



Universidad Nacional
Federico Villarreal

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“VIVIENDA ECONÓMICA EN ADOBE DE 02 PISOS”

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el
bachiller:

ERICK JAVIER SALINAS VALDÉZ

LIMA-PERÚ

2017

HOJA DE RESPETO

DEDICATORIA

A mis padres, por nutrirme de valores y enseñarme que cualquier meta es alcanzable si uno se lo propone y es perseverante, responsable y aplicado.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, mi Alma Máter, y a todos mis docentes, ingenieros altamente capacitados, que me instruyeron en este mundo maravilloso que comprende la profesión de Ingeniero Civil.

RESUMEN

Mediante la presente tesis trataré de estudiar el Comportamiento de las construcciones de adobe, sismos resistentes, las que han sido reforzadas con madera de eucalipto, para observar las características de resistencia, ductilidad, que adquiere la mampostería al ser reforzada con esta madera, la que ha sido escogida por los constructores por ser de abundancia en nuestro país, asimismo tiene características físico mecánicas que le dan gran utilidad.

Para desarrollar la presente tesis, la parte teórica consistirá en la recopilación, descripción de las normas, reglamentos, especificaciones técnicas existentes, y de los resultados de algunos de los experimentos que se han desarrollado en el país y que constituyen la base para los diseños de las edificaciones del Perú, y como parte aplicativa presentaré el diseño de una vivienda económica de adobe reforzada con madera rolliza de eucalipto.

Palabras clave: Vivienda de adobe

ABSTRACT

Through this thesis I will try to study the Behavior of resistant adobe buildings, which have been reinforced with eucalyptus wood, to observe the characteristics of resistance, ductility, acquired by the masonry to be reinforced with this wood, which Has been chosen by the constructors for being of abundance in our country, also has mechanical physical characteristics that give great utility.

In order to develop this thesis, the theoretical part will be the compilation, description of the rules, regulations, existing technical specifications, and of the results of some of the experiments that have been developed in the country and which form the basis for the designs of The buildings of Peru, and as an application will present the design of an adobe economic home reinforced with round eucalyptus wood.

Keywords: Adobe housing

INTRODUCCIÓN

La vivienda de adobe en el Perú constituye más del 50% de la vivienda rural del país, tiene gran acogida por su economía, durabilidad y además por ser un material fácil de adquirir, su facilidad para construir.

El hombre rural viene construyendo desde épocas remotas con adobe siguiendo las técnicas constructivas que sus antepasados le han heredado, el problema está en que estas viviendas son vulnerables ante la presencia de un movimiento sísmico y nuestro país tiene esta naturaleza, pero: ¿por qué tenemos que dejar en el olvido estas técnicas? Pienso que lo que debemos hacer es mejorar con nuevos procedimientos y materiales, logrando una simbiosis estructural para que la edificación adquiera características sismo-resistentes.

La presente tesis tiene como objetivos: establecer el estado actual de la tecnología en construcciones empleando como material el suelo; conocer las especificaciones técnicas que se dan para construcción reforzada de adobe, y recalcar la importancia que se le debe dar a este tipo de construcciones como alternativa para ofrecer viviendas económicas a los pobladores rurales de nuestro país.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7

CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN ADOBE.

1.1	Características de la población	10
1.2	Ubicación y acceso	12
1.3	Parámetros sismo resistentes, evaluación de la capacidad Sísmica	16

CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES EN ADOBE

2.1	Introducción	22
2.2	Materiales	23
2.3	Estudios realizados sobre el comportamiento sísmico de albañilería en adobe	32

CAPÍTULO III: CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA CONSTRUCCIONES REPRESENTATIVAS DE VIVIENDAS EN ADOBE

3.1	Introducción	54
3.2	Consideraciones de diseño	55

**CAPÍTULO IV: DISEÑO SIMPLIFICADO PARA UNA VIVIENDA EN ADOBE CON
MADERA ROLLIZA DE EUCALIPTO.**

4.1	Generalidades	67
4.2	Fuerza sísmica horizontal	68
4.3	Fuerza cortante en muros	68
4.4	Esfuerzos	74
4.5	Fuerzas de viento y otras fuerzas horizontales.	75
4.6	Normatividad nacional	80

CONCLUSIONES	119
---------------------	-----

RECOMENDACIONES	122
------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	130
---------------------	-----

ANEXO	131
--------------	-----

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN ADOBE.

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN.

Los centros poblados tienen características de vida diferente, la diversidad está influenciada con relación a la región en que se ubican, han sido constituidos en su mayoría por la evolución de las formas de vida rural en los procesos de Habilitación urbana. Generalmente en las áreas rurales se tiene gran disponibilidad de tierras aptas para la fabricación de adobes y la tradición de este sistema constructivo, permite que un alto porcentaje de edificaciones sean de este tipo. Hay que recalcar dos tipos de viviendas que el hombre de campo construye, una es la que está ubicada cerca al área de trabajo y la otra la constituyen el conjunto de edificaciones de las poblaciones rurales.

Los Centros poblados más desarrollados se encuentran nucleados alrededor de la plaza principal y pertenecen a los elementos representativos del pueblo o a los comerciantes prósperos cuyo contacto con otras relaciones se refleja en la calidad de su habitación. Relacionando la situación de la vivienda con la forma de vida del poblador rural, Observamos el bajo nivel económico-social que existe en zonas quienes no cuentan con servicios elementales como, agua, desagüe, luz; que constituyen verdaderos lujos que sólo poseen en su totalidad muy pocas de estas poblaciones.

La innovación tecnológica en técnicas de construcción a base de ladrillo y concreto armado, ha determinado que el uso del adobe como material predominante en viviendas se vaya utilizando en sectores de menores recursos económicos en las ciudades y en las áreas rurales.

El avance de nuevas técnicas de construcción a base de ladrillo y concreto armado y su basta difusión ha determinado que el empleo del adobe como material predominante en edificaciones se vaya limitando a los sectores de menor poder adquisitivo en las ciudades y en las áreas rurales.

EL alto costo del terreno urbano, además de la gran dificultad de obtener la materia prima para elaborar el adobe determina la tendencia al mayor empleo del ladrillo cocido, ya que los primeros dan muros muy anchos.

La gran disponibilidad de tierras aptas para la fabricación de adobes en las zonas rurales y la tradición de este sistema constructivo, permite que un alto porcentaje de edificaciones sean de este tipo.

El sistema constructivo en adobe es el básico en las áreas rurales en las cuales podemos distinguir dos tipos de edificaciones:

- La aislada en el campo que corresponde a la vivienda del campesino ubicada dentro de su parcela de trabajo.
- El conjunto de edificaciones que constituyen las poblaciones rurales

El agua, desagüe y la electricidad que son servicios básicos constituyen verdaderos lujos que solo poseen en su totalidad muy pocas de estas poblaciones.

Existe congestión en las viviendas tanto por falta de espacio, como por la función mal organizada en las habitaciones. Cuando estos pueblos están en las quebradas de la sierra es más notable su carácter rural.

Algunas de mejor calidad contrastan con zonas de mala habitación, la que van desde la casona subdividida y la de vecindad, hasta las viviendas improvisadas, con las características de barriada marginal.

Las más evolucionadas se encuentran alrededor de la plaza principal y pertenecen a los elementos representativos del pueblo o a los comerciantes prósperos cuyo contacto con otros medios en la calidad de su habitación.

1.2 EVALUACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES EN ADOBE

Como ya hemos mencionado las construcciones de adobe se hallan tanto en la ciudad como en las zonas rurales.

El hombre rural construye su vivienda de adobe siguiendo las técnicas ancestrales de sus antepasados, la aceptabilidad que tiene se debe a su gran economía y facilidad constructiva.

La ausencia de ventanas debido gran parte al alto costo del vidrio, las puertas angostas y bajas, el mismo hecho de dormir en una misma habitación y aun con animales, son necesidades que el campesino de la sierra concibe a través de generación como indispensable en la casa.

Las construcciones de adobe se realizarán con recursos propios de la zona, aledaños a la obra el material elaborado es de tierra y paja, es claro que este tipo de sistema disminuye el tiempo de mano de obra y el costo del muro.

Las unidades están conformadas a base de tierra y paja en donde la técnica no ha tenido una evolución, los operarios por lo referente tienen cuidado con el modo de empleo de la tierra que debe ser de buena calidad para que esta evite agrietamientos, así como el uso de moldes rígidos de madera que permitan una compactación aceptable.

Las hiladas se realizan uniformemente a todo lo largo, a fin de evitar asentamientos durante un día se llega a alturas de 1:30 mt para que el mortero de las juntas pueda secar, evitando que las paredes se desplomen por el peso de los adobes que están en la parte superior. En la cimentación se pudo observar que la profundidad promedio es de 0.60 mt y en ancho de 0.40 mt en la mayoría de viviendas, los sobrecimientos sobresalen en 25 cm del terreno, lo que impediría que el agua de las lluvias dañe el muro.

En muchos casos se observa que la albañilería se aplome por un solo lado lo que se puede observar un alineamiento casi uniforme en cambio por el otro lado quedando totalmente disparejo, también se pudo detallar agrietamientos en muros exteriores de la fachada y cerco que no pasaban al interior de la casa, en los cercos se presentan estos agrietamientos debido a que no hay elemento de arriostre ya que estos superan los 8mt a 15mt de longitud.

En cuanto a revoques, en algunas viviendas se hallan superficies bien acabadas y sin rajaduras, en los muros exteriores se aprecia deterioro y la falta de adherencia del yeso ya que en su parte inferior se nota un aglobamiento del revoque con desprendimientos; en general el revoque aplicado al techo se encuentra en buen estado.

En cuanto al diafragma y segundo piso están hechos a base de vigas de eucalipto sobre los cuales se coloca una cubierta de carrizo tejido recubierto posteriormente con barro con un enlucido de yeso, el segundo piso es en realidad un falso techo ya que a continuación se tiene un techo inclinado de las mismas características, en una cobertura a base de tejas.

Esta cobertura es en general en referencia a todas las viviendas de la zona andina. El techo es a dos aguas de dirección a la elevación del frontis la mayoría de las vigas de los techos se apoyan directamente sobre los muros y no sobre una viga solera, el peso del techo no es absorbido por el muro si no en las zonas de muros en donde se apoyan las vigas.

En Cajamarca las construcciones de adobe que se hallan tanto en la ciudad como en las zonas rurales se construyen con materiales locales.

Este funcionamiento de la vivienda no obedece la falta de espacio como sucede en la ciudad o en algunas zonas rurales, sino que el frío y las costumbres explican mucho de lo que acontece.

La ausencia de ventanas, debido en parte al alto costo del vidrio, las puertas bajas y angostas, el mismo hecho de dormir en una misma habitación, y aun con animales, para calentarse mutuamente, son necesidades que el campesino de la Sierra concibe, a través de generaciones, como indispensables en la casa. Ha heredado esa solución y no conoce otra.

No es cierto, por otra parte, que quiera aferrarse intencionalmente a esos moldes.

Cuando algunos grupos combinan una serie de condiciones tales como facilidades económicas, conocimientos de otros lugares más desarrollados, educación, disponibilidad de materiales de construcción, sentido de prestigio ante los demás, etc, es frecuente encontrar viviendas evolucionadas, limpias y ordenadas.

Se llega en ocasiones a extremos, en la asimilación de soluciones netamente urbanas, cuando rompen completamente los moldes antiguos, se imitan “chalets” que resultan soluciones extrañas al medio en su aspecto.

Esto lo podemos notar en las viviendas que se encuentran en los límites de la ciudad en el que se nota el deseo de evolucionar, lo que muestra la posibilidad de llevar esto adelante con la colaboración de los interesados con programas de mejoramiento de la vivienda.

La vivienda urbana tiene todas las características de una vivienda moderna con ambientes bien definidos. Pero debido a la tendencia a mejorar su medio de vida trae como consecuencia el imitar la arquitectura de las construcciones hechas con material noble, como por ejemplo la presencia de varios vanos de grandes dimensiones y formas.

1.3 PARÁMETROS SISMO RESISTENTE, EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD SÍSMICA

Las viviendas de adobe en el Perú constituyen más del 50% del total existente pero estas construcciones ofrecen una inseguridad permanente ante los movimientos sísmicos, porque se hacen en forma rutinaria y sin criterio de la ingeniería.

Las deficiencias de estas construcciones de viviendas son muchas entre las que se pueden mencionar:

- Escasas densidad de muros para tomar las fuerzas de corte.
- Trabas inadecuadas y deficientes en los encuentros de muros que producen juntas verticales continuas.

- Apreciable altura y longitud sin refuerzos de muros.
- Traba horizontal insuficientes de los adobes.
- Deficiente confinamiento y/o arriostre de los muros.

En la década del 70; (se toma en referencia del terremoto en Huaraz-31 de mayo de 1970), se realizan proyectos de investigación al respecto para plantear soluciones a estos problemas, en la que todos llegaban a concluir de una manera de reforzar las construcciones para tomar los esfuerzos de tracción producidos en la mampostería de adobe.

El requisito mínimo de refuerzo que se recomienda es la colocación de un elemento perimetral en el extremo superior de los muros, con el fin de proporcionar continuidad entre los muros transversales, aumentar la resistencia a la flexión y permitir una mejor liga en el techo o también se recomienda colocar elementos verticales en las esquinas y en los vacíos, los cuales junto con la viga solera, forman marcos que conforman el muro de adobe.

Estos elementos pueden ir dentro del adobe o adosados a él y ligado al techo. El material de refuerzo a usar, según especifica la norma adobe E-080 pueden ser caña madera, malla de alambre, columnas y vigas de concreto armado, eucalipto rollizo, etc.

De acuerdo a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), facultad de Ingeniería Civil (FIC) se han estudiado y analizado la resistencia de los muros de corte de albañilería de adobe con o sin refuerzo de caña y los resultados obtenidos que la resistencia del muro sin reforzar fue de 0.123 kg/cm² y la más alta fue de 0.268 kg/cm² que estaba reforzada con caña en ambos bordes verticales y también horizontalmente cada 3 hiladas según la Universidad Católica del Perú (PUCP); en cuanto a la influencia en la resistencia debido a otros parámetros se han obtenido las siguientes conclusiones :

- No se encontró mayor influencia en el tamaño de los adobes, ni el aparejo de colocación, ni el espesor del muro.
- Edades de secado de 1 a 3 meses, tampoco son influyentes en este tipo de ensayo.

Por lo que podemos determinar que proviniendo los análisis de casa de estudios tan importantes de nuestro país se pueden tomar referencias para la investigación del presente proyecto que se presenta.

Según lo observado entre las causas de los daños en las construcciones con adobe en cuanto se refiere a la respuesta de la estructura frente a una sollicitación sísmica tenemos la escasa densidad de muros en cada dirección principal. Esto se refiere a que la relación que existe de dichos muros es insuficiente para evitar daños por esfuerzos de corte debido a la carga horizontal en el plano del muro.

Otro factor que agrava la situación anterior es la presencia de grandes vanos en los paños de los muros, que debilita enormemente la resistencia de los mismos, ante la carga sísmica contenida en su plano.

En varios casos también se observó la excesiva longitud libre de los paños sin un arriostre efectivo intermedio que produce concentración de esfuerzos en las esquinas, debido a la carga sísmica perpendicular al plano del muro.

El punto débil de las construcciones está ubicado en las esquinas ya que, en la formación del encuentro de dos muros perpendiculares, el molde llega de manera alterna hasta la cara exterior del muro transversal, por lo que la resistencia a la flexión y a la cortante de las esquinas queda reducido a la mitad, precisamente en los puntos donde estos esfuerzos son máximos.

Como consecuencia del terremoto de Huaraz se han hecho muchos estudios acerca del comportamiento sísmico de edificaciones de adobe. Del estudio de la distribución de daños producidos por los sismos, del procesamiento de datos y su interpretación en gabinete, se ha llegado a la conclusión de que, en nuestro país, las construcciones con tierra sufren daños moderados con una intensidad sísmica del grado VI y graves daños y/o destrucción total con grado VIII.

Debido a lo expuesto, como el ultimo sismo que ocurrió en este Departamento el 31 de mayo de 1970 (precisamente el terremoto de Huaraz), fue débil y por debajo de la capacidad sísmica de las construcciones, no tuvo mayores consecuencias ya que las fallas ocurridas en las edificaciones fueron mínimas o nulas. Este hecho ya que como los sismos han sido menos frecuentes y sin consecuencia alguna, las construcciones desde el punto de vista sísmico son muy débiles ya que los muros son contruidos sin que el barro de asentado llene íntegramente las juntas entre adobes y es frecuente además encontrar edificaciones de adobe y tapial de tres pisos y en contados casos de cuatro pisos.

Otra situación observada es el hecho de que las personas construyen sus viviendas en cualquier sitio (en las laderas de los cerros y en varios casos empotrados en los mismos) y de la misma manera. En la distribución de daños, la influencia de las características del suelo ha sido muy importantes. Las propiedades dinámicas de los suelos, tiene una importancia decisiva en la distribución de daños, ya que los suelos sísmicamente desfavorables pueden incrementar la intensidad sísmica hasta en unos 3 grados en la escala antes enunciada, con respecto a la roca donde las ondas sísmicas no sufren amplificaciones registrándose Allí la intensidad verdadera.

Las construcciones de adobe ubicado en rocas sufren daños moderados, mientras que a corta distancia construcciones de similares características edificadas sobre el suelo arcilloso arenoso podrían ser totalmente destruidas alcanzando una intensidad sísmica 1 o 2 grados mayor.

Construcciones desde el punto de vista sísmico son muy débiles ya que los muros son construidos sin que el barro de asentado llene íntegramente las juntas entre adobes y frecuente además encontrar edificaciones de adobe y tapial de tres pisos, y en contados casos de cuatro pisos.

A su escasa solidez, por lo que las hace deformables a través del tiempo.

Esto hace necesario que el factor durabilidad sea considerado en un estudio económico en los proyectos de este tipo de construcción, teniendo en cuenta el tiempo en que las características del material permanezcan por encima de los niveles de calidad aceptables.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO PARA CONSTRUCCIONES EN ADOBE

2.1. INTRODUCCIÓN

Desde el terremoto del 31 de mayo de 1970 las construcciones de adobe colapsaron causando la muerte de más de 35.000 personas la cual el tipo de material (adobe) se desprestigió enormemente para el uso de construcción de viviendas.

Para hacer una evaluación de los daños causados por este sismo se determinó que algunas construcciones tuvieron daños leves, lo que dio a entender de que el adobe podía resistir sismos que no tuvieran tanta magnitud, por el cual se concluyó realizar trabajos de investigación sobre construcciones de tierra, para que el adobe pueda ser una alternativa más de solución al grave problema de déficit de vivienda en el país.

Estudios realizados en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y Universidad Católica del Perú (PUCP) a través de su departamento de Ingeniería nos dan una amplia información detallada con respecto al adobe como unidad de albañilería por el cual se puede decir que en la actualidad se tiene tecnificado los procedimientos de selección, análisis y procedimientos del material que se elabora los bloques a la mampostería de adobe.

2.2. MATERIALES

2.2.1. Especificaciones Técnicas de materiales componentes

La aplicación de la tecnología mejorada para la construcción de viviendas de adobe en zonas de poblados de escasez de recursos, no debería representar un costo adicional ya que la mayoría de los componentes que se requiere paja, arena, mortero de barro, etc. , no influyen en el costo adicional de la tecnología, ya que los elementos son comunes tanto para las viviendas reforzadas como sin reforzar, si se puede estimar un costo adicional se puede deducir que serían de los materiales para el refuerzo como clavos, alambre, cordel plástico, la caña, la madera, etc.

El uso de tecnología mejorada no debería representar un costo adicional significativo, en la construcción de viviendas de adobe en las zonas rurales, ya que esta tecnología requiere únicamente el uso de paja y en algunos casos, arena en el mortero de barro. El techo, muros, acabados de la casa, etc. no influyen en el costo adicional de la tecnología mejorada, ya que estos elementos son comunes tanto para viviendas de adobe reforzadas como sin refuerzo. En estas investigaciones se usaron materiales de refuerzo más representativos, utilizados en los medios rurales tanto de la Sierra como de la Costa. Estos materiales son el Eucalipto para la viga de coronación, la Caña, el Alambre, la Madera, Clavos y cordel plástico (tipo “rafia”) para amarrar las cañas en las esquinas.

2.2.2. Adobe

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la NTE E-080 ADOBE, se define al como un bloque macizo de tierra sin conocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos; de las investigaciones realizadas por las diferentes Universidades de nuestro país se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- La graduación del suelo debe estar cerca a los siguientes porcentajes:

Arcilla 10 – 20%, Limo 15 – 25% y Arena 55 – 70%; no debiendo utilizarse suelos orgánicos. Estos pueden variar si se utilizan materiales que aumenten la resistencia del adobe.

- El adobe debe ser macizo y solo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su área de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.
- El adobe deberá estar libre de materiales extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan perjudicar su resistencia y durabilidad.
- La adición de paja es más eficiente para mejorar la resistencia de la mampostería que la adición de arena. La acción de las fibras produce una especie de cocido de la interfase mortero – adobe, mejorando la resistencia.

- La resistencia sísmica de la albañilería de adobe depende de la microfisuración del mortero debido a la contracción de secado. Para lograr una albañilería resistente es indispensable no solo contar con un material de resistencia adecuada, sino que además garantizar la integridad del conjunto bloque – mortero. Cualquier método de curado exterior será ineficiente. En cambio, cualquier método que reduzca la velocidad de transferencia interna de agua entre mortero y bloque será provechoso.
- Las características de los materiales que tienen influencia en la resistencia de la mampostería son aquellas relacionadas con el proceso de contracción de secado del barro y con la resistencia seca del material.
- No se encontró ninguna relación entre la composición química de los suelos o en el agua y la resistencia de la albañilería de adobe
- La granulometría del suelo es uno de los terrenos factores más importantes con respecto a la resistencia de la albañilería de adobe.
- Suelos con importantes contenidos de arcilla poseen mayor resistencia seca, pero la albañilería construida con dichos suelos tiene baja resistencia, puesta que la contracción de secado del mortero y por lo tanto la fisuración, son causadas por la presencia de arcilla en el mortero.

La presencia de arcilla en el suelo es sin embargo fundamental para la construcción del adobe, puesto que este material regula la resistencia seca, la adhesión, plasticidad y demanda de humedad de barro.

- Cantidades excesivas de arena ocasionan mamposterías débiles, debido a la disminución porcentual de arcilla, componente que proporciona la resistencia seca del material.
- La adición de paja es más eficiente para mejorar la resistencia de la mampostería que la adición de arena gruesa. La acción de las fibras produce una especie de cosido de la interfase mortero-adobe, mejorando la integración y por lo tanto la resistencia de la mampostería.
- La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no la mampostería. Este valor en el adobe sin estabilizar varía de 10 kg/cm² a 20 kg/cm².

2.2.3. Mortero

Puede ser de barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, etc.

De acuerdo a las NTE E-080 del RNE existen dos grupos, los cuales son:

- **Tipo I:** Está compuesto generalmente por tierra, con algún aglomerante como cemento, cal, asfalto, etc.
- **Tipo II:** En base a tierra y paja.

Estos tipos de mortero para su utilización dependen mucho de la zona crítica.

De los estudios realizados sobre el comportamiento del mortero podemos decir:

- Una ventaja de utilizar morteros tipo I es la posibilidad de confiar los muros con materiales dúctiles, de manera de incrementar la ductibilidad general de la construcción. Cuando se usa mortero tipo II no se consigue que los elementos confinantes trabajen monolíticamente con los muros.
- Se debe tener cuidado con la cantidad de agua a utilizarse que permite una adecuada trabajabilidad.
- Al utilizar morteros de cemento-agua se puede deducir de tener mayor resistencia que con morteros que tienen menor relación cemento-arena; con morteros de cemento-arena se puede incrementar hasta 3 veces la resistencia al corte de los muros de adobe con relación al empleo de mortero de barro.

- La cantidad de agua empleada debe ser la mínima posible, que proporcione una trabajabilidad aceptable.
- Los morteros que contienen cal requiere menor cantidad de agua para una misma trabajabilidad.
- Con respecto a los morteros de cemento-agua hay mayor resistencia con morteros que tienen menor relación cemento-arena. El aumento de arena en el mortero, disminuye la resistencia de éste.
- Con morteros de cemento-arena se puede incrementar hasta en un 30% la resistencia al corte de los muros de adobe con relación al empleo de mortero de barro.
- Con respecto a los morteros de cemento-yeso-arena o cemento-cal-arena, los resultados de los ensayos de los morteros que incluyen cal resultan muy semejantes respecto a que los que alternativamente incluyen cal resultan muy semejantes respecto a los que alternativamente incluyen yeso. En términos genéricos pueden decirse que este tipo de morteros producen resistencia 2.5 mayores que la de los muros con mortero de barro.

2.2.4. Madera de eucalipto

La madera interviene en columnas, vigas, en armazones de quincha entre otros.

La madera de eucalipto presenta resistencias a la compresión paralela y flexión similares a la madera aserrada y seleccionada.

En, gran parte de la zona Sierra del Perú se encuentra la madera de eucalipto por la que el beneficio para el poblador rural le favorece el utilizarse en la construcción de sus viviendas y como este material es de abundante de dicha zona; de acuerdo a los ensayos realizados por diferentes casas de estudios podemos determinar las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucalipto la que se puede observar en la parte última de la presente tesis.

Las investigaciones de módulos de vivienda permitieron verificar que el refuerzo de caña horizontal y vertical, combinado con una sólida viga de coronación, impide la separación de los muros en las esquinas, manteniendo la integridad de la estructura luego del agrietamiento de los muros resistentes. Por lo tanto, los dinteles de puertas y ventanas serán de madera y en lo posible formarán una cadena a ese nivel.

Los resultados de ensayo de compresión perpendicular a las fibras realizados en madera tornillo.

2.2.5. Caña

La caña ha demostrado ser de mucha importancia en la resistencia a los sismos de los muros de adobe, este material es considerado como refuerzo, serán tiras colocadas horizontalmente cada cierto número de hiladas (máximo cada 4 hiladas) y estarán unidas entre sí mediante amarres adecuados en los encuentros y esquinas.

El refuerzo vertical deberá estar anclado a la cimentación y fijado a la solera superior. Se usará caña de madera seca o elementos rectos de eucalipto u otros similares. Este material de refuerzo ha demostrado ser de vital importancia en la resistencia a los sismos de los muros de adobe.

Las observaciones más importantes de la respuesta dinámica de módulos ensayados a simulación sísmica fueron:

- Los módulos sin refuerzo no pudieron ser sometidos a la secuencia completa de ensayos pues colapsaron.

Su comportamiento fue similar al observado en las viviendas tradicionales de adobe durante terremotos reales. Los módulos sin esfuerzo no pudieron ser sometidos a la secuencia completa de ensayos pues colapsaron.

- Los módulos reforzados tuvieron un comportamiento óptimo, ya que fueron sometidos a sollicitación más intensa y la viga de coronación y el refuerzo de caña, lograron mantener la integridad de la estructura, ya que no se produjo en ningún caso el colapso.
- El módulo que no tenía refuerzo horizontal sufrió severos daños y colapso. Esto corrobora la importancia de utilizar refuerzo tanto vertical como horizontal.
- El refuerzo de caña no tiene una influencia significativa en la rigidez y resistencia de las estructuras en la etapa previa a la fisuración. Luego de ocurrir el agrietamiento de los muros, el efecto de refuerzo es notorio ya que controla los desplazamientos, reduciendo el nivel de daño en la estructura y evitando así el colapso.

2.2.6. Alambre

Para fijar los encuentros o uniones de los elementos, el alambre a usarse será del N°8 y N°16 los cuales se puede usar como refuerzo exterior aplicado sobre la superficie del muro haciendo una especie de malla y anclada adecuadamente a él. Deberá estar protegido por una capa de mortero de cemento-arena de 4 cm de espesor aproximadamente.

Como material de refuerzo se usa el alambre galvanizado N°8, en los ensayos el alambre corrido, con un espaciamiento de 60 cms. Como esto se hace con cierta tensión tiene un doble efecto favorable para el comportamiento de los muros, mejora la resistencia al corte al incrementar al esfuerzo unitario de compresión y concede ductibilidad.

Se pudo observar que las figuras se producen antes que los alambres se tensionen y empiecen a colaborar en el comportamiento del conjunto. Para esto debe producirse primero una gran deformación en los muros. Para impedir la falla por volteo se necesitaría un gran número de alambres. Solución que se descarta debido al costo.

Hay que tener especial cuidado al problema del control periódico de la tensión, ya que los alambres tienden a aflojarse y también al de la oxidación del alambre. Estos inconvenientes son serios para un ambiente rural.

2.3. ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE ALBAÑILERÍA EN ADOBE

2.3.1. Ensayos dinámicos

Se desarrollaron diferentes tipos de ensayo con el propósito de determinar las características elásticas de los elementos conformados por adobe.

- **Ensayo de Compresión Axial.**

Verificar el comportamiento de los muros de adobe bajo la compresión, es el objetivo de este tipo de estudios, la inclusión de mortero de materiales tales como el cemento, la cal o el yeso, mejoran la resistencia a la compresión y el módulo de materiales de elasticidad en las pilas.

En relación a los estudios realizados por la Universidad Nacional de Ingeniería la esbeltez 1:4 (pilares de 8 adobes) es adecuada para obtener buenos resultados, como se puede apreciar en las tablas presentada en los anexos, para los fines prácticos se puede usar el valor promedio de $E = 1700 \text{ Kg/cm}^2$

Estos ensayos tienen como objetivo el de verificar el comportamiento de los muretes de adobe bajo sollicitaciones de compresión pura. Se verifico que la capacidad de compresión es menor que la del bloque mismo.

La cal o el yeso y el cemento, mejoran notablemente la resistencia en compresión y el módulo de elasticidad (mayor rigidez) de las pilas. La resistencia de las pilas se mantuvo casi constante en el rango amplio de esbelteces. La esbeltez de las pilas no fue una variable influyente. De acuerdo a las normas técnicas de los ensayos, la esbeltez 1:4 (pilas de 8 adobes) es adecuada.

El uso de juntas gruesas produce especímenes muy difíciles de manejar y reduce la resistencia de las pilas.

El mecanismo de falla en estos especímenes bajo este tipo de sollicitación es bastante complejo y difícil de precisar, ya que se presenta fenómenos de flexo-compresión que complica el esquema de falla.

En los módulos de elasticidad existe diferencia de los muretes de adobe según tipo de aparejo. Es posible trabajar con valores que oscilan entre 1,000 kg/cm² y 2,400 kg/cm², para fines prácticos se puede usar el valor promedio de $E = 1,700 \text{ kg/cm}^2$.

- **Ensayo de Compresión Diagonal.**

La acción de sismos produce esfuerzos de corte los cuales pueden ocasionar esfuerzos de tracción diagonal y causar la falla del muro, este tipo de falla se reconoce por la grieta diagonal que se produce a través de este.

En la tabla comprendida en los anexos se muestra, los resultados obtenidos de este tipo de ensayos obtenidos por la Universidad Nacional de Ingeniería se ven en la tabla comprendida en los anexos. Que servirá como base para análisis de la presente tesis.

Las cargas laterales provenientes de la acción de un sismo sobre una estructura inducen esfuerzos de tracción diagonal que pueden causar la falla del muro.

Este tipo de falla reconoce por la grieta diagonal que se produce a través del muro con trayectoria apropiadamente recta. El ensayo es muy delicado tanto por el material como por el sistema de medición de deformaciones. Los resultados son especialmente dispersos.

Un resultado de interés es el valor promedio del esfuerzo cortante que da el orden de magnitud de la resistencia al corte.

- **Ensayo de Corte Directo.**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones para establecer el esfuerzo admisible de los muros en corte sometidos a fuerzas sísmicas se da la siguiente fórmula:

$$V_r = U + s$$

V_r = Compresión unitaria Normal al Plano de corte

U = Cohesión

S = Coeficiente de fricción aparente

Donde u y s se determina a partir de ensayos de corte directo.

Este tipo de ensayo está propuesto en el Reglamento Nacional de Edificaciones, y sirve de base para establecer esfuerzo admisible de los muros en corte sometidos a fuerzas sísmicas.

En esta última investigación, los coeficientes de correlación lineal fueron de orden 0.99 lo cual indica el buen grado de ajuste de los resultados para este tipo de ensayo. Entonces se sugiere emplear dicha expresión para el diseño.

El espesor de la junta representativo fue de 2 cm. el mortero empleado en esta investigación tiene muy poca adherencia como los adobes y por lo tanto el valor de la cohesión obtenido podría ser un límite inferior.

2.3.2. Muros

- **Ensayo de Corte en Muros.**

Se comprobó una apropiada ductibilidad que se corrige con los esfuerzos de caña, desarrollando un trabajo.

Destinado a hallar relación del esfuerzo cortante máximo con el esfuerzo de compresión que actúa simultáneamente.

Lograr una ductilización de las viviendas a través de un adecuado refuerzo con materiales rurales, fue otra contribución de estos ensayos

De estas investigaciones se obtuvo una expresión para evaluar el esfuerzo unitario cortante de fisuración en función del esfuerzo unitario de compresión que actúa simultáneamente:

Se pudo demostrar que esta expresión con muros mejor reforzados. No se encontró influencia en el tamaño de los adobes, ni el aparejo de colocación, ni en el espesor de muro, tampoco en las edades de secado.

Se ha demostrado una apropiada ductibilidad que se consigue con los refuerzos de caña.

- **Esfuerzo de Flexión en Muros.**

Estos estudios tuvieron como fin ayudar a comprender el comportamiento de los muros reforzados sometidos a cargas perpendiculares a su plano. Los análisis de los resultados de los ensayos permiten deducir conclusiones a dos niveles: Régimen Elástico y Estado Ultimo. Una vez desarrollados los ensayos se observó que los muros fisurados conservan un momento flector restitutivo basado en las fuerzas de gravedad.

El conocimiento de este fenómeno permite la correcta aplicación del concepto del trabajo para evaluar las fuerzas de colapso en muros sometidos a flexión.

El estudio de los resultados de los ensayos permitió deducir conclusiones a dos niveles: Régimen Elástico y Estado Último.

En las investigaciones desarrolladas, se observó que los muros una vez fisurados conservan un momento flector restitutivo basado en las fuerzas gravitacionales propias; que mantienen el equilibrio del sistema con grandes incrementos de deformación a carga constante.

Este aumento de deformación posible luego de la fisuración es del orden de 4 a 6 veces la deformación máxima elástica y es la que da origen a una ductibilidad aparente.

- **Ensayos de Volteo de Muros.**

Un muro de adobe se asemeja su comportamiento mucho al movimiento de un sólido rígido que gira en torno a un punto, siempre ocurren la falta en todos los casos bien definido por una rajadura que corre a todo lo largo del muro a la altura de la parte superior de la primera hilada de adobe y en algunos casos en la base.

En las investigaciones desarrolladas, se observó que el comportamiento del muro se asemeja mucho al movimiento de un sólido rígido que gira en torno a un punto, debido a la escasez adherencia entre mortero y adobe.

A lo largo del muro no se observó falla de flexión del muro por compresión en el mortero, siendo la falla en todos os casos bien definida por la rajadura que corrió a todo lo largo del muro a la altura de la parte superior de la primera hilada de adobe y en algunos casos en la base. Es bastante buena la hipótesis del muro sólido rígido con su punto de giro ubicado en el borde exterior de la base la cual podría servir de medida para la evaluación de la estabilidad al volteo de un muro de adobe solicitado por cargas perpendiculares a su plano.

2.3.3. Módulo de vivienda

Las diferentes piezas que conforman el módulo de vivienda estarán solicitadas en formas diversas pero clasificables en dos grandes grupos:

- a) Por flexión
- b) Por corte

Es sumamente complejo el análisis teórico de la distribución de los esfuerzos en el módulo, que incluye algunas aberturas (las que originan especiales concentraciones de esfuerzos).

En los módulos de vivienda desarrollados, se observó que la aparición de las primeras fisuras, situación que podría considerarse cerca al fin de la etapa elástica, es posible deducir el comportamiento del conjunto la interacción de partes fundamentales (piezas).

El módulo, está conformado por diferentes piezas las cuales estarán solicitadas en formas diversas, pero clasificables en dos grandes grupos (de acuerdo a la sollicitación predominante o crítica para el diseño)

2.3.4. Configuración estructural

Estas viviendas de adobe construidas con sistema Sismo – Resistente se deben tener en cuenta su adecuado análisis de su comportamiento estructural y su proceso que de la seguridad al usuario y de mejorar su recurso económico.

Este tipo de viviendas son un componente importante en la solución habitacional urbana. Por eso es importante un adecuado análisis de su comportamiento estructural y un buen proceso constructivo que garantice seguridad al usuario y también para optimizar su economía. Entonces la investigación y el desarrollo del reforzamiento estructural deben optimizar el uso del muro de adobe, el cual confiere a la edificación una competencia sísmica.

Mediante la concepción estructural se deciden las principales características de la estructura como son la forma, ubicación y distribución de los elementos resistentes, características de los techos, etc.

2.3.5. Cimentaciones

Las estructuras de elementos de tierra son frágiles y tienden a ocasionar rajaduras en los muros que pudiera debilitar a la edificación es por ello la importancia que debe haber la relación que existe entre el volumen de muro y coberturas con el suelo de sostenimiento

Se debe tener en cuenta la selección y dimensionamiento de los cimientos se deberá tomar como datos las características sísmicas y climatológicas de la región en que se va ubicar la vivienda, en esta información se puede establecer las condiciones económicas, recursos de materiales y cimentaciones de la estructura, así como también su posible influencia en construcciones aledañas.

En construcciones de 2 pisos en ningún caso la profundidad de los cimientos debe ser menos a 60 cm., y un ancho no menor a 1.5 veces el ancho del muro. Estos cimientos podrán ser concreto ciclópeo o en todo caso lo tradicional piedra grande asentada con tierra y paja.

El uso del sobrecimiento será para proteger la base del muro de la acción de la humedad del suelo y del agua de lluvia, deberá ser de hormigón o de piedra de una altura no menor de 30 cm; entre el sobrecimiento y el muro deberá colocarse una capa impermeable de brea o asfalto para evitar la subida de la humedad por capilaridad.

La función principal de relacionar el volumen formado por los muros y coberturas con el suelo de sustracción, transmitiendo a él las cargas generadas por la estructura y las sobrecargas de uso de inmueble, corresponde a esta parte de la edificación.

La profundidad, forma y dimensiones depende del peso que soporta, de las características generales de la estructura y de la formación del suelo de cimentación. De su eficiencia depende principalmente la estabilidad y durabilidad de la edificación, una solución homogénea del conjunto y la adecuada utilización de los materiales que lo componen determinará el grado de seguridad y conservación de la construcción.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones. NTE E.080 – ADOBE, es fundamental la utilización de una adecuada cimentación ya que estas estructuras de elementos de tierra son frágiles y los asentamientos diferenciales tienden a ocasionar rajaduras en los muros que pueden debilitar seriamente a la edificación. También la poca adherencia entre bloque que proporciona el tipo de mortero utilizado y los factores ambientales que deterioran este sistema constructivo determinan un mayor análisis en la selección del tipo de fundación a utilizar.

La construcción de edificaciones en Cajamarca a base de elementos de tierra se encuentra generalizadas sobre todo en áreas rurales. En las zonas rurales existen viviendas en los que se nota la carencia total de cimentación, produciéndose en estos casos fallas en los muros por asentamientos diferenciales agravados por el efecto de la humedad y el efecto mecánico en sus bases. Así mismo se encuentra muy extendido el uso de una cimentación superficial con una profundidad muchas veces no mayor de 30 cm. y con sobrecimientos insuficientes. Todo lo contrario, se observa en las viviendas ubicadas en la zona urbana.

Para la selección y el dimensionamiento de los cimientos Se deberá precisar claramente las características sísmicas y climatológicas de la región para realizar la selección y el dimensionamiento de los cimientos en que se ubica la edificación y deberá contarse con la mayor cantidad de antecedentes, sobre la calidad y constitución del suelo de sustentación, con esta información se podrá establecer una primera aproximación sobre los tipos de cimientos más adecuados, procediéndose luego al análisis de las condiciones económicas, recursos de materiales y características de la estructura, influyendo en el dimensionamiento de la cimentación, la altura y peso de la edificación, la posible influencia de construcciones aledañas, los esfuerzos horizontales generados por acción sísmica o vientos y la necesidad de dar rigidez a la estructura.

En viviendas de 2 pisos en ningún caso la profundidad de la cimentación debe ser menor a 60 cm. y un ancho no menor a 1.5 veces el ancho del muro. Estos cimientos podrán ser concreto ciclópeo o en todo caso lo que es tradicional piedra grande asentada con tierra y paja.

Es indispensable el uso del sobrecimiento para proteger la base del muro de la humedad del suelo y del agua de lluvia que puede correr en su cercanía. El sobrecimiento deberá ser de hormigón o de piedra, de una altura no menor a 30 cm. en zonas muy húmedas, entre el sobrecimiento y el muro, deberá colocarse una capa impermeable de brea o asfalto para evitar la subida de la humedad por capilaridad. El sobrecimiento permite también la utilización de un zócalo que proteja de la acción mecánica del agua las partes bajas del muro.

2.3.6. Pre-dimensionamiento Estructural

El pre-dimensionamiento de la estructura de la edificación debemos definir previamente algunas expresiones para conocer el comportamiento de estos frente a fuerzas sísmicas. Los muros son capaces de resistir sin mayor problema compresiones verticales adicionales del 10% al 20% de la aceleración de la gravedad, por lo tanto, se considera solo los componentes horizontales de los mismos, estas fuerzas horizontales básicamente actúan sobre los muros como cargas aplicadas a su cara paralelamente a su eje.

Cuando el sismo actúa según el eje del muro, esta falla por cortante, debido a que la carga nominal provoca tracción diagonal produciendo grietas de tipo cruz, cuando el muro tiene espacios para puertas y ventanas, la tracción diagonal provoca grietas que parten de las aristas de estos vanos.

De lo anterior deducimos que como los muros juegan un papel importante, el área y espesor de estos deben proporcionar competencia sismo-resistentes a la edificación, como se espera incursiones instantáneas en el rango inelástico durante la ocurrencia del sismo, entonces es necesario obtener la ductibilidad de los elementos, este refuerzo viene a ser la caña incorporada al muro; además del eucalipto rollizo gracias a ensayos realizados con muros es posible predecir razonablemente el comportamiento estructural.

Se puede afirmar que los muros una vez agrietados conservan un momento flector restitutivo que mantienen el equilibrio del sistema, con incrementos de deformación; este incremento luego de la figuración es la que da origen a una ductilidad. Este conocimiento de este fenómeno permite la correcta aplicación del concreto. Entonces de acuerdo a lo propuesto y a lo calculado en referencia para construcciones de adobe de 2 pisos se puede decir que los coeficientes sísmicos son:

Primer Piso: $C = 0.25$

Segundo Piso: $C = 0.21$

Cuando tengamos la necesidad de definir expresiones que nos den un predimensionamiento de los muros es necesario conocer antes como es el comportamiento de éstos frente a solicitaciones sísmicas. Así tenemos que un aspecto importante es la forma del edificio, el cual debe poseer simetría, continuidad, robustez y competencia torsional, por lo tanto, se deben evitar plantas con forma irregular.

Lo ideal sería que la cantidad de muros en las direcciones principales de la edificación sea el mismo y también que sean del mismo largo. En la práctica no sucede esto, pero la disposición en plantas de los muros debe tender a esto y evitar que las plantas sean muy amplias, ya que a pesar de que sean simétricas pueden presentarse problemas para resistir fuerzas sísmicas como un todo.

Luego la ubicación de los muros en planta debe buscar simetría de distribución con el propósito de minimizar la distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez ya que de otra manera se tendrá una torsión en planta, además de que formas asimétricas tienden a producir esfuerzos. La falla en torsión en planta produce en muchos casos el colapso de la vivienda y sobre todo este caso que se trata de adobe.

Son capaces de resistir los muros sin mayor problema compresiones verticales del 10% al 20% de la aceleración de la gravedad. Por lo expuesto, se acostumbra a considerar en los análisis, solo las componentes horizontales de los mismos.

Considerando la acción sísmica sobre una edificación de adobe, esta fuerza horizontal básicamente actúa sobre los muros como cargas aplicadas a su cara y paralelamente a su eje, por lo tanto, las fuerzas de inercia generadas en otras partes de la construcción tienen que ser transmitidas hacia ellos.

Los techos deben ser lo más rígidos posibles, además de tener una conexión efectiva con los muros, para distribuir las fuerzas laterales a estos en función de la rigidez relativa de éstos. Si esto sucede entonces las fuerzas normales al muro serán mínimas y los muros vibrarán como una losa apoyada en sus cuatro bordes.

Los techos muchas veces en la práctica no cumplen la función de techos rígido y por lo tanto el apoyo es prácticamente en tres bordes. Bajo estas circunstancias, la máxima deflexión ocurre en la parte central superior del muro y desde este punto, estas deflexiones van disminuyendo hacia los empotramientos.

Si el sismo actúa según el eje del muro, éste falla por cortante, debido a que la carga horizontal provoca tracción diagonal, que el muro es incapaz de tomar produciendo grietas de tipo Cruz de San Andrés. Cuando el muro tiene aberturas, correspondientes a puertas y ventanas, la tracción diagonal provoca grietas que parten de las aristas de estos vanos.

Haciendo un análisis podemos deducir que como los muros juegan un papel importante, el área y espesor de estos deben proporcionar competencia sismo-resistente a la edificación. El dimensionamiento de los muros debe basarse en la resistencia sísmica global de la vivienda y la apropiada estabilidad de los mismos frente a acciones normales a su plano. Entonces si se quiere una seguridad uniforme en ambos diseños, es conveniente que estén regidos por un mismo coeficiente sísmico. Por lo tanto, la utilización de métodos que permitan definir las dimensiones de los muros debe estar en función directa al coeficiente sísmico.

Este ensayo supone un comportamiento elástico de las estructuras de adobe, entonces el diseño de estas viviendas se basará en los principios de la Mecánica y la Resistencia de materiales.

Como se espera incursiones instantáneas en el rango elástico durante la ocurrencia de sismos, entonces es necesario obtener la ductilización de los elementos, por lo tanto, es necesario contar con refuerzos que garanticen la seguridad al colapso.

Gracias a ensayos realizados con muros, es posible predecir razonablemente al comportamiento estructural real y por lo tanto mediante un análisis adecuado escoger un sistema con un mecanismo de falla flexión y no en corte, ya que este tipo de fallas son de naturaleza frágil.

El método general para elegir las expresiones empíricas, ha sido parte de los esquemas de fisuración observados en los ensayos, generalizarlos, aplicarles el método del trabajo virtual para el adobe y finalmente simplificar las expresiones dentro de los tramos de validez. En conclusión, ocurre que los muros una vez fisurados conservan un momento recto restitutivo basado en las fuerzas gravitacionales propias, que mantienen el equilibrio del sistema con grandes incrementos de deformación posible, luego de la fisuración, es del orden de 4 a 6 veces la deformación máxima elástica y la que da origen a una “ductibilidad aparente”. El conocimiento de este fenómeno permite la correcta aplicación del concreto del trabajo virtual para evaluar las fuerzas de colapso en muros sometidos a flexión, a través de las líneas de rotura.

Las hipótesis consideradas en la aplicación del método de los trabajos virtuales, son las siguientes:

1. Los muros fisurados, son capaces de seguir deformándose a carga constante (perpendicular a su plano)
2. El momento actuante sobre las fisuras o líneas de de rotura, se evalúa como el momento de volteo de cada pieza y es igual a:

$$\frac{b^2 h}{2} \quad \frac{Kg - m}{m}$$

3. En las grietas inclinadas sólo hay resistencia a flexión actúan las fuerzas de gravedad.
4. El momento actuante a lo largo de una línea de rotura inclinada un ángulo α respecto a la horizontal es $M \cos^2 \alpha$, donde M es el momento promedio evaluado en II.

2.3.7. Coberturas.

Es prioridad que las coberturas deben poseer cualidades de proteger al individuo de la intemperie además de tener cualidades acústicas y térmicas, proteger al muro de la acción de la lluvia y de comportarse en caso de sismo de manera de evitar el agrietamiento de la vivienda. Por lo mencionado anteriormente el techo debe ser lo más rígido posible de manera que tienda actuar como un elemento distribuyendo la fuerza horizontal dando a la estructura de albañilería cierto confinamiento en su parte superior, el techo consiste a que sobre las vigas de madera se coloca un entablado encima del cual se coloca una capa de barro de 5 cm. de espesor y seguidamente se vacea un falso piso de cemento - hormigón.

El porqué de eliminar el agua de lluvia que cae sobre la cobertura sobre todo si está construida con materiales que impiden el peso del agua se conduce a darle pendientes que facilitan su eliminación.

Debe también cuidarse que los aleros se proyecten fuera de las edificaciones de una longitud suficiente para evitar que el agua de lluvia dañe los muros.

El uso de tejas en la sierra debe ser convenientemente fijadas al armazón del techo, para evitar así su desprendimiento.

Los muros al igual que las coberturas deben proteger al usuario de la intemperie, poseer cualidades acústicas y térmicas, asegurar una cierta resistencia en el caso de siniestro por fuego, pero además deben proteger el muro de la acción de la lluvia y comportarse en caso de sismo, de manera de no propiciar el colapso de la edificación.

Interesa desde el punto de vista de la resistencia al sismo, que el techo y muro forme un conjunto con trabazón suficiente para resistir las sollicitaciones verticales y horizontales sin perder su unidad ya que de otra manera la acción del sismo actuará aisladamente sobre la pared y la cobertura, que por tener características dinámicas diferentes puede llevar a la claudicación de la estructura.

De acuerdo a lo anterior, debe procurarse que el techo sea los más rígido posible en el plano horizontal, que puede lograrse con elementos colgados diagonalmente, de tal manera que tienda actuar como un elemento diafragma distribuyendo mejor la fuerza horizontal y dando a los muros un cierto confinamiento en su parte superior.

Esto se puede lograr con un tipo de techo mencionado en el capítulo I de la presente tesis. Este techo consiste en que sobre las vigas de madera se coloca un entablado, encima del cual se pone una capa de barro de 5 cm. de espesor y seguidamente se vacea un falso piso de cemento-hormigón. Éste tipo de techo es más rígido y pesado, el cual incrementa la capacidad de resistencia al corte del muro.

Lo cual no significa que mientras el techo es más pesado es mejor, ya que es sabido que cubiertas pesadas elevan el centro de gravedad de la edificación haciéndola así más propicia para que falle por soluciones sísmicas. Lo que se busca que el techo sea lo más rígido posible.

El porqué de eliminar el agua que cae sobre la cobertura, especialmente cuando está construida con materiales permeables, lleva a darles pendientes pronunciadas con que facilitan su eliminación. Sin embargo, pendientes exagerados contribuyen también a elevar el peligro antes enunciado.

Además, el triángulo superior que queda como cerramiento en los muros extremos, es muy vulnerable a la acción de cargas horizontales en la dirección perpendicular a su plano. Debe también cuidarse que los aleros se proyecten fuera de la edificación en una longitud suficiente para evitar que, en épocas de lluvias intensas, éstas dañen a los muros por salpicaduras.

Las soluciones de cobertura tipo bóveda, que inciden en la ventaja económica de hacer trabajar los materiales a compresión en vez de flexión, pueden transmitir empujes horizontales al muro que en las construcciones con tierra pueden ser incapaces de tomar dada su baja resistencia.

En los techos planos, es siempre conveniente evitar la concentración en el muro las tensiones originadas por el asiento de las viguetas, por lo que debe cuidarse reposar sobre una viga solera que, además, mejora el comportamiento del conjunto.

La mayoría de los techados livianos ofrecen desventajas desde el punto de vista del aislamiento térmico y acústico. Por otra parte, coberturas a base de madera, inciden en incrementar el riesgo del fuego. Si se usa madera, ésta debe estar lo suficientemente seca al momento de elasticidad bastante bajo y puede sufrir deflexiones excesivas.

Se han dado casos que, durante sismos intensos, las tejas se han caído totalmente provocando accidentes. Motivo por el cual las tejas usadas en la sierra deben ser conveniente fijadas al armazón del techo

CAPÍTULO III

CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA CONSTRUCCIONES REPRESENTATIVAS DE VIVIENDAS EN ADOBE

3.1. INTRODUCCIÓN

Para lograr una competencia satisfactoria en lo que se refiere al problema de la seguridad estructural ante el sismo.

Es imperativo que las viviendas destinadas a ser de dos pisos cumplan necesariamente las recomendaciones dadas en lo que se refiere a la estructuración.

Una edificación de adobe de dos pisos representativa, es la vivienda que se ha considerado para el estudio ha sido reestructurada arquitectónicamente.

- a. Los criterios de calificación de los atributos de la forma simétrica, continuidad, robustez y competencia torsional.
- b. Los criterios de calificación de, los atributos de los diafragmas simetría, continuidad y robustez.
- c. Los criterios de distribución de muros – $L_x = L_y$ (caso Ideal)
- d. Los criterios de distribución de vanos alfeizares y dinteles.

3.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El área que tiene la vivienda es de 132 m² (12 mt x 11 mt) con muros de 0.50 mt y 0.60 mt. para los dos pisos, en aparejo de cabeza. El mortero utilizado es el definido como Tipo II (barro + Paja) en juntas de 2 cm. El peso específico de los muros es $\gamma = 1.6 \text{ tn/m}^2$. La altura de los muros en cada piso es de 2.50 mts. Y la zona denominada Colca es de 1.50 mts., por lo que la pendiente del techo es de 21%.

Para el peso de techo de cada entrepiso se ha tomado en cuenta:

- Peso propio de vigas espaciadas cada 0.80 cm. (eucalipto @=7'') 20 Kg/m².
- Peso entablado de eucalipto = 25 Kg/m².
- Cielo raso de yeso + carrizo = 25 Kg/m².
- El metrado de cargas arroja un peso de techo de 70 Kg/m².

Se ha estimado teja con asiento de mortero con cambios a 30 cm., para la cobertura, lo que da un peso de 70 Kg/m². Esta teja es de 35 cm. de longitud y de 15 cm. de ancho en promedio la cual es mejor que la teja serrana tradicional de 42 cm. de largo por 18 cm. de ancho en promedio, la cual por sí sola llega a tener un peso de 105 Kg/m². por la cobertura llega a pesar hasta 160 Kg/m²., lo cual rompe la regla de tener coberturas livianas. En muchos casos se ha extendido el uso de coberturas de metal sobre entablado (30 Kg/m².) o planchas de asbesto cemento sobre correas (25 Kg/m².) lo cuales son más convenientes en cuanto al peso.

En cuanto a las sobrecargas tenemos para primer piso 200 Kg/m². y para el segundo piso 150 Kg/m²., de los cuales para efectos de fuerza sísmica se tomará el 25% de su valor.

3.2.1. Casa de techo rígido

Con placas homogéneas trabajan los muros en donde la fuerza sísmica se distribuye en forma proporcional a la rigidez de cada muro en el sentido que se realiza el estudio.

Debido a que se tiene que optimizar el diseño debido a las limitaciones del adobe, entonces se van a excluir los muros que por alguna razón no están conectados al techo o que no contribuyen a la resistencia de la estructura. En nuestro caso serán los alféizares.

3.2.2. Fuerza sísmica

De acuerdo la Norma de Diseño Sismo Resistente:

$$H = \frac{ZUCS}{R_d} P$$

H = Fuerza sísmica

Z = Factor de Zona = 1

U = Factor de Uso = 1

S = Factor Suelo = 1.2 (Tipo II)
 Rd = Factor de Ductibilidad = 1.5 (Adobe)
 P = Peso total de estructura
 C = Coeficiente Sísmico

$$H = 0.32 P$$

$$\text{AREA TECHADA} = 132.00 \text{ m}^2$$

CARGAS :

PESO PISO 1 = 76.20 Tn
 S/C = 6.20 Tn (25%)

 PESO PISO 1 = 88.00 Tn
 S/C = 2.64 Tn (25%)

 P = 173.44 Tn
 H = 55.50 Tn.

PISO	H (mt)	Peso (Tn)	P * h	F (Tn)	V (Tn)
2	5.40	90.64	489.46	38.77	38.77
1	2.55	82.80	211.14	16.73	55.50

Fuente: Propia.

3.2.3. Centro de masas

PRIMER PISO

CUADRO IV-03

PESO ESPECIFICO DE MUROS = 1.80 tn/m³

FACTOR DE MASA = 0.50

PESO DE TECHO = 0.07 tn/m²

MURO	ELEMENTOS DE VAN (Mts.)			COORDENADA (Mts.)		PESO (tn)	MOMENTO ESTATICO	
	l	h	t	x	y		Px.	Py.
DIRECCIÓN X								
1-1	120	2.50	0.5	6.00	0.25	12.00	72.00	3.00
I	1.4	2.00	0.5	3.60	0.25	-1.12	-4.03	-0.25
II	1.4	2.00	0.5	8.40	0.25	-1.12	-9.41	-0.25
2-2	12.0	2.50	0.6	6.00	5.50	14.40	86.40	79.20
I	1.0	2.50	0.6	8.80	5.50	-0.96	-6.53	-5.25
3-3	12.0	2.50	0.5	6.00	10.75	12.00	72.00	129.00
I	1.3	2.00	0.5	3.65	10.75	-1.04	-3.80	-11.06
II	1.3	2.00	0.5	3.35	10.75	-1.04	-8.68	-11.16
DIRECCIÓN Y								
A-A	11.0	2.50	0.5	0.25	5.50	11.0	2.75	60.50
B-B	11.0	2.50	0.6	6.00	5.50	13.20	79.20	72.60
I	1.4	2.00	0.6	6.00	6.50	-1.34	-8.06	-8.74
C-C	11.0	2.50	0.5	11.75	5.50	11.00	123.25	60.50
TECH	bx	by	&	x	y	PESO	Px	Py
	12.0	11.0	0.07	6.00	5.50	9.24	55.44	50.82
TOTAL =						76.22	456.53	415.68

Fuente: Propia.

X = 5.99 mt.

Y = 5.49 mt.

SEGUNDO PISO

CUADRO IV-04

PESO ESPECIFICO DE MUROS = 1.60 tn/m³

FACTOR DE MASA = 0.50

PESO DE TECHO = 0.14 tn/m²

MURO	ELEMENTOS DE VAN (Mts.)			COORDENADA (Mts.)		PESO (tn)	MOMENTO ESTATICO	
	l	h	t	x	y		Px.	Py.
DIRECCIÓN X								
1-1	120	2.50	0.5	6.00	0.25	12.00	72.00	3.00
I	1.3	0.50	0.5	3.65	0.25	-0.26	-0.95	-0.07
II	1.3	0.50	0.5	8.35	0.25	-0.26	-2.17	-0.07
2-2	12.0	2.50	0.6	6.00	5.50	14.40	86.40	79.20
I	1.0	2.00	0.6	6.80	5.50	-0.96	-6.53	-5.25
3-3	12.0	2.50	0.5	6.00	10.75	12.00	72.00	129.00
I	1.0	2.00	0.5	3.80	10.75	-0.80	-3.04	-8.60
II	1.0	2.00	0.5	3.20	10.75	-0.80	-6.58	-8.60
DIRECCIÓN Y								
A-A	11.0	2.50	0.5	0.25	5.50	11.0	2.75	60.50
B-B	11.0	2.50	0.6	6.00	5.50	13.20	79.20	72.60
I	1.0	2.00	0.6	6.00	4.70	-0.96	-5.76	-4.51
C-C	11.0	2.50	0.5	11.75	5.50	11.00	129.25	60.50
TECH	bx	by	&	x	y	PESO	Px	Py
	12.0	11.0	0.14	6.00	5.50	18.48	110.88	101.84
TOTAL =						88.04	527.47	479.32

Fuente: Propia

X = 5.99 mt.

Y = 5.44 mt.

3.2.4. Centro de rigidez

Para el cálculo se va a considerar las rigideces por flexión y corte según:

$$K = \frac{E * t}{4 \left(\frac{h^3}{1} \right) + 3 \left(\frac{h}{1} \right)}$$

Se estima que las fuerzas cortantes en cada dirección principalmente de las edificaciones son tomadas únicamente por los muros paralelos a dicha dirección.

$$XK = \frac{\sum ky * xi}{\sum ky}$$

$$YK = \frac{\sum kx * yi}{\sum Ky}$$

RIGIDECES MUROS PRIMER PISO

DIRECCIÓN X

MURO	ELEMENTOS DE MURO			K/E	K/E ASOCIADO	FRACCION DE CORTANTE
	I	H	T			
1-1						
(1)	2.90	2.50	0.5	0.097		0.298
(2)	3.40	2.50	0.5	0.132		0.404
(3)	2.90	2.50	0.5	0.097		0.298
RIGIDEZ MURO 1 - 1					K 1-1 = 0.326	
2-2						
(1)	6.30	2.50	0.6	0.417		0.604
(2)	4.70	2.50	0.6	0.273		0.396
RIGIDEZ MURO 2 - 2					K 2-2 = 0.690	
3-3						
(1)	3.00	2.50	0.5	0.104		0.306
(2)	3.40	2.50	0.5	0.132		0.388
(3)	3.00	2.50	0.5	0.104		0.306
RIGIDEZ MURO 3 - 3					K 3-3 = 0.339	

Fuente: Propia

DIRECCIÓN Y

MURO	ELEMENTOS DE MURO			K/E	K/E ASOCIADO	FRACCIÓN DE CORTANTE
	I	H	T			
A-A (1)	11.00	2.50	0.5	0.686		1.00
RIGIDEZ MURO A - A					K A-A = 0.686	
B-B (1) (2)	5.80 3.80	2.50 2.50	0.6 0.6	0.372 0.193		0.659 0.341
RIGIDEZ MURO B - B					K B-B = 0.565	
C-C (1)	11.00	2.50	0.5	0.686		1.000
RIGIDEZ MURO C - C					K C-C = 0.686	

Fuente: Propia

RIGIDECES MUROS SEGUNDO PISO

DIRECCIÓN X

MURO	ELEMENTOS DE MURO			K/E	K/E ASOCIADO	FRACCION DE CORTANTE
	I	H	T			
1-1						
(1)	3.00	2.50	0.5	0.104		0.306
(2)	3.40	2.50	0.5	0.132		0.388
(3)	3.00	2.50	0.5	0.104		0.306
RIGIDEZ MURO 1 - 1					K 1-1 = 0.339	
2-2						
(1)	6.30	2.50	0.6	0.417		0.604
(2)	4.70	2.50	0.6	0.273		0.396
RIGIDEZ MURO 2 - 2					K 2-2 = 0.690	
3-3						
(1)	3.30	2.50	0.5	0.125		0.327
(2)	3.40	2.50	0.5	0.132		0.388
(3)	3.30	2.50	0.5	0.125		0.327
RIGIDEZ MURO 3 - 3					K 3-3 = 0.381	

Fuente: Propia

DIRECCIÓN Y

MURO	ELEMENTOS DE MURO			K/E	K/E ASOCIADO	FRACCIÓN DE CORTANTE
	I	H	T			
A-A						
(1)	11.0 0	2.50	0.5	0.686		1.00
RIGIDEZ MURO A - A					K A-A = 0.686	
B-B						
(1)	4.20	2.50	0.6	0.228		0.380
(2)	5.80	2.50	0.6	0.372		0.620
RIGIDEZ MURO B - B					K B-B = 0.600	
C-C						
(1)	11.0 0	2.50	0.5	0.686		1.000
RIGIDEZ MURO C - C					K C-C = 0.686	

Fuente: Propia

3.2.5. Fuerza cortante

$$K_i = \frac{K_i}{\sum k_i} V_n$$

V_n = Cortante de nivel en estudio

Se debe tomar en cuenta las siguientes correcciones:

- Cortante directo por fuerza sísmica.
- Cortante por efecto de torsión.
- Cortante debido a la torsión accidental.

Para efectuar estas correcciones anteriormente se evaluó $CM = (X, Y)$ y $CK = (x_k, y_k)$ y se halla:

b_x, b_y = Dimensión de la edificación en el sentido considerada en planta.

$$e_y = y - y_k \quad \text{sismo en dirección } x$$
$$e_{accy} = 0.05 b_y$$

$$e_x = x - x_k \quad \text{sismo en dirección } y$$
$$e_{accx} = 0.05 b_x$$

Se evalúa el momento torsor en cada nivel y para cada dirección de sismo:

$$m = V_n (1.5 e + e_{acc}) \quad \text{Condición 1}$$

T

$$m = V_n (e - e_{acc}) \quad \text{Condición 2}$$

T

Se hallan los incrementos de fuerza horizontal debido al M:

$$@v_{xi} = \frac{M \quad K \quad (Y_i - Y_k)}{T \quad X_i \quad i \quad k} \dots\dots\dots$$

$$xi \quad \square kxi (yi-yk)^2 \quad + \quad \square kyi (xi-xk)^2$$

$$@v_{yi} = \frac{M \quad K \quad (Y_i - x)}{T \quad yi \quad i \quad k} \dots\dots\dots$$

$$yi \quad \square kxi (yi-yk)^2 \quad + \quad \square kyi (xi-xk)^2$$

Se evalúa la fuerza cortante total en cada muro:

$$V_i = V \quad + \quad @V$$

Traslación torsión

Sólo se consideran los incrementos del cortante para efectos de diseño.

CAPITULO IV

DISEÑO SIMPLIFICADO PARA UNA VIVIENDA EN ADOBE CON MADERA ROLLIZA DE EUCALIPTO.

4.1. GENERALIDADES

El proceso cuidadosamente de análisis y diseño sismo – resistente de una vivienda es un tanto laboriosa, entonces se pretende desarrollar un procedimiento simplificado válido para el diseño de viviendas de adobe.

En el estudio de este procedimiento se toma en cuenta las consideraciones y parámetros que rigen para un análisis riguroso.

Los resultados obtenidos servirán para simplificar cálculos y obtener expresiones fáciles de manejar.

Esto es posible ya que la misma estructuración de una vivienda de adobe al imponer muchas restricciones nos permite llegar a expresiones simplificadas de cálculo

4.2. FUERZA SÍSMICA HORIZONTAL

Siguiendo las Normas Peruanas de diseño Sismo resistente:

$$H = \frac{ZUCS}{R_d} P$$

L	= Factor de zona	=	1
U	= Factor de uso	=	1
C	= Coeficiente Sísmico	=	0.4
S	= Factor de suelo	=	1.2
R _d	= Factor de Reducción	=	1.5
P	= Peso a considerarse		

A = Área de la construcción en planta.

$$H = 0.32 P$$

Del cuadro IV-26 se deducen:

$$F_1 = 0.31H = 0.10P = 0.13A$$

$$F_2 = 0.69H = 0.22P = 0.29A$$

4.3. FUERZA CORTANTE EN MUROS

Del cuadro IV-37 sacamos los siguientes valores:

CORTANTE RESISTENTE EN MUROS => $V_m = L * t$

PISO	DIRECCIÓN	MURO INT.	MURO EXT.
1	X	4.5	3.9
	Y	4.6	4.3
2	X	3.3	2.7
	Y	3.3	3.1

Fuente: Propia

V_m = Fuerza cortante resistente (tn)

L = Longitud total del muro por eje descontado vanos (mt)

t = Espesor del muro (mt)

La fuerza cortante actuante en cada muro es un porcentaje del cortante total:

Muro Exterior

$$V_a = \& \frac{H_i}{(n+2)}$$

Muro Interior

$$V_a = \& \frac{H_i}{n} (n-2)$$

V_a = Fuerza Cortante Actuante (tn)

H_i = Cortante en el piso 1

n = # de líneas de muro en la dirección de análisis.

$\&$ = Porcentaje de cortante total, considerando correcciones por techo flexible y torsión.

El V-02 muestra los porcentajes de cortante total actuante en muros tanto interiores como exteriores. De aquí se deduce el cuadro V-3.

CUADRO V – 02 => PORCENTAJE DE CORTANTE ACTUANTE EN MUROS. Fuente: Propia

H(%)Xi1	H(%)Xe1	H(%)Yi1	H(%)Ye1	H(%)Xi2	H(%)Xe2	H(%)Yi2	H(%)Ye2
51.71	51.82	44.00	76.91	50.53	53.07	44.00	76.79
50.69	52.56	43.18	78.26	47.98	55.38	43.18	77.66
49.60	53.60	42.98	76.45	47.50	55.61	43.04	76.04
50.92	52.21	43.75	78.31	48.96	54.63	43.75	76.86
44.40	59.27	43.75	80.09	43.75	59.86	43.75	78.65
49.46	53.89	43.53	78.00	47.74	55.71	43.54	77.20

**CORTANTE EN MUROS
(VALORES DE & - CUADRO V-03)**

PISO	DIRECCIÓN	MURO INT.	MURO EXT.
1	X	1.48	2.69
	Y	1.37	3.95
2	X	1.43	3.79
	Y	1.31	3.86

Fuente: Propia

Entonces para hallar la longitud total de muros en planta y en cada dirección se resuelve $V_a = V_m$.

$$L_i = K A(n - 2) / (nt)$$

$$L_e = A (t*(n+2))$$

L_i = Longitud en muros interiores

L_e = Longitud en muros exteriores

Y los resultados se resumen en el siguiente cuadro:

**LONGITUD NECESARIA DE MURO EN CAD DIRECCIÓN
VALORES DE K - CUADRO V - 04)**

PISO	DIRECCIÓN	MURO INT.	MURO EXT.
1	X	0.14	0.29
	Y	0.12	0.38
2	X	0.13	0.30
	Y	0.12	0.36

Fuente: Propia

Considerando los efectos mayores:

LONGITUD NECESARIA DE MURO POR PISO
(VALORES DE K - CUADRO V-05)

MURO INT.	MURO EXT.
0.14	0.38

Para una segunda comprobación se sumarán las longitudes de muro por piso y en cada dirección, y estas deberán cumplir con los requerimientos de densidad de muros hallados en el cuadro IV – 26.

DENSIDAD MÍNIMA DEL MURO
(CUADRO V-06)

DX	DY
0.98	0.97

$$(L_i + L_e) / (nb) \geq \text{Densidad de muro}$$

DX = Densidad de muro en la dirección x.

DX = Longitud total de muro en planta sin excluir vanos.

DY = Densidad de muro en la dirección y.

b_y = Longitud total de muro en planta sin excluir vanos.

4.4. ESFUERZOS

De acuerdo estudios realizados la presencia a la compresión (admisible) es:

$$F_m < 3.0 \text{ kg/cm}^2$$

De acuerdo a los resultados hallados, para edificaciones de adobe de dos pisos no es necesario verificar los esfuerzos de compresión debido a cargas de gravedad. Luego lo que se debe verificar es la fuerza de compresión combinado las cargas de gravedad, de sismo y momento de volteo:

$$T_c = P / A_t + M / S$$

P = Carga considerada en el muro.

A_t = Área de muro.

t = Espesor de muro

l = Longitud de muro

m = hr * Vac = Momento de volteo

hr = Altura del muro desde su base hasta la ubicación de la resultante sísmica.

Vac = Fuerza Actuante

S = $t * L^2 / 6$ = Modulo de sección del muro

Primer Piso:

$$hr = 1.8 \text{ h}$$

$$P = 1.3 * (1.6 * t * L * (1.8h)) = 3.74 \text{ t} * L * h$$

Segundo Piso:

$$h_r = h$$

$$P = 1.3 \cdot (1.6 \cdot t \cdot L \cdot h) = 2.08 \cdot t \cdot L \cdot h$$

Simplificando y reemplazando para cada piso y en toda dirección, y en cada dirección y tomando los efectos más desfavorables tenemos:

Primer Piso:

$$\text{Muro Exterior} \Rightarrow T_c = 3.74h(1 + 2.37A / ((n+2) tL^2))$$

$$\text{Muro Interior} \Rightarrow T_c = 3.74h(1 + 1.58A / (ntL^2))$$

Segundo Piso:

$$\text{Muro Exterior} \Rightarrow T_c = 2.08h(1 + 1.62A / ((n+2) tL^2))$$

$$\text{Muro Interior} \Rightarrow T_c = 2.08h(1 + 1.10A / (ntL^2))$$

4.5. FUERZAS DE VIENTO Y OTRAS FUERZAS HORIZONTALES.

ESFUERZOS DE TRACCIÓN

El resultado del efecto combinado de las cargas de gravedad, de sismo y momento de volteo: son los esfuerzos de tracción a determinar.

$$R_t = P/At - M/S$$

- P = Carga considerada en el muro.
 A_t = área de muro = $t * L$
 t = Espesor de muro
 L = longitud del muro
 M = $hr * Vac$ = Momento de volteo
 hr = Altura del muro desde su base hasta la ubicación de la resultante sísmica
 Vac = Fuerza actuante
 S = $t * L^2/6$ = Módulo de sección del muro

Primer Piso:

$$hr = 1.8 h$$

$$P = 0.7 * (1.6 * t * L * (1.8h)) = 2.02 t * L * H$$

Segundo Piso:

$$hr = h$$

$$P = 0.7 * (1.6 * t * L * (h)) = 1.12 t * L * h$$

Simplificando y reemplazando para cada piso y en cada dirección, y tomando los efectos más desfavorables tenemos:

$$R_t = @ (1-a)$$

Primer Piso:

$$\text{Muro Exterior} \Rightarrow R_t = 2.02h(1-4.39A/(n+2)tL^2)$$

$$\text{Muro Interior} \Rightarrow R_t = 2.02h(1-2.92A/(ntL^2))$$

Segundo Piso:

$$\text{Muro Exterior} \Rightarrow R_t = 1.12h(1-3.00A/(n+2)tL^2)$$

$$\text{Muro Interior} \Rightarrow R_t = 1.12h(1-2.04A/(ntL^2))$$

Yo = Longitud de muro bajo efecto de esfuerzos de tracción

T = Fuerza de tracción

$$Y_o = L(1-a)/2$$

$$T = R_t \cdot Y_o \cdot t/2$$

Se debe verificar que la sección de la madera cumpla:, el refuerzo que va a asumir estos esfuerzos de tracción es precisamente la sección de la viga collar de eucalipto

B = Ancho de la sección

H = Peralte de la sección

$$Z = b \cdot h^2/6 > (R_t \cdot t \cdot y_o^2/20)/f_m$$

$$f_v > 1.5(7 \cdot R_t \cdot t \cdot y_o/20)/(b \cdot h)$$

Simplificando:

$$b \cdot h^2 > 0.60 \cdot (T \cdot y_o)/f_m$$

$$b \cdot h > 1.05 \cdot T/f_v$$

Del capítulo anterior se verificó que el efecto más favorable en la viga collar es por esfuerzos de corte se sugieren las siguientes secciones para el caso del eucalipto:

f_m = Esfuerzo admisible a flexión = 304 kg/cm²

$f_{c//}$ = Esfuerzo admisible de compresión paralela = 131 kg/cm²

$f_{c\perp}$ = Esfuerzo admisible de compresión perpendicular = 35 kg/cm²

f_v = Esfuerzo de corte paralelo = 11.6 kg/cm²

E_{min} = Módulo de elasticidad mínimo = 95.000 kg/cm²

E_{prom} = Módulo de elasticidad promedio = 130.000 kg/cm², la fuerza

CUADRO V – 07

T (tn)	b x h (plg.)	# Piezas
<3	6" x 8"	1
<4	8" x 8"	1
<6	6" x 8"	2
<8	8" x 8"	2

Fuente: Propia

FUERZAS PERPENDICULARES AL PLANO DEL MURO

La fuerza perpendicular debida al sismo se considera como una carga repartida que se calcula según la siguiente expresión:

$$W_p = Z \cdot S \cdot C_p \cdot w$$

- W_p = Carga perpendicular sísmica (tn/m²)
- Z = Factor de zonificación sísmica = 1
- C_p = Coeficiente sísmico de fuerzas perpendiculares.
- C_p = 0.25 para el primer piso
- C_p = 0.21 para el segundo piso
- W = Peso del muro por unidad de área = 1.6*t (tn/m²)
- S = Factor de suelo = 1.2

Para resumir los cálculos se toma una franja de muro de 1 mt. Considerándola como una viga simplemente apoyada: así que para el cálculo del refuerzo vertical los apoyos son: la cimentación y la viga collar y para el cálculo del refuerzo horizontal los apoyos son los muros transversales.

Se obtiene que el momento máximo es:

- $M \text{ máx.} = 1 \cdot (w_p \cdot h^2) / 8$, para refuerzo vertical
- $M \text{ máx.} = h \cdot (w_p \cdot l^2) / 8$, para refuerzo horizontal
- L = Longitud del muro (mt)
- h = altura del muro (mt).

Teniendo el refuerzo de caña en la parte del muro, el valor del peralte resistente efectivo (d) será la mitad del espesor del muro.

El servicio se hará por cargas de servicio:

$$A_s = M_{max}/(f_s*j*d)$$

$$A_s = \text{Refuerzo de caña (cm}^2\text{)}$$

$$M_{max} = \text{momento actuante (tn-mt)}$$

$$F_s = \text{resistencia admisible a la tracción de la caña}$$

4.6. NORMATIVIDAD NACIONAL

4.6.1. ALCANCE

La NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones se refiere al adobe simplemente o estabilizado como unidad para la construcción de albañilería con este material, así como las características, comportamiento y diseño. Cuando se emplea el adobe en construcciones se hace con la finalidad de poder brindar edificaciones de bajo costo, que sean accesibles a la economía de la población relacionada.

La NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, mostrada a continuación busca alcanzar y conseguir la mejora de este material en las construcciones a realizarse. Es importante mencionar que estas edificaciones se encuentran en las regiones naturales sierra y costa.

Deben estar respaldados, mediante el empleo o la utilización y el desarrollo de estudios técnicos, aquellos proyectos con bases diferentes a las expuestas en esta norma.

4.6.2. REQUISITOS GENERALES

Según la NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones:

- Es imprescindible que todo proyecto arquitectónico se adecúe a los diversos y valiosos requisitos que son detallados en esta norma. Se ha de aplicar el método racional para diseñar todas aquellas edificaciones que se han de construir empleando técnicas de adobe simple y adobe estabilizado.
- Cuando se han de edificar en la zona sísmica de tipo 3 las construcciones que se realizan de adobe solo podrán tener un piso. Es importante mencionar que para los lugares que se encuentran ubicados en la zona 1 o 2 sólo se han de edificar 2 pisos.
- Es posible colocar, si se desea, sobre el primer piso hecho con material de adobe, una estructura de carácter liviano como puede ser la quincha o alguna otra estructura similar.

- Cuando el suelo donde se piensa edificar la construcción de adobe se caracteriza por ser granular, de tipo cohesivo blanco o de tipo arcillas expansivas entonces no podrán ser edificadas dichas construcciones.
- Con el objetivo de mejorar el comportamiento general de la estructura, se han de colocar refuerzos. Ello de acuerdo a la esbeltez que caracteriza a los muros.

4.6.3. DEFINICIONES

Según la NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, tenemos las siguientes definiciones:

4.6.3.1. Adobe

Un bloque formado por tierra y que tiene un carácter de tipo macizo (y que no es cocido) constituye el adobe. Este bloque se caracteriza también porque es posible que contenga paja u otro material capaz de mejorar su estabilidad.

4.6.3.2. Adobe estabilizado

Cuando se emplea asfalto, cemento o cal, se logra estabilizar el adobe. Con ello se logra aumentar su resistencia a la comprensión. A su vez podemos lograr una mejora en la estabilidad ante la presencia de humedad.

4.6.3.3. Mortero

Para proceder a unir los diversos adobes se emplea un material conocido como mortero. Generalmente este material se encuentra conformado por barro con paja o también con arena. A su vez también se puede realizar con barro con el empleo de asfalto, cemento, bosta, cal, etc.

4.6.3.4. Arriostre

El arrioste puede ser vertical u horizontal elemento que impide el libre desplazamiento del borde de un muro.

4.6.3.5. Altura Libre de Muro

Se le llama así a aquella distancia que se mide en forma vertical (distancia libre) entre los elementos que sirven para arrostramiento y que son de tipo horizontal⁴.

4.6.3.6. Largo efectivo

Se le llama así a la distancia libre y que se caracteriza por ser de tipo horizontal, medida entre los elementos de arrioste de tipo vertical.

4.6.3.7. Esbeltez

Se le llama así a la relación existente entre la altura libre que posee el muro y su espesor⁶.

4.6.3.8. Muro Arriostrado

Es un muro cuya estabilidad lateral está confinada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales⁷.

4.6.3.9. Extremo Libre de Muro

Es el borde vertical u horizontal no arriostrado de un muro⁸.

4.6.3.10. Vigas Collar o Soleras

Son elementos de uso obligatorio que generalmente conectan a los entresijos y techos con los muros. Adecuadamente rigidizados en su plano, actúan como elementos de arriostre horizontal.

4.6.3.11. Contrafuerte

Es un arriostre vertical construido con este único fin.

4.6.4. UNIDAD O BLOQUE DE ADOBE

4.6.4.1. Requisitos Generales

De acuerdo a la NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones:

La gradación (es decir el tamaño que caracteriza a los granos del suelo) tiene que cumplir el requisito de aproximarse a los valores porcentuales: de un 10 a 20 % para arcilla, de un 15 a 25% para un suelo limoso, y para un suelo conformado por arena de un 55 a un 70%.

Es importante recalcar que no han de emplearse suelos de tipo orgánico.

Al momento de fabricar adobes que se caractericen por ser estabilizados, es de vital importancia mencionar que los valores antes expuestos pueden variar.

El adobe se caracteriza por tener una consistencia maciza. A su vez solo es tolerable que las perforaciones sean de tipo perpendiculares a la cara de asiento del adobe (esta cara es la cara mayor del adobe), y no deben ser superiores al 12% del área (bruta) que se caracteriza por poseer esta cara mayor. Es importante a su vez, mencionar que, este material constructivo (adobe) no puede tener defectos que pueden alterar propiedades importantes como lo son la resistencia y la durabilidad. Entiéndase por estos defectos ejemplos como: rajaduras o también las famosas grietas, etc.

4.6.4.2. Formas y dimensiones

Según la NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, una característica muy importante de los adobes es que solo deben tener una planta que se caracterice por ser cuadrada o de tipo rectangular, cuando los encuentros sean de ángulo de una medida diferente de 90°, de formas de un tipo especial.

Sus dimensiones deberán ajustarse a las siguientes proporciones:

- Para adobes rectangulares el largo será aproximadamente el adobe del ancho.
- La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1.
- En lo posible la altura debe ser mayor de 8 cm.

4.6.4.3. Recomendaciones para su elaboración

Remoja el suelo y retirar las piedras mayores de 5mm y otros elementos extraños.

Tener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas.

Secar los adobes bajo sombra.

4.6.5. COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE.

4.6.5.1. Comportamiento sísmico de las Construcciones

Según la NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, se suele producir una falla localizada en el amarre de los muros unos de otros, esto debido en forma general a la pequeña resistencia que posee la albañilería a la tracción.

Lo anterior conduce a perder la famosa e importante estabilidad lateral, ocasionándose así el daño al desplomarse el mismo fuera de su plano.

Si se controla la falla de las esquinas, luego el muro podrá soportar fuerzas sísmicas horizontales en su plano las que pueden producir el segundo tipo de falla que es por fuerza cortante. Para este caso veremos que han de presentarse las famosas grietas que se caracterizan por ser de tipo inclinadas de tracción diagonal.

La configuración que ha de caracterizar a las viviendas debe cumplir con características como las que se detallan en las líneas siguientes.

- Considerable longitud de muros en cada dirección, de ser posible todos portantes.
- Tener una planta que tienda a ser simétrica, perfectamente cuadrada.

- Los vanos tienen que ser pequeños y de preferencia centrados.
- Se procederá a establecer refuerzos al analizar qué tan esbeltos son los muros. Estos asegurarán el amarre que existe en las esquinas y en los encuentros.

4.6.5.2. Fuerzas Sísmicas Horizontales

La NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, es importante mencionar que, en la base de la edificación construida con adobe, la fuerza horizontal proveniente del sismo se hallará haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$H = S U C P$$

Donde:

S: Factor de suelo (indicado en la Tabla 1)

U: Factor de uso (indicados en la Tabla 2)

C: Coeficiente sísmico (indicado en la tabla 3) y

P: Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50% de la carga viva.

TABLA 1

Tipo	Descripción	Factor S
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible $\geq 3 \text{ kg/cm}^2$	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible $\geq 1 \text{ KG / CM}^2$	1,2

Fuente: RNE. NTE E-080. Adobe

TABLA 2

Tipo de las investigaciones	Factor U
Colegios, Postas Médicas, Locales Comunales, Locales Públicos	1,3
Viviendas y otras edificaciones comunes.	1,0

Fuente: RNE. NTE E-080. Adobe

4.6.5.3. Comportamiento del Adobe frente a Cargas Verticales

Se ha mencionado que las edificaciones que se construyen con albañilería de adobe, estas pueden soportar (tiene la resistencia suficiente a las cargas que se caracterizan por ser de tipo vertical), de 1 a dos pisos. Pero es importante hacer mucho énfasis en el requisito de que los elementos que han de formar parte de los techos o los entrepisos, han de ser fijados al muro haciendo empleo de la viga solar (o collar)⁹.

TABLA 3

Zona Sísmica	Coefficiente Sísmico C
1	0,20
2	0,15
3	0,10

Fuente: RNE. NTE E-080. Adobe

4.6.5.4. Protección de las Construcciones de Adobe.

Según la NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, la humedad y la erosión producidas en los muros, son las principales causantes del deterioro de las construcciones de tierra, siendo necesaria su protección a través de:

- Recubrimientos resistentes a la humedad.
- Cimientos y sobrecimientos que eviten el contacto del muro con el suelo.
- Veredas perimetrales
- Aleros
- Sistemas de drenaje adecuados

4.6.6. SISTEMA ESTRUCTURAL

La NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, la edificación en adobe estará compuesta de:

- a. Cimentación
- b. Muros
- c. Elementos de arriostre horizontal
- d. Elementos de arriostre vertical
- e. Entrepiso y techo.
- f. Refuerzo.

4.6.6.1. Cimentación

Un dato sumamente importante a tomar en cuenta es que las edificaciones elaboradas (o construidas) con adobe no deben ser construidas en un terreno que se caracterice por presentar un suelo de tipo granular suelto, o un suelo cohesivo o en suelos que se caractericen por estar conformados por arcillas expansivas.

A su vez no se harán edificaciones en base de adobe en aquellas zonas o lugares que presenten una tendencia natural a las inundaciones, los huaycos, o también a los famosos aluviones, etc. A su vez, en suelos que se caractericen por ser geológicamente inestables, no se harán construcciones de este tipo.

La profundidad mínima que ha de tener la cimentación es de 60 centímetros., y a su vez debe cumplir con un requisito de ancho mínimo de 40 centímetros.

Como sabemos la función principal que ha de poseer la cimentación es lograr que la carga que poseen los muros sea transmitida al terreno en que se construirá la edificación, ello de acuerdo a su esfuerzo permisible.

Han de ser elaborados haciendo uso del concreto ciclópeo, los cimientos destinados a los muros.

Es importante mencionar que será permitido el empleo de mortero del tipo 2 (II) para proceder a juntar (unir) la mampostería de piedra, en aquellos lugares que se caractericen porque en ellos se haya demostrado que son lugares no lluviosos (que poseen una regularidad comprobada) y en los que sea imposible una futura inundación.

4.6.6.2. Muros

Según la NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, se tiene que:

Al controlar la esbeltez de cada muro y al hacer uso del empleo de arriostres, se conseguirá la estabilidad de cada muro. Es importante verificar la estabilidad de todos ellos.

Un detalle importante a mencionar es que las unidades deberán estar secas (las unidades de adobe) antes de que sean empleadas. Y se dispondrá en hiladas de tipo sucesivas, tomando en cuenta traslapes. De acuerdo a la altura libre que han de poseer los muros se determinará el espesor de los mismos. Mientras que la distancia (o longitud) de tipo máxima que posee el muro entre arriostres verticales será el equivalente a multiplicar por doce el espesor del muro.

Han de estar, correctamente centrados, los vanos.

Se ha de considerar como borde libre, al borde que se caracteriza por ser vertical y que no se encuentra arriostrado en las puertas y en las ventanas.

La medida de la tercera parte de la longitud del muro será el ancho de los vanos; y no ha de ser mayor que 5 o menor que 3 veces del espesor del muro, la distancia a considerarse entre el borde libre al arriostre vertical más próximo.

No se ha de considerar aquel requisito de tres veces el espesor que posee el muro si se ve que el muro en el extremo se encuentra arriostrado.

Los muros deberán ser diseñados para garantizar su resistencia, según lo especificado en la sección anterior.

En caso de muros cuyos encuentros sean diferentes a 90° se diseñarán bloques especiales detallándose los encuentros.

4.6.6.3. Elementos de Arriostre

Es requisito que haya mucha adherencia entre el muro y sus elementos que sirven de arriostre para que este muro vaya ser considerado como arriostreado. Para de esta manera, se logre transferir, en forma correcta, los esfuerzos.

Han de ser de tipo horizontal o de tipo vertical los elementos de arriostre.

Para los de tipo vertical cabe señalar que estos se caracterizarán por ser muros transversales diseñados detenidamente.

Con fines a lograr una buena transferencia de fuerzas cortantes a la cimentación, éstos han de tener una correcta resistencia, y también, por supuesto, una correcta estabilidad.

Deberá tener una longitud (o una distancia) en la base, mayor o igual que tres veces el espesor que posee el muro que se quiere hacer el arriostre, para que el contrafuerte o muro vaya ser considerado como un arriostre de tipo vertical.

Los arriostres horizontales son elementales o conjunto de elementos que posee una rigidez suficiente en el plano horizontal para impedir el libre desplazamiento lateral de los muros. Para proceder a realizar el arriostre de tipo horizontal, se hace uso de elementos que son muy conocidos, como las famosas viga collar o vigas soleras. Estas vigas han de ser hechas de madera o en casos especiales de concreto¹⁰.

Los elementos de arriostre horizontal se diseñarán con apoyo del muro arriostrado considerándose al muro como una losa vertical sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a él.

Es importante brindar y garantizar entre el muro y sus respectivos arriostres, una correcta transferencia de los esfuerzos. Debemos mencionar un detalle muy importante, y es que los muros y arriostres deben formar en su conjunto un sistema que se caracterice por tener cualidades como de ser integrado y continuo.

4.6.6.4. Refuerzos Especiales

De acuerdo a la esbeltez de los muros que se indican en la tabla 4, se requiere refuerzos especiales.

El objetivo que persiguen estos refuerzos especiales es optimizar la conexión en los encuentros de los muros o también podemos mencionar que éstos buscan incrementar la ductibilidad de los muros.

Podemos mencionar a la caña, la madera u otros materiales similares, etc., como ejemplos de refuerzos especiales más comúnmente usados.

Los anclajes y los empalmes que son destinados a los refuerzos se han de detallar, como garantía de alcanzar un comportamiento eficaz.

TABLA 4

Esbeltez	Arriostres y Refuerzos Obligatorios	Espesor Min. Muro (m)	Altura Min. Muro (m)
$h \leq 6$	Solera	0,4 – 0,5	2,4 – 3,0
$6 \leq h \leq 8$	Solera + elementos de refuerzo horizontal y vertical en los encuentros de muros	0,3 - 0,5	2,4 – 4,0
$8 \leq h \leq 9$	Solera + elementos de refuerzo horizontal y vertical en toda la longitud de los muros	0,3 – 0,5	2,7 – 4,5

Fuente: Internet.

El valor de h tiene la posibilidad de ser considerado mayor de 9 pero menor que un valor de 12, esto en ocasiones de carácter especial.

La realización de esta consideración se da siempre y cuando se respalde esta decisión a través de la presentación de un estudio técnico, el cual exponga y considere refuerzos que tengan la finalidad de brindar estabilidad a la estructura.

- **Caña Madera o similares**

Por ser tiras, se caracterizan estos refuerzos. Estas tiras han de ser colocadas de manera horizontal en cada cierto número de hiladas. Es importante mencionar que de manera máxima serán cada 4 hiladas.

A través de amarres correctos (o adecuados) en las esquinas y también los encuentros, estas tiras estarán unidas.

Es importante mencionar que, en los esquineros y los encuentros de los muros, como también en toda la longitud de los muros, los amarres podrán usarse dependiendo de lo indicado en la Tabla.

En el caso de que se utilicen unidades cuya altura sea mayor de 10 cm., las tiras de caña tendrán un esparcimiento máximo de 40 cm.

Han de colocarse, las tiras de caña, de manera coincidente con el nivel superior o también en el nivel inferior, de los vanos.

En el plano central, entre las unidades elaboradas de adobe, también en alveolos que se caracterizan por ser de diámetro de 5 centímetros como mínimo, han de colocarse las cañas.

Se han de llenar los vacíos, en los dos casos, con mortero.

Fijado a la solera superior, y anclado a la cimentación, ha de estar el refuerzo. Para ello es posible emplearse caña que se caracterice por estar seca y que se caracterice también por estar madura.

En dinteles de vanos, como también de vigas soleras que se caractericen por estar sobre los muros, es posible emplear madera.

De manera correcta se ha de anclar la viga solera al muro, y si existiese, también ha de estar anclada al dintel.

- **Malla de Alambre**

Es importante mencionar que la protección de esta consiste en una capa de mortero elaborado con cemento y arena, que tenga (en forma aproximada) 4 centímetros.

También se usa como refuerzo exterior aplicado sobre la superficie del muro y anclado adecuadamente a él.

Cuando se ha de colocar la malla, esta colocación puede hacerse en una o también dos caras del muro. En este último caso han de unirse ambas capas con el empleo de elementos de conexión a través del muro.

- **Columnas y vigas de concreto armado**

Han de empelarse éstas, cuando no sobrepasa los 25 centímetros el espesor del muro. Y se utilice para unir los adobes un mortero que contenga cemento, ello con fines de realizar el anclado del alambre de $\frac{1}{4}$ " cada tres hiladas. Ello se realiza con fines de transmitir de manera correcta entre la columna y el muro, los esfuerzos. La finalidad de que sean empleadas las vigas soleras de concreto armado, consiste en la contribución que realizará para lograr constituir un diafragma rígido, esto en aquel nivel en que se ha de construir¹¹.

Deberá realizarse la colocación del refuerzo de acuerdo al espesor que caracteriza a los muros.

Es posible que se considere un muro que se caracterice por un espesor de 20 a 25 centímetros, ello en casos de tipo especial.

Esto se hará luego de hacerse un detallado estudio técnico, el cual ha de considerar refuerzos tanto de tipo vertical, como también de tipo horizontal.

4.6.6.5. Techos

Se han de caracterizar los techos, en la manera de lo posible, por ser de tipo livianos y su carga han de reducir o disminuir en la mayor cantidad que sea posible de muros.

Es así que se logra evitar que en los muros haya concentraciones de refuerzos.

El diseño para los techos debe evitar que vayan a producirse en los muros, empujes de tipo lateral, que se caractericen por provenir de las cargas de gravedad.

4.6.7. ESFUERZOS ADMISIBLES

Según la NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, ha de considerarse la variabilidad de los materiales a emplearse, en los ensayos que se realizan con fines de conseguir los esfuerzos admisibles de diseño.

Se han de considerar esfuerzos mínimos como:

- Resistencia a la compresión de la unidad:

$$f_o = 12 \text{ Kg/cm}^2$$

- Resistencia a la compresión por aplastamiento:

$$F_m = 0,2 f'_m \text{ ó } 2\text{Kg/cm}^2$$

- Resistencia a la compresión por aplastamiento:

$$1,25 f'_m$$

- Resistencia al corte de la albañilería:

$$V_m = 0,25 \text{ Kg/cm}^2$$

4.6.7.1. Resistencia a la compresión de la unidad

La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe.

El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia última (f_o) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de f_o mínimo aceptable de 12 kg/cm². La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería.

4.6.7.2. Resistencia a la compresión de la Albañilería

La Resistencia a la compresión de la Albañilería podrá determinarse por:

i. Ensayos de pilas con materiales y tecnología a usar en obra.

Las pilas estarán compuestas por el número entero de adobes necesarios para obtener un coeficiente de esbeltez (altura / espesor) del orden de aproximadamente tres (3). Es sumamente importante mencionar que las pilas mantengan su verticalidad.

La mínima cantidad de adobes a emplearse ha de ser 4, mientras que la junta se caracterizará por tener un espesor de un valor de 2 centímetros.

Para el secado del mortero se ha de considerar un tiempo de 30 días y para proceder a realizar el ensayo se considerará un mínimo de 03 pilas.

Es a través de estos ensayos que el f'_m de la pila es conseguido. El esfuerzo admisible a la compresión se calcula como:

$$F_m = 0,25 f'_m$$

Donde:

ii. Alternativamente cuando no se realicen ensayos de pilas, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible:

$$F_m = 2,0 \text{ Kg/cm}^2$$

4.6.7.3. Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento será:
 $1,25 f_m$

4.6.7.4. Resistencia al corte de la albañilería

La resistencia al corte de la albañilería se podrá determinar por:

- a) Ensayos de compresión diagonal con materiales y tecnología a usarse en obra.

Se ensayarán un mínimo de tres (3) especímenes.

f'_m = Esfuerzo de compresión último de la pila

El esfuerzo admisible al corte del muro (V_m) se obtendrá con la expresión:

$$V_m = 0,4 f'_t$$

Donde:

f'_t = esfuerzo último del murete de ensayo.

Este valor será el sobrepasado por 2 de cada 3 de los muretes ensayados.

- b) Alternativamente cuando no se realicen ensayos de muretes, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible al corte:

$$V_m = 0,25 \text{ Kg/cm}^2$$

4.6.8. DISEÑO DE MUROS

4.6.8.1. Diseño de Muros Longitudinales

Según la NTE 080 – ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones La aplicación de la resistencia V_m se efectuará sobre el área transversal crítica de cada muro, descontando vanos si fuera el caso.

REFORZAMIENTO DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE EXISTENTES EN LA COSTA Y SIERRA

Zegarra, San Bartolomé, Quiun y Gieseche (1997) presentan a través de una serie de figuras, una técnica sencilla de razonamiento que permita retardar el colapso de las viviendas de adobe existentes en la región andina, cuando éstas se vean sujetas a terremotos. De esta manera se pretende que los ocupantes tengan el suficiente tiempo para evacuar su vivienda hacia zonas más seguras durante el sismo. En síntesis, la técnica de reforzamiento consiste en clavar una malla electro soldada por la parte exterior e interior de las paredes de adobe, interconectando ambas mallas con alambre # 8, para posteriormente tarrajearlas con mortero de cemento 1:4.

Esta malla debe ser colocada en franjas horizontales y verticales (simulando vigas y columnas de confinamiento, respectivamente) en las zonas críticas de la vivienda, y su objetivo es, en conjunto con el tarrajeo, evitar la pérdida de rigidez lateral que súbitamente se presenta en las viviendas no reforzadas cuando éstas se agrietan.

Cabe resaltar que esta técnica de reforzamiento proviene de múltiples ensayos de simulación sísmica, después de haberse probado otras soluciones, tales como el reforzamiento con sogas, tablas, malla de gallinero, etc. En un proyecto titulado “Estabilización de las Construcciones de Adobe Existentes en los Países Andinos”, desarrollado por el Centro Regional de Sismología para América del sur (CERESIS) y la Pontificia Universidad católica del Perú (PUCP), con el financiamiento de la agencia de cooperación técnica alemana Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

- **Comportamiento Sísmico de las Viviendas no Reforzadas.**

Zegarra, San Bartolomé, Quiun y Gieseche (1997) dan a conocer que el comportamiento sísmico de las viviendas de adobe existentes es de suma importancia, porque esto nos permite ubicar las zonas críticas que deberán reforzarse.

En los diversos terremotos ocurridos en el Perú, las viviendas de adobe han demostrado tener un mal comportamiento, colapsando en forma muy rápida, incluso ante los sismos moderados, lo que generalmente provoca la muerte de sus ocupantes y grandes pérdidas económicas.

Este comportamiento frágil se debe a la falta de refuerzo que permite controlar el tamaño de las grietas, las que producen una pérdida súbita de la rigidez lateral (K), convirtiéndose la vivienda en un sistema muy flexible y con gran masa (M), lo cual genera el colapso, ya que las fuerzas sísmicas (f) se incrementan notablemente.

Cabe indicar que inicialmente las viviendas de adobe son sumamente rígidas y al agrietarse, su período natural de vibrar se incrementa, pero no llega a sobrepasar al período predominante del sismo, por lo que la respuesta estructural también aumenta.

Teniendo las grietas (G1 a G3) que inicialmente se forman en estas construcciones. Estas grietas se deben principalmente a las fuerzas sísmicas. La grieta G1, se produce en la base del triángulo superior que conforma al tímpano (utilizado para formar los techos a dos aguas en la sierra del Perú), el cual termina desplomándose por los empujes que genera la viga cumbreira (tronco de eucalipto u otro).

Ante la ausencia de una viga solera que controle los grandes desplazamientos laterales en la zona central superior del muro, y porque generalmente los muros de arriostre se encuentran muy distanciados, se forma la grieta G2, trabajando la pared como una especie de losa arriostrada en 3 bordes, con el borde superior libre. La grieta G3, se forma por desgarramiento vertical entre las paredes perpendiculares, y se debe a la mala transferencia de las fuerzas sísmicas entre esos muros, por la ausencia de las fuerzas sísmicas entre esos muros, por la ausencia de vigas soleras y columnas de confinamiento, capaces de absorber las tracciones que se desarrollan en el encuentro entre los muros. Este desgarramiento vertical resulta muy peligroso, porque se pierde la acción de arriostramiento quedando la pared como un elemento en voladizo (isostático), y de continuar el movimiento sísmico, la pared termina volcándose, principalmente hacia el exterior, debido a que rebota al chocar contra la pared transversal (arriostre). Tal como se dijo, tanto la grieta G2 como la G3, corren de arriba hacia abajo y presentan una mayor abertura en la zona superior del muro, puesto que esa es la región de mayor deformación.

Otro tipo de falla se caracteriza por adoptar una forma escalonada a través de las juntas verticales y horizontales y se debe a la poca adherencia que se desarrolla entre el mortero de barro y el adobe. Por lo general, la falla por corte ocurre después de haberse presentado las grietas G2 y G3.

Adicionalmente, ha podido observarse una grieta horizontal en la interfase entre el sobrecimiento (que por lo general es de albañilería con ladrillo e arcilla) y el muro de adobe. Esta falla se genera por acciones sísmicas perpendiculares al plano del muro.

- **Alcances de la Técnica de reforzamiento Planteada y defectos que impiden Aplicarla Directamente.**

Zegarra, San Bartolomé, Quiun y Gieseche (1997) afirman que no todas las viviendas pueden reforzarse con la técnica de enmallado propuesto, porque ellas pueden tener otros defectos que hacen que el reforzamiento no surta efecto, a no ser que se adicione otras técnicas de reforzamiento que encarecerían la solución planteada. Entre estos defectos sus posibles soluciones se tienen:

- a. Viviendas con la base de los muros socavada por la humedad o la intemperie. En este caso, habría que apuntalar previamente el techo y reforzar la base de los muros con concreto, construyendo una especie de calzadura, para después proceder con el enmallado.

- b. Vivienda con los techos en mal estado (apolillados, etc.). en este caso, habría que desmontar el techo existente, por lo que se podría colocar una viga solera de concreto armado, enmallando verticalmente sólo el encuentro entre las paredes octogonales, para posteriormente construir un techo nuevo.
- c. Vivienda con grietas (G1 @ G5) que tienen un espesor mayor que 3 mm. En este caso, habría que profundizar la grieta, limpiarla, humedecerla y rellenarla con mortero 1:4 compactado a presión manual, para posteriormente enmallar los muros. Cabe indicar que si el desplome del muro supera 1 cm., debe eliminarse esa pared y construirse otra, utilizando esta vez un mortero de cemento en las juntas entre adobes; para conectar la pared nueva con la antigua, se recomienda emplear una columna de concreto armado.

- **Materiales a Emplear y sus Funciones**

Zegarra, San Bartolomé, Quiun y Gieseche (1997) señalan que los materiales utilizados en la técnica de reforzamiento propuesta son los siguientes:

- a. Clavos de 2 ½ pulgadas. Utilizado para clavar la malla.
- b. Chapas de gaseosas. Sirven como especie de arandelas, que permiten fijar la malla contra la pared, las chapas con sus clavos respectivos, se colocan espaciadas cada 25 cm. lo cual hace que se necesite 16 chapas y 16 clavos (77 gramos) por metro cuadrado de pared.

- c. La malla electro soldada. Esta malla está compuesta por alambre galvanizado de 1 mm. de diámetro, formando cocadas cuadrangulares de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

La malla se vende en rollos que tienen un ancho de 90 cm., lo cual permite, cortándola de dos partes, emplearlas como franjas horizontales de 45 cm. de ancho formando una especie de viga solera; en cambio, las franjas verticales que simulan a las columnas, deben colocarse enteras en el encuentro entre los muros ortogonales, doblándolas a 90°. La malla tiene una resistencia a tracción igual a 1825 Kg. por metro de ancho. Por otro lado, como la malla es galvanizada, puede clavarse directamente contra la pared de adobe (no se requiere pañetearla previamente), sin que exista peligro de corrosión.

- d. Alambre # 8. Este alambre se utiliza como un elemento que conecta las mallas verticales colocadas en las dos caras del muro, a fin de que ambas trabajen en conjunto; las franjas horizontales no necesitan conectarse.

El alambre atraviesa la pared, para lo cual debe efectuarse perforaciones previas de 3 x 3 cm., espaciadas cada 50 cm. que después se taponan con mortero 1:4, compactado. El alambre dobla 10 cm. a 90° en cada extremo y este doblez se clava contra la malla y la pared, empleando 3 grapas de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

- e. Grapas de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Estas grapas permiten fijar los conectores (alambre #8),

- f. Mortero 1:4. Este mortero recubre la malla y es el elemento que incrementa la rigidez de la pared de adobe, ante acciones sísmicas coplanares ortogonales al plano del muro.

El espesor de la capa de mortero es del orden de 2 cm. y está compuesto volumétricamente por una proporción de cemento Pórtland tipo 1 más 4 de arena fina.

El agua a utilizar para formar la mezcla, debe ser potable. Para el espesor de mortero indicado, se necesita por metro cuadrado de pared: 0,17 bolsas de cemento (0.005 M3) y 0.02 m3 de arena fina, sin contar desperdicios (usualmente 5%).

Inicialmente se humedece la pared para después pañetearla, luego se aplica el mortero frotachándolo. El tarrajeo final que se realiza con una plancha, lo cual hace que la zona reforzada luzca bien acabada y al adherirse convenientemente con la malla, no se ha observado peligro de desprendimiento por vibraciones sísmicas.

- g. Tablas de ½ pulgada de espesor, 2 pulgadas de ancho y 60 cm. de altura.

Este refuerzo debe emplearse en los tímpanos de las viviendas ubicadas en la Sierra, así como en la interfase sobrecimiento – adobe de aquellos muros localizados en la Costa o Sierra que superan los 4 m. de altura.

Tal como se ha mostrado, la línea formada en la parte inferior del triángulo que conforma al tímpano es una zona de debilidad, al igual que la conexión sobrecimiento ladrillo o concreto con el muro de adobe, por lo que esa zona debe “coserse” con tablas verticales espaciadas en cada 1 m., formando una especie de “sándwich”.

Preferentemente, la tabla debe ser de madera tornillo y debe colocarse embutida en una ranura, hecha previamente en el muro, de manera que la malla la cubra. Estas tablas tienen una altura de 30 cm. por arriba y debajo de la línea de debilidad. A su vez, la tabla interior debe conectarse con la exterior mediante alambre # 8, engrampados (3 grapas de $\frac{3}{4}$) contra las tablas.

- **Herramientas y sus funciones**

Zegarra, San Bartolomé, Quiun y Gieseche (1997), para aplicar la técnica de reforzamiento propuesta, se requiere las siguientes herramientas de trabajo:

- h. Alicata. Empleado para cortar la malla electro soldada y los elementos conectores (alambre # 8) de las mallas verticales.
- i. Cincel y Martillo. Se usan para hacer las perforaciones de 3 x 3 cm. en el muro, donde se ubican los elementos conectores de la malla, así como para efectuar las ranuras en la pared donde se colocan las tablas de 2" x 1/2" x 60 cm. Además, el martillo se utiliza para clavar la malla contra la pared de adobe y para clavar las grapas de los conectores.

- j. Varilla de acero corrugado de 3/8" de diámetro por 50 cm. de largo. Sirve para compactar el mortero 1:4 a colocar en las perforaciones donde se alojan los conectores.
- k. Serrucho. Empleado para cortar las tablas mostradas.
- l. Carretilla. Es empleada para transportar las bolsas de cemento y la arena fina.
- m. Batea. Utilizada para preparar el mortero 1:4.
- n. Lata. Se usa para definir las proporciones volumétricas de los ingredientes del mortero (cemento, arena fina y agua).
- o. Badilejo, Frotacho, Plancha y Tabla. Estas herramientas se emplean en la operación de tarrajeo. El badilejo se utiliza para pañetear al muro con una primera capa de mortero (después que la malla haya sido instalada), lanzar una segunda capa de mortero y cortar las rebabas finales del mortero¹⁶.
- p. El frotacho y la tabla sirven para alisar la capa del mortero y la plancha para darle el acabado final, para lo cual debe espolvorearse cemento seco.
- q. Wincha. Utilizada para efectuar las mediciones correspondientes

- **Procedimiento de Trabajo.**

Zegarra, San Bartolomé, Quiun y Gieseche (1997), describen paso a paso la técnica de reforzamiento propuesta, debiéndose indicar que el enmallado por franjas horizontales y verticales, debe realizarse en las dos caras de todos los muros que componen la vivienda, excepto en aquellas que colindan con viviendas vecinas.

El enmallado se realiza en todos los muros, puesto que se ha observado en el terremoto de Nazca de 1996, que incluso las paredes interiores pueden colapsar, sin que fallen las perimetrales.

Por otro lado, vuelve a remarcarse que las mallas verticales son las únicas que necesitan conectarse con alambre # 8 @ 50 cm. y que la propuesta de reforzamiento tiene sus limitaciones.

Metrado de materiales. La cantidad de metros cuadrados de los muros por reforzar se obtiene de la siguiente manera:

- Mallas Horizontales. Se multiplica por 0.9 (el ancho de la malla horizontal es 45 cm. y debe reforzarse las dos caras de cada muro) a la suma de las longitudes de los muros (en metros). Para el caso de los muros perimetrales que colindan con viviendas vecinas, el factor 0.9 se convierte en 0.45
- Mallas Verticales. Por cada intersección entre muros ortogonales, se aplica la fórmula: $0.9 N H$, donde "H" es la altura del muro (en metros) y "N" es un factor que depende de la manera como se cruzan los muros.

Luego se suman esos resultados contabilizando todas las intercepciones que existen en la vivienda. Para el caso de muros que colindan con viviendas vecinas, “N” se reduce a los valores mostrados en la tabla 5.

Finalmente, debe sumarse la cantidad de metros cuadrados que aportan ambas mallas. Este resultado se multiplica por la cantidad unitaria de materiales (por m² de muro) indicado en la tabla 6.

El número de conectores (alambre # 8 @ 0.5 m) de las mallas verticales en cada intercepción entre muros ortogonales, se obtiene aplicando la fórmula: $N (2 H + l)$, donde “H” es la altura (en metros) del muro y “N” aparece en la tabla 5:

TABLA 5

VALORES DE “N” PARA MALLAS Y CONECTORES				
INTERCEPCIÓN DE PLANTA	Muros Interiores		Muros que Colindan con otras Viviendas.	
	Malla	Conecto	Malla	Conector
CRUZ	4	4	-	-
T	3	3	2	1
L	3	2	2 o 1	1 o 0
BORDA LIBRE	1	1	0.5	0

Fuente: Internet.

TABLA 6

CANTIDAD DE MATERIALES POR M2 DE MURO	
CLAVOS 2 1/2"	77 gramos o 16 clavos
CHAPAS	16
CEMENTO	0.18 bolsas
ARENA FINA	0.021 metros cúbicos

Fuente: Internet.

CONCLUSIONES

- De los materiales utilizados dependen la resistencia de los muros, por lo que antes deben ser cuidadosamente seleccionados o preparados, mezclando suelos de granulometría apropiada.
- Para conseguir un buen suelo de construcción, se le estabiliza con lo que se consigue aumentar su resistencia y su impermeabilidad.
- La respuesta de una estructura frente a una excitación sísmica, depende de las características dinámicas del suelo y de la estructura.
- Estas últimas depende básicamente de las propiedades de los materiales y de la forma de la estructura. Como las primeras en este caso se mantienen casi invariables. Puesto que ya se ha escogido el suelo como material de construcción, la forma de las edificaciones es decisiva para obtener un buen comportamiento sísmico.
- Cualquier estructura o elemento falla porque en los puntos críticos donde se concentran los esfuerzos, estos superan a la resistencia del material. Teniendo el adobe una resistencia limitada, las exigencias en cuanto a forma son mayores que con respecto a otros materiales.
- Como la mayor componente del sismo es en la dirección horizontal, éstas son resistidas por los muros en la dirección paralela a su eje, ya que su inercia y su resistencia a la cortante es mucho mayor en esta dirección que en la que va perpendicular a su cara.

- Considerando que los daños sísmicos se producen por la concentración de esfuerzos en ciertos puntos críticos, la forma de la edificación, disposición de paredes, etc, deberá ser proyectada en tal forma que los esfuerzos sean distribuidos lo más uniformemente posible en todo el sistema resistente, es decir que la estructura debe ser especialmente concebida en el espacio para resistir fuerzas laterales en cualquier dirección. Entonces un aspecto importante es la forma del edificio, el cual debe poseer simétrica, continuidad, robustez competencia torsional, por lo tanto, se deben evitar plantas con forma irregular.
- Existe una peligrosa tendencia a imitar a las construcciones de material noble al tener vanos de ventanas grandes (1.70 mt. de largo por 1.50 mt. de alto) y vano de puertas amplias (1.60 mt. de ancho por 2.20 mt. de alto). Considerando que los muros en sus direcciones resistentes toman la fuerza sísmica básicamente en cortante, cualquier abertura que se efectúe debilita el muro.
- La colocación de refuerzos, tales como vigas soleras superiores, confeccionadas de madera principalmente, mejora notablemente el comportamiento sísmico de la vivienda.
- Como se espera incursiones instantáneas en el rango inelástico durante la ocurrencia de sismos, entonces es necesario obtener la ductilización de los elementos, por lo tanto, es necesario contar con refuerzos que garantice la seguridad al colapso.

- Este refuerzo viene a ser la caña incorporada al muro. Además, gracias a ensayos realizados con muros, es posible predecir razonablemente el comportamiento estructural real y por lo tanto mediante un análisis adecuado escoger un sistema con un mecanismo de falla en flexión y no en corte, ya que este tipo de fallas son de naturaleza frágil.
- Se ha preferido establecer exportaciones relacionadas con el coeficiente sísmico a partir de los esquemas de fisuración observados en los ensayos, generalizarlos, aplicarles el método de trabajo virtual para el adobe y finalmente simplificar las expresiones dentro de los tramos de validez.
- Ocurre que los muros una vez fisurados conservan un momento flector restitutivo basado en las fuerzas gravitacionales propias, que mantiene el equilibrio del sistema con grandes incrementos de deformación a carga constante. Este incremento de deformación posible, luego de la fisuración, es del orden de 4 a 6 veces la deformación máxima elasticidad y la que da origen a una “ductilidad aparente”. El conocimiento de este fenómeno permite la correcta aplicación del concepto del trabajo virtual para evaluar de colapso en muros sometidos a flexión, a través de las líneas de rotura.

RECOMENDACIONES

- Debe recordarse que el suelo más apropiado para el adobe es aquel que contiene del 15% al 50% de arcilla y el resto limo y arena, y para el tapial 50% a 75% de arena y 50% al 25% de limo y arcilla.
- El método más simple y económico para estabilizar un suelo consiste en agregar arena a un suelo muy arcilloso y viceversa, hasta lograr la granulometría recomendada para cada caso.
- La paja es un estabilizador mecánico muy utilizado. No reacciona con el suelo, pero le da al adobe cierta resistencia a la tracción, acelera el secado y durante este proceso disminuye las fisuras por retracción. Le da también al suelo mayor estabilidad bajo condiciones variables de humedad.
- La ubicación de los muros en plantas debe buscar simetría de distribución con el propósito de minimizar la distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez ya que de otra manera se tendrá una torsión en planta, además de que formas asimétricas tienden a producir concentración de esfuerzos. La falla por torsión en planta produce en muchos casos al colapso de la vivienda, y sobre todo en este caso que se trata de adobe.
- El área de vivienda debe ser mayor a 100 m² de lo contrario los vanos resultantes serán pequeños, por el orden de 3m x 3 m.

- En cuanto a la relación b_x / b_y para vivienda de 2 pisos se limita a $b_x < 1.1 b_y$. En sí, lo más aconsejable es que $b_x = b_y$.
- En cuanto al peso debe ser el menor posible de tal manera que se tenga una relación promedio de: peso total / Área = 2.48 Tn/m², peso piso 1/Área = 1.16 Tn/m², peso piso 2/Área = 1.32 Tn/m².
- En cuanto a lo que se refiere a la densidad de muros: la densidad de muros en la Dirección X vs la dirección y debe estar en una relación de $D_x/D_y = 0.89$. además en cada dirección tenemos que $D_x=0.85$, $D_y=0.97$. esto nos indica que el área de vanos en la dirección X no debe pasar del 15% del área total de muros en esa dirección; lo mismo para la dirección y nos da un tope de 3% del área de vanos.
- Para efectos de diseño se podrán usar los siguientes valores máximos.

DESCRIPCIÓN	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE MÁXIMO (Kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE MÁXIMO (Kg/CM ²)
DIR X PISO 1	0.45	0.45
DIR Y PISO 2	0.46	0.44
DIR X PISO 1	0.33	0.33
DIR Y PISO 2	0.33	0.31

Fuente: Propia.

- Esto nos indica que el valor del confinamiento DEL PISO 1 ES DE 1.11 Kg/cm² y del Piso 2 es de 0.72 Kg/cm² como valores máximos.
- Podemos apreciar que para los fines prácticos de diseño se pueden utilizar los siguientes valores para esfuerzos de tracción por flexión:

PISO 1 → $\sigma_t = -2.25 \text{ Kg/cm}^2$. T = -7.75 tn.

PISO 2 → $\sigma_t = -0.73 \text{ Kg/cm}^2$. T = -2.04 tn.
- El diseño de las vigas soleras es regido por su resistencia al corte más que su resistencia a la flexión y a tracción. Se recomienda usar para la solera del primer Piso 2 piezas de 8" x 8" y para el segundo Piso ¡ pieza de 6" x 8". Como se está usando eucalipto, para otro tipo de diseño utilizar los parámetros de diseño para Grupo estructural A.

ESFUERZOS ADMISIBLES	SIMBOLO	(KG/CM²)
FLEXIÓN	fm	210.00
COMPRESION PARALELA	fc//	145.00
COMPRESIÓN PERPENDICULAR	fcl	40.22
CORTE PARALELO	fv	15.00
TRACCIÓN PARALELA	ft	145.00
MODULO DE ELASTICIDAD	E	
	Emin	95.000
	Eprom	130.000

Fuente: Propia.

- La recomendación de excluir los alfeizares como parte integrante del muro y de que los vanos de las puertas y ventanas se prolonguen hasta el techo nos posibilita el evitar concentraciones de esfuerzos en esas zonas.
- Con este fin será necesario la ubicación de juntas que separen los cambios de sección de los muros y que se dividan en muros cortos y muros muy largos. Las juntas implican la existencia de espacios libres que deben ser selladas (por ejemplo, con mortero de cal) para evitar el paso de la lluvia, el viento, el polvo, etc.
- Debido a la presencia de una viga collar rígida del sistema, el muro tiene su sistema de apoyo en 4 lados, por lo que los coeficientes sísmicos para diseño serán:

Para muros de primer piso → $c = 0.25$

Para muros de segundo piso → $c = 0.21$

- En el caso de los muros de cerco se usará un coeficiente sísmico de 0.10.
- El refuerzo de caña vertical en los muros en las dos direcciones y en los dos pisos que se recomienda es: 1 @ 1 cada mt.
- El refuerzo de caña horizontal en los muros interiores que se recomienda será de 2 @ 1" cada 4 hiladas.

- El refuerzo de caña horizontal en los muros exteriores que se recomienda será de 7 @ 1" cada 3 hiladas.
- El refuerzo de caña horizontal en los muros de cerco que se recomienda es: 1 @ 1" cada 1.75 mt.
- El refuerzo de caña horizontal en los muros de cerco que se recomienda será de: 2 @ 1" cada 6 hiladas.
- La cimentación debe tener dimensiones adecuadas para evitar asentamientos diferenciales. Para edificaciones de dos pisos, los cimientos deben ser a base de piedra grande asentada con barro con una profundidad promedio de 1.20 mt. y un ancho promedio de 0.80 mt.
- Para aislar al muro de la humedad del suelo proveniente del agua de las lluvias, los sobrecimientos deben elevarse por lo menos 0.30 mts. del nivel del piso terminado.
- Observar un buen control de calidad en lo referente a las dimensiones de los moldes para la elaboración de las unidades de adobe, así como también el material de que están hechos estos moldes deben garantizar que no se deformaran con el uso a tal punto de tener unidades con formas irregulares.
- El aparejo a emplear en la construcción de los muros será el de soga con unidades 35 x 60 x 12 cm. con un alveolo central de @ 1" por donde pasará la caña de refuerzo.

- Así también se confeccionará unidades sin alvéolos y medias unidades con/sin medios alvéolos extremos.
- Confeccionar correctamente los muros aplomándolos por sus dos lados para tener un paramento lo más uniforme posible. Las hiladas se realizan uniformemente a todo lo largo, a fin de evitar asentamientos diferenciales.
- Durante un día no se llegará a alturas mayores de 1.20 mts. para que el mortero de las juntas puede secar, evitando que las paredes se desplomen por el peso de los adobes superiores.
- Los morteros utilizados son de la misma calidad que las unidades de adobe ya que está compuesto por tierra arcillosa mezclada con paja y remojada con agua y batida. Nuevamente se hace énfasis en un correcto control de calidad en cuanto al material utilizado y su dosificación para la confección de las unidades, así como el mortero.
- Las juntas tendrán un promedio de 2.5 cm, pero no son mayores de 3 cm. para no debilitar el muro. Es necesario incidir en el relleno de las juntas verticales para evitar rajaduras en el muro por esta deficiencia constructiva que es común y generalizada.
- Hacer eficientes trabas entre muros de esquinas empalmado estos elementos correctamente con la viga solera.

- Se debe añadir otros factores secundarios, pero no por ello menos importante, que incidan de manera indirecta, en el comportamiento sísmico resistente de la vivienda y que son los aspectos sociales y sanitarios.
- Debido a las exigencias sociales de la comunidad algunas veces los dueños de la vivienda para mejorar el tratamiento arquitectónico de la fachada, le colocan mayores aberturas y/o elevan su altura.
- Eventualmente se realizan también modificaciones de la distribución y/o refuerzos que por no hacerse con criterio técnico debilitan la edificación.
- Debido a la falta de un control sanitario adecuado, en muchos casos, proliferan cierto tipo de roedores que socavan las bases de los muros, haciendo peligrar su estabilidad.
- Por lo expuesto se recomienda el asesoramiento técnico en áreas rurales con la finalidad de crear una conciencia sísmica entre los pobladores de una comunidad, enseñar métodos sencillos y adecuados en la fabricación de adobes, en la construcción de viviendas y conservación de ellas.
- A este tipo de poblador y a otras en condiciones semejantes en pequeños pobladores, es que hay que proporcionarles ayuda técnica, para que mejore la calidad de sus construcciones.

Esta podría llegar a ellos, a través de una campaña a nivel nacional, en que podría tomar parte activa los maestros de escuela quienes podrían capacitarse para este fin mediante cursillos, donde recibirán material didáctico, de preferencia gráficos muy simples de interpretar, que podrían utilizar a su vez en su campaña de educación al adulto y al estudiante.

- También se debe considerar el plazo de ejecución en la época del año dado que la fabricación y secado del adobe requiere de una estación seca.

BIBLIOGRAFÍA

- Cytrin s.- Construcción con tierra. Edit.centro regional de ayuda técnica México 1965
- Padrón Bernal Fernando. Estabilización de suelos. Edit. UNI 1995
- Velarde Dorrego Jesús. Adobe estabilizado. Tesis FIC-UNI 1974
- Reglamento nacional de edificaciones Norma Adobe E.080 Perú.
- Manual técnico para el reforzamiento de las viviendas de adobe existentes en la costa y sierra. Ceresis.org.
- A Primer to Straw-Bale Construction. Stephen Macdonald. 1999.

ANEXOS

PANEL FOTOGRÁFICO



Poblador mezcla el barro con aserrín y arcilla sin dosificar demasiado.
La dosificación se realiza por tanteo. Fuente: Propia.



Arriba: Nuevo molde de madera de 8x12x20 cm. para la construcción de adobe.

Abajo: Se elaboran cientos de unidades; y luego se protegen de las condiciones climáticas. Fuente: Propia.



Poblador en pleno proceso de elaboración de los bloques de Adobe. Fuente: Propia.



Unidades de adobe terminadas protegidas de la intemperie.
Fuente: Propia.



Arriba: Pilas apiladas de adobe de 25x35 cm. listas para su uso.

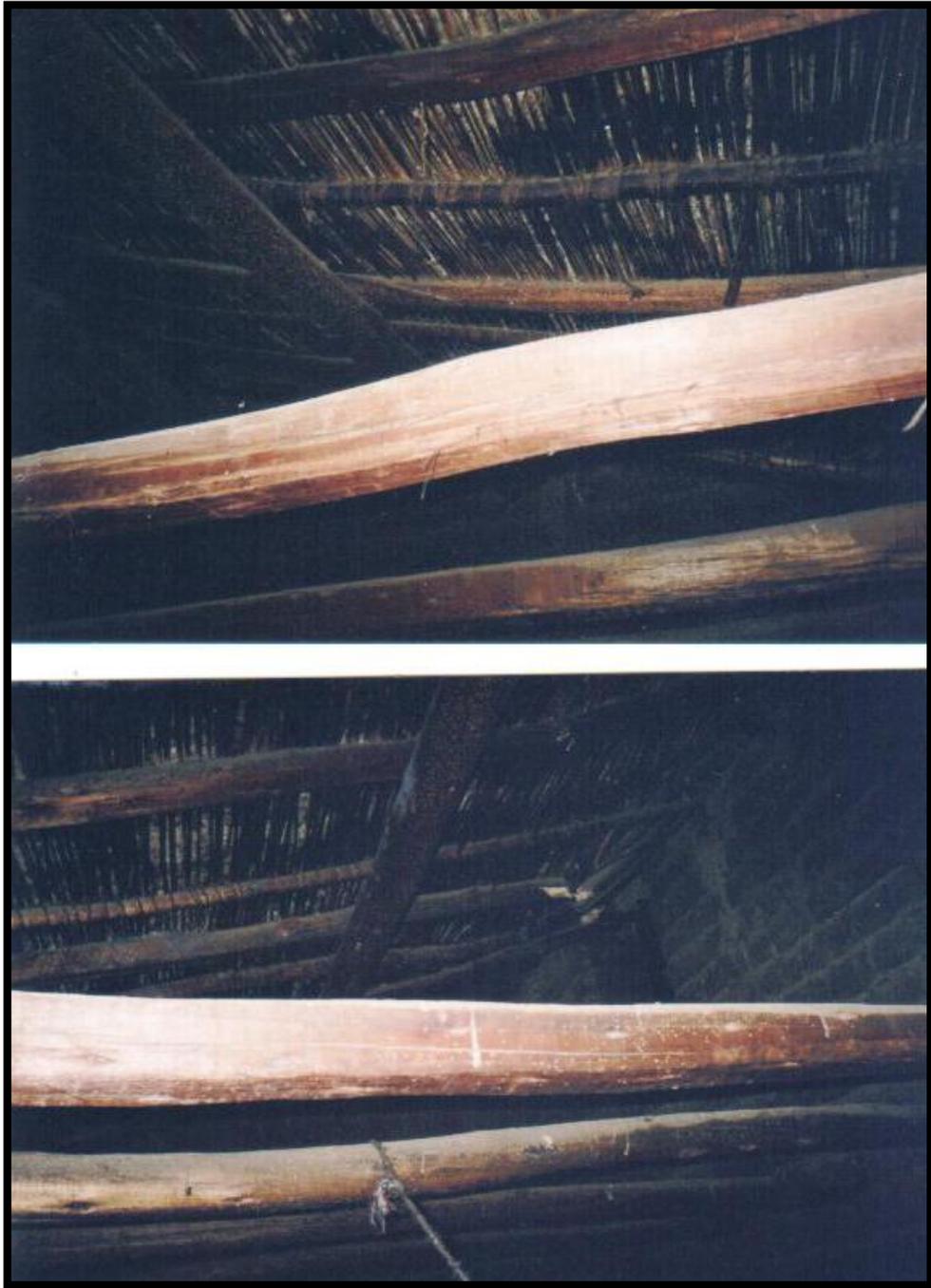
Abajo: A diferencia de los nuevos moldes de 8x12x20cm con el de 25x35 cm. se pueden diferenciar en el acabado final. Fuente: Propia.



Arriba: Molde para la fabricación de Adobe de 25x35 cm
Abajo: Molde y pilas de adobe terminadas. Fuente: Propia.



Pilas de adobe apiladas en conjunto para su uso protegidas del agua de lluvia. Fuente: Propia.



Arriba: Techo revestido de caña sin revestimiento.

Abajo: Vigas de 4 pulgadas como puntales separadas cada 80 cm. Fuente: Propia.

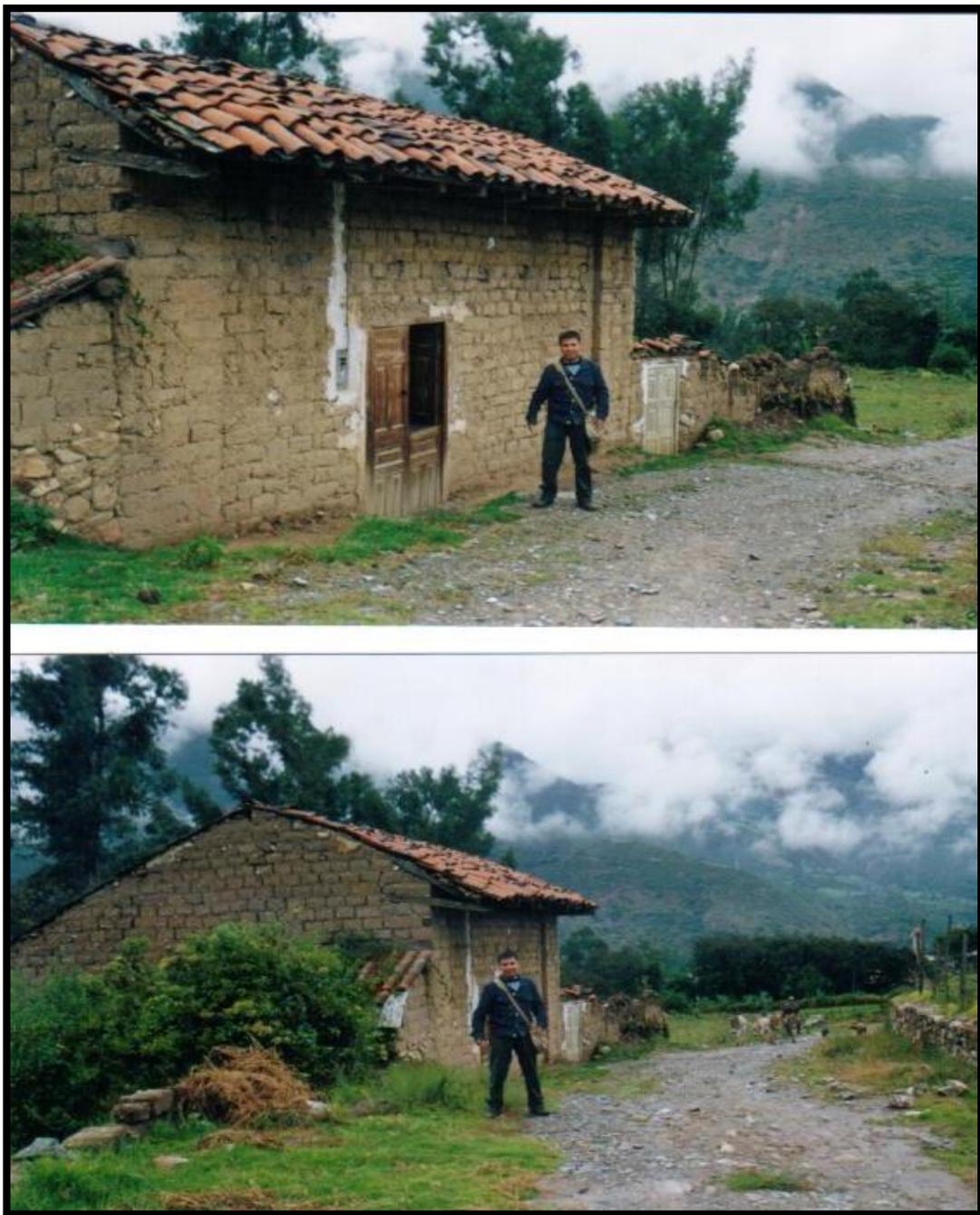


Arriba: Vivienda de adobe de piso y medio sin base de pintura.
Abajo: Vivienda de adobe cuya base de piedra sobrepasan el nivel de terreno para protegerlo del agua. Fuente: Propia.



Tanto en la foto de arriba como la de la parte de abajo se puede notar que las vigas de amarre sobresalen unos 60 cm. Produciendo lo que se conoce como alero., este alero sirve para proteger al muro de los embates de las lluvias.

Fuente: Propia.



Cerca de adobe del distrito de Mancos, provincia de Yungay, departamento de Ancash. La mayoría de viviendas tienen este mismo sistema no solamente en este distrito sino a lo largo de todo el callejón de Huaylas. Fuente: Propia.

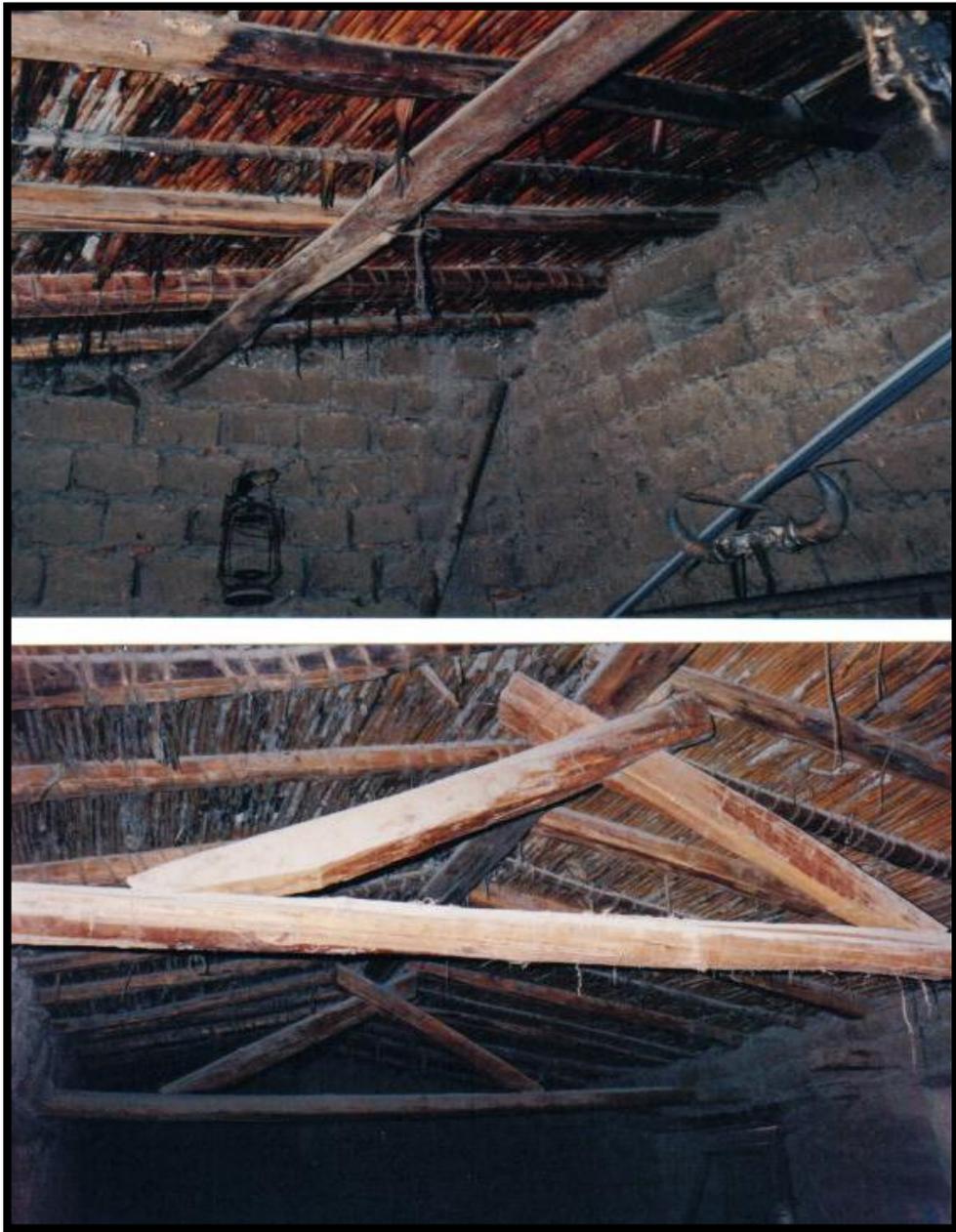


Arriba: en el techo se puede apreciar que en la parte del piso se ha colocado madera de eucalipto cepillado dándole un acabado liso con la intención de no darle un tarrajeo posterior.

Abajo: unión entre vigas de amarre y vigas principales de 6", además se puede apreciar que las cañas se amarran con cordel para evitar que se desprendan.
Fuente: Propia.



En las fotos se puede apreciar que el piso de eucalipto está cepillado dándole un acabado casi liso. Cabe resaltar que este tipo de método es solo cuando se construye una vivienda de dos pisos, ya que el techo del segundo piso se hará de caña y tarrajado por dentro para evitar goteras en un futuro. Fuente: Propia.



Arriba: Techo cubierto de cañas y uniones de vigas principales y de amarres.

Abajo: El techo en forma de dos aguas les da una representatividad a las casas de la zona de la sierra. En la foto se puede apreciar como una viga de 4" y dos crucetas de 4" sostienen una principal para dar forma al techo. Fuente: Propia.



Arriba: Por métodos constructivos cuando se valla a construir una vivienda de adobe para un segundo nivel, se deberá poner una viga collarín para evitar que todo el peso recaiga sobre el muro de adobe, lo más resaltante que se aprecia en la foto es que la viga tiene dos funciones: una es distribuir el peso y otra es como dintel de marco de la puerta y ventana.

Abajo: Las construcciones de grandes muros siempre traen inestabilidad sin un sostenimiento estructural y siempre resulta un peligro en caso de sismos de gran magnitud como se aprecia en la foto. Fuente: Propia.