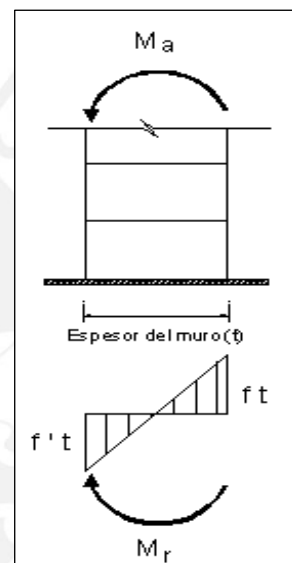


Fig. 4.06 Momento resistente M_r en un muro de albañilería

Al remplazar el valor de f_t y desarrollar el momento de inercia de superficie para una longitud de un metro de muro, se tiene la expresión del momento resistente por metro de longitud de muro.

$$M_r = 100 \left(\frac{t^3}{12} \right) \left(\frac{1}{t/2} \right) \quad t \text{ expresado en m}$$

$$M_r = \frac{100}{6} t^2$$

$$M_r = 16,7 t^2 \quad \dots(4.17) \quad M_r \text{ expresado en kN-m / m}$$

Finalmente se compara el valor de las ecuaciones 4.14 y 4.17, y se concluye en las siguientes relaciones:

- Si $M_a \leq M_r$ el muro es estable pues el momento actuante es menor que el momento resistente.

- Si $M_a > M_r$ el muro es inestable pues el momento actuante es mayor que el momento resistente y fallara por volteo ante un sismo raro de 0.4 g.

4.3.5 Factores influyentes en el riesgo sísmico

En esta parte de las fichas de reporte se realiza el cálculo del riesgo sísmico para cada una de las viviendas encuestadas.

El riesgo sísmico depende de dos factores: la vulnerabilidad sísmica y el peligro sísmico (Kuroiwa 2002).

$$Riesgo\ sísmico = Vulnerabilidad\ sísmica \times Peligro\ sísmico \dots(4.18)$$

- Vulnerabilidad sísmica

Para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas se ha analizado la vulnerabilidad estructural y la vulnerabilidad no estructural (Kuroiwa 2002).

La vulnerabilidad estructural se estima en función de los siguientes parámetros: la densidad de muros, la calidad de mano de obra y la calidad de materiales. La vulnerabilidad no estructural está en función de un solo parámetro: la estabilidad de muros al volteo. A cada uno de los parámetros se les asigna un valor numérico (Tabla 4.03). Por ejemplo si la vivienda tiene densidad de muros adecuada, entonces se le asigna el valor de 1.

Tabla 4.03 Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica

Vulnerabilidad					
Estructural			No estructural		
Densidad (60%)		Mano de obra y materiales (30%)		Tabiquería y parapetos (10%)	
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la ecuación 4.19 para calificar numéricamente la vulnerabilidad sísmica de las viviendas. Se ha considerado un 60% de participación de la densidad de muros porque la densidad es calculada en las fichas de reporte para cada vivienda. En cambio, un 10% de participación a la calidad de la mano de obra y materiales por que su evaluación es visual y depende mucho del criterio del encuestador. Además, sólo se ha considerado un 10% de participación de la vulnerabilidad no estructural dentro de la evaluación de la vulnerabilidad.

$$Vulnerabilidad\ Sísmica = 0,6 \times Densidad\ de\ muros + 0,3 \times Mano\ de\ obra + 0,1 \times Estabilidad\ de\ muros \dots (4.19)$$

En la Tabla 4.04 se pueden ver los rangos numéricos para vulnerabilidad sísmica baja, media y alta.

Tabla 4.04 Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

Vulnerabilidad sísmica	Rango
Baja	1 a 1,4
Media	1,5 a 2,1
Alta	2,2 a 3

Los rangos mostrados en la tabla 4.04 encierran todas las posibles combinaciones de los parámetros (Tabla 4.05) que califican la vulnerabilidad sísmica.

Tabla 4.05 Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

VULNERABILIDAD SISMICA	Estructural						No estructural			Valor numérico
	Densidad (60%)			Calidad M.O. y materiales (30%)			Estabilidad de parapetos (10%)			
	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Buena	Regular	Mala	Estables	Algunos estables	Inestables	
BAJA	X			X			X			1,0
	X			X				X		1,1
	X			X					X	1,2
	X				X		X			1,3
	X				X			X		1,4
MEDIA	X				X				X	1,5
	X					X	X			1,6
	X					X		X		1,7
	X					X			X	1,8
		X		X			X			1,6
		X		X				X		1,7
		X		X					X	1,8
		X			X		X			1,9
		X			X			X		2,0
		X			X				X	2,1
ALTA		X				X	X			2,2
		X				X		X		2,3
		X				X			X	2,4
			X	X			X			2,2
			X	X				X		2,3
			X	X					X	2,4
			X		X		X			2,5
			X		X			X		2,6
			X		X				X	2,7
			X			X	X			2,8
		X			X		X		2,9	
		X			X			X	3,0	

Por ejemplo, en la tabla 4.06 se muestra que la densidad de muros es adecuada (se le asigna el valor de 1), mano de obra de calidad regular (se asigna el valor de 2) y tabiquería inestable (se asigna el valor de 3). De acuerdo a la ecuación 4.19 se tiene que $0,6 \times 1 + 0,3 \times 2 + 0,1 \times 3 = 1,5$; esto significa que la vivienda tiene vulnerabilidad sísmica media.

Tabla 4.06 Ejemplo para evaluar la vulnerabilidad sísmica

Vulnerabilidad			
Estructural		No estructural	
Densidad	Mano de obra y materiales	Tabiquería y parapetos	
Adecuada:	X Buena calidad	Todos estables	
Aceptable:	Regular calidad	X	Algunos estables
Inadecuada:	Mala calidad	Todos inestables	
			X

- Peligro sísmico

El peligro sísmico se estima en función de los siguientes parámetros: sismicidad, tipo de suelo, topografía y pendiente de la zona donde está ubicada la vivienda. A cada uno de los parámetros se les asigna un valor numérico (Tabla 4.07). La sismicidad de la costa peruana es alta, entonces a todas las viviendas de la costa se le asigna 3 como valor de sismicidad.

Tabla 4.07 Valores de los parámetros del peligro sísmico

Peligro					
Sismicidad (40%)		Suelo (40%)		Topografía y pendiente (10%)	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la ecuación 4.20 para calificar numéricamente el peligro sísmico de las viviendas. Se ha considerado 40% de participación tanto para la sismicidad como para el tipo de suelo, ya que estos parámetros se relacionan directamente con el cálculo de la fuerza sísmica V establecida en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030 (MTC 2003).

$$Peligro = 0,4 \times Sismicidad + 0,4 \times Suelo + 0,2 \times Topografía\ y\ pendiente \quad \dots(4.20)$$

En la tabla 4.08 se pueden ver los rangos numéricos de peligro sísmico bajo, medio y alto para cada valor de sismicidad.

Tabla 4.08 Rango de valores para el cálculo del peligro sísmico

Sismicidad	Peligro sísmico	Rango
Alta	Bajo	1,8
	Medio	2 a 2,4
	Alto	2,6 a 3
Media	Bajo	1,4 a 1,6
	Medio	1,8 a 2,4
	Alto	2,6
Bajo	Bajo	1 a 1,6
	Medio	1,8 a 2
	Alto	2,2

Los rangos mostrados en la tabla 4.08 encierran todas las posibles combinaciones de los parámetros que califican el peligro sísmico (Tabla 4.09). En estas combinaciones se toma como eje principal la sismicidad de la zona donde está construida la vivienda.

Tabla 4.09 Combinaciones de los parámetros para la evaluación del peligro sísmico

Sismicidad (40%)	Suelo (40%)			Topografía (20%)			Peligro Sísmico	Valor Numérico
	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Media	Pronunciada		
Alta	X			X			Bajo	1,8
	X				X		Medio	2,0
	X					X		2,2
		X		X				2,2
		X			X			2,4
		X				X	Alto	2,6
			X	X				2,6
			X		X			2,8
		X			X	3,0		
Media	X			X			Bajo	1,4
	X				X		Bajo	1,6
	X					X		1,8
		X		X			Medio	1,8
		X			X			2,0
		X				X		2,2
			X	X				2,2
			X		X			2,4
		X			X	2,6		
Baja	X			X			Bajo	1,0
	X				X			1,2
	X					X		1,4
		X		X				1,4
		X			X		1,6	
		X				X	Medio	1,8
			X	X				1,8
			X		X			2,0
		X			X	2,2		

Por ejemplo, en la Tabla 4.10 se muestra a una vivienda construida en una zona de sismicidad alta (se le asigna el valor de 3), el suelo es intermedio (se le asigna el valor de 2) y la topografía es plana (se le asigna el valor de 1). De acuerdo a la ecuación 4.20 se tiene $0,4 \times 3 + 0,4 \times 2 + 0,2 \times 1 = 2,2$. Luego como la vivienda está en una zona de sismicidad alta y el resultado es 2,2 la zona donde se ubica la vivienda tiene peligro sísmico medio.

Tabla 4.10 Ejemplo para evaluar el peligro sísmico

Peligro			
Sismicidad	Suelo		Topografía y pendiente
Baja	Rígido		Plana X
Media	Intermedios		X Media
Alta	X	Flexibles	Pronunciada

- Riesgo sísmico

Luego de establecer las calificaciones de vulnerabilidad y peligro sísmico se evalúa el nivel de riesgo sísmico que tiene cada vivienda con la calificación del riesgo mostrado en la tabla 4.11. Por ejemplo si la vivienda tiene vulnerabilidad sísmica alta y la zona donde está construida la vivienda tiene peligro sísmico medio, entonces la vivienda tiene riesgo sísmico alto.

Tabla 4.11 Calificación del riesgo sísmico

RIESGO SISMICO			
Vulnerabilidad \ Peligro	Baja	Media	Alta
Bajo	BAJO	MEDIO	MEDIO
Medio	MEDIO	MEDIO	ALTO
Alto	MEDIO	ALTO	ALTO

4.3.6 Diagnóstico

En esta parte los evaluadores explican los posibles daños que las viviendas sufrirán de acuerdo al nivel de riesgo sísmico calculado.

El riesgo sísmico bajo significa que la vivienda no sufrirá daños ante eventos sísmicos. La vivienda tiene adecuada densidad de muros, buena calidad de mano de obra y materiales adecuados, y se encuentra construida sobre un suelo estable.

El riesgo sísmico medio significa que la vivienda no tiene adecuada densidad en una de sus direcciones, pero se encuentra construida sobre un suelo estable. En este caso, se puede afirmar que la vivienda sufrirá algunos daños en sus muros.

El riesgo sísmico alto significa que la vivienda sufrirá daños importantes en sus muros y que los tabiques colapsarán (se voltearán). También, la vivienda podría presentar problemas de asentamiento por estar construida sobre un suelo muy flexible o con pendiente elevada. En este caso la vivienda debe ser reforzada y para ello se recomienda el asesoramiento técnico de profesionales en ingeniería civil.

4.3.7 Gráficos y fotografías

En esta parte de las fichas de reporte se presenta planos en planta de las viviendas con las dimensiones de los elementos estructurales. Se muestra también elevaciones laterales y frontales y se consigna las dimensiones de junta sísmica que tienen las viviendas. Finalmente se muestra algunas fotografías que resaltan los errores constructivos de las viviendas encuestadas.



**DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VIVIENDA INFORMAL
FICHA DE REPORTE**

Vivienda N° : 5

Antecedentes:

Ubicación: Juan Pablo II 586 Urbanización Las Brisas
 Dirección técnica en el diseño: Un Ingeniero Civil
 Dirección técnica en la construcción: El ingeniero guió al maestro en la construcción.
 Pisos construidos: 2 Pisos proyectados: 2 Antigüedad de la vivienda: 12
 Topografía y geología: Sin pendiente, suelo arenoso arcilloso
 Estado de la vivienda: Problemas de fisuración en los techos.
 Problemas de salitre en los muros.
 Las vistas laterales de la vivienda evidencian el mal alineamiento de las unidades de albañilería en los muros.
 Secuencia de construcción de la vivienda: Todo a la vez

Aspectos técnicos:

Elementos de la vivienda:

Elemento	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclopeo de 0.40 de ancho, zapatas de 1.30 x 1.30.
Muros	Ladrillo macizo artesanal 9x13x24, juntas de 2 a 3 cm, muros soga h1=2.60
Techo	Losa aligerada de 20cm
Columnas	14 de 0.25x0.25m, 1 de 0.30x0.25 m y 2 de 0.15 x 0.25
Vigas	0.25x0.20m y 0.25x0.35

Deficiencias de la estructura:

Problemas de ubicación:		Problemas constructivos:	
		Armaduras expuestas y corroídas	
Problemas estructurales:			
Insuficiencia de junta sísmica			
Unión muro techo		Mano de obra:	
Cercos no aislados de la estructura	Mala		
		Otros:	
		Humedad en muros	

Análisis por sismo (Z=0.4g, U=1, C=2.5, R=3)

Factor de Suelo S = 1,2

Resistencia característica a corte (kPa): $v'm = 510$

VR = Resistencia al corte (kN) = $Ae(0.5v'm.\alpha + 0.23fa)$

Area Piso 1 m ²	Cortante Basal		Area de muros		Ae / Ar Adimensional	Densidad Ae/Area piso 1 %	Resistencia VR kN	VR/V	Resultado
	Peso acum. kN/m ²	V=ZUCSP/R kN	Existente, Ae m ²	Requerida, Ar m ²					
Análisis en el sentido "X"									
97,6	16	613,7	0,8	2,5	0,3	0,8	--	--	Inadecuado
Análisis en el sentido "Y"									
97,6	15,7200179	613,7	6,5	2,5	2,7	6,7	--	--	Adecuado

Observaciones y Comentarios

Solo se calcula VR si $0.80 < Ae/Ar < 1$

Estabilidad de muros al volteo

Muro	Factores					Mon. Act.	Mon. rest.	Resultado	Muro	Factores					Mon. Act.	Mon. rest.	Resultado
	C1	m	P	a	t	0.4C1mPa ²	16.7 t ²			C1	m	P	a	t	0.4C1mPa ²	16.7 t ²	
	adim.	adim.	kN/m ²	m	m	kN-m/m	kN-m/m	adim.		adim.	kN/m ²	m	m	kN-m/m	kN-m/m		
M1	0,9	0,07	2,5	4,85	0,15	1,5	0,4	Inestable	M2	0,9	0,09	2,50	3,8	0,15	1,2	0,4	Inestable

FACTORES INFLUYENTES EN EL RESULTADO (Riesgo = Función (Vulnerabilidad; Peligro))

Vulnerabilidad				Peligro			
Estructural		No estructural		Sismicidad	Suelo	Topografía y pendiente	
Densidad	Mano de obra y materiales	Tabiquería y parapetos				Plana	
Adecuada:	Buena calidad	Todos estables		Baja	Rígido	Plana	X
Aceptable:	Regular calidad	Algunos estables		Media	Intermedios	X	Media
Inadecuada:	X Mala calidad	X Todos inestables		X Alta	X Flexibles	Pronunciada	

Calificación		Resultado	
Vulnerabilidad:	Alta	Riesgo Sísmico:	Alto
Peligro:	Medio		

Diagnóstico:

La densidad de muros portantes en la dirección "X" es insuficiente.

Existen problemas de estabilidad al volteo con los tabiques interiores.

La vivienda presenta un riesgo sísmico alto.

Gráficos y fotografías:

Planta:

C1: 0.25 x 0.25
 C2: 0.30 x 0.25
 C3: 0.15 x 0.25
 M: Muro cabeza KK
 S: Muro soga KK
 v.d.: vent. alto
 / : techo ligero
 X : sin techor
 ← sent. de alig.
 h : Altura de entrepiso

Primera Planta

Segunda Planta

Elevación:

Frontal

Juntas sísmicas	
Izquierda	Derecha
0	0

Pág. 2

(b)

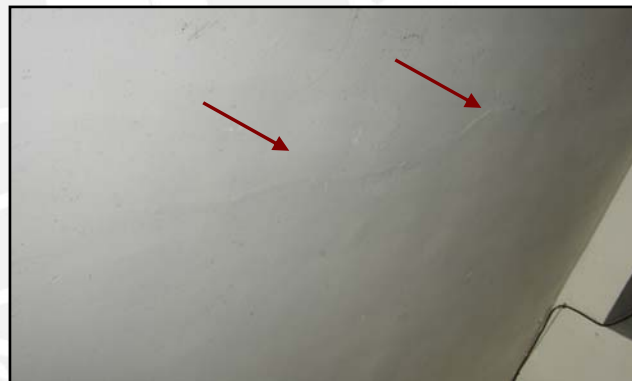
Familia: Guillena Dávila



Dirección:
Juan Pablo II 586 Urbanización
Las Brisas



Fisura resanada en el sentido
ortogonal a la losa del primer piso.



Se observa la desalineación y
desorden total en la colocación de
los ladrillos.
Armaduras expuestas y corroídas.



Pág. 3

(c)

Fig. 4.07 (a) 1ra página; (b) 2da página; (c) 3ra página de la ficha de reporte

5 DEFECTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS VIVIENDAS INFORMALES

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se detallan y se explican los problemas de ubicación, estructurales y constructivos que se han encontrado en las viviendas informales encuestadas. Los problemas de ubicación están relacionados al tipo de suelo de cimentación; los problemas de estructuración, a la configuración sismorresistente; y los problemas constructivos, a la construcción de las viviendas. También se analiza la calidad de la mano de obra empleada en la construcción de viviendas.

5.2 PROBLEMAS DE UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS

Generalmente en la construcción de las viviendas informales no se tiene en cuenta las características del suelo. Es decir, si el suelo es resistente, si es estable o inestable, o si existe la posibilidad de deslizamiento o caída de rocas en caso de sismos. Los problemas encontrados en las zonas encuestadas han sido clasificados de acuerdo a las siguientes descripciones.

5.2.1 Viviendas sobre rellenos de nivel

Los rellenos de nivel son depósitos de tierra artificiales. Se clasifican en rellenos controlados o de ingeniería y en rellenos no controlados.

Los rellenos no controlados son los más comunes, pues se realizan con cualquier material y sin una adecuada compactación.

Se ha observado que los pobladores nivelan zonas de pendiente sin ningún criterio técnico, y hacen rellenos de nivel no controlados (Fig. 5.01). Además, se ha visto que algunas viviendas son construidas sobre desmontes o desechos de otras construcciones. El problema de las viviendas construidas sobre rellenos inadecuados es que son susceptibles a sufrir asentamientos diferenciales, que producen fisuras en los pisos y grietas en muros y losas (Fig. 5.02).



Fig. 5.01 Vivienda sobre relleno de nivel



Fig. 5.02 Muro agrietado por asentamientos diferenciales

5.2.2 Viviendas sobre suelo no consolidado

Los suelos no consolidados son suelos granulares de baja resistencia. Muchas veces debido a la poca capacidad portante del suelo, las viviendas sufren asentamientos diferenciales que producen fisuras en los pisos, muros y losas. Dentro de los suelos no consolidados se encuentran los suelos granulares sueltos. De las zonas estudiadas la que mayor cantidad de viviendas sobre suelo no consolidado tiene es el Asentamiento Humano Señor de Luren y sus alrededores (Ica), ya que el tipo de suelo generalmente es arena suelta (Fig. 5.03).



Fig. 5.03 Vivienda sobre suelo no consolidado

Se ha observado que en las viviendas con sobrecimiento armado se ha minimizado el efecto de los asentamientos diferenciales.

5.2.3 Viviendas en pendiente

Las viviendas ubicadas en zonas de pendiente (Fig. 5.04) se encuentran generalmente construidas en las partes altas de los cerros. En algunos casos el suelo es inestable y se producen deslizamientos y caída de rocas.



Fig. 5.04 Viviendas en pendiente pronunciada

Los muros de las viviendas ubicadas en las faldas del cerro están enterrados (Fig. 5.05), soportando el empuje lateral del terreno. En las encuestas realizadas se observa que todos los muros que soportan empuje lateral no han sido diseñados para actuar bajo este efecto.



Fig. 5.05 Vivienda ubicada en suelo arenoso

5.3 PROBLEMAS ESTRUCTURALES DE LAS VIVIENDAS

Los problemas estructurales que se analizan tienen relación con la configuración sismorresistente de las viviendas. Los dueños de las viviendas encuestadas no tenían planos elaborados por ingenieros civiles ni técnicos en ingeniería civil. En las viviendas informales solo se construye en base a los requerimientos del poblador y a la ayuda de un albañil o maestro de obra. Los problemas estructurales han sido clasificados de acuerdo a las siguientes descripciones.

5.3.1 Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta

Los muros deben tener una adecuada resistencia y no deben fallar de forma frágil. Por lo tanto, deben estar constituidos de unidades de albañilería sólidas o macizas mas no del tipo tubular.

Los muros construidos de ladrillo pandereta (tubulares) presentan un tipo de falla frágil y repentina. Es decir, los ladrillos fallan en un lapso de tiempo muy corto entre la aparición de las primeras grietas y el colapso. Los muros de ladrillo pandereta (Fig. 5.06) deberían ser usados solo como elementos de tabiquería.



Fig. 5.06 Muros de ladrillo pandereta

En las viviendas encuestadas se ha notado que varios muros del primer y segundo piso que tiene función estructural han sido construidos con ladrillo pandereta. Los muros que tienen función estructural son aquellos que resisten la fuerza sísmica de la vivienda como conjunto.

5.3.2 Inadecuada densidad de muros

La resistencia sísmica de las viviendas de albañilería confinada está relacionada con la capacidad que tienen sus muros de soportar el cortante sísmico. Esto significa que para que una estructura tenga un buen desempeño ante eventos sísmicos debe tener adecuada densidad de muros en sus 2 direcciones (paralela y perpendicular a la fachada).

El área existente de muros debe ser igual o mayor al área de corte solicitada, que resulta de hacer un análisis sísmico a la vivienda. El hecho de no contar con un área de corte adecuada, en cualquiera de las dos direcciones, ocasionará una falla por corte en los muros de la vivienda. Es decir, que aparecerán rápidamente grietas diagonales en los muros y se reducirá la capacidad resistente de toda la vivienda. La mano de obra deficiente para el asentado de las unidades de albañilería puede reducir hasta un 40% de la resistencia al corte de los muros.

En la mayoría de las viviendas analizadas se advierte que existe una inadecuada densidad de muros en la dirección paralela a la fachada (Fig. 5.07 a), ya que tienen pocos muros e incluso algunos de ellos son de longitud menor a 1 m, no confinados y con asentado tipo sogá. En cambio, en la dirección perpendicular las viviendas tienen muros portantes con asentado de cabeza, confinados y de longitud adecuada (Fig. 5.07 b), de tal manera que en esta dirección generalmente se cumple con los requisitos de área mínima para soportar el cortante sísmico.

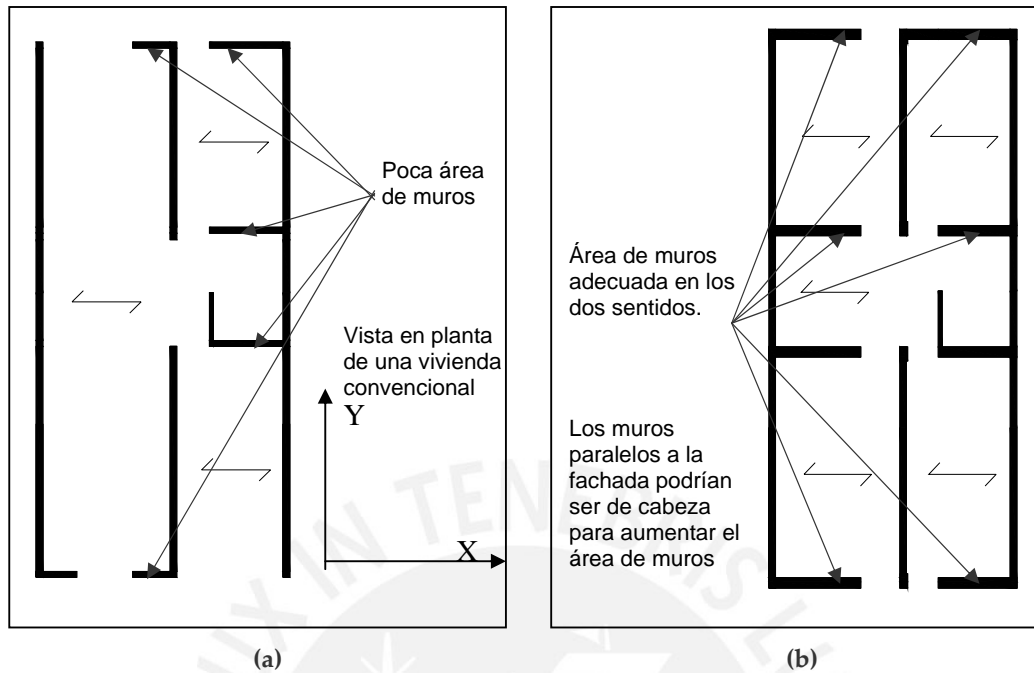


Fig. 5.07 (a) Pocos muros en la dirección X; (b) Adecuada cantidad de muros en X y Y

5.3.3 Muros sin viga solera

Muchas veces los constructores de viviendas informales no tienen un buen concepto de confinamiento y omiten la construcción de vigas soleras sobre los muros resistentes a sismo. Otras veces, construyen la viga solera a una altura inferior a la del techo, y encima de la viga construyen dos o tres hileras más de ladrillo (Fig. 5.08). Para este caso, la unión muro techo será muy deficiente.



Fig. 5.08 Hileras de ladrillos sobre viga solera

Cuando existen muros sin viga solera lo que podría ocurrir es que durante un evento sísmico los muros y el techo traten de separarse y trabajen independientemente uno del otro. Luego, se producirían grietas horizontales en la unión muro techo y no habría transmisión de cortante desde el diafragma rígido hacia los muros. Como consecuencia, las columnas serían sometidas a fuerzas de corte mayores para las que han sido diseñadas.

5.3.4 Muros inadecuados para soportar empuje lateral

En las viviendas encuestadas y en especial las de Carabaylo y en algunas zonas de la ciudad de Ica se presenta la condición de empuje lateral (Fig. 5.09). Los muros que soportan el empuje son de albañilería de ladrillo con deficiente mano de obra y sin diseño alguno para soportar esta presión. Estos muros mal diseñados constituyen un peligro latente que podría magnificarse ante eventos sísmicos. Los muros que soporten empuje lateral deben ser diseñados para que trabajen adecuadamente con este tipo de carga.

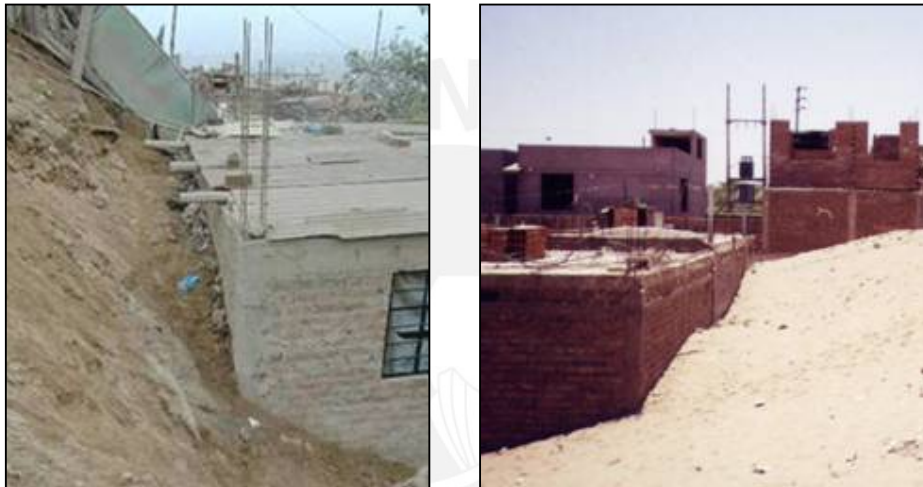


Fig. 5.09 Muros con empuje lateral

5.3.5 Muros sin confinar resistentes a sismo

Los muros que son diseñados para soportar el cortante sísmico deben tener un comportamiento sísmico adecuado y garantizado para evitar su colapso. Los muros deben tener elementos de confinamiento (columnas y vigas de concreto armado) que permitan ductilizarlos. Los elementos de confinamiento ayudan a controlar las grietas que se pueden producir en los muros. Una relación aproximada para el confinamiento es tener paños con una longitud igual al doble de la altura como máximo. Esta relación también permite controlar la inestabilidad de muros al volteo producto de cargas perpendiculares a su plano.

Más de la mitad de las viviendas encuestadas en la costa sur del Perú no tienen muros confinados en sus 4 bordes (Fig. 5.10). Muchos muros solo han sido confinados en tres o en dos bordes.



Fig. 5.10 Muros sin confinar

5.3.6 Tabiquería no arriostrada

Es importante conocer que mientras menos peso tenga una edificación entonces menor fuerza de inercia le corresponderá. Un aumento en la masa de la estructura ocasionaría un incremento en el cortante sísmico. Por esta razón, los tabiques deben estar constituidos por unidades de poco peso como los ladrillos tipo tubular (pandereta).

Según las encuestas analizadas, se ha podido notar que los pobladores y albañiles construyen los tabiques sin un adecuado criterio de confinamiento (Fig. 5.11). La tabiquería no arriostrada se ve frecuentemente en las fachadas de los pisos superiores ya que el poblador trata de ganar área techada con los voladizos.



Fig. 5.11 Tabiquería no arriostrada en segundo piso

5.3.7 Torsión en planta

La torsión se origina cuando en cada losa (que se supone diafragma rígido) existe gran diferencia entre las coordenadas de ubicación del centro de masa y centro de rigidez (Fig. 5.12). Mientras más lejos se encuentren estos centros, mayor será el incremento de las fuerzas cortantes por sismo.

Varias de las viviendas encuestadas podrían sufrir daños por torsión ya que tienen distribución de muros muy asimétrica, no tienen continuidad de elementos estructurales y tienen distribuciones arquitectónicas diferentes en cada piso. Otro detalle que genera torsión se da en las viviendas en esquina, donde los muros que dan a las calles tienen grandes ventanas en comparación con los muros que colindan con las viviendas vecinas que son muros completos.



Fig. 5.12 Torsión en planta

5.3.8 Viviendas sin junta sísmica y losa de techo a desnivel

Un problema generalizado es que las viviendas son construidas una junta a la otra (Fig. 5.13). Es decir, sin dejar juntas sísmicas, que son espacios vacíos entre viviendas y que permita el libre movimiento de cada una de ellas.

En las viviendas encuestadas se ha notado que las viviendas vecinas, que no tienen junta sísmica, tienen techo a desnivel una con respecto a la otra. Este desnivel ocasionará en ambas viviendas un efecto de golpe entre la losa de una y el muro de la otra durante un evento sísmico.



Fig. 5.13 Viviendas vecinas sin junta sísmica y losa de techo a desnivel

5.4 PROBLEMAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS VIVIENDAS

La falta de conocimientos técnicos y de dirección por parte de los albañiles, maestros de obra o pobladores hace que se cometan errores durante el proceso constructivo de las viviendas. En las viviendas encuestadas la participación de profesionales en ingeniería civil ha sido poca o ninguna. En este caso el responsable de la construcción (maestro de obra o poblador) siempre toma las sugerencias y modificaciones que indica el poblador. El constructor realiza cambios en la configuración estructural inicial sin saber si ello ocasionará un aumento en la vulnerabilidad sísmica de la vivienda.

En viviendas informales es común observar el uso de materiales deficientes como la madera para encofrado. También se observa que personal inexperto (peones) realizan las dosificaciones para el concreto y aumentan agua de acuerdo a la facilidad de su trabajo. Casi siempre el concreto para cimentación y techo es mezclado en tolvas o trompos (mezcladoras), pero el concreto para vigas, columnas, escaleras y falso piso es mezclado a mano.

5.4.1 Cangrejeras y acero de refuerzo expuesto

El encofrado sirve para moldear a los elementos de concreto en estado fresco. Por lo general en la construcción de viviendas se utiliza como encofrado elementos de madera. Estos encofrados tienen un costo de adquisición menor a otros tipos de encofrados como los metálicos. La madera que se va a utilizar no debe dañar al concreto, debe estar en buenas condiciones y no debe tener más de ocho usos.

En las viviendas informales el encofrado que utiliza es inadecuado. La madera muchas veces presenta grietas, rajaduras y no tienen los cantos verticales. Además, los albañiles combinan encofrados de madera con otros elementos como latones, pedazos de ladrillo y papel de la bolsa de cemento (Fig. 5.14). Esto ocasiona que los elementos de concreto armado queden desplomados y que presenten cangrejeras. De acuerdo a pruebas de compresión en probetas de concreto se concluye que las cangrejeras pueden reducir hasta un 40% de la resistencia del concreto.



(a)

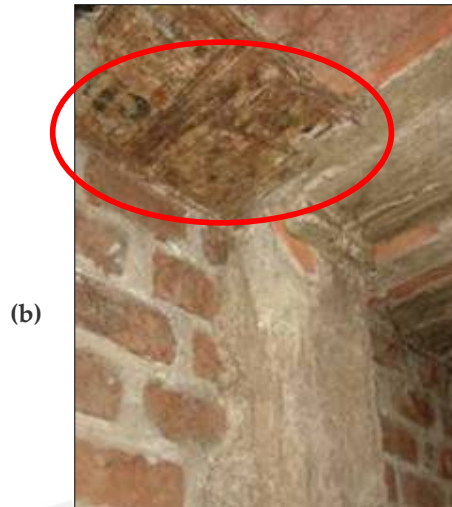


Fig. 5.14 (a) Uso de bolsa de cemento en el encofrado;
(b) Uso de latones y ladrillo en el encofrado

Las cangrejas muchas veces ocasionan que las armaduras queden expuestas a la intemperie. Una armadura expuesta a la intemperie es susceptible a corrosión. Con ello se reduce la resistencia conjunta de los elementos estructurales.

Otra de las causas de cangrejas en el proceso constructivo tiene que ver con los materiales utilizados para hacer el concreto. Claro ejemplo lo constituye el uso de agregado grueso con espesor mayor a $3/4''$, que ocasiona que la piedra quede atrapada entre las armaduras y no deje pasar al concreto.

Cuando se finaliza parcialmente la construcción no se tiene especial cuidado en la protección del acero de refuerzo, dejándolo libre a la intemperie. Es muy común ver este defecto en las losas y columnas donde por razones económicas el proceso de techado se realiza en varios años. Es decir, que se construye por etapas de tal forma que los pobladores se ven en la necesidad de dejar acero de refuerzo expuesto para el empalme futuro (Fig. 5.15).



Fig. 5.15 Acero de refuerzo expuesto

En este caso una armadura expuesta sin protección es susceptible a que sea atacada por corrosión, ocasionando así un problema de disminución de área de acero y un gasto económico en la reparación del acero para una futura construcción.

5.4.2 Juntas de construcción mal ubicadas

En las viviendas analizadas se ha observado que muchos de los constructores informales llenan las vigas con concreto hasta la mitad de su peralte (Fig. 5.16) o dejan una junta vertical (Fig. 5.17). Los estribos y acero de refuerzo son dejados a la intemperie para un llenado futuro conjuntamente con la losa de techo. Esto ocasiona juntas frías de construcción y una mala distribución de esfuerzos en la viga por no existir conectores de corte. También, se tiene el problema de pegado de concreto nuevo con concreto antiguo.



Fig. 5.16 Junta de construcción horizontal en viga



Fig. 5.17 Junta de construcción mal ubicada en vigas

5.4.3 Muros de adobe

Se ha observado que en algunas viviendas, en especial las viviendas de Trujillo, tienen una combinación de muros construidos con ladrillos y con adobes (Fig. 5.18).



Fig. 5.18 Muro constituido con adobe y ladrillo de arcilla

La economía de muchas familias obliga a la construcción por etapas. Se comienza muchas veces limitando el terreno con esteras. Luego se construye muros de adobe y cuando se tiene capacidad económica mayor se cambia la vivienda de adobe por una de ladrillos de arcilla. Es en este proceso donde se tiene el mal concepto de que un muro de adobe puede resistir igual que un muro de ladrillos.

5.4.4 Unión muro techo deficiente

En las viviendas analizadas se ha podido notar que los constructores prefieren quitar ladrillos en la unión muro techo que cortar sus encofrados (Fig. 5.19). Cuando el ancho de la viga solera es mayor que la del muro, entonces es necesario tener un adecuado encofrado para la viga. Sin embargo, se puede ver en algunas viviendas la utilización de pedazos de ladrillo de techo, latones y hasta bolsas de cemento para completar el encofrado. De esta forma se perjudica la adherencia entre unidades de albañilería y elementos de concreto armado.



Fig. 5.19 Remoción de ladrillos en la unión muro, viga solera y techo

5.5 CALIDAD DE MANO DE OBRA

En este proyecto la calidad de la mano de obra ha sido dividida en buena, regular y mala calidad.

La mano de obra de buena calidad implica un adecuado proceso constructivo de las viviendas. Se especifica que en el asentado de muros las juntas estén entre 1 a 2 cm. de espesor, que los elementos verticales estén a plomo, que el encofrado de los elementos de

concreto armado no genere cangrejas, que muy pocos muros hayan sido picados horizontal y verticalmente, y que el acero de refuerzo quede amarrado adecuadamente (medida de traslape) y no esté expuesto a la intemperie.

Una mano de obra de regular calidad es aquella que tiene solo algunos muros con juntas de espesor mayor a 2 cm, pero menor de 3 cm. El aumento del espesor en la junta ocasiona la disminución de la resistencia a compresión y corte del muro. En el proceso del encofrado pueden haber zonas donde no se ha podido colocar madera adecuadamente; sin embargo, puede haberse colocado otro material que no deforme la geometría y no genere cangrejas en el concreto. Se aceptan que pocos muros hayan sido picados vertical u horizontalmente para empotrar las instalaciones eléctricas y sanitarias.

La mala calidad en la mano de obra (Fig. 5.20) implica que las viviendas tengan muchos muros con espesores de juntas mayores a 3 cm, que en el encofrado se hayan utilizado bolsas de cemento o pedazos ladrillo que producen cangrejas en el concreto, que los estribos estén doblados inadecuadamente, que hayan elementos (muros y columnas) desplomados. También se clasifica como mano de obra de mala calidad cuando los muros han sido picados en forma diagonal para realizar las instalaciones eléctricas o sanitarias.



Fig. 5.20 Baja calidad de mano de obra

5.6 OTROS PROBLEMAS DE LAS VIVIENDAS

5.6.1 Eflorescencia en muros

El fenómeno de la eflorescencia consiste en la formación de polvo de sales solubles sobre las caras de los ladrillos (Techniseal 2002). La eflorescencia se caracteriza por ser de color blanco y se presenta en el secado de la superficie de los ladrillos nuevos que han sido humedecidos.

Casi todas las viviendas informales encuestadas han sido construidas con ladrillos artesanales. El problema radica en el tipo de suelo que se ha utilizado en la fabricación del

ladrillo o del mortero, pues la presencia de eflorescencia indica la incorporación de sales en uno de los componentes del suelo.

Debido al elevado grado de succión que tienen las unidades de arcilla elaboradas artesanalmente y a la calidad de la materia prima, el peligro que ocasiona la salinidad es mucho mayor ya que se podría reducir aún más la resistencia de los ladrillos artesanales.



Fig. 5.21 Muro con eflorescencia

5.6.2 Humedad en muros o losas

El problema de humedad en muros y losas (Fig. 5.22) está relacionado con las instalaciones sanitarias que podrían haber colapsado, originando filtraciones en las zonas del recorrido de las tuberías. Este problema muchas veces se presenta en lugares cercanos a los baños.

En zonas de fuerte pendiente como en Carabayllo se ha visto que por gravedad el agua tiende a ir hacia las zonas más bajas. Es muy probable que durante el recorrido el agua establezca contacto con los muros de las viviendas.



Fig. 5.22 Muros con presencia de humedad

5.6.3 Ladrillos de baja calidad

Los ladrillos empleados para la construcción de viviendas informales son por lo general artesanales (Fig. 5.23). Estos ladrillos son fabricados con mano de obra no calificada y tienen un proceso de quemado no uniforme. Ello da como consecuencia la falta de uniformidad en las dimensiones de las unidades y la baja resistencia que los ladrillos pueden presentar.



Fig. 5.23 Baja calidad de ladrillo

La totalidad de los ladrillos artesanales analizados en las encuestas presentan deficiencias en las dimensiones, quemado, color no uniforme, salinidad, alabeo, etc. Este hecho hace suponer que los ladrillos son de baja calidad y no aseguran una adecuada resistencia tanto a compresión como a corte.

5.6.4 Muros agrietados

La mayoría de las viviendas encuestadas que tienen muros agrietados (Fig. 5.24) se encuentran cimentadas sobre suelo no consolidado o suelo de relleno de nivel, y en zonas con pendiente pronunciada.

En el caso de suelos granulares sueltos, como las arenas, los muros también presentan grietas. Estas grietas son producto del asentamiento diferencial que se produce debido a la poca capacidad portante del suelo de cimentación.



Fig. 5.24 Muros agrietados

6 BASE DE DATOS DE LOS ERRORES CONSTRUCTIVOS

6.1 INTRODUCCIÓN

Se muestra la base de datos con los defectos constructivos más comunes de las viviendas informales de Chiclayo, Trujillo, Carabayllo, Puente Piedra, San Martín de Porres, Ate, Villa El Salvador, La Molina, Chorrillos, Ica y Mollendo.

Además, se ha realizado un análisis cualitativo y cuantitativo de la base de datos. El primer análisis se basa en la evaluación de las viviendas a través de la observación en campo sobre los problemas de ubicación, problemas constructivos, problemas estructurales y la calidad de manos de obra. El segundo análisis se basa en el cálculo de la densidad de muros, de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico que se hizo en las fichas de reporte.

6.2 BASE DE DATOS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO

En Chiclayo se analizaron treinta viviendas. Las viviendas están ubicadas en una zona de actual expansión urbana donde generalmente las construcciones están a cargo de albañiles y maestros de obra. El tipo de suelo predominante es areno arcilloso y la mayoría de las viviendas tienen cimentación corrida de concreto ciclópeo con zapatas de concreto armado. El ladrillo utilizado en la construcción de viviendas fue del tipo artesanal macizo.

6.2.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	% DE VIVIENDAS
1 Tipo de suelo		
Areno arcilloso	30	100%
2 Tipo de ladrillo		
Artesanal macizo	29	97%
Sílico calcáreo o concreto	1	3%
3 Tipo de cimentación		
Corrido de concreto ciclópeo	5	17%
Corrido de concreto ciclópeo y sobrecimiento armado	6	20%
Corrido de concreto ciclópeo y zapatas	25	83%

6.3.2 Problemas de las viviendas

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	% DE VIVIENDAS
1 Problemas de ubicación		
Vivienda sobre relleno de nivel	6	20%
Vivienda sobre suelo no consolidado	2	7%
Vivienda en pendiente	1	3%

2 Problemas estructurales		
Muros sin viga solera	1	3%
Muros sin confinar resistentes a sismo	9	30%
Tabiquería no arriostrada	29	97%
Torsión en planta	4	13%
Viviendas sin junta sísmica y losa de techo a desnivel	29	97%

3 Problemas del proceso constructivo		
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	26	87%
Juntas de construcción mal ubicadas	5	17%
Unión muro - techo no monolítica	27	90%

4 Calidad de mano de obra		
Buena	1	3%
Regular	27	90%
Mala	2	7%

5 Otros		
Eflorescencia y salitre en muros	5	17%
Humedad en muros o losa	11	37%
Ladrillos de baja calidad	30	100%
Muros agrietados	13	43%

6.3 BASE DE DATOS DE LA CIUDAD DE TRUJILLO

En la ciudad de Trujillo se analizaron 30 viviendas en dos zonas donde la construcción es informal. Las localidades encuestadas fueron El Porvenir y Víctor Larco Herrera. En estas localidades se tiene un suelo tipo arenoso y las cimentaciones de las viviendas se caracterizan por ser cimentaciones corridas de concreto ciclópeo con zapatas de concreto armado. El tipo de ladrillo utilizado en las construcciones fue artesanal macizo.

Otra de las características en las viviendas de la ciudad de Trujillo es que existe un alto porcentaje de viviendas que tienen muros construidos con unidades de ladrillo y con unidades de adobe.

6.3.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 Tipo de suelo		
Areno limoso	1	3%
Arenoso	28	93%
Gravoso	1	3%

2 Tipo de ladrillo		
Artisanal macizo	29	97%
KK 18 huecos	1	3%
Sílico calcáreo o concreto	4	13%

3 Tipo de cimentación		
Corrido de concreto ciclópeo	1	3%
Corrido de concreto ciclópeo y zapatas	29	97%

6.3.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 Problemas de ubicación		
Vivienda sobre relleno de nivel	7	23%
Vivienda sobre suelo no consolidado	7	23%
Vivienda en pendiente	8	27%

2 Problemas estructurales		
Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta	15	50%
Muros sin confinar resistentes a sismo	8	27%
Tabiquería no arriostrada	30	100%
Torsión en planta	6	20%
Viviendas sin junta símica y losa de techo a desnivel	30	100%

3 Problemas del proceso constructivo		
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	28	93%
Juntas de construcción mal ubicadas	30	100%
Muros de adobe	27	90%
Unión muro - techo no monolítica	18	60%

4 Calidad de mano de obra		
Buena	14	47%
Regular	13	43%
Mala	2	7%

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
5 <u>Otros</u>		
Eflorescencia y salitre en muros	15	50%
Humedad en muros o losa	1	3%
Ladrillos de baja calidad	29	97%
Muros agrietados	10	33%

6.4 BASE DE DATOS DEL DISTRITO DE CARABAYLLO – LIMA

En este caso se recolectaron las encuestas realizadas en la tesis de Roberto Flores (50 encuestas para Carabayllo). Las encuestas se realizaron en los distritos de Carabayllo y Villa El Salvador.

Carabayllo tiene un suelo variado por encontrarse asentado en las faldas de un cerro. El tipo de suelo es areno limoso y rocoso. A comparación de otras zonas, en Carabayllo el tipo de cimentación en su mayoría es cimentación corrida de concreto ciclópeo. El tipo de ladrillo utilizado para la construcción de las viviendas fue artesanal macizo.

6.4.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Tipo de suelo</u>		
Arcilloso	7	14%
Areno limoso	24	48%
Arenoso	8	16%
Rocoso	11	22%

2 <u>Tipo de ladrillo</u>		
Artesanal macizo	45	90%
KK 18 huecos	6	12%
Sílico calcáreo	8	16%

3 <u>Tipo de cimentación</u>		
Corrido de concreto ciclópeo	39	78%
Corrido de concreto ciclópeo y sobrecimiento armado	4	8%
Corrido de concreto ciclópeo y zapatas	3	6%

6.4.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Problemas de ubicación</u>		
Vivienda sobre relleno de nivel	35	70%
Vivienda sobre suelo no consolidado	24	48%
Vivienda en pendiente	33	66%

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
2 Problemas estructurales		
Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta	7	14%
Muros sin viga solera	16	32%
Muros inadecuado para soportar empuje lateral	17	34%
Muros sin confinar resistentes a sismo	5	10%
Tabiquería no arriostrada	11	22%
Torsión en planta	17	34%
Viviendas sin junta símica y losa de techo a desnivel	36	72%

3 Problemas del proceso constructivo		
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	29	58%
Juntas de construcción mal ubicadas	4	8%

4 Calidad de mano de obra		
Buena	6	12%
Regular	34	68%
Mala	10	20%

5 Otros		
Humedad en muros o losa	15	30%
Ladrillos de baja calidad	48	96%
Muros agrietados	21	42%

6.5 BASE DE DATOS DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR – LIMA

El total de viviendas analizadas fue de 50, las que fueron recolectadas de la tesis de Roberto Flores. Al igual que en las anteriores localidades los defectos constructivos han sido agrupados según al tipo de problema que representan. La zona de Villa El Salvador se caracteriza por tener un suelo tipo arenoso y se ha notado que sus construcciones presentan cimentación corrida de concreto ciclópeo. El ladrillo utilizado en la construcción de las viviendas fue artesanal macizo.

6.5.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 Tipo de suelo		
Arenoso	50	100%

2 Tipo de ladrillo		
Artesanal macizo	40	80%
King Kong 18 huecos	10	20%
Sílico calcáreo	4	8%

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
3 Tipo de cimentación		
Corrido de concreto ciclópeo	42	84%
Corrido de concreto ciclópeo y sobrecimiento armado	7	14%
Corrido de concreto ciclópeo y zapatas	1	2%

6.5.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 Problemas de ubicación		
Vivienda sobre relleno de nivel	1	2%
Vivienda sobre suelo no consolidado	8	16%
Viviendas con asentamientos	5	10%
Vivienda en pendiente	3	6%

2 Problemas estructurales		
Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta	8	16%
Muros sin viga solera	20	40%
Muros sin confinar resistentes a sismo	19	38%
Tabiquería no arriostrada	17	34%
Torsión en planta	13	26%
Viviendas sin junta sísmica y losas de techo a desnivel	45	90%

3 Problemas del proceso constructivo		
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	38	76%
Juntas de construcción mal ubicadas	5	10%

4 Calidad de mano de obra		
Buena	8	16%
Regular	30	60%
Mala	12	24%

5 Otros		
Humedad en muro o losa	7	14%
Ladrillos de baja calidad	40	80%
Muros agrietados	12	24%

6.6 BASE DE DATOS DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA – LIMA

El total de viviendas analizadas fue de 15. Las viviendas están ubicadas en una zona donde la construcción está a cargo, en su mayoría, de maestros de obra y albañiles.

La zona de Puente Piedra se caracteriza por tener un suelo tipo arcilloso. El ladrillo utilizado en la construcción de las viviendas fue artesanal macizo.

6.6.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Tipo de suelo</u>		
Arcilloso	15	100%
Artesanal macizo	15	100%

2 <u>Tipo de cimentación</u>		
Cimiento corrido de concreto ciclópeo	7	47%
Cimiento corrido de concreto ciclópeo y zapatas	8	53%

6.6.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Problemas de ubicación</u>		
Suelo no consolidado	1	7%

2 <u>Problemas estructurales</u>		
Muro portante y no portante de ladrillo pandereta	8	53%
Muro sin viga solera	1	7%
Muros sin confinar resistentes a sismo	4	27%
Tabiquería no arriostrada	8	53%
Torsión en planta	4	27%
Viviendas sin junta sísmica y losas de techo a desnivel	15	100%

3 <u>Problemas del proceso constructivo</u>		
Juntas de construcción mal ubicadas	2	13%
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	10	67%

4 <u>Calidad de mano de obra</u>		
Regular	14	93%
Mala	1	7%

5 <u>Otros</u>		
Muro sin viga solera	1	7%

6.7 BASE DE DATOS DEL DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PORRES - LIMA

El total de viviendas analizadas fue de 10. Las viviendas analizadas están en una zona donde la construcción está a cargo en su mayoría de maestros de obra y albañiles.

La zona encuestada de San Martín de Porres se caracteriza por tener un suelo arenoso no consolidado. Las viviendas presentan cimentaciones corridas de concreto ciclópeo. Casi la mitad de las viviendas tienen zapatas en la cimentación. El ladrillo utilizado en la construcción de las viviendas fue artesanal macizo.

6.7.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Tipo de suelo</u> Arenoso	10	100%

2 <u>Tipo de ladrillo</u> Artesanal macizo	10	100%
---	----	------

3 <u>Tipo de cimentación</u> Cimiento corrido de concreto ciclópeo	7	70%
Cimiento corrido de concreto ciclópeo y zapatas	3	30%

6.7.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Problemas estructurales</u> Muro portante y no portante de ladrillo pandereta	6	60%
Muros sin confinar resistentes a sismo	2	20%
Tabiquería no arriostrada	7	70%
Torsión en planta	1	10%
Viviendas son junta sísmica y losas de techo a desnivel.	10	100%

2 <u>Problemas del proceso constructivo</u> Juntas de construcción mal ubicadas	1	10%
Mal encofrado y cangrejas	1	10%
Acero de refuerzo expuesto	8	80%
Unión muro – techo no monolítica	2	20%

3 <u>Calidad de mano de obra</u> Regular	10	100%
---	----	------

4 <u>Otros</u> Humedad en muro o losa	5	50%
--	---	-----

6.8 BASE DE DATOS DEL DISTRITO DE ATE - LIMA

El total de viviendas analizadas fue de 5. La mayoría de las viviendas de Ate tienen cimentaciones corridas de concreto ciclópeo. El ladrillo utilizado en la construcción de las viviendas fue artesanal macizo.

6.8.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Tipo de suelo</u> Gravoso	5	100%

2 <u>Tipo de ladrillo</u> Artesanal macizo	5	100%
---	---	------

3 <u>Tipo de cimentación</u> Cimiento corrido de concreto ciclópeo	4	80%
Cimiento corrido de concreto ciclópeo y zapatas	1	20%

6.8.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Problemas de ubicación</u> Vivienda sobre relleno de nivel	1	20%
Vivienda en pendiente	2	40%
Vivienda en quebrada	1	20%

2 <u>Problemas estructurales</u> Viviendas sin junta sísmica y losas de techo a desnivel	3	60%
Muros inadecuado para soportar empuje lateral	1	20%

3 <u>Problemas del proceso constructivo</u> Juntas de construcción mal ubicadas	2	40%
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	2	40%
Unión muro – techo no monolítica	3	60%

4 <u>Calidad de mano de obra</u> Buena	1	20%
Regular	4	80%

6.9 BASE DE DATOS DEL DISTRITO DE LA MOLINA - LIMA

El total de viviendas analizadas fue de 10. Las viviendas analizadas están en una zona donde la construcción está a cargo en su mayoría de maestros de obra y albañiles.

La zona encuestada de La Molina se caracteriza por tener un suelo arenoso no consolidado con pendiente moderada. El ladrillo utilizado en la construcción de las viviendas fue artesanal macizo.

6.9.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 Tipo de suelo		
Rocoso	1	10%
Arenoso	9	90%

2 Tipo de ladrillo		
Artesanal macizo	10	100%

3 Tipo de cimentación		
Cimiento corrido de concreto ciclópeo	4	40%
Cimiento corrido de concreto ciclópeo y zapatas	6	60%

6.9.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 Problemas de ubicación		
Vivienda sobre relleno de nivel	8	80%
Vivienda en pendiente	8	80%

2 Problemas estructurales		
Muro portante y no portante de ladrillo pandereta	3	30%
Tabiquería no arriostrada	5	50%
Torsión en planta	1	10%
Viviendas sin junta símica y losas de techo a desnivel	7	70%
Muros inadecuados para soportar empuje lateral	3	30%

3 Problemas del proceso constructivo		
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	6	60%

4 Calidad de mano de obra		
Regular	10	100%

5 Otros		
Rajaduras en cimiento o sobrecimiento	1	10%
Humedad en muros o losa	5	50%

6.10 BASE DE DATOS DEL DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

El total de viviendas analizadas fue de 10. La zona encuestada de Chorrillos se caracteriza por tener un suelo arenoso con nivel freático superficial. Las viviendas tienen cimentaciones corridas de concreto ciclópeo. Casi la mitad de las viviendas tienen zapatas y sobrecimiento armado. El ladrillo utilizado en la construcción de las viviendas fue artesanal macizo.

6.10.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Tipo de suelo</u>		
Arenoso	10	100%

2 <u>Tipo de ladrillo</u>		
Artesanal macizo	10	100%

3 <u>Tipo de cimentación</u>		
Cimiento corrido de concreto ciclópeo	6	60%
Cimiento corrido de concreto ciclópeo y zapatas	4	40%
Sobrecimiento armado	4	40%

6.10.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Problemas de ubicación</u>		
Nivel freático superficial	6	60%

2 <u>Problemas estructurales</u>		
Muro portante y no portante de ladrillo pandereta	5	50%
Muros sin confinar resistentes a sismo	2	20%
Tabiquería no arriostrada	6	60%
Viviendas sin junta sísmica y losas de techo a desnivel	10	100%

3 <u>Problemas del proceso constructivo</u>		
Acero de refuerzo expuesto	7	70%

4 <u>Calidad de mano de obra</u>		
Regular	10	100%

5 <u>Otros</u>		
Muros agrietados	3	30%
Humedad en muro o losa	4	40%

6.11 BASE DE DATOS DE LA CIUDAD DE ICA

Las encuestas realizadas en la ciudad de Ica se llevaron a cabo en zonas de expansión urbana donde la mayoría de las construcciones son ejecutadas por albañiles y pobladores. Se encuestaron 30 viviendas distribuidas en el Pueblo Joven Señor de Luren y en Pasaje Tinguña Valle.

La ciudad de Ica presenta dos tipos de suelo predominantes: el arenoso y el areno limoso. Uno de los principales problemas es la construcción sobre arena suelta, que conjuntamente con los vientos fuertes que se dan en Ica ocasionan que las cimentaciones queden expuestas a la intemperie. Las viviendas se caracterizan por tener cimentación corrida de concreto ciclópeo. El tipo de ladrillo utilizado en las viviendas fue artesanal macizo.

6.11.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 Tipo de suelo		
Areno limoso	15	50%
Arenoso	15	50%

2 Tipo de ladrillo		
Artesanal macizo	27	90%
King Kong 18 huecos	5	17%

3 Tipo de cimentación		
Corrido de concreto ciclópeo	30	100%

6.11.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 Problemas de ubicación		
Vivienda sobre relleno de nivel	2	7%
Vivienda sobre suelo no consolidado	1	3%

2 Problemas estructurales		
Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta	3	10%
Muros sin viga solera	2	7%
Muros sin confinar resistentes a sismo	17	57%
Tabiquería no arriostrada	9	30%
Torsión en planta	2	7%
Viviendas sin junta sísmica y losas de techo a desnivel	27	90%

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
3 <u>Problemas del proceso constructivo</u>		
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	28	93%
Juntas de construcción mal ubicadas	2	7%
Muros de Adobe	2	7%
Unión muro – techo no monolítica	16	53%

4 <u>Calidad de mano de obra</u>		
Buena	1	3%
Regular	9	30%
Mala	20	67%

5 <u>Otros</u>		
Eflorescencia y salitre en muros	11	37%
Humedad en muros o losa	4	13%
Ladrillos de baja calidad	29	97%
Muros agrietados	11	37%

6.12 BASE DE DATOS DE LA CIUDAD DE MOLLENDO

El total de viviendas encuestadas para Mollendo fue de 30. Las viviendas están ubicadas en zonas de expansión urbana donde se construye con albañiles sin experiencia y sin criterios técnicos para un adecuado trabajo.

El tipo de suelo de las viviendas en su mayoría es rocoso y arenoso. Las construcciones tienen cimentación corrida de concreto ciclópeo. Al igual que en la mayoría de las zonas encuestadas de la costa, el tipo de ladrillo utilizado fue el artesanal macizo.

6.12.1 Características generales

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
1 <u>Tipo de suelo</u>		
Arenoso	11	37%
Gravoso	2	7%
Rocoso	17	57%

2 <u>Tipo de ladrillo</u>		
Artesanal macizo	29	97%
King Kong 18 huecos	1	3%

3 <u>Tipo de cimentación</u>		
Corrido de concreto ciclópeo	29	97%
Corrido de concreto ciclópeo y sobrecimiento armado	1	3%

6.12.2 Problemas de la vivienda

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
<u>1 Problemas de ubicación</u>		
Vivienda sobre relleno de nivel	3	10%
Vivienda sobre suelo no consolidado	3	10%
Vivienda en pendiente	6	20%

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIAS	% DE VIVIENDAS
<u>2 Problemas estructurales</u>		
Muros portantes y no portantes de ladrillo pandereta	1	3%
Muros sin confinar resistentes a sismo	30	100%
Tabiquería no arriostrada	10	33%
Torsión en planta	5	17%
Viviendas sin junta sísmica y losas de techo a desnivel	10	33%
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	30	100%
Juntas de construcción mal ubicadas	4	13%
Unión muro – techo no monolítica	18	60%

<u>4 Calidad de mano de obra</u>		
Regular	2	7%
Mala	28	93%

<u>5 Otros</u>		
Eflorescencia y salitre en muros	20	67%
Humedad en muros o losa	17	57%
Ladrillos de baja calidad	29	97%
Muros agrietados	12	40%

6.13 ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA BASE DE DATOS

En el análisis cualitativo de la base de datos se ha tenido en cuenta solo los problemas que han sido analizados mediante un procedimiento de observación. Es decir, para este análisis no se ha realizado ningún cálculo que permita averiguar numéricamente el comportamiento sísmico de la vivienda. Los problemas que se analizan están referidos a la ubicación, estructuración (sin considerar la densidad de muros), proceso constructivo, calidad de mano de obra y otros problemas mencionados en la base de datos.

Para mayor claridad de los defectos que se encuentran a lo largo de toda la costa del Perú, las encuestas realizadas han sido reunidas en dos grupos: Costa norte y Costa sur. Dentro de la costa norte se han agrupado las ciudades de Chiclayo, Trujillo y los distritos limeños de Carabayllo, Puente Piedra, San Martín de Porres y Ate. Para la costa sur se han

agrupado las ciudades de Ica, Mollendo y los distritos limeños de Villa El Salvador, La Molina, Ate y Chorrillos.

6.13.1 Problemas de ubicación

Las encuestas realizadas en la costa norte muestran que de un total de 140 viviendas el 35% se encuentra sobre relleno de nivel. Muchas de estas viviendas están construidas sobre suelo no consolidado que puede ocasionar problemas de asentamientos.

En el análisis para la costa sur se observa que los porcentajes de viviendas ubicadas en terrenos de cimentación no adecuados son relativamente bajos. Hay que diferenciar el suelo arenoso consolidado del no consolidado; el no consolidado producirá asentamientos que pueden llevar al colapso de la estructura.

Tabla 6.01 Problemas de ubicación en la costa norte y costa sur

Problemas	Costa norte	Costa sur
Vivienda sobre relleno de nivel	35%	11%
Vivienda sobre suelo no consolidado	24%	14%
Vivienda en pendiente	31%	13%

6.13.2 Problemas estructurales

El mayor problema en las viviendas de la costa norte es que no tienen junta sísmica que permita independizar el comportamiento sísmico de cada una de las viviendas. Se observa que un 88% de viviendas presentan esta deficiencia.

Otro de los problemas estructurales son los tabiques no arriostrados. Este problema se presenta en mayor cantidad en los entresijos superiores y azoteas de las viviendas.

Tan igual que en la costa norte, las viviendas de la costa sur presentan en su mayoría inadecuada junta sísmica. En este caso, del total de 130 viviendas encuestadas el 77% de viviendas no tienen junta sísmica.

Tabla 6.02 Problemas estructurales en la costa norte y costa sur

Problemas	Costa norte	Costa sur
Muros portantes y/o no portantes de ladrillo pandereta	26%	15%
Muros sin viga solera	13%	17%
Muros inadecuado para soportar empuje lateral	13%	2%
Muros sin confinar resistentes a sismo	20%	52%
Tabiquería no arriostrada	61%	36%
Torsión en planta	24%	16%
Viviendas sin junta sísmica y losa de techo a desnivel	88%	77%

6.13.3 Problemas del proceso constructivo

El problema en el proceso constructivo está relacionado con la mano de obra. En este caso se tiene como característica principal el mal encofrado que se realiza en las construcciones, que conlleva a que se produzcan cangrejas y el acero de refuerzo quede expuesto.

En la ciudad de Trujillo se ha observado un problema estructural importante: la utilización de muros de adobe en reemplazo de muros de albañilería de arcilla. Cada uno de estos ladrillos, de adobe y de arcilla, tienen comportamientos y resistencias diferentes ante la acción de los sismos.

Tabla 6.03 Problemas del proceso constructivo en la costa norte y costa sur

Problemas	Costa norte	Costa sur
Mal encofrado y acero de refuerzo expuesto	75%	82%
Juntas de construcción mal ubicadas	31%	8%
Muros de adobe	20%	1%
Unión muro - techo no monolítica	36%	18%

6.13.4 Calidad de la mano de obra

De todas las encuestas, la ciudad de Trujillo tiene el mayor porcentaje de mano de obra de buena calidad. Del total de viviendas de Trujillo, un 47% tiene buena calidad de mano de obra, seguido de un 43% con calidad de mano de obra regular. En cambio, los distritos limeños considerados en la costa norte tienen una mano de obra de regular calidad.

Se concluye que para la zona norte el mayor porcentaje de viviendas presenta una mano de obra de regular calidad; es decir, que presentan muros de albañilería cuyo espesor de juntas varía entre 2 y 3 cm. Caso contrario ocurre en las viviendas de la costa sur donde el mayor porcentaje de viviendas con mano de obra de mala calidad se da en la ciudad de Mollendo. Este problema incrementa la vulnerabilidad de las viviendas ante un evento sísmico.

En comparación con las ciudades de Ica y Mollendo, que tienen mayores viviendas con una mano de obra de mala calidad, el distrito de Villa El Salvador tiene un 60% de mano de obra de regular calidad.

En general, sumando todos los porcentajes de las zonas de estudio se observa que existe una tendencia a la mano de obra de regular a mala calidad.

Tabla 6.04 Calidad de la mano de obra en la costa norte y costa sur

Problemas	Costa Norte	Costa Sur
Buena	16%	7%
Regular	73%	47%
Mala	11%	46%

6.13.5 Otros defectos

El problema común que se da en las viviendas informales de la costa del Perú es la baja calidad de los ladrillos, ya que son elaborados artesanalmente. Estos ladrillos muchas veces no cumplen con las dimensiones dadas en las normas y según las referencias tampoco cumplen con los valores de esfuerzos permisibles que deberían tener. La arcilla con la que se elaboran estas unidades no tiene un control de calidad, lo que conlleva en problemas de eflorescencia de las unidades.

Tabla 6.05 Otros defectos constructivos costa norte y sur

Problemas	Costa norte	Costa sur
Eflorescencia y salitre en muros	14%	24%
Humedad en muros o losa	24%	28%
Ladrillos de baja calidad	76%	75%
Muros agrietados	31%	29%

6.14 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA BASE DE DATOS

En el análisis cuantitativo se resumen los resultados de las fichas de reporte respecto a la densidad de muros. Este criterio de la densidad de muros nos indicará numéricamente si es que la vivienda tendrá un adecuado o inadecuado comportamiento durante un sismo raro (0,4 g).

La densidad de muros es analizada en las dos direcciones de las viviendas. Si es que la vivienda no cumple al menos en una dirección con una densidad mínima, se concluye que la vivienda no tiene adecuada densidad de muros.

Tabla 6.06 Densidad inadecuada de muros

Lugar	Inadecuada densidad de muros
Chiclayo	77%
Trujillo	63%
Carabaylo	60%
Puente Piedra	87%
San Martín de Porres	70%
Ate	20%
La Molina	70%
Chorrillos	50%
Villa el Salvador	76%
Ica	40%
Mollendo	37%

En el análisis cuantitativo se ha evaluado la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico. Es importante señalar que por razones ajenas a la realización de este estudio solo se ha contado para este análisis con las fichas de reporte de las ciudades de Chiclayo e Ica y los distritos limeños de Puente Piedra, San Martín de Porres, Ate, La Molina y Chorrillos.

De acuerdo a los resultados de las fichas de reporte, se observa que más del 80% de las viviendas informales de toda la costa tienen riesgo sísmico alto (Tabla 6.07). Se concluye que ante un sismo severo la mayoría de las viviendas autoconstruidas de la costa peruana sufrirán daños importantes en su estructura.

Tabla 6.07 Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas informales de albañilería confinada de la costa peruana

Especificación		Costa norte	Costa sur
Vulnerabilidad	Alta	66%	80%
	Media	24%	10%
	Baja	10%	10%
Peligro	Alto	50%	27%
	Medio	50%	73%
	Bajo	-	-
Riesgo	Alto	83%	86%
	Medio	17%	14%
	Bajo	-	-

7 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se muestran recomendaciones generales a seguir para el adecuado proceso constructivo de las viviendas de albañilería confinada. No se pretende restringir la secuencia constructiva a lo que se describe en este capítulo; sino más bien, se busca dar un apoyo teórico y práctico a las personas relacionadas con la construcción de viviendas.

Se muestra inicialmente las formas adecuadas de configuraciones estructurales. Se sabe que el adecuado comportamiento sísmico de las viviendas está influenciado por la forma (configuración) de las viviendas. Además, se muestra una relación sencilla para el cálculo de las densidades de muros en viviendas de albañilería. Es importante saber que la resistencia sísmica de las viviendas está dada por los muros confinados. Mientras más muros tenga la vivienda en sus dos direcciones, mejor será su comportamiento ante eventos sísmicos.

7.2 CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

El comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería está influenciado por la adecuada o mala configuración estructural que tiene el conjunto de elementos que conforman las viviendas. Por ejemplo, una vivienda de albañilería confinada tendrá un comportamiento estructural muy deficiente ante un sismo si no tiene la adecuada densidad de muros en cualquiera de sus direcciones. En este caso se dice que la configuración estructural de la vivienda no ha sido buena en la etapa de concepción de la estructura (Fig. 7.01).

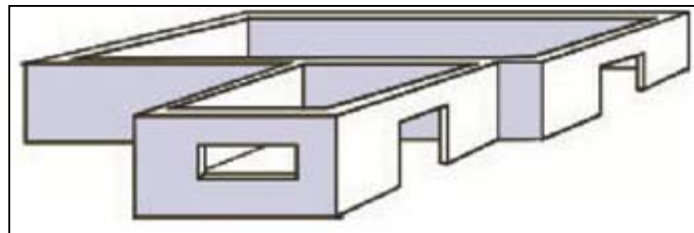


Fig. 7.01 Configuración estructural deficiente (SENA 2001)

En cambio, si la vivienda tiene adecuada forma, volumen, tamaño, y distribución de muros, se dice entonces que la configuración estructural de la vivienda es adecuada y tendrá un buen comportamiento estructural durante algún evento sísmico (Fig. 7.02).

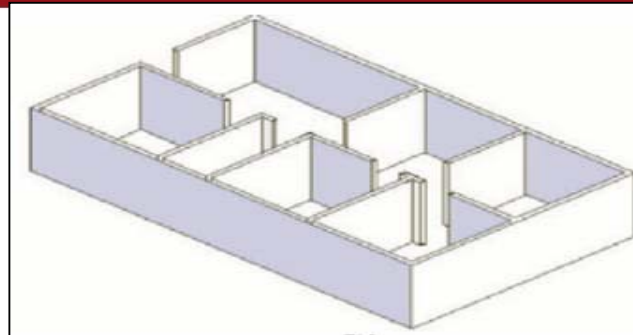


Fig. 7.02 Configuración estructural adecuada (SENA 2001)

Para tener una buena configuración estructural se debe empezar definiendo la arquitectura de la vivienda. Luego, esta arquitectura se dibuja en un plano para definir la distribución, los tipos y las medidas de los elementos estructurales.

Una buena configuración estructural está basada en la simplicidad como la simetría que deben tener las viviendas en las direcciones de análisis, tanto en planta como en elevación (Fig. 7.03). La falta de simetría ocasionará efectos de torsión en la estructura.

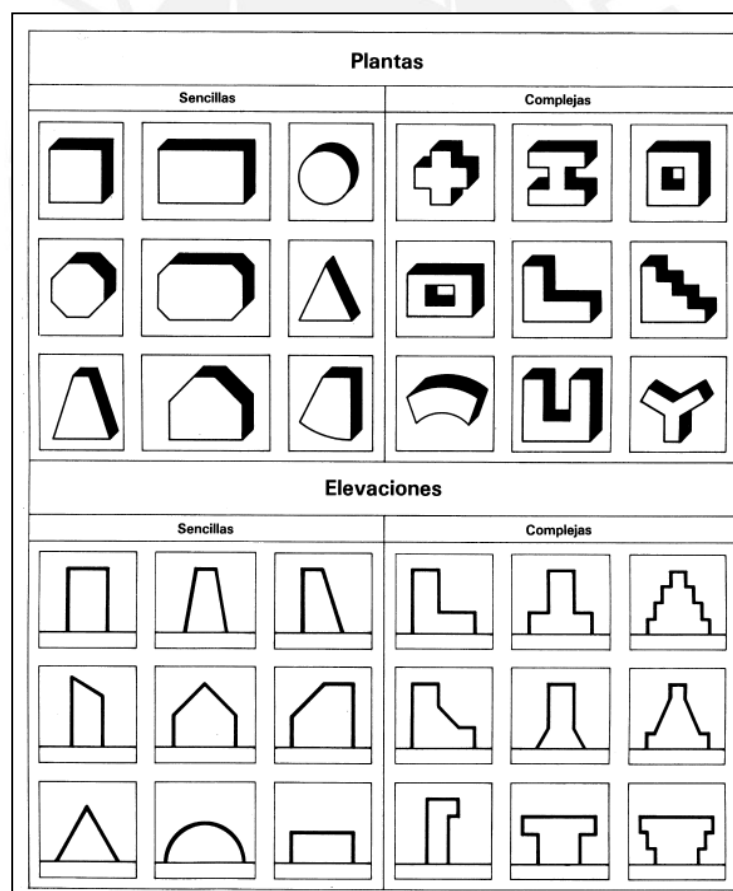


Fig. 7.03 Plantas y elevaciones en una configuración estructural (Arnold y Reitherman 1987)

Es preferible tener dimensiones similares para el ancho y largo de las viviendas (Fig. 7.04). Si no es posible tener dimensiones similares, hay que dimensionar el largo de la vivienda de tal forma que no exceda 3 veces el ancho de la misma vivienda.

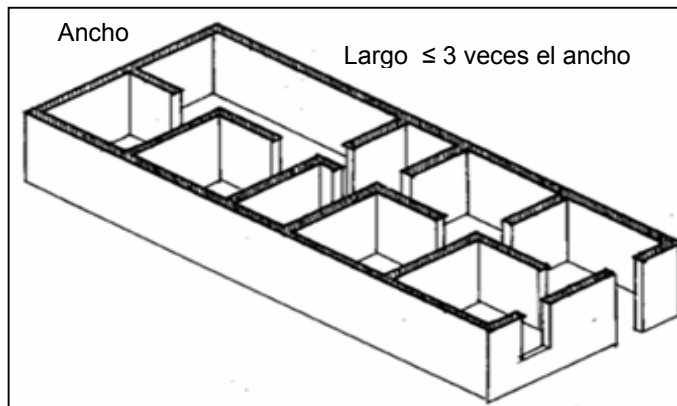


Fig. 7.04 Relación entre las dimensiones en viviendas

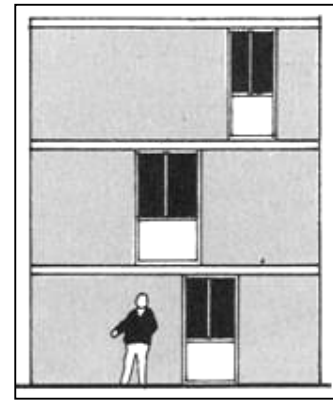


Fig. 7.05 Muro con discontinuidad vertical en los vanos (Gallegos 1986)

La forma volumétrica más sencilla es una forma regular, y una forma regular tiene una estructura compacta. Por lo tanto, el diseño no debe contemplar demasiados cambios en planta ni en altura (Fig. 7.05). Se debe tener cuidado en la ubicación de parapetos o tabiques que muchas veces pueden modificar la idealización preliminar de la vivienda.

Siempre debe existir continuidad de muros. La continuidad vertical de muros ayuda que las cargas provenientes de las losas se transmitan hasta la cimentación sin ninguna interrupción. Los vanos también deben seguir un alineamiento vertical.

La continuidad horizontal de los muros mejora el comportamiento de las viviendas para soportar las fuerzas sísmicas; además, esta continuidad está ligada a la distribución simétrica de muros confinados para evitar torsiones en planta.

Las losas de las viviendas conforman los llamados diafragmas rígidos de la estructura. Las losas transmiten el cortante sísmico a cada uno de los muros (elementos estructurales) que se conectan con ellas.

Como no siempre se pueden tener las losas sin aberturas, ya que son necesarias como en el caso de escaleras, se deben dimensionar las aberturas de tal forma que no sumen más del 20% del área en planta de la losa. Caso contrario no se estaría garantizando una adecuada transmisión de cortante de la losa hacia los muros.

El confinamiento de los muros resistentes a sismo deberá realizarse en sus 4 bordes (Fig. 7.06). La longitud máxima que puede haber entre confinamientos verticales es 2 veces la distancia entre confinamientos horizontales.

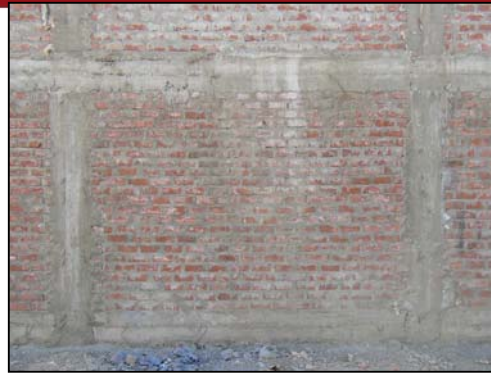


Fig. 7.06 Muro confinado

7.3 DENSIDAD DE MUROS

En las viviendas de albañilería confinada, los muros son los elementos resistentes frente a la acción de los movimientos sísmicos.

La dirección con que viene el sismo es impredecible, por lo tanto es necesario reforzar a las viviendas con una cantidad mínima de muros en sus dos direcciones principales (dirección paralela y perpendicular a la calle). Con ello se logra tener una estructura con adecuada resistencia y rigidez.

De acuerdo a lo que se describe en el capítulo III, las viviendas de albañilería confinada deben tener una densidad mínima de muros en ambas direcciones (Ecuación 4.7, Capítulo 4)

$$A_m \approx \frac{Z \cdot S \cdot A_H \cdot 8}{300}$$

Donde el factor Z (Fig. 7.07, Tabla 7.01) y S (Tabla 7.02) se pueden obtener de la Norma Técnica de Edificación E-030. A_H es la suma del área techada (en m²) del nivel en estudio con las áreas techadas de los pisos superiores.

Tabla 7.01 Factores de zona de la NTE-E030

Factores de zona	
Zona	Valor de Z
3	0,40
2	0,30
1	0,15

Tabla 7.02 Factores de suelo de la NTE-E030

Parámetros del suelo		
Tipo	Descripción	Valor de S
S ₁	Roca o suelos muy rígidos	1,0
S ₂	Suelos intermedios	1,2
S ₃	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	1,4



Fig. 7.07 Zonas sísmicas del Perú (MTC 2003)

Por ejemplo, se analizará una vivienda de dos niveles construida sobre hormigón compacto y ubicada en la ciudad de Lima, con un área construida de 75 m² por nivel. De acuerdo a lo especificado, los valores de Z y S serán: 0,4 y 1,0 respectivamente.

El cálculo del área mínima de muros requerida se hace por nivel. Siempre se tiene que sumar los pesos que se encuentren por encima del nivel en estudio incluido el peso del mismo nivel. En esta vivienda el peso total que llega al primer piso será la suma de los pesos del primer y segundo nivel; en cambio, el peso total que llega al segundo nivel es solo el peso del segundo nivel.

Aplicando la ecuación del A_m para el primer nivel ($A_{tt}=75 + 75 = 150 \text{ m}^2$)

$$A_m = \frac{0,4 \times 1 \times 150 \times 8}{300} = 1,6 \text{ m}^2$$

Para el segundo nivel ($A_{tt}=75 \text{ m}^2$)

$$A_m = \frac{0,4 \times 1 \times 75 \times 8}{300} = 0,8 \text{ m}^2$$

Los resultados de las ecuaciones anteriores indican que se necesitaría 1,6 m² de muros confinados para cada una de las direcciones en análisis en el primer piso y 0,8 m² de muros confinados para cada una de las direcciones en análisis del segundo piso.

Las constantes de la ecuación 4.7 se pueden multiplicar y de esta forma se tendrían expresiones más simplificadas y fáciles de recordar:

Para viviendas construidas sobre suelo rígido

$A_r = 1,0\%$ de las áreas techadas que se encuentran por encima de los muros a calcular.

Para viviendas construidas sobre suelo intermedio

$A_r = 1,2\%$ de las áreas techadas que se encuentran por encima de los muros a calcular.

Para viviendas construidas sobre suelo flexible

$A_r = 1,4\%$ de las áreas techadas que se encuentran por encima de los muros a calcular.

7.4 UBICACIÓN DE LA VIVIENDA

Las viviendas deben ubicarse sobre suelos estables y firmes donde no exista la posibilidad de asentamientos, deslizamientos o caída de rocas. Debe evitarse la ubicación en zonas de quebradas, laderas o sobre terrenos de posible inundación de ríos o acequias.

Los suelos malos (Fig. 7.08 y Fig. 7.09) y prohibidos para la construcción son los suelos de relleno sanitario, desmante, suelos con arcillas expansivas y suelos con nivel freático alto.



Fig. 7.08 Suelo arcillo expansivo



Fig. 7.09. Suelo de relleno.

7.5 LIMPIEZA, NIVELACIÓN Y TRAZADO

Antes de realizar el trazado para la cimentación se tiene que limpiar el terreno removiendo y quitando todo material que no sea parte del suelo como basura, desmante, material vegetal, suelo suelto, etc (Fig. 7.10).



Fig. 7.10 Limpieza del terreno.

Para nivelar el terreno es necesario colocar estacas de referencia de 1,50 m de altura ubicadas en los linderos del terreno. Con ayuda de una manguera transparente se puede llevar una altura absoluta conocida de una hacia todas las estacas (Fig. 7.11). Esta altura absoluta generalmente es la medida de 1 m por encima del nivel de vereda o de algún otro punto de referencia.

El nivel de terreno final de la vivienda debe quedar por lo menos 60 cm encima de los colectores de desagüe de la zona donde se está construyendo la vivienda.

Una vez marcadas las estacas se sabe que parte del terreno se tiene que cortar o rellenar (Fig. 7.12). El corte de terreno se realiza en los lugares donde las medidas en las estacas sean menores a 1 m; y el relleno, donde las medidas sean mayores a 1 m.



Fig. 7.11 Nivelación del terreno (SENA 2001)

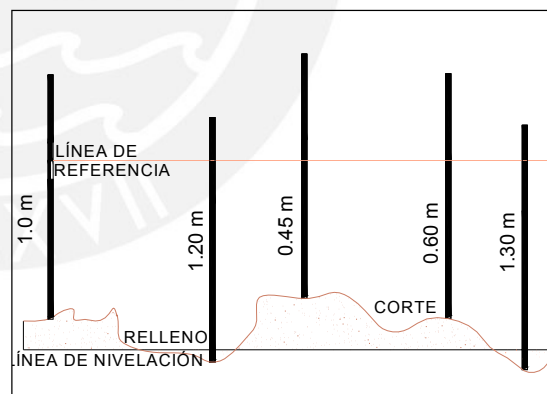


Fig. 7.12 Corte y relleno (SENA 2001)

El relleno de terreno se realiza en capas de tierra de 30 cm. Estas capas de terreno se tienen que humedecer y apisonar o compactar hasta que el suelo quede firme y duro.

Para el trazado de la cimentación se colocan balizas (Fig. 7.13), que son pórticos pequeños de madera donde se marca el centro y el ancho de la cimentación. Estas balizas se colocan al inicio y final del eje de las cimentaciones. Luego se extienden cordeles entre ambas balizas que marcan una misma cimentación (Fig. 7.14) y se procede al trazado de la cimentación con tiza. Finalmente se realiza la excavación de las zanjas.



Fig. 7.13 Baliza

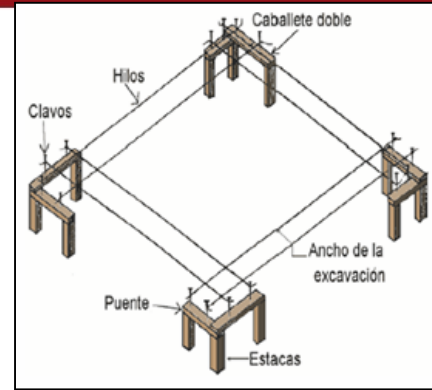


Fig. 7.14 Marcado del ancho de la cimentación (SENA 2001)

7.6 CIMENTACIÓN

La cimentación forma parte de la subestructura de la vivienda. Su función principal es de transmitir adecuadamente las cargas provenientes de todos los pisos hacia el suelo.

Si existen viviendas alrededor de la futura construcción, se tiene que averiguar que problemas han tenido estas viviendas debido al suelo y especialmente si han habido asentamientos.

Los cimientos deben tener una profundidad promedio de 80 cm (para suelos flexibles), penetrando en el terreno natural por lo menos 50 cm (Fig. 7.15). Por ningún motivo toda o parte de los cimientos debe quedar fuera del terreno. El ancho de la cimentación es variable y depende del tipo de suelo; por ejemplo, para suelos duros el ancho varía de 40 a 50 cm, en cambio para suelos blandos (arenas) el ancho varía entre 50 a 80 cm en promedio.

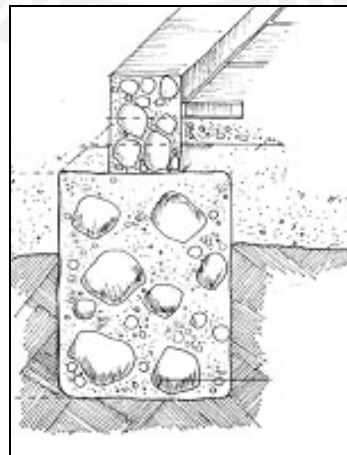


Fig. 7.15 El cimiento

En terrenos con pendiente se tiene que construir cimentación escalonada. Los escalones deben tener una altura menor a la del cimiento.

7.6.1 Proceso constructivo

Las paredes de las zanjas deben estar lo más vertical posible y el fondo debe estar nivelado y libre de tierra suelta (Fig. 7.16). Se recomienda vaciar en el fondo de las zanjas un solado de 5 cm de espesor hecho con concreto pobre (proporción C:H, 1:14) para mejorar la nivelación en el fondo de las zanjas.

La proporción adecuada para el concreto de cimentación es de cemento – hormigón, 1:10 a 1:12, con adición de un 25% de piedra grande. La piedra debe estar limpia y tener como tamaño máximo 10". En el momento del vaciado de la cimentación las paredes de las zanjas deben humedecerse y se debe verificar que las piedras grandes queden envueltas totalmente por la mezcla de concreto (Fig. 7.17).



Fig. 7.16 Excavación de zanjas para la cimentación **Fig. 7.17** Llenado de concreto en la cimentación

Para el paso de tuberías de desagüe por la cimentación, se tendrá que colocar en el cimientto (antes de su llenado) tuberías de diámetro mayor a las de desagüe. Estas tuberías deben estar rellenas provisionalmente con arena y taconeadas en ambos extremos.

Sobre el cimientto se construye el sobrecimientto, cuya función es de protección a la base de los muros contra la acción del intemperismo. Generalmente, el sobrecimientto está constituido por concreto ciclópeo de proporción 1:8 a 1:10 con adición de un 25% de piedra mediana. El tamaño máximo de la piedra mediana debe ser de 3".

En suelos firmes (grava compacta) es normal construir cimienttos y sobrecimienttos de concreto ciclópeo. En suelos blandos es necesario la adición de refuerzo de acero en el sobrecimientto (Fig. 7.18), en tal caso el sobrecimientto estará constituido de concreto armado (proporción 1:2:4).

El acero de refuerzo para el sobrecimientto armado será de 4 varillas de $\varnothing 3/8''$ con estribos cerrados de $\varnothing 1/4''$ espaciados cada 20 cm.



Fig. 7.18 Sobrecimiento armado

Para mejorar la adherencia entre ladrillo y concreto se debe rayar la parte superior del sobrecimiento inmediatamente después del llenado (Fig. 7.20).



Fig. 7.19 Chuceado del sobrecimiento



Fig. 7.20 Rayado del sobrecimiento

El armado de las columnas se va realizando en paralelo a la excavación de las zanjas. Antes del llenado de la cimentación, las columnas deberán estar colocadas y ancladas en sus respectivos lugares.

7.7 MUROS

Los muros son los elementos estructurales principales que proporcionan rigidez lateral a las viviendas frente a la acción de los sismos. Además, transmiten a la cimentación las cargas provenientes de la losa.

Un buen ladrillo se reconoce por la uniformidad de su color, de sus dimensiones y que al ser golpeados con un martillo se escuche un sonido metálico.

En viviendas de varios pisos, los muros superiores deben estar alineados con los muros del piso inferior. Esto logra que los muros tengan continuidad vertical y que las cargas de gravedad se transmitan directamente hasta la cimentación sin interrupción.

7.7.1 Proceso constructivo

En la primera hilada se realiza un emplantillado para ver la distribución horizontal de los ladrillos y para definir los amarres. Se tiene que colocar los ladrillos maestros para lograr que las hiladas estén alineadas horizontalmente. Los ladrillos maestros son dos ladrillos colocados en ambos extremos de cada hilada unidos por un cordel que pasa por el borde exterior de cada ladrillo.

Un día antes del asentado, los ladrillos deben limpiarse y humedecerse con agua, regándolos con una manguera por media hora. Luego los ladrillos deben dejarse al aire libre hasta el siguiente día para su uso.

La mezcla de cemento y arena para el mortero deberá hacerse en seco y luego se irá agregando agua conforme vaya avanzando el proceso constructivo del muro. Se hecha agua a la mezcla para que el mortero sea trabajable. La proporción para el mortero es de cemento arena 1:5. Para que una mezcla sea más trabajable se puede agrega cal en proporción 1:1:5 (cemento : cal : arena gruesa).

Las juntas horizontales y verticales de los muros deberán tener un espesor entre 1 y 1,5 cm, un espesor mayor disminuye la resistencia de los muros ante solicitaciones sísmicas. Para controlar los espesores de las juntas horizontales se colocan escantillones en los extremos de cada muro.



Fig. 7.21 Construcción de muros de ladrillos

En una sola jornada de trabajo la altura máxima para la construcción de los muros será de 1,20 m. Cuando no se termine de completar la construcción del muro se deben dejar libres las juntas verticales de la última hilada. Cuando se reinicie de nuevo con la construcción, se tendrá que limpiar y humedecer con lechada de cemento las juntas y ladrillos colocados el día anterior.

La conexión muro columna puede hacerse de dos formas. La primera es dejar un dentado en los extremos del muro, para tal caso la dimensión del diente no deberá exceder los 5 cm. La segunda forma es dejar una conexión al ras y colocar dos alambre #8 cada dos hiladas con una longitud de anclaje en el muro de 50 cm.

Para el paso de la montante de desagüe en el muro se tiene que dejar un espacio vacío entre los ladrillos y colocar cada tres hiladas un alambre #8 con una longitud de 50 cm de anclaje en el muro (Fig. 7.22).

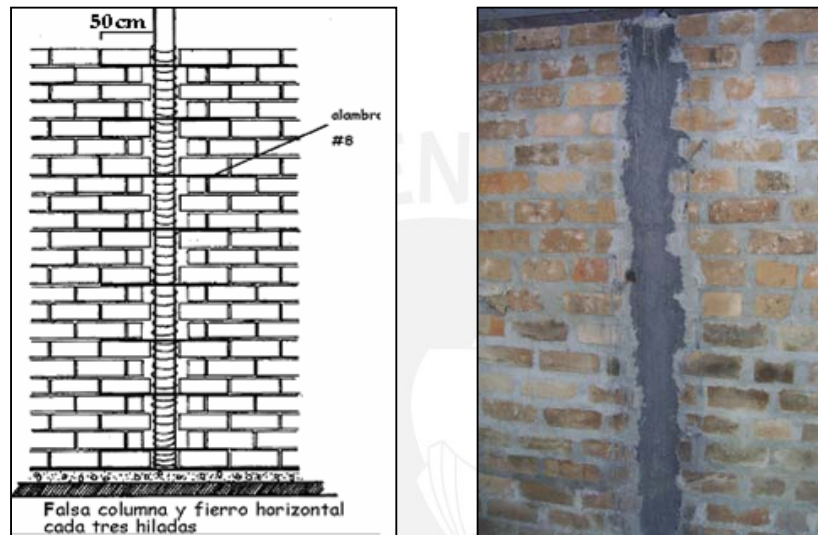


Fig. 7.22 Muros portantes y no portantes

La tubería a empotrar debe tener un zuncho de alambre # 16 en toda su longitud. Luego de colocada la tubería se procede a encofrar y a llenar el espacio vacío con concreto fluido.

Los muros que forman parte de los elementos no estructurales, como los tabiques, deben de tener columnas de confinamiento de 15 x15 cm y llevarán como refuerzo vertical 2 varillas de $\varnothing 3/8''$ y estribos en forma de "S" de $\varnothing 1/4''$ colocados cada 20 cm.

7.8 COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

Las columnas de confinamiento son elementos verticales de concreto armado que se construyen en los extremos de los muros. Las columnas dan mayor ductilidad y resistencia a los muros frente a la acción de las cargas sísmicas. Las columnas deben ubicarse a una distancia no mayor de 2 veces la altura del muro (Fig. 7.23) y los muros no deben tener una altura libre (de piso a techo) mayor a 2,40 m.

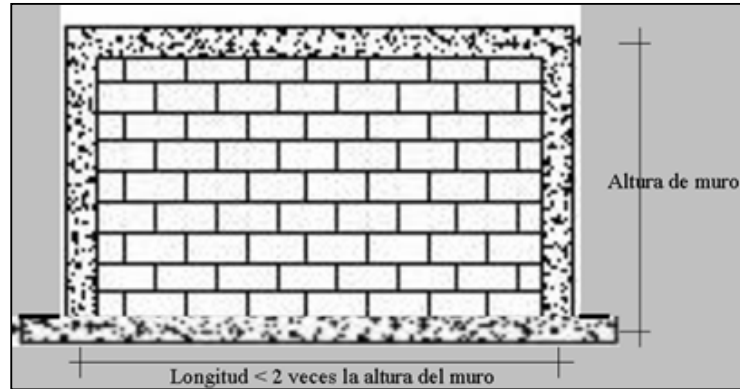


Fig. 7.23 Distancia máxima entre columnas de confinamiento

La sección mínima de concreto debe de ser el espesor del muro por 25 cm. La armadura mínima en las columnas de viviendas de hasta dos pisos es de 4 varillas de $\varnothing 3/8''$. Los estribos están constituidos por varillas de $\varnothing 1/4''$ espaciadas 1@5, 4@10 y el resto @25 cm en ambos extremos.

7.8.1 Proceso constructivo

El armado de las canastillas de refuerzo de las columnas se va haciendo en paralelo con la excavación de las zanjas (Fig. 7.24). Los aceros de las columnas se anclan desde la cimentación y tienen un doblé en cada varilla de 25 cm.



Fig. 7.24 Armado de las columnas

Los estribos son rectangulares y cerrados. El acero a utilizar para estribos es de $\varnothing 1/4''$. La colocación de los estribos en toda la longitud de la columna empieza desde la cabeza de sobrecimiento hasta la losa, en este caso se tendrá que colocar estribos ubicados a 1@5, 4@10, resto @ 25 cm en cada extremo (Fig. 7.25). En el caso las zonas de columna cimiento, columna sobrecimiento y columna viga, se colocarán estribos @15 cm. para facilitar el armado de la columna.



Fig. 7.25 Columna de confinamiento

La longitud del gancho de los estribos será de 7 cm. Los ganchos deberán estar ubicados en forma alternada; es decir, que no deberán estar todos en un mismo lado de la columna.

El concreto para columnas tiene $f'c$ 175 kg/cm² de proporción en volumen de 1:2:4 (cemento : arena gruesa : piedra chancada) con adición de agua en volumen de 3/4. El tamaño máximo de la piedra chancada debe ser 3/4".

La armadura debe quedar perfectamente vertical y libre de óxido. El encofrado de las columnas (Fig. 7.26) se coloca cuando los muros ya están completamente construidos y se verifica la verticalidad con la plomada.



Fig. 7.26 Encofrado de columnas

Previo al llenado con concreto, se humedecerá el encofrado. La primera lata de concreto deberá contener poca piedra chancada, de esta forma se evita que exista disgregación del concreto y cangrejeras en la base de la columna.

En todo momento se debe de vibrar el concreto. Sino se cuenta con una vibradora se puede vibrar con una varilla larga de acero (Fig. 7.27), pero nunca deberán de moverse los

aceros de la columna. El proceso de vibrado es importante ya que evita que se produzcan cangrejas.



Fig. 7.27 Chuceado del concreto de columna

Los encofrados permanecerán en las columnas por 24 horas, luego podrán retirarse para comenzar el proceso de curado. Las columnas deben permanecer húmedas por un mínimo de 4 días. Para facilitar el proceso de curado se pueden colocar sacos de yute húmedos en las columnas, de esta forma se logra que el yute retenga el agua de curado y evita que el agua se evapore rápidamente.

7.8.2 Empalmes

En una misma sección no podrán ubicarse todos los empalmes de un elemento armado. Solo se pueden empalmar el 50% de varillas de acero en una sección y el otro 50% se debe empalmar en otra sección. De esta forma se logra que no exista una zona debilitada en el elemento estructural. Las dimensiones de empalme para cada diámetro de varilla se detallan en la Tabla 7.03.

Tabla 7.03 Longitud de traslape de acero

Acero	Longitud de empalme L_p
3/8"	40 cm.
1/2"	50 cm.

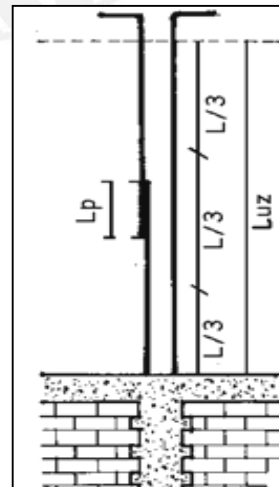


Fig. 7.28 Zonas de empalme en columnas

7.9 VIGAS DE CONFINAMIENTO

Las vigas de confinamiento (vigas soleras) son los elementos estructurales horizontales de concreto armado construidos en la parte superior de los muros (Fig. 7.29). Las vigas de confinamiento, al igual que las columnas de confinamiento, sirven para darle mayor resistencia y ductilidad a los muros. La sección mínima en vigas es igual a la medida del espesor del muro a confinar por la altura de la losa. La armadura en vigas son por lo general son 4 varillas de $\varnothing 3/8''$.



Fig. 7.29 Viga de confinamiento

7.9.1 Proceso constructivo

El armado de las vigas de confinamiento se realiza en paralelo con la construcción de los muros. Luego del desencofrado de las columnas, se empieza a colocar el refuerzo de las vigas sobre los muros.

Los estribos son rectangulares y cerrados. El acero a utilizar para estribos es de $\varnothing 1/4''$. La distribución de los estribos en la viga es entre columnas; en este caso se tendrá que colocar estribos ubicados a $1@5$, $4@10$, y resto $@ 25$ cm en cada extremo (Fig. 7.30). La longitud del gancho de los estribos será de 7 cm. Los ganchos deberán estar ubicados en forma alternada; es decir, que no deberán estar todos en un mismo lado de la viga.

Los aceros inferiores (positivos) deben estar sobre dados de mortero (Fig. 7.31) de 3 cm. de lado y proporción 1:3. El recubrimiento de los aceros -tanto en vigas como en columnas de confinamiento- es de 2,5 cm. Los aceros de las vigas deben permanecer rectos en su recorrido.



Fig. 7.30 Estribos en vigas de confinamiento

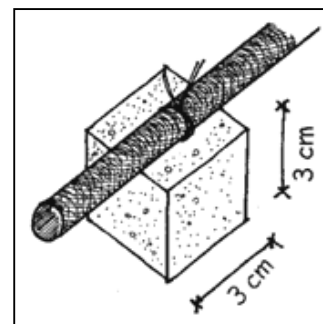


Fig. 7.31 Cubos de mortero

El concreto a llenar en vigas de confinamiento es el mismo que para columnas de confinamiento. Las vigas se llenan conjuntamente con la losa aligerada. Nunca se llenarán las vigas por la mitad y dejando una junta horizontal, esto ocasiona un plano de falla no contemplado en el diseño de las vigas.

El encofrado para las vigas serán tablas amarradas con alambres y clavadas al muro. Cuando se llene la viga con concreto se tiene que vibrar y con un martillo de goma se golpea suavemente el encofrado de la cara exterior de la viga, esto evitará que se produzcan cangrejeras en las vigas.

Se tiene que tener cuidado en el llenado de las conexiones viga columna (Fig. 7.32) ya que generalmente están congestionadas de acero. Para evitar cangrejeras en estas zonas lo recomendable es un adecuado vibrado del concreto. Las consideraciones para empalme de acero son las mismas que para columnas.



Fig. 7.32 Conexión columna y viga de confinamiento

7.10 LOSAS ALIGERADAS

Las losas aligeradas son estructuras que tienen un comportamiento de diafragma rígido en los entrepisos de las viviendas. Las losas unen a los muros por la parte superior y distribuyen el cortante sísmico hacia ellos.

Las losas aligeradas están conformadas por viguetas en forma de "T" espaciadas 40 cm. de eje a eje, y ladrillos de 30x30x15 cm (Fig. 7.33). Se dan estas dimensiones de ladrillo puesto que en el análisis de viviendas convencionales un espesor de losa de 20 cm es utilizado hasta luces libres de 4,5 m.

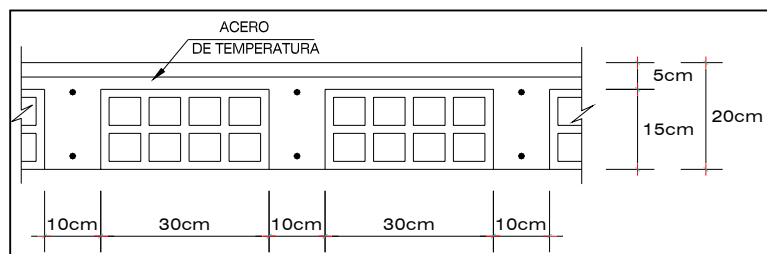


Fig. 7.33 Sección transversal de una losa aligerada

El armado o sentido de colocación de las viguetas será en la dirección más corta del paño a cubrir.

7.10.1 Proceso constructivo

El concreto para losa aligerada es de 175 kg/cm^2 , ello se logra con una proporción en volumen (cemento: arena gruesa: piedra chancada) de 1:2:4, con adición de agua en volumen de $3/4$.

Es preferible que antes de construir el encofrado del techo (Fig. 7.34) se tenga construido el falso piso, de esta forma se logra tener una superficie nivelada que soportará adecuadamente el peso transmitido por los pies derechos. De no ser posible la construcción del falso piso, se tiene que nivelar y apisonar el suelo. Si no se apisona, el suelo puede deformarse por el peso y los pies derechos pueden desestabilizarse originando que la losa aligerada no quede perfectamente horizontal.



Fig. 7.34 Encofrado de losa aligerada

Los centros de luz (cajas octogonales) tienen que ubicarse fuera de las viguetas, sino se estaría interrumpiendo el paso libre del refuerzo de vigueta (Fig. 7.35). Los ladrillos de techo deberán estar perfectamente alineados. Se deben eliminar aquellos ladrillos que estén rajados.



(a)



(b)

Fig. 7.35 (a) Inadecuada ubicación de los centros de luz;
(b) Adecuada ubicación de los centros de luz

De igual forma que en vigas, los aceros positivos (inferiores) de las viguetas deben estar colocados sobre cubos de mortero de 2,5 cm de lado. De esta forma se mejora la horizontalidad del acero de refuerzo de la vigueta y el espesor de recubrimiento.

El refuerzo por temperatura, colocado en la losa de 5 cm por encima de los ladrillos, debe estar colocado perpendicularmente a las viguetas y espaciados a cada 25 cm. Este refuerzo consta de varillas de $\varnothing \frac{1}{4}$ " y debe estar colocado sobre cubos de mortero de 2,5 cm de lado.

En todo momento debe verificarse la horizontalidad de la losa y el alineamiento de los ladrillos. La ubicación de los servicios sanitarios por encima de la losa debe considerar que el recorrido de las tuberías de desagüe deben estar en el lugar de los ladrillos de techo, de esta manera no se interrumpe el recorrido de viguetas. En caso se necesite atravesar viguetas, se tendrá que construir doble vigueta en las zonas de interrupción por las tuberías o reemplazar con concreto las zonas por donde pasa la tubería. Las tuberías de luz pueden colocarse directamente sobre la superficie de los ladrillos.

Se tiene que humedecer con agua a los ladrillos antes de proceder al llenado de la losa. Además, se tiene que verificar que los pies derechos estén estables y no se hayan movido.

El proceso de llenado de las losas con concreto se realiza generalmente cada dos paños. Primero se llena con concreto a las vigas de confinamiento (de los paños a llenar), luego se llenan las viguetas, luego se llena con concreto la losa superior a los ladrillos y por último se procede a darle forma a la superficie con la regla (Fig. 7.36).



Fig. 7.36 Proceso de llenado de la losa aligerada

Es importante el vibrado en cada etapa del llenado, ya que de no hacerlo se pueden formar cangrejeras en los elementos de concreto. Para el curado de la losa se forman cordones de arena (arroceras) sobre cada paño y luego se vierte agua sobre cada uno de ellas. El curado se realiza durante 7 días. Durante los 3 primeros días no se permitirá trabajo alguno sobre la losa. El encofrado debe permanecer mínimo durante 14 días después del llenado.

7.10.2 Armadura

En el anexo de la tesis se muestra una cartilla gráfica donde se dan las áreas de acero a utilizar para luces de hasta 4,5 m para losas de un tramo, y de 4 m para losas de dos

tramos. En el cálculo de las áreas de acero se ha supuesto que las losas están soportando pesos de tabiques distribuidos uniformemente.

Para luces mayores, más tramos de losas o alguna carga especial se recomienda efectuar el diseño con las particularidades del caso. Cabe resaltar que los análisis y diseños deben de ser realizados por profesionales en ingeniería civil.

7.11 VIGAS

Las vigas son elementos estructurales de concreto armado sometidos principalmente a flexión y corte (Fig. 7.37). A comparación de las vigas de confinamiento, las vigas no se construyen sobre los muros, sino que tienen espacio libre debajo de ellas y se apoyan solo en sus extremos.

Las vigas se construyen cuando se necesitan elementos que soporten el peso de tabiques sobre la losa. Las vigas cuyas alturas son iguales al de la losa aligerada se denominan vigas chatas. Una característica de estas vigas es que su ancho es mayor a su altura y necesita más refuerzo que las vigas con mayor peralte.

Es recomendable tener vigas de peralte mayor al de la losa porque tienen un mejor comportamiento y un ahorro en el refuerzo de acero. El peralte de las vigas suele predimensionarse entre un 1/14 a 1/12 de la luz libre de la viga.



Fig. 7.37 Viga peraltada

7.11.1 Proceso constructivo

El concreto para vigas será de $f'c$ 175 kg/cm² cuya proporción en volumen (cemento: arena gruesa: piedra chancada) es 1:2:4, con adición de agua en volumen de 3/4.

Los estribos se colocan a partir del inicio de la luz libre y son aceros de $\varnothing 3/8''$ ubicados 1@5, 5@10 y resto a 25 cm en ambos extremos. La longitud del gancho debe ser como mínimo 6 cm y no deberá ubicarse todos en un mismo lado de la viga, sino que deberán ir en forma alternada.

Las dimensiones para los empalmes de acero para vigas se especifican en la tabla 7.03. El acero superior de la viga debe empalmarse solo en el tramo central de la viga; en cambio, el acero inferior debe empalmarse solo en los extremos de la viga. El refuerzo de cada viga debe tener en sus extremos un dobléz de 15 cm y debe quedar dentro del núcleo de concreto de la columna. Cuando se necesite paralizar el llenado de la viga, la junta de construcción debe ubicarse tal como se muestra en la figura (Fig. 7.38).

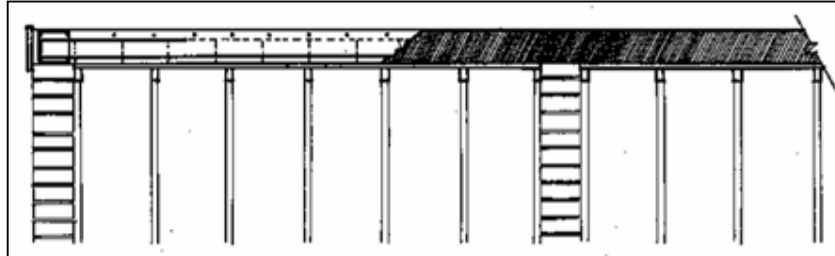


Fig. 7.38 Junta de construcción para vigas y losas



8 REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS

8.1 INTRODUCCIÓN

Todas las construcciones requieren mantenimiento continuo para que funcionen adecuadamente. Además, a fin de que las viviendas tengan un buen desempeño ante un evento sísmico es necesario reparar sus elementos estructurales deteriorados para que estos recuperen su capacidad resistente. En este capítulo se explican procedimientos de fácil aplicación para que los pobladores de las viviendas informales puedan aplicarlas para la reparación y mantenimiento de sus viviendas; sin embargo, se recomienda que toda obra esté a cargo de un profesional de la ingeniería.

8.2 REPARACIÓN DE VIVIENDAS

La reparación de viviendas son las obras que se realizan para que la estructura recupere su capacidad resistente y su estética. La reparación de viviendas puede ser de dos tipos: reparación estructural y no estructural.

La reparación estructural consiste en restaurar la capacidad de carga o capacidad resistente original de los elementos dañados por un evento sísmico u otro fenómeno. En cambio, la reparación no estructural (también llamada reparación cosmética) consiste en mejorar la apariencia visual de los daños que puedan tener las viviendas.

8.2.1 Muros agrietados

En las viviendas analizadas se ha observado que muchos de los muros de las viviendas presentan grietas. La mayoría de las grietas solo tienen efectos cosméticos; es decir, grietas que no influyen en el comportamiento sísmico de los muros por ser pequeñas y localizadas. En general, se puede distinguir dos tipos de grietas: estructurales y no estructurales.

Las grietas estructurales (Fig. 8.01) son causadas por las malas configuraciones estructurales o por los malos diseños de alguno de los elementos de las viviendas. Estas grietas se presentan cuando existen asentamientos diferenciales en la cimentación o por la utilización de un concreto de baja resistencia o el uso deficiente de acero de refuerzo en los elementos de confinamiento (vigas, columnas).

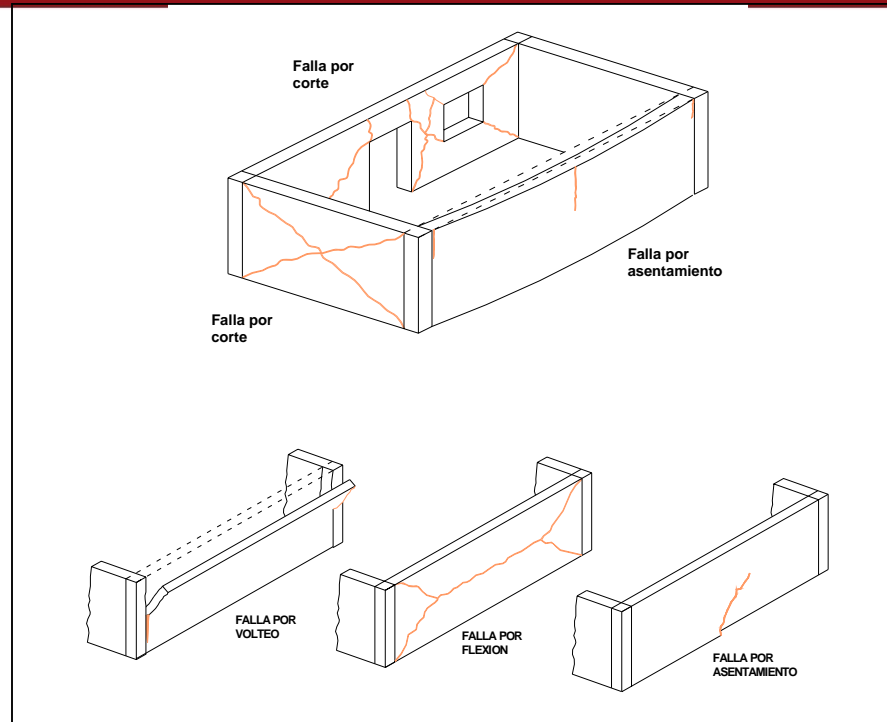


Fig. 8.01 Grietas estructurales (Iglesias y Robles 1988)

Las grietas no estructurales (Fig. 8.02) son causadas por desplazamientos térmicos, contracciones hidráulicas del concreto, material inadecuado en enlucidos o deterioro de los ladrillos.

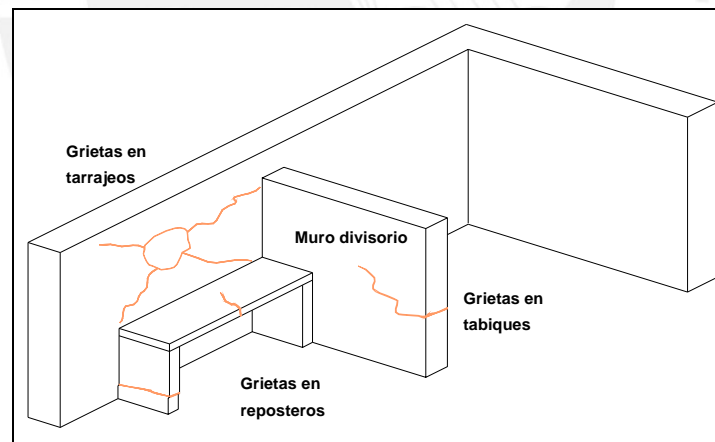


Fig. 8.02 Grietas no estructurales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica 2002)

Para reparar las grietas en muros primero se debe reconocer si la grieta es estructural o no estructural. Además, hay que analizar cuál fue la causa que produjo la grieta y así buscar una solución efectiva al problema.

Una vez reconocido el tipo de grieta se procede a medir el espesor con la ayuda de un grietómetro (Fig. 8.03). Hay que notar si es que con el transcurso del tiempo la grieta ha aumentado de tamaño o de espesor.

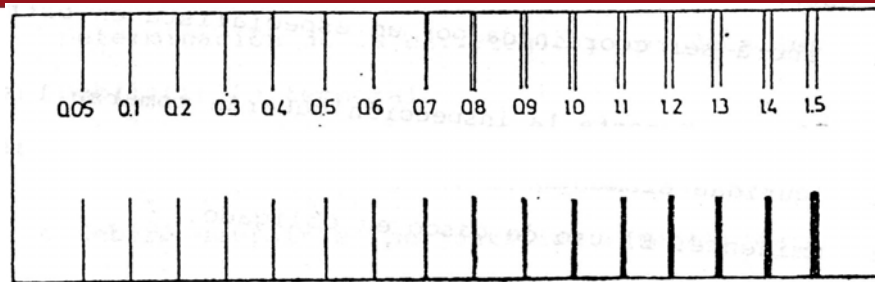


Fig. 8.03 Grietómetro.

Si la grieta fuese no estructural se debe resanar el elemento dañado con mortero 1:5 (cemento : arena), o se puede masillar para luego darle un acabado final con pintura.



Grieta en tarrajeo



Grieta en unión tabique muro

Fig. 8.04 Grietas no estructurales

En el caso de grietas estructurales hay que medir el espesor de las grietas. Si la grieta hubiese sido causada por una falla por corte y tuviera un ancho menor a 0,5 mm (Fig. 8.06), la grieta se debe reparar efectuando los siguientes trabajos:

Fig. 8.05 Grieta de falla por corte
(Flores 2002)

Fig. 8.06 Espesor de la grieta

- Con un taladro y una broca de 1/32" se deben realizar perforaciones con profundidad de medio ancho de ladrillo. Las perforaciones estarán distanciadas aproximadamente cada 40 cm a lo largo de la grieta.



Fig. 8.07 Herramientas utilizadas en las perforaciones



Fig. 8.08 Perforaciones con el taladro

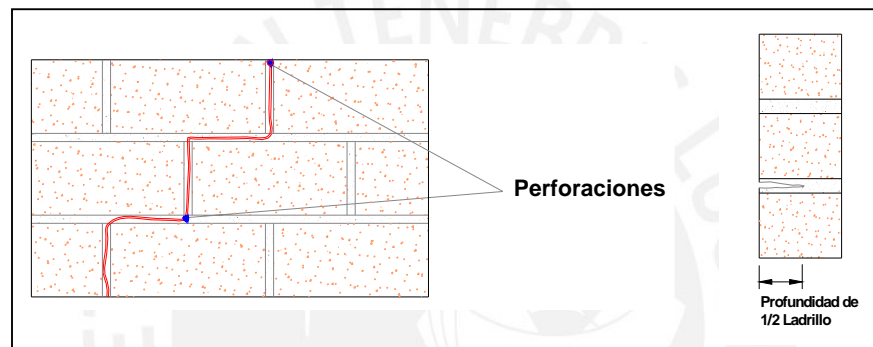


Fig. 8.09 Ubicación y profundidad de las perforaciones

- Luego, se debe lavar la grieta por medio de un chorro de agua a presión. Esto servirá para eliminar los residuos de las perforaciones y a la vez para mejorar la unión entre el concreto antiguo con la lechada de cemento.



Fig. 8.10 Lavado de grietas (Black & Decker 2000).

- Dejar 15 minutos para que el agua de las grietas discurra, y luego sellar superficialmente las grietas con cinta adhesiva o yeso dejando los espacios libres en donde se realizaron las perforaciones.

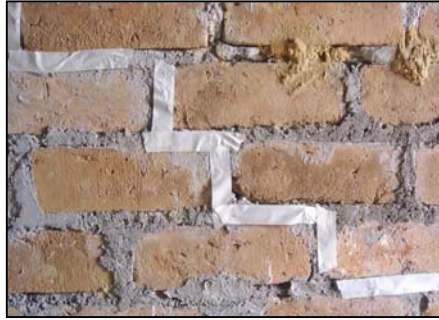


Fig. 8.11 Sellado de las grietas

- Introducir lechada de cemento a presión empezando por la perforación más baja y avanzando hacia arriba. Se recomienda usar un sistema de bombeo adecuado (con una presión de 10 a 30 psi) y un sistema de monitoreo de presión. Pero si estos dispositivos no hubieran en la zona, se puede utilizar una botella plástica (por ejemplo de gaseosa) con una boquilla fina (por ejemplo tapa con un pequeño orificio) a manera de jeringa. La lechada se vacía en la botella y se aplica con la mayor presión posible en forma manual.



Fig. 8.12 Inyección de grietas con lechada de cemento

Si la grieta fuese causada por una falla por corte y tuviera un ancho entre 0,5 a 1,5 mm se puede reparar utilizando el método anterior pero usando un mortero 1:4 (cemento: arena) y adicionando algún plastificante que provea fluidez al mortero o una lechada de mortero.

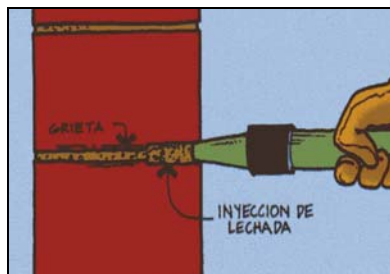


Fig. 8.13 Inyección de grietas con lechada de mortero (AIS 2002)

Si la grieta fuese causada por una falla por corte y tuviera un ancho mayor a 1,5 mm (Fig. 8.14), se puede reparar efectuando los siguientes trabajos:



Fig. 8.14 Grieta de espesor mayor 1.5 mm. (Flores 2002)

- Remover la junta del mortero deteriorado hasta una profundidad de un tercio del espesor del ladrillo. Eliminar el material suelto y cualquier residuo; además, se debe evitar golpear los ladrillos contiguos al mortero deteriorado.

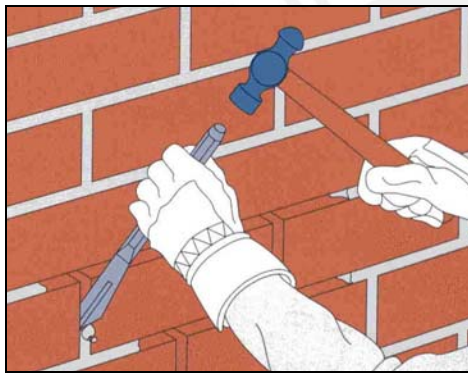


Fig. 8.15 Picado de la junta
(Life books 1995)

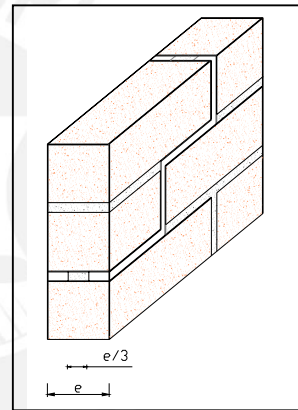


Fig. 8.16 Profundidad de la junta removida

- Lavar la junta removida con un chorro de agua a presión y luego dejar escurrir el agua por 15 minutos.
- Rellenar nuevamente la junta con mortero 1:5 (cemento: arena) aplicándolo a presión e intentando que se llene la junta en su totalidad.



Fig. 8.17 Colocación de nuevo mortero (Life books 1995)

En caso de que las grietas hayan deteriorado los ladrillos colindantes es preferible reemplazarlos, para ello se realizarán los siguientes trabajos:

- Extraer los ladrillos quebrados o rotos. Retirar el mortero de pega y limpiar bien la zona afectada.



Fig. 8.18 Extracción de ladrillo (Black & Decker 2000)

- Humedecer la zona picada y colocar mortero 1:5 (cemento : arena) en todos los bordes que unirán el nuevo ladrillo.



Fig. 8.19 Colocación de nuevo mortero (Black & Decker 2000)

- Colocar un nuevo ladrillo de las mismas dimensiones que el anterior. El ladrillo debe ser colocado a presión.



Fig. 8.20 Colocación de nuevo ladrillo (Black & Decker 2000)

Si hubiera más de un ladrillo deteriorado en el muro, se debe comenzar reemplazando los ladrillos ubicados en la parte inferior.

8.2.2 Grietas en elementos de confinamiento

En caso de que los elementos de confinamiento (vigas y columnas) presenten grietas, se debe verificar que estas grietas sean estables; es decir, que no hayan aumentado ni su espesor ni su longitud durante varios meses.

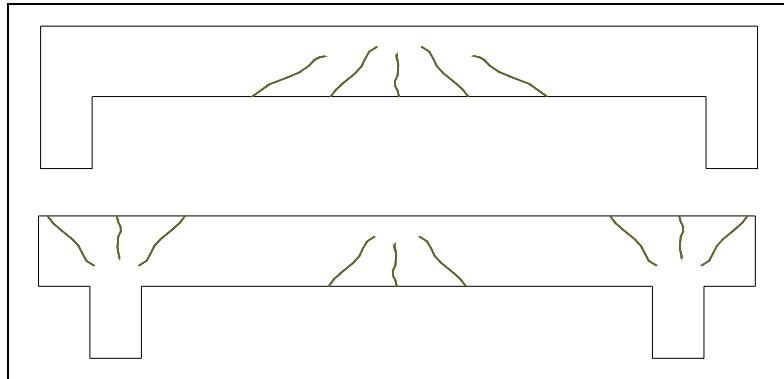


Fig. 8.21 Grietas estructurales en vigas (Do Lago 1997)

Para reparar grietas estables de espesor menor a 0,5 mm en elementos de confinamiento se debe utilizar resina epóxica. La resina epóxica es una mezcla de dos componentes: la resina (A) y el endurecedor (B), en una relación 1,8:1. Dichos componentes deben ser mezclados por tres minutos como mínimo hasta alcanzar una mezcla homogénea. La mezcla alcanzará su endurecimiento a los 20 minutos después de mezclado.

Los pasos a seguir para reparar grietas de espesor menor a 0,5 mm son los siguientes:

- Limpiar la grieta usando aire comprimido. No se debe usar chorros de agua pues la resina debe ser aplicada sobre la superficie limpia y seca.
- Inyectar la resina epóxica a presión empezando de abajo y avanzando hacia arriba. Se recomienda usar un sistema de bombeo adecuado (con una presión de 10 a 30 psi) y un sistema de monitoreo de presión. Es posible también inyectar la resina utilizando pistolas de inyección.

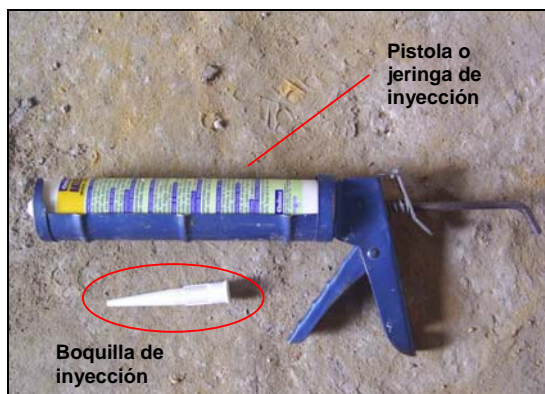


Fig. 8.22 Herramientas utilizadas en la inyección de grietas con resina epóxica



Fig. 8.23 Inyección de grietas con resina epóxica

Si la grieta fuese de un ancho mayor 0,5 mm, se puede reparar utilizando el método anterior pero usando un mortero epóxico especial. El mortero epóxico es una mezcla de dos componentes: la resina epóxica y agregado fino bien graduado. Algunas empresas tienen a la venta este mortero especial ya preparado.

La aplicación de este mortero se realiza por gravedad, para lo cual se construye dispositivos alimentadores con cemento o yeso. Se vierte la resina de un lado del elemento y se espera que atraviese todo el elemento.

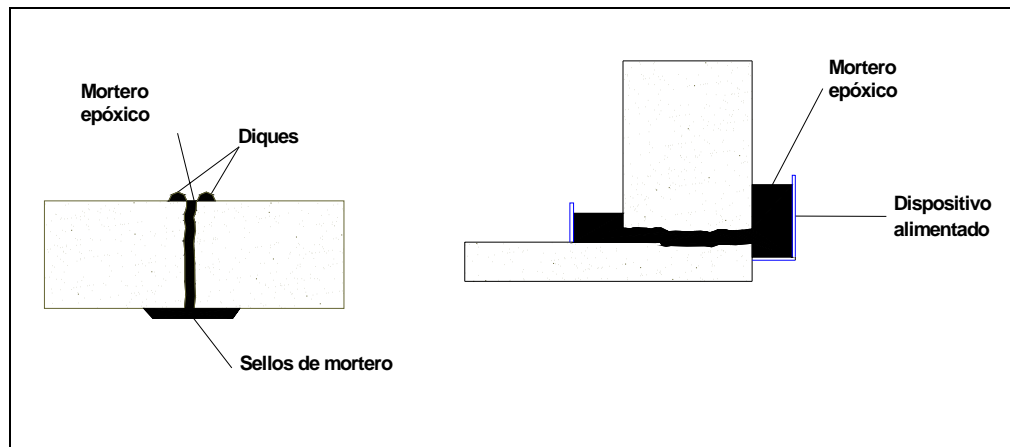


Fig. 8.24 Inyección de grietas por gravedad

8.2.3 Corrosión del refuerzo de acero

Generalmente en las viviendas autoconstruidas no se tiene especial cuidado en el recubrimiento del acero de refuerzo. Claro ejemplo son los aceros de losas aligeradas y columnas que se encuentran corroídos (Fig. 8.25, 8.26) debido a la exposición de los aceros al medio ambiente.



Fig. 8.25 Acero corroído de aligerado (Flores 2002)



Fig. 8.26 Acero corroído de columna (Flores 2002)

Las causas de la corrosión se deben principalmente a la falta de recubrimiento del acero de refuerzo y a las cangrejeras. Las cangrejeras se producen debido a un mal encofrado o al mal vibrado en los elementos de concreto armado.

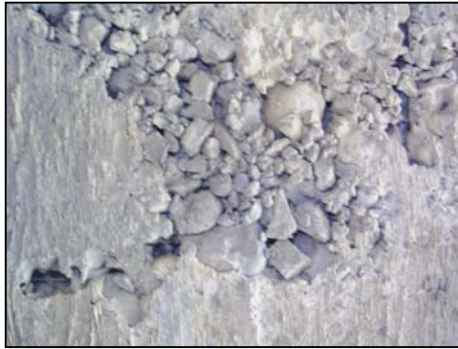


Fig. 8.27 Cangrejera



Fig. 8.28 Acero de refuerzo corroído

La corrosión también es causada por la acción de agentes agresivos (sulfatos y cloruros) incorporados involuntariamente al concreto ya sea en el agua o en los agregados. Se puede reconocer este tipo de corrosión por las manchas rojo-marrones o verdosas en la superficie del concreto.

Para la reparación de vigas o columnas levemente dañadas por corrosión por intemperismo y sin daños importantes en el acero o en el concreto, se pueden realizar los siguientes trabajos:

- Picar cuidadosamente la superficie de concreto afectada para eliminar el concreto deteriorado. Dejar una superficie rugosa y sana.

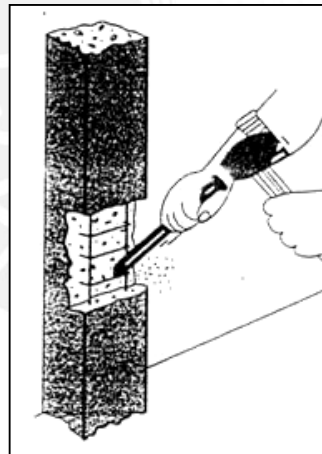


Fig. 8.29 Picado de la zona afectada (Do Lago 1997)

- Limpiar bien la superficie del refuerzo removiendo el óxido con un cepillo de cerdas de acero.
- Lijar levemente la superficie del acero eliminando los residuos. Tratar de no reducir la sección ni rugosidad del acero.

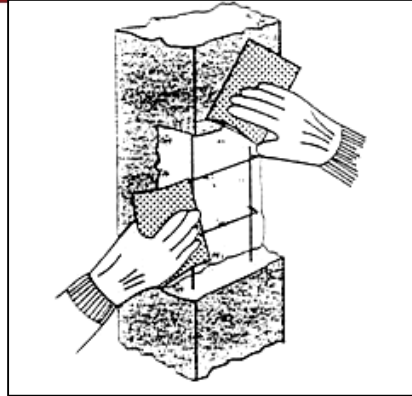


Fig. 8.30 Lijado de la superficie del acero (Do Lago 1997)

- Echar lechada de cemento en la superficie del concreto antiguo para mejorar el pegado del concreto nuevo.
- Encofrar la zona afectada y vaciar concreto con proporción 1:2:3 (cemento : arena : piedra chancada). La piedra debe tener tamaño máximo $\frac{1}{2}$ ". Este proceso permitirá restituir la sección original de concreto.
- Curar el concreto vaciado por lo menos tres veces al día durante siete días.

Para el caso de estructuras dañadas por incorporación de cloruros o sulfatos al concreto, la sección de concreto debe ser reparada realizando los siguientes trabajos:

- Eliminar cuidadosamente el concreto afectado dejando superficie rugosa y sana.
- Limpiar bien las superficies de acero removiendo el óxido con un cepillo de acero.
- Lijar levemente la superficie del acero eliminando los residuos. Cuidar de no reducir la sección ni rugosidad del acero.
- Reconstruir la sección original del acero deteriorado usando soldadura para acero tipo filete (Fig. 8.31 Fig. 8.32). Si solo se suelda un lado del acero, la longitud de soldadura (L) debe ser mayor a 5 veces el diámetro del acero (ϕ). Si se suelda dos lados del acero, la longitud de soldadura (L) será 3 veces el diámetro del acero (ϕ).

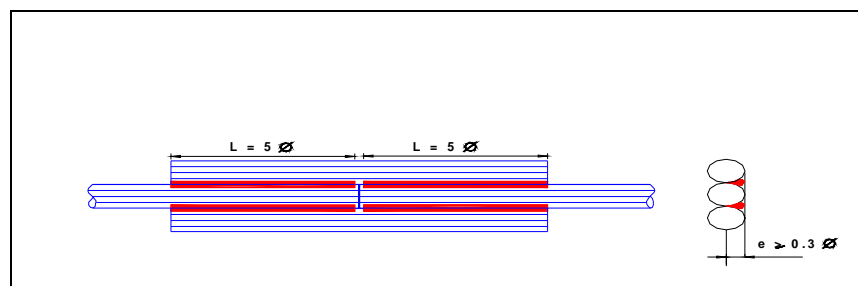


Fig. 8.31 Refuerzo del acero con soldadura filete de un lado (Do Lago 1997)

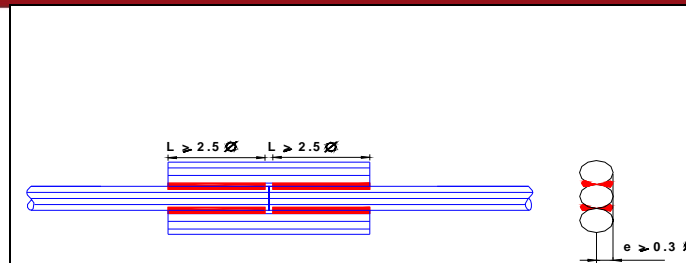


Fig. 8.32 Refuerzo del acero con soldadura tipo filete por ambos lados (Do Lago 1997)

Si hay indicios de presencia de agentes agresivos como cloruros incorporados en el concreto antiguo, se debe proteger el acero con pintura rica en Zinc (Primer rico en Zinc).

- Colocar resina epóxica entre el concreto contaminado y el mortero de reparación, esto ayudará a tener una barrera y evitará que el mortero de reparación se contamine nuevamente (Fig. 8.33).
- Encofrar la zona afectada y vaciar concreto con proporción 1:2:3 (cemento : arena : piedra), la piedra debe tener tamaño máximo $\frac{1}{2}$ ". Este proceso permitirá restituir la sección original de concreto.
- Curar el concreto vaciado por lo menos tres veces al día durante siete días.

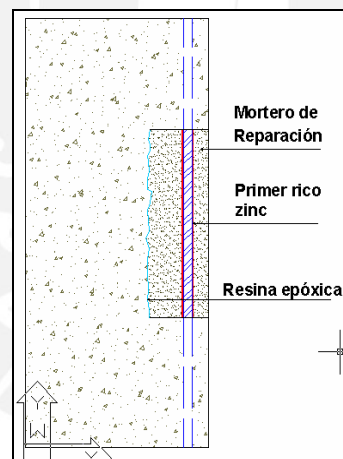


Fig. 8.33 Sección reparada (Do Lago 1997)

Cuando los efectos de la corrosión son severos, es decir existen daños importantes en el concreto o en el acero, es preferible realizar un estudio detallado de las causas de la corrosión para dar soluciones puntuales a un determinado problema.

8.2.4 Daños por eflorescencia

Las viviendas informales son más propensas a sufrir problemas de eflorescencia (Fig. 8.22) en sus muros debido a la calidad de los ladrillos artesanales.

La eflorescencia es un depósito cristalino (salitre), usualmente de color blanco, que se desarrolla en la mampostería o en la superficie del concreto.



Fig. 8.34 Eflorescencia en muro

La eflorescencia es causada por el transporte de sales solubles que se encuentran en los materiales de construcción o en el agua en contacto con la estructura. Las sales son llevadas desde el interior de los elementos hacia la superficie, allí el agua se evapora y deja solo a las sales formando manchas (eflorescencia).

Antes de dar una solución al problema de eflorescencia hay que determinar las fuentes de sales y humedad que provocan la eflorescencia. Para reparar una superficie dañada por el ataque de sales se deben realizar los siguientes trabajos:

- Lavar la zona afectada con agua y con la ayuda de un cepillo de cerdas suaves.



Fig. 8.35 Lavado de la zona afectada (Black & Decker 2000)

- Si la eflorescencia está en la albañilería, aplicar con una brocha una solución limpiadora de proporción 1:10 (ácido muriático: agua) y dejar actuar por 15 minutos. Si la eflorescencia está en los elementos de confinamiento, entonces la solución limpiadora será 1:20 y dejar actuar por 10 minutos. Nunca utilizar proporciones mayores a las indicadas porque el ácido es corrosivo.



Fig. 8.36 Aplicación de solución limpiadora (Black & Decker 2000)

- Enjuagar la superficie afectada con abundante agua libre de sales.



Fig. 8.37 Enjuague de la superficie con agua (Black & Decker 2000)

Luego de realizar todos estos pasos, se debe evitar el ingreso de humedad a la zona afectada. Si no se logra detener la humedad, entonces la eflorescencia aparecerá nuevamente.

8.2.5 Humedad en muros

La presencia de humedad en los muros puede ser causada por fugas de agua que se dan en las tuberías, ya sea por el deterioro o por un empalme inadecuado en las tuberías. Otra de las causas de la humedad en muros es debido al elevado nivel de aguas subterráneas que llegan a la estructura por capilaridad.



Fig. 8.38 Humedad en muro de baño

Si la humedad ocurre en zonas de grifería o donde se sabe que hay tuberías, se deben realizar los siguientes trabajos:

- Picar la superficie húmeda hasta ubicar la tubería.



Fig. 8.39 Picado de muro

- Ubicar la fuga en la tubería. La fuga puede estar en una zona de fractura o en las uniones de la tubería.



Fig. 8.40 Fuga de agua en tubería rota



Fig. 8.41 Fuga de agua en la unión de tuberías

- Cerrar la llave de paso evitando el flujo de agua en la tubería.
- Retirar y cambiar el elemento o tramo de tubería dañada.



Fig. 8.42 Unión de conexiones. (Nisnovich 1998)

El pegamento de unión para las tuberías debe dejarse secar por una hora y luego abrir la llave de paso del agua para verificar que ya no hayan fugas.

La superficie picada en el muro debe quedar libre por un día y así verificar que no hayan más fugas. Luego hay que reconstruir la parte picada del muro con mortero 1:5 (cemento: arena).

8.3 REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS

El reforzamiento en viviendas es la obra que se realiza para que la estructura mejore su capacidad resistente y carga. El reforzamiento forma parte de los trabajos de prevención; es decir, permite disminuir la vulnerabilidad de las viviendas.

8.3.1 Costura de grietas

En muchos casos no solamente se debe reparar las grietas de los muros sino que es preferible reforzarlas, para lo cual se debe aplicar la técnica de costura de grietas a través del siguiente procedimiento:

- Realizar una ranura usando un taladro. La ranura debe interceptar la grieta con un ángulo entre 45 a 90 grados y debe tener una longitud de un metro. Se debe realizar esta costura de grietas cada un metro a lo largo de la grieta.

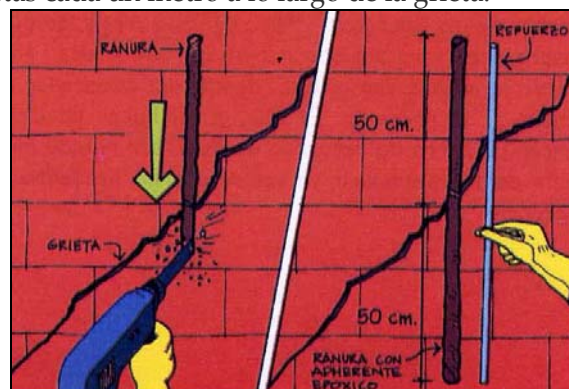


Fig. 8.43 Ranurado del muro (AIS 2002)

- Limpiar las ranuras con aire comprimido y cepillo.
- Aplicar abundante resina epóxica en la ranura.
- Colocar una varilla de $\frac{1}{2}$ " y de longitud 1 m en la ranura.
- Sellar la ranura con epóxico de tal manera que el acero quede fijo y adherido totalmente al muro.

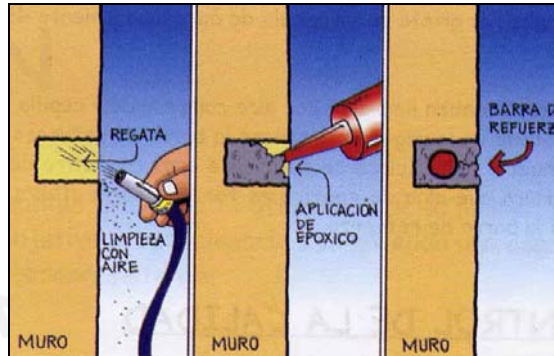


Fig. 8.44 Reforzamiento del muro (AIS 2002)

Luego de colocar el acero de refuerzo en la ranura no hay que mover el acero, caso contrario se estaría perdiendo adherencia con el epóxico.

8.3.2 Reforzamiento con malla electrosoldada

Como se comentó anteriormente, los muros pueden ser reforzados tengan o no daños. Ángel San Bartolomé y Arturo Castro Morán han experimentado una metodología de reforzamiento de muros afectados por sismos y han logrado un incremento de hasta un 40% en la capacidad de carga lateral de los muros.

Para reforzar los muros se usa malla electrosoldada compuesta por varillas de acero corrugado de 4,5 mm de diámetro, espaciadas a 15 cm. Esta malla puede adquirirse en planchas de 2,4 x 5,0 m.

El procedimiento realizado para reforzar los muros es el siguiente (fotos de Castro A. 2002)

- Picar y limpiar las fisuras gruesas de los muros.
- Humedecer y rellenar las fisuras con mortero de proporción 1:3 (cemento : arena).

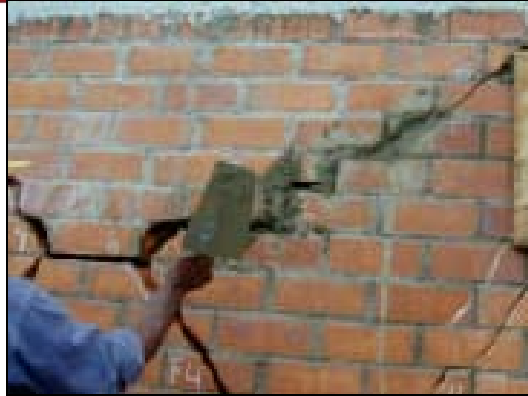


Fig. 8.45 Reparación de grietas gruesas

- Reemplazar los ladrillos triturados por concreto simple. (1:5, cemento: hormigón)
- Si la unión viga columna tuviera daños, entonces el concreto debe ser sustituido por otro de similar característica.



Fig. 8.46 Picado del nudo viga columna

- Pañetear al muro con un mortero cemento-arena gruesa 1:4.



Fig. 8.47 Pañeteo del muro

- Perforar el muro con un cincel de $\frac{1}{4}$ " cada 45 cm. para interconectar las mallas electrosoldadas.

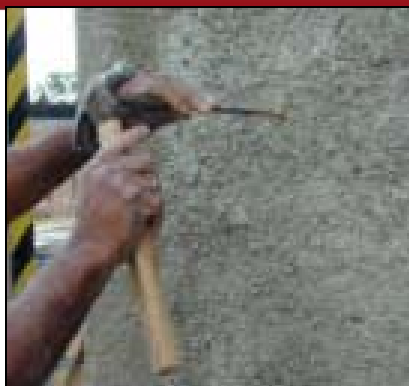


Fig. 8.48 Perforación del muro

- Limpiar con aire comprimido las perforaciones realizadas.
- Colocar las mallas a ambos lados del muro y conectándolas con alambres #8. Los alambres #8 se tienen que amarrar con alambre #16 contra los nudos de la malla.



Fig. 8.49 Fijado de la malla electrosoldada

- Rellenar las perforaciones con lechada de cemento y tarrajear el muro.



Fig. 8.50 Inyección de perforaciones

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

Al culminar el presente trabajo de investigación se han llegado a las siguientes conclusiones:

- La mayoría de las viviendas de albañilería de arcilla de la costa peruana son construidas informalmente. Es decir, que son construidas por los mismos pobladores, albañiles o maestros de obras.
- La mala situación económica del país es una de las razones importantes para que las personas de más bajos recursos económicos construyan sus viviendas de manera informal y sin importarles los peligros naturales que pueden afectar sus viviendas.
- La adecuada configuración estructural de las viviendas permite disminuir en gran medida su vulnerabilidad sísmica. La mayoría de las viviendas informales de la costa son vulnerables por tener deficiente configuración estructural.
- De acuerdo a las encuestas realizadas, la mayoría de pobladores y albañiles no tienen conocimiento sobre cómo proteger los refuerzos de acero de las viviendas. Esto trae consigo el problema de corrosión que pueden sufrir los aceros de refuerzo.
- El mal encofrado que se realiza en construcciones informales hace que se produzcan cangrejeras en el concreto. El 78% de las viviendas informales analizadas tiene problemas de cangrejeras.
- La mayoría de viviendas informales se construyen por etapas y de acuerdo a las necesidades de los pobladores. Por lo general, el proceso constructivo dura más de 10 años.
- En la zona norte del país, en especial Trujillo, muchas viviendas han sido construidas con unidades de adobe y ladrillo de arcilla. El 20% de las viviendas analizadas mezclan en un muro unidades de adobe y de ladrillo de arcilla.
- Las unidades de arcilla usadas en la construcción son elaboradas de manera artesanal. En el 76% de las viviendas analizadas se han usado ladrillos de baja calidad.
- Durante la construcción de las viviendas, los pobladores no controlan la dosificación y mezclado del concreto. Esto origina que el concreto no logre la resistencia a compresión recomendada.

- Existe un desconocimiento casi general sobre el curado en los elementos de concreto armado. Por lo general, los autoconstructores solo curan las losas y durante tres días.
- Un factor determinante para el peligro sísmico es la ubicación de las viviendas. Las viviendas ubicadas sobre suelos blandos y en zonas con pendientes pronunciadas presentaban mayores problemas (como por ejemplo fisura en muros) que las viviendas ubicadas en suelos firmes y en zonas llanas. El 23% de las viviendas analizadas se ubica sobre suelos de relleno e igual porcentaje en pendientes pronunciadas.
- Existe la mala tendencia de construir muchos muros en la dirección perpendicular a la calle y pocos muros en la dirección paralela. Esto genera que en una de las direcciones la vivienda no tenga adecuada densidad de muros.
- Un factor determinante que afecta la vulnerabilidad sísmica de las viviendas es la escasa densidad de muros. El 61% del total de viviendas analizadas no tiene adecuada densidad de muros al menos en una de sus direcciones principales. Esto implica que estas viviendas estarán más propensas a que sufran daños durante la ocurrencia de sismos raros (0,4g).
- El 72% de las viviendas informales analizadas tiene vulnerabilidad sísmica alta, el 18% vulnerabilidad sísmica media y el 10% vulnerabilidad sísmica baja. Es decir solo el 10% de las viviendas han sido construidas adecuadamente.
- El 40% de las viviendas autoconstruidas analizadas tiene peligro sísmico alto, el 60% peligro sísmico medio.
- El 84% de las viviendas informales analizadas de la costa peruana tiene riesgo sísmico alto, el 16% riesgo sísmico medio. Esto implica que ante un evento sísmico raro (0,4g) el 84% de éstas viviendas podrían colapsar.
- El 28% de las viviendas analizadas presenta una mano de obra de mala calidad. El 60% presenta una mano de obra de regular calidad. Solo el 12% presenta mano de obra de buena calidad. Esto demuestra que la mano de obra usada en la construcción de viviendas informales no es la adecuada.
- El 83% de las viviendas analizadas han sido construidas sin dejar juntas sísmicas respecto a las viviendas contiguas.
- El 21% de las viviendas analizadas tiene muros portantes de ladrillos panderetas. En algunos casos toda una segunda planta ha sido construida con ladrillo pandereta.
- El 49% de las viviendas analizadas tiene tabiquería no arriostrada. Estos tabiques durante un sismo fallarán por volteo.
- El 30% de las viviendas analizadas tiene grietas en los muros. Las grietas en los muros han sido caudadas en mayoría por asentamientos diferenciales.

- La mayoría de autoconstructores no realiza una supervisión sobre la colocación de las instalaciones sanitarias. El 26% de las viviendas encuestadas tiene presencia de humedad en sus muros, generalmente causado por fugas de agua de las tuberías.
- Las viviendas con algunos deterioros en sus muros y elementos de confinamientos pueden ser reparadas mediante técnicas sencillas.

9.2 RECOMENDACIONES

Finalmente, por la experiencia lograda durante el desarrollo de este proyecto se pueden dar las siguientes recomendaciones:

Cada vivienda tiene sus propias características de ubicación, diseño y construcción. Por ello es necesario que si hubiera un problema especial en alguna vivienda es mejor que el poblador consulte, antes de tomar alguna medida, a un ingeniero civil para que detalle la forma y procedimiento de construcción o reparación de la vivienda.

Para viviendas de albañilería de ladrillo de arcilla de hasta dos pisos, el maestro de obra puede hacer uso de la cartilla de recomendaciones técnicas para la construcción y mantenimiento de viviendas (ver anexo). Sin embargo, siempre será mejor tener la asesoría de un técnico o profesional en Ingeniería Civil.

Las viviendas con fisuras en sus muros o elementos de confinamiento deben ser reparadas y reforzadas para soportar los sismos que pudiesen ocurrir en el futuro.

Para viviendas de la costa peruana la densidad mínima de muros debe ser 1% para viviendas construidas sobre suelo rígido; 1,2%, sobre suelo intermedio; y 1,4%, sobre suelo flexible.

El SENCICO y otras entidades del estado deben capacitar gratuitamente a los albañiles y maestros de obra para enseñarles la forma correcta de construcción de viviendas sismorresistentes.

La ficha de reporte desarrollada en este proyecto debe ser aplicada a otras viviendas de la costa peruana con la finalidad de seguir evaluando el riesgo sísmico de las viviendas de albañilería de ladrillos de arcilla.

Es necesario que este proyecto sea ampliado a otras ciudades del Perú. De esta forma se tendría una evaluación más completa de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada.

BIBLIOGRAFÍA

Arango J. 2002. "Análisis, diseño y construcción en albañilería". American Concrete Institute. Lima, Perú.

Arnold C y Reitherman R. 1987. "Configuración y Diseño Sísmico de Edificios". Editorial Limusa. México.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. 2001. "Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería". AIS. Colombia.

Avanto F. 2003. "Análisis y diseño de edificaciones de albañilería". Editorial San Marcos. Lima, Perú.

Badillo J. 1980. "Mecánica de suelos". Tercera edición. Editorial Limusa. México.

Barbat A. 1998. "El riesgo sísmico en el diseño de edificios, calidad siderúrgica". Madrid, España.

Bartola, Morales, Blanco y Casabonne. 1998. "Evaluación y reparación de estructuras". Primera edición. American Concrete Institute. Lima, Perú.

Black & Becker. 2000. "The complete guide to home masonry". Primera edición. Editorial Creative Publishing Internacional. U.S.A.

Bommer J, Salazar W y Samayoa R. 1998. "Riesgo sísmico en la región metropolitana de San Salvador". Programa Salvadoreño de Investigación sobre desarrollo y medio ambiente. San Salvador, El Salvador.

Blondet M, Dueñas M, Flores R, Rojo P, Puente J y Loaiza C. 2003. "Diagnóstico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de la vivienda informal en la ciudad de Lima". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Blondet M, Tarque N y Mosqueira M. 2003. "Vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales de la costa del Perú". Servicio Nacional de Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Lima, Perú.

Bonett R. 2003. "Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Castro A. 2002. "Reparación de un muro de albañilería". Tesis de la PUCP. Lima, Perú.

- CESPAC.1995. "Diagnostico aspectos básicos de la autoconstrucción en Lima y Callao". Centro de servicios de pedagogía audiovisual para la capacitación. Lima, Perú.
- CAPECO. 1995. "Construyendo con ladrillo". Cámara Peruana de la Construcción. Lima, Perú.
- Calavera J. 1999. "Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Cementos Lima 2004. "Como construir tu propia vivienda". Lima, Perú.
- Diaz I, Quezada G, Pasquel E. 2002. "Diagnóstico y Reparación de Estructuras de Concreto Armado Atacadas por Corrosión". Primera edición. American Concrete Institute. Lima, Perú.
- De Lago Helene P. 1997. "Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto". Primera edición. México.
- Editorial Time -Life Books. 1995. "Home repair and improvement Masonry". Alexandria, Virginia.
- Flores R. 2002. "Diagnóstico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las Autoconstrucciones en Lima". Tesis de la PUCP. Lima, Perú.
- Fourier d'Albe, E. 1988. "An approach to earthquake risk management". Engineering Structures.
- Gallegos H. 1987. "Diseñando y construyendo con albañilería". La Casa. Lima, Perú.
- Gallegos H. 1986. "Conceptos estructurales: diseño sismo-resistente de edificios". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Gallegos H. 1991. "Comportamiento sísmico de la albañilería". Revista El Ingeniero Civil, No. 73. Lima, Perú.
- Gallegos H. 1989."Identificación y evaluación de edificios sísmicamente vulnerables". Revista El Ingeniero Civil, No. 63. Lima, Perú.
- Gallegos H, Ríos R, Casabbone C, Arango J. 1995. "Construcción de estructuras manual de obra". Cámara Peruana de la Construcción, quinta edición. México.
- Grupo Minetti. 2000. "Eflorescencia". Centro Tecnológico Corporativo Grupo Minetti. Argentina.

INEI. 1993. "Censo de Población y Vivienda del Perú". Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú.

INEI. 2004. "Proyección al 2004 de la población y vivienda del Perú". Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú.

Iglesias J y Robles F. 1988. "Reparación de estructuras de concreto y mampostería". Primera edición. México.

Iglesias J, Robles F, De la Cera J y González O. 1988. "Reparación de estructuras de concreto y mampostería". Sección editorial de la Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Klingner R, Casabonne C y San Bartolomé A. 2001. "Albañilería estructural". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Kuroiwa J. 2002. "Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza". Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima, Perú.

Lesur L. 2001. "Manual de albañilería y autoconstrucción – Tomo I". Trillas. México.

Lesur L. 2001. "Manual de albañilería y autoconstrucción – Tomo II". Trillas. México.

Logeais L. 1984. "Patología de las cimentaciones". Editorial Gustavo Gilli. Barcelona, España.

MTC. 1997. "Reglamento Nacional de Construcciones. Suelos y Cimentaciones: Norma Técnica de Edificación E-050". Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Servicio Nacional de Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Lima, Perú.

MTC. 2003. "Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E-030 Diseño Sismorresistente". Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Servicio Nacional de Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Lima, Perú.

MTC. 2003. "Proyecto de Nueva Norma de Albañilería". Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Servicio Nacional de Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Lima, Perú.

ININVI. 1982. "Adobe: Norma Técnica de Edificación E-070". Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda, Ministerio de Vivienda y Construcción". Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI). Lima. Perú.

Nisnovich J. 1998. "Manual Práctico de Construcción". Biblioteca práctica de la construcción. Argentina.

Nisnovich J. 1998. "Manual Práctico de instalaciones sanitarias". Biblioteca práctica de la construcción. Argentina.

Oshiro F. 1997. "Edificios de Concreto Armado: Cálculo estructural antisísmico". Lima, Perú.

Pasquel E, Díaz y Quezada. 2002. "Diagnóstico y reparación de estructuras de concreto armado atacadas por corrosión". Primera edición. American Concrete Institute. Lima, Perú.

San Bartolomé A. 1998. "Construcciones de albañilería – Comportamiento sísmico y diseño estructural". Fondo Editorial PUCP. Lima, Perú.

Sarria A. 1995. "Ingeniería Sísmica". Ediciones Uniandes. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

SENA. 2001. "Curso: Casas sismorresistentes". Servicio Nacional de Aprendizaje. Medellín, Colombia.

Sika. 2003. "Resinas epóxicas y morteros epóxicos". Lima, Perú.

Taucer F y Papanikolaou A. 2004. "Review of Non-Engineering Houses in Latin America with Reference to Building Practices and Self-Construction Projects". European Commission – Joint Research Centre. Italia.

Techniseal. 2002. "Artículos publicados por Materials & Methods Standard Assoc.". Monterrey, México.

The Institution of Civil Engineers. 1999. "Estructuras resistentes a desastres". Intermediate Technology Development Group. Perú.

Tomlinson M y Boorman R. 1996. "Cimentaciones, diseño y construcción". Primera edición. Editorial Trillas. México.

Whiltow R. 1998. "Fundamentos de mecánica de Suelos". Segunda edición. Editorial CECSA. México.

APÉNDICE

CARTILLA DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

