



**INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN**

ENERO 2011

NÚMERO 05

AÑO 3

EDICIÓN ESPECIAL

BOLETÍN DE INVESTIGACIÓN

Dedicado a la autoconstrucción de viviendas

INVESTIGACIONES :

1. Problemas en viviendas autoconstruidas en el distrito de Ate.
2. Viviendas Autoconstruidas en Laderas: Aspectos Constructivos y Estructurales
3. Evaluación de los Procedimientos Constructivos en y el uso Inadecuado de Materiales en las Viviendas Autoconstruidas
4. Comportamiento Sísmico de Edificaciones de Albañilería Confinada de baja altura.
5. Alternativas de Solución a la Problemática de las Viviendas Autoconstruidas de Adobe en el Distrito de Sicuani



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

Como docente de la Universidad Nacional de Ingeniería y como Ingeniera Civil, es para mí una enorme satisfacción presentar el trabajo de investigación titulado **“ENFOQUE Y ALTERNATIVAS DE SOLUCION AL PROBLEMA DE LA VIVIENDA DE AUTOCONSTRUCCION”**, inicialmente se pensó realizar la presente investigación en los conos de Lima, pero luego el tema se torno más interesante y ha abarcado la autoconstrucción con adobe en Sicuani departamento de Cusco.

La suscrita y cuatro bachilleres en ingeniería nos interesamos por el tema de la autoconstrucción, es decir como las viviendas han sido diseñadas y construidas sin la participación de personal profesional, tema que no solamente se da en nuestro país sino en muchos lugares del mundo y creo que el resultado ha sido interesante.

En nuestros primeros inicios realizamos una estadística mediante cartillas en diferentes viviendas de los conos de Lima, con ello se trato de estudiar la importancia del tema y grado de aceptación que podíamos tener con la población, con los datos obtenidos la Oficina de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil bajo la dirección del Dr. Víctor Sánchez Moya y el Dr. Teófilo Vargas Saavedra Asesor Principal de Investigación, nos brindaron todo el apoyo necesario, se realizaron las gestiones y se firmo un convenio con la Entidad Espacio Azul de la Corporación GyM, a quienes expresamos nuestro agradecimiento por el desarrollo y culminación del presente trabajo.

Nuestra investigación muestra el problema real que sucede en nuestro país, ha sido un trabajo in situ y que como aporte da a conocer soluciones prácticas frente a daños actuales o futuros que se ocasionan en viviendas ya sea por desconocimiento de materiales, procesos constructivos o uso inadecuado de los mismos y que si se trabaja conjuntamente con las municipalidades u organismos Estatales podríamos resolver tremendos problemas con soluciones adecuadas y prácticas para el poblador.

El tema es muy interesante ya que cada bachiller investigador abarca un punto crítico real en cada etapa de la autoconstrucción, logrando al final un trabajo compacto que abarca casi todos los problemas que se nos puedan presentar en este campo, es así que finalmente también nos intereso no solamente estudiar viviendas típicas de autoconstrucción con ladrillo y concreto en los conos de Lima, sino que estudiamos viviendas típicas con adobe en la zona rural de Sicuani departamento de Cusco.

Finalmente logramos el objetivo y pudimos obtener los siguientes resultados:

Bach. Ing. Nilda Tinoco Yurivilca: “Problemas en viviendas autoconstruidas en el distrito de Ate”,

Bach. Ing. Néstor Núñez Tolentino: “Viviendas autoconstruidas en laderas: Aspectos constructivos y estructurales Distrito de San Juan de Lurigancho”

Bach. Ing. Antony De La Cruz Díaz: “Evaluación de los Procedimientos Constructivos y el uso inadecuado de materiales en viviendas autoconstruidas, Distrito de Independencia”

Bach. Ing. Ever Muñoz Huanco: “Evaluación de viviendas autoconstruidas con material de adobe, Distrito Sicuani - Cusco”

Así mismo como expresión del interés de la facultad y de los estudiantes por el tema de Autoconstrucción estamos incluyendo el tema: **“Comportamiento sísmico de edificaciones de albañilería confinada de baja altura”** del **Bach. Ing. Luis Fernando Sirumbal Zapata.**

Esperamos que con el presente trabajo que no solamente enfoca los problemas sino que los analiza y da soluciones a situaciones similares o futuras que se pudieran presentar, teniendo en consideración las normas constructivas, los reglamentos y el adecuado uso de suelos y materiales, podamos contribuir a mostrar este tremendo problema de autoconstrucción y resolver algo, dejando la puerta abierta para que se sigan ampliando investigaciones futuras.

Mg. Ing. Heddy Jiménez Yábar.
Enero, 2011

Director del Instituto de Investigación – FIC

DR. VICTOR SÁNCHEZ MOYA

Jefe de Proyecto

DR. TEÓFILO VARGAS SAAVEDRA

ING. HEDDY JIMENEZ YABAR

Colaboradores:

Ing. Santa María Dávila, Edward

Dr. Hugo Scaletti Farina

Ing. Rafael Cachay Huaman

Ing. José Masias Guillen

Ing. Julio C. Zedano Cornejo

Ing. Mario Sardón Vargas Machuca

Bach. Ing. Nilda Tinoco Yurivilca

Bach. Ing. Hernan Ever Muñiz Huanco

Bach. Ing. Nestor Núñez Tolentino

Bach. Ing. Antony De La Cruz

Bach. Ing. Fernando Sirumbal Zapata

Cuerpo Editor

Bach. Ing. Tinoco Yurivilca, Nilda

Bach. Ing. Hernan Ever Muñiz Huanco

Traducción – Quechua

Bach. Ing. Hernan Ever Muñiz Huanco

ÍNDICE

Editorial.....1

PAPERS

1. Problemas en viviendas autoconstruidas en el distrito de Ate.....3
2. Viviendas autoconstruidas en laderas: Aspectos constructivos y estructurales Distrito de San Juan de Lurigancho..... 10
3. Evaluación de los Procedimientos Constructivos y el uso inadecuado de materiales en viviendas autoconstruidas, Distrito de Independencia..... 15
4. Alternativas de solución a la problemática de las viviendas autoconstruidas de adobe, Distrito Sicuani-Cusco 23
5. Comportamiento sísmico de edificaciones de albañilería confinada de baja altura 33

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú

N°2010-05999

Universidad Nacional de Ingeniería

Av. Túpac Amaru 210 El Rímac, Lima Perú

Apartado postal 1301 Lima 100 – Perú

Telefax (511) 481-9845

Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 424

Edición N°05

Esta publicación contiene artículos de investigación de experiencia propia de los autores y de recopilación de información de diferentes temas nacionales e internacionales, de interés ingenieril, elaborados cuidadosamente para mostrar al lector lo que actualmente se está investigando y lo que aún queda por hacer.

INFORMATIVOS

A) CONVENIO UNI – AUSENCO VECTOR

1er Grupo de Investigadores..... 41

PROBLEMA EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL DISTRITO ATE VITARTE

Nilda Tinoco Yurivilca¹

Sinopsis: La construcción de viviendas sin dirección técnica, llamadas viviendas autoconstruidas son los que conforman los diferentes barrios en los conos de Lima. Sumado esto a una situación económica precaria ha llevado a la población a ubicarse en las laderas de los cerros, y a no contratar asistencia técnica, lleva a la existencia de viviendas con deficiencias estructurales, cuya característica juega un papel protagónico en la dimensión de una catástrofe. El presente artículo muestra los resultados de la evaluación del lugar y de la configuración estructural, realizada a 6 viviendas ubicadas en el distrito de Ate, Lima.

Rikurikuna: Oq'arikuq wasikuna mana allin dirección técnica nisq'awan, sapan wasichakuqkunaq sutiuyuq, kanq'o imaymana aylluqunapi Lima llaqtaq q'uchumpi tarikuqkuna. Chayman yapaspa wakcha kay kaqkunata, runaqunata aparin orq'okunaq qhatanpi tiananqupaq, chaymantaqmi mana asistencia nisqa chasquinankupaq, chaymi aparin mana allin wasikuna tarikunanpaq estructura nisq'anpi. Kay qelqay mast'ariy kawarichihuanchis t'aqwiriska kawariqusq'anmanta k'itinmanta, hinallataqmi imayna tariqun estructura nisqan, soqta wasiqunata ruarisq'a Ate aylluq tariquq, lima llaqtamanta.

Palabras Clave: Viviendas autoconstruidas; evaluación del lugar, evaluación de la configuración estructural, distrito Ate

I. Introducción

Las viviendas autoconstruidas; son denominadas así, por no tener asistencia ingenieril. Por lo mismo no cumplen con los requisitos mínimos de diseño, calidad de materiales, construcción y control, todos estos aspectos sumados a la mala ubicación, a la economía de la población, desconocimiento sísmorresistente y a una configuración estructural deficiente, nos llevan a la problemática de estas viviendas frente a los sismos.

La historia de nuestra construcción frente a los sismos, nos demuestran que, viviendas con las características mencionadas, han sufrido daños desde leves hasta el colapso de las viviendas, tal como se ha podido observar en el sismo más reciente sufrido en nuestro país el 26 de agosto del 2007.

Si nuestras construcciones no han respondido frente a sismos como el del 26 de agosto, ¿Qué pasaría frente a un sismo, como el ocurrido en marzo del 2010 en Chile?, es una pregunta que nos debe llevar a todos como país, a responder

II. Objetivo:

Evaluar viviendas autoconstruidas existentes en el distrito de Ate Vitarte, para contribuir en un mejoramiento futuro, planteando alternativas de solución.

III. Objetivos Específicos:

- Conocer las condiciones del lugar
- Realizar una evaluación general a 6 viviendas con características típicas.
- Proponer alternativas de solución para reducir la vulnerabilidad de las viviendas autoconstruidas.

IV. Justificación:

La población peruana, según la información de los censos respectivos, se ha cuadruplicado desde 1940 hasta el 2007. El flujo migratorio del campo a la ciudad, ha llevado a la capital de Lima a tener un crecimiento rápido y desordenado. Situación que sumado a la pobreza ha producido la ocupación informal de áreas de menor valor comercial, como son las laderas de los cerros.

La mala ubicación, la falta de asistencia técnica, el uso de materiales de mala calidad, procesos constructivos inadecuados, lleva a determinar zonas de mayor riesgo frente a fenómenos naturales como son los sismos.



Fig. 1: Localización de viviendas en laderas de los cerros (Ate)
Fuente: Imagen satelital tomado de Google Earth.

Dado que el Perú forma parte del *Cinturón de Fuego Circumpacífico*, región donde ocurre más del 80% de los sismos que afectan al planeta², esta ha sido sacudida muchas veces por terremotos de gran magnitud, donde se ha podido confirmar las deficiencias de nuestras construcciones, las cuales han sufrido serios daños durante estos eventos sísmicos..



Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil.
Universidad Nacional de Ingeniería
E-mail: ntinoco@gmail.com
Miembro del IIFIC-UNI
Miembro del convenio UNI-ESPACIO AZUL
Página web: <http://www.iific.edu.pe>
<http://iific.blogspot.com>

V. Fundamento Teórico

Evaluación del Lugar

Cuando ocurren los fenómenos naturales que perjudican a los seres humanos, nos damos cuenta que los efectos de los desastres se incrementan, porque las construcciones son débiles y/o están en áreas donde debido al emplazamiento, las intensidades sísmicas se amplifican; y en otros casos porque se encuentran en espacios reservados por la naturaleza para cumplir su ciclo, como los drenajes que tienen las quebradas.

En el Perú, los fenómenos naturales que ocasionan desastres de mayor envergadura son: los terremotos, las inundaciones, los huaycos y las sequías.

Y en Lima específicamente son los sismos, los que presentan una larga historia. El más grande fue el año de 1746, donde solo quedaron en pie 25 viviendas de 3000 y debido al tsunami ocurrido después del sismo, en el puerto del Callao solo sobrevivieron 200 personas de 4000.

Los sismos además de las vibraciones, ocasionan fallas en el terreno, produciendo deslizamiento de laderas, caídas de rocas, asentamientos y licuación de arenas: los cuales pueden destruir, dañar a las viviendas y causar muchas muertes. Existen otros efectos causados por sismos, como los incendios, cuyos resultados son funestos, porque además los suministros de agua y los accesos quedan afectados.

La evaluación del lugar en este estudio, se realizó respecto a la localización de la vivienda y de su seguridad frente a sismos, dado que es el fenómeno más importante y de mayor peligro en Ate, específicamente en las zona de estudio, por lo tanto se centrará en conocer la estabilidad de taludes y el tipo de suelo sobre la cual se encuentran emplazadas las viviendas, basado en la información de estudios ya realizados y de visitas de campo, para conocer la geología local.

No se dejara de mencionar otros peligros observados, como un punto complementario al estudio.

Criterios de Evaluación:

Los criterios tomados en cuenta para realizar la evaluación del lugar y de la configuración de la vivienda, esta basada en la Guía de Resistencia Sísmica de Vivienda Autoconstruidas, desarrollada por IAEE y NICEE – 2004.

1. Estabilidad de Taludes

El conocimiento de deslizamientos de tierra, activados por eventos sísmicos, ha servido de guía para predecir la ocurrencia de deslizamientos, donde por lógica podemos esperar que dicha actividad de deslizamiento disminuya al aumentar la distancia al epicentro y existe una distancia a partir de la cual no ocurren deslizamientos de determinado tamaño.

La cinemática, geometría y evolución de los fenómenos de deslizamiento dependen principalmente de la litología, estructura y condiciones de saturación de los suelos o rocas, así como de la intensidad del evento sísmico.

Un trabajo realizado por Keefer (1984) muestra que para la producción de cierto tipo de deslizamientos se requiere una gran magnitud del sismo (Tabla N° 1).

| Magnitud | Tipo de Movimiento |
|----------|--|
| 4.0 | Caídos de roca, caídos de suelo, fracturación cósmica |
| 4.5 | Deslizamientos de suelo o bloques de suelo |
| 5.0 | Deslizamientos de roca, bloques de roca, esparcimientos laterales, flujos de suelo y deslizamientos submarinos |
| 6.0 | Avalanchas de roca |
| 6.5 | Avalanchas de suelo |

Tabla N°1: Estimativos de la magnitud necesaria para que un sismo produzca deslizamientos de tierra (adaptada de Keefer – 1984) Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.

Para determinar la estabilidad de taludes se revisaron los mapas de microzonificación sísmica, la geología regional para conocer la geomorfología y la geodinámica interna del lugar de estudio, además de una visita al lugar para conocer la geología local.

Con esta información realizaremos el análisis de vulnerabilidad basado en la tabla Tabla N° 2, la cual se obtuvo de los instrumentos de evaluación del “Proyecto regional de reducción de riesgos en capitales andinas”, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) – 2007.

| NIVEL | DESCRIPCION |
|------------------------------|--|
| GRADO I BAJO | Consideradas como zonas de bajo riesgo por consiguiente pueden ser utilizadas como áreas de expansión y habilitación urbana. |
| GRADO II MODERADO | Son aquellas zonas consideradas de riesgo moderadamente alto, estas áreas pueden ser utilizadas para uso urbano, pero requieren trabajos de ingeniería de mediana envergadura. |
| GRADO III MODERADAMENTE ALTO | Son aquellas zonas consideradas de riesgo moderado, por lo tanto pueden ser habilitadas para uso urbano, previo desarrollo de trabajos básicos de ingeniería. |
| GRADO IV ALTO | Son aquellas consideradas de altos riesgos, estas pueden ser utilizadas para uso urbano, pero requieren trabajos de ingeniería de gran envergadura. No se debe permitir la existencia de viviendas o locales destinados a escuelas, hospitales, mercados, etc., en estas zonas, de no realizarse trabajos de prevención adecuados. Su uso debe ser destinado para protección (forestación), recreación y conservación. Se deberá delimitar en forma detallada sus áreas de mayor riesgo. |
| GRADO V MUY ALTO | Son aquellas zonas consideradas de muy alto riesgo; para el asentamiento de viviendas o locales; su tratamiento es difícil y de muy alto costo para nuestra realidad. Las viviendas en esta zona corren el riesgo de ser fuertemente afectadas por fenómenos geodinámicos como sismos, huaycos, inundaciones, deslizamientos, etc. |

Tabla N°2: Grados de Riesgo Fuente: “Proyecto regional de reducción de riesgos en capitales andinas”

¹Kuroiwa Julio, “Reducción de desastres”. Segunda edición 2005, Pág. 98

2. Tipo de Suelo

Las arenas muy sueltas y arcillas sensitivas son dos tipos de suelos poco estables bajo la acción sísmica, dado que pierden su estructura original y a compactarse por lo que provocan asentamientos desiguales y daños a las viviendas. Si estas son saturadas con agua pierden la cohesión y con ello la resistencia al corte y bajo movimiento tienden a licuarse.

Los suelos susceptibles a la licuación son las arenas sueltas (en éstas la deformación tiende a compactar la estructura, transmitiéndose al agua las presiones que generan el fenómeno), uniformes, finas (en ellas se reduce su permeabilidad, impidiendo la disipación de presiones en el agua) y saturadas; los depósitos de limos no plásticos sueltos son particularmente peligrosos.

Los suelos granulares más susceptibles a la licuación son los finos, de estructura suelta, saturados. Estas características describen a las arenas finas y uniformes y a los suelos finos no plásticos o sus mezclas.

Las arenas sueltas con $d_{10} \cong 01$ mm. y coeficiente de uniformidad $cu < 5$ y los limos con índice de plasticidad menor que 6 son los materiales más peligrosos, tanto formando parte del cuerpo del terraplén, como en un terreno de cimentación o en un talud natural.

Se debe evitar los suelos que presentan arenas muy sueltas o arcillas sensitivas, los cuales son poco estables bajo acción sísmica.

Evaluación de la configuración de la vivienda.

Para que una vivienda se comporte satisfactoriamente ante un sismo, es importante tomar la decisión de cual será la forma y configuración de la misma, dentro del diseño estructural. La respuesta de una estructura depende no solo de la resistencia y rigidez de sus elementos, sino de la distribución e interacción entre ellas.

En cuanto a la dimensión de una catástrofe producto de un sismo, la configuración estructural de la vivienda juega un rol importante; más allá de los errores que pudieran cometerse dentro del análisis y diseño de la estructura.

Criterios de Evaluación:

Según la Guía de Resistencia sísmica para autoconstrucciones, elaborado por la IAEE y NICEE, una vivienda debe presentar las siguientes características para tener un buen planeamiento.

3. Simetría

Se debe mantener la simetría tanto en planta como en elevación respecto a ambos ejes, de manera que presente una distribución uniforme tanto de fuerzas de gravedad como de resistencia lateral.

4. Regularidad

Se debe mantener formas regulares simples como la rectangular, conservando una proporción entre el largo y ancho. (Fig. N°2)

5. Separación de bloques

Las viviendas contiguas, deben presentar una separación entre ellas, a fin de evitar el golpeteo de la losa hacia los muros y/o columnas.

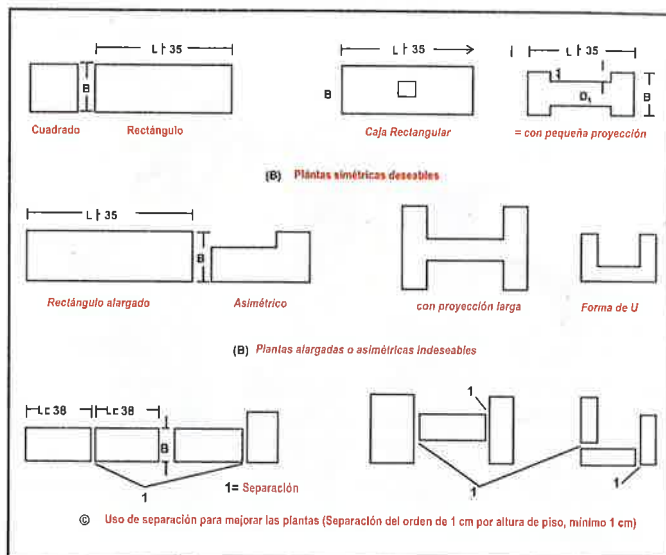


Tabla N°1: Estimativos de la magnitud necesaria para que un sismo produzca deslizamientos de tierra (adaptada de Keefer - 1984) Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.

6. Simplicidad

Se debe evitar ornamentos, voladizos, enchapados y similares, por el riesgo que representan en caso de sismos.

7. Ambiente cerrado

Estructuralmente es aconsejable tener cuartos separados en vez de uno largo.

8. Separación para diferentes funciones

Se puede planear bloques separados para diferentes funciones que también obedecen a diferentes exigencias de resistencias.

V. Evaluación:

1. Del Lugar

Para realizar la evaluación del lugar, se zonificó el área de estudio en 4 zonas:

2. Zona A - A.H. Monterrey "A"

3. Zona B - Urb. Señor de Huayllay

4. Zona C - Coop. de Viv. Demsa

5. Zona D - Huaycan

Ubicación

La zona de estudio queda comprendido por 4 zonas A, B, C y D, estas se encuentran ubicado en:

La zona A se encuentra en el Asentamiento Humano Monterrey "A", perteneciente a la subzona 03 de la Zona 04.

La zona B, se encuentra en la Urbanización Señor de Huayllay.

La zona C, se encuentra en la Cooperativa de vivienda Demsa.

La zona D1, se encuentra en Huaycan zona A y la zona D2 en Huaycan zona P.

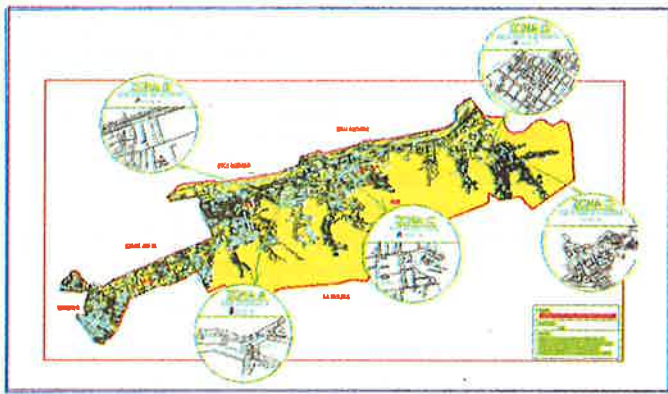


Fig.3 Mapa de ubicación de la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir del Plano de Lima Metropolitana

Descripción

La zona de estudio, que comprende las zonas A, B, C, D1 y D2, presentan en general un relieve accidentado, es decir se encuentran adyacentes a cerros con pendientes mayores al 20 %, a excepción de la Urbanización Señor de Huayllay cuyo relieve es predominantemente plano. (Fig.4).

La zona de estudio presenta altitudes que varían entre los 385 m.s.n.m. hasta los 680 m.s.n.m aproximadamente, con variaciones entre los niveles más planos y partes altas de los cerros entre los 30m y 80m.

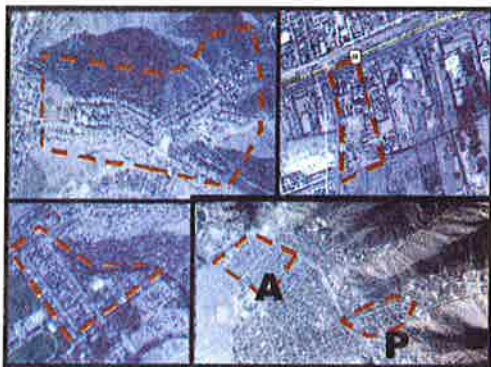


Fig. 4: Relieve de la zona estudio (zonas A, B, C, D1 y D2) Fuente: Imagen satelital tomado de Google Earth.

Las viviendas en general, dentro del área de estudio se encuentran distribuidas, en terrenos ubicados tanto en las zonas de laderas, al pie de laderas, como también en las zonas planas (Fig. 5A, 5C y 5D), excepto la Urbanización Señor de Huayllay (Fig. 5B), donde las viviendas se encuentran distribuidas en un terreno predominantemente plana.

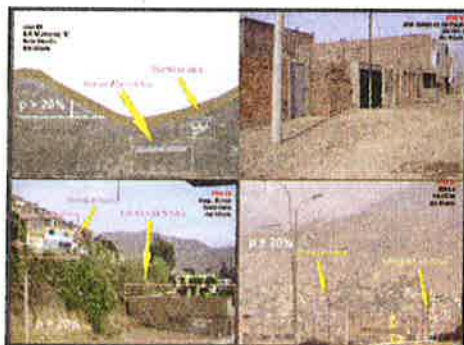


Fig. 5: Distribución y ubicación de las viviendas en la zona de estudio (Zona A, Zona B, Zona C y Zona D). Fuente: Elaboración propia.

❖ Inestabilidad de Talud

El principal problema encontrado en la zona de estudio en general, son las rocas sueltas, producto de la acción antrópico, dado que los vecinos han realizados cortes sobre las laderas para construir sus viviendas. (Fig. 6).



Fig. 6: A.H. Monterrey "A". Fuente: Elaboración propia.

Análisis de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad de la zona de estudio, según la tabla N°2, ha quedado determinado en un grado de riesgo, el cual queda resumido por zonas en la tabla N°3.

Tabla N° 3: Resumen de la evaluación del lugar - Inestabilidad de taludes.

| EVALUACIÓN DEL LUGAR | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|-----|-------|-----|-------------|
| Aspectos de Evaluación | ZONAS DE ESTUDIO | | | | |
| | Z-A | Z-B | Z-C | Z-D | Z-D1 Z-D2 |
| 1. Inestabilidad por taludes | | | | | |
| Grado de riesgo | G III | G I | G III | G I | G III |

DONDE:

Zonas de Estudio

Z - 01 A.H. Monterrey "A"

Z - 02 Urb. Señor de Huayllay

Z - 03 Coop. de Viv. Densa

Z - 04 Zona A y P de Huaycan

Grados de Riesgo

G I Grado I Bajo

G II Grado II Moderado

G III Grado III Moderadamente Alto

G IV Grado IV Alto

G V Grado V muy Alto

❖ Estudio de Suelos

Según el estudio de microzonificación sísmica de Lima, el distrito de Ate presenta en general dos tipos de suelos.

Tabla N°4: Resumen de la evaluación del lugar - tipo de suelo.

| EVALUACIÓN DEL LUGAR | | | | | |
|------------------------------------|------------------|-----|-----|-----|-------------|
| Aspectos de Evaluación | ZONAS DE ESTUDIO | | | | |
| | Z-A | Z-B | Z-C | Z-D | Z-D1 Z-D2 |
| 2. Tipo de Suelos | | | | | |
| Roca | X | | | | |
| Grava Aluvial | | X | X | | X |
| Arenas y limos con espesores < 10m | | | | X | |

DONDE:

Zonas de Estudio

Z - A A.H. Monterrey "A"

Z - B Urb. Señor de Huayllay

Z - C Coop. de Viv. Densa

Z - D1 Huaycan Zona A

Z - D2 Huaycan Zona P

Basados en el Mapa de Distribución de Suelos de Ate (Fig.7) y estudios de suelos desarrollado para otras obras en la zona, se determino la tabla N°4, donde se indica el tipo de suelo para cada una de las zonas que conforman el área de estudio.

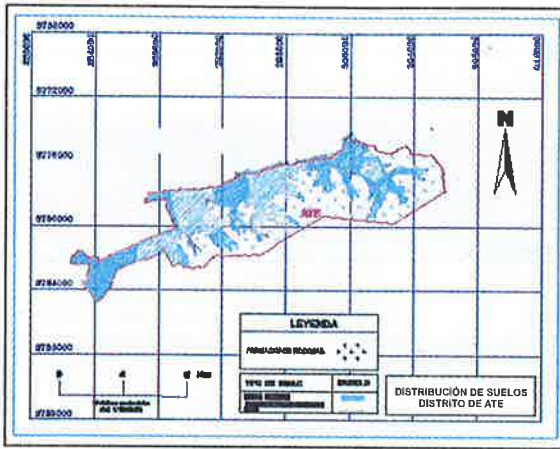


Fig.7: Mapa de Distribución de Suelos del Distrito de Ate
Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Distribución de Suelo de la Ciudad de Lima – Ing. A. Martínez Vargas (1975) – CISMID (2003) y el Plano del distrito de Ate.

2. De la Configuración de la vivienda

- **Simetría**

En la vivienda N°5, se observa que la estructura, presenta una asimetría de los planos verticales respecto al eje X, como en el Eje Y.

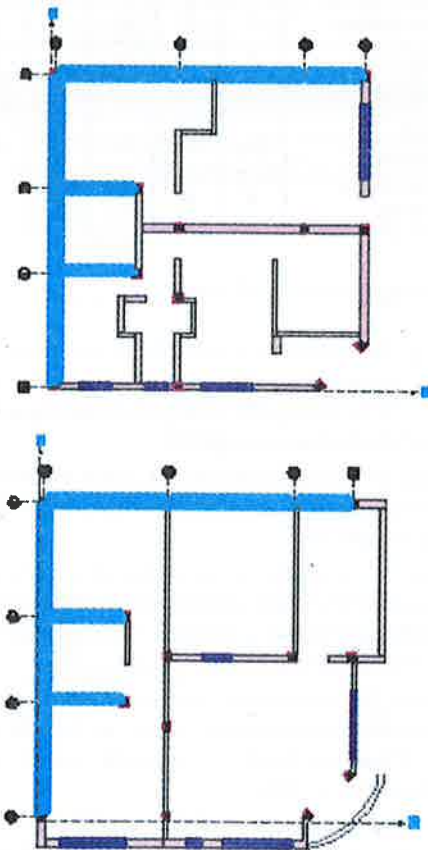


Fig. 8: Distribución de elementos estructurales vivienda N°5 - Huaycan

- **Regularidad**

La estructura presenta esquinas entrantes con medidas no deseadas, en el eje X y en el eje Y, como se puede apreciar en la fig. 9

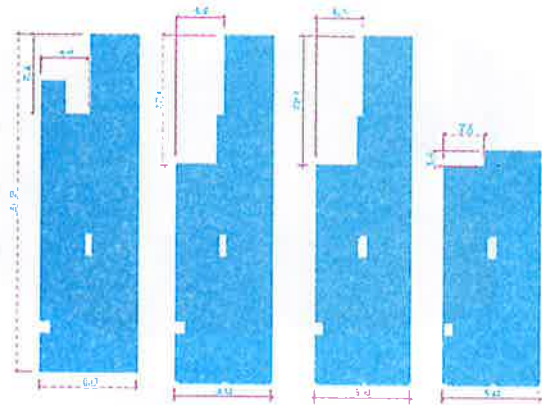


Fig 9. Forma de la vivienda – planta Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura N°9, la vivienda presenta irregularidad. Además presenta una discontinuidad, de los elementos, los cuales no permiten una buena distribución de carga, hacia la cimentación.



Fig. 10: Imagen en 3D - Vivienda N°3 – Santa Clara.

- **Separación de bloques**

La vivienda N° 2 (Fig. N°2) no tiene junta de separación con las viviendas contiguas, y estas mismas no presentan una alineación entre sus losas de techo.



Fig. 11: Falta de junta sísmica - vivienda N°2 - Monterrey "A".

• **Simplicidad**

La vivienda presenta un volado de 0.8m, como se puede observar en la siguiente figura.

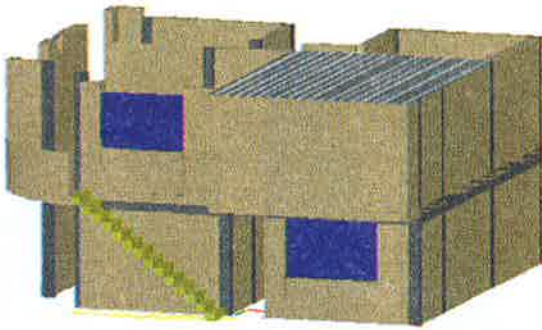


Fig.12: Presencia de volados en ambos frentes. – vivienda N°5 - Huaycan

• **Ambientes Cerrados**

En el primer piso de la vivienda (zona indicada en la Fig. 13), se encuentra un gran ambiente cerrado.

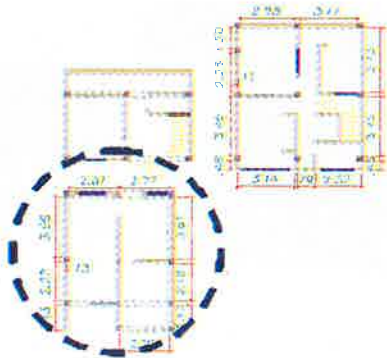


Fig.13. Muros en ambientes cerrados sin marcos. Fuente: Elaboración propia.

• **Separación para diferentes funciones**

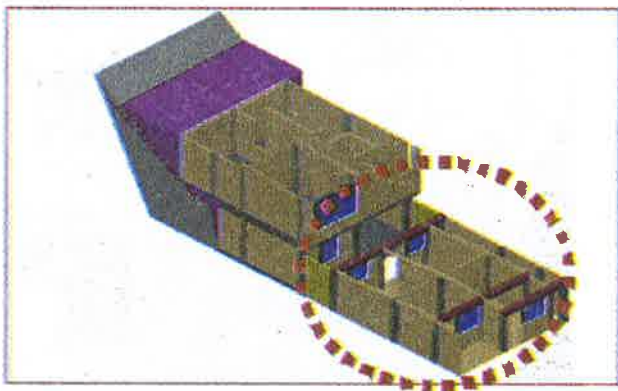


Figura N°14 Ambiente que se presenta como una gran caja sin muros transversales – Vivienda N°1 – Monterrey “A” Fuente: Elaboración propia.

VI. Resultados

A continuación se muestra los resultados obtenidos (tabla N°5) de la evaluación de la configuración estructural de 6 viviendas, ubicadas en el distrito de Ate.

Tabla N° 4: Resultado de la evaluación a la configuración estructural a 6 viviendas, ubicadas en el distrito de Ate.

| EVALUACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LA VIVIENDA | | | | | | |
|--|----------|------|------|------|------|------|
| CARACTERÍSTICA IMPORTANTES EN LAS VIVIENDAS | VIVIENDA | | | | | |
| | V-01 | V-02 | V-03 | V-04 | V-05 | V-06 |
| 1. SIMETRÍA | | | | | | |
| EJE X | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| EJE Y | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| 2. REGULARIDAD | | | | | | |
| Horizontal (L/B<3, L/B<4) | SC | SC | NC | SC | SC | SC |
| esquinas entrantes (b<B/3, l<L/3) | NC | NC | NC | NC | SC | SC |
| Vertical | | | | | | |
| esquinas entrantes | P | P | P | P | P | P |
| 3. SEPARACION DE BLOQUES | | | | | | |
| Juntas (l Izq. - Der.) | NC | NC | | SC | NC | NC |
| 4. SIMPLICIDAD | | | | | | |
| Cornisas | Np | P | Np | Np | Np | Np |
| Voladizos | P | P | Np | P | P | P |
| Otros: (enchapados, balcón) | Np | Np | P | Np | Np | Np |
| 5. AMBIENTE CERRADO | | | | | | |
| Muros con marcos | P | P | P | P | P | P |
| Muros sin marcos | P | P | P | P | P | P |
| 6. SEPARACIÓN PARA DIFERENTES FUNCIONES | | | | | | |
| Con muros transversales | Np | Np | Np | Np | Np | Np |
| Sin- pocos muros transversales | P | P | P | P | P | P |

Conclusiones y Recomendaciones

- La vulnerabilidad por inestabilidad de taludes básicamente caídas de rocas, de las zonas A, C y específicamente la zona D2, son de GRADO III MODERADO ALTO, por el cual requieren trabajos de ingeniería de mediana envergadura.
- La vulnerabilidad de la zona B y D1, son de GRADO I BAJO, por consiguiente pueden ser utilizadas como áreas de expansión y habilitación urbana.
- La zona A del estudio se encuentra sobre roca del tipo ígnea intrusivo, por lo tanto no se esperaran amplificaciones importantes en periodos intermedios y largos. Correspondiendo a un suelo tipo 1 de la norma sismorresistente peruana.
- La zona B, D2, se encuentra sobre grava aluvial, por lo tanto no se esperaran amplificaciones importantes en periodos intermedios y largos. Correspondiendo a un suelo tipo 1 de la norma sismorresistente peruana.
- La zona C, D1 se encuentra sobre suelo arcilloso o areno-limoso de 10.0 a 20.0 m de espesor sobre la grava aluvial, por lo tanto se esperan amplificaciones moderadas en periodos bajos e intermedios. Correspondiendo a un suelo tipo 2 de la norma sismorresistente peruana.
- Se encontró, que ninguna vivienda de las 6 estudiadas presentan simetría respecto a los ejes X e Y.

- Respecto a las proporciones que deben tener el ancho frente al largo de la estructura, se encontró que una de ellas no cumple con la proporción recomendada, por tanto no se podría predecir el comportamiento real en casos de sismos.
- Se encontró que 4 de las viviendas estudiadas no presentan junta de separación con las viviendas contiguas, además de no poseer un alineamiento entre las losas de los techos entre las viviendas contiguas, por tanto se producirán golpes sobre las columnas y muros cuando se presente un sismo, ocasionando respuestas irregulares ha diferentes alturas.
- Se observo que 5 de las viviendas estudiadas presentan voladizos, una de las otras cuenta con balcón y otra en adición al voladizo presenta una cornisa en la fachada de la vivienda. Representando un riesgo en caso de sismos, si estas no han sido diseñados tomando en cuenta un coeficiente de 5 veces el empleado en la estructura principal.

VIII. Bibliografía

- **Abanto Castillo Flavio**, Análisis y Diseño de Edificaciones de albañilería, Editorial San Marcos, Segunda Edición, 2002.
- **Gallegos Hector - Casabone Carlos**, Albañilería Estructural, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Tercera Edición, 2005.
- **IAEE (Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica) y NICEE (Centro de Información Nacional de Ingeniería Sísmica)**, Guía de Resistencia Sísmica de Vivienda Autoconstruidas, 2004.
<http://www.nicee.org/>.
- **Julio Kuroiwa Horiuchi**, Reducción de Desastres, Asociación Editorial Bruño, Segunda Edición, 2005.
- **Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD**, Proyecto Regional de Reducción de Riesgos en capitales andinas - 2007.
- **Suárez Díaz, Jaime**, Estabilidad de Taludes en zonas tropicales, Editor: Ingeniería de Suelos Ltda. Publicación Julio de 1998.
- **Tinoco Yurivilca Nilda**, (en desarrollo). Problemas en Viviendas Autoconstruidas en el distrito de Ate. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LADERAS: ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y ESTRUCTURALES

Néstor Hernán Núñez Tolentino¹

Sinopsis: El presente artículo es el resultado de un trabajo de investigación, cuyo objetivo principal es proponer alcances técnicos para construir o reforzar viviendas ubicadas en laderas, teniendo en consideración los riesgos sísmicos, detalles geotécnicos, estructurales y topográficos. Para tal fin se ha escogido, como lugar de estudio, viviendas ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho (Lima - Perú).

Parte del estudio consistió en dimensionar una vivienda modelo, analizando el desempeño sísmico (mediante cómputo), en tres etapas distintas de construcción, considerando además las características topográficas y su implicancia en la amplificación sísmica. Como resultado del análisis podemos mencionar algunas fallas, tales como: muros de albañilería propensos al desplome debido a la falta de arriostre superior, mal desempeño de la vivienda producto de la columna corta existente. Finalmente se propone reforzar, estratégicamente, los elementos estructurales mejorando así el desempeño total de la vivienda.

Rikurikuna: Kay qelqay mast'ariy ruwariqun investigación nisqa llanqaypi, orq'oq qhatampi wasikuna tarikuqkuna allin k'allpachasqa kanankupaq, pacha kuyuy, ukhu allpa, estructura nisqa, topografía nisqatawan kawarispa. Cheypaqmi aqlariqun San Juan de Lurigancho ayllumanta Wasikuna tariquqkuna Lima llaqtamanta.

Waquin t'aqwey yachaykuna ruariqun hoq modelo wasi nisq'api, Chhaphchihy kallpayñinta kawarispa computadora nisqapi, kinsa imeymana construcción nisqa hoqariykunapi, hinallataqmi qawarispa ima allpa tiasqanta, imeyna uyakun amplificación nisqa chhaphchihyñinpi. T'aqwey yachaykuna Kawariqunmanta willariqun waquin mana allin tariquskanta: perqa t'unuy atiylla, mana patanñinpi matiq kananmanta, mana allin kallpachacuy wasi huchuy columna nisqa qasqanmanta. Tuqurinapaq willariqun qallpachinapaq allin qawarispa, allin kallpachasqa wasi tariqunanpaq.

Palabras Clave: Autoconstrucción (sapa wasichakuqkuna); vulnerabilidad sísmica, muro (perqa), vivienda (wasi).

Introducción

Actualmente Lima, capital del Perú, posee aproximadamente la tercera parte de la población nacional, ocasionado principalmente por la masiva migración desde el interior del país, dando origen a un tema de mucho interés social, la vivienda.

Desde el punto de vista territorial, el área de Lima está muy ocupada, no sólo en aquellas de topografía plana sino también en laderas, generalmente ocupadas de manera informal (invasiones).

El poco control urbanístico por parte de las autoridades municipales de los diferentes distritos, ha hecho que la autoconstrucción sea la manera típica de generar viviendas, dando origen a muchos problemas, entre las que podemos mencionar: arquitectónicos, constructivos, estructurales, etc.; donde la comodidad y seguridad del habitante, han perdido su importancia.

Sabemos además que Lima se encuentra en una zona de alta sismicidad, razón por la cual, cualquier edificación debe estar preparado para resistir o contrarrestar las cargas propias y las inducidas por la actividad sísmica.

Ahora si combinamos viviendas autoconstruidas, ubicadas en laderas en una zona de alta sismicidad, desde ya podemos intuir que el resultado es nada satisfactorio, muy por el contrario se estarían generando viviendas vulnerables frente a un evento sísmico.

Es por esta razón que se plantea el siguiente estudio, para dar a conocer la magnitud del problema y finalmente proponer soluciones y/o recomendaciones, acordes con la realidad económica y social de la zona.

Objetivo

Evaluar, analizar y proponer procedimientos prácticos de construcción, para evitar los problemas ocasionados por la autoconstrucción en laderas.

Antecedentes En el Perú existen muchos estudios, que analizan la problemática que genera la autoconstrucción y sus diferentes consecuencias, como por ejemplo:

- Cimentaciones no adecuadas para el tipo de suelo y/o zona de ubicación de la vivienda.
- Pésimo dimensionamiento de las estructuras y mala distribución de los ambientes.
- Uso de materiales de construcción de mala calidad.
- El uso del adobe o tapial en viviendas de uno, dos y hasta tres niveles.
- Mano de obra de baja calidad, etc.

Pero ninguno de los estudios analiza a las viviendas ubicadas en laderas y a la amplificación sísmica que se genera en un supuesto evento sísmico.

Sin embargo existe un estudio¹ realizado en el país de Puerto Rico que trata el tema del comportamiento sísmico y posibles métodos para rehabilitación de residencias en zonas escarpadas, el cual nos muestra el resultado de las visitas a 24 residencias y sus respectivos modelos analizados.

Como resultado del estudio se puede ver que todos presentan colapso, teniendo como causa principal la falla por rotaciones últimas debido a la combinación de columnas cortas y largas. Para dicho estudio se usó un factor de amplificación sísmica de 2.35, establecido de un estudio previo².

¹Ref. (1)

²Ref. (2)



¹Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil.
Universidad Nacional de Ingeniería
E-mail: nnunezt@uni.pe
Miembro del IIFIC-UNI
Miembro del convenio UNI-ESPACIO AZUL
Página web: <http://www.iifc.edu.pe>



RESIDENCIAS TÍPICAS CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO

Fig. 1. Residencias típicas consideradas en el estudio

Descripción general de la zona en estudio

El AA.HH. Corazón de Jesús se encuentra instalado en ladera de suelo rocoso de pendiente pronunciada, fundada hace aproximadamente 20 años producto de una invasión.

Su población actual es de aproximadamente 1000 habitantes (200 viviendas en promedio).

Por lo general las viviendas son de un piso, de material noble (ladrillo) en un 90% y un 10% de condición precaria (combinación de triplay, madera y similares).



Fig. 2. Vista panorámica del Asentamiento Humano "Corazón de Jesús"

Detalles constructivos y estructurales

1. Cimentación

Debido a la topografía de la zona, al talud pronunciado de la ladera y al suelo de fundación rocoso (Fig. 3), es complicado realizar una cimentación convencional, es decir a preparar una plataforma típica de terreno propio.



Fig. 3. Suelo rocoso que dificulta la excavación para la cimentación típica.

2. Falta de confinamiento de muros de albañilería

Debido a los procesos constructivos inconclusos, es común observar viviendas con muros de albañilería sin elementos de confinamiento superior (vigas soleras, losa aligerada y/o maciza, etc.).

3. Columnas cortas y largas

Las columnas cortas y largas se combinan de manera típica en la mayoría de viviendas, llegando a observarse columnas de sección reducida (0.25m x 0.25m ó 0.25m x 0.30m) con longitudes de hasta 4.50 m.



Fig. 4.a. Columnas cortas y largas en proceso de construcción.

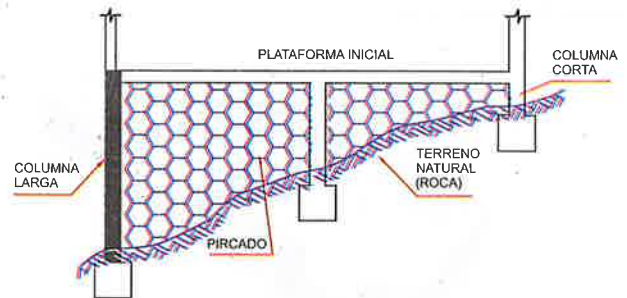


Fig. 4.b. Esquema de los elementos estructurales típicos.

Modelamiento de vivienda típica

En los detalles descritos son evidentes diversas características desfavorables para el buen desempeño de las viviendas frente a cargas de gravedad y a cargas laterales, como son: columnas cortas, irregularidad torsional o insuficiente arrioste lateral de los muros en determinadas etapas de la construcción.

El propósito de las secciones siguientes es cuantificar la influencia de tales características desfavorables, el cual analizaremos en tres casos de vivienda que pueden considerarse típicas.

Los modelos de vivienda que se ha propuesto en este estudio han tomado como base la información recolectada en la encuesta y visitas específicas, a la zona en estudio, observando mucha similitud entre ellas, tanto en el diseño arquitectónico como en la estructura misma (tipo de cimentación con plataforma y primer nivel).

A continuación se presenta los tres modelos para el análisis.

a) **Primer modelo**, el cual representa el estado actual en que se encuentran las viviendas de la zona en estudio es decir: plataforma de cimentación y muros de primer nivel sin arriostre (sin soleras ni losa aligerada).

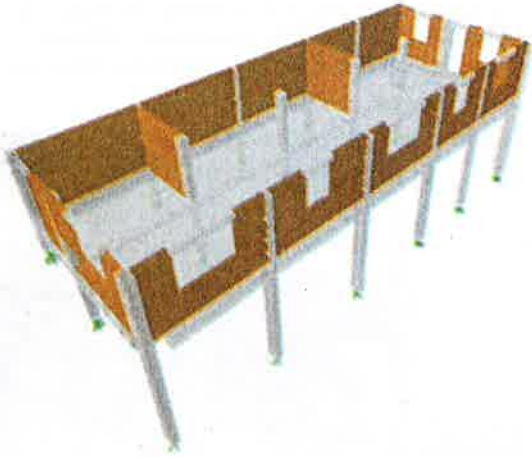


Fig 5. Estado actual (sin techo aligerado ni soleras de arriostre de muros)

b) **Segundo modelo**, este tipo de vivienda básicamente es similar a la primera pero con techo aligerado el cual le da arriostre a todos los muros del primer nivel.



Fig 6. Primer y segundo nivel techados con losa aligerada

c) **Tercer modelo**, esta vivienda muestra dos niveles, el cual representa una proyección a futuro de los cambios y sus respectivas consecuencias.

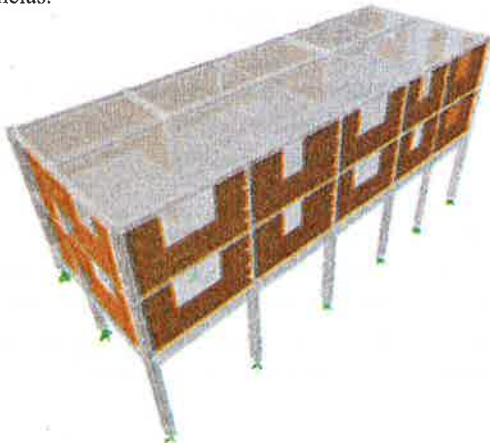


Fig 7. Primer y segundo nivel techados con losa aligerada

En los modelos se ignoró el apoyo que podría tener la plataforma en un afloramiento de roca - no siempre existente - o en otros casos en un relleno hecho sin un diseño confiable. Las columnas cortas hacia el lado posterior se supusieron empotradas en la base, teniendo en cuenta las posibles mejores condiciones del terreno de cimentación en comparación a las que se dan en el frente. Tanto para las columnas del frente como para las del eje intermedio se supusieron bases articuladas, lo que corresponde a las condiciones más desfavorables.

Parámetros de sitio

| PARÁMETRO | TIPO | VALOR |
|---------------|-------------------------|----------|
| Zona | ZONA 3 | Z = 0.4 |
| Uso | VIVIENDA | U = 1.0 |
| Amplificación | SÍSMICA | C = 2.5 |
| Amplificación | TOPOGRÁFICA | AT = 1.4 |
| Suelo | S1 (ROCOSO) | S = 1.0 |
| Reducción | MAMPOSTERÍA EN SERVICIO | R = 6 |

$$\frac{Z \cdot U \cdot C \cdot AT \cdot S}{R} = 0.233$$

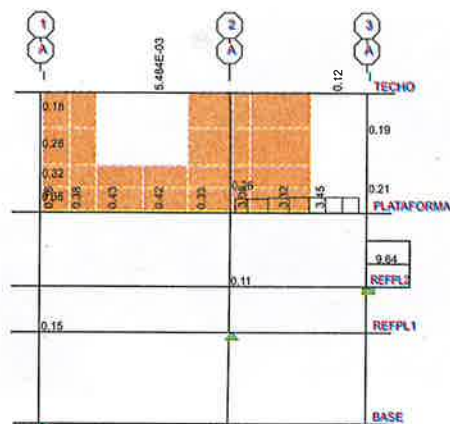
Análisis dinámico de los modelos de vivienda

Fig 8. Desplazamiento ocasionado por el sismo (QY) al modelo 1



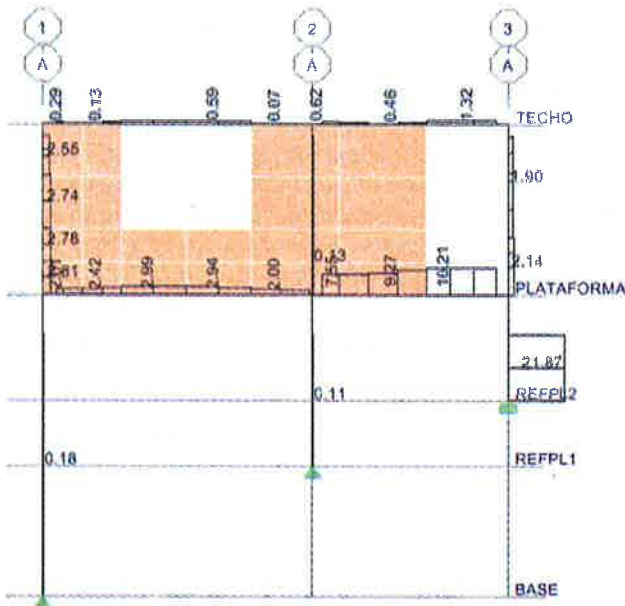
Debido a que no existe confinamiento en la parte superior de los muros de albañilería, se producen esfuerzos y desplazamientos excesivos, que pueden producir el colapso de dichos muros con consecuencias fatales. *Diagramas de fuerzas cortantes debido al sismo (QY)*

Fig 9. Modelo 1



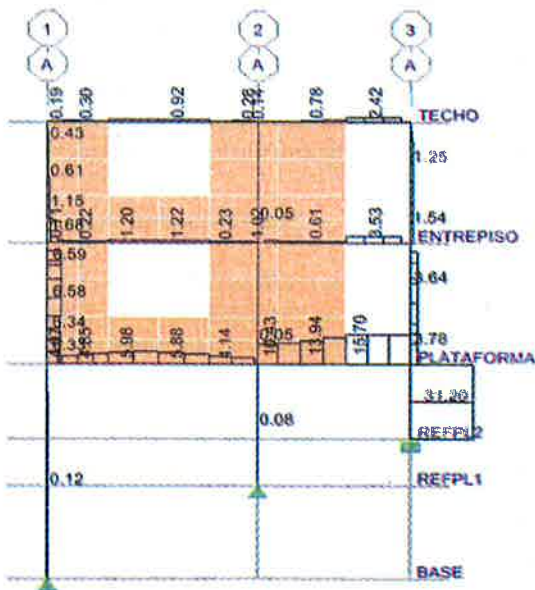
Las columnas cortas tienen una sección de 30cm x 35cm, por lo tanto pueden resistir aproximadamente 6.3 ton de fuerza cortante. En la Fig 8 se observa 9.64 ton de fuerza cortante, lo que pone en riesgo el buen desempeño de dichas columnas y un posible colapso de la estructura.

Fig10. Modelo 2



En la gráfica se observa 21.87 ton de fuerza cortante, es decir se ha duplicado el efecto por la adición de una losa aligerada como techo. Definitivamente las columnas cortas se ven muy amenazadas bajo este efecto.

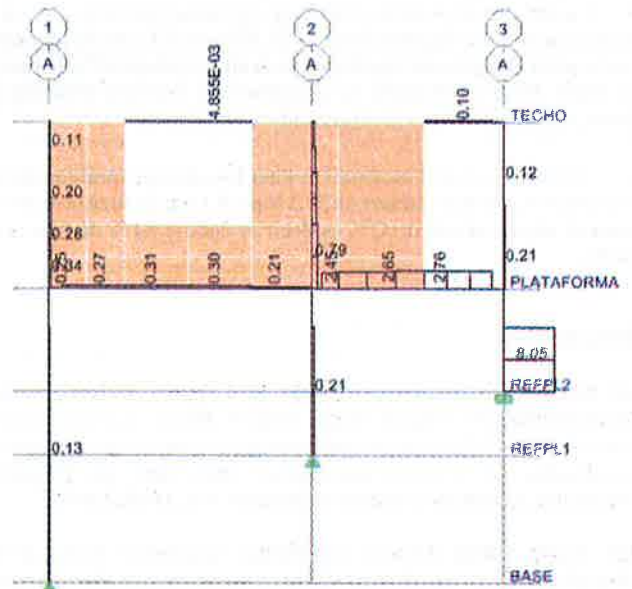
Fig11. Modelo 3



En la gráfica se observa 31.2 ton de fuerza cortante, es decir se ha triplicado (con respecto al primer modelo) el efecto por la adición de un nivel completo (con techo). Prácticamente se espera poco de las columnas cortas, pues la amenaza es considerable.

Diagrama de fuerza cortante debido al sismo (QX)

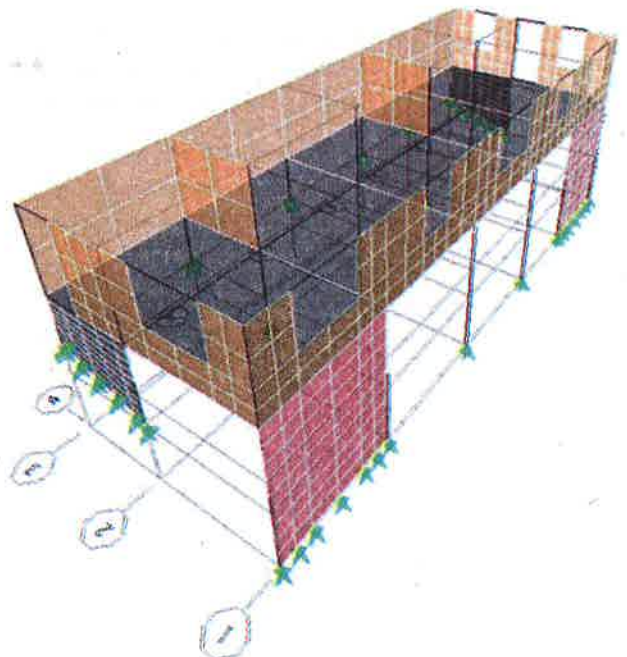
Fig 12. Modelo 1



Se observa una fuerza cortante de 8.05ton, producida por efecto de torsión a causa del sismo en dirección longitudinal (QX). Semejante efecto se observa en los modelos 2 y 3, observándose 12.6 ton y 20.1 ton respectivamente.

Conclusiones y recomendaciones

- Es muy peligroso dejar paredes de albañilería sin confinar, debido a su colapso frente a un evento sísmico. Por lo tanto se recomienda el inmediato confinado, de preferencia con techo aligerado, debido a que las vigas solera no transmiten mucho efecto.
- Gran parte de la energía sísmica es absorbida por las columnas cortas, observándose elevadas fuerzas de corte en las mismas. Se plantea adicionar muros de ladrillo y concreto reforzado en zonas estratégicas con el objetivo de hacer rígida la estructura.



- En el modelo 1 adicionando dos muros de ladrillo en dirección longitudinal y dos muros de concreto en dirección transversal, se logró reducir de 9.64 ton a 1.55 ton de fuerza de corte, para el mismo efecto de QY, es decir se redujo 84% de fuerza de corte.
- Cuando en el modelo 2 se hace cambios idénticos que en el primer modelo, se logra reducir de 21.87 ton a 3.11 ton de fuerza de corte, para el mismo efecto de QY, es decir se redujo 86% de fuerza de corte. Pero en el muro de concreto hay excesivo esfuerzo de corte, esto se solucionaría reforzando dicho muro.
- Así mismo si en el modelo 3 se hace los mismos cambios que en el modelo 1, se logra reducir de 31.2 ton a 5.1 ton de fuerza de corte, para el mismo efecto de QY, es decir se redujo 84% de fuerza de corte.

Referencias

(1) Drianfel E. Vásquez, Ricardo R. López y Luis E. Suárez (Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico). *Comportamiento sísmico y rehabilitación de residencias soportadas en columnas y localizadas en terrenos escarpados*. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Abril, 2003.

(2) María Elena Arroyo Caraballo. *Numerical Study of the Amplification of the Seismic Ground Acceleration Due to Local Topography*. Thesis for the degree of Master of Science in Civil Engineering. University of Puerto Rico. Mayaguez Campus. Puerto Rico. 2001.

Lima, noviembre 2010

EVALUACION DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN LAS VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

Antony R. De La Cruz Diaz¹

Sinopsis: La presente de investigación se basa en el diagnóstico de los problemas comunes que se cometen en la construcción de viviendas autoconstruidas. Para esto se ha visitado 50 viviendas autoconstruidas en el Distrito de Independencia de Provincia de Lima, de los cuales se han seleccionado 5 viviendas para el estudio. Estas viviendas generalmente de albañilería presentan de una serie de deficiencias, debido a errores, cometidos por el deficiente empleo de los procedimientos constructivos, y el uso inadecuado de los materiales de construcción. Como resultado de estas viviendas sean vulnerables y atente con la vida de los habitantes, haciéndolas riesgosas ante un sismo. Para que estas viviendas sean lo suficientemente resistentes y puedan tener un buen comportamiento estructural frente a un fenómeno sísmico, deben ser construidas con procedimientos constructivos apropiados, como también deben de tener un buen control de calidad de los materiales que cumplan los requerimientos mínimos para ser empleados en la construcción de viviendas.

Generalmente en los sectores populares de Lima, los pobladores para construir su vivienda no recurren a orientarse por un profesional del área construcción de viviendas sea ingeniero o arquitecto por lo que construyen sin los planos y dejando el diseño y la construcción en las manos de los mismos propietarios o el mejor de los casos de un albañil o maestro de obra de la zona, que muchas veces no han tenido la capacitación adecuada por lo que realizan la construcción a su manera. Trayendo como consecuencia modificaciones en la obra, modificaciones en la construcción, deficiente reforzamiento de los principales elementos estructurales, resultando una construcción mucho más costosa, por carecer de un buen asesoramiento técnico.

Palabras Clave: Procedimiento constructivo, autoconstrucción

1. Introducción

En las zonas de menores ingresos existe la costumbre de construir las viviendas sin la presencia de un profesional que esté vinculado con esta área ya sea ingeniero o arquitecto. También es común que los propietarios deseen tener una vivienda segura de material noble, haciendo el uso de los materiales tradicionales tales como el cemento, el acero, la arena, la piedra y el ladrillo como materiales que componen la vivienda.

Es por eso que los pobladores en su mayoría contratan a un maestro o albañil del lugar donde habitan y así como inician la construcción de sus viviendas.

En el presente artículo se presenta un estudio enfocado en el Cono Norte de Lima específicamente en el Distrito de Independencia. En el cual se ha ingresado a las viviendas para identificar los problemas más comunes que se tiene por no haber tenido en cuenta los procedimientos mínimos recomendables que deben de seguirse para construir una vivienda segura.

Auto-Construcción de Viviendas

La autoconstrucción implica que la vivienda es construida con la participación el poblador, su familia y eventualmente vecinos, sin la asistencia profesional. Es un sistema que va desde la gestión, organización de los recursos (económicos y materiales) hasta la ejecución de la construcción de sus viviendas

Actualmente la necesidad de contar con una vivienda segura para poder satisfacer las necesidades de los pobladores, hace que

optar por la construcción con materiales tradicionales, que en la mayoría de los casos no son empleados de la manera correcta.

A su vez los propietarios que están interesados en construir sus viviendas en general deciden realizarlo solicitando los servicios solamente de un maestro de obra o albañil de la zona y en otros casos son los mismos propietarios que construyen sus viviendas sin contar con los conocimientos necesarios debido a que no han sido capacitados y realizan las construcciones solamente con el conocimiento que lo han aprendido en la práctica llegando a construir las viviendas con muchas deficiencias.

Identificación de los problemas constructivos en las Viviendas Autoconstruidas.

De acuerdo a las hojas de campo que se han utilizado para la identificación de los problemas al hacer la visita a las viviendas y mediante la ilustración fotográfica se pueden visualizar los problemas que presentan.

En estas hojas de campo se detalla la descripción de los problemas encontrados y sus posibles causas que originan estos errores cometidos en la construcción.

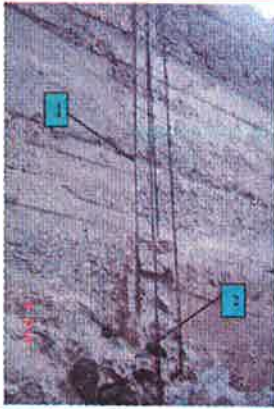
Por lo que nos podemos dar cuenta que estos problemas se generan al momento de la construcción debido a que los procedimientos que utilizan no son los adecuados.

El estudio abarca los procedimientos constructivos en los principales elementos estructurales no entrando a detalles de los acabados y las instalaciones.



¹Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil.
Universidad Nacional de Ingeniería
E-mail: antonyuni@yahoo.es
Miembro del IIFIC-UNI
Miembro del convenio UNI-ESPACIO AZUL
Página web: <http://www.iific.edu.pe>
<http://iific.blogspot.com>

| HOJA DE CAMPO N° 1 | | | |
|---|----------|--------------|---|
| PROBLEMAS EN: | COLUMNAS | VIVIENDA N°: | 1 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|--|--|
| ACERO DE CONSTRUCCIÓN EXPUESTO A LA CORROSIÓN | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ol style="list-style-type: none"> Se aprecia la corrosión del acero en la columna por estar en contacto con el aire. Corrosión del acero en la parte de la cimentación. | <ul style="list-style-type: none"> Tener un avance de la construcción para completarlo en un futuro. Concreto con agregados sucios con sales al tener contacto con la humedad hace que el acero se oxiden. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se debe tener una meta definida de hasta que nivel piensan construir para no estar haciendo avances de construcción indebidas. El concreto en la cimentación los agregados deben ser limpios y de buena calidad sin presencia de sales, sulfatos y material orgánico. | |

| HOJA DE CAMPO N° 4 | | | |
|---|----------|--------------|---|
| PROBLEMAS EN: | COLUMNAS | VIVIENDA N°: | 8 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | | |



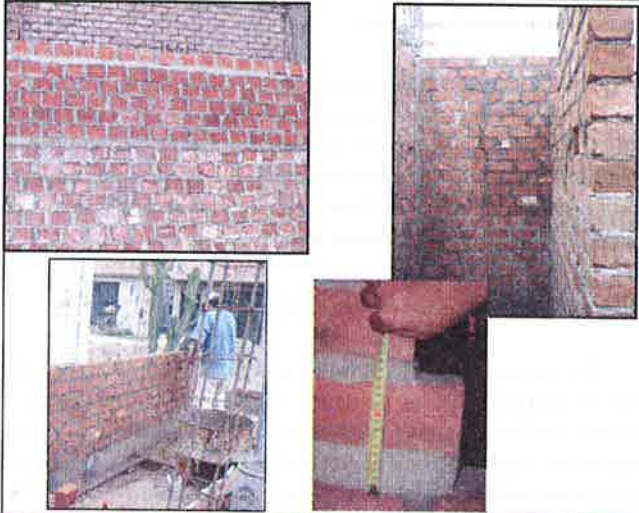
| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|--|---|
| DEFICIENTE UNION ENTRE MURO Y COLUMNA | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> La unión de muro y columna deficiente. Ladrillo invade a la sección de la columna. | <ul style="list-style-type: none"> Mal procedimiento constructivo de la columna. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Tener en cuenta que las columnas son elementos estructurales que van a soportar la carga de las vigas y el techo lo cual es necesario tener el mínimo cuidado. | |

| HOJA DE CAMPO N° 2 | | | |
|---|----------|--------------|-------|
| PROBLEMAS EN: | COLUMNAS | VIVIENDA N°: | 2 - 3 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|--|--|
| ACERO DE CONSTRUCCIÓN EXPUESTO AL CORROSIÓN | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ol style="list-style-type: none"> Acero de construcción expuesto ha la humedad tiende a oxidarse. El acero esta expuesto y tiende ha estar en contacto con el agua por lluvias, | <ul style="list-style-type: none"> Avanzan con la construcción dejando el acero de las columnas armadas. No hay un debido cuidado al acero expuesto al aire libre. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> En lo posible no dejar el acero a descubierto como una manera de tener un avance en la construcción porque estos llegan a oxidarse. Si se pretende construir por etapas se debe considerarse el traslape de las varillas y hacerle un tratamiento al acero. | |

| HOJA DE CAMPO N° 38 | | | |
|---|-------|----------------|-----------|
| PROBLEMAS EN: | MUROS | VIVIENDA N°: | 4-5-11-12 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | MAYO DEL 20010 | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|--|--|
| 1. ESPESOR DE LA JUNTA DE MORTERO NO UNIFORME | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> Diversidad de espesor del mortero en el asentado de muros. Espesores de juntas no uniformes teniendo hasta de 6 cm de espesor lo cual hace que la resistencia de muro sea menor. | <ul style="list-style-type: none"> No hay un cuidado adecuado al momento del asentado de los muros. No hacen uso de escantillón. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Tener cuidado al hacer el asentado de los ladrillos y no hacer que el espesor del mortero sea mas de 1,5 cm. Hacer uso de escantillón y determinar el numero de hiladas de ladrillos que tendrá el muro para la altura deseada. | |

| HOJA DE CAMPO N° 43 | | | |
|---|--------------------------|---------------|---|
| PROBLEMAS EN: | INSTALACIONES SANITARIAS | VIVIENDA N°. | 1 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | MAYO DEL 2010 | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|---|---|
| TANQUE DE AGUA UBICADO DE MANERA IMPROVISADA | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> El tanque de agua al estar ubicado de manera improvisada transmite una sobre carga a la losa aligerada. | <ul style="list-style-type: none"> Falta de planos. Ampliación de pisos y se hace necesario el uso de tanque elevado. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Contar con los planos para la construcción. De haber ampliación o remodelación debe de contar con el asesoramiento técnico de un profesional de esta área. | |

| HOJA DE CAMPO N° 6 | | | |
|---|----------|-------------|---|
| PROBLEMAS EN: | COLUMNAS | VIVIENDA N° | 4 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|---|--|
| 1 COLUMNA CONTENIENDO TUBERIA DE DESAGUE | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> La columna presenta un vacío por la tubería | <ul style="list-style-type: none"> Falta de plano de instalaciones sanitarias. Falta de asesoramiento técnico o conocimientos básicos. Desconocimiento de procedimientos constructivos. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Contar con los planos de instalaciones sanitarias. Tener un asesoramiento técnico antes de la construcción. Conocer los procedimientos constructivos. | |
| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
| 2 LONGITUD DE VARILLAS MUY CORTAS | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> Las varillas muy cortas para el empalme de acero. | <ul style="list-style-type: none"> Las varillas muy cortas para el empalme de acero. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Es recomendable dejar unos 80 cm. Para hacer un buen traslape entre varillas de acero y que este protegido contra la corrosión. | |

| HOJA DE CAMPO N° 5 | | | |
|---|----------|--------------|---|
| PROBLEMAS EN: | COLUMNAS | VIVIENDA N°. | 1 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|---|---|
| 1. SECCIÓN VARIABLE DE COLUMNA VIGA | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> Se aprecia que la columna varía su sección. | <ul style="list-style-type: none"> Mal procedimiento constructivo Falta de planos de arquitectura para determinar el ancho de la ventana. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Tener los conocimientos y procedimientos constructivos adecuados. Es recomendable que se pueda contar con los planos la viviendas para así estén bien definidas las ventanas de la vivienda. | |

| HOJA DE CAMPO N° 7 | | | |
|---|----------|--------------|---|
| PROBLEMAS EN: | COLUMNAS | VIVIENDA N°. | 4 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|---|--|
| JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN INADECUADA | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ol style="list-style-type: none"> Presencia de la junta de construcción horizontal en columna inadecuada. Junta de construcción vertical entre viga y columna. | <ul style="list-style-type: none"> No contar con planos para saber con exactitud la altura de la columna. Se aprecia que primero han realizado el vaciado de la continuación de la columna para luego proceder con el vaciado de las vigas |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Definir las alturas de la columnas antes de ser vaciadas de concreto. Tener en cuenta si la viga es viga peraltada o viga chata. | |

| HOJA DE CAMPO N° 9 | | | |
|---|----------|----------------------|---|
| PROBLEMAS EN: | COLUMNAS | VIVIENDA N°. | 4 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | FECHA: MAYO DEL 2010 | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|--|--|
| JUNTA DE CONSTRUCCIÓN INADECUADA | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> Presencia de la junta de construcción en columna inadecuada. Junta de construcción al medio de la columna. | <ul style="list-style-type: none"> No disponer del concreto completo para que el vaciado sea uniforme. El vaciado se realizo en dos tiempos originándose la junta de construcción. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se debe de realizar la mezcla de concreto en la posible que no falle el concreto, hacer un buen calculo de los volúmenes para la preparación del concreto. En lo posible tratar de evitar las juntas de construcción y de haberlo echar una pasta de cemento antes del vaciado. | |

| HOJA DE CAMPO N° 10 | | | |
|---|----------|----------------------|---|
| PROBLEMAS EN: | COLUMNAS | VIVIENDA N°. | 4 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | FECHA: MAYO DEL 2010 | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|--|--|
| CANGREJERAS EN COLUMNAS Y VIGAS | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> Se aprecia la existencia de cangrejeras. También juntas de construcción inadecuada | <ul style="list-style-type: none"> Mala dosificación de los componentes del concreto. Mucha agua en la mezcla. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se debe de realizar una mezcla con las proporciones adecuadas y no agregar mas agua de lo normal. En lo posible tratar de evitar las juntas de construcción | |

| HOJA DE CAMPO N° 8 | | | |
|---|----------|----------------------|---|
| PROBLEMAS EN: | COLUMNAS | VIVIENDA N°. | 4 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | FECHA: MAYO DEL 2010 | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|---|--|
| PROTECCIÓN INADECUADA DEL ACERO EN COLUMNAS | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> El cubrir el acero con un plástico no llega a alisterlo completamente de la humedad del ambiente. El acero de todas maneras tiende a oxidarse por seguir en contacto con el medio ambiente. | <ul style="list-style-type: none"> Tener un habito de dejar al descubierto el acero sin protección. Carecer de conocimientos y de materiales que pueden proteger el acero del medio ambiente |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Usar una pintura epóxica para cubrir el acero y no se llegue a oxidarse Cubrir los aceros con una mezcla pobre de homlígón — cemento 1:10 También podría ser cubrir el acero con papel periódico y con plástico. Cubrir el acero con una capa de brea. | |

| HOJA DE CAMPO N° 19 | | | |
|---|------------------|---------------|---|
| PROBLEMAS EN: | VIGAS Y VIGUETAS | VIVIENDA N°. | 2 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | MAYO DEL 2010 | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|---|---|
| VIGA DE CONCRETO ARMADO MAL UBICADA | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> Se aprecia en la fotografía la viga mal ubicada | <ul style="list-style-type: none"> La no existencia de planos y la falta de asesoramiento técnico hace que se tomen estas decisiones |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se debe tener en cuenta el criterio que las vigas deben de descansar sobre las columnas . | |

| HOJA DE CAMPO N° 21 | | | |
|---|-------|---------------|----|
| PROBLEMAS EN: | VIGAS | VIVIENDA N°: | 12 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | MAYO DEL 2010 | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|---|--|
| UNION ENTRE VIGA Y COLUMNA DEFICIENTE | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> La viga no descansa completamente en la superficie transversal de la columna. | <ul style="list-style-type: none"> Falta de procedimientos constructivos. Falta de criterios entre la unión de viga y columna. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Tener en cuenta que la viga es un elemento principal y q debe descansar completamente sobre columnas o muros portantes. | |

| HOJA DE CAMPO N° 29 | | | |
|---|-------|--------------|---|
| PROBLEMAS EN: | VIGAS | VIVIENDA N°: | 2 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|---|---|
| CORROSION DE ACERO EN VIGAS | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> El acero esta expuesto al aire libre listo para que se pueda oxidar. | <ul style="list-style-type: none"> Dejan las varillas de acero para una construcción futura. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> No es recomendable dejar las varillas de acero para anclar con la nueva construcción. Si se construye por etapas no se recomienda unir la construcción existente con la nueva. | |

Problemas Comunes que Presentan las Viviendas Autoconstruidas.

Las viviendas de los Conos de Lima que se inician como construcciones provisionales ya sea de estera, de madera, de adobe o de otro material que inicialmente utilizaron los pobladores para construir sus primeras viviendas, que actualmente todavía se sigue con esta práctica, para luego estas viviendas provisionales cambiarlas por una construcción que ellos consideran más seguras por la aplicación de materiales convencionales tales como: el cemento, los agregados, el acero y el ladrillo.

Estas viviendas autoconstruidas o informales presentan una serie de problemas y errores cometidos en la construcción de sus viviendas, debido a varios factores como: no contar con los planos para la construcción, no solicitar la asistencia técnica de un ingeniero civil, no tener los recursos económicos suficientes, por lo que construyen sus viviendas en partes empleando los mismos propietarios su mano de obra y en el mejor de los casos contratan a un maestro albañil de la zona que generalmente no tiene los conocimientos adecuados de los procedimientos constructivos para tener una óptima construcción y de la calidad de materiales. Se ha podido identificar los problemas más comunes que se comenten al momento de la construcción y también se ha podido notar el mal uso de los materiales de construcción para lo cual se han agrupado en las siguientes.

- Problemas en la cimentación
- Problemas en los muros de albañilería
- Problemas en las columnas
- Problemas en vigas y techos

1. Problemas en las Cimentaciones.

Los principales problemas encontrados en las cimentaciones son:

- Discontinuidad de la cimentación.
- Poca profundidad en la cimentación.
- Mala dosificación de la mezcla de concreto.
- Corrosión del acero en la parte de la cimentación.

| HOJA DE CAMPO N° 28 | | | |
|---|---------------|--------------|---|
| PROBLEMAS EN: | VIGAS Y SOLAS | VIVIENDA N°: | 2 |
| "TESIS: "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS" | | | |
| TESISTA: ANTONY DE LA CRUZ DIAZ | | | |



| IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA: | |
|---|---|
| 1. TUBERÍA DE DESAGUE ATRAVIESA LA VIGA | |
| DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| <ul style="list-style-type: none"> La tubería quita el volumen de concreto de la viga haciéndola menos resistente El acero de construcción de la viga ha sido grifado. | <ul style="list-style-type: none"> Falta de planos de Instalaciones sanitarias. Falta de asesoramiento técnico o conocimientos básicos. |
| CONSIDERACIONES PARA QUE NO OCURRA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> Tener un asesoramiento técnico antes de la construcción. Tener en cuenta que las vigas son elementos estructurales que soportan la carga del techo y no deben ser afectadas. | |

Posibles causas:

- Desconocimiento de los procedimientos adecuados de los procedimientos constructivos.
- La falta de planos hace que tomen profundidades de cimentación poco profundas.
- No contar con una asistencia técnica adecuada.
- Falta de protección a la cimentación de sales y sulfatos.

Consideraciones para que no ocurra.

- El concreto en la cimentación los agregados deben ser limpios y de buena calidad sin presencia de sales, sulfatos y material orgánico.

Problemas en los Muros de Albañilería.

Los principales problemas encontrados en los muros son:

- Discontinuidad de muros.
- Humedad en muros.
- Juntas no uniformes.
- Uso de muro de saga en lugar de muro de cabeza.
- La unión entre muro y muro deficiente.
- La tubería de desagüe no está recubierta con alambre de construcción

Posibles causas

- La falta de plano hace que no consideren columnas.
- Ladrillos mal utilizados.
- Falta de los criterios y procedimientos constructivos.
- Dosificación y espesores de mortero inadecuados.
- Desconocimiento de los procedimientos constructivos.
- Modificaciones en obra.
- Desconocimiento de los criterios adecuado y cuidados necesarios en las instalaciones sanitarias.

Consideraciones para que no ocurra

- La relación de agua cemento debe ser la adecuada.
- Se debe hacer el vaciado en dos partes haciendo una ventana o chute en la columna y de ahí vaciar el concreto.

2. Problemas en las Columnas

Los principales problemas encontrados en columnas son:

- Presencia de juntas de construcción inadecuadas.
- Acero descubierto al aire libre.
- Presencia de Cangrejeras.
- Discontinuidad de columnas.
- Columna con presencia de tubería desagüe
- Dimensiones inapropiadas.
- Corrosión del acero

Posibles causas:

- Mal proporción de mezcla (mucho agua)
- Mal encofrado.
- Mal uso de agregados.
- Mal uso del acero.
- Estribos inadecuados.
- Deficiente encofrado
- Mala colocación de concreto
- No hay curado de concreto

3. Problemas en las vigas y los techos

Los principales problemas encontrados en vigas y techos son:

- Juntas de construcción inapropiadas.
- Acero descubierto al aire libre.
- Cangrejeras.
- Estribos inadecuados.
- Discontinuidad de columnas.
- Viga con presencia de tubería de desagüe.
- Dimensiones inapropiadas.
- Corrosión del acero

Posibles causas:

- Mal uso de ladrillos de techo.
- Malos encofrados.
- Mal proporción de mezcla (mucho agua)
- Deficiente transporte y colocación de materiales
- Mal vibrado o chuceado
- Falta de curado de concreto

Procedimientos Constructivos Adecuados

Es necesario recomendar a los pobladores, maestros o albañiles que practican la autoconstrucción tomen conciencia y puedan tener una cultura de mandar a hacer sus planos por algún especialista y luego seguir los procedimientos constructivos que se detalla en las cartillas elaboradas en esta investigación, para que la vivienda no tenga ninguna complicación a futuro. De esta manera el poblador estaría asegurándose que no estará haciendo modificaciones en la construcción, evitándose mayores gastos, por tener una vivienda confortable que satisfaga todo sus servicios, y estaría garantizando la seguridad de la vivienda debido a que si estarían cumpliendo con el reforzamiento adecuado que exige el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Es necesario que los pobladores o las personas que practican el desarrollo de la autoconstrucción conozcan los procedimientos constructivos adecuados para que puedan construir las viviendas y tengan los elementos estructurales bien reforzados. Esta investigación va dirigida a todos los interesados en el sector construcción de viviendas, que podría ser utilizada como material de capacitación para los que actualmente están trabajando o los que deseen aprender más de los procedimientos adecuados para la construcción de una vivienda.

Cartillas de procedimientos constructivos apropiados para la construcción de viviendas con el sistema de albañilería confinada.

En base al diagnóstico de los problemas más frecuentes que se comenten en la construcción de viviendas se ha podido determinar que omisiones o no consideraciones por lo que hace que se cometan estos malos procedimientos.

Para esto se ha desarrollado las cartillas que sean lo más prácticas y sencillas posibles para los albañiles, maestros, etc. En estas cartillas se describe brevemente el significado de cada partida, el empleo de las herramientas y materiales necesarios, como también las consideraciones necesarias que deben de tomar antes de seguir el procedimiento apropiado, el procedimiento que deben de seguir y algunas recomendaciones básicas que se debe de tener en cuenta para que cada procedimiento.



Se presenta algunas de las cartillas de procedimientos constructivos que se recomienda seguir para la construcción de nuevas viviendas.


Estas cartillas son:


1. Limpieza de Terreno.
2. Trazado.
3. Nivelación y replanteo.
4. Excavación de zanjas.
5. Instalación de tuberías de agua y desagüe.
6. Concreto en Cimientos.
7. Encofrado de sobre cimientos.
8. Concreto en sobre cimientos.
9. Acero de construcción en columnas.
10. Encofrado de columnas.
11. Concreto en columnas.
12. Juntas de construcción y juntas Sísmicas.
13. Encofrado de vigas y techos.
14. Acero de construcción en vigas y techos.
15. Concreto en vigas y techos.
16. Encofrado de escaleras.
17. Acero de construcción en escaleras.
18. Concreto en escaleras.

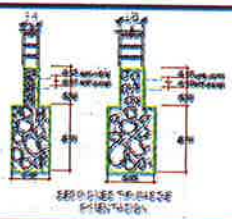

| CARTILLA 2 | | IMAGEN |
|--|---|---|
| PRECEDIMIENTO: | |  |
| NIVELACION Y REPLANTEO: | | |
| MATERIALES Cal Estacas | HERRAMIENTAS Cinta métrica Manguera Nivel de mano | |
| CONSIDERACIONES Antes de empezar el trabajo limpiar bien el terreno, quitar toda la basura, desmonte, material orgánico y suelo suelto. Las estacas deben estar correctamente colocadas en forma vertical. Asegurarse de eliminar las burbujas de aire al llenar la manguera con agua. | | |
| PROCEDIMIENTO Nivelación: Todo el terreno debe quedar a un mismo nivel y por encima de la ubicación tubos de desagüe. Para esto se debe cortar y rellenar el terreno para que quede completamente plano y al nivel deseado. Replanteo: Es la operación que tiene por objeto trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos que integran la documentación técnica de la obra. | | |
| RECOMENDACIONES: No utilizar este procedimiento en tramos largos. | | |

| CARTILLA 1 | | IMAGEN |
|---|---|---|
| PRECEDIMIENTO: | |  |
| LIMPIEZA DE TERRENO: Consiste en eliminar toda la basura, desmonte, material orgánico o suelo suelto del terreno. | | |
| MATERIALES Agua EQUIPOS Cargador frontal Volquete (si fuese necesario) | HERRAMIENTAS Carretilla Rastrillo Escoba metálica Lampa Pico Guantes | |
| CONSIDERACIONES: Antes de proceder con los trabajos es importante hacer una limpieza general del terreno. Si hubiera obstrucciones como árboles, raíces, postes u otro elemento enterrado debe ser retirado para que no sean de obstáculo durante la construcción. La limpieza del terreno sirve preparar el terreno donde se va a construir. | | |
| PROCEDIMIENTO: Haciendo uso de las herramientas adecuadas se procederá a limpiar el terreno. Se debe retirar en carretillas si son cantidades pequeñas. Si son volúmenes grandes y hay acceso para el ingreso de maquinarias, hacer uso de cargador frontal y volquetes. | | |
| RECOMENDACIONES: Si son volúmenes grandes y hay acceso para el ingreso de maquinarias hacer uso de cargador frontal y volquetes. Si el terreno es muy duro humedecer con agua para que sea más suave. | | |

| CARTILLA Nº 5 | | EXCAVACION DE ZANJAS |
|--|---|---|
| MATERIALES Agua | |  |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS Lampas o palas Carretillas Picos Barretas | | |
| DESCRIPCION: Consiste en el cavado del terreno por donde está trazado los ejes de la cimentación. | | |
| CONSIDERACIONES Es importante que el fondo de la zanja este nivelado, aunque puede tener gradas para acomodarse al terreno de cimentación. Es necesario humedecer las zanjas antes de llenar el concreto. El terreno de cimentación no debe tener basura, ni raíces. No es bueno un suelo de color negro o con mal olor; porque significa que tiene materia orgánica. | | |
| PROCEDIMIENTO Se debe de realizar la excavación del terreno hasta encontrar suelo firme. La profundidad de la zanja para un suelo de resistencia media varía en el rango de 1.00 y 1.20 m. El ancho de la zanja varía entre 0.40 y 0.50m. | | |
| Haciendo uso del pisón se tiene que compactar y nivelar el fondo de cimentación rociando agua. |  | se debe mantener mojada la superficie antes de vaciado del concreto. |
| RECOMENDACIONES Verificar la profundidad de la excavación. | | |

| CARTILLA 13 | | IMAGEN |
|---|--|---|
| PRECEDIMIENTO: | |  |
| CONCRETO EN VIGAS | | |
| MATERIALES CEMENTO ARENA GRUESA PIEDRA CHANCADA DE 3/4" ACERO AGUA | HERRAMIENTAS TROMPITO MEZCLADOR PALA O LAMPA LATAS VARILLA PARA CHUSEAR | |
| CONSIDERACIONES Las vigas sirven para resistir el peso de los tabiques o del techo y transmitirlo a las columnas y muros. Entre algunos tipos de vigas podemos mencionar: Vigas soleras, vigas peraltadas, vigas chatas. | | |
| PROCEDIMIENTO La preparación y el manejo del concreto en las vigas son similares al de las columnas. Las vigas soleras, peraltadas o chatas se llenan al mismo tiempo que las losas. El concreto deberá tener una resistencia f'c 210. No detener el llenado de las vigas dejando juntas horizontales. | | |

| CARTILLA 4 | | IMAGEN |
|---|--|---|
| PRECEDIMIENTO : | |  |
| EXCAVACION DE ZANJAS: | | |
| MATERIALES AGUA | HERRAMIENTAS LAMPA PIZON BARRETA PICO | |
| CONSIDERACIONES Que se debe de verificar que el trazo este perfectamente realizado en el terreno con marcas de veso o cal. | | |
| PROCEDIMIENTO Haciendo uso de las herramientas necesarias se procede a la excavación siguiendo las marcas hechas en el trazo. Se tiene que disponer lugares específicos para eliminar el material sobrante. | | |
| RECOMENDACIONES Deben de ubicarse a una distancia adecuada los botaderos. Debe de escavarse hasta encontrar una profundidad de terreno firme pudiendo ser 1.00 y 1.20 m. el ancho de la zanja varia entre 0.40 y 0.50 m. De debe de contar con los planos y la asistencia técnica si hubiera dudas antes de proceder a la excavación. | | |

| CARTILLA N°6 | | CIMIENTOS: | |
|---|---|--|--|
| MATERIALES <ul style="list-style-type: none"> Cemento Agua Hormigón Piedra grande | |  | |
| <ul style="list-style-type: none"> Lampa o pala Carretilla Latas | | | |
| DESCRIPCION: La cimentación es parte de la estructura de un edificio que sirve para soportar toda la construcción y repartir las cargas de su peso sobre el terreno para que no se hunda. Generalmente para las viviendas se usan 2 tipos de cimientos: | | | |
| Cimientos perimetrales o cimientos corridos |  | Cimiento a base de zapatas | |
| CONSIDERACIONES La superficie debe de estar limpia y debidamente compactada, una buena cimentación se da en suelos duros, como la roca o la grava. | | | |
| PROCEDIMIENTO El ancho de la zanja depende del ancho del cimiento que a su vez depende de la resistencia de los suelos. Para casas de uno o dos pisos con suelos duros el cimiento puede ser relativamente angosto, de unos 40 cm; en cuanto a un suelo medianamente duro el ancho del cimiento aumentara, hasta unos 80cm en suelos arenosos o arcillosos. Previamente al vaciado del cimiento se debe colocar las armaduras de las columnas y humedecer las zanjas. | | | |
| RECOMENDACIONES Verificar la profundidad de la excavación. | | | |

Conclusiones y recomendaciones

- La importancia de tener una vivienda segura es posible siempre en cuando se construya con el debido cuidado que se requiere siguiendo un orden con los procedimientos constructivos adecuados.
- Es necesario capacitar y dar asesoría técnica a las personas que practiquen la autoconstrucción de viviendas sean los propietarios, maestros o albañiles.
- Se recomienda que estas cartillas de construcción donde indican los procedimientos adecuados y las dosificaciones de mezcla en la construcción de una vivienda sean distribuidas a los dirigentes de los Asentamientos Humanos para que estos puedan hacer llegar a los pobladores que estén construyendo sus viviendas.

REFERENCIAS

- De la Cruz Díaz, Antony. : "EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y EL USO INADECUADO DE MATERIALES EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS". Tesis UNI-FIC (en aprobación), Lima 2010.
- J. Calavera. "Patología de Estructuras de Hormigón Armado y pretensado" "INTEMAC.
- Ministerio de Vivienda y Construcción; "REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES", Lima - Perú 2006

ALTERNATIVAS DE SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA DE LAS VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS DE ADOBE EN EL DISTRITO DE SICUANI - CUSCO

Ever Muñiz Huanco¹

Sinopsis: Este artículo es el resultado de la investigación sobre 16 viviendas de adobe autoconstruidas, a partir del diagnóstico obtenido de las viviendas evaluadas en tres comunidades campesinas (Pampa Ansa, Pampa Phalla y Pujio Pujio) ubicadas en el distrito de Sicuani-Cusco.

De acuerdo a los resultados del diagnóstico, los fenómenos naturales que afectan directamente a las viviendas, la falta de criterios técnicos por parte de quienes lo construyen, se logra identificar las partes más vulnerables de las viviendas de adobe, a partir de lo cual se plantea un nuevo sistema de construcción mediante el empleo del **LLaulli**, para el reforzamiento de los muros de adobe y la importancia que tienen los sobrecimientos en las viviendas de adobe. Esta prueba está sustentada en pruebas de laboratorio sobre muretes de adobe.

Rikurikuna: Kay qelqay mast'ariy, ruwaricun chunqa soqtayoyq adobe sapan wasichakuqkunamanta, taqwiriska kawariqusq'anmantahuan, kinsa ayllu Sicuani-Qosco k'itimanta (Pampa Ansa, Pampa Phalla y Pujio Pujio).

Llapan rikurikusqanmanta, imaymana mana allinpacha wasikunata urmachiq, mana allin perqay kamayoy ruasqanqunamantahuan, tariqun maypicha wasi yasta kashan, chiymantapacha riqrichiqun hoq musuq ruway wasiqunapaq, llaullita wasiq perqanpi churaspa kallpachanapaq, jinallataqmi qhawarikun imiynata amachakun perqay uranta. Kiypi willaykachayquna ruwariqun mallinakuykuna hatun yachay wasipi.

Palabras Clave: Autoconstrucción (sapa wasichakuqkuna), vulnerabilidad sísmica, muro (perqa), vivienda (wasi), refuerzo(kallpachana).

2. Introducción

Los resultados del funesto terremoto de 7.9 grados en la escala de Richter que se dio en Pisco el 15 de agosto del 2007, nos señala que debemos de reforzar y modificar las construcciones tradicionales de las viviendas de adobe, por haber sido el principal causante de la muerte de más de 500 personas, principalmente el que se dio en la iglesia San Clemente, dado que el colapso de los muros fue tan rápido, que no dio tiempo para que salgan a los que asistían a la misa, el párroco de la iglesia da cuenta que “no hubo tiempo para más, solo cubrirse”. La presente investigación ayuda a explicar mejor lo que sucedió en la iglesia San Clemente. Las fallas que dieron origen al repentino colapso de los muros, se debió a la débil adherencia en las juntas de los adobes y el alto peso que tenían estos muros. Si consideramos que los muros de la iglesia fueron de 50 a 55 cm de espesor, significa que los muros tenían un peso de 0.9 a 1.1 ton/m², de ahí que solo fueron 2 personas las que se salvaron del terremoto, el párroco de la iglesia y milagrosamente un bebé de 10 meses.

Según el censo del 2007 del INEI, en el Perú se tiene 35% de viviendas de adobe, por lo que se considera al adobe como el segundo material más empleado a nivel nacional. Pero si realizamos esta comparación por departamentos, en la mayoría de los departamentos a excepción de Lima, Callao, Arequipa, Tacna, Loreto, Madre de Dios, Tumbes y Ucayali, vamos a observar que el adobe es el material más empleado (gráfico N°2).

Reconociendo la existencia de gran cantidad de viviendas de adobe en el Perú y el riesgo que implica para las familias peruanas en caso de ocurrir un sismo, como los resultados obtenidos en el último

terremoto de Pisco, en la siguiente investigación se busca

identificar las causas por las cuales las viviendas de adobe son vulnerables a los sismos y a otros fenómenos naturales como el caso de inundaciones.

Dado que las viviendas de adobe son mayormente construidas por familias de escasos recursos económicos y más aun por aquellas ubicadas en comunidades campesinas, es que se optó por realizar la evaluación en 3 comunidades del distrito de Sicuani-Cusco.

La evaluación se hizo a 16 viviendas ubicadas en las 3 comunidades, para lo cual se elaboraron 2 encuestas, una para la vivienda en sí y otra para los que construyen viviendas de adobe.

Según los resultados obtenidos del diagnóstico de las viviendas, se pudo identificar 2 problemas que son los que hacen que las viviendas de adobe sean vulnerables; uno es la falta de refuerzo en los muros y por el alto peso que estos tienen, hacen que la vivienda sea vulnerable a los sismos y es la que mayor riesgo genera para las familias. El otro es la falta de protección a la base de los muros (sobrecimientos), lo que hace que la vivienda sea vulnerable a las inundaciones y es el principal responsable de generar los colapsos de viviendas en épocas de lluvias.

Para solucionar el problema del refuerzo de los muros se opta por hacer uso del Llaulli, este va insertado desde el sobrecimiento, pasando por medio de los muros por todo el perímetro y en la parte superior se completa la estabilidad del muro con la viga collar, con lo cual se estaría conformando un diafragma rígido.

Para los ensayos del uso del Llaulli como refuerzo en los muros de adobe, se tuvo que elaborar los adobes en la comunidad de Pampa Phalla y los ensayos se realizaron en el LEM-UNI, donde se levantaron 3 muretes de 0.78x0.75 y 29.2 cm de espesor, para realizar el ensayo de compresión diagonal y poder observar su comportamiento ante la carga vertical aplicada. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, como se podrá observar en el desarrollo del artículo.



¹Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil.
Universidad Nacional de Ingeniería
E-mail: everunific@hotmail.com
Miembro del IIFIC-UNI
Miembro del convenio UNI-ESPACIO AZUL
Página web: <http://www.iific.edu.pe>
<http://iific.blogspot.com>

Así mismo en la presente investigación se presentan soluciones al problema de las inundaciones en viviendas de adobe, a razón de este fenómeno natural que se dio en los centros poblados de **Huacarpay y Lucre**².

Se espera con esta investigación poder llegar a las familias más pobres, quienes cuentan con pocas posibilidades de mejorar las condiciones precarias de sus viviendas.

3. Objetivo

Dar alternativas de solución a los problemas de mayor consideración que suele darse en las viviendas de adobe, mediante el empleo de materiales que estén disponibles para los propietarios y que no impliquen altos costos para su obtención y aplicación.

4. Hipótesis y preguntas

No existe un adecuado uso de los materiales empleados en las viviendas autoconstruidas de adobe

¿Cuáles son las partes más vulnerables de las viviendas de adobe; por tratarse el adobe de un material frágil?

¿Qué alternativas de solución se podrían dar?; pero que estas soluciones estén al alcance de la mayoría de los propietarios y teniendo en cuenta que nos dirigimos a una población de bajos recursos económicos.

5. Antecedentes

El Perú por estar ubicado en una zona sísmica, exige que las construcciones sean más seguras; pero en la realidad nos encontramos con una gran cantidad de viviendas de adobe en su mayoría autoconstruidas.



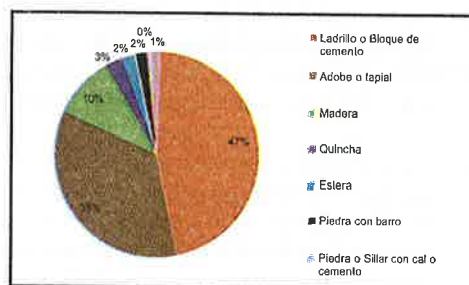
Foto N°1: Vivienda de adobe colapsada en Chincha (Terremoto de Pisco 2007)

La existencia de un buen porcentaje de viviendas de adobe es equivalente al 35% a nivel nacional, según el censo del 2007 (gráfico N°1), con el que se considera, el segundo material más empleado en las construcciones de vivienda (gráfico N°3); pero si hacemos tal comparación por departamentos, se podrá observar que existen más viviendas de adobe en la mayoría de los departamentos, a excepción de Lima, Callao, Arequipa, Tacna, Loreto, Madre de Dios, Tumbes y Ucayali (gráfico N°2).

La gran importancia que tiene el adobe en las construcciones de vivienda dio lugar a que se tenga un incremento de 311,830 viviendas adobe entre el 1993-2007 (cuadro N°1):

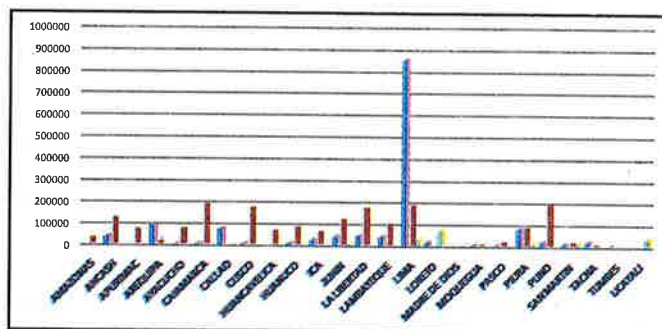
En el distrito de Sicuani que vienen a ser la zona de estudio de esta investigación el 96% de viviendas son de adobe (gráfico N°4).

Gráfico N°1: Viviendas según el material predominante en los muros a nivel nacional



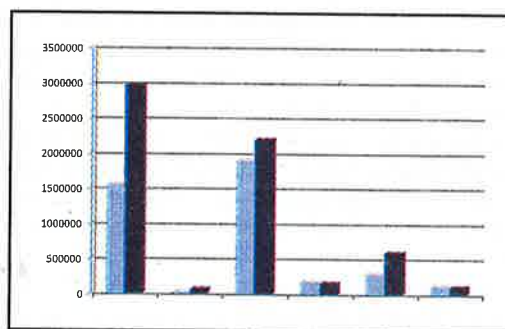
Fuente: Elaboración propia, según el Censo 2007- INEI

Gráfico N°2: Viviendas según el material predominante en los muros por departamentos



Fuente: Elaboración propia, según el Censo 2007- INEI

Gráfico N°3: Comparación entre los principales materiales usados en las paredes a nivel nacional según el Censo de población y vivienda de 1993 y 2007



Fuente: Elaboración propia, según el Censo 2007- INEI

Cuadro N°1: Comparación de la cantidad de viviendas de adobe existentes en el Perú, según los resultados del censo de 1993 y 2007.

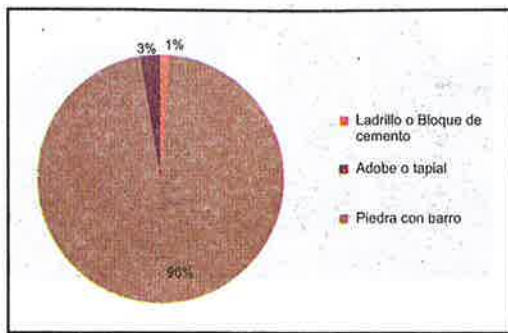
Del año 1993 al 2007, se tuvo un incremento de **311,830 viviendas de adobe**

| | 1993 | 2007 |
|----------|---------|---------|
| LADRILLO | 1581355 | 2991627 |
| PIEDRA | 54747 | 106823 |
| ADOBES | 1317885 | 2229715 |
| QUINCHA | 207543 | 183862 |
| MADEIRA | 310379 | 617142 |
| ESLERA | 148023 | 144511 |

Fuente: Elaboración propia, según el Censo de 1993 y el 2007- INEI

² Los centros poblados de Huacarpay y Lucre, pertenecen a la provincia de Urcos, ubicados al sur de la ciudad de Cusco.

Gráfico N°4: Viviendas según el material predominante en los muros en el distrito de Sicuani



Fuente: Elaboración propia, según el Censo 2007- INEI

6. Zona de estudio

El lugar elegido para esta investigación fue el **distrito de Sicuani**, uno de los 8 distritos de la provincia de Canchis, ubicada a 118 km al sureste de la ciudad de Cusco.

Dado los objetivos de la investigación, se tomó como muestra las viviendas ubicadas en tres comunidades del distrito de Sicuani, entre ellos tenemos a la comunidad de Pampa Ansa, Pampa Phalla y Pujio Pujio.

Las consideraciones para elegir las tres comunidades fueron básicamente por su topografía y su altitud

- Comunidad de Pampa Ansa: Ubicada en lugar llano
- Comunidad de Pampa Phalla: Ubicada en lugar plano-media ladera
- Comunidad de Pujio Pujio: Ubicada en la ladera del cerro Jururo



Foto N°2: Comunidad de Pampa Phalla (barrio Sillota)

7. Metodología de investigación

La investigación fué desarrollada mediante la toma de información directa de 16 viviendas ubicadas en las comunidades antes mencionadas y para lo cual se hizo uso de dos encuestas:

- **Encuesta para la vivienda:** Donde se recopila la información respecto a la ubicación, área, diseño, descripción de los principales elementos estructurales y sus dimensiones y otras características importantes.
- **Encuesta para el constructor:** Es el complemento a la anterior encuesta mencionada; a través del cual se logra conocer las dimensiones de los cimientos, los procesos constructivos, los

criterios empleados por los constructores, la proporción de materiales empleados y otros datos que conocen los constructores.

8. Diagnóstico de las viviendas de adobe

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las encuestas y la observación insitu de las viviendas de adobe, desde la ubicación de las viviendas, pasando por la descripción estructural, el proceso constructivo, hasta el grado de capacitación que tienen los que construyen las viviendas de adobe.

7.1. Ubicación:

Las viviendas de adobe por lo general están ubicadas al margen de las carreteras; a la orilla de los ríos y otros en la ladera de los cerros; pero en algunos lugares se pudo apreciar viviendas en zonas propensas a sufrir impactos por deslizamientos de roca y otras en zonas propensas a sufrir inundaciones.



Foto N°3: Zona propensa a tener deslizamiento de rocas (Comunidad de Pampa Phalla)



Foto N°4: Viviendas ubicadas al margen del río Salq'a (centro poblado de Santa Bárbara)

7.2. Cimiento

Según la respuesta de los que construyen las viviendas de adobe los cimientos por lo general son de 40 cm de profundidad y 50 cm de ancho en suelo firme, para muros de 30 cm, y para lo cual solo emplean roca y barro, no registraron casos de cimientos con otros materiales.

Análisis:

Según la norma E-080 el ancho mínimo debe de ser de 60 cm, por lo que existe una deficiencia en esta parte, además el hecho de usar materiales como roca con barro, puede generar asentamientos de los muros en caso el cemento no haya adquirido una cierta consistencia, para lo cual se recomienda dejar de 7 a 10 días antes de levantar los muros.



Foto N°5: Inundación del centro poblado de Huacarpay (enero 2010)



Foto N°7: Vivienda de adobe a punto de colapsar, por falta de protección del muro en la margen izquierda

7.3. Sobrecimiento

Los sobrecimientos tienen el mismo ancho de los muros, los sobrecimientos son levantados con roca y barro. En la mayoría de las viviendas se encontró poco sobre cimiento, en promedio de 30 cm y algunas viviendas según los que construyen mencionan que levantan los muros sobre el cimiento.



Foto N°6: Vivienda de adobe con poco sobrecimiento, cuya base del muro se encuentra expuesto al desgaste por parte de las lluvias.

Análisis:

Si hacemos una comparación de las viviendas antiguas con las actuales viviendas, podemos observar que estas últimas llevan poco o nada de sobre cimiento. Sin embargo, el sobrecimiento es una de las partes más vulnerables de las viviendas de adobe y ello se puede observar en las inundaciones, porque aquellas viviendas de adobe cuyos muros tienen un buen sobrecimiento, están en condiciones de evitar el colapso de las viviendas.

El fenómeno causado por las fuertes lluvias en los centros poblados de Huacarpay y Lucre en enero del 2010, se hubiese evitado si en caso las viviendas de adobe hubiesen contado con un buen sobrecimiento; pese a ello, por este pequeño detalle, la inundación causada dejó a varias familias sin hogar.

Según las norma E-080 el sobrecimiento debe tener una altura mínima de 20cm, sin embargo considero que en Sicuani y en lugares donde se tiene temporadas de fuertes lluvias, el sobrecimiento debe tener una altura mínima de 30 cm y en zonas propensas a inundaciones una altura mínima de 40 cm. Adicional a ello deben estar protegidas por una capa de mortero, para evitar que el agua filtre al muro y lo debilite.

Para zonas de peligro de humedad también se recomienda colocar vereda perimetral, de ese modo se protege al cimiento y al sobre cimiento.

Otra recomendación es construir una vereda, de ese modo se protege al cimiento y al sobre cimiento de la humedad.

7.4. Muros:

Los muros de las viviendas evaluadas en su mayoría para viviendas de un piso son de 30 cm de espesor y para 2 pisos cuentan con dos dimensiones: el primer piso de 40 a 50 cm de espesor y el segundo piso de 30cm de espesor, todos estos muros solo llevan juntas horizontales de 2cm aprox., a base de mortero de barro con paja y los adobes son asentadas una tras otra, sin existir un aglomerante en la junta vertical.

En todas las viviendas evaluadas existe una ausencia de contrafuertes o machones y viga collar, salvo las viguetas que forman parte del techo o las vigas que son empleadas para el segundo piso.

Según el diseño de los muros, estos usualmente terminan en un tímpano, ello para darle forma al techo y de ese modo tenga caída de 2 aguas y en otras de 1 agua.

Para las aberturas de los muros (puertas y ventanas). Para las puertas en la zona I y II se encontraron dimensiones en promedio de 1m de ancho por 1.70 m de altura, mientras que en la zona 3 las dimensiones fueron de 0.80 m por 1m de altura. Para las ventanas en la zona I estas fueron de 0.90x0.70 m², para la zona II de 1.00x0.60 m² y para la zona III de 0.30x0.30 m².



Foto N°8: Vivienda de adobe en zonas de nieve, en el centro poblado de Phinaya

Análisis:

Una de las características de los muros de adobe es su alto peso, en su mayoría las viviendas evaluadas poseían muros de 30 a 50cm de espesor, lo que significa que cada m² de muro tenga un peso de 555 a 925 kgf aprox. Sumado a ello la falta de elementos de refuerzo (contrafuerte y viga collar), dan lugar a que el muro sea más vulnerable.

³ SENCICO "Construyendo con adobe mejorado", Lima diciembre 2005.

Según los ensayos que posteriormente se muestra, se podrá observar que el aglomerante de barro con paja en los adobes es muy débil, lo que obliga a tener que reforzar el muro, para evitar que el muro colapse y con todo el peso que este lleva, ante un eventual sismo su colapso será tan vertiginoso, que no dará lugar a poder salir de la vivienda a tiempo.

Las viviendas de adobe, casi todas llevan tímpanos, lo que da lugar a que este sea la parte más vulnerable del muro, por ser uno de los elementos que recibe parte del alto peso del techo y porque no cuenta con refuerzo alguno e incluso será más vulnerable si allí encontramos una ventana.

Según las aberturas observadas, en la zona III estas son menores en comparación a las zonas I y II, esta variación se debe a la presencia de temperaturas más bajas en esta zona, por estar a una mayor altitud que las demás zonas. Las viviendas de la zona III se han ido manteniendo durante el tiempo; sin embargo en la zona II y III se pudo observar una tendencia de viviendas con mayores aberturas, debido a querer adoptar el diseño de las viviendas de albañilería (foto N°9), dado que algunas ventanas se encuentran continuas a las puertas.



Foto N°9: Vivienda de adobe con aberturas grandes, donde las ventanas y puertas van continuas.

Dada estas observaciones es preciso tener que reforzar el muro, teniendo en cuenta que nos dirigimos a familias de bajos ingresos económicos, de ahí surge la idea de hacer uso del Llaulli como material de refuerzo, a ello agregándole los contrafuertes y la viga collar, logramos dar una mayor seguridad a la vivienda ante un eventual sismo.



Foto N°10: Ventana ubicada en el tímpano, debilitando de ese modo al muro.

7.5. Techo:

En las viviendas evaluadas se encontraron tres tipos de techo: techos de paja, de calamina y de teja, con dos y una caída de agua.

a) Techo de paja:

Estos techos en su mayoría descansan sobre tijerales de madera rolliza de 8 cm de diámetro, separadas en 0.88 m aprox, los cuales tienen una pendiente que varía entre 27°-39°. Sobre los tijerales en dirección longitudinal van las correas, que también son de madera rolliza, separadas entre 0.30 a 0.40 m, por último va la capa de paja (Ichu o C'oya) de 8 a 14 cm de espesor, los cuales son atados a las correas en toda la longitud de las viguetas que forman parte de los tijerales, para lo cual emplean sogas de piel de oveja, alpaca, llama, etc o también sogas elaboradas de C'oya (Q'ueshua).



Foto N°11: Estructura interna de la vivienda de adobe con techo con paja.

Análisis

Los techos de paja son livianos a comparación de los demás tipos de techo, debido a que está conformado por ichu o c'oya. Esto hace que el techo sufra el efecto producido por los corrientes de aire de la zona, los cuales generan la inestabilidad de la capa de ichu, generando el desarreglo de las pajas que fueron atadas en una sola dirección para evitar la filtración de las aguas de la lluvia.

La experiencia de los que construyen las viviendas con techos de paja, ha ido modificando estos techos a fin de encontrar un ángulo de inclinación adecuado. De los resultados obtenidos podemos mencionar que el ángulo adecuado para este techo debe estar en torno a los 33° de inclinación.

En techos de paja no es recomendable bajar la pendiente de lo antes mostrado, porque el agua podría filtrar en la vivienda, por lo que es mejor que la capa de ichu esté bien atada a las correas y viguetas, para evitar el efecto de los vientos, además según los que construyen estas viviendas, los techos de paja deben ser reemplazadas cada cierto periodo, según el desgaste que el techo de paja sufra.



Foto N°12: Vivienda de adobe con techo de paja (Comunidad de Pujio Pujio)



Foto N°14: Vivienda de adobe con techo de calamina y su canaleta (Comunidad de Pampa Phalla)



Foto N°13: Vivienda de adobe con techos de paja, expuestas a la sobrecarga por el peso de la nevada.

b) Techo de calamina:

La estructura de este techo está conformado por tijerales de madera de eucalipto, los cuales se encuentran espaciados según las dimensiones de los adobes, que podría ser cada 2 o 3 adobes, por lo que esta distancia varía de 0.70 a 1.10 m.

Los tijerales están conformados de vigas soleras, cuyas secciones rectangulares son de 2x4 o 2x3 pulg. y en secciones circulares varía entre 7 a 10 cm de diámetro.

Sobre los tijerales descansan las correas de madera de 2x2 pulg. en dirección longitudinal, los cuales están separadas entre 0.60 a 0.70 m y sobre ellos se colocan las calaminas.

El ángulo de inclinación de este techo varía entre 8 a 17°

Análisis

Estos techos por lo general son de bajo peso, dado que están conformados por planchas delgadas (calaminas) lo que hace que estos techos sean los que menos esfuerzos generan a los tímpanos del muro y los que mejor protegen a los muros de adobe.

La desventaja de usar estos techos, se debe a que generan ruidos cuando se dan las lluvias y por el cual se recomienda recubrir el techo con una capa de yeso; pero ello implica mayores gastos.

c) Techo de Teja:

Los techos de teja están conformados por una estructura de tijerales de madera, los cuales descansan sobre el muro de adobe, distanciadas cada 0.30 a 1.10 m. y cuyas secciones circulares varían entre 6 a 7 cm de diámetro.

Sobre los tijerales se tiene una capa de madera rolliza con paja, donde descansa la capa de barro de 6 a 8 cm de espesor, sobre el cual van colocadas las tejas. La capa de barro sirve para asegurar las tejas y de ese modo evitar que este sea afectado por las corrientes de aire.

El ángulo de inclinación de este techo varía entre 22 a 28°

Análisis

Estos techos son los que tienen el mayor peso por la torta de barro y las tejas, los cuales ejercen esfuerzos que podrían generar la falla de los tijerales, si estas no están bien diseñadas y no tengan las dimensiones adecuadas.

Los techos de teja por ser frágiles no garantizan la protección de los muros de adobe, dado que basta con que una teja se agriete, dará lugar a que el agua se infiltre en el techo y de ese modo genera el daño del muro y a la vez que ocasiona un sobre peso en el techo, de ahí que se observa que la mayoría de las viviendas antiguas, empiezan a colapsar por el techo, causadas en su mayoría por el desgaste o agrietamiento de las tejas.

El ángulo de inclinación juega un papel muy importante en los techos de teja, por el efecto de la gravedad, por lo que se recomienda que el ángulo de inclinación sea menor a 28°



Foto N°15: Vivienda de adobe con techo de tejas

Esta investigación enfatiza la seguridad de la vivienda de adobe ante un eventual sismo. Según el diseño del muro de adobe, es el tímpano la parte más vulnerable, por estar expuesta a grandes esfuerzos por

el alto peso del techo de teja con capa de 5 a 10 cm de barro y porque este no lleva refuerzo.

9. Alternativas de solución

Según el diagnóstico obtenido podemos observar que desde el cimiento hasta el colocado del techo encontramos varias deficiencias que se debe corregir al momento de construir una vivienda de adobe, dado que los que construyen en la actualidad están abusando el uso del adobe al emplear luces muy grandes, aberturas cada vez más grandes, puertas y ventanas mal ubicadas, la omisión de sobre cimientos, la mala ubicación de las viviendas, la desprotección de los muros de las lluvias, debilitamiento del muro al tener ventanas en los tímpanos.

De todo lo antes mencionado lo que más llama la atención es la escasa seguridad de los muros, en caso se tenga un eventual sismo, por el alto peso que estos tienen.

Dado la observación es preciso y urgente buscar reforzar el muro, dado que las juntas de los adobes son débiles a la tracción. De ahí surge la idea de hacer uso del LLaulli como una alternativa sencilla, económica y segura, dado que su empleo se da en todo el perímetro del muro.

En un inicio se elaboraron adobes de 40x40 cm; pero el alto costo que este tenía, hizo que se tenga que rechazar esta medida y se optó por adobes de 30x30 cm, el cual tiene un peso promedio de 22 kgf, dado la norma de adobe E-080, estos adobes solo se recomienda para viviendas de un solo piso; además este refuerzo se complementa con la viga collar, donde irán asegurados los refuerzos verticales de llaullis, de ese modo se estaría creando una estructura rígida en el techo.

A continuación se presenta los procedimientos realizados para llegar a los resultados del uso del LLaulli como material de refuerzo.

8.1. Elaboración del adobe:

Los adobes fueron elaborados en la comunidad de Pampa Phalla. Las dimensiones optadas para la adobera o gavera fueron 30x30x15 cm³, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento.

a) Preparación del barro

Primero: Se zarandó el suelo con una zaranda cuyo agujero fue de ½ x ½ pulg², para evitar la presencia de impurezas y partículas de roca muy grandes.

Segundo: Se mezcló el suelo con agua, en una proporción volumétrica de 3:1. Según como quedó la mezcla se agregó una cierta cantidad de agua, para que luego este sea lampeado 2 veces y se hizo dormir la mezcla durante 24 horas.

Tercero: Al día siguiente la mezcla se lampeó 2 veces y luego se agregó el ichu cortados en longitudes de 10 a 15 cm, en una proporción de 10.5 kg por 1m³ de suelo. Luego se prosiguió al mezclado, hasta que el ichu pierda el color original.

b) Moldeo del adobe

Primero: Se eligió un lugar plano y limpio, luego se colocó la gavera o adobera en el piso y enseguida se pasó la parte interior con un paño mojado.

Segundo: Se colocó la mezcla de barro dentro de la adobera hasta la mitad de su altura, luego con ayuda del pie se pisó para su compactación.

Posteriormente se completó con barro la adobera, hasta llenar al ras el molde, para luego nuevamente compactar con el pie.

Tercero: Se colocó un tubo de PVC de 20 cm de longitud y ½ pulg de diámetro centrado en la adobera hasta que toque al piso.

Cuarto: Cogiendo un poco de ichu y un poco de agua, se empezó a pasar la parte superior del adobe, con lo cual se logró un mejor acabado y mayor consistencia de la mezcla.



Foto N°16: Adobe de 29.2x29.2 x14 cm³, con agujero en el centro de ½ pulg.

c) Transporte

Los adobes tuvieron que ser transportados desde la comunidad de Pampa Phalla hasta Cusco y luego hasta el LEM-UNI (Lima) para poder realizar las pruebas de laboratorio, dado que no se contaba con el equipo de ensayo en la ciudad de Cusco.

8.1. Obtención de los LLaulli:

Los refuerzos de madera (Llaullis), se obtuvieron de la comunidad de Pampa Phalla, para lo cual solo fue necesario emplear un machete.



Foto N°17: El LLaulli utilizado como material de refuerzo en los muros

8.3. Muretes de adobe

Se levantaron tres muretes de 78x75x29.2 cm³ aprox. para lo cual se empleó la misma mezcla de barro utilizado para los adobes.

La mayor preocupación de las viviendas de adobe, se debe a su alta vulnerabilidad ante un evento sísmico, por lo cual se propone el refuerzo con LLaulli, por ser un material que se encuentra en la zona, no tiene costo y su empleo es sencillo

Gráfico N°5: Descripción de cómo se debe emplear los LLaullis, al momento de levantar los muros de adobe.

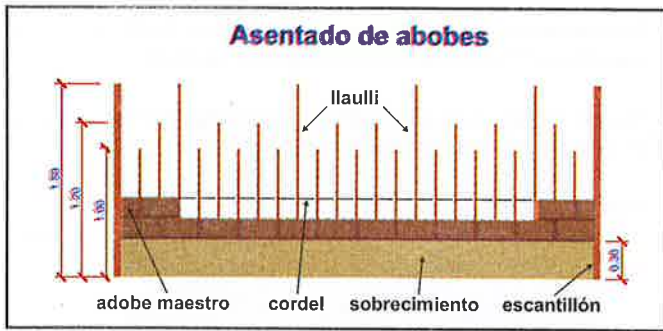


Foto N°18: Proceso de levantamiento de murete y muretes listos para el ensayo.



Foto N°19: Murete de adobe, antes de aplicar la carga y 1er murete luego de aplicarle la carga.



Foto N°20: 1er y 2do murete luego de aplicarles la carga vertical, donde se observa en ambos casos la falla por corte diagonal en las juntas.



Foto N°21: 3er murete luego de aplicarle la carga vertical donde se observa la falla por corte diagonal en las juntas.

Según las fallas que se han dado en los muretes ensayados, en los tres ensayos observamos una uniformidad de fallas por corte diagonal en las juntas y lo más importante del este resultado, es que se puede apreciar la estabilidad del murete ensayado al momento de aplicarle la carga y luego de haber aplicado la carga, lo que se puede resumir, en una mayor seguridad que están generando los Llaullis insertados en los muretes.

Resultados del ensayo de laboratorio

| Nombre | Largo (cm) | Ancho (cm) | Diagonal (cm) | e (cm) | Area (cm ²) | P (kg) | f _t (Kg/cm ²) |
|----------|------------|------------|---------------|--------|-------------------------|--------|--------------------------------------|
| Murete 1 | 79 | 75 | 109 | 29,2 | 3179,72 | 2381 | 0,75 |
| Murete 2 | 78 | 75 | 108 | 29,2 | 3159,07 | 2396 | 0,76 |
| Murete 3 | 77 | 74 | 107 | 29,2 | 3117,78 | 2336 | 0,75 |

f_t promedio = 0,75 Kg/cm²

Esfuerzo admisible de corte del muro con refuerzo (V_m)

Según la norma E.080 es:

$$V_m = 0.40 * f_t = 0.30 \text{ kg/cm} > 0.25 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 4.3: Resultado del ensayo de compresión diagonal en muretes

| | diagonal (cm) | largo (cm) | ancho (cm) | e (cm) | Area (cm ²) | Velocidad del ensayo (Kg/min) | P (kg) | f _t (Kg/cm ²) |
|----------|---------------|------------|------------|--------|-------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------------|
| Murete 1 | 113 | 80 | 80 | 18 | 2034 | 250 | 361,0 | 0,18 |
| Murete 2 | 114 | 80 | 80 | 18 | 2052 | 100 | 310,0 | 0,15 |
| Murete 3 | 114 | 80 | 80 | 18 | 2052 | 100 | 540,4 | 0,26 |
| Murete 4 | 114 | 80 | 80 | 18 | 2052 | 100 | 144,7 | 0,07* |

f_t prom. = 0,26 Kg/cm²

*Se descarta al murete 4 por presentar una resistencia sumamente baja

$$\text{Entonces: } V_m = 0.40 * f_{t_{prom}} = 0.40 * 0.26 = 0.08 \text{ kg/cm}^2 < 0.25 \text{ kg/cm}^2$$



1) Falla de corte por deslizamiento 2) Falla de corte por deslizamiento



3) Falla de corte diagonal en bloques y juntas 4) Falla de corte por deslizamiento bloques y juntas

Foto N°22: Las fotos son el resultado del ensayo de compresión diagonal de muretes simples (sin refuerzo)⁴

⁴ Ericka Delgado Salvador Canales, Tesis publicada en la PUCP 2006

Según las fallas observadas (foto N° 20, 21 y 22), podemos notar la gran diferencia entre un murete simple y un murete reforzado con llauili. Mientras en el murete simple las fallas fueron irregulares con fallas de corte por deslizamiento y por corte diagonal, en los muretes reforzados con llauili se observa una uniformidad de fallas por corte diagonal en las juntas. Además se puede observar que los muretes reforzados quedaron estables luego del ensayo; pero en los muros simples se observa el colapso de sus elementos. Con lo cual podemos concluir que el hacer uso del llauili como refuerzo en los muros, da lugar a una mayor seguridad a las viviendas de adobe

10. Conclusiones

❖ Sobre el diagnostico de las viviendas de adobe

- Según las evaluaciones realizadas se encontró un cierto desconocimiento por parte de sus propietarios, de la importancia que tiene la planificación previa antes de construir sus viviendas, es por ello la presencia de viviendas mal ubicadas y la existencia de una mala distribución de los ambientes de la vivienda según la cantidad de sus habitantes.
- Las viviendas evaluadas no garantizan la seguridad de sus habitantes, debido a que no cuentan con los refuerzos principales (contrafuertes y viga collar) que la norma E-080 establece, por la deficiencia en los sobrecimientos, por una mala distribución de las aberturas (puertas y ventanas), por un mal diseño de los muros al encontrar puertas y ventanas plegadas y porque algunas aberturas sobrepasan las dimensiones que la norma establece. Según el último punto, solo las viviendas de la comunidad de Pujio Pujio cuentan con aberturas adecuadas.
- La presencia de tímpanos en las viviendas, hace que este sea una de las partes más vulnerables, por estar expuesto a los esfuerzos por parte del peso del techo, por no contar con un refuerzo adecuado y porque en algunas viviendas se encontraron aberturas.

❖ Sobre los ensayos de laboratorio

- El empleo de llauili como refuerzo en los muretes dio resultados favorables, el cual ayudo a determinar el tipo de falla obteniéndose en los 3 muretes las mismas fallas de corte diagonal en las juntas. Además se logro mejorar la resistencia de corte diagonal de 0.08 kg/cm² a 0.30 kg/cm² siendo 3 veces mayor que un muro simple.
- Lo más importante de reforzar los muretes con llauili, se debe a la estabilidad que genera a las unidades de adobe empleadas, dado que en todo momento de aplicar la carga vertical, no se observo un colapso repentino de los muretes, solo su deformación permanente, a diferencia de los muros simples que pueden fallar en cualquier dirección y que estas fallas generan el colapso repentino de los muros de las viviendas de adobe.

11. Recomendaciones

❖ Sobre ejecución de las viviendas

- Antes de construir las viviendas se debe realizar algunas consideraciones importantes: respecto a la ubicación, donde la vivienda no se encuentre expuesta a inundaciones, al impacto

- de materiales sueltos y otros fenómenos que ocasionen daños, respecto a la distribución de ambientes es de gran importancia, ya que ayuda a mejorar las condiciones de vida, si se tiene una cocina, la cantidad de dormitorios necesarios y otros para usos necesarios.

- Una forma sencilla de evitar el colapso de las viviendas por inundaciones, es mediante el recubrimiento o enlucido del sobrecimiento con mortero, hasta una altura de 1m o también mediante el empleo de contrazócalos.
- Es importante que los muros de adobe tengan un refuerzo por el alto peso que estos poseen, por lo que el empleo del llauili ayudara a dar una mayor seguridad, para lo cual este debe ir desde el sobrecimiento, en todo el perímetro, hasta llegar a la parte superior del muro y ahí necesariamente se debe de colocar la viga collar, donde estará fijado los llauillis. También se debe tener en cuenta que el techo ya no se debe diseñar a una o dos aguas; sino mas bien a 4 aguas, para evitar construir el tímpano, con lo que el peso del techo será distribuido simétricamente y asimismo se logra que la estructura del techo se comporte como un diafragma rígido.

❖ Sobre políticas urbanas y de gobierno

- Siendo el adobe el segundo material más empleado en la construcción de viviendas, equivalente al 35% de viviendas en el Perú (censo 2007), es urgente la intervención del estado, para viabilizar mejor las viviendas autoconstruidas de adobe y evitar las funestas experiencias que se tuvo en el terremoto de Pisco.
- Si bien es cierto existen investigaciones sobre viviendas de adobe por diferentes instituciones, en la práctica no se emplea estos conocimientos, inclusive la norma de adobe E-080 es desconocido por la población. Por ello considero que es muy importante la difusión de materiales bibliográficos (manuales, libros, vídeos entre otros)
- El estado peruano debe dar prioridad en proporcionar capacitación a quienes construyen viviendas de adobe a través de las municipalidades, para que las nuevas construcciones sean más seguras, con ello se logra disminuir el riesgo sísmico de las viviendas, se evitara la pérdida de vidas y las familias de escasos recursos tendrán mejores condiciones de vida.
- Dada la importancia de las construcciones de adobe, es necesario seguir con las investigaciones, en especial en las universidades, porque uno de los roles de la universidad es contribuir con los problemas de la sociedad y que mejor si se dá a través de convenios, como lo fue para esta investigación con Espacio Azul de GyM.

Bibliografía

- **BAZÁN ZURITA, Enrique;** “Seguridad de Casas de Adobe ante Sismos” Estudios analíticos, UNAM, México; Junio 1980.
- **DELGADO SALVADOR CANALES, Ericka Flor;** “Comportamiento Sísmico de un Módulo de Adobe de Dos Pisos con Refuerzo Horizontal y Confinamientos de Concreto Armado”, Tesis de Grado; PUCP Lima-Perú, 2006
- **INEI;** “Censos Nacionales: IX de Población y IV de Vivienda”, Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima-Perú, 1993.
- **INEI;** “Censos Nacionales: XI de Población y VI de Vivienda”, Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima-Perú, 2007.
- **MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN;** “Reglamento Nacional de Construcciones”; Norma E-0.80 Adobe; Lima-Perú, 2006.
- **SENCICO;** “Construcción de Módulos Básicos de Vivienda en Adobe Reforzado”, Convenio PNUD-SENCICO, Arequipa-Perú, Enero 2003.

COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE BAJA ALTURA

Luis Fernando Sirumbal Zapata¹.

Sinopsis: Este trabajo presenta la aplicación del análisis paramétrico al estudio del comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada de baja altura. Para lograrlo fue necesario: i) Estudiar las configuraciones estructurales de dos familias de viviendas reales de albañilería confinada compuestas por cinco viviendas cada una; ii) Identificar los parámetros físicos y geométricos que gobiernan el comportamiento sísmico de las estructuras de albañilería confinada; iii) Realizar un análisis de sensibilidad para establecer el rango de variación de cada uno de los parámetros del paso (ii); iv) Proponer dos configuraciones estructurales simplificadas (una por cada familia) que representen paraméricamente el comportamiento sísmico de las viviendas reales que pertenezcan a las familias en estudio; y v) Generar casos paraméricos válidos y efectuar el análisis sísmico de cada uno de ellos utilizando las configuraciones estructurales del paso (iv).

Los resultados preliminares indican que es posible generar una familia paramétrica de viviendas de albañilería confinada de dos pisos, a partir de una familia de viviendas reales. Además, las configuraciones estructurales paramétricas simplificadas, propuestas para los dos tipos de viviendas estudiadas en este trabajo, permiten evaluar el comportamiento sísmico de una estructura real de albañilería confinada, y permiten sentar las bases para el desarrollo de un método simplificado de análisis sísmico.

Palabras Clave: Albañilería confinada; Análisis paramétrico; Comportamiento Sísmico.

Introducción

El presente artículo muestra los resultados preliminares de la investigación de tesis que está desarrollando el autor [6].

El objetivo de esta investigación es determinar los parámetros que gobiernan el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada de dos pisos, y estudiar la influencia que cada uno de ellos tiene en la respuesta sísmica elástica de este tipo de estructuras. De esta manera, en base a los resultados obtenidos, se busca sentar las bases para la formulación de un método simplificado de análisis sísmico lineal elástico de edificaciones de albañilería confinada.

En la primera parte se exploran los fundamentos teóricos que permiten identificar los parámetros a estudiar. La segunda parte muestra los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad. Este análisis consiste en el estudio de las características geométricas y estructurales de 10 viviendas reales de albañilería confinada. Además, se evalúan los valores paraméricos de cada una de ellas. En base a los resultados obtenidos en dicho análisis, en la tercera parte se asignan un juego de valores a cada parámetro. De la combinatoria de estos valores se definen los casos paraméricos. La cuarta parte presenta el desarrollo de la formulación del modelo estructural paramétrico. En la quinta parte se describen las características geométricas de la configuración estructural simplificada que se utilizó para representar físicamente a cada uno de los casos paraméricos, que posteriormente fueron sometidos a un análisis sísmico modal espectral, cuyos resultados se muestran gráficamente en la sexta y última parte del presente artículo. Finalmente, se enuncian las conclusiones

Fundamentos Teóricos

La Albañilería Confinada como Sistema Estructural

Las edificaciones de albañilería confinada responden a un sistema estructural cuyos elementos principales son muros de corte únicamente, que se caracterizan por estar hechos de mampostería de arcilla, y por estar confinados por columnas y vigas de concreto armado. Esto significa que la albañilería confinada es un sistema estructural que no cuenta con elementos tipo pórtico.

La Fig. 1 muestra la configuración estructural típica de una edificación de albañilería confinada, que tiene una gran cantidad de muros, distribuidos de manera irregular en toda la superficie de la planta. También se puede notar que mientras la longitud de los muros es variable, el espesor está limitado por el tamaño de los ladrillos y la orientación en que estos son colocados.

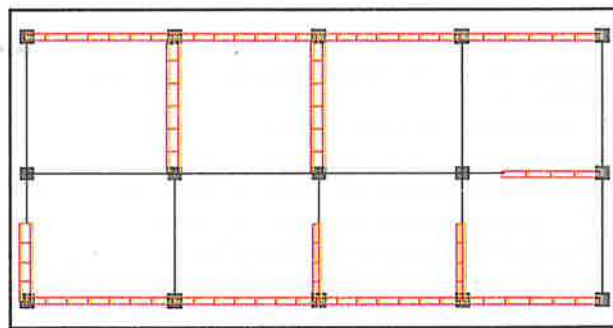


Fig. 1: Configuración estructural típica de una edificación de albañilería confinada



¹Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil.

Universidad Nacional de Ingeniería

E-mail: fsirumbal@hotmail.com

Miembro del IIFIC-UNI

Miembro del convenio UNI-ESPACIO AZUL

Página web: <http://www.iifc.edu.pe>

<http://iifc.blogspot.com>

Debido a la naturaleza de sus elementos estructurales, y a la poca altura que suelen tener este tipo de edificaciones (muy pocas veces superan los tres pisos), la albañilería confinada es un sistema estructural de gran rigidez que, durante un evento sísmico, se

caracteriza por tener desplazamientos laterales y distorsiones de entrepiso mínimos, además de presentar una falla frágil por corte.

Las fuerzas cortantes de entrepiso generadas por la carga sísmica, se reparten en cada uno de los muros que conforman la estructura, de manera proporcional a su rigidez. Las expresiones analíticas de la rigidez de los muros de albañilería confinada consideran, tanto las deformaciones por corte, como las deformaciones por flexión, siendo las primeras aquellas que generalmente tienen mayor relevancia en el comportamiento sísmico de este tipo de estructuras.

En este sentido, es importante definir un parámetro de gran importancia, propio de la albañilería confinada, denominado "Densidad de muros". La Densidad de muros es un parámetro geométrico adimensional, que relaciona la suma de las áreas de corte de todos los muros de albañilería confinada orientados en una de las direcciones principales de la edificación, entre el área de piso de la edificación. La expresión para calcular la Densidad de muros en una dirección particular "X" se muestra en la Eq. (1).

$$D_x = \frac{\sum_i A_{si}}{A_p} \quad (1)$$

Donde:

D_x = Densidad de muros en la dirección X

A_{si} = Área de corte de la sección transversal del muro i-ésimo (m²)

A_p = Área de piso (m²)

Parámetros que Definen el Comportamiento Elástico de las Edificaciones

En los estudios del comportamiento sísmico de edificaciones torsionalmente acopladas, realizados por Kan y Chopra (1976) y por Hejal y Chopra (1987), se demuestra que la ecuación diferencial del movimiento de un edificio de un piso, para un modelo de masas concentradas con tres grados de libertad (gdl) por piso (dos traslaciones ortogonales en el plano horizontal, y una rotación alrededor del eje vertical), puede ser expresada como se muestra en la Eq. (2).

$$\begin{Bmatrix} \ddot{u}_x \\ \ddot{u}_y \\ \ddot{\theta}_z \end{Bmatrix} + \omega_p^2 \begin{bmatrix} (\omega_x/\omega_p)^2 & 0 & -(\omega_x/\omega_p)^2 e_{y/r} \\ 0 & 1 & e_{x/r} \\ -(\omega_x/\omega_p)^2 e_{y/r} & e_{x/r} & (\omega_\theta/\omega_p)^2 + (\omega_x/\omega_p)^2 (e_{y/r})^2 + (e_{x/r})^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_x \\ u_y \\ \theta_z \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} \ddot{u}_{gx} \\ \ddot{u}_{gy} \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

Donde:

u_x = Desplazamiento traslacional del centro de masa (CM) en la dirección X (m)

u_y = Desplazamiento traslacional del CM en la dirección Y (m)

θ_z = Desplazamiento rotacional de la planta alrededor de un eje vertical en la dirección Z (rad)

u_{gx} = Desplazamiento traslacional del suelo en la dirección X (m)

u_{gy} = Desplazamiento traslacional del suelo en la dirección Y (m)

ω_x = Frecuencia de vibración traslacional desacoplada en la dirección X (rad/s)

ω_y = Frecuencia de vibración traslacional desacoplada en la dirección Y (rad/s)

ω_θ = Frecuencia de vibración rotacional desacoplada (rad/s)

e_x = Excentricidad estática en la dirección X (m)

e_y = Excentricidad estática en la dirección Y (m)

r = Radio medio de giro (m)

Se aprecia en la Eq. (2), que los cinco parámetros que gobiernan el comportamiento dinámico en el rango elástico de las edificaciones torsionalmente acopladas de un piso son el periodo de vibración traslacional desacoplado en la dirección Y (T_y), la razón de frecuencias de vibración desacopladas en las direcciones X e Y (ω_x/ω_y), el grado de acoplamiento torsional ($\Omega = \omega_\theta/\omega_y$), la

excentricidad estática normalizada en la dirección X (e_x/r), y la excentricidad estática normalizada en la dirección Y (e_y/r).

En este sentido, si se requiere estudiar la influencia de estos parámetros en el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada de más de un piso, utilizando el mismo modelo dinámico de masas concentradas con tres gdl por piso, se deben considerar los tres primeros modos de vibración fundamentales en cada dirección (U_x, U_y, θ_z).

Análisis de Sensibilidad

Descripción de las Viviendas Estudiadas

El análisis de sensibilidad consistió en investigar las propiedades de viviendas reales con características similares a las que se desea estudiar. Para lograr este objetivo, fue necesario obtener información relevante sobre un grupo de viviendas reales, que permita calcular en cada una de ellas los valores de los parámetros previamente definidos.

El análisis de sensibilidad se hizo a partir de un conjunto de viviendas familiares de albañilería confinada de dos pisos, ubicadas en zonas marginales de Ica, Perú. Las características geométricas de estas viviendas fueron las estudiadas por Valdiviezo (2003).

Del estudio de estas viviendas se llegó a la conclusión que otro parámetro geométrico importante que influye en la respuesta de las edificaciones frente a los movimientos sísmicos, es la razón de aspecto de la planta. Las edificaciones de albañilería confinada generalmente tienen plantas de forma rectangular (Fig. 1), y la razón de las dimensiones de dicho rectángulo es determinante en el comportamiento de este tipo de estructuras. La Eq. (3) muestra la expresión para calcular la razón de aspecto de la planta rectangular de una edificación.

$$\kappa = \frac{b}{a} \quad (3)$$

Donde:

κ = Razón de aspecto de la planta

a = Dimensión longitudinal (menor) de la planta en la dirección Y (m)

b = Dimensión longitudinal (mayor) de la planta en la dirección X (m)

La importancia de este parámetro radica en que define la forma del espacio físico en que se distribuyen los muros en ambas direcciones principales. Según dicha forma, los muros orientados en cada dirección variarán en cantidad y en longitud. Además, la posición de cada uno de ellos implicará una mayor o menor distancia con respecto al CM.

Al hacer el análisis de sensibilidad, se identificaron dos tipos de viviendas que, para efectos del presente trabajo, se agruparon en dos familias, denominadas F1 y F2. Cada familia está compuesta por cinco viviendas de características similares.

La diferencia más importante entre ambas familias es la razón de aspecto de la planta. Casi todas las viviendas F1 tienen una relación de aspecto de la planta superior a 2, mientras que en el caso de las viviendas F2, solamente una vivienda tiene una relación de aspecto de la planta superior a 1. Esto implica que las plantas de las viviendas F1 tienen la forma de un rectángulo largo, y por lo tanto, todas ellas tienen una configuración estructural similar. Por otro lado, las plantas de las viviendas F2 tienen la forma de un cuadrado, y al igual que en el caso anterior, estas viviendas tienen configuraciones estructurales similares entre sí.

Las Tablas 1 y 2 se muestran los nombres y las características geométricas y estructurales de las viviendas F1 y F2, respectivamente. Las características geométricas que se muestran son las dimensiones de la planta rectangular de las edificaciones (a y b), la altura del piso (h_p) y las densidades de muros en ambas direcciones (D_x y D_y). Finalmente se indican el número de ejes estructurales que tienen las edificaciones en cada dirección.

Tabla 1: Características geométricas y estructurales de las viviendas F1

| VIVIENDA | PROPIEDADES GEOMÉTRICAS | | | | |
|----------|-------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| | a (m) | b (m) | h_p (m) | D_x (%) | D_y (%) |
| TV2 | 6.45 | 10.60 | 2.60 | 5.42 | 4.52 |
| TV3 | 6.75 | 15.15 | 2.50 | 5.54 | 3.67 |
| TV4 | 6.95 | 15.80 | 2.55 | 5.76 | 2.67 |
| TV5 | 6.15 | 13.00 | 2.50 | 5.57 | 3.24 |
| TV9 | 7.00 | 16.00 | 2.60 | 6.54 | 2.96 |
| MIN | 6.15 | 10.60 | 2.50 | 5.42 | 2.67 |
| MAX | 7.00 | 16.00 | 2.60 | 6.54 | 4.52 |
| PROM | 6.66 | 14.11 | 2.55 | 5.76 | 3.41 |
| DESV EST | 0.36 | 2.29 | 0.05 | 0.45 | 0.72 |

(--) Significa que no existe valor calculado.

Tabla 2: Características geométricas y estructurales de las viviendas F2

| VIVIENDA | PROPIEDADES GEOMÉTRICAS | | | | |
|----------|-------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| | a (m) | b (m) | h_p (m) | D_x (%) | D_y (%) |
| TV6 | 6.80 | 8.05 | 2.65 | 7.35 | 3.84 |
| TV7 | 6.60 | 4.25 | 2.45 | 4.55 | 6.21 |
| TV12 | 5.85 | 4.70 | 2.40 | 4.86 | 3.17 |
| TV14 | 6.40 | 4.25 | 2.45 | 4.69 | 4.60 |
| AHSL24 | 7.35 | 7.00 | 2.50 | 5.42 | 3.02 |
| MIN | 5.85 | 4.25 | 2.40 | 4.55 | 3.02 |
| MAX | 7.35 | 8.05 | 2.65 | 7.35 | 6.21 |
| PROM | 6.60 | 5.65 | 2.49 | 5.37 | 4.17 |
| DESV EST | 0.55 | 1.76 | 0.10 | 1.16 | 1.30 |

(--) Significa que no existe valor calculado.

Cálculo de las Propiedades Inerciales

Las propiedades inerciales se relacionan con el peso y la masa de la estructura, además de la posición del CM. Esta información es de gran importancia para la elaboración de modelos de masas concentradas en los pisos de las edificaciones.

Por este motivo, para cada una de las diez edificaciones, se calcularon los pesos correspondientes a cada piso, y se dividieron entre el área de piso (W/A_p). De esta manera, se obtuvo el peso sísmico como carga gravitacional distribuida. El peso sísmico incluye el peso propio, la carga muerta y el 25% de la carga viva.

Además, se calculó la posición relativa del CM de cada piso, con respecto a las dimensiones de la planta, según se muestra en la Fig. 2.

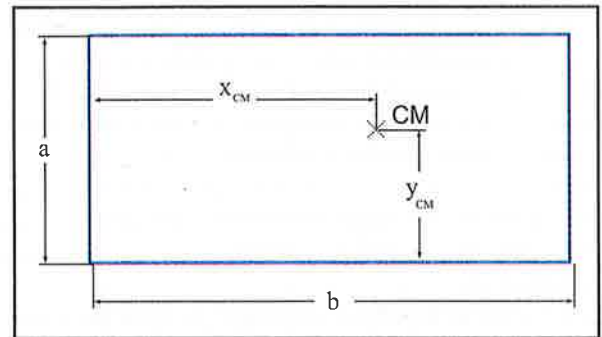


Fig. 2: Posición relativa del centro masas.

Los resultados del cálculo de las propiedades de las familias F1 y F2 se muestran en las Tablas 3 y 4, respectivamente.

Tabla 3: Propiedades inerciales de las viviendas F1

| VIVIENDA | PRIMER PISO | | | SEGUNDO PISO | | |
|----------|----------------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|
| | W/A_p (Tn/m^2) | x_{CM}/b | y_{CM}/a | W/A_p (Tn/m^2) | x_{CM}/b | y_{CM}/a |
| TV2 | 1.03 | 0.45 | 0.47 | 0.66 | 0.46 | 0.48 |
| TV3 | 0.96 | 0.51 | 0.51 | 0.62 | 0.51 | 0.51 |
| TV4 | 0.96 | 0.51 | 0.50 | 0.63 | 0.50 | 0.50 |
| TV5 | 0.96 | 0.49 | 0.50 | 0.63 | 0.49 | 0.50 |
| TV9 | 1.00 | 0.54 | 0.51 | 0.64 | 0.53 | 0.51 |
| MIN | 0.96 | 0.45 | 0.47 | 0.62 | 0.46 | 0.48 |
| MAX | 1.03 | 0.54 | 0.51 | 0.66 | 0.53 | 0.51 |
| PROM | 0.98 | 0.50 | 0.50 | 0.64 | 0.50 | 0.50 |
| DESV EST | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |

Tabla 4: Propiedades inerciales de las viviendas F2

| VIVIENDA | PRIMER PISO | | | SEGUNDO PISO | | |
|----------|----------------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|
| | W/A_p (Tn/m^2) | x_{CM}/b | y_{CM}/a | W/A_p (Tn/m^2) | x_{CM}/b | y_{CM}/a |
| TV6 | 1.10 | 0.55 | 0.50 | 0.70 | 0.53 | 0.50 |
| TV7 | 1.05 | 0.49 | 0.51 | 0.68 | 0.49 | 0.51 |
| TV12 | 0.94 | 0.51 | 0.52 | 0.62 | 0.50 | 0.51 |
| TV14 | 1.00 | 0.51 | 0.47 | 0.65 | 0.51 | 0.48 |
| AHSL24 | 0.95 | 0.51 | 0.49 | 0.62 | 0.51 | 0.49 |
| MIN | 0.94 | 0.49 | 0.47 | 0.62 | 0.49 | 0.48 |
| MAX | 1.10 | 0.55 | 0.52 | 0.70 | 0.53 | 0.51 |
| PROM | 1.01 | 0.51 | 0.50 | 0.65 | 0.51 | 0.50 |
| DESV EST | 0.07 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.01 |

En base a estos resultados se puede concluir que para ambas familias el peso sísmico promedio, en el primer y segundo piso es igual a $1.00 Tn/m^2$ y $0.65 Tn/m^2$, respectivamente. Además, para ambas familias la posición promedio del CM coincide con el centro geométrico (CG) de la planta rectangular, tanto para el primer piso como para el segundo piso.

Cálculo de los Parámetros que Definen el Comportamiento Estructural Dinámico en el Rango Elástico

Los resultados mostrados en las Tablas 5 y 6 fueron calculados en base a un análisis modal realizado en las viviendas pertenecientes a las familias F1 y F2, respectivamente. Para calcular los valores de dichos parámetros se tomaron en consideración los tres primeros modos de vibración (dos traslacionales y uno rotacional) únicamente.

Al tratarse de edificaciones de dos pisos, existen dos centros de masas y dos centros de rigidez. Por lo tanto, cada vivienda tiene dos excentricidades en cada dirección. Ambas excentricidades se indican en las Tablas 5 y 6.

Finalmente, es importante mencionar que hallar los centros de rigidez (CR) de edificaciones de más de un piso no es un cálculo trivial. En efecto, el CR de una estructura de un piso es aquel punto perteneciente a su plano en el que se debe aplicar una fuerza estática horizontal para generar traslación únicamente, y sin efectos de torsión (Hejal y Chopra 1987). En base a esta definición se puede concluir que para hallar los CRs de una edificación de varios pisos, es necesario determinar la posición de aquellos puntos por piso que, al ser cargados simultáneamente por un juego de fuerzas, generen únicamente desplazamientos traslacionales. Sólo después de haber logrado esto se podrán calcular las excentricidades estáticas correspondientes a cada piso.

Tabla 5: Parámetros de las viviendas F1

| VIVIENDA | κ | T_y (s) | ω_x/ω_y | Ω | e_{x1}/r | e_{y1}/r | e_{x2}/r | e_{y2}/r |
|----------|----------|-----------|---------------------|----------|------------|------------|------------|------------|
| TV2 | 1.64 | 0.0877 | 1.51 | 1.30 | 0.10 | 0.10 | 0.19 | 0.14 |
| TV3 | 2.24 | 0.0891 | 1.59 | 1.51 | 0.30 | 0.00 | 0.45 | 0.01 |
| TV4 | 2.27 | 0.1000 | 1.77 | 1.70 | 0.48 | 0.06 | 0.59 | 0.06 |
| TV5 | 2.11 | 0.0987 | 1.73 | 1.41 | 0.31 | 0.01 | 0.31 | 0.02 |
| TV9 | 2.29 | 0.1172 | 2.10 | 1.94 | 0.62 | 0.04 | 0.75 | 0.05 |
| MIN | 1.64 | 0.0877 | 1.51 | 1.30 | 0.10 | 0.00 | 0.19 | 0.01 |
| MAX | 2.29 | 0.1172 | 2.10 | 1.94 | 0.62 | 0.10 | 0.75 | 0.14 |
| PROM | 2.11 | 0.0985 | 1.74 | 1.57 | 0.36 | 0.04 | 0.46 | 0.06 |
| DESV EST | 0.27 | 0.0118 | 0.23 | 0.25 | 0.20 | 0.04 | 0.22 | 0.05 |

Tabla 6: Parámetros de las viviendas F2

| VIVIENDA | κ | T_y (s) | ω_x/ω_y | Ω | e_{x1}/r | e_{y1}/r | e_{x2}/r | e_{y2}/r |
|----------|----------|-----------|---------------------|----------|------------|------------|------------|------------|
| TV6 | 1.18 | 0.1045 | 1.86 | 2.29 | 0.74 | 0.06 | 1.00 | 0.05 |
| TV7 | 0.64 | 0.0812 | 1.23 | 1.55 | 0.17 | 0.01 | 0.36 | 0.01 |
| TV12 | 0.80 | 0.1052 | 1.70 | 1.88 | 0.30 | 0.07 | 0.58 | 0.05 |
| TV14 | 0.66 | 0.0956 | 1.48 | 1.72 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.04 |
| AHSL24 | 0.95 | 0.1104 | 1.83 | 2.04 | 0.39 | 0.02 | 0.68 | 0.01 |
| MIN | 0.64 | 0.0812 | 1.23 | 1.55 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.01 |
| MAX | 1.18 | 0.1104 | 1.86 | 2.29 | 0.74 | 0.07 | 1.00 | 0.05 |
| PROM | 0.85 | 0.0994 | 1.62 | 1.90 | 0.32 | 0.04 | 0.53 | 0.03 |
| DESV EST | 0.22 | 0.0115 | 0.26 | 0.29 | 0.27 | 0.03 | 0.36 | 0.02 |

Como se puede apreciar, en todos los casos el parámetro ω_x/ω_y es mayor que 1, lo cual significa que la rigidez en la dirección X es mayor que en la dirección Y. De la misma manera, con excepción de

la vivienda TV7, la densidad de muros en X (D_x) es mayor que la densidad de muros en Y (D_y). Esto nos permite concluir que en la mayoría de casos, la densidad de muros está directamente relacionada con la rigidez traslacional.

Considerando que la dirección Y es más flexible que la dirección X, para todas las viviendas de ambas familias el parámetro T_y representa al periodo fundamental de vibración. En otras palabras, el periodo correspondiente al primer modo de vibración corresponde a un desplazamiento traslacional en la dirección Y.

Por otro lado, el grado de acoplamiento torsional (Ω) se define como la razón entre la frecuencia de vibración rotacional y la frecuencia de vibración traslacional en la dirección Y. La Tabla 5 muestra que las viviendas F1 tienen valores de Ω que son menores a los valores de ω_x/ω_y . En el caso de las viviendas F2 sucede exactamente lo opuesto (Tabla 6).

Esto significa que en las viviendas F1, al contrario de lo que sucede en las viviendas F2, la rigidez traslacional en la dirección X es mayor que la rigidez rotacional, por lo que el segundo modo de vibración y el tercer modo de vibración corresponden al desplazamiento rotacional y al desplazamiento traslacional en la dirección X, respectivamente.

Las viviendas F2, al tener plantas con geometrías cuadradas (relaciones de aspecto de la planta cercanas a 1), presentan una mayor rigidez rotacional, y por lo tanto, durante un movimiento sísmico, los movimientos traslacionales serán de mayor magnitud, en comparación con los rotacionales. Esto implica que, inversamente a lo que ocurre en las viviendas F1, el segundo modo de vibración corresponde al desplazamiento en la dirección X, mientras que el tercero corresponde al desplazamiento rotacional.

Con respecto a las excentricidades relativas, lo primero que se puede notar es que en la dirección Y (e_y/r) estas son prácticamente nulas. Tanto en las viviendas F1 como en las viviendas F2, el promedio de los valores de e_{y1}/r y e_{y2}/r está alrededor de 0.05.

Por el contrario, las magnitudes de las excentricidades relativas en la dirección X son considerablemente mayores. Los valores de e_{x1}/r y e_{x2}/r llegan a valores máximos de 0.75 y 1.00, respectivamente, que implican una gran asimetría de la rigidez de los muros orientados en la dirección Y, con respecto a un eje orientado en la dirección X que pasa por el CM de cada piso.

Radio Medio de Giro

Cuando se trabaja con un modelo de masas concentradas en cada piso de una edificación, no es posible hacer un cálculo exacto de los momentos de inercia asociados a los gdl rotacionales. Esto se debe a que en este tipo de modelos no se conoce la ubicación de las masas puntuales, y por lo tanto, no se puede calcular el radio medio de giro.

En el análisis de edificaciones, una forma aproximada de calcular el momento de inercia es asumir que la masa traslacional se encuentra uniformemente distribuida en la superficie de cada piso. Consecuentemente, también se asume que el CM de cada piso coincide con el CG de la planta de la edificación.

Al tratarse de masas uniformemente distribuidas en una planta de forma rectangular, el radio medio de giro es igual al radio de giro de un rectángulo, cuya expresión se muestra en la Eq. (4).

$$r = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{12}} \quad (4)$$

Donde:

r = Radio de giro de una superficie rectangular (m)

a = Dimensión longitudinal de la planta en la dirección Y (m)

b = Dimensión longitudinal de la planta en la dirección X (m)

En las Tablas 7 y 8 se muestran los valores de los radios de giro denominados “ r_{real} ” y “ r_{aprox} ”, siendo el último de ellos calculado mediante la Eq. (4). Además, se muestra el resultado de la división del primero entre el segundo.

Tabla 7: Radio medio de giro en las viviendas F1

| VIVIENDA | r_{real} (m) | r_{aprox} (m) | r_{real} / r_{aprox} |
|----------|----------------|-----------------|------------------------|
| TV2 | 4.20 | 3.58 | 1.17 |
| TV3 | 5.38 | 4.79 | 1.12 |
| TV4 | 5.59 | 4.98 | 1.12 |
| TV5 | 4.64 | 4.15 | 1.12 |
| TV9 | 5.45 | 5.04 | 1.08 |
| <hr/> | | | |
| MIN | 4.20 | 3.58 | 1.08 |
| MAX | 5.59 | 5.04 | 1.17 |
| PROM | 5.05 | 4.51 | 1.12 |
| DESV EST | 0.60 | 0.63 | 0.03 |

Tabla 8: Radio medio de giro en las viviendas F2

| VIVIENDA | r_{real} (m) | r_{aprox} (m) | r_{real} / r_{aprox} |
|----------|----------------|-----------------|------------------------|
| TV6 | 3.90 | 3.04 | 1.28 |
| TV7 | 3.23 | 2.27 | 1.43 |
| TV12 | 3.12 | 2.17 | 1.44 |
| TV14 | 3.18 | 2.22 | 1.43 |
| AHSL24 | 3.76 | 2.93 | 1.28 |
| <hr/> | | | |
| MIN | 3.12 | 2.17 | 1.28 |
| MAX | 3.90 | 3.04 | 1.44 |
| PROM | 3.44 | 2.52 | 1.37 |
| DESV EST | 0.36 | 0.42 | 0.08 |

Definición de los Casos Paramétricos

Además de identificar los parámetros que gobiernan el comportamiento sísmico elástico de una determinada estructura, el análisis paramétrico implica asignar un juego de valores a cada uno de ellos. De esta manera, al realizarse una combinatoria de todos estos valores, se generan la mayor cantidad posible de casos paramétricos.

Los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad permiten que la asignación del juego de valores correspondiente a cada parámetro no sea del todo arbitraria, sino que, por el contrario, represente las características reales de un grupo de edificaciones de albañilería confinada de dos pisos existentes.

Basado en la información de las Tablas 5 y 6, se decidió considerar cinco parámetros para la definición del modelo estructural paramétrico. Estos parámetros son κ , T_y , ω_x/ω_y , Ω , e_x/r .

El parámetro e_x/r es considerado constante e igual a 0, debido a las razones mencionadas previamente. Por otro lado, el parámetro e_x/r es exactamente el mismo para el primer piso y el segundo piso ($e_x/r = e_{x1}/r = e_{x2}/r$).

Las Tablas 9 y 10 muestran los valores paramétricos seleccionados para la generación de los casos paramétricos correspondientes a los dos tipos de viviendas, F1 y F2.

Tabla 9: Valores de los parámetros seleccionados para los casos paramétricos F1

| ID | κ | T_y (s) | ω_x/ω_y | Ω | e_x/r |
|----|----------|-----------|---------------------|----------|---------|
| 1 | 1.50 | 0.090 | 1.50 | 1.60 | 0.00 |
| 2 | 2.00 | 0.100 | 1.65 | 1.80 | 0.30 |
| 3 | 2.50 | 0.110 | 1.80 | 2.00 | 0.60 |

Tabla 10: Valores de los parámetros seleccionados para los casos paramétricos F2

| ID | κ | T_y (s) | ω_x/ω_y | Ω | e_x/r |
|----|----------|-----------|---------------------|----------|---------|
| 1 | 0.50 | 0.090 | 1.50 | 1.60 | 0.00 |
| 2 | 1.00 | 0.100 | 1.65 | 1.80 | 0.30 |
| 3 | 1.50 | 0.110 | 1.80 | 2.00 | 0.60 |

De las Tablas 5 y 6 se seleccionaron los valores paramétricos comunes a ambos tipos de viviendas. Esto se hizo con la finalidad de poder comparar las respuestas correspondientes a dos casos que tengan el mismo juego de valores paramétricos, pero que representen las características propias de los tipos de vivienda F1 y F2, respectivamente.

La combinatoria de los tres valores correspondientes a cada uno de los cinco parámetros en cuestión da como resultado un total de 243 posibles casos paramétricos por tipo de vivienda. La nomenclatura de cada caso está en función de las primeras columnas de las Tablas 9 y 10, denominadas ID. Por ejemplo, el caso F1-13231 corresponde al modelo paramétrico estructural tipo F1, cuyos parámetros de definición son $\kappa = 1.50$; $T_y = 0.11$ seg; $\omega_x/\omega_y = 1.65$; $\Omega = 2.00$; $e_x/r = 0.00$.

Modelo Estructural Paramétrico

Formulación del Modelo Estructural Dinámico de Masas Concentradas

Para obtener la respuesta sísmica de los casos paramétricos se requiere definir un modelo estructural que sea capaz de representar las características cuantitativas propias de la combinación paramétrica correspondiente a cada uno de ellos.

La Fig. 3 muestra los gdl globales y locales del modelo estructural de masas concentradas de una edificación de albañilería confinada de dos pisos. Los gdl locales están asociados a un muro representativo, denominado “i”, cuya posición con respecto al CM está dada por la coordenada d_i .

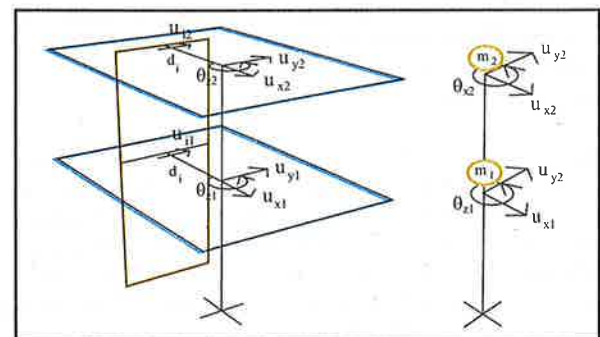


Fig. 3: Gdl globales y locales del modelo estructural de masas concentradas de una edificación de albañilería confinada de dos pisos.

Considerando que la rigidez de los muros en la dirección perpendicular a su plano es nula, la matriz de rigidez asociada al modelo estructural de la Fig. 3 está definida por la Eq. (5) (Chopra, 1995).

$$K_{6 \times 6} = \begin{bmatrix} K_{XX_{2 \times 2}} & 0_{2 \times 2} & K_{X\theta_{2 \times 2}} \\ 0_{2 \times 2} & K_{YY_{2 \times 2}} & K_{Y\theta_{2 \times 2}} \\ K_{\theta X_{2 \times 2}} & K_{\theta Y_{2 \times 2}} & K_{\theta\theta_{2 \times 2}} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Los casos paramétricos considerados en el presente estudio (Cáp. 4) tienen una excentricidad estática nula en la dirección Y ($e_y = 0$). Para este tipo de estructuras se cumple lo expresado en la Eq. (6)

$$K_{X\theta_{2 \times 2}} = K_{\theta X_{2 \times 2}} = 0_{2 \times 2} \quad (6)$$

Por lo tanto, la ecuación diferencial del movimiento del modelo estructural paramétrico queda expresada por la Eq. (7).

$$\begin{bmatrix} M_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & M_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} & r^2 M_{2 \times 2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{2 \times 1} \\ U_{2 \times 1} \\ \theta_{2 \times 1} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{XX_{2 \times 2}} & 0_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & K_{YY_{2 \times 2}} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} & K_{\theta\theta_{2 \times 2}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{2 \times 1} \\ U_{2 \times 1} \\ \theta_{2 \times 1} \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} M_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & M_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} & r^2 M_{2 \times 2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{gX_{2 \times 1}} \\ U_{gY_{2 \times 1}} \\ \theta_{gZ_{2 \times 1}} \end{Bmatrix} \quad (7)$$

Donde:

$U_{X_{2 \times 1}}$ = Vector desplazamiento de los gdl de traslación en la dirección X (m)

$U_{Y_{2 \times 1}}$ = Vector desplazamiento de los gdl de traslación en la dirección Y (m)

$\theta_{Z_{2 \times 1}}$ = Vector desplazamiento de los gdl de rotación en la dirección Z (rad)

U_{gX} = Desplazamiento traslacional del suelo en la dirección X (m)

U_{gY} = Desplazamiento traslacional del suelo en la dirección Y (m)

$1_{2 \times 1}$ = Vector unitario

$0_{2 \times 1}$ = Vector nulo

La Eq. (7) se puede desacoplar en dos ecuaciones independientes, tal como se muestra en las Eqs. (8) y (9). La primera corresponde al movimiento desacoplado en la dirección X, mientras que la segunda corresponde al movimiento torsionalmente acoplado en la dirección Y.

$$M_{2 \times 2} \ddot{U}_{X_{2 \times 1}} + K_{XX_{2 \times 2}} U_{X_{2 \times 1}} = -M_{2 \times 2} \ddot{U}_{gX} 1_{2 \times 1} \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} M_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & r^2 M_{2 \times 2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{Y_{2 \times 1}} \\ \theta_{Z_{2 \times 1}} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{YY_{2 \times 2}} & K_{Y\theta_{2 \times 2}} \\ K_{\theta Y_{2 \times 2}} & K_{\theta\theta_{2 \times 2}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{Y_{2 \times 1}} \\ \theta_{Z_{2 \times 1}} \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} M_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & r^2 M_{2 \times 2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{gY} 1_{2 \times 1} \\ \theta_{gZ} 1_{2 \times 1} \end{Bmatrix} \quad (9)$$

Una Clase Especial de Edificaciones

Como se mencionó al inicio del presente ítem, el modelo estructural paramétrico debe ser capaz de representar las características cuantitativas de los casos paramétricos definidos en el ítem anterior. En este sentido, en el modelo estructural paramétrico la excentricidad estática en la dirección X debe ser la misma, tanto para el primer piso como para el segundo ($e_x = e_{x1} = e_{x2}$). Para lograr esto, los centros de rigidez del primer piso y del segundo piso tendrían que estar contenidos en una línea vertical, lo cual, de acuerdo a lo explicado previamente, generalmente no sucede.

Hejal y Chopra (1987) demostraron que en una clase especial de edificaciones los centros de rigidez se ubican en la misma posición relativa con respecto a sus centros de masa, y por lo tanto, tienen la misma excentricidad estática en todos los pisos. Esta clase especial de edificaciones las matrices de rigidez lateral de todos los muros son proporcionales a la matriz de rigidez lateral de un muro patrón, según se muestra en las Eqs. (10) y (11).

$$K_{X_{i2 \times 2}} = c_{x_i} K^*_{2 \times 2} \quad (10)$$

$$K_{Y_{i2 \times 2}} = c_{y_i} K^*_{2 \times 2} \quad (11)$$

Donde:

$K_{X_{i2 \times 2}}$ = Matriz de rigidez lateral del i-ésimo muro orientado en la dirección X (Tn-m-1)

$K_{Y_{i2 \times 2}}$ = Matriz de rigidez lateral del i-ésimo muro orientado en la dirección Y (Tn-m-1)

$K^*_{2 \times 2}$ = Matriz de rigidez lateral del muro patrón (Tn-m-1)

c_{x_i} = Constante de proporcionalidad correspondiente a la rigidez lateral del i-ésimo muro orientado en la dirección X

c_{y_i} = Constante de proporcionalidad correspondiente a la rigidez lateral del i-ésimo muro orientado en la dirección Y

En base a lo anterior, se definen las siguientes constantes de proporcionalidad.

$$c_{XX} = \sum_i c_{x_i} \quad (12)$$

$$c_{YY} = \sum_i c_{y_i} \quad (13)$$

$$c_{Y\theta} = \sum_i d_{y_i} c_{y_i} \quad (14)$$

$$c_{\theta\theta} = \sum_i (d_{x_i}^2) c_{x_i} + \sum_i (d_{y_i}^2) c_{y_i} \quad (15)$$

Donde:

C_{XX} = Constante de proporcionalidad de la rigidez traslacional de la estructura en la dirección X

C_{YY} = Constante de proporcionalidad de la rigidez traslacional de la estructura en la dirección Y

$C_{Y\theta}$ = Constante de proporcionalidad de la rigidez traslacional torsionalmente acoplada de la estructura en la dirección Y

$C_{\theta\theta}$ = Constante de proporcionalidad de la rigidez rotacional de la estructura en la dirección Z

Formulación Paramétrica de las Constantes de Proporcionalidad de la Rigidez de la Estructura

Para transformar el modelo estructural definido líneas arriba en un modelo paramétrico, se deben expresar las constantes de proporcionalidad de la rigidez de la estructura en función de los parámetros establecidos previamente.

Asimismo, para relacionar las constantes de proporcionalidad de la rigidez de la estructura con los parámetros en estudio, es necesario resolver el problema de valores propios del sistema de ecuaciones desacopladas del movimiento, para los tres gdl por piso considerados en el presente estudio.

Como se mencionó en el ítem anterior la ecuación diferencial del movimiento del modelo estructural paramétrico se puede dividir en dos expresiones independientes. La primera corresponde al movimiento desacoplado en la dirección X, mientras que la segunda corresponde al movimiento torsionalmente acoplado en la dirección Y.

Si se hace un traslado de los gdl de la estructura al CR, es posible desacoplar la Eq. (9) en los dos sistemas independientes que se muestran en las Eqs. (16) y (17).

$$M_{2 \times 2} \ddot{U}_{Y_{2 \times 1}} + K_{YY_{2 \times 2}} U_{Y_{2 \times 1}} = -M_{2 \times 2} \ddot{U}_{gY} 1_{2 \times 1} \quad (16)$$

$$r^2 M_{2 \times 2} \ddot{\theta}_{Z_{2 \times 1}} + K_{\theta\theta_{2 \times 2}} \theta_{Z_{2 \times 1}} = 0_{2 \times 1} \quad (17)$$

Resolviendo el problema de valores propios correspondiente a las ecuaciones del movimiento desacopladas, se obtienen las siguientes expresiones para las constantes de proporcionalidad de la estructura.

$$C_{xx} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{2\pi}{T_y} \right)^2 (\omega_x / \omega_y)^2 \quad (18)$$

$$C_{yy} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{2\pi}{T_y} \right)^2 \quad (19)$$

$$C_{\theta\theta} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{2\pi}{T_y} \right)^2 r^2 [\Omega^2 + (\epsilon_x/r)^2] \quad (20)$$

$$C_{y\theta} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{2\pi}{T_y} \right)^2 r (\epsilon_x/r) \quad (21)$$

Configuración Estructural Simplificada

Una vez definidos hallados los valores de C_{xx} , C_{yy} , $C_{\theta\theta}$ y $C_{y\theta}$ para cada caso paramétrico, es necesario definir una configuración estructural simplificada que represente físicamente, y de manera rápida, las propiedades establecidas por estas constantes. Las características geométricas de estas configuraciones estructurales para los casos F1 y F2, se muestran en las Fig. 4 y 5, respectivamente.

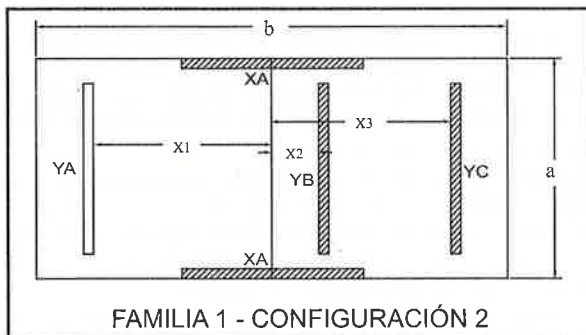


Fig. 4: Configuración estructural simplificada para los casos paramétricos F1

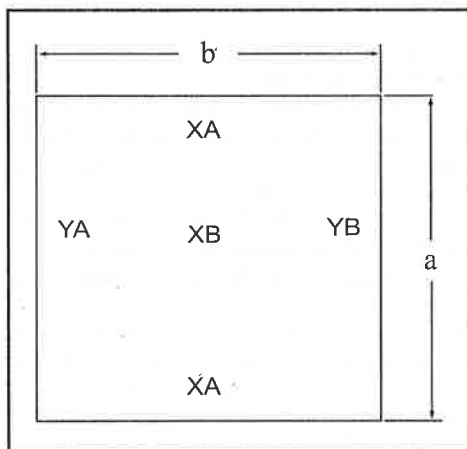


Fig. 5: Configuración estructural simplificada para los casos paramétricos F2

Cada caso paramétrico es representado físicamente por la misma configuración estructural simplificada. La diferencia radica en las propiedades geométricas de cada muro que compone esta configuración estructural.

Resultados del Análisis Sísmico Modal-Espectral

Las configuraciones estructurales simplificadas asociadas a los casos paramétricos fueron sometidas a un análisis sísmico modal espectral, según los procedimientos señalados en SENCICO (2003). Los resultados obtenidos más importantes se muestran gráficamente a continuación.

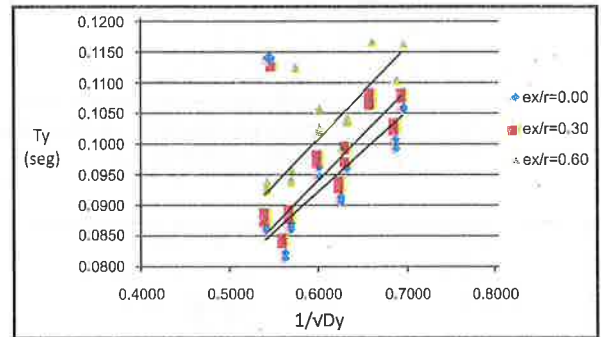


Fig. 6: Relación entre T_y y $1/\sqrt{D_y}$ para los casos F1

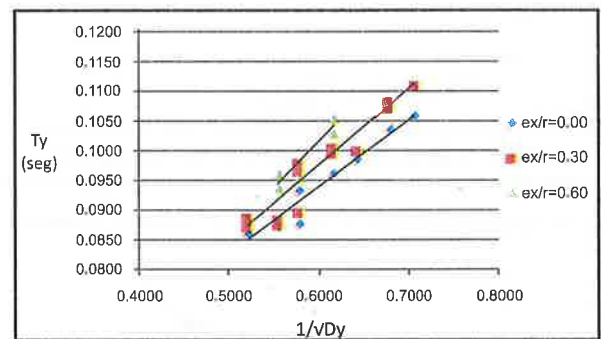


Fig. 7: Relación entre T_y y $1/\sqrt{D_y}$ para los casos F2

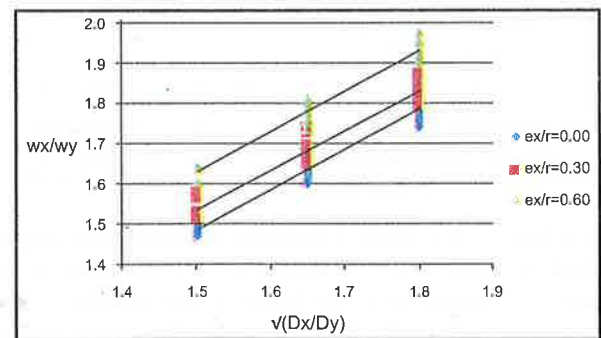


Fig. 8: Relación entre ω_x/ω_y y $1/\sqrt{(D_x/D_y)}$ para los casos F1 y F2

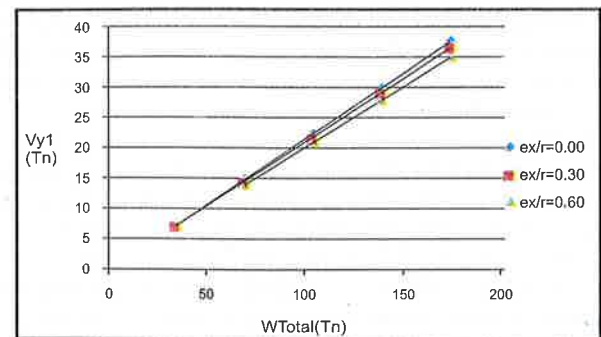


Fig. 9: Relación entre el cortante basal (V_{y1}) y el Peso sísmico de la edificación (W_{Total}) para los casos F1 y F2

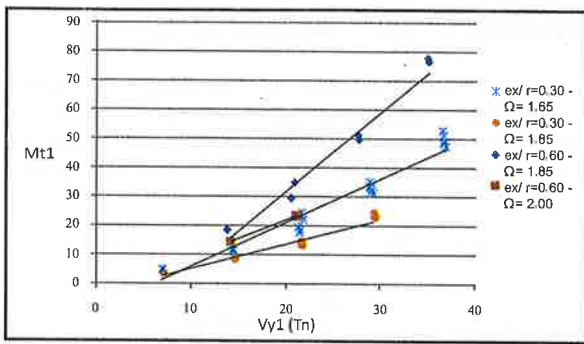


Fig. 10: Relación entre el momento torsional (M_t) y el cortante (V_{y1}) en la base para los casos F1 y F2

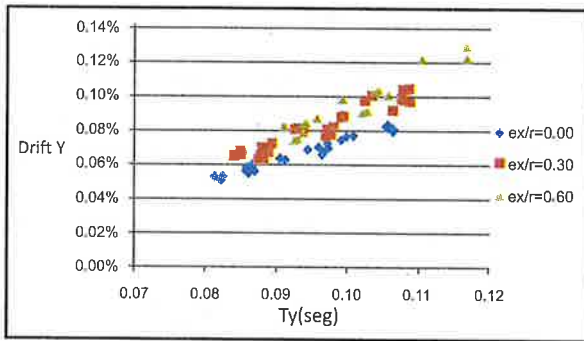


Fig. 11: Relación entre Drift Y y T_y para los casos F1

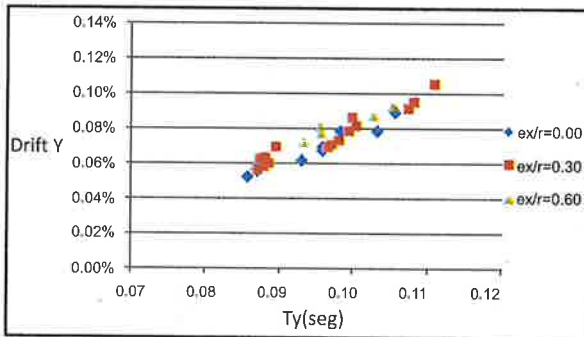


Fig. 12: Relación entre Drift Y y T_y para los casos F2

Las Figs. 6 y 7 muestran la relación entre el periodo de vibración acoplado en la dirección Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la misma dirección, para los casos F1 y F2, respectivamente. Se puede apreciar que en ambos casos la tendencia lineal entre estas variables es muy similar. Además, para un mismo valor de densidad de muros, mientras la excentricidad relativa es mayor, el periodo de vibración también es mayor. Por otro lado, la Fig. 8 muestra la relación lineal que hay entre la razón de frecuencias de vibración y la raíz cuadrada de las densidades de muro en ambas direcciones. De igual manera, conforme la excentricidad relativa crece, la proporción entre estas variables también aumenta.

La Fig. 9 muestra la relación que hay entre el cortante basal y el peso sísmico total de la edificación. Tanto para los casos F1, como para los F2, se obtiene el mismo resultado, en el que la excentricidad relativa tiene una influencia mínima. La Fig. 10 muestra la relación lineal que existe entre el momento torsional y el cortante en la base, para un mismo valor de excentricidad relativa y acoplamiento torsional. Se puede concluir que la relación entre estas respuestas es mayor conforme la excentricidad relativa aumenta. Sin embargo, en el caso del acoplamiento torsional sucede exactamente lo opuesto;

cuando el valor de este parámetro aumenta, la relación entre el momento torsional y el cortante en la base disminuye.

Finalmente, las Figs. 11 y 12 muestran la relación entre el Drift y el periodo de vibración acoplado en la dirección Y, para los casos F1 y F2, respectivamente. En ambos casos la relación con tendencia lineal es muy similar. Sin embargo, en los casos F1 la influencia de la excentricidad relativa es más notoria que en los casos F2. Esto se debe a que en los casos F1 las razones de aspecto de la planta son mayores que en los casos F2. Esto hace que la excentricidad produzca distorsiones mayores que en edificaciones con geometrías de planta más uniformes.

Conclusiones

1. La densidad de muros en una dirección es un parámetro geométrico de fácil medición que está relacionado con la rigidez, y consecuentemente, con el periodo de vibración de las edificaciones de albañilería confinada.
2. El momento de inercia de una edificación, cuyo modelo dinámico se basa en el criterio de las masas concentradas, se puede relacionar con el momento de inercia de una masa uniformemente distribuida en una superficie rectangular, mediante un factor de conversión que está en función de la razón de aspecto de la planta.
3. En las edificaciones de albañilería confinada la ubicación del CM generalmente coincide con el CG de la planta rectangular.
4. Debido a la gran rigidez de las estructuras de albañilería confinada, la aceleración espectral utilizada en el análisis de todos los casos paramétricos corresponde al máximo valor (platea del espectro). Por este motivo, es posible establecer un único coeficiente que sea capaz de relacionar el peso sísmico de la estructura con el cortante basal para todos los casos.
5. Las edificaciones de albañilería confinada con un mayor grado de acoplamiento torsional presentan un mejor comportamiento sísmico, debido a que, al tener una mayor rigidez torsional relativa, en comparación con la rigidez traslacional, los momentos de torsión en planta de la estructura disminuyen.
6. Una mayor excentricidad relativa implica generalmente implica un aumento en la magnitud de las respuestas sísmicas, tales como el periodo, el momento de torsión en planta y el drift.

Referencias Bibliográficas

1. Chopra, A.K. (1995). *Dynamics of Structures*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
2. Hejal, R., Chopra, A.K. (1987). *Earthquake response of torsionally-coupled buildings*. Report No. UCB/EERC-87/20, Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley, California, USA.
3. Kan, C.L., Chopra, A.K. (1976). *Coupled lateral torsional response of buildings to ground shaking*. Report No. EERC 76-13, Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley, California, USA.
4. SENCICO (2003). *Diseño Sismo Resistente*. Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma Técnica E.030. Perú.
5. Sirumbal, L.F., Fernández-Dávila, V.I. (2009). *Análisis Paramétrico de Viviendas de Albañilería Confinada de Un Piso*. Ponencias del XVII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Lima, Perú, Noviembre.
6. Sirumbal, L.F., (en desarrollo). *Estudio Paramétrico del Comportamiento Sísmico de Viviendas de Albañilería Confinada de Baja Altura*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
7. Valdiviezo, C. (2003). *Estudio de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de ladrillo de arcilla en la ciudad de Ica*. Informe Final, SENCICO, Perú.



Ausen 
Vector

**CONVENIO
UNI – AUSENCO VECTOR
1er Grupo
de Investigadores**

Después de un riguroso proceso de selección, ya se ha formado un 1er Grupo de Investigadores del Convenio **UNI – AUSENCO VECTOR**, donde cada uno de ellos ha sido designado a proyectos específicos, para el desarrollo de la investigación para el cual ha sido encaminado.

Queda el compromiso de los investigadores a mostrar las potencialidades y el alto nivel académico adquirido en nuestra casa de estudios; todo esto plasmado en los resultados de las investigaciones respectivas y que a posterior será la tesis de pregrado como resultado final.

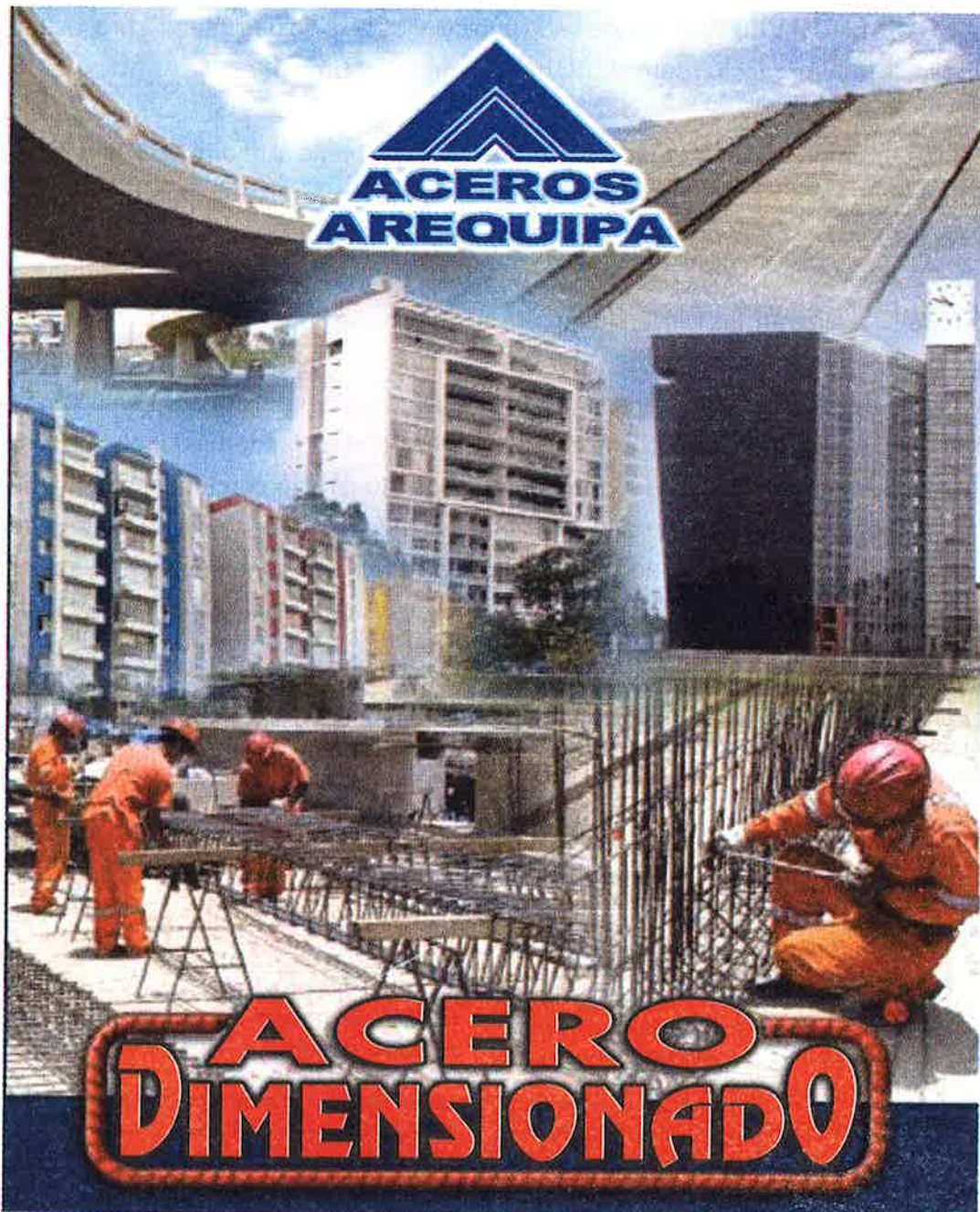
La educación que se realiza en las Universidades en su mayoría se basa en fundamentos teóricos, que solo en algunas ocasiones es posible vincular con la realidad. La teoría es una parte importante en el conocimiento, pero es necesario relacionarlo con la práctica, lo que permitirá que el alumno aplique lo que ha aprendido. Incrementar la relación **empresa – universidad** es fundamental en la educación, lo que beneficiará no solo a los estudiantes que tendrán un contacto directo con las empresas, detectando su problemática, fortalezas y debilidades, sino a las propias Universidades, ya que estas deben basar sus programas de estudio en función a las necesidades que las empresas tienen, por lo que se deben preparar profesionales actualizados y capacitados para enfrentar el medio laboral.

AUSPICIADORES



INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA

www.construccion.org



DISEPRO

INGENIEROS ESTRUCTURALES

SAFE™
version 12

ETABS®
Integrated Building Design Software
version 9

SAP 2000
INTEGRATED SOLUTION FOR
STRUCTURAL ANALYSIS & DESIGN

XIV DIPLOMADO INTERNACIONAL
DE INGENIERIA ESTRUCTURAL
CARACAS Y VALENCIA
22 AL 31 DE MARZO, 2011

DISEPRO EIRL

www.disepro.com

Telf. 2267878 Claro: 9970-22595

Nextel: 2*4560

Av. San Luis #1986 of. 305 San Borja

mail: gerencia@disepro.com

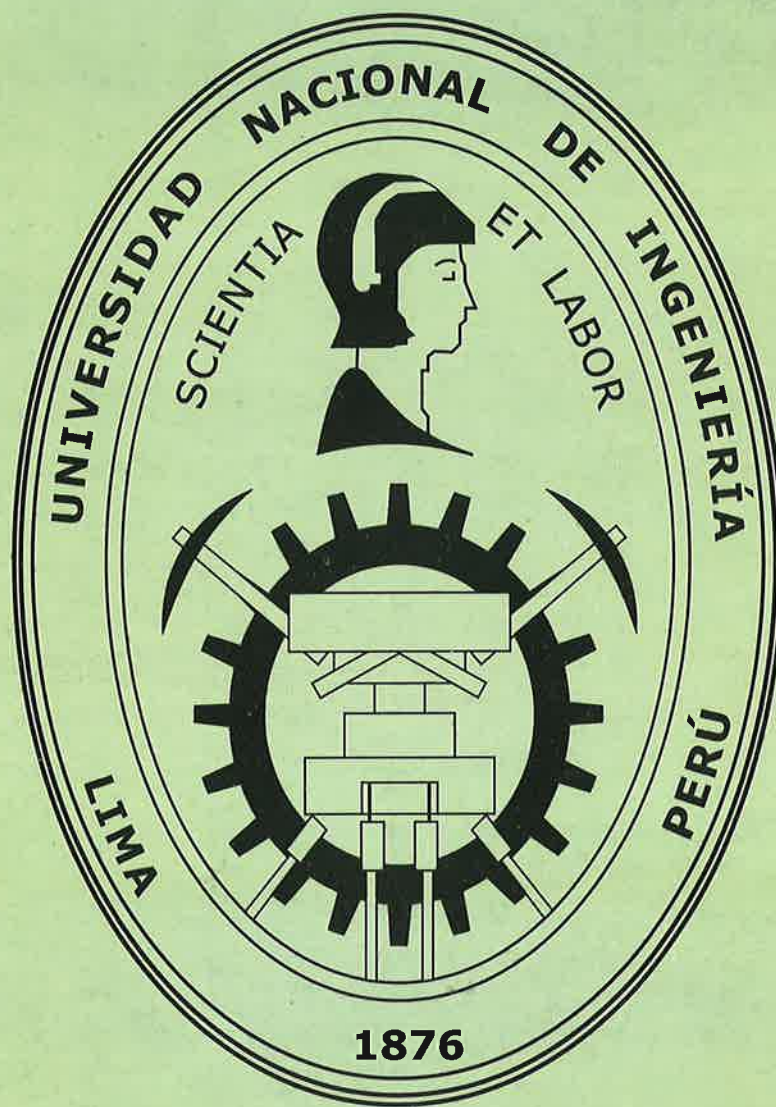
Representante Autorizado de CSi-Perú
Venta de Licencias de Softwares de Csi
Training SAP2000, Etabs, Safe & CSi-Bridge v15

VENEZUELA

Este diplomado abarca conceptos de diseño de estructuras, tales como diseño de muros de corte, análisis pushover, análisis no lineal, secuencia de construcción y diseño de losas y fundaciones.

CARACAS (GRUPO 1)
8 DIAS CONTINUOS: MARTES 22
AL MARTES 29 DE MARZO, 2011

VALENCIA (GRUPO 2)
8 DIAS CONTINUOS: JUEVES 24
AL JUEVES 31 DE MARZO, 2011



Av. Túpac Amaru 210 Rímac, Lima Perú, Universidad Nacional de Ingeniería
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax (511) 482 - 7944
Central Telefónica: 481 - 1070 Anexo : 424