

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTES DE
ADOBE DE DOS PISOS EN EL DEPARTAMENTO
DE CAJAMARCA**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

CLEMENTE JESUS ACEVEDO PERALTA

LIMA - PERU

1993

INDICE

PAG.

INTRODUCCION

CAPITULO I

COSIDERACIONES GENERALES SOBRE PLANEAMIENTO

DE EDIFICACIONES EN ADOBE..... 1

1.1. CARACTERISTICAS DE LOS CENTROS POBLADOS..... 1

1.2.EVALUACION ARQUITECTONICA..... 3

FUNCIONAMIENTO DE LA VIVIENDA

ESPACIOS RESULTANTES..... 6

ZONIFICACION..... 7

CIRCULACIONES..... 8

EL PATIO..... 9

OTROS AMBIENTES..... 10

FACHADAS..... 10

HORIZONTALIDAD..... 12

1.3. EVALUACION CONSTRUCTIVA..... 13

1.4. EVALUACION DE LA CAPACIDAD SISMICA..... 20

COMENTARIOS GRAFICOS SOBRE VIVIENDAS DE ADOBE..... 25

CAPITULO II

ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO SISMICO

DE LA ALBAÑILERIA EN ADOBE..... 41

2.1 MATERIALES COMPONENTES..... 43

ADOBE..... 44

MORTERO..... 47

CAÑA.....	49
ALAMBRE.....	50
MADERA.....	51
2.2 ELEMENTOS DE MURO.....	52
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL.....	52
ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL.....	53
ENSAYO DE CORTE DIRECTO.....	54
2.3 MUROS.....	56
ENSAYOS DE CORTE EN MUROS.....	56
ENSAYOS DE FLEXION EN MUROS.....	57
ENSAYOS DE VOLTEO EN MUROS.....	58
2.4 MODULOS DE VIVIENDA.....	59
PARAMETROS DE DISEÑO.....	61
TABLAS Y RESULTADOS DE ENSAYOS.....	64
<u>CAPITULO III</u>	
ESTUDIO DE LA CONFIGUARACION ESTRUCTURAL.....	75
3.1 CIMENTACION.....	76
3.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS.....	79
MURO APOYADO EN EL SUELO SIN OTRO TIPO DE APOYO LATERAL.....	85
MURO APOYADO EN EL SUELO Y EN LOS MUROS TRANSVERSALES EXTREMOS.....	87

MURO APOYADO EN EL SUELO. EN DOS MUROS	
TRANSVERSALES Y EN VIGA COLLAR RIGIDA.....	38
3.3 COBERTURAS.....	91
<u>CAPITULO IV</u>	
ANALISIS Y DISEÑO "RIGUROSOS" DE UNA EDIFICACION	
REPRESENTATIVA.....	95
4.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	96
4.2 PROCEDIMIENTO DE ANALISIS.....	104
CASO DE TECHO RIGIDO.....	104
EVALUACION DE LA FUERZA SISMICA.....	104
EVALUACION DEL PESO TOTAL.....	105
EVALUACION DEL CENTRO DE MASA.....	105
EVALUACION DE LAS FUERZAS SISMICAS.....	108
EVALUACION DEL CENTRO DE RIGIDECESES.....	109
CORTANTE EN MUROS.....	113
CASO DE TECHO FLEXIBLE.....	117
VERIFICACION DEL ESFUERZO CORTANTE.....	119
ANALISIS SEUDO-TRIDIMENSIONAL.....	145
ANALISIS POR EFECTOS DE FLEXION.....	150
4.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	165
DISEÑO DE MUROS.....	165
DISEÑO DE VIGA COLLAR.....	174

CAPITULO V

ANALISIS Y DISEÑO SIMPLIFICADO DE UNA EDIFICACION

REPRESENTATIVA..... 180

5.1 FUERZAS SISMICAS HORIZONTALES..... 180

5.2 FUERZAS CORTANTES EN EL PLANO DEL MURO..... 181

5.3 ESFUERZO DE COMPRESION..... 186

5.4 ESFUERZO A TRACCION..... 188

5.5 FUERZAS PERPENDICULARES AL PLANO DEL MURO..... 191

5.6 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO..... 195

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 205

CONDICIONES CLIMATOLOGICAS..... 206

CARACTERISTICAS DEL SUELO DE CIMENTACION..... 209

CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE LOS

MATERIALES EMPLEADOS..... 211

CARACTERISTICAS DINAMICAS DE LA ESTRUCTURA..... 212

REFUERZOS..... 218

METODO CONSTRUCTIVO..... 221

RECOMENDACIONES COMPLEMENTARIAS..... 224

ANEXO 1

ANEXO 2

ANEXO 3

REFERENCIAS

INTRODUCCION

El objetivo del presente trabajo es de establecer el estado actual de la tecnología de las construcciones con tierra, sus bases científicas y su comportamiento frente a eventos que comprometen su seguridad, en particular en casos de sismos.

La necesidad del estudio realizado se evidencia por la gran proporción de viviendas construidas y por construir utilizando justamente el adobe, como material constructivo muy difundido especialmente en zonas rurales.

Es necesario encarar éste problema desde diversos aspectos tales como el análisis crítico de las construcciones con adobe, los aportes recientes de investigaciones que han definido parámetros de calidad del material, criterios de selección y control y la investigación de los daños producidos en las edificaciones por acción sísmica y el análisis del comportamiento de las mismas.

Diversos trabajos y experiencias se han realizado sobre los problemas de la durabilidad y los métodos de selección y fabricación de elementos de tierra. En el presente trabajo se incluye una síntesis de los mismos.

Se ha tratado de establecer el grado de seguridad de las edificaciones de tierra, analizando los daños causados por los diferentes terremotos. Asimismo se ha examinado la influencia de las características dinámicas del suelo en la distribución de los daños.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE PLANEAMIENTO DE EDIFICACIONES DE ADOBE.

1.1 CARACTERISTICAS DE LOS CENTROS POBLADOS

El desarrollo de modernas técnicas de construcción a base de ladrillo y concreto armado y su amplia 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 la áreas rurales.

En el primero de los casos, la dificultad de obtener la materia prima para elaborar el adobe y el alto costo del terreno urbano determinan la tendencia al mayor empleo del ladrillo cocido, ya que los primeros dan muros muy anchos.

En las áreas rurales la 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.

El sistema constructivo del adobe estará básicamente circunscrita a las áreas rurales, en estas áreas 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.

Las características de los centros poblados son muy diversos según la importancia de las poblaciones con relación a la región en que se ubican, han sido constituidas en su mayoría por la evolución de las formas de vida rural en un proceso de urbanización.

El estado incompleto de las estructuras o su situación decadente son las notas más importantes, las cuales revelan un bajo nivel de vida cuyo cuadro se hace más evidente cuando relacionamos la vivienda con su marco urbano.

Los servicios más elementales con agua, desagüe, electricidad, constituyen verdaderos lujos que sólo poseen en su totalidad muy pocas de estas poblaciones.

En la vivienda misma existe congestión no por falta de espacio, sino 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 viviendas de mejor calidad contrastan con zonas de mala habitación, las que van desde la casona subdivida 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 se refleja en la calidad de su habitación.

1.2 EVALUACION ARQUITECTONICA

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

La vivienda rural consta generalmente de un cuarto para toda la familia y a veces también para los animales domésticos y productos del campo.

La ventilación y luz no son problemas que se hayan intentado solucionar porque en realidad la vida dentro de la casa sólo se reduce a dormir. La ausencia de facilidades sanitarias, significa un agudo problema en los caseríos y pueblos.

Estas vivienda suelen disponerse alrededor de corrales y/o huertos donde se guardan animales y donde las mujeres tejen y realizan labores domésticas y/o agrícolas. La cocina es apenas un cobertizo en el mismo corral.

Gran importancia se le dá a las habitaciones que deben servir como depósitos de los productos agrícolas, siendo frecuente la existencia de grandes locales que permanecen más o menos vacíos durante el año, mientras en el dormitorio se hacinan los miembros en condiciones deplorables de promiscuidad e higiene.

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 aún 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 extraña al medio en su aspecto.

Esto lo podemos notar en las viviendas que se encuentran en los limites 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.

FUNCIONAMIENTO DE LA VIVIENDA

ESPACIOS RESULTANTES

Tanto en las viviendas rurales como en las urbanas las plantas de las casa son ortogonales, formados por cubículos rectangulares, cuya proporciones y medidas están en función de las medidas de los adobes usados. La medidas de los

cubículos varían su ancho desde 1.9 mt a 4.4 mt y su largo desde 3.0 a 8.6 y la altura de 1.8 mt a 3.4 mt por piso. A veces existen altillos que dividen parcialmente los cubículos, las proporciones de estos son muy similares en todos los casos.

ZONIFICACION

En las viviendas rurales todos los ambientes de la casa están mezclados, no existiendo pues una zonificación definida, debiéndose a que la casa muchas veces se construye por etapas, primeramente se hace el dormitorio, elemento principal de la casa, el depósito y la cocina se improvisan en cualquier lugar, luego van aumentando ambientes a medida que las necesidades de la familia lo requieren.

En cambio en la vivienda urbana existe una disposición más funcional y dinámica de los ambientes, ya que están conectados por un hall o corredor de distribución, el cual además limita y determina cada ambiente.

CIRCULACIONES

En las viviendas rurales no existe ninguna comunicación directa entre los ambientes. En los pocos casos en que hay comunicación directa entre ambientes es debido a que en ellos se realizan funciones iguales o similares. Todos los ambientes de la casa abren al huerto y es por el éste en que se realiza la comunicación.

Caso contrario sucede con las viviendas urbanas ya que la ubicación del hall dentro del plano de distribución permite tener acceso directo desde todos los centros activos de la casa, ya que las funciones que en él se desarrollan están caracterizadas por la movilidad.

Además la escalera de acceso a la planta alta, por constituir el eje vertical del sistema de circulación, se hace arrancar al fondo del hall de entrada, aprovechando la zona de descanso de la escalera para que abajo de ésta se instale un baño que es usado tanto por las personas que viven en la casa como por las visitas.

EL PATIO

En las viviendas rurales el patio es el corazón de la vivienda, en el se realizan las principales actividades de la casa, como son los trabajos complementarios a la faena agrícola, los juegos y la tertulia, siendo por esto la zona de estar de la familia.

El patio en las zonas rurales se presenta formado por los volúmenes aislados de la vivienda. Estos patios son hechos así, debido generalmente a que la topografía sólo les permite hacer pabellones sueltos, o al bajo poder adquisitivo que no les permite tener mucha área construida.

En cambio en las zonas urbanas la zona de patio se convierte en corral y huerto, convirtiéndose en el ambiente más importante de la casa ya que de la crianza de animales domésticos y de la cosecha de la siembra alivian las necesidades de alimentación de los miembros de la vivienda.

OTROS AMBIENTES

Esto es referido de preferencia a edificaciones en las zonas urbanas, en donde la gran mayoría de los propietarios destinan un ambiente de su vivienda a que se convierta en tienda. Este ambiente vendría a ser el complemento del corral y el huerto, ya que es aquí en donde venden lo que producen.

En el primer piso se encuentran bien definidos la sala, la cocina y el comedor. En el segundo piso están ubicados los dormitorios, un baño familiar y un ambiente de estar.

Cabe destacar que en algunas viviendas el espacio entre el falso techo del segundo piso y el techo inclinado es usados como depósito.

FACHADAS

En las viviendas rurales las fachadas principales generalmente son sencillas y desnudas. Pero hay alguna a las

cuales el revestimiento está compuesto por un mortero de tierra en el cual la arcilla es el material ligante, y además se les pinta con una emulsión también a base de arcilla y agua que se llama MITO. Esta especie de pintura sirve de protección a la fachada contra el medio ambiente.

Las viviendas rurales generalmente tiene una puerta y muy raras veces ventanas. Esto es debido probablemente a que el mayor uso de la vivienda se realiza en el patio es decir volcada hacia el interior. Al exterior sólo dan las aberturas necesarias para permitir el ingreso a la vivienda.

En cambio en las viviendas urbanas las fachadas son protegidas con enlucidos de yeso, y si las posibilidades económicas del propietario lo permiten, le dan un tarrrajeo con mortero cemento-arena.

En general la disposición de los vanos de la fachada son en forma simétrica, es decir que la posición de las ventanas del segundo piso coinciden verticalmente con las del segundo piso, el vano del ingreso coincide con el destinado a ser balcón.

Cabe señalar que el uso del balcón es generalizado en las viviendas de adobe y también el uso de la madera de eucalipto para las puertas y ventanas.

HORIZONTALIDAD

La relación de largo a altura es siempre con un dominio de largo, consiguiéndose con ello un claro sentido de construcción horizontal. Este sentido horizontal está particularmente definido por la franja muy marcada que corresponde a los muros.

PORCENTAJE APROXIMADOS DE AREAS DESTINADAS A CADA AMBIENTE.

Los porcentajes presentados son un promedio de las áreas observadas en las diferentes viviendas visitadas:

<i>- Depositos</i>	<i>25%</i>
<i>Dormitorios</i>	<i>20%</i>
<i>Cocina-Comedor</i>	<i>10%</i>
<i>Zona de Trabajo</i>	<i>15% - 40% (casas tienda)</i>
<i>Estar, otros</i>	<i>25%</i>

1.3 EVALUACION CONSTRUCTIVA

Las características constructivas se referirán a construcciones actuales (Un promedio de 15 años de construido). Las construcciones de adobe se ejecutan con los recursos propios de la zona circundante a la obra, esto es la tierra y paja para la elaboración de las unidades de adobe. Es decir que el costo del muro es favorable en cuanto disminuye el tiempo de la mano de obra al eliminar el transporte de unidades y su asentado.

Las unidades están hechas básicamente de tierra y paja, en donde los procedimientos de fabricación han tenido escasa evolución. Pero en general se observó que los operarios tenían cuidado en lo referente al empleo de la tierra que debe ser de buena calidad para que en esta forma evite excesivos agrietamientos o contracciones, en el uso de una cantidad de agua necesaria para obtener una mayor compacidad del producto, el uso de la paja como elemento estabilizador, el uso de moldes rígidos de madera que permitan una compactación enérgica.

A pesar de lo dicho anteriormente en varios casos se pudo observar el agrietamiento de las unidades debido a que no se atendieron las recomendaciones anteriormente mencionadas así como también a las condiciones de secado y al origen geológico de los componentes de tierra.

Los aparejos utilizados son de la misma calidad de las unidades de adobe ya que está compuesta por tierra arcillosa mezclada con paja y remojada con agua y batida.

Las hiladas se realizan uniformemente a todo lo largo, a fin de evitar asentamientos diferenciales. Durante un día no se llega 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. Las juntas horizontales tienen un promedio de 2.5 cm pero no son mayores de 3 cm. para no debilitar el muro. En las juntas verticales se puede advertir la falta de mortero.

Los cimientos son a base de piedra grande asentada con barro con una profundidad promedio de 0.80 mt. y un ancho promedio de 0.60 mts. Los sobrecimientos sólo sobresalen 0.15 mts. del terreno, lo que no cumple las recomendaciones del

caso que señala que estos sobrecimientos deben elevarse por lo menos 0.30 mts del nivel del piso terminado; por lo tanto la base de los muros está expuesta a la acción del agua proveniente de las lluvias. También se observó en algunos casos que existen muros posteriores de algunos bloques que no tienen suficiente profundidad, quedando la zona cimiento-suelo muy cercana a la superficie.

En varios casos se observó que la albañilería se aploma por un sólo lado, lo que da un paramento casi uniforme mientras que por el otro queda desigual por las imperfecciones de las unidades. Entre otras fallas visibles tenemos que los muros de las viviendas presentan agrietamientos en las paredes exteriores, mayormente alrededor de los alféizares por lo general estas grietas no pasan al interior.

Las paredes interiores de las casas casi no presentan agrietamientos. En general los muros de los cercos presentan numerosas grietas, que en muy pocos casos son resanadas. Estas grietas son por lo general de forma vertical y a toda la altura de los muros, tanto en los cercos laterales como en los posteriores. Por lo general se encuentran cerca al encuentro de las casas. Observando estos agrietamientos se puede advertir la influencia de la falta de mortero en las juntas

verticales. En algunos casos inclusive, el agrietamiento en los cimientos y sobrecimientos coincide con las grietas de algunos muros posteriores del cerco. Existen además muros de cerco sin elementos de arriostre, de longitudes entre los 8.0 mts y 15.0 mts, excesivas e inconvenientes en casos de sismos.

En general, los agrietamientos más importantes son los que se presentan en los muros de cerco. Estos agrietamientos son de forma vertical y las características del terreno de cimentación explican la causa de estas fallas, como producidas por asentamientos de la zona central de sus longitudes lo que ha ocasionado esfuerzos de tensión que los muros de adobe no pueden absorber.

Estos asentamientos y sus efectos son diferentes en el conjunto de muros que forman las casas con respecto a los de los cercos, debido a las menores longitudes de los muros, a las distintas condiciones de humedad del suelo por causa de la lluvia, y a la diferente distribución de las presiones.

Una situación preocupante es que en muchos casos existe una falta de verticalidad en los muros de cerco que soportan techos, ya que como son también en muchos casos

medianeros, los propietarios apoyan el techo de la vivienda sobre medio muro. Esto resulta peligroso en los casos en que aún el propietario de la vivienda colindante no haya construido.

En cuanto a los vanos en muchas viviendas de construcción reciente hay una tendencia a imitar a las construcciones de material noble al tener ventanas grandes (1.70 mt. de largo por 1.50 mts de alto) y puertas amplias (1.60 mt. de ancho por 2.20 mt. de alto). La presencia de este tipo de vanos disminuye la densidad de muros.

En cuanto a los revoques, en el interior de las viviendas se notan superficies bien acabadas y sin agrietamientos. 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. Sin embargo se hace notar que en los muros donde se han aplicado zócalos de mortero cemento-arena no presenta mayormente estos problemas. Por lo general el revoque de los techos se encuentra en buen estado, con algunas excepciones en que se presentan agrietamientos.

En cuanto a los techos, los del primer y segundo piso están hechos a base de vigas de eucalipto sobre los cuales se coloca una cubierta de carrizo tejido con chiguilla, recubierto posteriormente con barro, con un enlucido de yeso. El techo del segundo piso es en realidad un falso techo, ya que a continuación se tiene un techo inclinado de las mismas características, con una cobertura a base de tejas. Esta cobertura es lo general, pero también se usan calaminas metálicas o de asbesto-cemento.

El techo es a dos aguas de dirección a la elevación frontal, con una pendiente promedio de 30%. y un alero promedio de 0.90 mts. Este descarga el agua de las lluvias que cae en el suelo cercano a los muros y si estos no están protegidos con zócalos de una altura adecuada, entonces el rebote de las gotas de lluvia que impacta sobre ellos (los muros) causará su deterioro.

Se observa también que en cuanto al techado de las viviendas, que interiormente numerosas vigas se han flexionado excesivamente, sobre todo en los ambientes con luces mayores que por ejemplo corresponden a la zona de estar-comedor.

El comportamiento de estas vigas ha sido afectado debido al contenido de humedad de la madera en la colocación de éstas, las que recibieron la carga del techo en mal estado de secado, esto hecho sumado a las dimensiones de las secciones de las vigas y al tipo de carga que reciben han dado lugar a estos flexionamientos.

En general, las vigas de los techos se apoyan directamente sobre los muros, y no sobre una viga solera. En otras palabras ésta no existe y el peso del techo no es absorbido por el muro sino por las zonas de muro en donde se apoyan las vigas, en donde se aprecian grietas.

Otro tipo de techo observado es una variante en la que sobre las viga 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.

En lo referente a pisos, los propietarios que tienen más solvencia económica, colocan un falso piso de cemento-hormigón para recibir algún tipo de enchape. Por lo general los propietarios apisonan el piso y le echan una capa de arena y hormigón, y encima de ésta colocan un entablado de madera de eucalipto.

1.4 EVALUACION DE LA CAPACIDAD SISMICA

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 la esquinas queda reducido a la mitad, precisamente en los puntos donde estos esfuerzos son máximos.

Como consecuencia del terremoto de Huaráz 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 último sismo que ocurrió en este Departamento el 31 de mayo de 1,970 (precisamente el terremoto de Huaráz), fué 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 ha influido mucho en la manera de construir de las personas 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 integralmente 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 han 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 ubicada en rocas sufren daños moderados, mientras que a corta distancia construcciones de similares características edificadas sobre suelo arcilloso-arenoso podrían ser totalmente destruidas alcanzando una intensidad sísmica 1 o 2 grados mayor.

El grado de daños que sufren las estructuras, depende de la resonancia entre el suelo y las estructuras, así como de la disipación de energía vibratoria. La respuesta de las estructuras es mucho mayor, si su periodo fundamental de vibración tiene un valor cercano al período predominante del suelo sobre la que está construida. La disipación de energía a través de la cimentación es un fenómeno muy importante dado la violencia de vibración. Muchas construcciones poseen una deficiente cimentación ya que no tienen la suficiente profundida y consistencia, especialmente en el caso de las peligrosas viviendas de tres y cuatros pisos.

En general las viviendas de adobe se construyen sin ningún criterio sismo-resistente, con muchas deficiencias en el aspecto constructivo, con lo cual si es que ocurriera un sismo de la intensidad del terremoto de Huaráz, es por seguro que un gran porcentaje de estas edificaciones van a colapsar con fatales consecuencias en los que se refiere a pérdidas humanas.

Otro factor que considero importante es que las construccions de adobe tiene poca durabilidad ante los embates de la naturaleza (sin necesidad de la acción sismica), debido

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.

*COMENTARIOS GRAFICOS DE
VIVIENDAS DE ADOBE*

La Foto 1 muestra la elevación frontal típica de las casas de adobe de dos pisos en la zona urbana. En este caso las casas mostradas son del tipo casa-tienda que es el común en Cajamarca.

El ambiente destinado a la tienda generalmente no tiene ventanas por lo que la iluminación y ventilación se hace justamente por la puerta de ingreso. El otro ingreso es justo para la vivienda, el cual está conectado a un hall de distribución. El vano que está a continuación es la ventana que sirve de iluminación y ventilación a la sala.

En el segundo piso apreciamos los vanos de las ventanas de los dormitorios y el correspondiente al balcón, al cual se accede a través de un hall de distribución, ya que la distribución de ambientes del primer y segundo piso son iguales. El uso del balcón es muy generalizado en las viviendas. El techo es a dos aguas y cubierto con tejas artesanales.

La fachada está protegida contra la acción de la lluvia y la intemperie con un enlucido de yeso y un zócalo de cemento. Esta protección no se da a las otras paredes exteriores de la vivienda.

La construcción a base de adobe se encuentra muy extendida en Cajamarca. La Foto 2 y la Foto 3 muestra viviendas en el perímetro de la ciudad y en el campo respectivamente.



1



2



3

En la Foto 4 se aprecia una casa de adobe ubicada en las afueras de la ciudad perteneciente a una familia de condición modesta. Hay dos accesos a la vivienda (uno es para la tienda) y en el segundo piso dos pequeñas ventanas de iluminación a los dormitorios. La fachada de esta vivienda no tiene ningún tipo de enlucido que la proteja de la intemperie. En los muros se puede apreciar la escasa cantidad de mortero en las hiladas horizontales y la ausencia del mismo en las juntas verticales. En la parte posterior de la vivienda está el huerto, así como los servicios higiénicos (una letrina) y la cocina.

En la Foto 5 tenemos otra casa de dos pisos más amplia, que compárandola con la anterior vemos que el sentido de la construcción es horizontal, con un claro dominio del largo con relación a la altura. Vemos que la fachada tuvo un recubrimiento de lechada de yeso, el cual ha sido lavado por la lluvia, quedando sólo un franja que es justamente la que protege el alero del techo. La acción de desgaste en los muros por parte de la lluvia es apreciada en la base de estos, ya que la altura del sobrecimiento es insuficiente y no hay zócalo de protección.

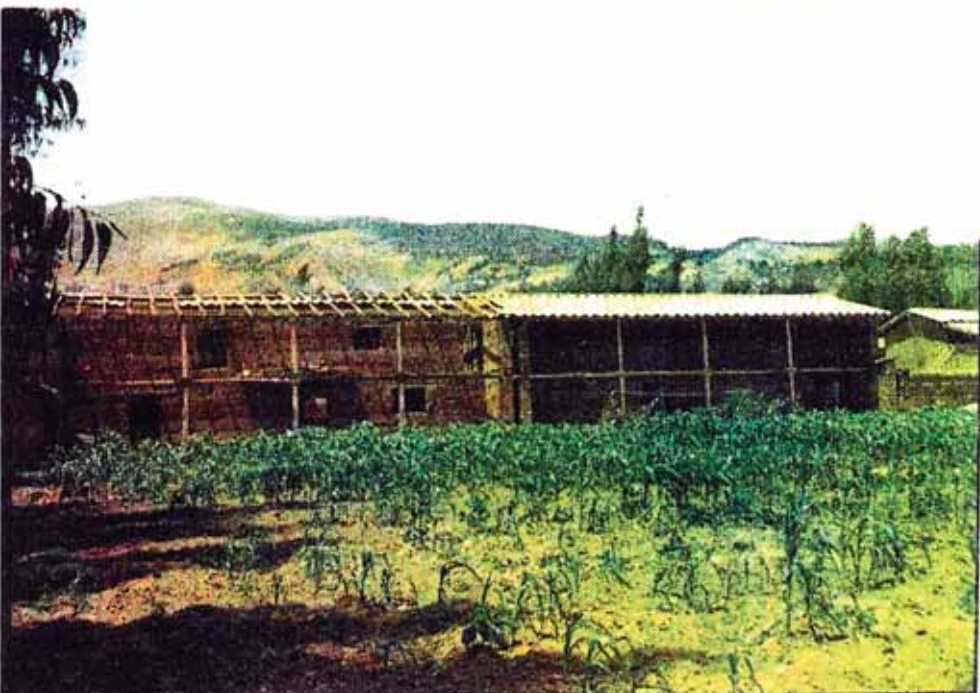
En este tipo de viviendas las actividades domésticas están volcadas al interior de ella. Esto lo apreciamos en la Foto 6, en donde se ven varios vanos (puertas y ventanas) en los muros que dan al huerto. Lo típico es la presencia de un gran balcón común que enlaza a las habitaciones del segundo piso y se conecta al primer piso mediante una escalera.



4



5



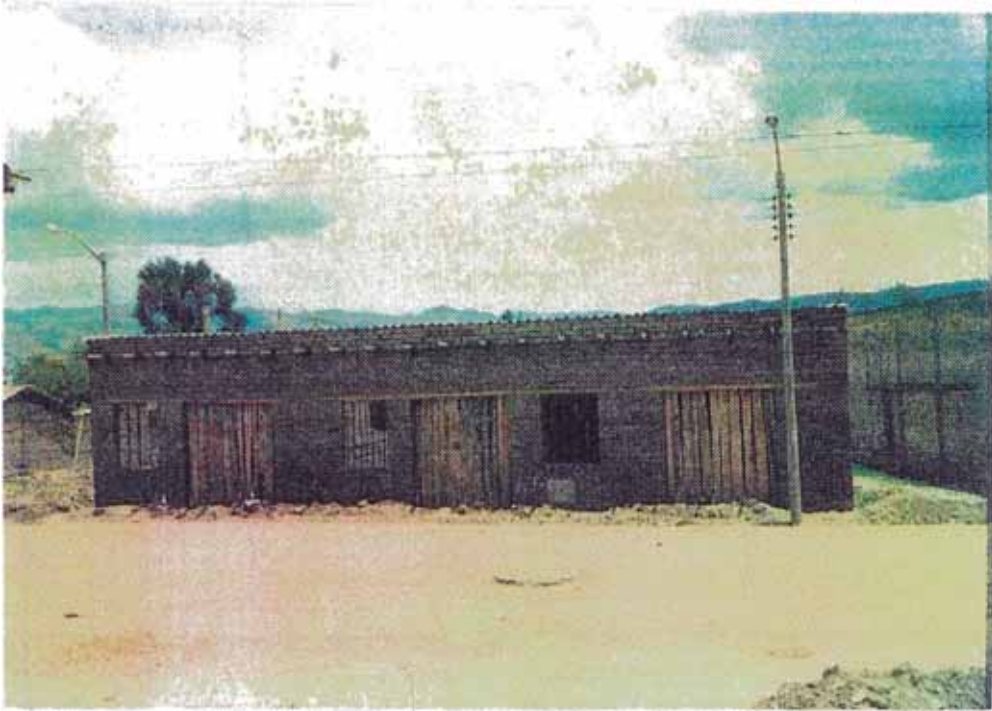
6

Existe una fuerte tendencia a imitar la arquitectura de las construcciones de material noble. En la Foto 7 tenemos el frente de una casa de un piso en donde se aprecian vanos excesivamente grandes para las puertas y ventanas, provocando una deficiente competencia sísmo-resistente del muro de fachada, lo cual es inaceptable ya que este es un muro de principal importancia. Prácticamente lo que se aprecia acá son vanos tipo puerta-ventana, ya que la "mocheta" que separa a la puerta de la ventana, en un evento sísmico simplemente es como si no existiera.

La Foto 8 y la Foto 9 muestran un costado y la parte posterior de la vivienda con las mismas deficiencias en cuanto a dimensiones de vanos. También se observa que según la distribución de los vanos, la vivienda no tiene una planta simétrica.

Por tanto esta vivienda no ofrece seguridad ante un evento sísmico, ya que debido a la disposición de sus muros se van a presentar efectos de torsión en planta que no van a ser asumidos en forma competente por los muros debido a la escasa densidad de los mismos.

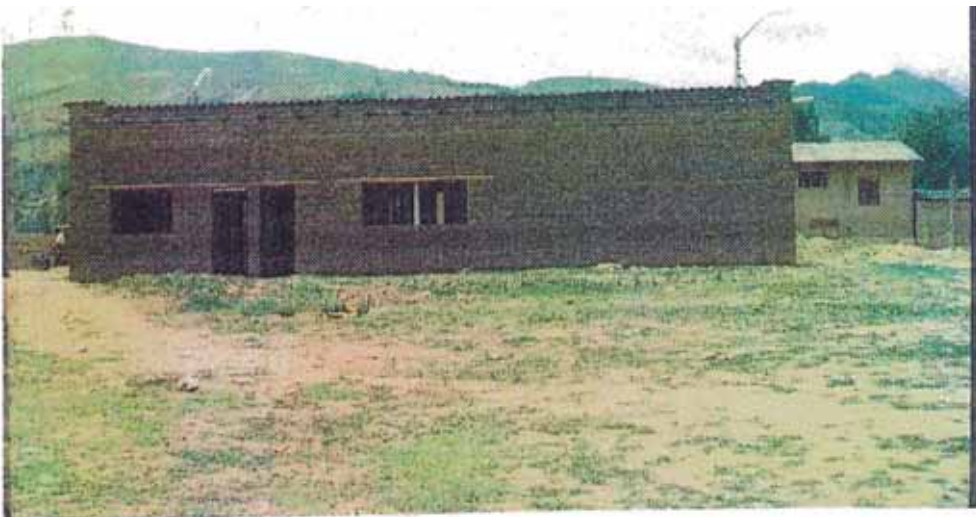
. En las vistas se puede apreciar el uso de dinteles de eucalipto y la ausencia de una viga collar. Esta última es de suma importancia, que es la que hace el "amarre" de los muros y a la vez las vigas del techo se apoyan sobre esta. Esto es importante ya que el peso del techos sería asumido por los muros y no por una parte de ellos, como ocurre en este caso en que las vigas de techo están directamente apoyadas en los muros.



7



8



9



10



11



12

La Foto 13 muestra un tipo de casa rural que resulta extraña a su medio. Su aspecto volumétrico (en forma de U) rompe toda norma de estructuración para viviendas de adobe, ya que además de irregular, no tiene competencia torsional.

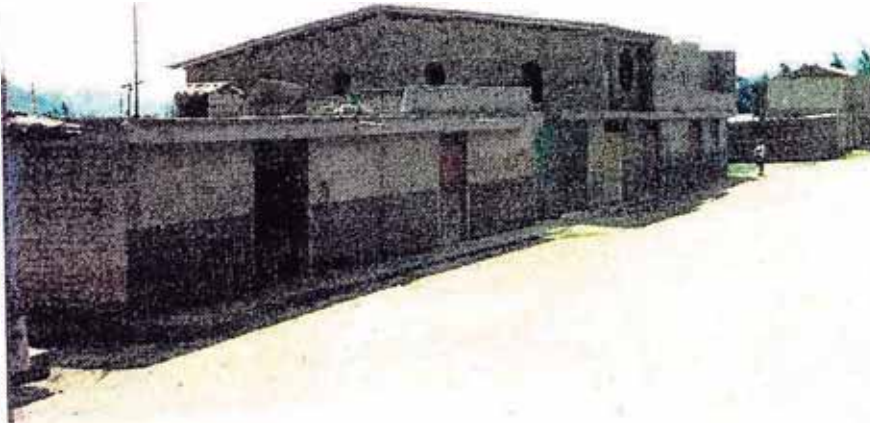
Otro detalle interesante es que existe vanos en forma de arco, los cuales al no llevar ningún tipo de dintel ni de refuerzo, en caso de sismo se va a producir concentración de esfuerzos de tracción que el adobe prácticamente no aguanta, produciendo el consiguiente agrietamiento y colapso de esa zona.

Este tipo de soluciones (erradas) no es muy frecuente pero existen también en la ciudad, y con más agravantes. Esto lo podemos apreciar en la Foto 14 y la Foto 15, en donde vemos una construcción mixta.

Posiblemente por falta de recursos económicos la vivienda que originalmente estaba destinada a ser de material noble se completa con adobe. Por eso se ve que el muro de fachada del primer piso es de ladrillo de concreto, también se notan columnas de concreto armado que llega hasta el segundo piso. Otro aspecto saltante es la presencia de numerosos vanos tipo arco y uno circular, lo cual es una mala solución en adobe.



13



14



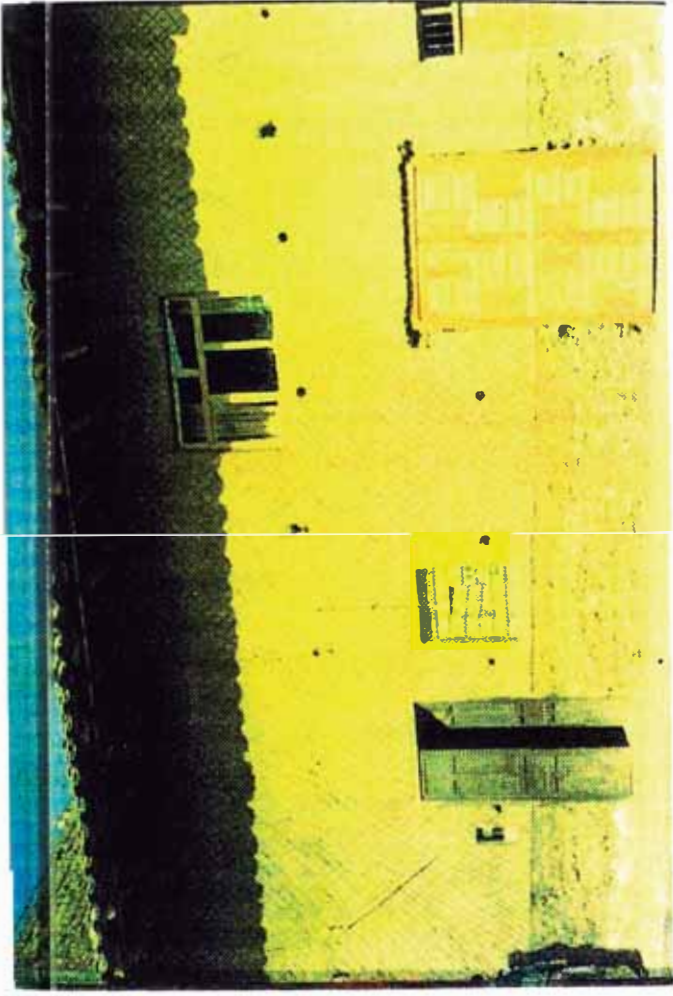
15

*En el campo generalmente las fachadas son sencillas y están recubiertas por un enlucido de barro. Se observa también que en muchos casos los propietarios le dan una protección suplementaria recubriendo este enlucido con una especie de "pintura" que simplemente es agua y arcilla que se conoce con el nombre de **mito**. Esta emulsión protege a la fachada de la acción de la lluvia y generalmente es renovada unas 3 veces al año. En la **Foto 16** se aprecia una vivienda con estas características.*

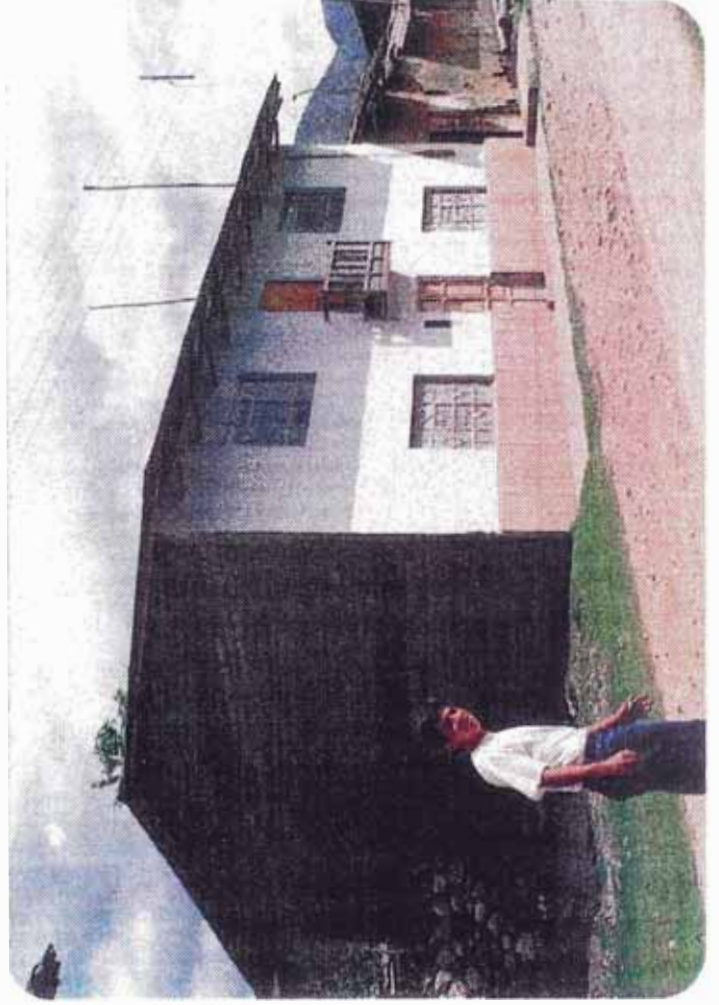
*En la ciudad los propietarios que tienen un poco más de solvencia económica, se preocupan de la protección de su vivienda. En la **Foto 17** podemos ver el rayado que se hace en el muro para luego recibir el enlucido yeso. También se observa la zona donde se colocará el zócalo de cemento que tiene una altura de 1.10 mts.*

*En la **Foto 18** podemos apreciar el acabado que presenta el enlucido de yeso y zócalo de cemento en contraste con la vivienda del costado que solamente tiene un enlucido de barro al cual no se le a hecho un mantenimiento adecuado, y así podemos apreciar la acción destructiva de la lluvia en el muro de fachada, sobre todo en la base.*

17



18



16



En la Foto 19 se muestra otro tipo de zócalo, el cual es a base de piedras pegadas con cemento. Este tipo de zócalo es también común con la característica que es más vistoso, realzando la fachada.

En la Foto 20 se aprecia una vivienda que tiene un enlucido de yeso y adornos de fachada con el mismo material. Nótese el desgaste que sufre este enlucido en la zona cercana al zócalo de cemento.

En comparación en la Foto 21 tenemos al costado una vivienda a la que se ha hecho un enlucido con mortero de cemento con un acabado escarchado. Este enlucido es más competente en cuanto a resistir la acción de la lluvia. Situación contraria es la que se ve en el muro del costado, que simplemente (como es costumbre) está desnudo.



19



20



21

En las edificaciones a base de adobe, es fundamental la utilización de una adecuada cimentación. La Foto 22 nos muestra la excavación de una zanja para la colocación del cimiento corrido. Este tiene una profundidad de 80 cms. y un ancho de 60 cms. En la Foto 23 podemos ver el proceso de llenado del cimiento que es a base de piedra grande asentada con tierra y paja.

El uso de sobrecimiento es indispensable para proteger la base del muro de la humedad del suelo y del agua de lluvia que pueda correr en su cercanía. La Foto 24 nos muestra la insuficiente altura de los sobrecimientos, en este caso un promedio de 12 cms.

Se observa que la superficie final del sobrecimiento, en la zona en que se asentarán los adobes, es lo suficientemente rugosa para asegurar una buena adherencia.

23



24



22



El proceso de fabricación de los adobes comprende las siguientes operaciones: selección de la tierra, preparación, moldeado, y secado. La Foto 25 nos muestra el proceso de selección de la tierra. Los constructores la seleccionan de tal manera que predomine la arcilla, cuidando que no tenga materia orgánica, piedras ni demasiada cantidad de arena a fin de que no sea disgregable, es decir que se procura que la tierra no sea demasiado plástica de manera que pueda ser fácilmente transportada por el obrero.

La tierra se mezcla con agua (Foto 26) en cantidades necesarias para obtener una mezcla uniforme y homogénea. Como esta misma mezcla se va a utilizar tanto para la elaboración del adobe como el mortero, entonces se procede a la estabilización que consiste en cambiar las propiedades de un suelo mediante el uso de aditivos, en este caso incorporando paja (Foto27). La paja ayuda a controlar el agrietamiento producido por la contracción de secado.

La Foto 28 muestra a un obrero levantando un muro de soga, con unidades de 35 x 50 x 12 cms. La albañilería se aploma por un solo lado. Las hiladas se realizan uniformemente a todo lo largo del muro. Durante un día no se llega a alturas mayores de 1.2 mts. para que el mortero de las juntas pueda secar, evitando que las paredes se desplomen por el peso del mismo muro. El rendimiento promedio de un obrero asentando adobe es de 150 unidades por día.



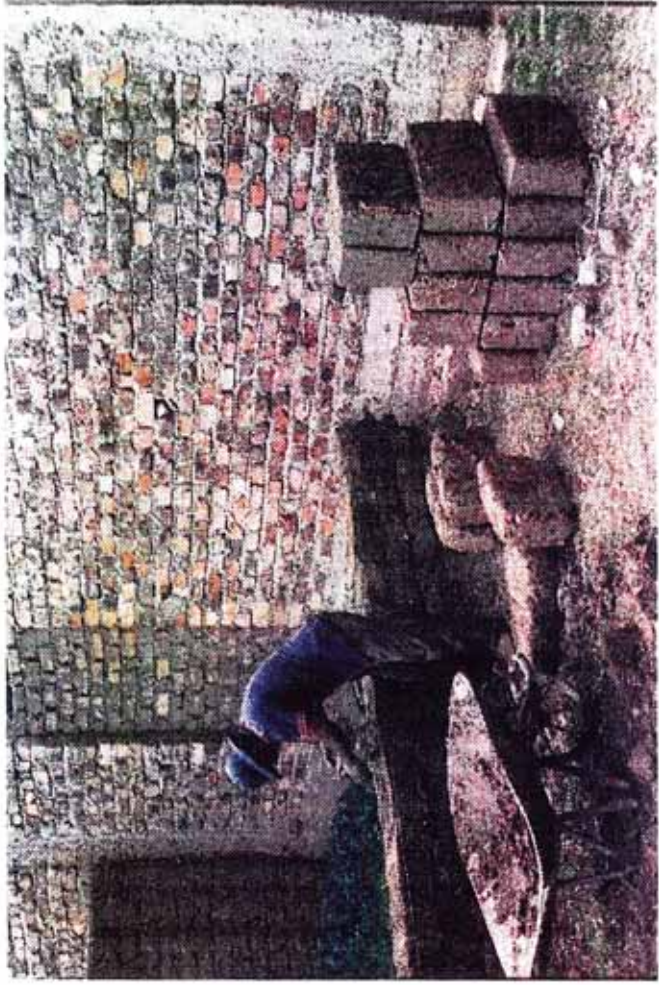
25



26



27



28

La Foto 29 y la Foto 30 nos muestran grandes figuras en un muro de cerco debido a una pésima calidad constructiva agravada por el efecto de la humedad y asentamientos diferenciales en su base. Se nota claramente un adobe mal elaborado y un asentamiento defectuoso al construir el muro. La baja calidad del adobe resulta de la utilización del material al natural, sin la apropiada dosificación de arena y arcilla, ya que es difícil encontrar suelos con la granulometría apropiada al pie de la obra.

También se ve que su elaboración se hizo sin ninguna técnica, faltando un mezclado más regular y presencia de piedras de tamaño inconveniente, resultando así adobes débiles, fácilmente rompibles. En el asentado del adobe, el mortero no fué el apropiado y el defecto más saltante fué que las juntas, sobre todo las verticales, no fueron rellenas íntegramente con mortero.

La Foto 31 grafica otro problema que es el efecto del daño causado por la ausencia de una viga solera sobre la cual se apoyen las vigas del techo. Estas están directamente apoyadas sobre el muro produciendo una concentración de esfuerzos en la zona de apoyo. Una viga solera repartiría el peso del techo directamente al muro y no a una parte de éste.



29



30



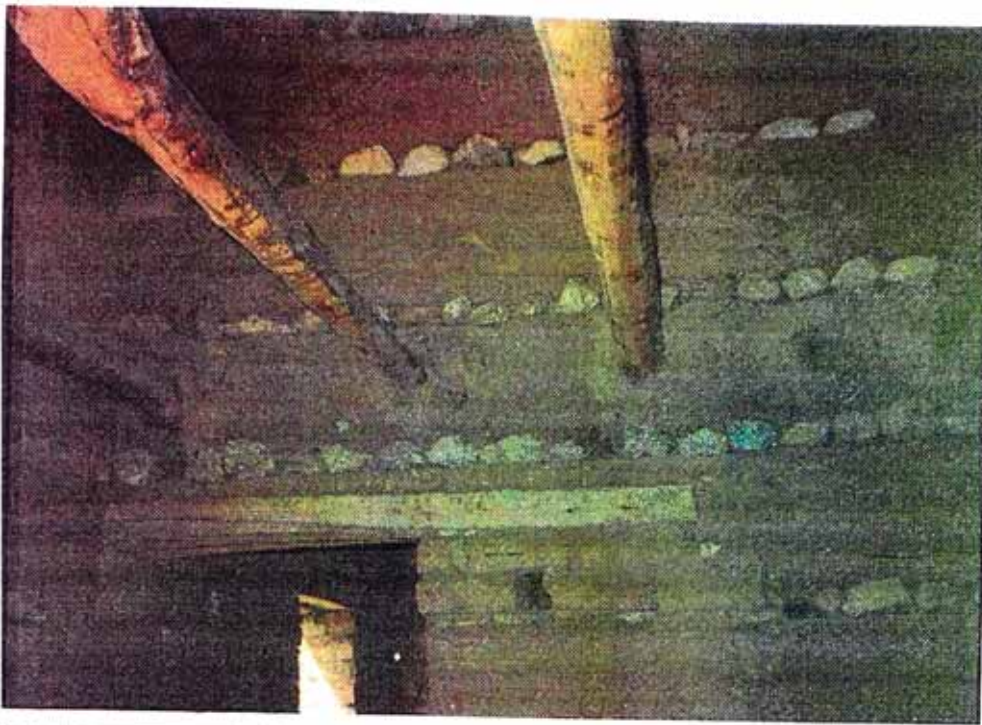
31

En las siguientes vistas (Foto 32 y 33) apreciamos la disposición de las vigas de techo. Estas son de troncos de eucalipto con un diámetro promedio 7", cubriendo luces de hasta 4 mts., espaciadas cada 90 cm.

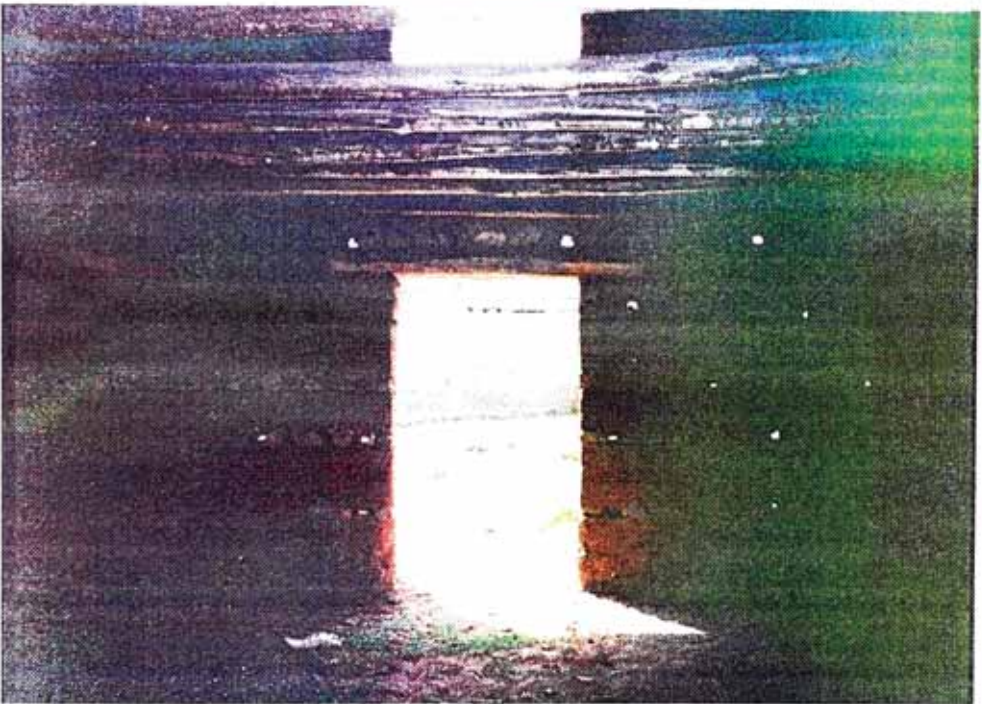
Todos los vanos de la vivienda tienen dinteles de eucalipto de sección rectangular, con un peralte promedio de 4". Este dintel se desarrolla hasta 1 mt. más allá del vano.

Las vigas van directamente apoyadas sobre los muros, a una altura de 2.40 mts. en promedio. Estos troncos no tiene ningún tipo de preservante, ya que la gente confía en el hecho de que el eucalipto casi no es atacado por organismos xilófagos. Estas vigas también pueden ser de sección rectangular de 7" de peralte separadas cada 70 cm.

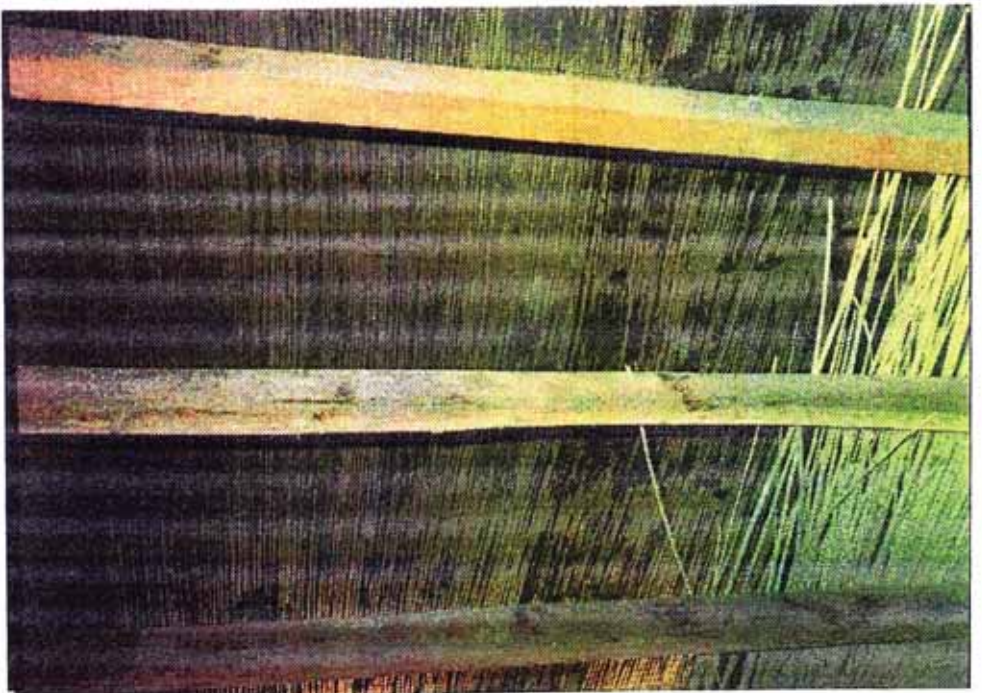
Sobre las vigas se coloca un entablado de madera (de eucalipto) y debajo de ellas un falso techo a base de carrizo tejido con chiquilla, recubierto posteriormente con barro y enlucido de yeso. (Foto 34).



32



33

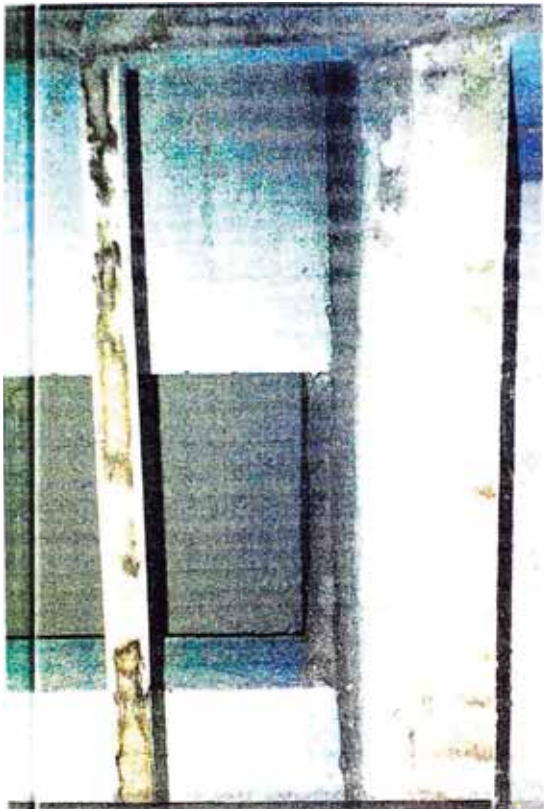


34

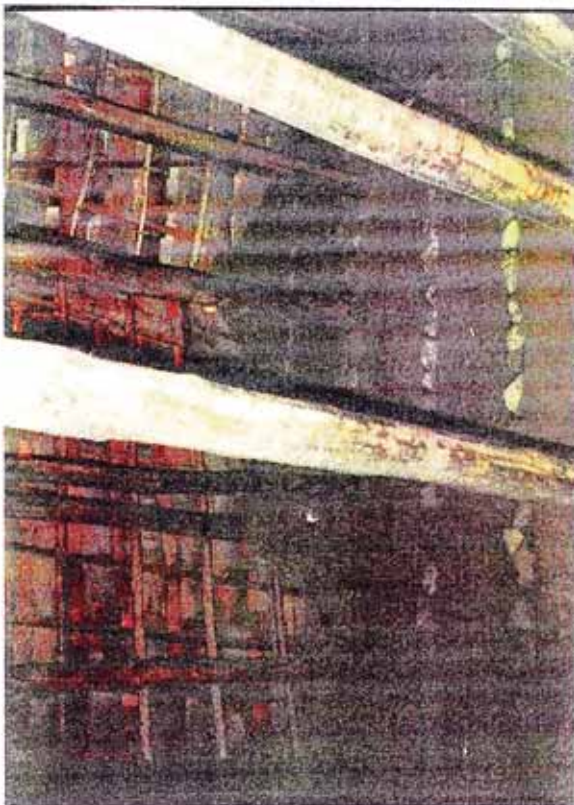
Otro variante de entrepiso es al que encima del entablado se pone una capa de barro de 5 cm de espesor y seguidamente es recubierto por un falso piso de cemento-hormigón.(Foto 35 y 36).

En la Foto 37 se aprecian en un primer plano las vigas que corresponden al techo del primer piso, luego las que corresponden al techo del segundo piso y al fondo el entramado de vigas y correas sobre el cual descansa una cobertura a base de tejas. Estas están fijadas al techo con un mortero a base de barro y paja. similar al usado en los muros. Otro tipo de coberturas usadas son tejas de asbesto-cemento o calaminas metálicas.

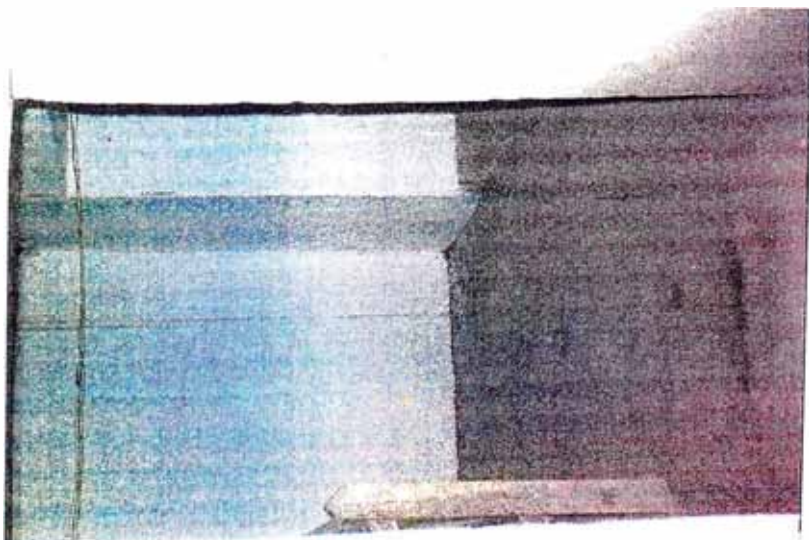
36



37



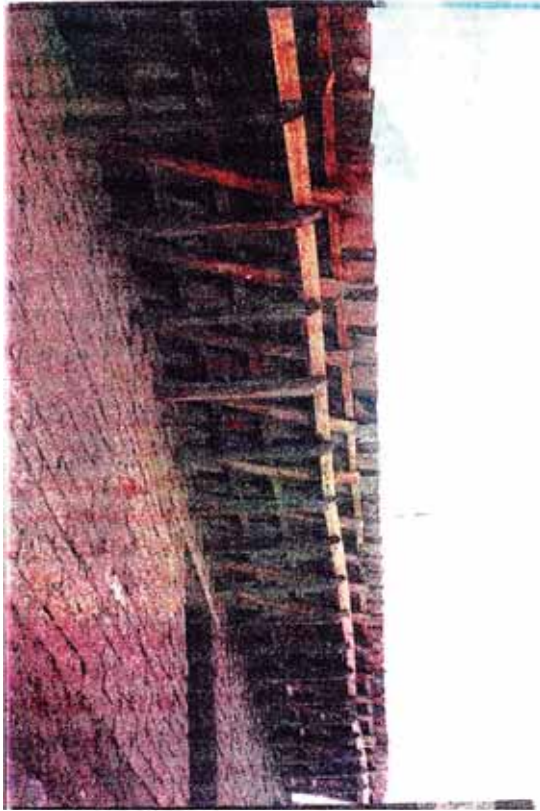
35



El techo es de dos aguas en dirección a la elevación frontal, con una pendiente de 30% y un alero de 70 cm. por el cual se descarga el agua de las lluvias.

En la Foto 38 se ve el detalle del entramado de madera que conforma el alero. Las vigas que corresponden al techo del segundo piso vuelan 70 cm. Sobre estas descansa un viga solera a lo largo de la fachada. Sobre esta viga solera descansa el entramado del techo de la vivienda, sobre la cual se coloca la cobertura de teja.

El siguiente paso es colocar en el alero una cubierta a base de carrizo tejido con chiguilla (Foto 40), el cual es recubierto posteriormente con barro y un enlucido de yeso. (Foto 39)



38



39



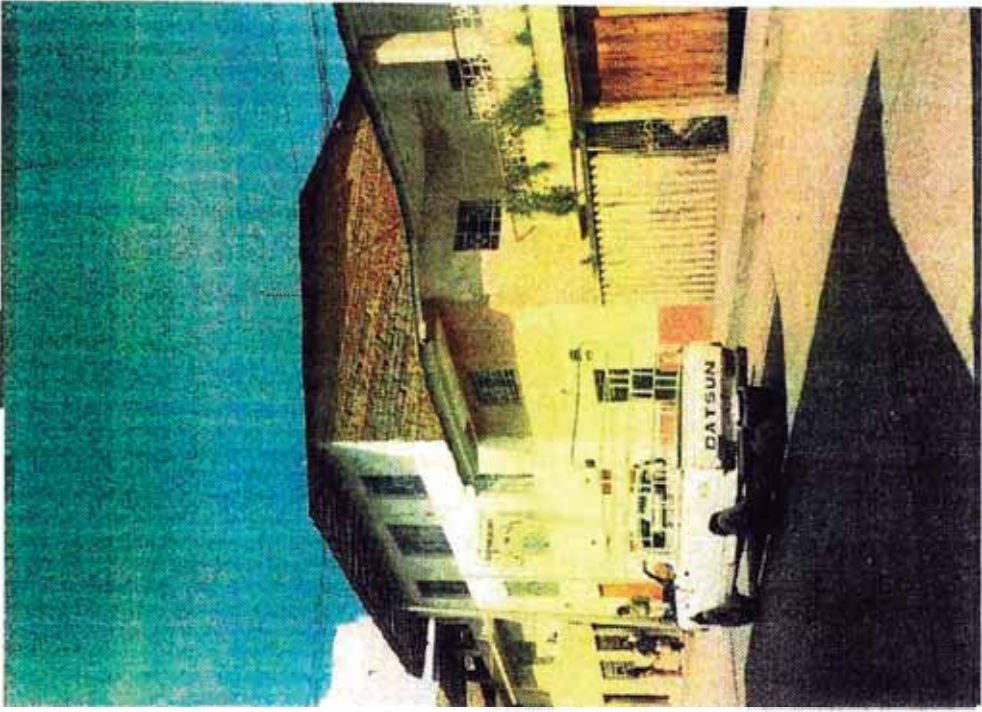
40

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 alternada hasta la cara exterior del muro transversal, por lo que la resistencia a la flexión y al cortante de las esquinas queda reducido a la mitad, precisamente en los puntos donde estos esfuerzos son máximos.

En la Foto 41 podemos apreciar los detalles de un encuentro en esquina. Nótese además las grandes dimensiones de los vanos, en especial la solución planteada en el primer piso en donde esa mocheta de la ventana prácticamente no trabaja con tal.

Debido a lo expuesto, como el último sismo que ocurrió en este Departamento el 31 de mayo de 1,970 (precisamente el terremoto de Huaráz), fué débil y por debajo de la capacidades sísmicas de las construcciones, no tuvo mayores consecuencias ya que las fallas ocurridas en las edificaciones fueron mínimas o nulas. Este hecho ha influido mucho en la manera de construir de las personas ya que como los sismos han sido menos frecuentes y sin consecuencia alguna, las construcciones desde el punto de vista sísmico con muy débiles ya que los muros son contruidos sin que el barro de asentado llene integralmente las juntas entre adobes y es frecuente además encontrar edificaciones de adobe y tapial de tres pisos, y en contados casos de cuatro pisos. (Foto 42 y Foto 43)

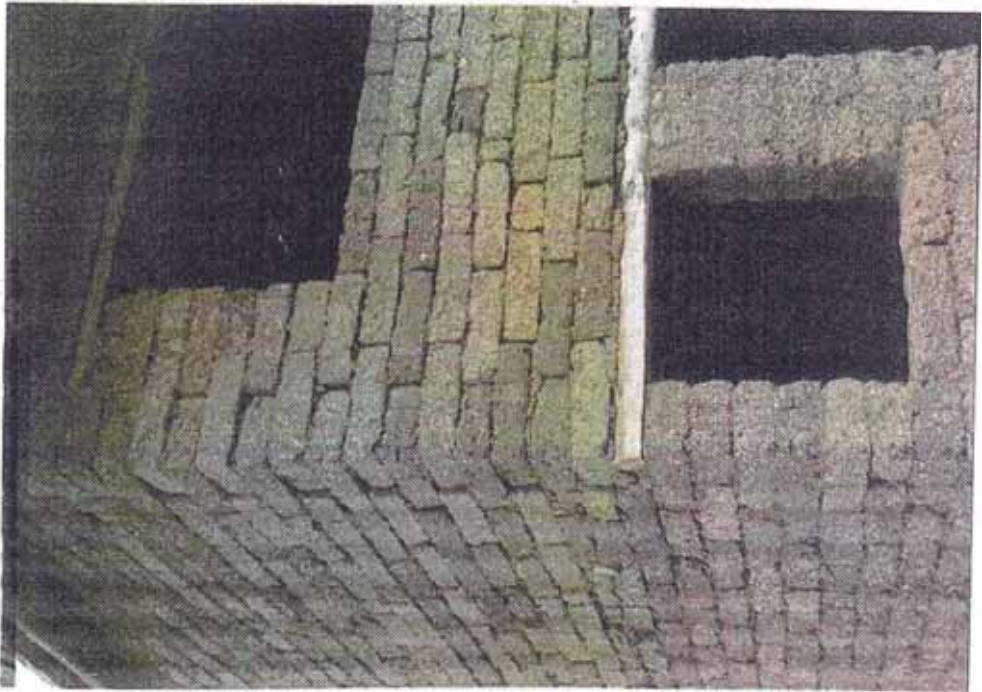
43



42



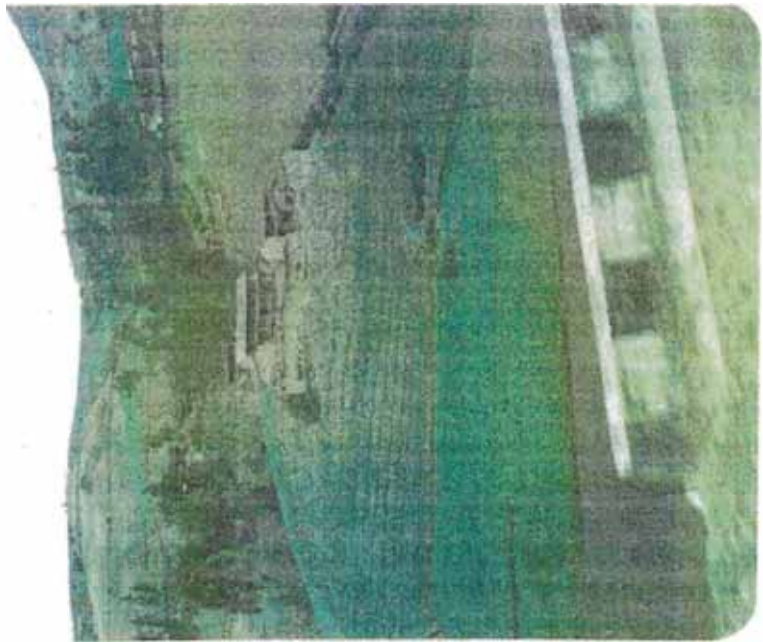
41



Otra situación observada es el hecho de que las personas construyen sus viviendas en cualquier sitio, como por ejemplo en las laderas de los cerros y en varios casos empotrados en ellos, y de la misma manera constructiva (Foto 44,45 y 46). En la distribución de daños, la influencia de las características del suelo han sido muy importantes. Las propiedades dinámicas de los suelos, tiene una importancia decisiva en la distribución de daños. ya que los suelos símicamente desfavorables pueden incrementar la intensidad sísmica hasta en unos 3 grados, con respecto a la roca donde las ondas símicas no sufren amplificaciones registrándose allí la intensidad verdadera.

Las contrucciones de adobe ubicadas en rocas sufren daños moderados, mientras que a corta distancia construcciones de similares características edificads sobre suelo arcillos-arenos podrian ser totalmente destruidas alcanzados una intensidad sísmica 1 o 2 grados mayor.

44



45



46



CAPITULO II*ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO
SISMICO DE LA ALBAÑILERIA EN ADOBE*

La gran actividad símica de nuestro país ha ocasionado graves daños en la contrucciones de tierra trayendo como fatal consecuencia la pérdida de vidas humanas. A raíz del terremoto del 31 de Mayo de 1.970 en el 90% de las construcciones que eran de adobe colapsaron causando la muerte de más de 40,000 personas, se desprestigió a este material que es de mayor uso en la construcción de viviendas.

Pero también muchas construcciones de este tipo tuvieron daños leves, lo que puso en evidencia que el adobe tiene capacidad para resistir sismos severos bajo ciertas condiciones. Por lo tanto el averiguar estas condiciones fué lo que condujo a realizar trabajos de investigación sobre construcciones de tierra, para que el adobe pueda ser una alternativa más de solución al grave déficit de vivienda en el país.

En la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) se inició en 1970 un estudio riguroso de las construcciones con adobe, bajo los auspicios del Ministerio de Vivienda. También en la Pontificia Universidad Católica del Perú, a través de su Departamento de Ingeniería, se realizaron trabajos de investigación sobre las construcciones de tierra. En estos últimos años la Universidad Nacional de Cajamarca conciente de la realidad que vive el Departamento en cuanto al aspecto de vivienda también a dedicado estudios en cuanto a mejorar la calidad de la construcción en adobe.

Con todos estos estudios realizados se tiene amplia información en lo que respecta al adobe como unidad de albañilería. Entonces se cuenta con la metodología para la correcta elaboración de adobes comunes como estabilizados contando con los procedimientos para la selección de canteras, análisis de suelos, tipos de gaveras a ser empleadas, tendales, procedimientos de secado y almacenaje, y métodos de ensayo para verificar las condiciones mecánicas de los bloques.

Se han hecho grandes avances con respecto al aspecto constructivo con adobe de modo que esta cuenta con

refuerzos verticales y horizontales destinados a incrementar los parámetros de resistencia a los esfuerzos de tracción en los encuentros así como el empleo de los morteros de asiento más adecuados.

Estos estudios han permitido desarrollar metodologías de diseño estructural para el adobe, lo que permite primeramente una adecuada estructuración de la vivienda según una serie de sollicitaciones, teniendo en cuenta las exigencias sismo-resistentes. En base a esta información en este trabajo de tesis se presenta un método de estructuración para una vivienda de dos pisos. De la información existente también se dispone de recomendaciones de carácter arquitectónico; como son las dimensiones de los vanos de puertas y ventanas y densidad de muros.

2.1 MATERIALES COMPONENTES

En la construcción de viviendas de adobe en zonas rurales, el uso de tecnología mejorada no debería representar un costo adicional significativo, 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 esos elementos son comunes tanto para viviendas de adobe reforzadas como sin refuerzo.

El costo adicional proviene de los materiales de 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.

ADOBES

Se la puede definir como un bloque hecho de barro sin cocer. De las investigaciones realizadas se sacan las siguientes las conclusiones para su adecuada elaboración (Ref.2):

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 sólo 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 factores más importantes con respecto a la resistencia de la albañilería de adobe.

-Suelos con importante contenido de arcilla poseen mayor resistencia seca, pero la albañilería contruida 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 del 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 de la mampostería. Este valor en el adobe sin estabilizarse varía de 10 Kg/cm² a 20 Kg/cm².

Ensayos para la obtención de este parámetro que fueron hechos en la Pontificia Universidad Católica del Perú podemos apreciarlo en la TABLA 1.

MORTERO

Se han hecho estudios acerca del material de las juntas entre bloques. el cual es un factor fundamental relacionado con el comportamiento sísmico de las viviendas de adobe.

De estos estudios se han sacado las siguientes conclusiones:

-La cantidad de agua empleada debe ser la mínima posible, que proporcione una trabajabilidad aceptable.

-Los morteros que contiene cal requieren 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 300% 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

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 resistencias 2.5 mayores que la de los muros con mortero de barro.

-Los morteros son comparados por su resistencia a la compresión, entonces se define dos tipos de morteros para adobe:

- a) Morteros tipo I (en base arena y aglomerantes) con una resistencia mayor de 0.25 Kg/cm².
- b) Morteros tipo II (en base tierra con o sin aglomerantes) con una resistencia menor de 0.25 Kg/cm².

-Una ventaja de utilizar morteros tipo I es la posibilidad de confiar los muros con materiales dúctiles, de manera de incrementar la ductilidad general de la construcción. Cuando se usa mortero tipo II no se consigue que los elementos confinantes trabajen monolíticamente con los muros.

Ensayos para observar la resistencia al corte de diferentes tipos de mortero que fueron hechos en la Pontificia Universidad Católica del Perú podemos apreciarlo en la TABLA 2

CAÑA

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 (Ref.1) 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 reforzados tuvieron un comportamiento óptimo, ya que fueron sometidos a sollicitación más intensas 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 desplazamiento, reduciendo el nivel de daño en la estructura y evitando así el colapso.

Se hicieron ensayos de la resistencia a la tracción obteniéndose los resultados resumidos en la TABLA 3.

ALAMBRE

El alambre empleado como material de refuerzo es el alambre galvanizado NQ8. En los ensayos (Ref. 9) el alambre fué usado para unir la cadena superior con el cimiento 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 el esfuerzo unitario de compresión y concede ductilidad.

Se observó 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.

Debe prestarse 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.

En la TABLA 4 se resumen los valores de ensayos a tracción realizados con alambres comerciales de nuestro medio.

MADERA

Los ensayos de módulos de vivienda (Ref. 9) 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 ensayos de comprensión perpendicular a las fibras y comprensión paralela a las fibras realizados en madera tornillo, así como también los ensayos hechos en madera de eucalipto se resumen en la TABLA 5.

2.2 ELEMENTOS DE MURO

Se realizaron diferentes tipos de ensayos con el propósito de determinar las características elásticas de los muros de adobe.

Ensayo de comprensión Axial

El objetivo de estos ensayos ha sido el de verificar el comportamiento de los muretes de adobe bajo sollicitaciones de comprensión pura. Se verificó que la **capacidad de comprensión** es menor que la del bloque mismo.

La inclusión en el mortero de materiales tales como el cemento, la cal o el yeso, mejoran notablemente la resistencia en comprensión y el módulo de elasticidad (mayor rigidez) de las pilas.

La esbeltez de las pilas no fue una variable influyente. La resistencia de las pilas se mantuvo casi constante en un rango amplio de esbelteces.

Desde el punto de vista de normalización de los ensayos, la esbeltez 1:4 (pilas de 8 adobes) es adecuada. Resultados de ensayos hechos se resumen en la TABLA 6 y la TABLA 7.

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 complican el esquema de falla.

Se obtuvieron marcadas diferencia en los módulos de elasticidad de los muretes de adobe según el 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

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 se reconoce por la grieta diagonal que se produce a través del muro con una trayectoria aproximadamente 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. Resultados de ensayos de este tipo están resumidos en la TABLA 8.

Ensayo de Corte Directo

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

La expresión propuesta es la siguiente:

$$V_r = u + f \cdot R$$

Resistencia al corte (Kg/cm²)

= Compresión unitaria normal al plano de corte

u = Cohesión

f = Coeficiente de fricción aparente

Donde los parámetros u y f se determinan a partir de ensayos de corte directo.

De las investigaciones realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

$$V = 0.45 \quad V_r = 0.054 + 0.03 \nabla \quad \text{RNC}$$

$$V = 0.45 \quad V_r = 0.059 + 0.49 \nabla \quad (32 \text{ ensayos, Ref 4})$$

$$V = 0.45 \quad V_r = 0.068 + 0.49 \nabla \quad (12 \text{ ensayos, Ref. 11})$$

$$V = 0.45 \quad V_r = 0.081 + 0.34 \nabla \quad (70 \text{ ensayos, Ref 5})$$

En esta última investigación, los coeficientes de correlación lineal fueron de orden de 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 fué 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.

Es importante señalar que la fórmula que aparece actualmente en el RNC debe ser modificada ya que le asigna muy poca influencia al efecto de la carga vertical.

2.3 MURO

En el diseño de viviendas rurales, los muros son elementos fundamentales. Muchas veces para resolver el análisis sísmico es necesario conocer la rigidez de los mismos.

Ensayo de Corte en Muros

Destinados a hallar la expresión empírica que relaciona el esfuerzo cortante máximo que resiste en relación al esfuerzo de compresión que actúa simultáneamente.

Otra contribución de estos ensayos fué el de lograr una ductilización de las viviendas a través de un adecuado refuerzo con materiales rurales.

De estos ensayos se obtuvo una expresión para evaluar el esfuerzo unitario cortante de fisuración (τ), en función del esfuerzo unitario de compresión (σ) que actúa simultáneamente:

$$\tau = 0.09 + 0.55 \cdot \sigma \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (25 \text{ ensayos. Ref 9})$$

Se comprobó esta expresión con muros mejor reforzados (Ref. 4) No se encontró influencia en el tamaño de los adobes, ni en el aparejo de colocación, ni en el espesor de muro, tampoco en las edades de secado.

Se comprobó una apropiada ductilidad que se consigue con los refuerzos de caña.

Ensayos de Flexión en Muros

Estos ensayos tuvieron como fin ayudar a comprender cualitativamente el comportamiento de los muros reforzados, sometidas a cargas perpendiculares a su plano.

El análisis de los resultados de los ensayos permiten deducir conclusiones a dos niveles: Régimen Elástico y Estado Ultimo.

En los ensayos realizados (Ref. 9), 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 incremento de deformación posible luego de la fisuración, es del orden de 4 a 6 veces la deformación máxima elástica y es la que dá origen a una ductilidad aparente.

El conocimiento de éste fenómeno permite la correcta aplicación del concepto del trabajo virtual para evaluar las fuerzas de colapso en muros sometidos a flexión, a través de las líneas de rotura.

Ensayos de Volteo de Muros

En ensayos realizados (Ref. 9), 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 escasas adherencia entre mortero (de barro) y adobe.

No se observó falla de flexión del muro por compresión en el mortero, siendo la falla en todos los casos bien definida por una 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, pero siempre a lo largo de mortero de barro.

La hipótesis del muro sólido rígido con su punto de giro ubicado en el borde exterior de la base es bastante buena y podría servir de medida para la evaluación de la estabilidad al volteo de un muro de adobe solicitado por cargas perpendiculares a su plano.

2.4 MODULOS DE VIVIENDA

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

En los ensayos módulos de vivienda (Ref. 9) realizados, se observo 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).

Las diferentes piezas que conforman en módulo, estarán solicitadas en formas diversas, pero clasificables en dos grandes grupos (de acuerdo a la sollicitación predominante o crítica para el diseño)

- a) Sollicitación de Flexión*
- b) Sollicitación de corte.*

a) *Solicitud de Flexión*

b) *Solicitud de corte.*

Solicitud de Flexión: Cuando sus elementos longitudinales al fallar o fisurarse, lo hacen con esquemas de fisuración típicos de esa solicitud.

Solicitud de Corte: Cuando sus elementos longitudinales fallan con esquemas típico a esa solicitud.

Esta dificultad está vinculada incluso a las dimensiones de los elementos, que en algún caso nos permitirán afirmar que dominará el fenómeno de flexión o del corte, pero en otros será aventurado opinar, por cuanto ambos fenómenos influyen en forma significativa.

De ensayos realizados (Ref. 9), se hace notar que los diferentes prototipos estudiados constituyen cada uno un caso de estudio especial y que conjunto llevan a poder generalizar el comportamiento de algún caso nuevo que se presente, extrapolando las técnicas de modelaje ya adquiridas.

PARAMETROS DE DISEÑO

Como conclusión a éste capítulo resumiré los esfuerzos admisibles que se considerarán en el diseño de viviendas de adobe.

1) MORTERO

a) TIPO I - Mortero de cemento-arena con relación volumétrica 1:5.

b) TIPO II.- Mortero de barro que debe cumplir la misma calidad de las unidades.

2) MODULO DE ELASTICIDAD

Con mortero Tipo I --> $E = 5,000 \text{ Kg/cm}^2$

Con mortero Tipo II -> $E = 1,700 \text{ Kg/cm}^2$.

3) RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA UNIDAD : Es un índice de la calidad de la misma y no será menor a 10 Kg/cm^2 .

4) RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA MAMPOSTERIA: Se considerará el 40% ($R^*m = 0.4 Rm$) del valor obtenido en los ensayos (90% de las pilas ensayadas).

Con Mortero Tipo I --> $R^*m = 6 \text{ Kg/cm}^2$.

Con Mortero Tipo II -> $R^*m = 3 \text{ Kg/cm}^2$.

5) RESISTENCIA AL CORTE:

$V_r = u + f \cdot \nabla = \text{Resistencia al corte (Kg/cm}^2\text{)}$

$\nabla = \text{Compresión unitaria normal al plano de corte}$

$u = \text{Cohesión}$

$f = \text{Coeficiente de fricción aparente}$

Con Mortero Tipo I --> $V = 0.45 \quad V_r = 0.162 + 0.68$

Con Mortero Tipo II -> $V = 0.45 \quad V_r = 0.081 + 0.34$

6) RESISTENCIA POR TRACCION A LA FLEXION DE LA MAMPOSTERIA: Se considera nula la resistencia a tracción del mortero para cargas contenidas en el plano del muro.

7) RESISTENCIA A LA TRACCION DE LA CAÑA : Se va a considerar la caña de suro, que es común en Cajamarca con un $FS=3,086 \text{ Kg/cm}^2$. Entonces $FS \text{ adm} = 1,000 \text{ Kg/cm}^2$.

8) ESFUERZOS ADMISIBLES DEL EUCALIPTO:

ESFUERZOS ADMISIBLES	SIMBOLO	(KG/CM ²)
FLEXION	f_m	304.14
COMPRESION PARALELA	$f_{c//}$	131.00
COMPRESION PERPENDICULAR	$f_{c\perp}$	35.22
CORTE PARALELO	f_v	11.60
MODULO DE ELASTICIDAD	E	
	E_{min}	137,200.00
	E_{prom}	198,016.41

*TABLAS
Y RESULTADOS
DE ENSAYOS*

TABLA 1
(REF. 9)

Los adobes emplados fueron fabricados de arcilla con paja de dos tamaños nominales : 20 x 40 x 8cm, 30 x 60 x 8cm.

Se hicieron ensayos a compresión en cubos de 8 cm. de lado, ensayos de tracción en probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura y también ensayos a flexión de adobes de diferentes edades con el objeto de evaluar la influencia del tiempo.

Se puede apreciar de acuerdo a los resultados resumidos en la TABLA 1 que no existe una diferencia significativga en el orden de magnitudes de las tensiones obtenidas para adobes que tenían entre 1 mes y un año de antigüedad.

TABLA 1.1.

COMPRESION EN CUBOS DE 8 cm DE LADO (kg/cm²)

Espécimen	Más de un año	Un mes
1	17.90	12.90
2	13.50	15.80
3	12.30	13.50
4	14.80	16.50
5	12.90	14.50
6	14.80	15.30
promedio	14.40	14.80

TABLA 1.2.TRACCION POR FLEXION (kg/cm²)

<i>Espécimen</i>	<i>Más de un año</i>	<i>Un mes</i>
1	7.90	3.30
2	4.70	3.00
3	4.70	3.10
4	5.00	3.30
5	4.30	4.30
<i>promedio</i>	4.40	3.40

TABLA 2

(REF. 7)

Se realizaron 14 ensayos de corte en muros de tamaño natural de 2.4 mt x 4.0 mt., con espesor de 20 cm y 30 cm. El ensayo consiste en aplicar una carga lateral ubicada a los dos tercios de la altura, a través de una gata que reparte su carga en una pieza de madera de 80 cm de largo.

Los muros están apoyados en el suelo sobre una base de concreto sin ningún tipo de restricción adicional a la de la adherencia y fricción de la de una capa de mortero.

Los ensayos realizados pueden agruparse según 4 tipos de mortero:

- a) Mortero de cemento-arena (6 muros)
- b) Mortero de cemento-yeso-arena (4 muros)
- c) Mortero de cemento-cal-arena (3 muros)
- d) Mortero de yeso-barro (1 muro)

TABLA 2

MORTERO DE CEMENTO - ARENA

Espesor (cm)	Carga Max. (kg)	Esfuer.rot (kg/cm ²)	Deformaci.rot (mm)	Mortero
30	4,000	0.33	1.0	1:3
30	5,510	0.43	1.6	1:3
20	3,800	0.475	4.9	1:4
20	3,000	0.375	2.2	1:4
20	4,330	0.54	2.6	1:5
20	4,850	0.61	2.5	1:5

MORTERO DE CEMENTO - CAL - ARENA

Espesor (cm)	Carga Max. (kg)	Esfuer.rot (kg/cm ²)	Deformaci.rot (mm)	Mortero
20	4,750	0.59	2.7	1:1/2:5
20	3,445	0.43	1.1	1/2:1:5
20	4,050	0.51	1.25	1/2:1:5

MORTERO DE YESO - BARRO

Espesor (cm)	Carga Max. (kg)	Esfuer.rot (kg/cm ²)	Deformaci.rot (mm)	Mortero
20	2,020	0.25	0.4	1:4

TABLA 3.1
(REF. 12)

VARIEDAD	MAX.ESFUERZO (kg/ cm ²)	MODULO ELASTICIDAD (kg/cm ²)
CAÑA BRAVA	2,680	420,000
GUAYAQUIL	1,900	260,000
CARRIZO	1,100	130,000

TABLA 3.2.
(REF. 11)

ENSAYOS DE TRACCION DE CAÑA DE SURO

Espécimen	Secc.Promedio (cm ²)	Carga rotura (kg)	Tensión (kg/cm ²)
1	0.04	121.5	3,037.5
2	0.04	146.0	3,650.0
3	0.04	112.0	2,800.0
4	0.04	125.5	3,137.5
5	0.04	121.0	3,025.0
6	0.04	115.0	2,875.0
7	0.04	122.3	3,057.0
8	0.04	119.0	2,975.0
9	0.04	143.0	3,575.0
10	0.04	137.5	3,437.5
11	0.04	120.5	3,012.5
12	0.04	116.0	2,900.0
13	0.04	114.5	2,862.5
14	0.04	122.5	3,062.5
15	0.04	115.8	2,895.0

PROMEDIO =>3,086.8

TABLA 4
(REF. 9)

ENSAYOS CON ALAMBRE GALVANIZADO # 8

MUESTRA No

	1	2	3	4	5
<i>Diámetro inicial (cm)</i>	0.415	0.415	0.415	0.415	0.415
<i>Area (cm²)</i>	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135
<i>Carga de Fluencia (kg)</i>	550	480	500	550	475
<i>Carga Máxima (kg)</i>	585	580	570	575	570
<i>Carga de Rotura (kg)</i>	435	435	450	475	430
<i>Tensión de Fluencia (kg/cm²)</i>	4074	3556	3703	4074	3518
<i>Tensión Máxima (kg/cm²)</i>	4333	4296	4222	4259	4222
<i>Tensión de Rotura (kg/cm²)</i>	3222	3222	3333	3518	3185

ENSAYOS EN MADERA TORNILLO (REF.9)

En los ensayos se usaron listones de madera "Tornillo" de sección 1 1/2" x 2". Estos se emplearon como vigas soleras, dinteles y refuerzos. Los resultados de los ensayos de compresión perpendicular a las fibras y paralela a las fibras se muestran a continuación.

Esfuerzos de diseño aplicables a madera estructural que cumplen en su totalidad la Norma de Clasificación Visual (PADT-REFORT):

GRUPO C: Compresión Paralela = 80 kg/cm²
Compresión Perpendicular = 15 kg/cm²

TABLA 5.1

COMPRESION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS

Espécimen	Sección (cm)	Carga rotura (kg)	Tensión (kg/cm ²)
1	5.05 x 5.00	1725	68.3
2	5.07 x 5.00	1816	71.6
3	5.00 x 5.00	2815	112.6
4	5.00 x 5.00	1589	63.6
5	5.00 x 5.00	1362	54.5
PROMEDIO =>			74.1

TABLA 5.2

COMPRESION PARALELAS A LAS FIBRAS

Espécimen	Sección (cm)	Carga rotura (kg)	Tensión (kg/cm ²)
1	5.04 x 5.07	6810	266.5
2	5.03 x 5.00	7355	292.4
3	5.00 x 5.02	7196	286.7
4	5.00 x 5.04	6946	275.6
5	5.00 x 5.02	8971	357.4
PROMEDIO =>			298.7

TABLAS 5.3
ENSAYOS EN MADERA DE EUCALIPTO (REF. 11)

La madera de eucalipto se utiliza como material de construcción en estructura para techos, en vigas, pilares, postes, y sistemas de piso.

Ensayos hechos en la Universidad Nacional de Cajamarca han permitido definir sus propiedades físico-mecánicas.

TIPO DE ENSAYO	SIMBOLOGIA	No PROBETA	PROMEDIO
DENSIDAD BASICA	DB(gr/cm ³)	20	0.58
FLEXION ESTATICA:			
MOD.DE ELASTICIDAD	MOE(kg/cm ²)	20	198,016.41
ESF. LIMITE PROPORCIONAL	ELP(kg/cm ²)	20	963.68
ESF. DE ROTURA	F (kg/cm ²)	20	1,384.45
CONTENIDO DE HUMEDAD	CH (%)	20	18.49
COMPRESION PARALELA:			
MOD. DE ELASTICIDAD	MOE(kg/cm ²)	20	31,876.75
ESF. DE ROTURA	MOR(kg/cm ²)	20	534.61
CONTENIDO DE HUMEDAD	CH (%)	20	15.18
COMP. PERPENDICULAR:			
ESF. LIMITE PROPORCIONAL	MLP(kg/cm ²)	20	61.53
CONTENIDO DE HUMEDAD	CH (%)	20	14.87
CORTE PARALELO:			
ESFUERZO DE ROTURA	MOR(kg/cm ²)	20	65.56

TABLA 5.4

ESFUERZO ADMISIBLES	SIMBOLO	(KG/CM ²)
FLEXION	fm	304.14
COMP. PARALELA	fc//	131.00
COMP. PERPENDICULAR	fcL	35.22
CORTE PARALELO	fv	11.60
MODULO DE ELASTICIDAD	E	
	E _{min}	137,200.00
	E _{prom}	198,016.41

TABLA 6
(REF. 9)

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL DE PILAS DE ADOBE

En estos ensayos, el objetivo era conocer el comportamiento de los muros de adobe (pilas) bajo sollicitaciones de compresión pura. El mortero utilizado para esta serie de ensayo fué de barro con paja.

Para estos ensayos se definió una esbeltez para el espécimen de manera de no tener problemas de pandeo. Se usó la esbeltez 1:4 que ha dado buenos resultados en cuanto a la baja dispersión obtenida en los resultados de los ensayos.

CARGA PERPENDICULAR A LAS PRINCIPALES

JUNTAS DE MORTERO

Dimensiones (cm)	Carga Rot. (kg)	Esfuerzo Unit. Rot. (kg/cm ²)
19.0 x 38.5 x 79.0	6,200	8.54
20.0 x 40.0 x 80.0	5,900	7.38
20.0 x 39.0 x 80.0	6,200	7.95
19.5 x 39.0 x 78.5	5,700	7.38
19.5 x 39.0 x 80.0	6,500	8.55
20.0 x 39.0 x 79.0	6,500	8.33
19.0 x 39.0 x 79.0	6,200	8.37
20.0 x 40.0 x 80.0	5,900	7.33
19.5 x 39.0 x 80.0	6,625	8.71
19.5 x 39.0 x 78.5	6,500	8.55
19.5 x 39.0 x 78.0	7,300	9.60
19.5 x 39.0 x 78.5	7,000	9.20

PROMEDIO => 8.32

TABLA 7
(REF. 4)
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL DE PILAS DE ADOBE
CON VARIACION DE ESBELTEZ Y MORTERO

En estos ensayos se estudió la influencia de diversas variables en la resistencia a la compresión de las pilas, tales como Esbeltez, calidad del Mortero y Tiempo de secado.

Mortero	Esbeltez	Edad (mes)	Carga Rot. (kg)	Esfuerzo Unit Rot. (kg/cm ²)
Barro	1:1 2 adobes	1	9,413	11.7
Barro	1:1.5 3 adobes	1	6,820	8.53
Barro	1:2 4 adobes	1	6,297	7.87
Barro	1:3 6 adobes	1	6,425	8.03
Barro	1:4 8 adobes	1	6,398	8.00
Barro	1:5 10 adobes	1	6,180	7.73
Barro 4 Yeso 1	1:4 8 adobes	1	8,645	10.81
Arena 5 Cemt 1 Yeso 1/2	1:4 8 adobes	2	12,355	15.44
Arena 5 Cemt 1/2 Yeso 1	1:4 8 adobes	8	11,840	14.80
Arena 5 Cemt 1/2 Cal 1	1:4 8 adobes	10	14,140	17.68
Barro	1:4 8 adobes	11	9,620	12.03
Barro	1:4 8 adobes	7	9,760	12.20

TABLA 8

(REF. 4)

ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL

En una primera etapa (Ref. 9) los muretes se construyeron horizontales (Muretes D) con el objeto de ensayarlo in situ evitándose así el manipuleo. Posteriormente y como parte de otro programa de investigaciones se ejecutaron nuevos ensayos de este tipo (Muretes CDPM) con mejores dispositivos.

Especimen	T max. (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)
D - 1	0.30	670
D - 2	0.30	194
D - 3A	0.33	250
D - 3B	0.24	158
D - 4	0.27	170
D - 5	0.27	907
D - 6	0.27	110
D - 7	0.27	906
D - 8	0.27	171
D - 9	0.24	246
CDPM - 1	0.32	500
CDPM - 2	0.26	340
CDPM - 3	0.27	403
CDPM - 4	0.19	---
CDPM - 5	0.17	518
CDPM - 6	0.13	467
CDPM - 7	0.25	358
PROMEDIO =	0.26	398
C.V. (%) =	7.60	61.4

CAPITULO III

ESTUDIO DE LA CONFIGURACION ESTRUCTURAL.

Las viviendas de adobe reforzado construidas con criterio sismo-resistentes 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.

Ciertas condiciones deben cumplirse para asegurar el buen comportamiento sismo-resistente. 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.

3.1 CIMENTACION

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

Su forma, dimensiones y profundidad, dependen 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.

En las edificaciones a base de adobe, es fundamental la utilización de una adecuada cimentación ya que éstas 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

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.

En Cajamarca, la construcción de edificaciones a base de elementos de tierra se encuentra generalizada sobre todo en áreas rurales. En las zonas rurales existen viviendas en las que se nota la carencia total de cimentación, produciéndose en estos casos falla 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 dimensionamiento de los cimientos se deberá precisar claramente las características sísmicas y climatológicas de la región 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.

El uso de sobrecimiento es indispensable 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 a 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.

Se ha notado en algunos casos que se trabajan los sobrecimientos a base de piedra en bruto quedando intersticios entre los bloques que disminuyen la afluencia de humedad por capilaridad.

La superficie final del sobrecimiento, en la zona en que se asentarán los adobes, deberá ser lo suficientemente rugosa para asegurar una buena adherencia.

3.2. PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS

Para poder definir expresiones que nos den un predimensionamiento de los muros, es necesario conocer antes como es el comportamiento de éstos frente a sollicitaciones 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 óptimo 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.

Entonces 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 por torsión en planta produce en muchos casos el colapso de la vivienda, y sobre todo en este caso que se trata de adobe.

Los muros son capaces de resistir sin mayor problema compresiones verticales adicionales 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.

Si se considera la acción sísmica sobre una edificación de adobe, ésta 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 tiene 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 éstos 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.

En la práctica no ocurre tanto así, ya que los techos muchas veces no cumplen la función de techo 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, éstas deflexiones van disminuyendo hacia los empotramientos.

Cuando 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.

De lo expuesto vemos 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 propia 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.

El análisis 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 enelástico 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.

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 expresiones relacionadas con el coeficiente sísmico, elegido éste ya sea por utilización de un código o resultado de algún análisis particular. La metodología general para elegir las expresiones empíricas, ha sido partir 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 resumen, ocurre 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 (Ref. 9). Este incremento 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

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

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

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

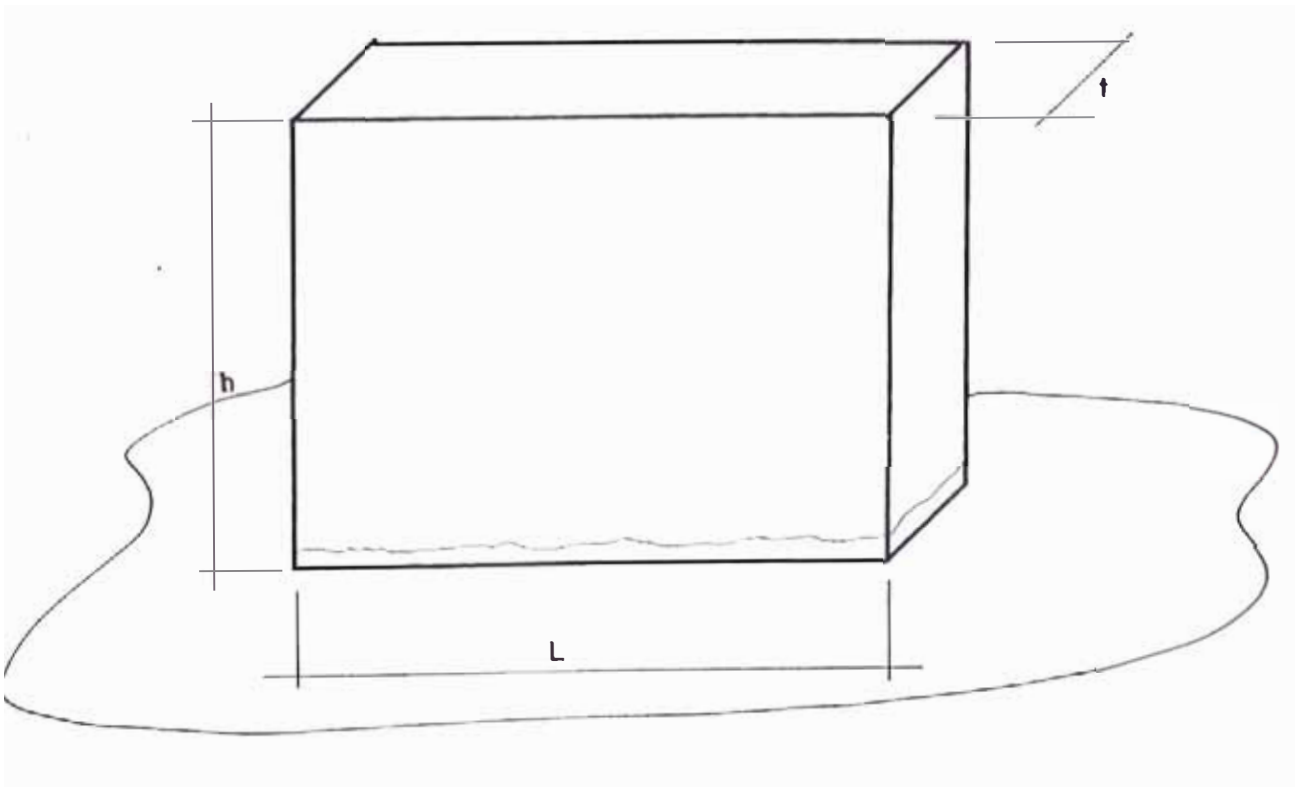
- III. En las grietas inclinadas sólo hay resistencia a flexión en los tramos horizontales, que es donde actúan las fuerzas de gravedad.

IV. El momento actuante a lo largo de una línea de rotura inclinada un ángulo α respecto a la horizontal es $M \cos \alpha$, donde M es el momento promedio evaluado en II.

Con estas premisas se han desarrollado las siguientes expresiones:

**MURO APOYADO EN EL SUELO
SIN OTRO TIPO DE APOYO LATERAL**

Esquema de fisuración.



C = Coeficientes sísmico

w = Carga lateral sísmica (Kg/m²)

t = Espesor del muro (mt)

l = Longitud del muro (mt)

h = Altura del muro (mt)

γ = Peso específico del muro (Kg/m³)

$$w = C \cdot \gamma \cdot t$$

$$W_e = \text{Trabajo externo} = w \cdot (H \cdot l) \cdot (1/2)$$

$$W_i = \text{Trabajo interno} = (\gamma \cdot t^2 / 2) \cdot (h \cdot l) \cdot (1/h)$$

$$W_e = W_i \Rightarrow w \cdot h \cdot l / 2 = (\gamma \cdot t^2 / 2) \cdot (h \cdot l) / h$$

$$w = (2/h) \cdot (\gamma \cdot t^2 / 2)$$

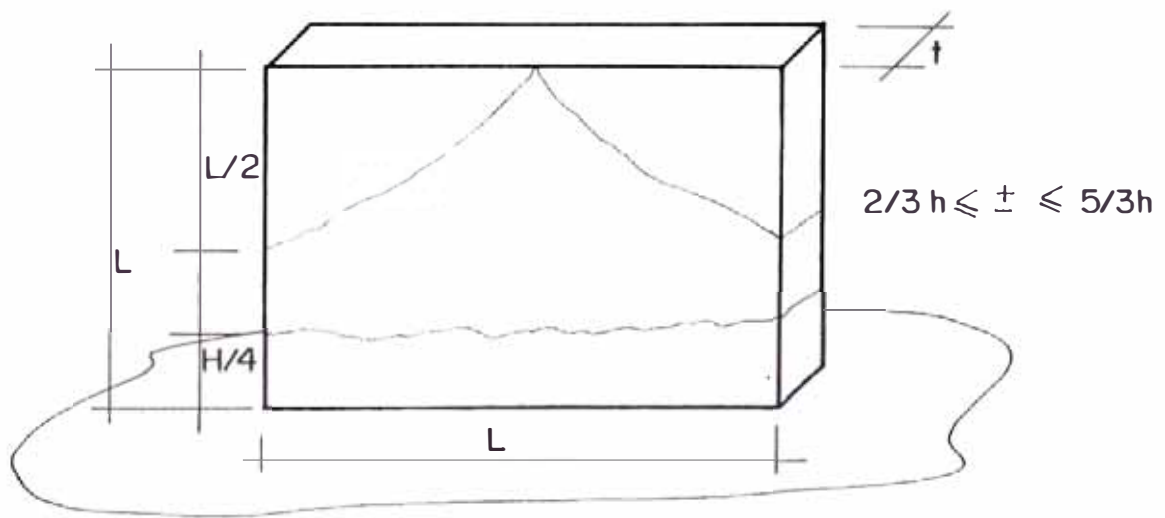
$$C \cdot \gamma \cdot t = (2/h) \cdot (\gamma \cdot t^2 / 2)$$

$$C = t/h$$

De la misma manera se hicieron las deducciones para los siguientes casos:

**MURO APOYADO EN EL SUELO
Y EN LOS MUROS TRANSVERSALES EXTREMOS**

Esquema de fisuración



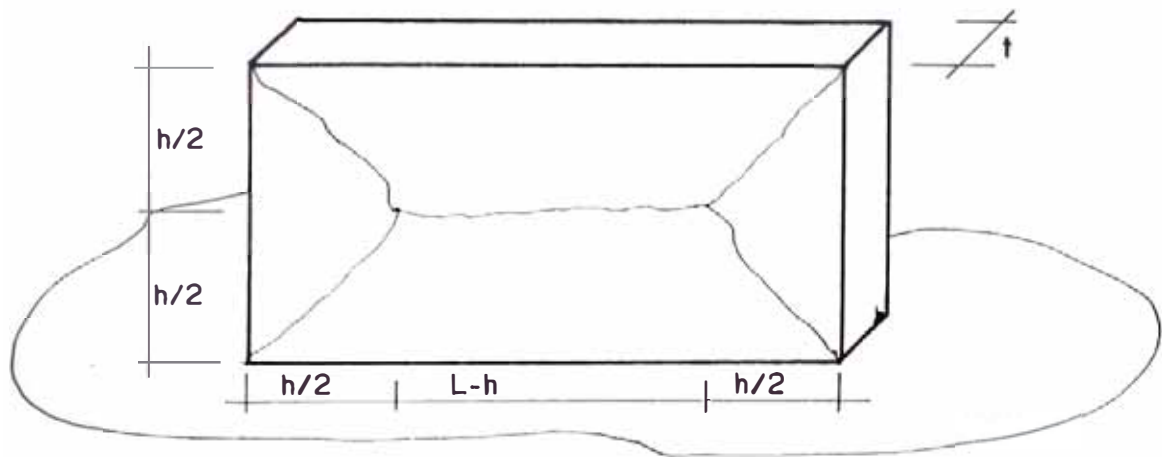
Aplicando concepto de trabajos virtuales se dedujo la siguiente expresión:

$$C = (27*t)/(10*12/h - 15*1 - 27/2*h)$$

Simplificando: $C = 7*t/(1*h)$

MURO APOYADO EN EL SUELO, EN DOS MUROS
TRANSVERSALES Y EN VIGA COLLAR RIGIDA

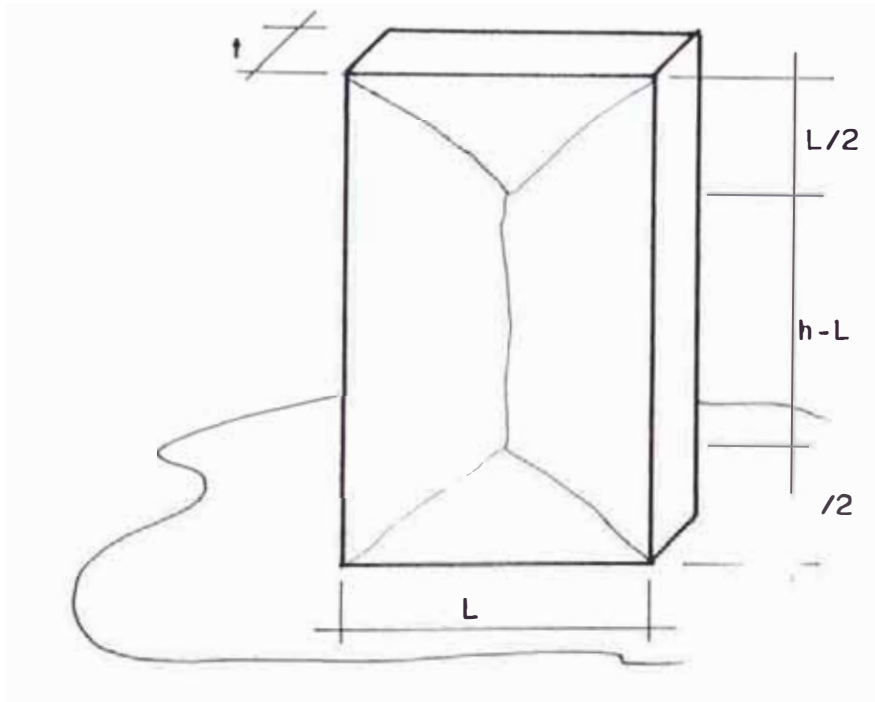
Esquema de Fisuración, Caso $h < l$



Aplicando concepto de trabajos virtuales:

$$C = 9 * t * l / (h * (3 * l - h))$$

Esquema de fisuración. caso $h > l$



Aplicando concepto de trabajos virtuales:

$$C = 9 * t * h / (1 * h - 1)$$

Haciendo variar los parámetros de estas expresiones se consiguen diferentes valores de C . Luego promediando estos valores y tomando factor de seguridad de 2.5 tenemos el siguiente cuadro

COEFICIENTE C PARA 1 PISO

MURO APOYADO EN:	C (fisuración)	C (servicio)
1 lado	0.25	0.10
2 lados	0.31	0.12
3 lados	0.63	0.25

COEFICIENTE C PARA 2 PISO

MURO APOYADO EN:	C (fisuración)	C (servicio)
1 lado	0.07	0.03
2 lados	0.14	0.06
3 lados	0.54	0.21

Entonces de acuerdo a lo expuesto, como es necesario la incorporación de una viga collar rígida en el sistema estructural, entonces estamos en el caso de 4 lados de apoyo, por lo tanto los valores del coeficiente sísmico que se va a usar en los cálculos son:

Para muros del primer piso $\Rightarrow C = 0.25$

Para muros del segundo piso $\Rightarrow C = 0.21$

3.3 COBERTURAS

Las coberturas al igual que los muros deben proteger al usuario de la intemperie, poseer cualidades acústicas térmicas, asegurar una cierta resistencia en caso de siniestro por fuego, pero además deben proteger al 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 formen un conjunto con trabazón suficiente para resistir las solitaciones 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 pueden llevar a la claudicación de la estructura.

Por lo expuesto, debe procurarse que el techo sea lo 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 vacía un falso piso de cemento-hormigón. Este tipo de techo es más rígido y pesado, el cual incrementa la capacidad de resistencia al corte del muro.

Esto no quiere decir 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 sollicitaciones sísmicas. Lo que se busca es que el techo sea lo más rígido posible.

La razón de eliminar el agua de lluvia que cae sobre la cobertura, especialmente cuando está construida con materiales permeables, lleva a darles pendientes pronunciadas 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, éstos 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.

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

Debe anotarse que la mayoría de los techados livianos ofrecen desventaja 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 aplicarle carga, dado que la madera húmeda tiene un módulo de elasticidad bastante bajo y puede sufrir deflexiones excesivas.

Las tejas usadas extensivamente en la sierra deben ser convenientemente fijadas al armazón del techo. Se han dado casos que durante sismos intenso, las tejas se han caído totalmente provocando accidentes.

CAPITULO IV

ANALISIS Y DISEÑO RIGUROSO DE UNA

EDIFICACION REPRESENTATIVA.

De acuerdo a lo descrito en los capítulos anteriores es imperativo que las viviendas destinadas a ser de dos pisos cumplan necesariamente las recomendaciones dadas en lo que se refiere a la estructuración para lograr un competencia satisfactoria en lo que se refiere al problema de la seguridad estructural ante el sismo.

Entonces la vivienda que se ha considerado para el estudio, una edificación de adobe de dos pisos representativa, ha sido reestructurada arquitectónicamente para cumplir:

- a) Los criterios de calificación de los atributos de la forma => simetría, continuidad, robustez y competencia torsional.*

b) Los criterios de calificación de los atributos de los diagragmas => 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.

4.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

La vivienda ocupa un área de 132 m² (12mt x 11mt) 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 2cm. 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 de 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.

Para la cobertura se ha considerado teja con asiento de mortero con cabios a 30 cm., lo que da un peso de 70 Kg/m². Esta teja es de 35 cm de longitud y 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 si sola llega a tener un peso de 105 Kg/m² por lo que 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.

Los datos de la geometría de los muros se aprecian en los siguientes cuadros:

PRIMER PISO

CUADRO IV-01

DIRECCION X

MURO	ELEMENTOS DE MURO			H	MURO	ELEMENTOS DE VANOS			COORDENADAS	
	l	h	t			l	h	t	x	y
1-1					1-1	12.0	2.50	0.5	6.00	0.25
(1)	2.90	2.50	0.5	5.00	I	1.4	2.00	0.5	3.60	0.25
(2)	3.40	2.50	0.5	5.00	II	1.4	2.00	0.5	8.40	0.25
(3)	2.90	2.50	0.5	5.00	2-2	12.0	2.50	0.6	6.00	5.50
2-2					I	1.0	2.00	0.6	6.80	5.50
(1)	5.30	2.50	0.6	5.75	3-3	12.0	2.50	0.5	6.00	10.75
(2)	4.70	2.50	0.6	5.75	I	1.3	2.00	0.5	3.65	10.75
3-3					II	1.3	2.00	0.5	8.35	10.75
(1)	3.00	2.50	0.5	5.00						
(2)	3.40	2.50	0.5	5.00						
(3)	3.00	2.50	0.5	5.00						

DIRECCION Y

MURO	ELEMENTOS DE MURO			H	MURO	ELEMENTOS DE VANOS			COORDENADAS	
	l	h	t			l	h	t	x	y
A-A					A-A	11.0	2.50	0.5	0.25	5.50
(1)	11.00	2.50	0.5	5.75	B-B	11.0	2.50	0.6	6.00	5.50
B-B					I	1.4	2.00	0.6	6.00	6.50
(1)	5.80	2.50	0.6	5.75	C-C	11.0	2.50	0.5	11.75	5.50
(2)	3.80	2.50	0.6	5.75						
C-C										
(1)	11.00	2.50	0.50	5.75						

SEGUNDO PISO

CUADRO IV-02

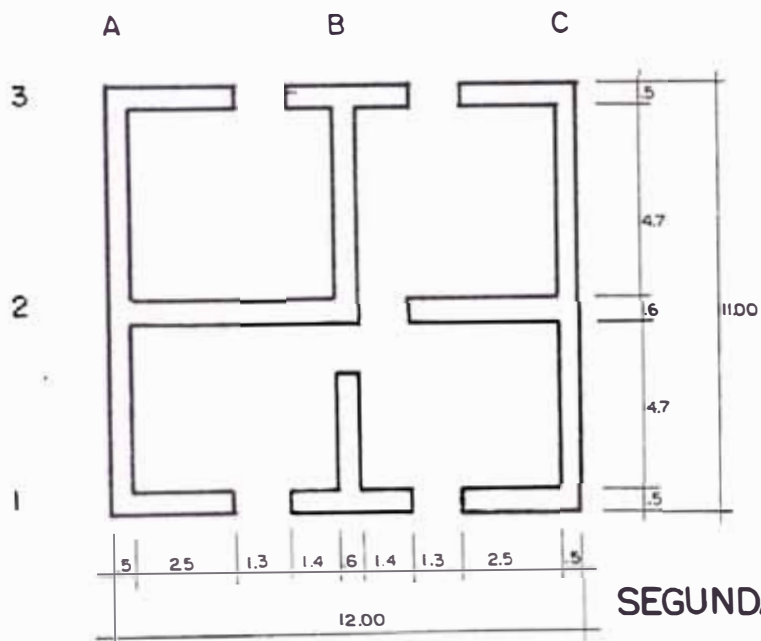
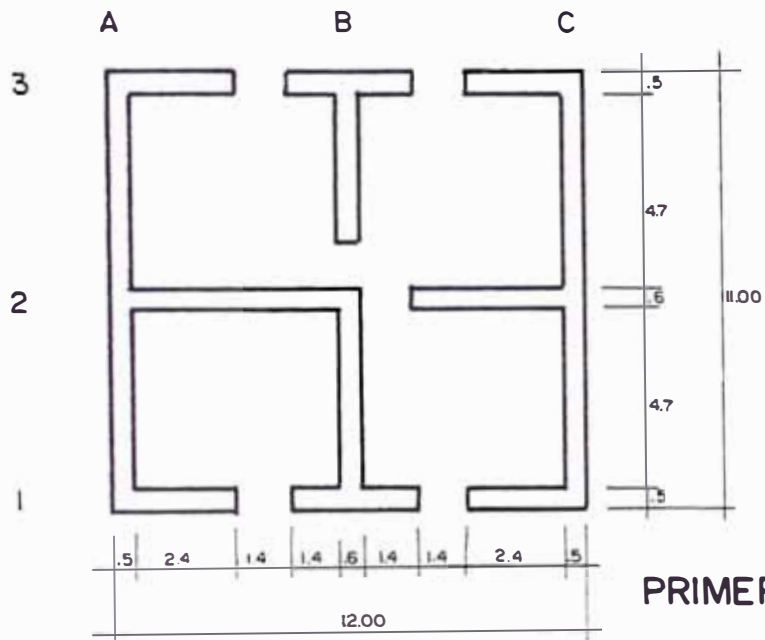
DIRECCION X

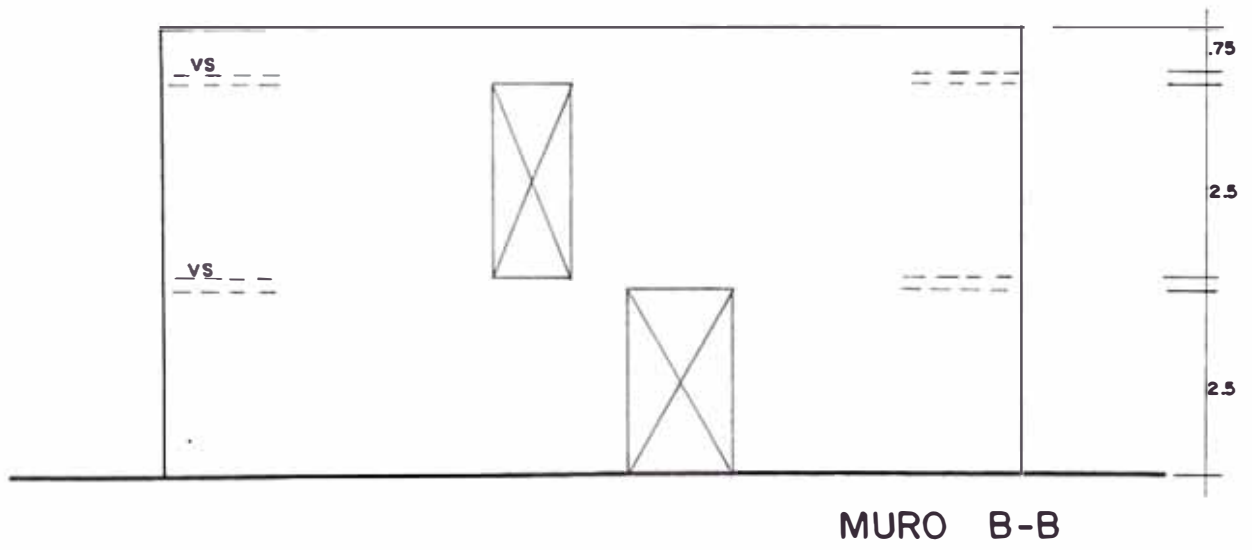
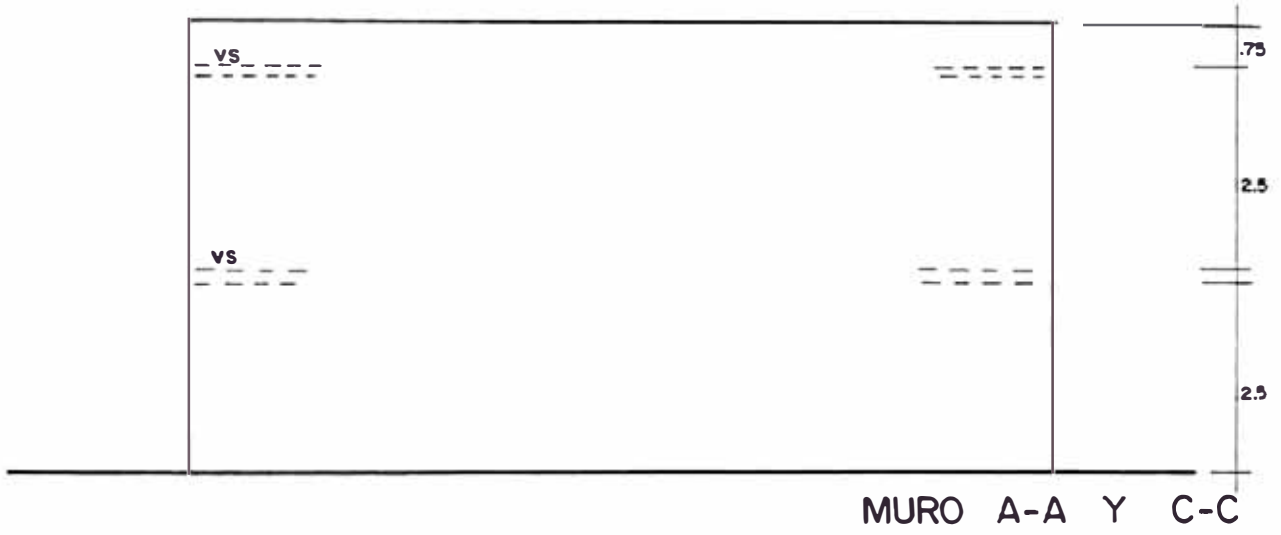
MURO	ELEMENTOS DE MURO			H	MURO	ELEMENTOS DE VANOS			COORDENADAS	
	l	h	t			l	h	t	x	y
1-1					1-1	12.0	2.50	0.5	6.00	0.25
(1)	3.00	2.50	0.5	2.50	I	1.3	0.50	0.5	3.65	0.25
(2)	3.40	2.50	0.3	2.50	II	1.5	0.50	0.5	8.35	0.25
(3)	3.00	2.50	0.5	2.50	2-2	12.0	2.50	0.6	6.00	5.50
2-2					I	1.0	2.00	0.6	6.80	5.50
(1)	6.30	2.50	0.6	3.25	3-3	12.0	2.50	0.5	6.00	10.75
(2)	4.70	2.50	0.6	3.25	I	1.0	2.00	0.5	3.80	10.75
					II	1.0	2.00	0.5	8.20	10.75
3-3										
(1)	3.30	2.50	0.5	2.50						
(2)	3.40	2.50	0.3	2.50						
(3)	3.30	2.50	0.5	2.50						

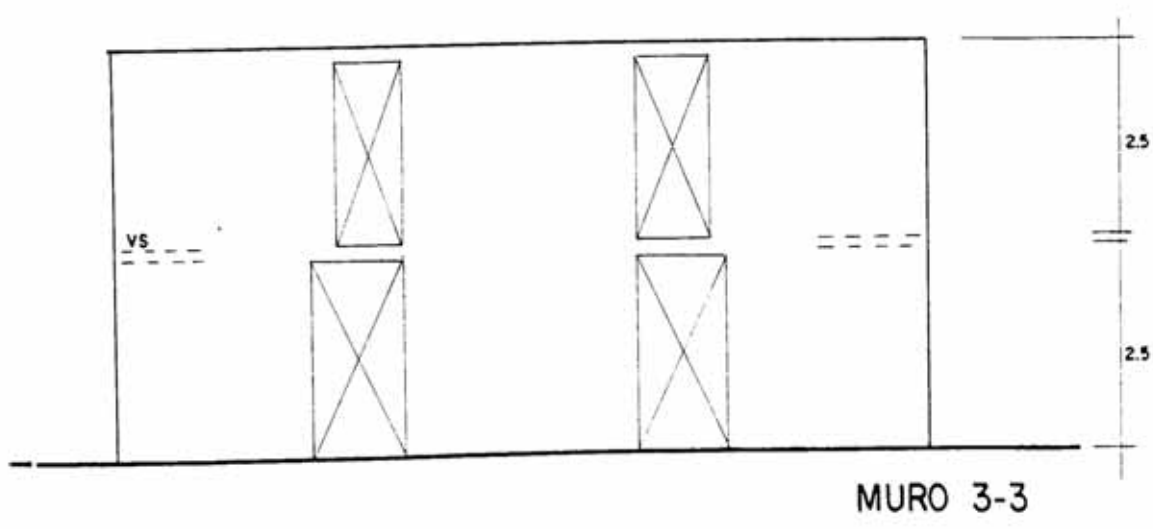
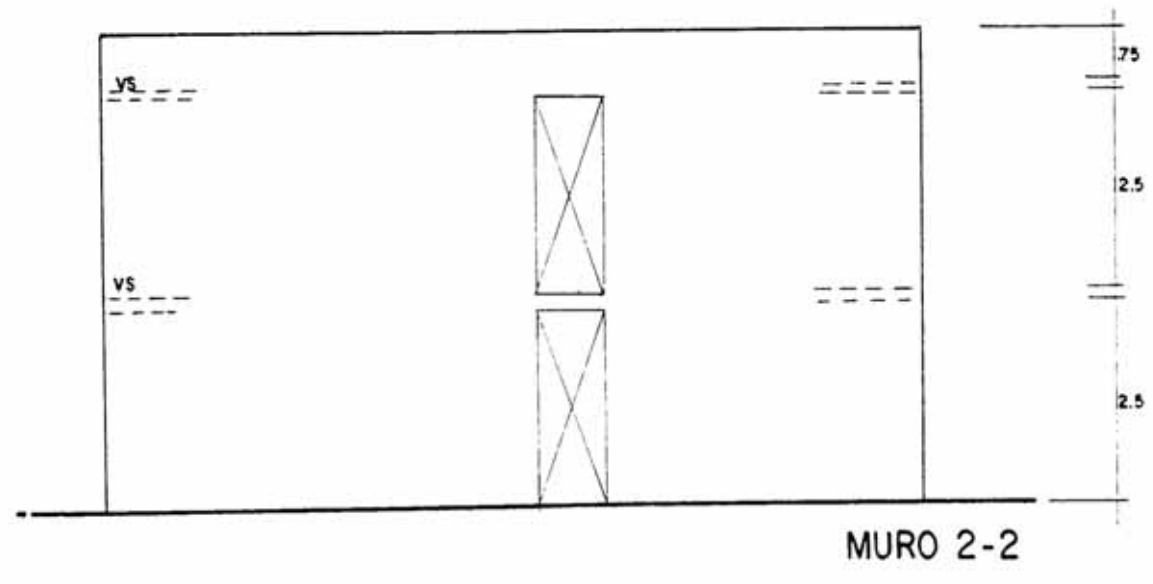
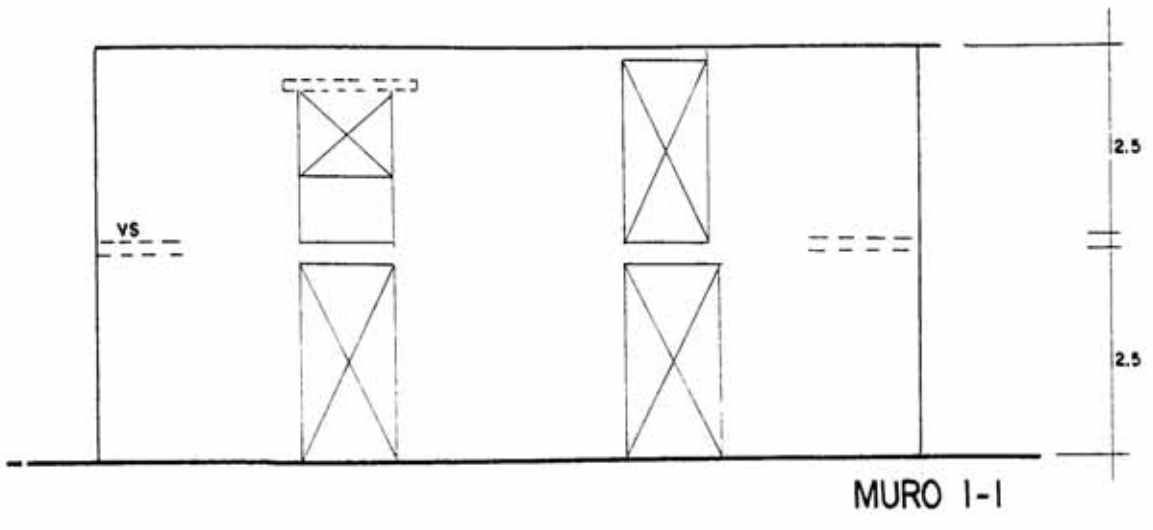
DIRECCION Y

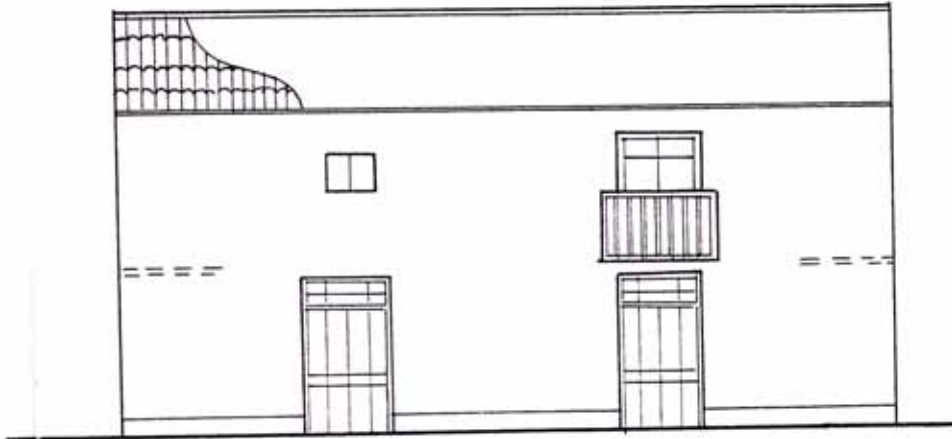
MURO	ELEMENTOS DE MURO			H	MURO	ELEMENTOS DE VANOS			COORDENADAS	
	l	h	t			l	h	t	x	y
A-A					A-A	11.0	2.50	0.5	0.25	5.50
(1)	11.00	2.50	0.5	3.25	B-B	11.0	2.50	0.6	6.00	5.50
B-B					I	1.0	2.00	0.6	6.00	4.70
(1)	4.20	2.50	0.6	3.25	C-C	11.0	2.50	0.5	11.75	5.50
(2)	5.80	2.50	0.6	3.25						
C-C										
(1)	11.00	2.50	0.50	3.25						

DISTRIBUCION DE MUROS EN PLANTA

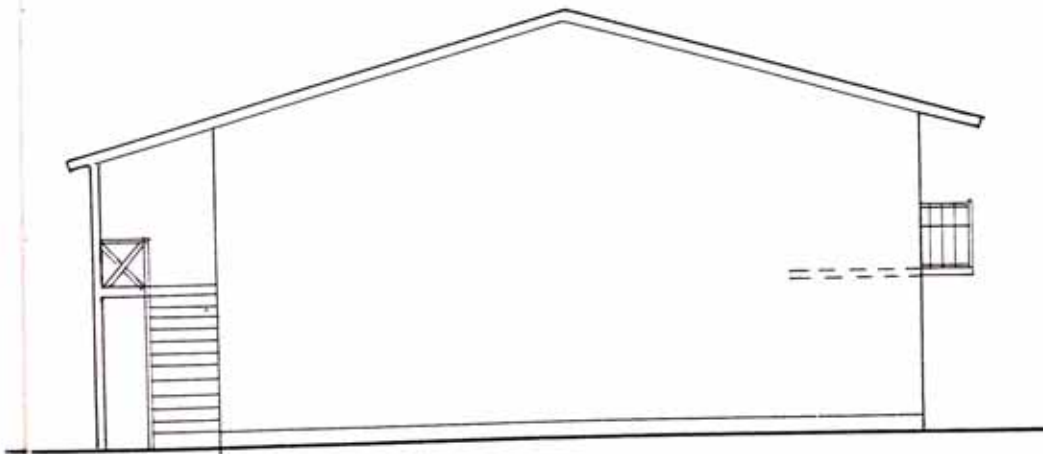








ELEVACION PRINCIPAL



ELEVACION LATERAL

4.2 PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS.

El análisis tomará en cuenta el caso de efectos por techo Rígido y efectos de Techo Flexible para el cálculo del cortante que toma cada muro.

Caso de Techo Rígido

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

Como 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.

A) Evaluación de la Fuerza Sísmica: Según la Norma de Diseño Sismo Resistente:

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

H = Fuerza sísmica
 Z = Factor de Zona =
 U = Factor de Uso =
 C = Factor de suelo = 1.2 (TIPO II)
 R_d = Factor de ductilidad = 1.5 (Adobe)
 P = Peso total de estructura
 S = Coeficiente Sísmico

$$C = \frac{0.8}{T_s} < 0.4$$

$$H = 0.32P$$

B) *Evaluación del Peso Total (P):* Teniendo en cuenta la reducción de sobrecargas, que según la categoría de la edificación (vivienda Tipo C), se reduce la carga viva a 25%.

C) *Evaluación del Centro de Masa CM = (X,Y):* Se considera el peso de todas las cargas permanentes.

$$X = \frac{\sum P_i * X_i}{\sum P_i} \quad Y = \frac{\sum P_i * Y_i}{\sum P_i}$$

En los cuadros siguientes se muestran los resultados obtenidos para los Items (B) y (C)

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.)			COORDENAD (mts.)		PESO (tn)	MOMENTO ESTATICO	
	l	h	t	x	y		Px	Py
DIRECCION X								
1-1	12.0	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	-0.26
II	1.4	2.00	0.5	8.40	0.25	-1.12	-9.41	-0.26
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	-5.28
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	-3.60	-11.16
II	1.3	2.00	0.5	8.35	10.75	-1.04	-8.68	-11.16
DIRECCION Y								
A-A	11.0	2.50	0.5	0.25	5.50	11.00	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	129.25	60.50
TECH								
	bx	by	&	x	y	PESO	Px	Py
	12.0	11.00	0.07	6.00	5.50	9.24	55.44	50.62
TOTAL =>						76.22	456.53	418.68

X= 5.89 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.)			COORDENAD (mts.)		PESO (tn)	MOMENTO ESTATICO	
	i	h	t	x	y		Px	Py
DIRECCION X								
1-1	12.0	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	-5.28
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	8.20	10.75	-0.80	-6.56	-8.60
DIRECCION Y								
A-A	11.0	2.50	0.5	0.25	5.50	11.00	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	11.00	0.14	6.00	5.50	16.48	110.88	101.64
TOTAL =>						88.04	527.47	479.32

X= 5.99 mt
 Y= 5.44 mt

DETERMINACION DE LAS FUERZAS SISMICAS HORIZONTALES

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

$Z =$ FACTOR DE ZONA = 1 (ZONA 1)
 $U =$ FACTOR DE USO = 1
 $S =$ FACTOR DE SUELO = 1.2 (TIPO II)
 $C =$ COEFICIENTE SISMICO = 0.4
 $R_d =$ FACTOR DE DUCTALIDAD = 1.5

$$H = 0.32 P$$

AREA TECHADA = 132.00 m²

CARGAS:

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

 PESO PISO 2 = 88.00 Tn
 S/C = 2.64 Tn (25%)

 P = 173.44 Tn

$$H = 55.50 \text{ Tn.}$$

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

D) *Evaluación del Centro de Rigideces $CK=(X_k, Y_k)$: Para el cálculo se va a considerar las rigideces por flexión y corte según:*

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

Se considerará que las fuerzas cortantes en cada dirección principalmente de las edificación es tomada únicamente por los muros paralelos a dicha dirección.

$$XK = \frac{\sum Ky \cdot xi}{\sum Ky}$$

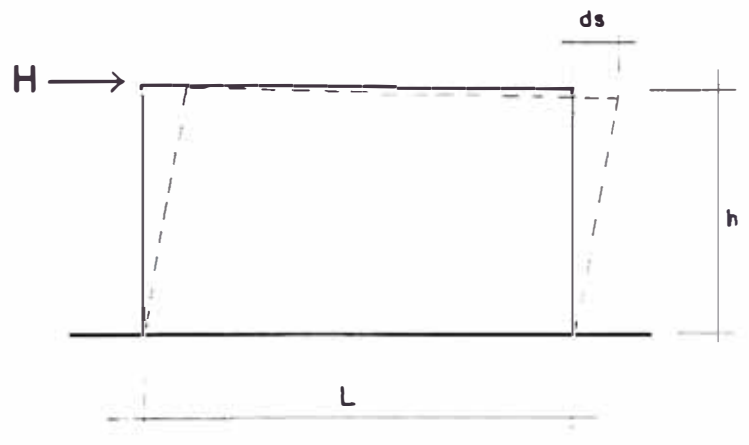
$$YK = \frac{\sum Kx \cdot Yi}{\sum Kx}$$

RIGIDEZ POR FLEXION

$$KF = \frac{E \cdot t}{4(h/L)^3}$$

RIGIDEZ POR CORTE

$$Ks = \frac{E \cdot t}{3(h/L)}$$



RIGIDECES MUROS PRIMER PISO

CUADRO IV-06

DIRECCION X

MURO	ELEMENTOS DE MURO (mts.)			K/E	K/E ASOCIADO	FRACCION DE CORTANTE
	h		t			
	l	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		

DIRECCION Y

MURO	ELEMENTOS DE MURO (mts.)			K/E	K/E ASOCIADO	FRACCION DE CORTANTE
	l	h	t			
	A-A					
(1)	11.00	2.50	0.5	0.686		1.000
RIGIDEZ MURO			A-A	;K A-A =0.686		
B-B						
(1)	5.80	2.50	0.6	0.372		0.659
(2)	3.80	2.50	0.6	0.193		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		

DIRECCION X

MURO	ELEMENTOS DE MURO (mts.)			K/E	K/E ASOCIADO	FRACCION DE CORTANTE
	l	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		0.346
(3)	3.30	2.50	0.5	0.125		0.327
	RIGIDEZ MURO		3-3		K 3-3 = 0.381	

DIRECCION Y

MURO	ELEMENTOS DE MURO (mts.)			K/E	K/E ASOCIADO	FRACCION DE CORTANTE
	l	h	t			
A-A						
(1)	11.00	2.50	0.5	0.686		1.000
	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)	11.00	2.50	0.5	0.686		1.000
	RIGIDEZ MURO		C-C		K C-C = 0.686	

112
CUADRO IV-08

CENTRO DE RIGIDECES PRIMER PISO
DIRECCION X

MURO	Kx	y	Kx*y
1-1	0.326	0.3	0.081
2-2	0.690	5.5	3.793
3-3	0.339	10.8	3.649
	1.355		7.523

DIRECCION Y

MURO	Ky	x	Ky*x
A-A	0.686	0.3	0.172
B-B	0.565	6.0	3.388
C-C	0.686	11.8	8.061
	1.937		11.621

Xk= 6.000 mt.

Yk= 5.552 mt.

CENTRO DE RIGIDECES SEGUNDO PISO

DIRECCION X

MURO	Kx	y	Kx*y
1-1	0.339	0.3	0.085
2-2	0.690	5.5	3.793
3-3	0.381	10.8	4.095
	1.410		7.973

DIRECCION Y

MURO	Ky	x	Ky*x
A-A	0.686	0.3	0.172
B-B	0.600	6.0	3.600
C-C	0.686	11.8	8.061
	1.972		11.833

Xk= 6.000 mt.

Yk= 5.655 mt.

) *Cortante que toma cada muro:*

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

V_n = Cortante de nivel en estudio

Se debe tomar en cuenta las siguientes correcciones:

-) Cortante directo por fuerza sismica.
- b) Cortante por efecto de torsión.
- c) Cortante debido a la torisión accidental.

Para efectuar estas correcciones anteriormente se evaluó

$C_M=(X,Y)$ y $C_K=(X_k,Y_k)$ y se halla:

$b_x, b_y \Rightarrow$ 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 cad dirección de sismo:

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

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

Se hallan los incrementos de fuerza horizontal debido al M :

$$\Delta V_{xi} = \frac{M \sum K_i (Y_i - Y_{ci})}{\sum K_i x_i (y_i - y_{ci})^2 + \sum K_i y_i (x_i - x_{ci})^2}$$

$$\Delta V_{yi} = \frac{M \sum K_i (X_i - X_{ci})}{\sum K_i x_i (y_i - y_{ci})^2 + \sum K_i y_i (x_i - x_{ci})^2}$$

Se evalúa la fuerza cortante total en cada muro:

$$V_i = V_{\text{Traslación}} + \Delta V_{\text{torsión}}$$

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

MOMENTO TORSIONANTE

CUADRO IV-09

DIRECCION X

Yk	Y	ey	by	e1	e2	Vx	Mt1	Mt2
(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(Tn)	(Tn-mt)	(Tn-mt)
5.35	5.49	0.06	11.00	0.64	-0.49	55.50	35.42	-27.26

DIRECCION Y

Xk	X	ex	bx	e1	e2	Vy	Mt1	Mt2
(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(Tn)	(Tn-mt)	(Tn-mt)
6.00	5.99	0.01	12.00	0.62	-0.59	55.50	34.14	-32.74

CORRECCION POR TORSION

DIRECCION X

MURO	Kx	Vx	y	Y' = y - Yk	(Y') ² Kx	e1	e2	e	VX
1-1	0.326	13.351	0.25	-5.302	9.163	0.928	1.055	1.055	14.091
2-2	0.690	28.246	5.50	-0.052	0.002	0.999	1.001	1.001	28.261
3-3	0.339	13.903	10.75	5.198	9.170	1.071	0.946	1.071	14.884
	1.355				18.335				

DIRECCION Y

MURO	Ky	Vy	x	X' = x - Xk	(X') ² Ky	e1	e2	e	VY
A-A	0.686	19.660	0.25	-5.750	22.684	0.892	1.103	1.103	21.688
B-B	0.565	16.180	6.00	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	16.180
C-C	0.686	19.660	11.8	5.750	22.684	1.108	0.897	1.108	21.774
	1.937				45.367				

$$J = 63.702$$

MOMENTO TORSIONANTE SEGUNDO PISO CUADRO IV-10

DIRECCION X

Yk	Y	ey	by	e1	e2	Vx	Mt1	Mt2
(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(Tn)	((Tn-mt))	((Tn-mt))
5.65	5.44	0.21	11.00	0.87	-0.34	38.77	33.56	-13.16

DIRECCION Y

Xk	X	ex	bx	e1	e2	Vy	Mt1	Mt2
(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(mt)	(Tn)	((Tn-mt))	((Tn-mt))
6.00	5.99	0.01	12.00	0.61	-0.59	38.77	23.77	-22.92

CORRECCION POR TORSION

DIRECCION X

MURO	Kx	Vx	y	$Y' = y - Yk$	$(Y')^2 \cdot Kx$	e1	e2	e	Vx
1-1	0.339	9.333	0.25	-5.405	9.915	0.899	1.040	1.040	9.703
2-2	0.690	18.961	5.50	-0.155	0.017	0.997	1.001	1.001	18.983
3-3	0.381	10.476	10.75	5.095	9.891	1.095	0.963	1.095	11.475
	1.410				19.822				

DIRECCION Y

MURO	Ky	Vy	x	$X' = x - Xk$	$(X')^2 \cdot Ky$	e1	e2	e	Vy
A-A	0.686	13.487	0.25	-5.750	22.684	0.893	1.103	1.103	14.874
B-B	0.600	11.796	6.00	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	11.796
C-C	0.686	13.487	11.8	5.750	22.684	1.107	0.897	1.107	14.925
	1.972				45.367				

Caso de Techo Flexible

En este caso el cortante asumido por cada muro va a ser proporcional a su área de influencia.

PRIMER PISO

H

$$FP = \text{FACTOR DE PROPORCION} = \frac{\text{---}}{bx * by}$$

$$\begin{aligned} H_x &= 55.50 \text{ Tn} & bx &= 12.0 \text{ mt} \\ H_y &= 55.50 \text{ Tn} & by &= 11.0 \text{ mt} \\ \text{AREA} &= 132.00 \text{ m}^2 \\ FP_x &= 0.42 \\ FP_y &= 0.42 \end{aligned}$$

DIRECCION X

MURO	l	B	AREA	VX
1-1	12.0	2.38	28.5	11.98
2-2	12.0	4.75	57.0	23.97
3-3	12.0	2.38	28.5	11.98
			114.0	

DIRECCION Y

MURO	l	B	AREA	VY
A-A	11.0	2.63	28.9	12.14
B-B	11.0	5.25	57.8	24.28
C-C	11.0	2.63	28.9	12.14
			115.5	

SEGUNDO PISO CUADRO IV-12

CASO DE TECHO FLEXIBLE

FP= FACTOR DE PROPORCION= $\frac{H}{bx * by}$

Hx= 38.77 Tn bx= 12.0 mt
 Hy= 38.77 Tn by= 11.0 mt
 AREA = 132.0 m2
 FPx= 0.29
 FPy= 0.29

DIRECCION X

MURO	l	B	AREA	VX
1-1	12.0	2.38	28.5	8.37
2-2	12.0	4.75	57.0	16.74
3-3	12.0	2.38	28.5	8.37
			114.0	

DIRECCION Y

MURO	l	B	AREA	VY
A-A	11.0	2.63	28.9	8.48
B-B	11.0	5.25	57.8	16.96
C-C	11.0	2.63	28.9	8.48
			115.5	

VERIFICACION DEL ESFUERZO CORTANTE

De los resultados obtenidos anteriormente para la condición de techo rígido o techo flexible, se tomará el valor cortante más desfavorable.

PRIMER PISO

DIRECCION X

	MURO	V TECHO RIGIDO	V TECHO FLEXIBLE	VX (Tn)
1-1		14.09	11.98	14.09
2-2		28.26	23.97	28.26
3-3		14.88	11.98	14.88

DIRECCION Y

	MURO	V TECHO RIGIDO	V TECHO FLEXIBLE	VY (Tn)
A-A		21.69	12.14	21.69
B-B		16.18	24.28	24.28
C-C		21.77	12.14	21.77

SEGUNDO PISO

DIRECCION X

	MURO	V TECHO RIGIDO	V TECHO FLEXIBLE	VX (Tn)
1-1		9.70	8.37	9.70
2-2		18.98	16.74	18.98
3-3		11.48	8.37	11.48

DIRECCION Y

	MURO	V TECHO RIGIDO	V TECHO FLEXIBLE	VY (Tn)
A-A		14.87	8.48	14.87
B-B		11.80	16.96	16.96
C-C		14.93	8.48	14.93

Los esfuerzos permisibles al corte se obtendrán de acuerdo a los parámetros de diseños resumidos al final del CAPITULO II.

PRIMER PISO

PESO DE TECHO = 0.210 Tn/m²
 ESF. COMPRESION MAX.= 3.0 kg/cm²
 PESO ESPECIFICO MUROS= 1.6 tn/m³

CUADRO IV-14

MORTERO TIPO II
 Vad= 0.081 + $\sqrt{\quad}$ 0.34

DIRECCION X

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1						14.09		
(1)	1.45	5.00	13.05	0.900 OK	29.8	4.20	0.39	0.29 OK
(2)	1.70	5.00	15.30	0.900 OK	40.4	5.69	0.39	0.33 OK
(3)	1.45	5.00	13.05	0.900 OK	29.6	4.20	0.39	0.29 OK
2-2						28.26		
(1)	3.78	5.75	41.06	1.086 OK	60.4	17.07	0.45	0.45 OK
(2)	2.82	5.75	30.63	1.086 OK	39.6	11.19	0.45	0.40 OK
3-3						14.86		
(1)	1.50	5.00	13.50	0.900 OK	30.6	4.55	0.39	0.30 OK
(2)	1.70	5.00	15.30	0.900 OK	38.6	5.78	0.39	0.34 OK
(3)	1.50	5.00	13.50	0.900 OK	30.6	4.55	0.39	0.30 OK

DIRECCION Y

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A						21.69		
(1)	5.50	5.75	56.66	1.030 OK	100.0	21.69	0.43	0.39 OK
B-B						24.28		
(1)	3.48	5.75	38.41	1.104 OK	65.9	15.99	0.46	0.46 OK
(2)	2.28	5.75	25.17	1.104 OK	34.1	8.29	0.46	0.36 OK
C-C						21.77		
(1)	5.50	5.75	56.66	1.030 OK	100.0	21.77	0.43	0.40 OK

SEGUNDO PISO

PESO DE TECHO = 0.140 Tn/m²
 ESF. COMPRESION MAX.= 3.0 kg/cm²
 PESO ESPECIFICO MUROS= 1.6 tn/m³

CUADRO IV-15

MORTERO TIPO II
 Vad= 0.081 + √ 0.34

DIRECCION X

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1						9.70		
(1)	1.50	2.50	7.00	0.467 OK	30.6	2.97	0.24	0.20 OK
(2)	1.70	2.50	7.93	0.467 OK	38.8	3.77	0.24	0.22 OK
(3)	1.50	2.50	7.00	0.467 OK	30.6	2.97	0.24	0.20 OK
2-2						18.98		
(1)	3.78	3.25	23.85	0.631 OK	60.4	11.47	0.30	0.30 OK
(2)	2.82	3.25	17.79	0.631 OK	39.6	7.52	0.30	0.27 OK
3-3						11.48		
(1)	1.65	2.50	7.70	0.467 OK	32.7	3.75	0.24	0.23 OK
(2)	1.70	2.50	7.93	0.467 OK	34.6	3.97	0.24	0.23 OK
(3)	1.65	2.50	7.70	0.467 OK	32.7	3.75	0.24	0.23 OK

DIRECCION Y

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A						14.87		
(1)	5.50	3.25	32.64	0.594 OK	100.0	14.87	0.28	0.27 OK
B-B						16.96		
(1)	2.52	3.25	16.19	0.643 OK	38.0	6.45	0.30	0.26 OK
(2)	3.48	3.25	22.36	0.643 OK	62.0	10.51	0.30	0.30 OK
C-C						14.93		
(1)	5.50	3.25	32.64	0.594 OK	100.0	14.93	0.28	0.27 OK

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que la arquitectura de una vivienda de adobe debe ser lo simple posible y de acuerdo a los criterios expuestos en el acápite 4.2, el diseño se debe optimizar al máximo.

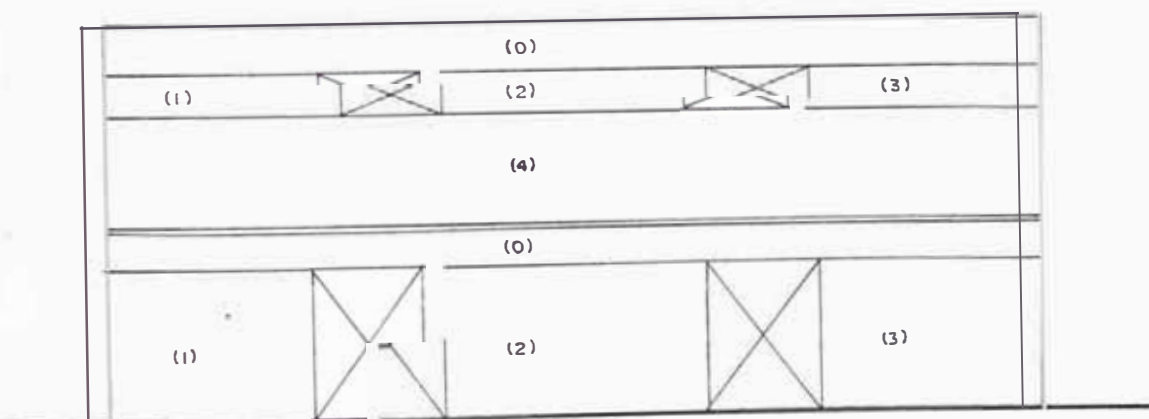
La recomendación de excluir los alfeízares como parte integrante del muro y de que los vanos de las puertas y ventanas se prolonguen hasta el techo nos posibilita el evitar concentraciones de esfuerzos en esas zonas. Con este fin será necesario la ubicación de juntas que separen los cambios de sección de los muros y que dividan en muros cortos 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.

El agrietamiento es también una causa frecuente de fallas en el comportamiento de la albañilería en adobe. La formación de grietas se produce por deformaciones que inducen esfuerzos en exceso de la resistencia en tracción. que en nuestro caso es prácticamente nula.

La deformación puede ser provocada por la imposición de cargas debido a asentamientos diferenciales del terreno de

cimentación, por la gravedad, viento y acciones sísmicas (ésta última es la que ha analizado). Otra fuente de deformaciones es debido a restricciones al cambio volumétrico de los materiales originados por las variaciones de temperatura o de la presencia de agua.

Para comprobar la concentración de esfuerzos en los vanos, se ha modificado el esquema de análisis en la forma que se resumen en el siguiente cuadro y con los siguientes resultados.



PRIMER PISO

CUADRO IV-16

DIRECCION X

MURO	ELEMENTOS DE MURO			H
	l	h	t	
1-1				
(0)	12.00	0.50	0.50	3.00
(1)	2.90	2.00	0.50	5.00
(2)	3.40	2.00		5.00
	2.90	2.00		
2-2				
(0)	12.00	0.50	0.60	3.75
(1)	6.30	2.00	0.60	5.75
(2)	4.70	2.00	0.60	5.75
3-3				
(0)	12.00		0.50	3.00
(1)	3.00			
(2)	3.40	2.00		5.00
	3.00	2.00	0.50	

MURO	ELEMENTOS DE VANDOS			COORDENADAS	
	l	h	t	X	Y
1-1	12.0	2.50	0.5	8.00	0.25
I	1.4	2.00	0.5	8.60	0.25
II	1.4	2.00	0.5	8.40	0.25
2	12.0	2.50	0.5	6.00	
I	1.0	2.00	0.5	6.80	5.50
3-3	12.0	2.50	0.5	6.00	10.75
I	1.3	2.00		3.65	10.75
	1.3	2.00	0.5	8.35	10.75

DIRECCION Y

CUADRO IV-17

MURO	ELEMENTOS DE MURO		
	l	h	t
A-A			
(1)	11.00		0.50
B-B			
(0)	11.00	0.50	0.60
(1)	5.80	2.00	0.60
(2)	3.80	2.00	0.60
C-C			
(1)	11.00	2.50	0.50

ELEMENTOS DE VANDOS	COORDENADAS	
	X	Y
A-A	11.0	2.50
	0.5	0.25
B-B	11.0	2.50
		5.00
		6.00
C-C	11.0	2.50
	0.5	11.75
		5.50

SEGUNDO PISO

CUADRO IV-18

DIRECCION X

MURD	ELEMENTOS DE MURD			H
	l	h	t	
1-1				
(0)	12.00	0.50	0.5	0.50
(1)	3.00	2.00	0.5	2.50
(2)	3.40	2.00	0.5	2.50
(3)	3.00	2.00	0.5	2.50
2-2				
(0)	12.00	0.50	0.6	1.25
(1)	6.30	2.00	0.6	3.25
(2)	4.70	2.00	0.6	3.25
3-3				
(0)	12.00	0.50	0.5	0.50
(1)	3.30	2.00	0.5	2.50
(2)	3.40	2.00	0.5	2.50
(3)	3.30	2.00	0.5	2.50

MURD	ELEMENTOS DE VANOS			COORDENADAS	
	l	h	t	x	y
1-1	12.0	2.50	0.5	6.00	0.25
I	1.3	0.50	0.5	3.65	0.25
II	1.3	0.50	0.5	6.35	0.25
2-2	12.0	2.50	0.6	6.00	5.50
I	1.0	2.00	0.6	6.80	5.50
3-3	12.0	2.50	0.5	6.00	10.75
I	1.0	2.00	0.5	3.20	10.75
II	1.0	2.00	0.5	8.20	10.75

DIRECCION Y

MURD	ELEMENTOS DE MURD			H
	l	h	t	
A-A				
(1)	11.00	2.50	0.5	3.25
B-B				
(0)	11.00	0.50	0.6	1.25
(1)	4.20	2.00	0.6	3.25
(2)	5.80	2.00	0.6	3.25
C-C				
(1)	11.00	2.50	0.5	3.25

CUADRO IV-19

MURD	ELEMENTOS DE VANOS			COORDENADAS	
	l	h	t	x	y
A-A	11.0	2.50	0.5	0.25	5.50
B-B	11.0	2.50	0.6	6.00	5.50
I	1.0	2.00	0.6	6.00	4.70
C-C	11.0	2.50	0.5	11.75	5.50

PRIMER PISO

PESO DE TECHO = 0.210 Tn/m²
 ESF. COMPRESION MAX.= 3.0 kg/cm²
 PESO ESPECIFICO MUROS= 1.6 tn/m³

CUADRO IV-20

MORTERO TIPO II
 Vad= 0.081 + ∇ 0.34

DIRECCION X

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1						15.42		
(0)	6.00	3.00	34.79	0.580 OK	100.0	15.42	0.28	0.26 OK
(1)	1.45	5.00	13.05	0.900 OK	30.2	4.66	0.39	0.32 OK
(2)	1.70	5.00	15.30	0.900 OK	39.6	6.11	0.39	0.36 OK
(3)	1.45	5.00	13.05	0.900 OK	30.2	4.66	0.39	0.32 OK
2-2						26.02		
(0)	7.20	3.75	55.17	0.766 OK	100.0	26.02	0.34	0.36 NO
(1)	3.78	5.75	41.06	1.086 OK	59.5	15.47	0.45	0.41 OK
(2)	2.82	5.75	30.63	1.086 OK	40.5	10.55	0.45	0.37 OK
3-3						16.16		
(0)	6.00	3.00	34.79	0.580 OK	100.0	16.16	0.28	0.27 OK
(1)	1.50	5.00	13.50	0.900 OK	30.9	4.99	0.39	0.33 OK
(2)	1.70	5.00	15.30	0.900 OK	32.2	6.17	0.39	0.36 OK
(3)	1.50	5.00	13.50	0.900 OK	30.9	4.99	0.39	0.33 OK

DIRECCION Y

CUADRO IV-21

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A						20.58		
(1)	5.50	5.75	56.66	1.030 OK	100.0	20.58	0.43	0.37 OK
B-B						24.28		
(0)	6.60	3.75	51.73	0.784 OK	100.0	24.28	0.35	0.37 NO
(1)	3.48	5.75	38.41	1.104 OK	64.3	15.62	0.46	0.45 OK
(2)	2.28	5.75	25.17	1.104 OK	35.7	8.66	0.46	0.38 OK
C-C						20.66		
(1)	5.50	5.75	56.66	1.030 OK	100.0	20.66	0.43	0.38 OK

SEGUNDO PISO

PESO DE TECHO = 0.140 Tn/m²
 ESF. COMPRESION MAX.= 3.0 kg/cm²
 PESO ESPECIFICO MUROS= 1.6 tn/m³

CUADROIV-22

MORTERO TIPO II
 Vad= 0.081 + √ 0.34

DIRECCION X

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1						10.61		
(0)	6.00	0.50	8.79	0.147 OK	100.0	10.61	0.13	0.18 NO
(1)	1.50	2.50	7.00	0.467 OK	30.9	3.28	0.24	0.22 OK
(2)	1.70	2.50	7.93	0.467 OK	38.2	4.05	0.24	0.24 OK
(3)	1.50	2.50	7.00	0.467 OK	30.9	3.28	0.24	0.22 OK
2-2						17.59		
(0)	7.20	1.25	22.38	0.311 OK	100.0	17.59	0.19	0.24 NO
(1)	3.78	3.25	23.85	0.631 OK	59.5	10.46	0.30	0.28 OK
(2)	2.82	3.25	17.79	0.631 OK	40.5	7.13	0.30	0.25 OK
3-3						12.24		
(0)	6.00	0.50	8.79	0.147 OK	100.0	12.24	0.13	0.20 NO
(1)	1.65	2.50	7.70	0.467 OK	32.8	4.01	0.24	0.24 OK
(2)	1.70	2.50	7.93	0.467 OK	34.4	4.21	0.24	0.25 NO
(3)	1.65	2.50	7.70	0.467 OK	32.8	4.01	0.24	0.24 OK

DIRECCION Y

CUADROIV-23

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A						14.16		
(1)	5.50	3.25	32.64	0.594 OK	100.0	14.16	0.28	0.26 OK
B-B						16.98		
(0)	6.60	1.25	21.29	0.323 OK	100.0	16.98	0.19	0.26 NO
(1)	2.52	3.25	16.19	0.643 OK	39.2	6.65	0.30	0.26 OK
(2)	3.48	3.25	22.36	0.643 OK	60.8	10.32	0.30	0.30 OK
C-C						14.20		
(1)	5.50	3.25	32.64	0.594 OK	100.0	14.20	0.28	0.26 OK

Como se observa, el muro de fachada del segundo piso es el más crítico ya que prácticamente no soporta ningún esfuerzo de corte debido a sismo, a pesar de tener vanos pequeños. Esto nos ratifica 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 para evitar concentraciones de esfuerzos en esas zonas.

Esta concentración de esfuerzos también lo vemos en la zona que vendría a ser los dinteles de ventanas y puertas. Lo que si vemos es que los muros perimetrales en la Dirección Y soportan perfectamente estas solicitaciones, lógicamente debido a la ausencia de vanos.

Otro análisis de interés es sobre la acción del peso propio de la edificación, es decir los esfuerzos de compresión. Para viviendas de uno o dos pisos no es necesario verificar este esfuerzo como se puede ver en los resultados obtenidos anteriormente, pero el caso de edificaciones de hasta 4 pisos observadas en Cajamarca nos lleva al siguiente cuadro, en el cual a nuestra vivienda se le ha añadido el peso de 2 pisos.

PESO DE TECHO = 0.350 Tn/m²
 ESF. COMPRESION MAX.= 2.5 kg/cm²
 PESO ESPECIFICO MUROS= 1.6 tn/m³

DIRECCION X

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	
1-1					
(1)	1.45	10.00	25.61	1.766	OK
(2)	1.70	10.00	30.03	1.766	OK
(3)	1.45	10.00	25.61	1.766	OK
2-2					
(1)	3.78	10.75	75.49	1.997	OK
(2)	2.82	10.75	56.32	1.997	OK
3-3					
(1)	1.50	10.00	26.49	1.766	OK
(2)	1.70	10.00	30.03	1.766	OK
(3)	1.50	10.00	26.49	1.766	OK

DIRECCION Y

CUADRO IV-25

MURO	AREA DE MURO (m ²)	ALTURA DE MURO (mt)	PESO MURO+TECHO (Tn)	ESFUERZO DE COMPRESION ACTUANTE (kg/cm ²)	
A-A					
(1)	5.50	10.75	104.71	1.904	OK
B-B					
(1)	3.48	10.75	70.51	2.026	OK
(2)	2.28	10.75	46.20	2.026	OK
C-C					
(1)	5.50	10.75	104.71	1.904	OK

Los resultados nos comprueban que la albañilería en adobe puede resistir cómodamente 4 pisos, pero esto es sólo a compresión. Es por eso que como no ha ocurrido ningún sismo de gran intensidad es que las personas construyen viviendas de adobe de varios pisos y con arquitectura y técnicas propias de material noble (Ladrillo y concreto).

Otro análisis que se ha hecho es que a nuestra viviendas se le ha modificado las dimensiones en planta para obtener un cuadro de resultados en base al área, el cual se muestra a continuación:

MEDIDAS	bx/by	PISO	PESO tn	PESO/AREA tn/m ²	DX	DY	DX/DY	PESOs tn	PESOs/AREA tn/m ²	Vactuarise tn	Vact/Area tn/m ²
bx	10.0 mt	1.00	115.46	1.15	0.86	0.86	0.88	52.74	0.63	41.54	0.41
by	10.0 mt	2	130.20	1.30	0.87	0.86	0.90	57.10	0.67	28.82	0.28
			245.7	2.46				129.84	1.30		
bx	11.0 mt	1.10	135.80	1.23	0.84	0.88	0.87	73.40	0.67	48.74	0.44
by	10.0 mt	2	153.44	1.39	0.86	0.87	0.89	78.82	0.72	33.87	0.33
			289.2	2.63				152.32	1.38		
bx	11.0 mt	1.00	145.42	1.20	0.88	0.87	0.89	76.78	0.65	52.25	0.47
by	11.0 mt	2	184.20	1.36	0.88	0.87	0.91	84.52	0.70	36.28	0.33
			309.6	2.56				163.28	1.35		
bx	12.0 mt	1.08	152.43	1.15	0.86	0.86	0.80	82.82	0.63	55.50	0.46
by	11.0 mt	2	176.06	1.33	0.82	0.87	0.85	90.66	0.89	38.77	0.35
			328.5	2.48				173.50	1.31		
bx	12.0 mt	1.00	150.55	1.05	0.84	0.87	0.87	82.48	0.57	55.07	0.45
by	12.0 mt	2	173.32	1.20	0.87	0.86	0.88	88.54	0.62	39.38	0.32
			323.9	2.25				172.02	1.19		

Este cuadro resume el rango de áreas en las que comúnmente se construyen viviendas de 2 pisos. Las conclusiones a las que se llega son las siguientes:

a) Con respecto al Area de vivienda si esta es menor de 100 m² los vanos son pequeños, menores a 0.60 mt. los cuales no son viables para efectos de puertas, además de que las dimensiones de los ambientes resultantes son muy pequeños, por el orden de 3mt x 3mt.

b) en cuanto a la relación b_x/b_y , de acuerdo a lo expuesto en el CAPITULO I, la forma de construir de las viviendas es con una tenencia a $1.4b_y < b_x < 1.8b_y$. Para nuestra vivienda que es de 2 pisos esto sería contraproducente, limitando la relación anterior a $b_y < b_x < 1.1b_y$. En si, lo más aconsejable es que $b_x = b_y$.

c) En cuanto al peso, este debe ser el menor posible de tal manera que se tenga una relación promedio de : Peso total/Area = 2.48 Tn/m². Peso Primer Piso /Area= 1.16 Tn/m² y Peso Segundo Piso /Area= 1.32 Tn/m².

d) Lo anterior nos da la siguiente relación con respecto a los cortantes actuantes en cada piso: V Primer Piso/Area = 0.42 Tn/m² y V Segundo Piso/Area = 0.29 Tn/m².

e) 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 $Dx/Dy = 0.88$ para el Primer Piso y $Dx/Dy = 0.97$ para el Segundo Piso. Además en cada dirección tenemos que $Dx = 0.85$ para el Primer Piso y $Dx = 0.88$ para el Segundo Piso; $Dy = 0.96$ para el Primer Piso y $Dy = 0.97$ para el Segundo Piso. Esto nos indica que el área de vanos en la Dirección X no debe pasar del 15% del Area Total de Muros en esa dirección, lo mismo para la Dirección Y nos da un tope de 3% de área de vanos.

Otro resultado interesante es la variación de los Esfuerzos Cortantes Permisibles vs Esfuerzos Cortantes Actuantes. Nuevamente en nuestra vivienda hacemos variar sus dimensiones en planta y en los cuadros siguiente se muestran estas variaciones según el nivel de estudio y el área de la edificación.

10x10 P1

CUADRO IV-27

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{\quad} 0.34$$

DIRECCION X

MURO	V (%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		10.42		
(1)	30.0	3.12	0.39	0.27 OK
(2)	40.1	4.18	0.39	0.31 OK
(3)	30.0	3.12	0.39	0.27 OK
2-2		21.48		
(1)	64.0	13.75	0.45	0.43 OK
(2)	36.0	7.74	0.45	0.35 OK
3-3		11.11		
(1)	30.9	3.43	0.39	0.28 OK
(2)	38.2	4.24	0.39	0.31 OK
(3)	30.9	3.43	0.39	0.28 OK

DIRECCION Y

MURO	V (%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		15.91		
(1)	100.0	15.91	0.43	0.40 OK
B-B		18.28		
(1)	63.1	11.54	0.46	0.44 OK
(2)	36.9	6.74	0.46	0.36 OK
C-C		16.04		
(1)	100.0	16.04	0.43	0.40 OK

10x10 P2

CUADRO IV-28

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{\quad} 0.34$$

DIRECCION X

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		7.44		
(1)	30.9	2.30	0.24	0.19 OK
(2)	38.2	2.84	0.24	0.21 OK
(3)	30.9	2.30	0.24	0.19 OK
2-2		14.56		
(1)	64.0	9.32	0.29	0.29 OK
(2)	36.0	5.24	0.29	0.24 OK
3-3		7.86		
(1)	31.8	2.50	0.24	0.20 OK
(2)	36.5	2.87	0.24	0.21 OK
(3)	31.8	2.50	0.24	0.20 OK

DIRECCION Y

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		11.03		
(1)	100.0	11.03	0.28	0.28 OK
B-B		12.68		
(1)	36.9	4.68	0.30	0.25 OK
(2)	63.1	8.01	0.30	0.30 OK
C-C		11.10		
(1)	100.0	11.10	0.28	0.28 OK

11x10 P1

CUADRO IV-29

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{V} \quad 0.34$$

DIRECCION X

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		11.73		
(1)	28.4	3.34	0.38	0.26 OK
(2)	43.1	5.06	0.38	0.32 OK
(3)	28.4	3.34	0.38	0.26 OK
2-2		24.70		
(1)	62.0	15.31	0.44	0.44 OK
(2)	38.0	9.39	0.44	0.37 OK
3-3		13.89		
(1)	28.9	4.02	0.38	0.29 OK
(2)	42.1	5.85	0.38	0.34 OK
(3)	28.9	4.02	0.38	0.29 OK

DIRECCION Y

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		19.01		
(1)	100.0	19.01	0.43	0.38 OK
B-B		21.05		
(1)	64.0	13.47	0.45	0.42 OK
(2)	36.0	7.58	0.45	0.34 OK
C-C		19.13		
(1)	100.0	19.13	0.43	0.38 OK

11x10 P2

CUADRO IV-30

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{\quad} 0.34$$

DIRECCION X

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE ; PERMISIBLE ; (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		8.92		
(1)	28.9	2.58	0.24	0.18 OK;
(2)	42.1	3.76	0.24	0.22 OK;
(3)	28.9	2.58	0.24	0.18 OK;
2-2		16.25		
(1)	62.0	10.07	0.29	0.29 OK;
(2)	38.0	6.18	0.29	0.25 OK;
3-3		9.84		
(1)	30.6	3.01	0.24	0.20 OK;
(2)	38.8	3.82	0.24	0.22 OK;
(3)	30.6	3.01	0.24	0.20 OK;

DIRECCION Y

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE ; PERMISIBLE ; (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		13.12		
(1)	100.0	13.12	0.28	0.26 OK;
B-B		14.63		
(1)	37.1	5.42	0.30	0.24 OK;
(2)	62.9	9.20	0.30	0.29 OK;
C-C		13.19		
(1)	100.0	13.19	0.28	0.26 OK;

11x11 P1

CUADRO IV-31

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{\quad} 0.34$$

DIRECCION X

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		12.46		
(1)	31.8	3.96	0.39	0.28 OK
(2)	36.5	4.54	0.39	0.30 OK
(3)	31.8	3.96	0.39	0.28 OK
2-2		25.92		
(1)	60.2	15.60	0.45	0.45 OK
(2)	39.8	10.32	0.45	0.39 OK
3-3		15.54		
(1)	30.6	4.76	0.39	0.32 OK
(2)	38.8	6.03	0.39	0.35 OK
(3)	30.6	4.76	0.39	0.32 OK

DIRECCION Y

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		19.93		
(1)	100.0	19.93	0.43	0.36 OK
B-B		22.45		
(1)	62.0	13.92	0.45	0.40 OK
(2)	38.0	8.54	0.45	0.34 OK
C-C		20.01		
(1)	100.0	20.01	0.43	0.36 OK

11x11 P2

CUADRO IV-32

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{0.34}$$

DIRECCION X

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		10.10		
(1)	30.6	3.09	0.24	0.21 OK
(2)	38.8	3.92	0.24	0.23 OK
(3)	30.6	3.09	0.24	0.21 OK
2-2		17.23		
(1)	60.2	10.37	0.30	0.30 OK
(2)	39.8	6.86	0.30	0.26 OK
3-3		10.07		
(1)	30.6	3.08	0.24	0.21 OK
(2)	38.8	3.91	0.24	0.23 OK
(3)	30.6	3.08	0.24	0.21 OK

DIRECCION Y

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		13.77		
(1)	100.0	13.77	0.28	0.25 OK
B-B		15.61		
(1)	38.9	6.08	0.30	0.24 OK
(2)	61.1	9.53	0.30	0.27 OK
C-C		13.82		
(1)	100.0	13.82	0.28	0.25 OK

12x11 P1

CUADRO IV-33

MORTERO TIPO II

Vad= 0.081 + $\sqrt{\quad}$ 0.34

DIRECCION X

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm2)
1-1		14.09		
(1)	29.8	4.20	0.39	0.29 OK
(2)	40.4	5.69	0.39	0.33 OK
(3)	29.8	4.20	0.39	0.29 OK
2-2		28.26		
(1)	60.4	17.07	0.45	0.45 OK
(2)	39.6	11.19	0.45	0.40 OK
3-3		14.88		
(1)	30.6	4.55	0.39	0.30 OK
(2)	38.8	5.78	0.39	0.34 OK
(3)	30.6	4.55	0.39	0.30 OK

DIRECCION Y

MURO	V(%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm2)
A-A		21.69		
(1)	100.0	21.69	0.43	0.39 OK
B-B		24.28		
(1)	65.9	15.99	0.46	0.46 OK
(2)	34.1	8.29	0.46	0.36 OK
C-C		21.77		
(1)	100.0	21.77	0.43	0.40 OK

12x11 P2

CUADRO IV-34

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{\quad} 0.34$$

DIRECCION X

MURO	V (%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		9.70		
(1)	30.6	2.97	0.24	0.20 OK
(2)	38.8	3.77	0.24	0.22 OK
(3)	30.6	2.97	0.24	0.20 OK
2-2		18.98		
(1)	60.4	11.47	0.30	0.30 OK
(2)	39.6	7.52	0.30	0.27 OK
3-3		11.48		
(1)	32.7	3.75	0.24	0.23 OK
(2)	34.6	3.97	0.24	0.23 OK
(3)	32.7	3.75	0.24	0.23 OK

DIRECCION Y

MURO	V (%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		14.87		
(1)	100.0	14.87	0.28	0.27 OK
B-B		16.96		
(1)	38.0	6.45	0.30	0.26 OK
(2)	62.0	10.51	0.30	0.30 OK
C-C		14.93		
(1)	100.0	14.93	0.28	0.27 OK

12x12 P1

CUADRO IV-35

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{\quad} 0.34$$

DIRECCION X

MURO	V (%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		15.14		
(1)	28.5	4.32	0.39	0.30 OK
(2)	42.9	6.50	0.39	0.36 OK
(3)	28.5	4.32	0.39	0.30 OK
2-2		24.45		
(1)	59.8	14.61	0.47	0.47 OK
(2)	40.2	9.84	0.47	0.41 OK
3-3		17.51		
(1)	30.8	5.40	0.39	0.34 OK
(2)	38.3	6.71	0.39	0.37 OK
(3)	30.8	5.40	0.39	0.34 OK

DIRECCION Y

MURO	V (%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		22.01		
(1)	100.0	22.01	0.43	0.37 OK
B-B		24.09		
(1)	61.4	14.78	0.47	0.47 OK
(2)	38.6	9.31	0.47	0.41 OK
C-C		22.09		
(1)	100.0	22.09	0.43	0.37 OK

12x12 P2

CUADRO IV-36

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{\quad} 0.34$$

DIRECCION X

MURO	V (%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		11.49		
(1)	32.7	3.76	0.24	0.23 OK
(2)	34.6	3.97	0.24	0.23 OK
(3)	32.7	3.76	0.24	0.23 OK
2-2		16.79		
(1)	58.2	9.78	0.31	0.31 OK
(2)	41.8	7.01	0.31	0.28 OK
3-3		11.48		
(1)	32.7	3.76	0.24	0.23 OK
(2)	34.6	3.97	0.24	0.23 OK
(3)	32.7	3.76	0.24	0.23 OK

DIRECCION Y

MURO	V (%)	V (Tn)	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		15.08		
(1)	100.0	15.08	0.28	0.25 OK
B-B		16.79		
(1)	42.5	7.14	0.31	0.28 OK
(2)	57.5	9.66	0.31	0.31 OK
C-C		15.11		
(1)	100.0	15.11	0.28	0.25 OK

PRIMER PISO

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{\quad} 0.34$$

DIRECCION X		
MURO	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		
(1)	0.39	0.28 OK;
(2)	0.39	0.32 OK;
(3)	0.39	0.28 OK;
2-2		
(1)	0.45	0.45 OK;
(2)	0.45	0.38 OK;
3-3		
(1)	0.39	0.31 OK;
(2)	0.39	0.34 OK;
(3)	0.39	0.31 OK;

DIRECCION Y		
MURO	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		
(1)	0.43	0.38 OK;
B-B		
(1)	0.46	0.44 OK;
(2)	0.46	0.36 OK;
C-C		
(1)	0.43	0.38 OK;

SEGUNDO PISO

MORTERO TIPO II

$$V_{ad} = 0.081 + \sqrt{\quad} 0.34$$

DIRECCION X		
MURO	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
1-1		
(1)	0.24	0.20 OK;
(2)	0.24	0.22 OK;
(3)	0.24	0.20 OK;
2-2		
(1)	0.30	0.30 OK;
(2)	0.30	0.26 OK;
3-3		
(1)	0.24	0.21 OK;
(2)	0.24	0.22 OK;
(3)	0.24	0.21 OK;

DIRECCION Y		
MURO	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (kg/cm ²)
A-A		
(1)	0.28	0.26 OK;
B-B		
(1)	0.30	0.25 OK;
(2)	0.30	0.29 OK;
C-C		
(1)	0.28	0.26 OK;

Los resultados de todos estos cuadros lo podemos resumir en el cuadro anterior de donde podemos concluir lo siguiente:

DESCRIPCION	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE MAXIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE MAXIMO (kg/cm ²)
DIR X. PISO 1	0.45	0.45
DIR Y. PISO 1	0.46	0.44
DIR X. PISO 2	0.30	0.30
DIR Y. PISO 2	0.30	0.29

Esto nos indica que el valor del confinamiento del Piso 1 es de 1.11 Kg/cm² y del Piso 2 es de 0.64 Kg/cm² como valores máximos. También se observa que los muros que reciben mayor esfuerzo de corte son los interiores.

En el caso de la Dirección X se debe a que en el muro de fachada y en el muro de fondo se ubica la mayor área de vanos lo que produce que la rigidez del muro interior sea mayor y por lo tanto reciba mayor esfuerzo de corte. Otra observación es que el mayor efecto lo produce la condición de techo rígido para todos los muros en esta dirección.

solamente por la losa de entrepiso. Entonces no se consideran deformaciones axiales en las vigas y por lo tanto cada pórtico tiene el mismo desplazamiento horizontal en los nudos de un piso. Se desprecian las deformaciones de corte en vigas, y en los elementos verticales (muros) se consideran deformaciones de flexión, axial y corte. Se consideran sólo las componentes horizontales del sismo y no las verticales ya que su acción es cualitativamente similar a las cargas verticales comunes.

Las fuerzas de inercia se suponen concentradas en los niveles que corresponden a las losas de entrepiso. En cada nivel se incluyen las masas de las losas y vigas y una fracción de sobrecarga, así como la mitad de las masas de los muros, columnas y placas de los niveles adyacentes.

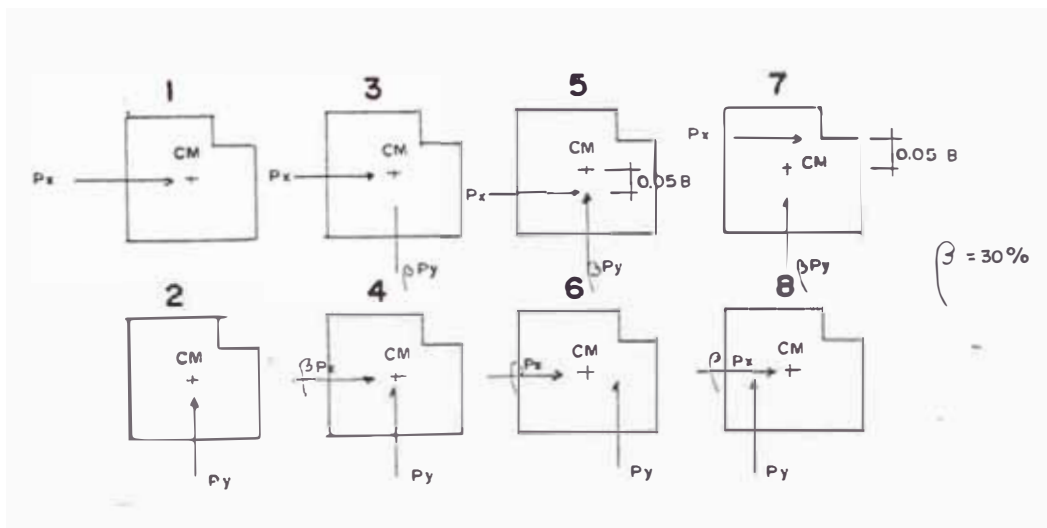
Ya en el procedimiento de cálculo primero, se consideran en forma separada los pórticos (muros) que conforman nuestra casa. Para cada uno de ellos se debe obtener su matriz de rigidez lateral. Esta matriz relaciona fuerzas y desplazamientos horizontales.

En cada nivel, el desplazamiento horizontal de cada uno de los pórticos se relaciona con tres componentes de

desplazamientos que definen el movimiento de la losa. Las fuerzas actuantes en cada uno de los pórticos pueden reducirse a una resultante con dos componentes y un momento equivalentes el centro de masas. Con esto se pueden expresar la ecuaciones de equilibrio de cada pórtico en términos de fuerzas y desplazamientos con referencia al centro de masa de cada nivel.

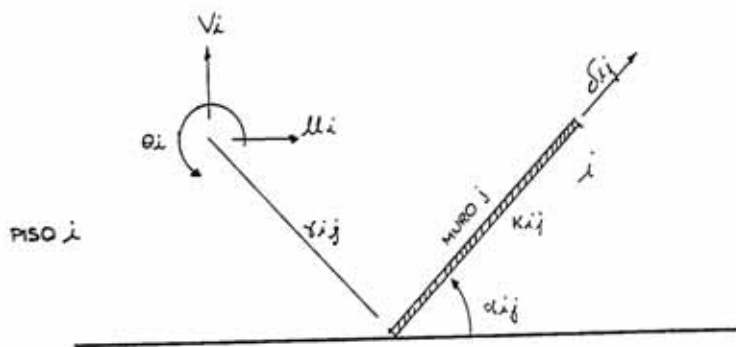
Teniendo las componentes de desplazamiento de las losas en cada nivel se sigue un procedimiento inverso para obtener los desplazamientos en cada pórtico y en cada nudo; a partir de éstos, se determinan las sollicitaciones internas en los elementos.

Para nuestro análisis estático equivalente se van a considerar 8 combinaciones de carga:



De donde se escogen lo mayores efectos para cada muro.

MODELO DESACOPLADO



GRADOS DE LIBERTAD $\Rightarrow (u_i, V_i, \theta_i)$

DESPLAZAMIENTO $\Rightarrow \delta_{ij} = u_i \cos \alpha_{ij} + V_i \sin \alpha_{ij} + \theta y_{ij}$

$CU = (x_0, y_0)$

$y_{ij} = (x_i - x_0) \sin \alpha_i - (y - y_0) \cos \alpha_i$

MATRIZ DE RIGIDEZ DE CADA MURO

$$[K_{ij}] = K_{ij} \begin{bmatrix} \cos^2 \alpha_{ij} & \cos \alpha_{ij} \sin \alpha_{ij} & y_{ij} \cos \alpha_{ij} \\ \cos \alpha_{ij} \sin \alpha_{ij} & \sin^2 \alpha_{ij} & y_{ij} \sin \alpha_{ij} \\ y_{ij} \cos \alpha_{ij} & y_{ij} \sin \alpha_{ij} & y_{ij}^2 \end{bmatrix}$$

Los resultados obtenidos se pueden resumir en la siguiente tabla y comparados con los cortantes obtenidos anteriormente.

PISO 1 CUADRO IV-39
DIRECCION X

	MURO	V SEUDO TRIDIMEN	V TECHO FLEXIBLE	VX (Tn)
1-1	14.25	11.98	14.25	
2-2	28.26	23.97	28.26	
3-3	13.83	11.98	13.83	

DIRECCION Y CUADRO IV-40

	MURO	V SEUDO TRIDIMEN	V TECHO FLEXIBLE	VY (Tn)
A-A	19.75	12.14	19.75	
B-B	16.19	24.28	24.28	
C-C	21.69	12.14	21.69	

PISO 2 CUADRO IV-41
DIRECCION X

	MURO	V TECHO RIGIDO	V TECHO FLEXIBLE	VX (Tn)
1-1	9.70	8.37	9.70	
2-2	18.98	16.74	18.98	
3-3	11.48	8.37	11.48	

DIRECCION Y CUADRO IV-42

	MURO	V TECHO RIGIDO	V TECHO FLEXIBLE	VY (Tn)
A-A	14.87	8.48	14.87	
B-B	11.80	16.96	16.96	
C-C	14.93	8.48	14.93	

Debido a que la estructura de la vivienda de adobe impone muchas limitaciones en lo que se refiere a distribución en planta (simetría, muros ortogonales, ect.), los resultados hallados con el Método de Análisis Seudo tridemencinal son prácticamente los mismos. Si tenemos en cuenta que éste método es más exacto y que los resultados comparados con el análisis por cortantes son similares, entonces para efectos prácticos se utilizará éste último.

El siguiente análisis a realizar es el de esfuerzos producidos por efectos de flexión. Con los valores de cortante de cada muro y distribución de cargas horizontales se determina el momento máximo de flexión.

$$M = V * H$$

_i

M = Momento del muro i
_i

V = Cortante del muro i
_i

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

Se evalúan los esfuerzos de compresión y de flexión.

$$\Gamma_T = P/A + M/S$$

P_i = Carga en el muro i .

A_i = Area de muro i .

M_i = Momento de flexión en el muro i del nivel considerado.

S_i = Módulo de sección del muro i .

Para el análisis se van a considerar 2 casos:

CASO 1 => Se considera la acción simultánea de cargas verticales y de sismo. cuando la fuerza sísmica vertical aumenta la compresión:

$$D_i = P_i + E_i = P_i + 0.3*P_i = 1.3*P_i$$

D_i = Carga vertical total por sismo en el muro i

E_i = Incremento de carga por efectos de sismo.

Este es el caso más desfavorable para hallar los esfuerzos producidos por flexocompresión.

CASO 2 => Se considera la acción simultánea de cargas verticales y de sismo, cuando la fuerza sísmica vertical disminuye la compresión:

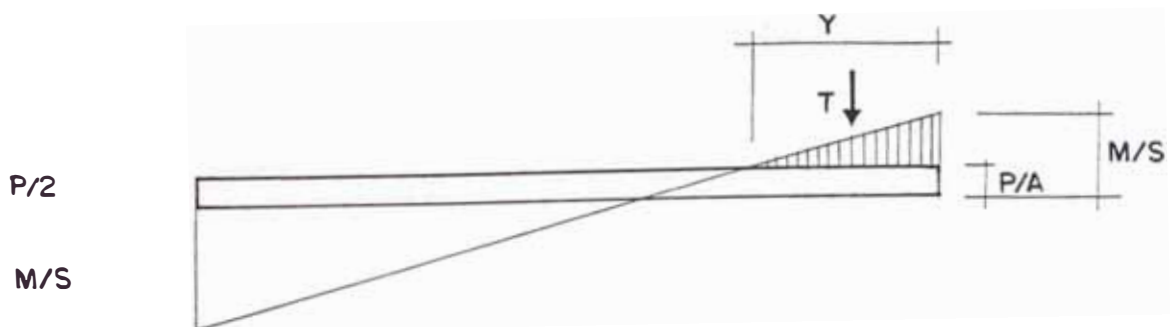
$$D = P \quad E = P \quad 0.3 * P = 0.7 * P$$

$$i \quad i \quad i \quad i \quad i$$

Este es el caso más desfavorable para hallar los esfuerzos producidos por flexotracción

Para evaluar el esfuerzo máximo de tracción T y el área de muro que trabaja en tracción se seguirá el siguiente esquema:

$$V_T = P/A \pm M/S$$



El valor de la fuerza de tracción T es el volúmen del diagrama de esfuerzos de tracción sobre el muro.

En cuanto al efecto de flexocompresión éste debe cumplir lo siguiente:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} < 1.33$$

f_a = Esfuerzo debido a carga axial

F_a = Esfuerzo admisible por compresión
(3Kg/cm²)

f_m = Esfuerzo debido a momento.

F_m = Esfuerzo admisible de momento por flexión
(4 Kg/cm²)

Como la condición sísmica es instantánea, entonces se permite un incremento del 33% en los valores admisibles:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} \leq 1.33$$

Los cálculos realizados en la vivienda en estudio se resumen en los cuadros mostrados a continuación:

GLUDDROM-41

ANÁLISIS POR FLEXI-COMPRESION PISO I (12x11)

Hr= / 45 mts.

DIRECCION X

MUR	AREA (m ²)	PESO MURO+TEC (Tm)	M= Hr ² V (Tm-m)	-PIA COMPRESIO ACTUANTE (kg/cm ²)	MCS (kg/cm ²)	1.3 ^a PIA + MS (kg/cm ²)	1.3 ^a PIA - MS (kg/cm ²)	0.7 ^a PIA + MS (kg/cm ²)	0.7 ^a PIA - MS (kg/cm ²)
1-1									
(1)	1.46	13.06	19.064	0.90	2.720	3.630	-1.660	3.330	-2.060
(2)	1.70	16.30	25.857	0.90	2.664	3.654	-1.614	3.314	-2.064
(3)	1.46	13.06	19.064	0.90	2.720	3.630	-1.660	3.330	-2.060
2-2									
(1)	3.78	41.06	77.622	1.09	1.963	3.366	-0.541	2.714	-1.193
(2)	2.82	30.63	60.839	1.09	2.310	3.712	-0.888	3.060	-1.540
3-3									
(1)	1.60	13.60	20.679	0.90	2.767	3.927	-1.663	3.337	-2.127
(2)	1.70	16.30	26.229	0.90	2.723	3.892	-1.663	3.303	-2.060
(3)	1.60	13.60	20.679	0.90	2.767	3.927	-1.668	3.337	-2.127

1.54

CUADRO N°42

ANÁLISIS POR FLEXO COMPRESION PISO I (2x1)

DIRECCION Y

MUR	AREA (m ²)	M ² x 2 S=	P PESO MURO+TEC (Tn)	M= H ² V (m ²)	PIA COMPRESIO ACTUANTE (kg/cm ²)	MIS (kg/cm ²)	1.3 ^a PIA + MIS (kg/cm ²)	1.3 ^a PIA - MIS (kg/cm ²)	0.7 ^a PIA + MIS (kg/cm ²)	0.7 ^a PIA - MIS (kg/cm ²)
A-A										
(1)	5.00	10.08	55.66	98.481	1.03	0.977	2.316	0.953	1.693	-0.236
B-B										
(1)	3.48	3.35	38.41	72.618	1.10	2.100	3.634	-0.724	2.931	-1.936
(2)	2.28	1.44	25.17	37.641	1.10	2.607	4.042	-1.172	3.379	-1.834
C-C										
(1)	5.00	10.08	55.66	98.074	1.03	0.981	2.320	0.959	1.702	-0.239

ANALISIS POR FLEXOCOMPRESION
PISO 1 [12x11]
DIRECCION X

CUADRO IV-43

MURO	ESFUERZO MAXIMO DE TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	fa + Fa	fm < 1.33 Fm (Tn)
1-1					
(1)	-2.090	111.426	-5.823		1.070 OK
(2)	-2.054	130.110	-6.682		1.061 OK
(3)	-2.090	111.426	-5.823		1.070 OK
2-2					
(1)	-1.193	192.371	-6.884		0.959 OK
(2)	-1.540	157.313	-7.267		1.046 OK
3-3					
(1)	-2.127	115.736	-6.155		1.079 OK
(2)	-2.093	130.675	-6.837		1.071 OK
(3)	-2.127	115.736	-6.155		1.079 OK

DIRECCION Y

MURO	ESFUERZO MAXIMO DE TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	fa + Fa	fm < 1.33 Fm (Tn)
A-A					
(1)	-0.255	143.880	-0.919		0.691 OK
B-B					
(1)	-1.386	186.204	-7.743		1.018 OK
(2)	-1.834	133.684	-7.356		1.130 OK
C-C					
(1)	-0.259	145.495	-0.944		0.692 OK

CUADRO N-44

ANÁLISIS POR FLEXO-COMPRESIÓN PISO 2 [12x11]

Hr = 2.5 mts

DIRECCION X

MUR	AREA (m ²)	M ² x 2 S=6 (m ²)	PESO MURO + TEC (Tr)	M = Hr ² v (m-m ²)	PIA COMPRESIO ACTUANTE (kg/cm ²)	MIS (kg/cm ²)	13 ^a PIA + MIS (kg/cm ²)	13 ^a PIA - MIS (kg/cm ²)	0.7 ^a PIA + MIS (kg/cm ²)	0.7 ^a PIA - MIS (kg/cm ²)
1-1										
(1)	1.50	0.75	7.00	7.422	0.47	0.990	1.696	-0.383	1.316	-0.663
(2)	1.70	0.95	7.90	9.414	0.47	0.977	1.694	-0.371	1.304	-0.651
(3)	1.50	0.75	7.00	7.422	0.47	0.990	1.696	-0.383	1.316	-0.663
2-2										
(1)	3.78	3.97	23.85	28.667	0.63	0.722	1.642	0.093	1.164	-0.281
(2)	2.82	2.21	17.79	18.789	0.63	0.851	1.671	-0.030	1.292	-0.409
3-3										
(1)	1.66	0.91	7.70	9.366	0.47	1.004	1.641	-0.423	1.361	-0.706
(2)	1.70	0.95	7.90	9.919	0.47	1.030	1.636	-0.423	1.356	-0.703
(3)	1.66	0.91	7.70	9.366	0.47	1.034	1.641	-0.428	1.361	-0.708

ANÁLISIS POR FLEXOCOMPRESIÓN PISO 2 [12x11]

DIRECCION Y

CUADRO N-45

AREA	M ²	P	M= H ² v	PIA	MIS	1.3 ^a PIA + MIS	1.3 ^a PIA · MIS	0.7 ^a PIA + MIS	0.7 ^a PIA · MIS
MUR DE MUR	S=	PESO	(T-m)	COMPRESIO	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
(m ²)	6	MURO+TEC	(T-m)	ACTUANTE					
	(m ²)	(Tm)		(kg/cm ²)					
A-A									
(1)	5.50	10.08	37.185	0.59	0.939	1.140	0.403	0.784	0.097
B-B									
(1)	2.52	1.76	16.125	0.64	0.914	1.749	-0.079	1.364	-0.464
(2)	3.48	3.35	26.279	0.64	0.781	1.616	0.054	1.231	-0.331
C-C									
(1)	5.50	10.08	37.313	0.59	0.370	1.142	0.402	0.765	0.095

150

ANALISIS POR FLEXOCOMPRESION
PISO 1 [12x11]
DIRECCION X

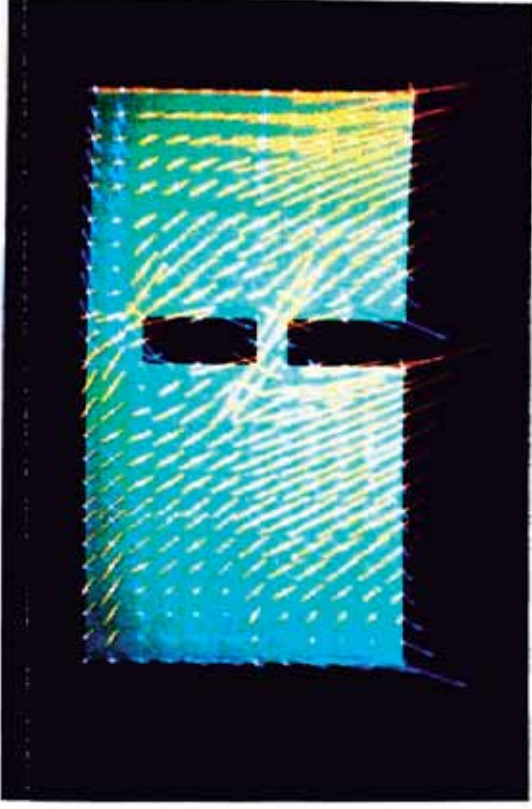
CUADRO IV-46

MURO	ESFUERZO MAXIMO DE		Y (cm)	TRACCION (Tn)	fa fm		< 1.33
	TRACCION (kg/cm2)				Fa	Fm (Tn)	
1-1							
(1)	-0.663	100.504		-1.666		0.450	OK
(2)	-0.651	113.194		-1.841		0.446	OK
(3)	-0.663	100.504		-1.666		0.450	OK
2-2							
(1)	-0.281	122.418		-1.031		0.454	OK
(2)	-0.409	112.997		-1.386		0.486	OK
3-3							
(1)	-0.708	112.899		-1.997		0.461	OK
(2)	-0.703	116.083		-2.040		0.460	OK
(3)	-0.708	112.899		-1.997		0.461	OK

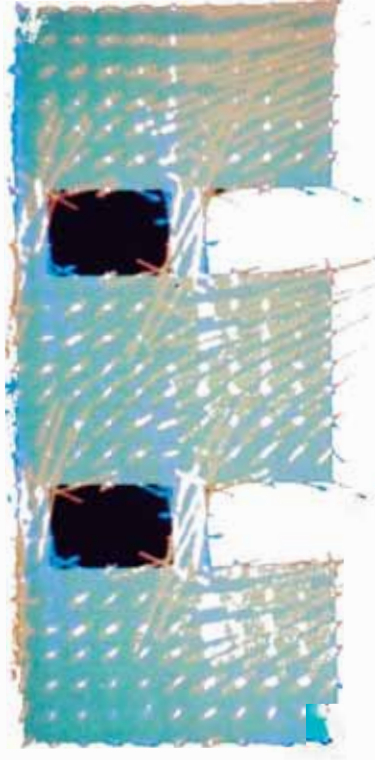
DIRECCION Y

MURO	ESFUERZO MAXIMO DE		Y (cm)	TRACCION (Tn)	fa fm		< 1.33
	TRACCION (kg/cm2)				Fa	Fm (Tn)	
A-A							
(1)	0.047	-69.602		-0.081		0.349	OK
B-B							
(1)	-0.464	106.683		-1.486		0.507	OK
(2)	-0.331	123.038		-1.223		0.474	OK
C-C							
(1)	0.045	-67.478		-0.077		0.350	OK

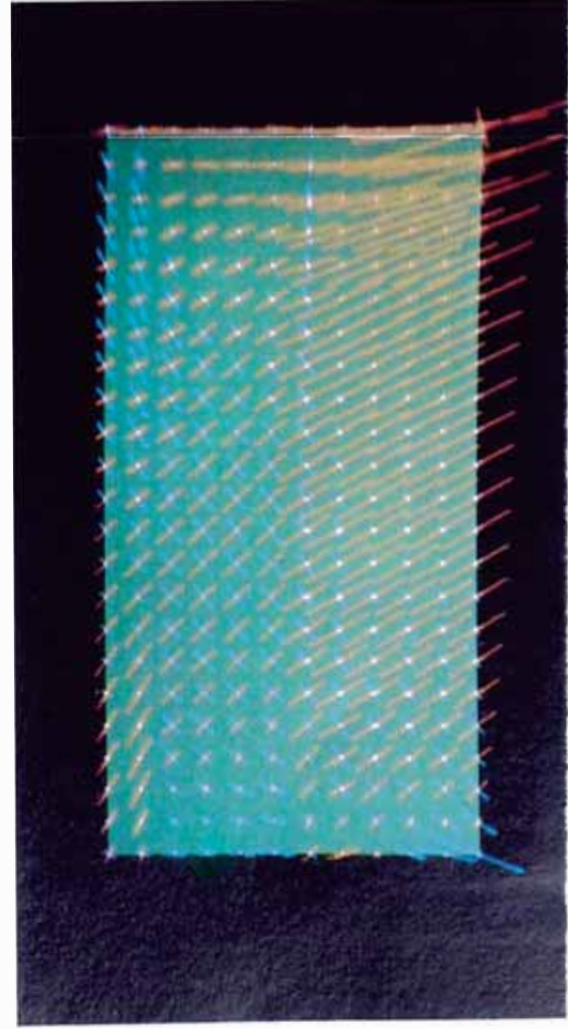
ESFUERZOS DE TRACCION Y COMPRESION POR FLEXION



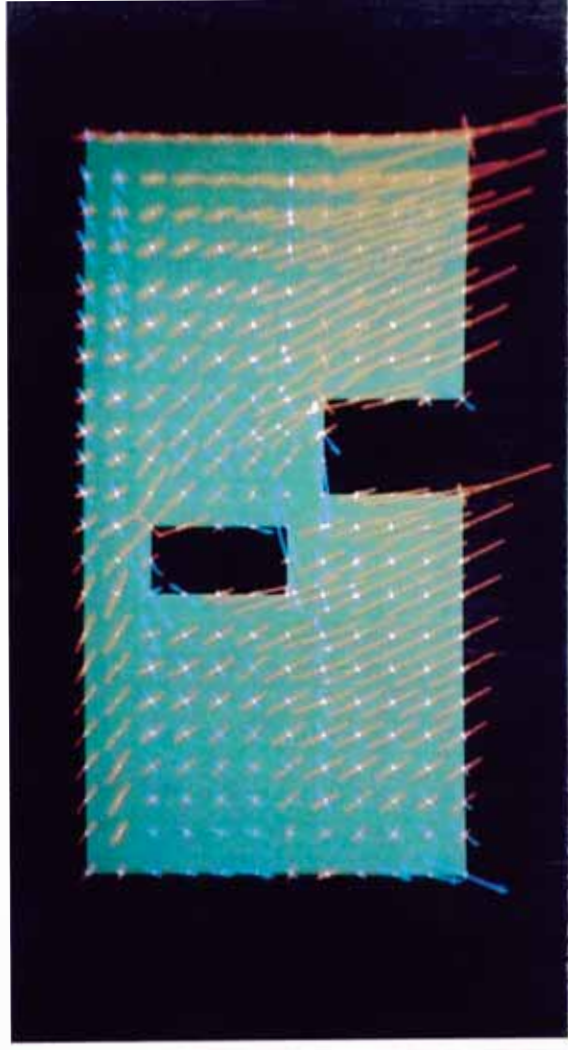
MUROS INTERIORES DX



MUROS EXTERIORES DX



MUROS EXTERIORES DY



MUROS INTERIORES DY

De los resultados obtenidos, se resumen en cuadro los efectos máximos:

Cuadro IV 47

Piso	Direcci.	Γ T	T	$f_a/F_a+f_m/F_m$
1	X	-2.127	-7.267	1.079
	Y	-1.834	-7.743	1.130
2	X	-0.708	-2.040	0.486
	Y	-0.464	-1.486	0.507

Se ve que en los muros perimetrales que siguen la dirección X se observa que el esfuerzo de tracción no varía mucho comparado con la de los muros interiores. Esto es debido a que por un lado en los muros interiores el efecto de las cargas verticales es mayor porque su área tributaria es mayor y en los muros perimetrales si bien tiene menos área tributaria, pero la presencia de vanos reduce el área de muro resistente a estas cargas. Se concluye entonces que el refuerzo de caña prácticamente va a ser igual en todos los muros.

En cambio en los muros que siguen la dirección Y, el muro interior es el que prácticamente asume casi todos los esfuerzos por tracción. Esto debido a que en los muros perimetrales hay ausencia de vanos y en el muro interior el área tributaria es mucho mayor.

Para corroborar estos resultados se hicieron los cálculos de otras viviendas tomando como base la distribución en planta de la nuestra y variando sus dimensiones, al igual que lo que se hizo anteriormente para evaluar los esfuerzos por corte. Los cálculos se resumen en el Cuadro IV-48.

Podemos apreciar que para fines prácticos de diseño se pueden utilizar los siguientes valores:

$$\text{PISO 1} \Rightarrow \quad = 2.25 \text{ kg/cm} \quad , T = 7.75 \text{ tn.}$$

$$\text{PISO 2} \Rightarrow \quad = - 0.73 \text{ kg/cm} \quad T = 2.04 \text{ tn.}$$

Finalmente se presenta el Cuadro IV-49 donde se muestra los esfuerzos de tracción que se producirían en edificaciones de 4 pisos. Los resultados hablan por si solos.

ANÁLISIS POR FLEXO COMPRESIÓN

CUADRO N° 18

Ht = 4.5 mts.

DIRECCION X

PIS	DIRECCIO	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm2)	M/S (kg/cm2)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm2)	ESFUERZ MAXIMOD TRACCIO (kg/cm2)	TRACCIO (Tn)	fa/Fa + fm/Fm < 1.33 (Tn)
1	X	1.14	2.88	4.06	-2.25	-7.75	1.11
	Y	1.14	2.61	4.05	-1.84	-7.74	1.13
2	X	0.67	1.06	1.76	-0.73	-2.04	0.51
	Y	0.67	1.00	1.83	-0.55	-1.50	0.53
MAXIMO PISO 1		1.14	2.88	4.06	-2.25	-7.75	1.13
MAXIMO PISO 2		0.67	1.06	1.83	-0.73	-2.04	0.53

163

ANALISIS POR FLEXOCOMPRESION (EDIFICACION DE 4 PISOS)

DIRECCION X

MURO	ESFUERZO MAXIMO DE TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	fa/Fa + fm/Fm < 1.33 (Tn)
1-1				
(1)	-3.256	105.097	-8.556	2.042 NO
(2)	-3.197	122.589	-9.798	2.027 NO
(3)	-3.256	105.097	-8.556	2.042 NO
2-2				
(1)	-1.828	178.497	-9.789	1.845 NO
(2)	-2.401	148.524	-10.698	1.988 NO
3-3				
(1)	-3.318	109.276	-9.063	2.057 NO
(2)	-3.261	123.261	-10.048	2.043 NO
(3)	-3.318	109.276	-9.063	2.057 NO

DIRECCION Y

MURO	ESFUERZO MAXIMO DE TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	fa/Fa + fm/Fm < 1.33 (Tn)
A-A				
(1)	-0.281	95.638	-0.671	1.393 NO
B-B				
(1)	-2.147	174.633	-11.248	1.945 NO
(2)	-2.887	127.406	-11.035	2.130 NO
C-C				
(1)	-0.287	97.445	-0.699	1.395 NO

4.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

Con los resultados obtenidos se procederá al diseño del refuerzo de caña de los muros y al diseño de la viga collar de eucalipto.

Diseño de Muros

El refuerzo de caña que se obtiene del diseño sirve para suplir los esfuerzos de tracción que se originan en el muro debido a cargas parpendiculares a éste, ya que se ha partido de la premisa que el esfuerzo resistente de un muro de adobe es nulo. No se calcula refuerzo de caña por corte ya que en los cálculos anteriores se ha verificado que los muros absorben todos los esfuerzos de corte producidos por el sismo. ya que el sistema sismo-resistente debe tener un mecanismo de falla en flexión y no en corte.

Debido al sismo, los muros son sometidos a fuerzas perpendiculares a su plano. Estos entonces se comportarán como losas apoyadas en la cimentación, viga collar y los muros transversales.

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

$$W_p = Z * S * C_p * W_p$$

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_p = Peso del muro por unidad de área = 1.6*t (tn/m²).

t = Espesor del muro (mt)

S = Factor de suelo = 1.2.

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

De esta manera se obtiene que el momento máximo es:

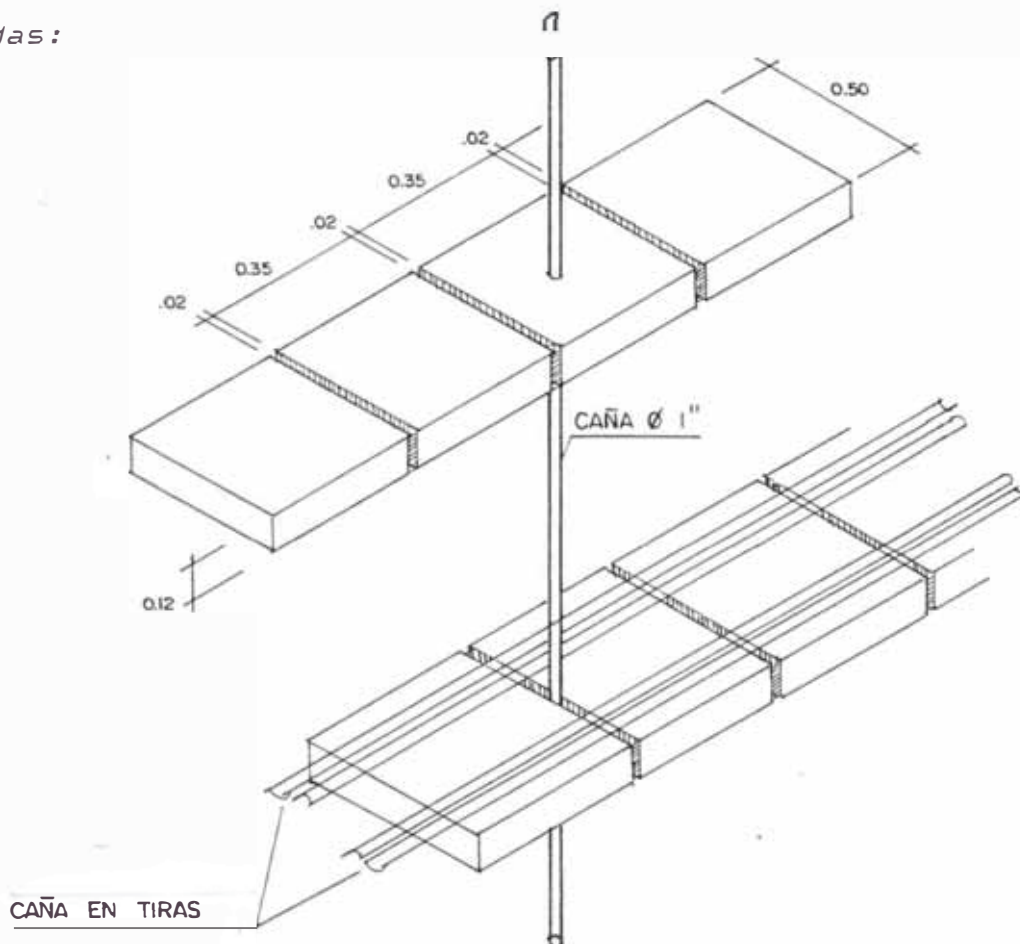
$$M_{\max} = \frac{l \cdot (W \cdot h)}{8p}, \text{ para refuerzo vertical.}$$

$$M_{\max} = \frac{h \cdot (W \cdot l)}{8p}, \text{ para refuerzo horizontal.}$$

l = Longitud del muro (mt.)

h = Altura del muro (mt.)

En el caso del refuerzo vertical de caña, ésta se ubica en la parte central interna del muro. Es decir que se deben fabricar unidades de adobe con un alveólo central y medias unidades con medio alveólo extremo con las siguientes medidas:



Este sistema se propone por motivos tanto constructivos como económicos. En lo constructivo porque se está trabajando con las unidades a las que la gente está acostumbrada a manipular, en todo caso la novedad son las unidades con hueco, las cuales no son un problema ya que en los moldes se hace una pequeña modificación; y en cuanto al aspecto de la colocación de la caña, esta partida en forma global modifica en muy poco los rendimientos de construcción.

En cuanto a lo económico es que el adoptar un sistema en el que se modifiquen las dimensiones de las unidades y el tipo de amarre trae consigo problemas en los rendimientos de construcción, lo que trae una consecuencia directa en cuanto a costos de materiales y mano de obra.

Continuando con el procedimiento de diseño, al tener el refuerzo en la parte central del muro, el valor del peralte resistente efectivo (d) será la mitad del espesor del muro.

El diseño se hará por cargas de servicio:

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

- s = Refuerzo de caña (cm^2)
- M_{max} = Momento actuante ($\text{tn}\cdot\text{m}$)
- f_s = Resistencia admisible a la tracción de la caña.
- d = Peralte efectivo (m)
- j = 0.895 (Ver anexo 3)

El análisis se hará con cañas de @ 1/2" dispuestas cada metro en caso del refuerzo vertical y cada 4 hiladas en el caso del refuerzo horizontal. Los resultados se muestran a continuación:

DISEÑO DE MUROS DEL PRIMER PISO - REFUERZO VERTICAL

$$C_p = 0.25 \quad W_p = 0.48 \text{ t} \quad f_s = 1,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = 0.895$$

DIRECCION X

MURO	ELEMENTOS DE MURO			W_p (tn/m ²)	M_{max} (tn-mt)	d (mt)	A_s (cm ² /mt)	# cañas
	l	h	t					
1-1								
(1)	2.90	2.50	0.5	0.24	0.19	0.25	0.84	1
(2)	3.40	2.50	0.5	0.24	0.19	0.25	0.84	1
(3)	2.90	2.50	0.5	0.24	0.19	0.25	0.84	1
2-2								
(1)	6.30	2.50	0.6	0.29	0.22	0.30	0.84	1
(2)	4.70	2.50	0.6	0.29	0.22	0.30	0.84	1
3-3								
(1)	3.00	2.50	0.5	0.24	0.19	0.25	0.84	1
(2)	3.40	2.50	0.5	0.24	0.19	0.25	0.84	1
(3)	3.00	2.50	0.5	0.24	0.19	0.25	0.84	1

DIRECCION Y

MURO	ELEMENTOS DE MURO			W_p (tn/m ²)	M_{max} (tn-mt)	d (mt)	A_s (cm ² /mt)	# cañas
	l	h	t					
A-A								
(1)	11.00	2.50	0.5	0.24	0.19	0.25	0.84	1
B-B								
(1)	5.80	2.50	0.6	0.29	0.22	0.30	0.84	1
(2)	3.80	2.50	0.6	0.29	0.22	0.30	0.84	1
C-C								
(1)	11.00	2.50	0.50	0.24	0.19	0.25	0.84	1

DISEÑO DE MUROS DEL SEGUNDO PISO - REFUERZO VERTICAL

$$C_p = 0.21 \quad W_p = 0.40 \text{ t} \quad f_s = 1,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = 0.895$$

DIRECCION X

MURO	ELEMENTOS DE MURO			W_p (tn/m ²)	M_{max} (tn-mt)	d (mt)	A_s (cm ² /mt)	# cañas @ 1"/mt
	i	h	t					
1-1								
(1)	3.00	2.50	0.5	0.20	0.16	0.25	0.70	1
(2)	3.40	2.50	0.5	0.20	0.16	0.25	0.70	1
(3)	3.00	2.50	0.5	0.20	0.16	0.25	0.70	1
2-2								
(1)	0.65	2.50	0.6	0.24	0.19	0.30	0.70	1
(2)	4.70	2.50	0.6	0.24	0.19	0.30	0.70	1
3-3								
(1)	3.30	2.50	0.5	0.20	0.16	0.25	0.70	1
(2)	3.40	2.50	0.5	0.20	0.16	0.25	0.70	1
(3)	3.30	2.50	0.5	0.20	0.16	0.25	0.70	1

DIRECCION Y

MURO	ELEMENTOS DE MURO			W_p (tn/m ²)	M_{max} (tn-mt)	d (mt)	A_s (cm ² /mt)	# cañas @ 1"/mt
	i	h	t					
A-A								
(1)	11.00	2.50	0.5	0.20	0.16	0.25	0.70	1
B-B								
(1)	4.20	2.50	0.6	0.24	0.19	0.30	0.70	1
(2)	5.80	2.50	0.6	0.24	0.19	0.30	0.70	1
C-C								
(1)	11.00	2.50	0.50	0.20	0.16	0.25	0.70	1

DISEÑO DE MUROS DEL PRIMER PISO - REFUERZO HORIZONTAL

$$C_p = 0.25 \quad W_p = 0.48 \text{ t} \quad f_s = 1,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = 0.895$$

DIRECCION X

MURO	ELEMENTOS DE MURO			Wp (tn/m ²)	Mmax (tn-mt)	d (mt)	As (cm ² cada 3 hiladas)	# cañas @ 1"
	l	h	t					
1-1								
(1)	2.90	2.50	0.5	0.24	0.25	0.25	0.47	1
(2)	3.40	2.50	0.5	0.24	0.35	0.25	0.65	1
(3)	2.90	2.50	0.5	0.24	0.25	0.25	0.47	1
2-2								
(1)	6.30	2.50	0.6	0.29	1.43	0.30	2.24	2
(2)	4.70	2.50	0.6	0.29	0.80	0.30	1.24	1
3-3								
(1)	3.00	2.50	0.5	0.24	0.27	0.25	0.51	1
(2)	3.40	2.50	0.5	0.24	0.35	0.25	0.65	1
(3)	3.00	2.50	0.5	0.24	0.27	0.25	0.51	1

DIRECCION Y

MURO	ELEMENTOS DE MURO			Wp (tn/m ²)	Mmax (tn-mt)	d (mt)	As (cm ² cada 3 hiladas)	# cañas @ 1"
	l	h	t					
A-A								
(1)	11.00	2.50	0.5	0.24	3.63	0.25	6.81	6
B-B								
(1)	5.80	2.50	0.6	0.29	1.21	0.30	1.89	1
(2)	3.80	2.50	0.6	0.29	0.52	0.30	0.81	1
C-C								
(1)	11.00	2.50	0.50	0.24	3.63	0.25	6.81	6

DISEÑO DE MUROS DEL SEGUNDO PISO - REFUERZO HORIZONTAL

$$C_p = 0.21 \quad W_p = 0.40 \text{ t} \quad f_s = 1,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = 0.895$$

DIRECCION X

MURO	ELEMENTOS DE MURO			W_p (tn/m ²)	M_{max} (tn-mt)	d (mt)	A_s (cm ² cada 3 hiladas)	# cañas @ 1"
	l	h	t					
1-1								
(1)	3.00	2.50	0.5	0.20	0.23	0.25	0.43	1
(2)	3.40	2.50	0.5	0.20	0.29	0.25	0.55	1
(3)	3.00	2.50	0.5	0.20	0.23	0.25	0.43	1
2-2								
(1)	0.51	2.50	0.6	0.24	0.01	0.30	0.01	1
(2)	4.70	2.50	0.6	0.24	0.67	0.30	1.04	1
3-3								
(1)	3.30	2.50	0.5	0.20	0.27	0.25	0.52	1
(2)	3.40	2.50	0.5	0.20	0.29	0.25	0.55	1
(3)	3.30	2.50	0.5	0.20	0.27	0.25	0.52	1

DIRECCION Y

MURO	ELEMENTOS DE MURO			W_p (tn/m ²)	M_{max} (tn-mt)	d (mt)	A_s (cm ² cada 3 hiladas)	# cañas @ 1"
	l	h	t					
A-A								
(1)	11.00	2.50	0.5	0.20	3.05	0.25	5.72	4.44
B-B								
(1)	4.20	2.50	0.6	0.24	0.53	0.30	0.63	0.65
(2)	5.80	2.50	0.6	0.24	1.02	0.30	1.59	1.23
C-C								
(1)	11.00	2.50	0.50	0.20	3.05	0.25	5.72	4.44

Se optará por usar caña de @ 1" por ser más compacta, y debido a que prácticamente el área útil de caña es aproximadamente el 50% del área nominal. Entonces de los cuadros podemos concluir lo siguiente:

- 1) El refuerzo de caña vertical en los muros en las dos direcciones y en los dos pisos es 1 @1" cada mt.
- 2) El refuerzo de caña horizontal en los muros interiores será de 2 @1" cada 4 hiladas.
- 3) El refuerzo de caña horizontal en los muros exteriores será de 7 @1" cada 3 hiladas.

Diseño de la Viga Collar

Los efectos de flexotracción en el plano de los muros que aparecen debido a efectos de sismo van a tener que ser asumidos por la viga collar, ya que el requisito principal de ésta es que debe ser lo más rígida posible para que el sistema no falle por efectos de esfuerzos de tracción en los muros

Los efectos de estas cargas producirán esfuerzos de flexión, tracción y corte en la viga collar. En este caso el efecto de corte es el más significativo.

Los esfuerzos admisibles del eucalipto que se obtuvieron en el laboratorio son:

ESFUERZOS ADMISIBLES	SIMBOLO	(KG/CM ²)
FLEXION	<i>f_m</i>	304.14
COMPRESION PARALELA	<i>f_{c//}</i>	131.00
COMPRESION PERPENDICULAR	<i>f_{c⊥}</i>	35.22
CORTE PARALELO	<i>f_v</i>	11.60
MODULO DE ELASTICIDAD	<i>E</i>	
	<i>E_{min}</i>	137,200
	<i>E_{prom}</i>	198,016

Se verifica que el eucalipto cae en el rango de Madera Estructural del Grupo A. Entonces los parámetros de diseño a usar serán las del Grupo A.

ESFUERZOS ADMISIBLES	SIMBOLO	(KG/CM ²)
FLEXION	<i>f_m</i>	210.00
COMPRESION PARALELA	<i>f_{c//}</i>	145.00
COMPRESION PERPENDICULAR	<i>f_{c⊥}</i>	40.22
CORTE PARALELO	<i>f_v</i>	145.00
MODULO DE ELASTICIDAD	<i>E</i>	
	<i>E_{min}</i>	95,000
	<i>E_{prom}</i>	130,000

Entonces el análisis y diseño de la viga collar se hace considerando el material como homogéneo, isotrópico y de comportamiento lineal, y con las hipótesis de cálculo de vigas.

Para la viga collar del primer piso se emplearán 2 vigas con una sección de 8" x 8" (20cm x 20cm), y para el segundo piso 1 viga de sección 6" x 8" (15cm x 20 cm). La deflexión admisible de la viga collar debe limitarse para que cumpla su función en forma adecuada. Este parámetro no necesita verificarse la debido al tamaño de la sección de la viga collar que se va a usar.

Los esfuerzos de compresión o de tracción producidos por flexión no deben exceder el esfuerzo admisible, f_m , para el grupo de madera estructural especificado. Como se están analizando secciones rectangulares, se debe cumplir:

$$Z > M/f_m$$

Z = Módulo de la sección = $b \cdot h^2 / 6$

b = Ancho de la sección.

h = Peralte de la sección.

M = Momento aplicado.

f_m = Esfuerzo máximo admisible en flexión.

Los esfuerzos cortantes no deben exceder el esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras, f_v , del grupo de madera especificado. La resistencia al corte en la dirección perpendicular a las fibras es mucho mayor y por lo tanto no requiere verificarse. El esfuerzo de corte en una sección transversal de un elemento sometido a flexión a una cierta distancia del plano neutro puede obtenerse mediante:

$$3/2 * V/(b*h) < f_v$$

V = Fuerza cortante de la sección.

f_v = Esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras.

No es necesario verificar el esfuerzo de compresión en dirección perpendicular a las fibras, ya que si observamos la siguiente expresión:

$$R/(b*a) < f_{cL}$$

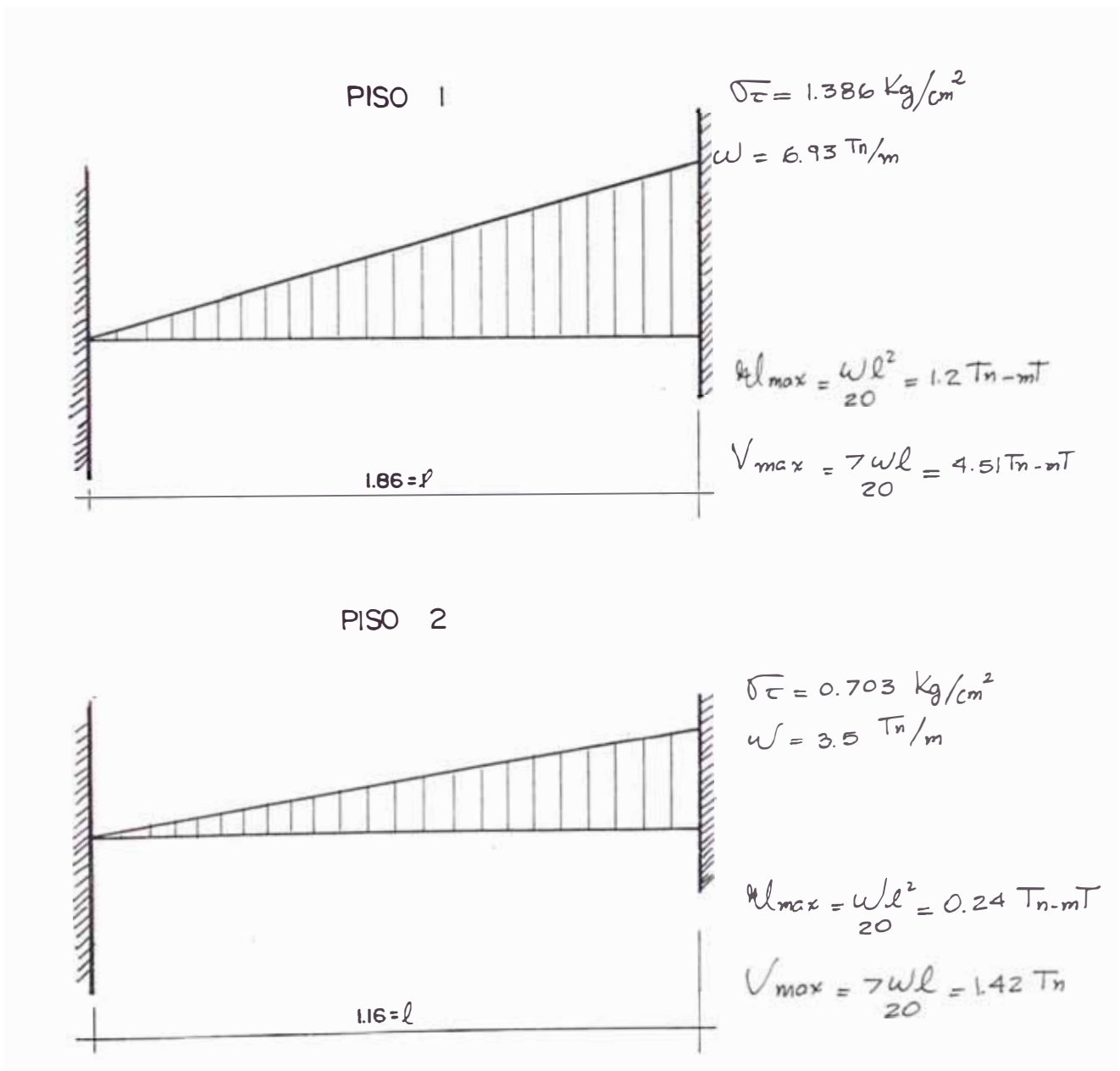
f_{cL} = Esfuerzo máximo admisible para compresión perpendicular a las fibras.

R = Fuerza de reacción (kg)

a = Longitud de contacto (cm)

El valor de "a" es prácticamente toda la longitud de la viga, por lo tanto la expresión $R/(b \cdot a)$ es pequeña y menor que $f_c L$.

Los modelos a analizarse son los siguientes:



PRIMER PISO

$$Z = b \cdot h^2 / 6 = 30 \text{ cm} \cdot (20 \text{ cm})^2 / 6 = 2,000 \text{ cm}^3$$

$$M/fm = 1.2 \cdot 10^5 \text{ kg-cm} / 210 \text{ kg/cm}^2 = 571.43 \text{ cm}^3$$

$$Z > M/fm \quad \dots \text{OK}$$

$$3/2 \cdot V / (b \cdot h) = 1.5 \cdot 4,500 \text{ kg} / (30 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm}) = 11.23 \text{ kg/cm}^2$$

$$fv = 11.60 \text{ kg/cm}^2 > 11.23 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots \text{OK}$$

SEGUNDO PISO

$$Z = b \cdot h^2 / 6 = 15 \text{ cm} \cdot (20 \text{ cm})^2 / 6 = 1,000 \text{ cm}^3$$

$$M/fm = 0.24 \cdot 10^5 \text{ kg-cm} / 210 \text{ kg/cm}^2 = 114.28 \text{ cm}^3$$

$$Z > M/fm \quad \dots \text{OK}$$

$$3/2 \cdot V / (b \cdot h) = 1.5 \cdot 1,420 \text{ kg} / (15 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm}) = 7.10 \text{ kg/cm}^2$$

$$fv = 11.60 \text{ kg/cm}^2 > 7.10 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots \text{OK}$$

Se concluye que:

Primer Piso => Usar 2 piezas de 6" x 8"

Segundo Piso => Usar 1 pieza de 6" x 8"

(Note que para este caso no se usó la sección de 8" x 8")

CAPITULO V

ANALISIS Y DISEÑO SIMPLIFICADO DE UNA EDIFICACION
REPRESENTATIVA.

El procedimiento riguroso de análisis y de diseño sísmo-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 desarrollo 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.

5.1. FUERZAS SISMICAS HORIZONTALES.

De acuerdo a las Normas Peruanas de Diseño Sísmo-Resistente:

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

Z = 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 = Area de la construcción en planta.

$$H = 0.32 P$$

Del Cuadro IV-26 se deducen:

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

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

5.2. FUERZAS CORTANTES EN EL PLANO DEL MURO.

Del cuadro IV-37 sacamos los siguientes valores:

CORTANTE RESISTENTE EN MUROS $\Rightarrow V_m = \phi L * t$

(VALORES DE ϕ - CUADRO V-01)

PISO	DIRECCION	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

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

Muro Interior

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

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

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 Cuadro 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

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)*

<i>PISO</i>	<i>DIRECCION</i>	<i>MURO INT.</i>	<i>MURO EXT.</i>
1	X	1.48	2.69
	Y	1.37	3.95
2	X	1.43	3.79
	Y	1.31	3.86

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

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

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

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 CADA DIRECCION
(VALORES DE K - CUADRO V-04)*

<i>PISO</i>	<i>DIRECCION</i>	<i>MURO INT.</i>	<i>MURO EXT.</i>
1	X	0.14	0.29
	Y	0.12	0.38
2	X	0.13	0.30
	Y	0.12	0.36

Tomando los efectos mayores:

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

MURO INT	MURO EXT
0.14	0.38

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

DENSIDAD MINIMA DEL MURO
(CUADRO V-06)

DX	DY
0.88	0.97

$(L_i + L_e) / (nb) > \text{DENSIDAD DE MURO}$

DX = Densidad de muro en la dirección x.

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

DY = Densidad de muro en la dirección y.

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

Primer Piso :

$$h_r = 1.8h$$

$$P = 1.3*(1.6*t*L*(1.8h)) = 3.74 t*L*h$$

Segundo Piso

$$h_r = h$$

$$P = 1.3*(1.6*t*L*(h)) = 2.08 t*L*h$$

Reemplazando y simplificando para cada piso y en cada dirección, y tomando los efectos más desfavorables tenemos:

Primer Piso:

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

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

Segundo Piso:

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

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

5.4. ESDUERZO A TRACCION.

Los esfuerzos de tracción a determinar son el resultado del efecto combinado de las cargas de gravedad, de sismo y momento de volteo:

$$\Gamma t = P/At - M/S$$

P = Carga considerada en el muro.

At = area 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:

$$hr = 1.8h$$

$$P = 0.7*(1.6*t*1*(1.8H)) = 2.02 t*L*H$$

Segundo Piso:

$$hr = h$$

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

Reemplazando y simplificando para cada piso y en cada dirección, y tomando los efectos más desfavorables tenemos:

$$\Gamma_t = \alpha(1-\alpha)$$

Primer Piso:

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

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

Segundo Piso:

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

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

Y_o = Longitud de muro bajo efecto de esfuerzos de tracción

T = Fuerza de tracción

$$Y_o = L(1-\alpha)/2$$

$$T = \Gamma_t * Y_o * t / 2$$

El refuerzo que va a asumir estos esfuerzos de tracción es precisamente la sección de la viga collar de eucalipto. Entonces se debe verificar que la sección de la madera cumpla:

b = Ancho de la sección.

h = Peralte de la sección.

$$z = \frac{b \cdot h^2}{6} > \frac{(\Gamma t \cdot t \cdot Y_o)^2 / 20}{f_m}$$

$$f_v > 1.5 \frac{7 \Gamma t \cdot t \cdot Y_o / 20}{(b \cdot h)}$$

Simplificando:

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

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

Del estudio del capítulo anterior se verificó que el efecto mas desfavorable 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.

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

5.5. 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:

$$W_p = Z * S * C_p * W$$

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 simplificar 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.

De ésta manera se obtiene que el momento máximo es:

$$M_{\text{max}} = l \cdot (W_p \cdot h^2) / 8, \text{ para refuerzo vertical.}$$

$$M_{\text{max}} = h \cdot (W_p \cdot l^2) / 8, \text{ para refuerzo horizontal.}$$

$$l = \text{Longitud del muro (mt).}$$

$$h = \text{Altura del muro (mt).}$$

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

El diseño se hará por cargas de servicio:

$$A_s = M_{\text{max}} / (f_s \cdot j \cdot d)$$

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

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

$$f_s = \text{Resistencia admisible a la tracción de la caña.}$$

CUADRO V-8

MUROS DE VIVIENDA
REFUERZO VERTICAL

Primer Piso

$$A_s = 0.536 (h^2)(C_p)$$

$$C_p = 0.250$$

h	$A_s(\text{cm}^2/\text{mt})$	@ 1" c/mt
2.30	0.71	1
2.50	0.84	1
2.80	1.05	1
3.00	1.21	1

Segundo Piso

$$A_s = 0.536 (h^2)(C_p)$$

$$C_p = 0.210$$

h	$A_s(\text{cm}^2/\text{mt})$	@ 1" c/mt
2.30	0.60	1
2.50	0.70	1
2.80	0.88	1
3.00	1.01	1

MUROS DE VIVIENDA
REFUERZO HORIZONTAL

Primer Piso

$$A_s = 0.536 (l^2)(C_p)$$

$$C_p = 0.250$$

l	$A_s(\text{cm}^2/\text{mt})$	$A_s(\text{cm}^2/4 \text{ hiladas})$
3.50	1.64	0.92
4.00	2.14	1.20
4.50	2.71	1.52
5.00	3.35	1.88

Muros internos

Segundo Piso

$$A_s = 0.536 (l^2)(C_p)$$

$$C_p = 0.210$$

l	$A_s(\text{cm}^2/\text{mt})$	$A_s(\text{cm}^2/4 \text{ hiladas})$
3.50	1.38	0.77
4.00	1.80	1.01
4.50	2.28	1.28
5.00	2.81	1.58

Muros internos

CUADRO V-9

MUIROS DE VIVIENDA REFUERZO HORIZONTAL		Muros exteriores		MUIROS DE CERCO REFUERZO VERTICAL		Muros de cerco		MUIROS DE CERCO REFUERZO HORIZONTAL		
As=	0.636 (1" 2) (Cp)	As (cm ² /mt)	As (cm ² /mt)	As=	0.636 (1" 2) (Cp)	As=	0.636 (1" 2) (Cp)	As=	0.636 (1" 2) (Cp)	
Cp=	0.260	As (cm ² /hiladas)	As (cm ² /mt)	Cp=	0.100	Cp=	0.100	Cp=	0.100	
I	As (cm ² /mt)	As (cm ² /hiladas)	@ 1"	h	As (cm ² /mt)	@ 1" @ 1.75mt	I	As (cm ² /mt)	As (cm ² /hiladas)	@ 1"
10.00	13.40	6.63	6	2.30	0.28	1	1	4.00	0.66	0.72
11.00	16.21	6.81	6	2.80	0.34	1	1	6.00	1.34	1.13
12.00	19.30	8.10	7	2.80	0.42	1	1	6.80	1.62	1.36
13.00	22.66	9.61	8	3.00	0.48	1	1	6.00	1.93	1.62

Segundo Piso		Muros exteriores	
As=	0.636 (1" 2) (Cp)	As (cm ² /mt)	As (cm ² /hiladas)
Cp=	0.210	As (cm ² /mt)	As (cm ² /hiladas)
I	As (cm ² /mt)	@ 1"	@ 1"
10.00	11.26	4.73	4
11.00	13.62	5.72	5
12.00	16.21	6.81	6
13.00	19.02	7.99	7

$s = 1 \text{ tn/cm}^2.$

= Peralte efectivo (mt)

$j = 0.995$

El cuadro V-08 muestra el área de caña necesaria para diferentes casos de altura y longitud de muro. Es importante hacer notar que el área de caña efectiva es aproximadamente el 50% del área de la caña real, por eso al usar cañas de 1" de diámetro en realidad el área de caña resistente es de 1.29cm^2 (@ $1/2"$).

Para el caso de muros de cerco el Cuadro V-09 resume las variaciones de A_s según la altura y longitud del muro de cerco.

5.6 PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO.

continuación se muestra el procedimiento de diseño simplificado en base a los resultados obtenidos anteriormente. El procedimiento se muestra en forma de un flujo descriptivo de las operaciones y comprobaciones a realizar.

FUERZA SISMICAS HORIZONTALES

l primer paso a realizar será hallar el Area (A) de la construcción en planta:

$$A = b_x * b_y$$

b_x = Longitud en planta en la dirección x.

b_y = Longitud en planta en la dirección Y.

Seguidamente se calculan las fuerzas sísmicas horizontales:

$$Z=1 \quad U=1 \quad C=0.4 \quad S=1.2 \quad R_d=1.5$$

P = Peso a considerarse (50% del peso de la edificación)

$$H = 0.42 A \quad P = 1.31 A$$

$$H_1 = 0.42 A \quad H_2 = 0.29 A$$

$$F_1 = 0.13 A \quad F_2 = 0.29 A$$

(Todos los parámetros en mts. y tn.)

LONGITUD MINIMA DE MUROS EN CADA DIRECCION

Se debe verificar la longitud necesaria de muros descontando vanos:

= Area de la construcción en planta.

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

t = Espesor del muro (se recomienda $t=0.50$ mt.)

LI_i = Longitud total de muros interiores en la dirección i .

LE_i = Longitud total de muros exteriores en la dirección i .

$$LI_i > 0.14(A/t)(n-2)/n$$

$$LE_i > 0.38(A/t)(n+2)$$

Se efectuará una segunda verificación de la densidad de muros:

$$\text{Dirección } X \Rightarrow (LI_x + LE_x)/(n \cdot b_x) \leq 0.88$$

$$\text{Dirección } y \Rightarrow (LI_y + LE_y)/(n \cdot b_y) \leq 0.98$$

La tercera verificación es en cuanto al peso de la edificación:

$$\text{Peso de techos sufridos} \begin{cases} ;\&1 = 0.07 \text{ tn/m}^2 \text{ (Piso 1)} \\ ;\&2 = 0.14 \text{ tn/m}^2 \text{ (Piso 2)} \end{cases}$$

h = Altura de muro.

$$LT = \frac{(LI + LE)}{x} + \frac{(LI + LE')}{y}$$

Primer Piso $\Rightarrow \sigma_1 + (1.6 * LT * h * t) / A \leq 1.16 \text{ tn/m}^2$

Segundo Piso $\Rightarrow \sigma_2 + (1.6 * LT * h * t) / A \leq 1.32 \text{ tn/m}^2$

ESFUERZO DE COMPRESION

Primer Piso

Muro Exterior $\Rightarrow \sigma_c = 3.74h \left(1 + \frac{2.37 * A}{(n+2) * t * L^2} \right) \leq 30 \text{ tn/m}^2$

Muro Exterior $\Rightarrow \sigma_c = 3.74h \left(1 + \frac{1.58 * A}{n * t * L^2} \right) \leq 30 \text{ tn/m}^2$

Segundo piso

Muro Exterior $\Rightarrow \sigma_c = 2.08h \left(1 + \frac{1.62 * A}{(n+2) * t * L^2} \right) \leq 30 \text{ tn/m}^2$

Muro Exterior $\Rightarrow \sigma_c = 2.08h \left(1 + \frac{1.10 * A}{n * t * L^2} \right) \leq 30 \text{ tn/m}^2$

ESFUERZO A TRACCION

$$\text{Primer Piso} \Rightarrow \Gamma t = 2.02h(1-a)$$

$$\text{Muro Exterior} \Rightarrow \Gamma t = 2.02h \left(1 - \frac{4.39 * A}{(n+2) * t * L^2}\right)$$

$$\text{Muro Interior} \Rightarrow \Gamma t = 2.02h \left(1 - \frac{2.92 * A}{n * t * L^2}\right)$$

$$\text{Segundo piso} \Rightarrow \Gamma t = 1.12h(1-a)$$

$$\text{Muro Exterior} \Rightarrow \Gamma t = 2.02h \left(1 - \frac{3.00 * A}{(n+2) * t * L^2}\right)$$

$$\text{Muro Interior} \Rightarrow \Gamma t = 2.02h \left(1 - \frac{2.04 * A}{n * t * L^2}\right)$$

$$Y_0 = (L/2) (1-a)$$

$$T = t * (\Gamma t * Y_0) / 2$$

Y_0 = Longitud de muro bajo efecto de esfuerzo de tracción.

T = Fuerza total de tracción.

Si se va a usar madera de eucalipto para la viga collar entonces se sugieren las siguientes secciones:

Viga collar de eucalipto

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

FUERZAS PERPENDICULARES AL PLANO DEL MURO

Los cuadros V-08 y V-09 resumen el refuerzo de caña tanto vertical como horizontal segun el tipo de muro, longitud y altura de éste.

Como ejemplo de aplicación se utilizarán los datos de la edificación representativa. Cabe anotar que los análisis de viviendas que se han hecho se han referido a casos extremos, es decir que se ha optimizado al máximo el diseño de los muros obteniendo vanos de 1.4 mts. y muros de más de 2.5 mts de altura.

Las expresiones que se han deducido nos dan medidas de muros más conservadores, como podemos ver en los cuadros de cálculo presentados a continuación:

DATOS DE LA VIVIENDA

$b_x = 12.00$
 $b_y = 11.00$
 AREA = 132.00 M²

TECHO 1= 0.07 tn/m²
 TECHO 2= 0.14 tn/m²

PISO	DIRECCION	n	MURO	L (mt)	t(mt)	h(mt)	PESO(tn)	DENSIDAD	PESO/AREA
1	X	3	1-1	9.60	0.60	2.40	22.12		
			2-2	11.00	0.60	2.40	25.34		
			3-3	9.80	0.60	2.40	22.58	0.84 OK	
	Y	3	A-A	11.00	0.60	2.40	25.34		
			B-B	10.30	0.60	2.40	23.73		
			C-C	11.00	0.60	2.40	25.34	0.98 OK	1.16 OK
2	X	3	1-1	9.40	0.60	2.40	21.66		
			2-2	11.00	0.60	2.65	27.98		
			3-3	10.00	0.60	2.40	23.64	0.84 OK	
	Y	3	A-A	11.00	0.60	2.65	27.98		
			B-B	10.30	0.60	2.65	26.20		
			C-C	11.00	0.60	2.65	27.98	0.98 OK	1.31 OK
PESO TOTAL =>							327.01	2.48 OK	
PESO SIGMO =>							177.37	1.34 OK	

FUERZAS SISMICAS

$H = 0.42$ A = 55.44 tn $H1 = 0.42$ A = 55.44 tn $F1 = 0.13$ A = 17.16 tn
 $H2 = 0.29$ A = 38.28 tn $F2 = 0.29$ A = 38.28 tn

CHEQUEO DE LONGITUD MINIMA DE MUROS

PISO	DIRECCION	MURO	L (mt)	t(mt)	Lmin (mt)	
1	X	INTERIOR	11.00	0.60	10.27	OK
		EXTERIOR	19.40	0.60	16.72	OK
	Y	INTERIOR	10.30	0.60	10.27	OK
		EXTERIOR	22.00	0.60	16.72	OK
2	X	INTERIOR	11.00	0.60	10.27	OK
		EXTERIOR	19.40	0.60	16.72	OK
	Y	INTERIOR	10.30	0.60	10.27	OK
		EXTERIOR	22.00	0.60	16.72	OK

CHEQUEO DE ESFUERZOS DE COMPRESION

PISO	DIRECCION	n	MURO	L (mt)	h(mt)	t(mt)	..c(tn/m2)
1	X	3	1-1	9.60	2.40	0.60	19.13 OK
			2-2	11.00	2.40	0.60	17.57 OK
			3-3	9.80	2.40	0.60	18.72 OK
	Y	3	A-A	11.00	2.40	0.60	16.71 OK
			B-B	10.30	2.40	0.60	18.78 OK
			C-C	11.00	2.40	0.60	16.71 OK
2	X	3	1-1	9.40	2.40	0.60	9.02 OK
			2-2	11.00	2.65	0.60	9.19 OK
			3-3	10.00	2.40	0.60	8.55 OK
	Y	3	A-A	11.00	2.65	0.60	8.76 OK
			B-B	10.30	2.65	0.60	9.70 OK
			C-C	11.00	2.65	0.60	8.76 OK

CHEQUEO DE ESFUERZOS DE TRACCION

PIS	DIRECCIO	n	MURO	L. (mt)	h (mt)	l (mt)	σ_x (tn/m ²)	Y _o (mt)	T (tn)
1	X	3	1-1	9.60	2.40	0.60	-5.31	5.26	8.38
			2-2	11.00	2.40	0.60	-3.73	4.23	4.74
			3-3	9.80	2.40	0.60	-4.90	4.96	7.29
	Y	3	A-A	11.00	2.40	0.60	-2.89	3.28	2.84
			B-B	10.30	2.40	0.60	-4.94	5.24	7.77
			C-C	11.00	2.40	0.60	-2.89	3.28	2.84
2	X	3	1-1	9.40	2.40	0.60	-1.33	2.32	0.92
			2-2	11.00	2.65	0.60	-0.70	1.30	0.27
			3-3	10.00	2.40	0.60	-0.86	1.60	0.41
	Y	3	A-A	11.00	2.65	0.60	-0.27	0.50	0.04
			B-B	10.30	2.65	0.60	-1.22	2.11	0.77
			C-C	11.00	2.65	0.60	-0.27	0.50	0.04

Se observará que se han modificado las medidas de los muros en cuanto a longitud, espesor y altura en relación a las medidas originales, esto es que tenemos un diseño más conservador. Para absorber los esfuerzos de tracción se utilizarán las secciones recomendadas:

Primer piso => 2 piezas de 8" x 8"

Segundo Piso => 1 pieza de 6" x 8".

Para el refuerzo de los muros, del cuadro V-08 tenemos:

Refuerzo Vertical => Primer y Segundo piso usar 1@ 1" cada metro.

Refuerzo Horizontal => En muros interiores como la longitud de estos entre vanos es menor de 4 mts. se recomienda usar 2 @ 1" cada 4 hiladas.

En muro exteriores se usarán 7 @ 1" cada 3 hiladas.

CAPITULO VI*CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO
SISMO-RESISTENTE EN LAS CONTRUCCIONES CON ADOBE.*

Si bien la facilidad de obtener la materia prima y la mano de obra especializada incide directamente en el menor costo inicial, la verdadera economía está en relación directa e las condiciones mínimas de seguridad y duración del bien, en el caso de las viviendas de interés social, esta economía se logra a través de diseños normalizados en los que se tome en cuenta la relación área de ocupación del terreno con respecto al área útil. características del sistema constructivo vulnerabilidad de los materiales usados; así como las características sismológicas y climalógicas de la zona en que se ubican.

La tierra como material de construcción tiene limitaciones en cuanto a su comportamiento estructural ante cargas de origen sísmico y es vulnerable a los agentes climatológicos especialmente a la humedad.

CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

Conclusiones

Dentro de las consideraciones climatológicas se debe tener en cuenta la humedad, el agua de lluvia, el agua superficial, el viento y las variaciones de temperatura:

- 1) La humedad llega a disminuir la resistencia de un muro de adobe hasta en un 75%.*
- 2) El agua superficial fácilmente puede debilitar las bases de un muro.*
- 3) El viento mediante su efecto mecánico puede erosionar los muros.*
- 4) El agua de lluvia por contacto directo o por medio del escurrimiento puede también debilitar el muro. En los muros exteriores se aprecian deterioro y la falta de adherencia del yeso con presencia de aglobamientos del revoque y desprendimiento de éste.*
- 5) Variaciones termohisométricas producen contracciones y dilataciones en el material, las que se traducen en grietas y fisuras.*

1) Los elementos estructurales de madera son susceptibles de ser dañados también por los elementos del medio ambiente. La madera es un material higroscópico y poroso, como tal absorbe agua en forma líquida o de vapor. Al cesar la fuente de humedad, la madera devuelve el exceso de agua conservando solamente aquella cantidad que se encuentre en equilibrio con la humedad relativa del ambiente. En el caso que no pueda escapar hacia el exterior, sino por el contrario se acumule y quede retenida, afecta la madera alterando sus propiedades mecánicas, se dilata, transmite con facilidad el calor y la electricidad y sobre todo es más vulnerable al ataque biológico.

Recomendaciones

- 1) En zonas lluviosas, los muros deben protegerse con aleros que sobresalgan de ellos.
- 2) El techo, que es a dos aguas en dirección a la elevación frontal, debe tener una pendiente promedio de 30% con un alero 1.20 mts, para que la descarga del agua de las lluvias caiga fuera del suelo cercano a los muros de tal manera que el rebote de las gotas de lluvia que impacta sobre ellos no cause su deterioro.

3) En zonas donde el suelo es húmedo debe procurarse cubrir el muro con un adecuado revestimiento impermeabilizante.

4) En zonas donde el suelo es húmedo debe procurarse construirse con sobrecimientos altos e impermeabilizar la parte inferior del muro para evitar la ascensión del agua por capilaridad.

5) Los elementos estructurales de madera deben estar protegidos contra la humedad del medio ambiente. El humedecimiento de la madera en la edificación puede tener 3 causas principales:

-La acción capilar que lo producen los muros sin una debida protección de un reboque de yeso.

-La lluvia que cae directamente sobre una cobertura que cubre el entramado del techo. El eucalipto tiene la propiedad de ser una especie de una gran durabilidad al riesgo de la pudrición, pero un buen control en cuanto a la colocación de la cobertura para evitar traslapes defectuosos y un recubrimiento de yeso en la zona de los aleros ayudan a esta durabilidad.

-La condensación en paredes de ambiente como por ejemplo las cocinas. Además de tener éste ambiente una ventilación adecuada, los elementos estructurales de madera deben estar

debidamente embebidos en los muros. Los techos que estan hechos a base de vigas de eucaliptos se les debe resvestir con carriso, recubierto posteriormente con barro y un enlucido de yeso.

Si la madera se encuentra aislada debidamente contra las fuentes de humedad mencionadas entonces se garantiza una defensa y durabilidad contra los hongos, sobre todo los xilófagos que son capaces de desintegrar las paredes de las células y dan lugar a la pudrición.

5) La cobertura de tejas, sobre todo la tradicional, deben estar bien colocada para evitar goteras. Los asentado debe ser bien elaborado y cada cierto tiempo dar un chequeada a la cobertura para hacer cambio de tejas deterioradas.

CARACTERISTICAS DEL SUELO DE CIMENTACION

CONCLUSIONES

1) Un terreno desfavorable incrementa la intensidad del sismo que traduce en daños mayores.

Recomendaciones

- 1) Debe elegirse como ubicación correcta de la vivienda un terreno seco, compacto y plano, de preferencia ligeramente elevado con respecto al suelo adyacente.
- 2) Realizar las construcciones edificaciones de adobe sobre suelos en los que se producen amplificaciones importantes de las ondas roca o suelos compactos, secos y planos.
- 3) No construir edificaciones de adobe sobre suelos en los que se producen amplificaciones importantes de las ondas sísmicas y asentamientos de consideración.
- 4) No construir edificaciones de adobe en terrenos húmedos, ni expuestos a inundaciones o avalanchas.
- 5) En otros tipos de suelo, efectuar previamente un estudio detallado de las propiedades del suelo, de las características geológicas y topográficas de la zona y descartar aquellos en los que se estime que las amplificaciones de las ondas sísmicas serán importantes.
- 6) Para efectos prácticos se recomienda suelos con una capacidad portante no menor a 3 kg/cm^2 .

PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Conclusiones

- 1) De los materiales utilizados depende la resistencia de los muros, por lo que antes deben ser cuidadosamente seleccionados y preparados, mezclando suelos de granulometría apropiada.
- 2) Para conseguir un buen suelo de construcción, se le estabiliza con lo que se consigue aumentar su resistencia y su impermeabilidad.

Recomendaciones

- 1) 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.
- 2) 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.

3) La paja es un estabilizador mecánico muy utilizado. No reacciona con el suelo, pero le dá al adobe cierta resistencia a la tracción, acelera el secado y durante este proceso disminuye las fisuras por retracción. Le dá también al suelo mayor estabilidad bajo condiciones variables de humedad.

CARACTERISTICAS DINAMICAS DE LA ESTRUCTURA

Conclusiones

- 1) La respuesta de una estructura frente a una excitación sísmica, depende de las características dinámicas del suelo y de la estructura.
- 2) 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.
- 3) 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.

4) 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.

5) 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 simetría, continuidad, robustez competencia torsional, por lo tanto se deben evitar plantas con forma irregular.

6) 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.

Recomendaciones

1) 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 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 Cuadro V-01 nos da un resumen de parámetros a seguir para lograr una buena estructuración de la vivienda.

2) El área de vivienda debe ser mayor a 100 m² de lo contrario los vanos resultantes serán pequeños, por el orden de 3mt x 3mt.

3) En cuanto a la relación b_x/b_y para una vivienda de 2 pisos se limita a $b_x < 1.1b_y$. En sí, lo más aconsejable es que $b_x = b_y$.

AREA m2	MEDIDAS	bx/by	PISO	PESO tn	PESO/AREA tn/m2	DX	DY	DX/DY	PESOs tn	PESOs/AREA tn/m2	Vactuante tn	Vact/Area tn/m2
100	bx	10.0 mt	1	115.48	1.15	0.86	0.96	0.89	62.74	0.63	41.54	0.42
	by	10.0 mt	2	130.20	1.30	0.87	0.96	0.90	67.10	0.67	28.82	0.29
				245.7	2.46				129.84	1.30		
110	bx	11.0 mt	1	135.80	1.23	0.84	0.96	0.87	73.40	0.67	48.74	0.44
	by	10.0 mt	2	153.44	1.53	0.86	0.97	0.89	78.92	0.72	33.87	0.31
				289.2	2.63				152.32	1.38		
121	bx	11.0 mt	1	145.42	1.20	0.86	0.97	0.89	78.76	0.65	52.25	0.43
	by	11.0 mt	2	176.08	1.53	0.88	0.97	0.91	84.52	0.70	36.28	0.30
				309.6	2.66				163.28	1.35		
132	bx	12.0 mt	1	192.43	1.15	0.86	0.96	0.90	82.82	0.63	55.50	0.42
	by	11.0 mt	2	176.08	1.53	0.92	0.97	0.95	90.68	0.69	38.77	0.29
				328.5	2.49				173.50	1.31		
144	bx	12.0 mt	1	150.56	1.06	0.84	0.97	0.87	82.48	0.57	55.07	0.38
	by	12.0 mt	2	173.32	1.20	0.87	0.98	0.88	89.54	0.62	38.38	0.27
				323.9	2.25				172.02	1.19		
PROMEDIOS												
			bx/by		PESO/AREA tn/m2	DX	DY	DX/DY	PESOs tn	PESOs/AREA tn/m2	vactuante tn	Vact/Area tn/m2
			1.04		1.16	0.85	0.96	0.88	76.04	0.63	50.82	0.42
			2		1.32	0.88	0.97	0.91	82.15	0.68	35.22	0.29
					2.48				158.19	1.31		

4) En cuanto al peso, éste debe ser el menor posible de tal manera que se tenga una relación promedio de : $\text{Peso total}/\text{Area} = 2.48 \text{ Tn/m}^2$, $\text{peso Piso 1}/\text{Area} = 1.16 \text{ Tn/m}^2$, $\text{Peso Piso 2}/\text{Area} = 1.32 \text{ Tn/m}^2$.

5) 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 Area Total de Muros en esa dirección; lo mismo para la Dirección Y nos da un tope de 3% de área de vanos.

6) Para efectos de diseño se prodrán usar los siguientes valores máximos:

DESCRIPCION	ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE MAXIMO (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE MAXIMO (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

7) Esto nos indica que el valor del confinamiento del Piso 1 es de 1.11 kg/cm^2 y del Piso 2 es de 0.73 kg/cm^2 como valores máximos.

8) Podemos apreciar que para fines prácticos de diseño se pueden utilizar los siguiente valores para esfuerzos de tracción por flexión:

$$PISO 1 \Rightarrow \Gamma_t = -2.25 \text{ Kg/cm}^2, T = -7.75 \text{ tn}$$

$$PISO 2 \Rightarrow \Gamma_t = -0.73 \text{ Kg/cm}^2, T = -2.04 \text{ tn}$$

9) 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 1 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)
FLEXION	f_m	210.00
COMPRESION PARALELA	$f_c //$	145.00
COMPRESION PERPENDICULAR	$f_{c \perp}$	40.22
CORTE PARALELO	f_v	15.00
TRACCION PARALELA	f_t	145.00
MODULO DE ELASTICIDAD	E	
	E_{min}	95,000
	E_{prom}	130.000

10) La recomendación de excluir los alfeízares 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 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.

EXISTENCIA DE REFUERZOS

Conclusiones

1) La colocación de refuerzos, tales como vigas soleras superiores, confeccionadas de madera principalmente, mejora notablemente el comportamiento sísmico de la vivienda.

2) 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.

3) 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.

4) Se ha preferido establecer expresiones 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.

5) 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 elástica y la que da origen a una "ductalidad aparente". El conocimiento de este fenómeno permite la correcta aplicación del concepto del trabajo virtual para evaluar el colapso en muros sometidos a flexión, a través de las líneas de rotura.

Recomendaciones

1) Debido a la presencia de unca viga collar rígida del sistema, los muros tiene su sistema de apoyo en 4 lados, por lo que los coeficientes sísmicos para diseño serán:

Para muros del primer piso => $c = 0.25$

Para muros del segundo piso => $c = 0.21$

2) En el caso de los muros de cerco se usará un coeficiente sísmico de 0.10.

3) 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.

4) El refuerzo de caña horizontal en los muros interiores que se recomienda será de : 2 @ 1" cada 4 hiladas.

5) El refuerzo de caña horizontal en los muros exteriores que se recomienda será de 7 @ caqda 3 hiladas.

6) El refuerzo de caña vertical en los muros de cerco que se recomienda es : 1 @ 1" cada 1.75 mt.

7) El refuerzo de caña horizontal en los muros de cerco que se recomienda será de: 2 @ 1 cada 6 hiladas.

METODO CONSTRUCTIVOConclusiones

- 1) La construcción de una vivienda de acuerdo a un método y control adecuado mejora notablemente el comportamiento sísmico.
- 2) Las variaciones dimensionales características en las unidades de adobe inciden en la resistencia del muro. Las unidades más pequeñas llevan a ensanchar las juntas disminuyendo así la capacidad de resistencia del muro provocando concentración de presiones y facilitan la formación de grietas en estas juntas.
- 3) Adobes de dimensiones desiguales, cuando se construye un muro aplomado en una de sus caras, generan excentricidades locales y en consecuencia concentración de tensiones.
- 4) Unidades con caras no paralelas producen concentración de tensiones en las juntas de lado en que el adobe es más delgado, lo que puede dar lugar a una mayor deformación del muro y reducción de la carga que puede soportar.
- 5) Las irregularidades de forma disminuyen la resistencia y cuando las cargas verticales no son normales a las de asiento

provocan desviaciones locales respecto al eje.

6) Cuando las vigas de los entrepisos se apoyan directamente en zonas de muro de apoyo en donde se aprecian grietas.

Recomendaciones

1) 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.

2) 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.

3) 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.

4) El aparejo a emplear en la construcción de los muros será el de soga con unidades 35x60x12 cm con un alveólo central de @ 1" por donde pasará la caña de refuerzo. Así también se confeccionará unidades sin alveólos y medias unidades con/sin medio alveólos extremos.

5) Confeccionar correctamente los muros aplomándolo 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.

6) Durante un día no se llegará a alturas mayores de 1.20mts. para que el mortero de las juntas pueda secar, evitando que las paredes se desplomen por el peso de los adobes superiores.

7) 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.

8) 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.

9) Hacer eficientes trabas entre muros de esquinas empalmando estos elementos correctamente con la viga solera.

10) Las vigas de los techos no deben de apoyarse directamente sobre los muros, sino sobre la viga solera para que el peso del los techos se reparta proporcionalmente a lo largo del muro portante.

RECOMENDACIONES COMPLEMENTARIAS

Se debe añadir otros factores secundarios, pero no por ello menos importantes, 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 socaban 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.

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 recibirían 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 y la época del año dado que la fabricación y secado del adobe requiere de una estación seca.

MEMORIAS DE CALCULO DE
ANALISIS SEUDO-TRIDIMENSIONAL

PISO No 1
 Xo = 5.99
 Yo = 5.49

CASO :

numo	x1	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ		ui	fi
1x	1.7	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76	0.002425	3.99873
						0	0 0		
						8640.76	0 45277.58		
2x	6	0.25	0	5.24	2244	2244	0 11758.56	0.002425	5.44157
						0	0 0		
						11758.6	0 61614.85		
3x	10.3	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76	0.002425	3.99873
						0	0 0		
						8640.76	0 45277.58		
4x	3.15	5.5	0	-0.01	7089	7089	0 -70.89	0.002408	17.06873
						0	0 0		
						-70.89	0 0.7089		
5x	9.65	5.5	0	-0.01	4641	4641	0 -46.41	0.002408	11.1745
						0	0 0		
						-46.41	0 0.4641		
6x	1.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68	0.002391	4.226603
						0	0 0		
						-9299.7	0 48916.32		
7x	6	10.75	0	-5.26	2244	2244	0 -11803.4	0.002391	5.364535
						0	0 0		
						-11803	0 62086.09		
8x	10.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68	0.002391	4.226603
						0	0 0		
						-9299.7	0 48916.32		

MATRIZ SUMA Kx =

23052	0 -1480.02	SUMA Fi=	55.5
0	0 0		
-1480	0 312089.9		

Xo = 5.99
 Yo = 5.49

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
1y	0.25	5.5	90	-5.74	11662	4.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 7.1E-13 11662 -66939.9 -4.1E-12-66939.9 384234.9	-1.9E-05	-0.21991
2y	6	9.1	90	0.01	3281	1.2E-29 2.01E-13 2.01E-15 2E-13 3281 32.81 2E-15 32.81 0.3281	-5.8E-08	-0.00019
3y	6	2.9	90	0.01	6324	2.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 3.9E-13 6324 63.24 3.9E-15 63.24 0.6324	-5.8E-08	-0.00037
4y	11.8	5.5	90	5.81	11662	4.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 7.1E-13 11662 67756.22 4.1E-12 67756.22 393663.6	1.89E-05	0.220471

MATRIZ SUMA Ky =

1.2E-28 2.02E-12 5.59E-14	SUMA Fi= 2.98E-17
2E-12 32929 912.39	
5.6E-14 912.39 777899.5	

PISO No 2
 Xo = 5.99
 Yo = 5.44

CASO 1

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
9x	1.75	0.25	0	5.19	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 & 9175.92 \\ 0 & 0 & 0 \\ 9175.92 & 0 & 47623.02 \end{pmatrix}$	0.001656	2.927818
10x	6	0.25	0	5.19	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 & 11646.36 \\ 0 & 0 & 0 \\ 11646.4 & 0 & 60444.61 \end{pmatrix}$	0.001656	3.716076
11x	10.3	0.25	0	5.19	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 & 9175.92 \\ 0 & 0 & 0 \\ 9175.92 & 0 & 47623.02 \end{pmatrix}$	0.001656	2.927818
12x	3.15	5.5	0	-0.06	7089	$\begin{pmatrix} 7089 & 0 & -425.34 \\ 0 & 0 & 0 \\ -425.34 & 0 & 25.5204 \end{pmatrix}$	0.001616	11.45815
13x	9.65	5.5	0	-0.06	4641	$\begin{pmatrix} 4641 & 0 & -278.46 \\ 0 & 0 & 0 \\ -278.46 & 0 & 16.7076 \end{pmatrix}$	0.001616	7.501377
14x	1.55	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 & -11283.8 \\ 0 & 0 & 0 \\ -11284 & 0 & 59916.71 \end{pmatrix}$	0.001577	3.350381
15x	6	10.75	0	-5.31	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 & -11915.6 \\ 0 & 0 & 0 \\ -11916 & 0 & 63272.05 \end{pmatrix}$	0.001577	3.538002
16x	10.5	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 & -11283.8 \\ 0 & 0 & 0 \\ -11284 & 0 & 59916.71 \end{pmatrix}$	0.001577	3.350381

MATRIZ SUMA Kx = $\begin{pmatrix} 24004 & 0 & -5188.74 \\ 0 & 0 & 0 \\ -5188.7 & 0 & 338838.4 \end{pmatrix}$ SUMA Fi= 38.77

CASO 1

K1 =
 ; 23052 2.02E-12 -1480.02 ;
 ; 2E-12 32929 912.39 ;
 ; -1480 912.39 1089989 ;

K2 =
 ; 24004 2.05E-12 -5188.74 ;
 ; 2.1E-12 33524 1501.44 ;
 ; -5188.7 1501.44 1110073 ;

K TOTAL =
 ; 47056 4.07E-12 -6668.76 -24004 -2.1E-12 5188.74 ;
 ; 4.1E-12 66453 2413.83 -2.1E-12 -33524 -1501.44 ;
 ; -6668.8 2413.83 2200063 5188.74 -1501.44 -1110073 ;
 ; -24004 -2.1E-12 5188.74 24004 2.05E-12 -5188.74 ;
 ; -2.1E-12 -33524 -1501.44 2.05E-12 33524 1501.44 ;
 ; 5188.74 -1501.44 -1110073 -5188.74 1501.44 1110073 ;

DESPLAZM

DX	0.002408	0.002408	4.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	4.34E-05	-1.6E-09	5.89E-08	16.73
DY	-9.1E-08	-9.1E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	0
GIRO	3.27E-06	3.27E-06	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	5.89E-08	-2.5E-08	9.18E-07	0
DX	0.001617	0.004025	4.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	8.51E-05	-1E-08	2.54E-07	38.77
DY	-3.4E-07	-4.3E-07	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1E-08	6.02E-05	-6.6E-08	0
GIRO	7.56E-06	1.08E-05	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	2.54E-07	-6.6E-08	1.82E-06	0

CASO 1

K1 =
 ; 23052 2.02E-12 -1480.02 ;
 ; 2E-12 32929 912.39 ;
 ; -1480 912.39 1089989 ;

K2 =
 ; 24004 2.05E-12 -5188.74 ;
 ; 2.1E-12 33524 1501.44 ;
 ; -5188.7 1501.44 1110073 ;

K TOTAL =
 ; 47056 4.07E-12 -6668.76 -24004 -2.1E-12 5188.74 ;
 ; 4.1E-12 66453 2413.83 -2.1E-12 -33524 -1501.44 ;
 ; -6668.8 2413.83 2200063 5188.74 -1501.44 -1110073 ;
 ; -24004 -2.1E-12 5188.74 24004 2.05E-12 -5188.74 ;
 ; -2.1E-12 -33524 -1501.44 2.05E-12 33524 1501.44 ;
 ; 5188.74 -1501.44 -1110073 -5188.74 1501.44 1110073 ;

DESPLAZM

DX	0.002408	0.002408	4.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	4.34E-05	-1.6E-09	5.89E-08	16.73
DY	-9.1E-08	-9.1E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	0
GIRO	3.27E-06	3.27E-06	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	5.89E-08	-2.5E-08	9.18E-07	0
DX	0.001617	0.004025	4.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	8.51E-05	-1E-08	2.54E-07	38.77
DY	-3.4E-07	-4.3E-07	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1E-08	6.02E-05	-6.6E-08	0
GIRO	7.56E-06	1.08E-05	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	2.54E-07	-6.6E-08	1.82E-06	0

PISO No 1
 Xo = 5.99
 Yo = 5.49

CASO 2

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
1x	1.7	0.25	0	5.24	1649	1649 0 8640.76 ; 0 0 0 ; 8640.76 0 45277.58 ;	-7.5E-06	-0.01234
2x	6	0.25	0	5.24	2244	2244 0 11758.56 ; 0 0 0 ; 11758.6 0 61614.85 ;	-7.5E-06	-0.01679
3x	10.3	0.25	0	5.24	1649	1649 0 8640.76 ; 0 0 0 ; 8640.76 0 45277.58 ;	-7.5E-06	-0.01234
4x	3.15	5.5	0	-0.01	7089	7089 0 -70.89 ; 0 0 0 ; -70.89 0 0.7089 ;	-7.6E-08	-0.00054
5x	9.65	5.5	0	-0.01	4641	4641 0 -46.41 ; 0 0 0 ; -46.41 0 0.4641 ;	-7.6E-08	-0.00035
6x	1.5	10.75	0	-5.26	1768	1768 0 -9299.68 ; 0 0 0 ; -9299.7 0 48916.32 ;	7.33E-06	0.012961
7x	6	10.75	0	-5.26	2244	2244 0 -11803.4 ; 0 0 0 ; -11803 0 62086.09 ;	7.33E-06	0.016451
8x	10.5	10.75	0	-5.26	1768	1768 0 -9299.68 ; 0 0 0 ; -9299.7 0 48916.32 ;	7.33E-06	0.012961

MATRIZ SUMA Kx =

23052	0 -1480.02 ;	SUMA Fi= -3.4E-15
0	0 0 ;	
-1480	0 312089.9 ;	

PISO No 1

Xo = 5.99

Yo = 5.49

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
1y	0.25	5.5	90	-5.74	11662	{4.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 ; {7.1E-13 11662 -66939.9 ; {-4.1E-12-66939.9 384234.9 ;	0.001694	19.75056
2y	6	9.1	90	0.01	3281	{1.2E-29 2.01E-13 2.01E-15 ; { 2E-13 3281 32.81 ; { 2E-15 32.81 0.3281 ;	0.001685	5.530025
3y	6	2.9	90	0.01	6324	{2.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 ; {3.9E-13 6324 63.24 ; {3.9E-15 63.24 0.6324 ;	0.001685	10.65891
4y	11.8	5.5	90	5.81	11662	{4.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 ; {7.1E-13 11662 67756.22 ; {4.1E-12 67756.22 393663.6 ;	0.001677	19.56051

MATRIZ SUMA Ky = {1.2E-28 2.02E-12 5.59E-14 ;
{ 2E-12 32929 912.39 ;
{5.6E-14 912.39 777899.5 ;

SUMA Fi= 55.5

PISO No 2
Xo = 5.99
Yo = 5.44

CASO

MURO xi yi alfa r K (relativo)
9x 1.75 0.25 0 5.19 1768

MATRIZ
1768 0 9175.92 ;
0 0 0 ;
9175.92 0 47623.02 ;

ui fi
-8.5E-06 -0.01497

10x 6 0.25 0 5.19 2244

2244 0 11646.36 ;
0 0 0 ;
11646.4 0 60444.61 ;

-8.5E-06 -0.019

11x 10.3 0.25 0 5.19 1768

1768 0 9175.92 ;
0 0 0 ;
9175.92 0 47623.02 ;

-8.5E-06 -0.01497

12x 3.15 5.5 0 -0.06 7089

7089 0 -425.34 ;
0 0 0 ;
-425.34 0 25.5204 ;

-2.4E-07 -0.00173

13x 9.65 5.5 0 -0.06 4641

4641 0 -278.46 ;
0 0 0 ;
-278.46 0 16.7076 ;

-2.4E-07 -0.00113

14x 1.55 10.75 0 -5.31 2125

2125 0 -11283.8 ;
0 0 0 ;
-11284 0 59916.71 ;

7.98E-06 0.01695

15x 6 10.75 0 -5.31 2244

2244 0 -11915.6 ;
0 0 0 ;
-11916 0 63272.05 ;

7.98E-06 0.017299

16x

2125

10.5 10.75 0 -5.31 2125

2125 0 -11283.8 ;
0 0 0 ;
-11284 0 59916.71 ;

7.98E-06 0.01695

MATRIZ SUMA Kx =

24004 0 -5188.74 ;
0 0 0 ;
-5188.7 0 338838.4 ;

SUMA Fi= -2.4E-15

PISO No 2

Xo = 5.99

Yo = 5.44

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
5y	0.3	5.5	90	-5.69	11662	!4.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 ! !7.1E-13 11662 -66356.8 ! !-4.1E-12-66356.8 377570.1 !	0.001165	13.59165
6y	6	8.1	90	0.01	6324	!2.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 ! !3.9E-13 6324 63.24 ! !3.9E-15 63.24 0.6324 !	0.001157	7.313955
7y	6	2.2	90	0.01	3876	!1.5E-29 2.37E-13 2.37E-15 ! !2.4E-13 3876 38.76 ! !2.4E-15 38.76 0.3876 !	0.001157	4.482747
8y	11.8	5.5	90	5.81	11662	!4.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 ! !7.1E-13 11662 67756.22 ! !4.1E-12 67756.22 393663.6 !	0.001147	13.38165

MATRIZ SUMA Ky = !1.3E-28 2.05E-12 9.19E-14 !
!2.1E-12 33524 1501.44 !
!9.2E-14 1501.44 771234.7 !

SUMA Fi= 38.77

CASE 2

K1 =
 : 23052 2.02E-12 -1480.02 ;
 : 2E-12 32929 912.39 ;
 : -1480 912.39 1089989 ;

K2 =
 : 24004 2.05E-12 -5188.74 ;
 : 2.1E-12 33524 1501.44 ;
 : -5188.7 1501.44 1110073 ;

K TOTAL =
 : 47056 4.07E-12 -6668.76 -24004 -2.1E-12 5188.74 ;
 : 4.1E-12 66453 2413.83 -2.1E-12 -33524 -1501.44 ;
 : -6668.8 2413.83 2200063 5188.74 -1501.44 -1110073 ;
 : -24004 -2.1E-12 5188.74 24004 2.05E-12 -5188.74 ;
 : -2.1E-12 -33524 -1501.44 2.05E-12 33524 1501.44 ;
 : 5188.74 -1501.44 -1110073 -5188.74 1501.44 1110073 ;

DESPLAZM

DX	-9.1E-08	-9.1E-08	4.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	4.34E-05	-1.6E-09	5.89E-08	0
DY	0.001685	0.001685	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	16.73
SIRD	-1.4E-06	-1.4E-06	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	5.89E-08	-2.5E-08	9.18E-07	0
DX	-3.4E-07	-4.3E-07	4.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	6.51E-05	-1E-08	2.54E-07	0
DY	0.001157	0.002042	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1E-08	6.02E-05	-6.6E-08	38.77
SIRD	-1.6E-06	-3E-06	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	2.54E-07	-6.6E-06	1.82E-06	0

PISO: No 1
 Xo = 5.99
 Yo = 5.49

CASO 3

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ		ui	fi
1x	1.7	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76	0.002423	3.995027
						0	0 0		
						8640.76	0 45277.58		
2x	6	0.25	0	5.24	2244	2244	0 11758.56	0.002423	5.436532
						0	0 0		
						11758.6	0 61614.85		
3x	10.3	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76	0.002423	3.995027
						0	0 0		
						8640.76	0 45277.58		
4x	3.15	5.5	0	-0.01	7089	7089	0 -70.89	0.002408	17.06857
						0	0 0		
						-70.89	0 0.7089		
5x	9.65	5.5	0	-0.01	4641	4641	0 -46.41	0.002408	11.17439
						0	0 0		
						-46.41	0 0.4641		
6x	1.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68	0.002393	4.230492
						0	0 0		
						-9299.7	0 48916.32		
7x	6	10.75	0	-5.26	2244	2244	0 -11803.4	0.002393	5.36947
						0	0 0		
						-11803	0 62086.09		
8x	10.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68	0.002393	4.230492
						0	0 0		
						-9299.7	0 48916.32		

MATRIZ SUMA Kx =

23052	0 -1480.02	SUMA Fi=	55.5
0	0 0		
-1480	0 312089.9		

#RISO No 1
 Xo = 5.99
 Yo = 5.49

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
1y	0.25	5.5	90	-5.74	11662	4.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 ; 7.1E-13 11662 -66939.9 ; -4.1E-12 -66939.9 384234.9 ;	0.000489	5.705253
2y	6	9.1	90	0.01	3281	1.2E-29 2.01E-13 2.01E-15 ; -13 3281 32.81 ; 2E-15 32.81 0.3281 ;	0.000506	1.658818
3y	6	2.9	90	0.01	6324	2.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 ; 3.9E-13 6324 63.24 ; 3.9E-15 63.24 0.6324 ;	0.000506	3.197306
4y	11.8	5.5	90	5.81	11662	4.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 ; 7.1E-13 11662 67756.22 ; 4.1E-12 67756.22 393663.6 ;	0.000522	6.088623

MATRIZ SUMA Ky =

1.2E-28	2.02E-12	5.59E-14	SUMA Fi=	16.65
2E-12	32929	912.39		
5.6E-14	912.39	777899.5		

PISO No 2

CASO 3

$\lambda_0 = 5.99$

$Y_0 = 5.44$

MURC	x_i	y_i	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	u_i	f_i
9x	1.75	0.25	0	5.19	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 \\ 0 & 0 \\ 9175.92 & 0 \end{pmatrix}$	0.001653	2.923328
10x	6	0.25	0	5.19	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 \\ 0 & 0 \\ 11646.4 & 60444.61 \end{pmatrix}$	0.001653	3.710377
11x	10.3	0.25	0	5.19	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 \\ 0 & 0 \\ 9175.92 & 0 \end{pmatrix}$	0.001653	2.923328
12x	3.15	5.5	0	-0.06	7089	$\begin{pmatrix} 7089 & 0 \\ 0 & 0 \\ -425.34 & 25.5204 \end{pmatrix}$	0.001616	11.45763
13x	9.65	5.5	0	-0.06	4641	$\begin{pmatrix} 4641 & 0 \\ 0 & 0 \\ -278.46 & 16.7076 \end{pmatrix}$	0.001616	7.501036
14x	1.55	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 \\ 0 & 0 \\ -11284 & 59916.71 \end{pmatrix}$	0.001579	3.355466
15x	6	10.75	0	-5.31	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 \\ 0 & 0 \\ -11916 & 63272.05 \end{pmatrix}$	0.001579	3.543372
16x	10.5	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 \\ 0 & 0 \\ -11284 & 59916.71 \end{pmatrix}$	0.001579	3.355466

MATRIZ SUMA Kx = $\begin{pmatrix} 24004 & 0 \\ 0 & 0 \\ -5188.7 & 338838.4 \end{pmatrix}$ SUMA Fi = 38.77

FISO No 2
 Xc = 5.95
 Yc = 5.44

MURD	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
5y	0.3	5.5	90	-5.69	11662	4.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 7.1E-13 11662 -66356.8 -4.1E-12 -66356.8 377570.1	0.000306	3.572046
6y	8	8.1	90	0.01	6324	2.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 3.9E-13 6324 63.24 3.9E-15 63.24 0.6324	0.000347	2.192524
7y	6	2.2	90	0.01	3876	1.5E-29 2.37E-13 2.37E-15 2.4E-13 3876 38.76 2.4E-15 38.76 0.3876	0.000347	1.343805
8y	11.8	5.5	90	5.81	11662	4.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 7.1E-13 11662 67756.22 4.1E-12 67756.22 393663.6	0.000388	4.522625

MATRIZ SUMA Ky =

1.3E-28	2.05E-12	9.19E-14
2.1E-12	33524	1501.44
9.2E-14	1501.44	771234.7

 SUMA Fi= 11.631

CASO 3

K1 =
 : 23052 2.02E-12 -1480.02 :
 : 2E-12 32929 912.39 :
 : -1480 912.39 1089989 :

K2 =
 : 24004 2.05E-12 -5188.74 :
 : 2.1E-12 33524 1501.44 :
 : -5188.7 1501.44 1110073 :

K TOTAL =
 : 47056 4.07E-12 -6666.76 -24004 -2.1E-12 5188.74 :
 : 4.1E-12 66453 2413.83 -2.1E-12 -33524 -1501.44 :
 : -6666.8 2413.83 2200063 5188.74 -1501.44 -1110073 :
 : -24004 -2.1E-12 5188.74 24004 2.05E-12 -5188.74 :
 : -2.1E-12 -33524 -1501.44 2.05E-12 33524 1501.44 :
 : 5188.74 -1501.44 -1110073 -5188.74 1501.44 1110073 :

DESPLAZM

DX	0.002408	0.002408	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	4.34E-05	-1.6E-09	5.89E-08	16.73
DY	0.000506	0.000506	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	5.019
GIRC	2.85E-06	2.85E-06	15.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	5.89E-08	-2.5E-08	9.18E-07	0
DX	0.001617	0.004024	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	8.51E-05	-1E-08	2.54E-07	38.77
DY	0.000347	0.000852	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1E-08	6.02E-05	-6.6E-08	11.871
GIRC	7.09E-06	9.93E-06	15.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	2.54E-07	-6.6E-08	1.82E-06	0

PISO No 1
 Xo = 5.99
 Yo = 5.49

CASE 4

MURO	x _i	y _i	alfa	r	K (relative)	MATRIZ		u _i	f _i
1x	1.7	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76 ;	0.00072	1.187278
						0	0 0 ;		
						8640.76	0 45277.58 ;		
2x	6	0.25	0	5.24	2244	2244	0 11758.56 ;	0.00072	1.615677
						0	0 0 ;		
						11758.6	0 61614.85 ;		
3x	10.3	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76 ;	0.00072	1.187278
						0	0 0 ;		
						8640.76	0 45277.58 ;		
4x	3.15	5.5	0	-0.01	7089	7089	0 -70.89 ;	0.000722	5.120078
						0	0 0 ;		
						-70.89	0 0.7089 ;		
5x	9.65	5.5	0	-0.01	4641	4641	0 -46.41 ;	0.000722	3.351994
						0	0 0 ;		
						-46.41	0 0.4641 ;		
6x	1.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68 ;	0.000725	1.280942
						0	0 0 ;		
						-9299.7	0 48916.32 ;		
7x	6	10.75	0	-5.26	2244	2244	0 -11803.4 ;	0.000725	1.625812
						0	0 0 ;		
						-11803	0 62086.09 ;		
8x	10.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68 ;	0.000725	1.280942
						0	0 0 ;		
						-9299.7	0 48916.32 ;		

MATRIZ SUMA Kx =

23052	0 -1480.02 ;	SUMA Fi =	18.65
0	0 0 ;		
-1480	0 312089.9 ;		

PISO No 1
 Xo = 5.99
 Yo = 5.49

MURO	xi	yi	alfa	r	k (relativo)	MATRIZ	ui	fi
1y	0.25	5.5	90	-5.74	11662	14.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 ; 17.1E-13 11662 -66939.9 ; -4.1E-12 -66939.9 384234.9 ;	0.001688	19.68459
2y	6	9.1	90	0.01	3281	11.2E-29 2.01E-13 2.01E-15 ; 2E-13 3281 32.81 ; 2E-15 32.81 0.3281 ;	0.001685	5.529968
3y	6	2.9	90	0.01	6324	12.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 ; 13.9E-13 6324 63.24 ; 13.9E-15 63.24 0.6324 ;	0.001685	10.6588
4y	11.8	5.5	90	5.81	11662	14.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 ; 17.1E-13 11662 67756.22 ; 4.1E-12 67756.22 393663.6 ;	0.001683	19.62665

MATRIZ SUMA Ky =

11.2E-28	2.02E-12	5.59E-14
2E-12	32929	912.39
15.6E-14	912.39	777899.5

 SUMA Fi= 55.5

PISO No 2

CASO 4

Xc = 5.99

Yc = 5.44

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
9x	1.75	0.25	0	5.19	1768	<pre> 1768 0 9175.92 0 0 0 9175.92 0 47623.02 </pre>	0.000488	0.863378
10x	6	0.25	0	5.19	2244	<pre> 2244 0 11646.36 0 0 0 11646.4 0 60444.61 </pre>	0.000488	1.095826
11x	10.7	0.25	0	5.19	1768	<pre> 1768 0 9175.92 0 0 0 9175.92 0 47623.02 </pre>	0.000488	0.863378
12x	3.15	5.5	0	-0.06	7089	<pre> 7089 0 -425.34 0 0 0 -425.34 0 25.5204 </pre>	0.000485	3.435711
13x	9.65	5.5	0	-0.06	4641	<pre> 4641 0 -278.46 0 0 0 -278.46 0 16.7076 </pre>	0.000485	2.249278
14x	1.55	10.75	0	-5.31	2125	<pre> 2125 0 -11283.8 0 0 0 -11284 0 59916.71 </pre>	0.000481	1.022064
15x	6	10.75	0	-5.31	2244	<pre> 2244 0 -11915.6 0 0 0 -11916 0 63272.05 </pre>	0.000481	1.0793
16x	10.5	10.75	0	-5.31	2125	<pre> 2125 0 -11283.8 0 0 0 -11284 0 59916.71 </pre>	0.000481	1.022064

MATRIZ SUMA Kx =

```

24004      0 -5188.74
0         0   0
-5188.7   0 338838.4

```

SUMA Fi= 11.631

PISO No 2
 Xo = 5.99
 Yo = 5.44

MURD	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
5y	0.3	5.5	90	-5.69	11662	14.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 17.1E-13 11662 -66356.8 -4.1E-12 -66356.8 377570.1	0.001152	13.44002
6y	6	6.1	90	0.01	6324	12.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 13.9E-13 6324 63.24 13.9E-15 63.24 0.6324	0.001156	7.313456
7y	6	2.2	90	0.01	3876	11.5E-29 2.37E-13 2.37E-15 12.4E-13 3876 38.76 12.4E-15 38.76 0.3876	0.001156	4.482441
8y	11.8	5.5	90	5.81	11662	14.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 17.1E-13 11662 67756.22 4.15E-12 67756.22 393663.6	0.001161	13.53409

MATRIZ SUMA Ky = 1.3E-28 2.05E-12 9.19E-14
 12.1E-12 33524 1501.44
 19.2E-14 1501.44 771234.7

SUMA Fi= 38.77

CASE 4

K1 =
 : 23052 2.02E-12 -1480.02 :
 : 2E-12 32929 912.39 :
 : -1480 912.39 1089989 :

K2 =
 : 24004 2.05E-12 -5188.74 :
 : 2.1E-12 33524 1501.44 :
 : -5188.7 1501.44 1110073 :

K TOTAL =
 : 47056 4.07E-12 -6666.76 -24004 -2.1E-12 5188.74 :
 : 4.1E-12 66453 2413.83 -2.1E-12 -33524 -1501.44 :
 : -6666.8 2413.83 2200063 5188.74 -1501.44 -1110073 :
 : -24004 -2.1E-12 5188.74 24004 2.05E-12 -5188.74 :
 : -2.1E-12 -33524 -1501.44 2.05E-12 33524 1501.44 :
 : 5188.74 -1501.44 -1110073 -5188.74 1501.44 1110073 :

DISPLAZM

DX	0.000722	0.000722	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	4.34E-05	-1.6E-09	5.89E-08	5.019
DY	0.001685	0.001685	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	16.73
GIRD	-4.3E-07	-4.3E-07	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	5.89E-08	-2.5E-08	9.18E-07	0
DX	0.000485	0.001207	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	8.51E-05	-1E-08	2.54E-07	11.631
DY	0.001156	0.002842	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1E-08	6.02E-05	-6.6E-08	38.77
GIRD	7.01E-07	2.71E-07	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	2.54E-07	-6.6E-08	1.82E-06	0

PISO No 1
 $\lambda_0 = 5.99$
 $\gamma_0 = 5.49$

CASO 5

MURO	x_i	v_i	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ		u_i	f_i
1x	1.7	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76	0.002571	4.240002
						0	0 0		
						8640.76	0 45277.58		
2x	6	0.25	0	5.24	2244	2244	0 11758.56	0.002571	5.7699
						0	0 0		
						11758.6	0 61614.85		
3x	10.3	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76	0.002571	4.240002
						0	0 0		
						8640.76	0 45277.58		
4x	3.15	5.5	0	-0.01	7089	7089	0 -70.89	0.002409	17.07933
						0	0 0		
						-70.89	0 0.7089		
5x	9.65	5.5	0	-0.01	4641	4641	0 -46.41	0.002409	11.18143
						0	0 0		
						-46.41	0 0.4641		
6x	1.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68	0.002247	3.973206
						0	0 0		
						-9299.7	0 48916.32		
7x	6	10.75	0	-5.26	2244	2244	0 -11803.4	0.002247	5.042915
						0	0 0		
						-11803	0 62086.08		
8x	10.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68	0.002247	3.973206
						0	0 0		
						-9299.7	0 48916.32		

MATRIZ SUMA $K_x =$

23052	0 -1490.02
0	0 0
-1490	0 31208.9

SUMA $F_i = 55.5$

PISO No 1
 Xc = 5.99
 Yc = 5.49

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
1y	0.25	5.5	90	-5.74	11662	:4.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 : :7.1E-13 11662 -66939.9 : :-4.1E-12-66939.9 384234.9 :	0.000328	3.821354
2y	6	9.1	90	0.01	3281	:1.2E-29 2.01E-13 2.01E-15 : : 2E-13 3281 32.81 : : 2E-15 32.81 0.3281 :	0.000505	1.65719
3y	6	2.9	90	0.01	6324	:2.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 : :3.9E-13 6324 63.24 : :3.9E-15 63.24 0.6324 :	0.000505	3.19417
4y	11.8	5.5	90	5.81	11662	:4.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 : :7.1E-13 11662 67756.22 : :4.1E-12 67756.22 393663.6 :	0.000684	7.977285

MATRIZ SUMA Ky =

11.2E-28	2.02E-12	5.59E-14
2E-12	32929	912.39
15.6E-14	912.39	777899.5

SUMA Fi= 16.65

PISO No 2
 Xo = 5.99
 Yo = 5.44

CASO 5

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
9x	1.75	0.25	0	5.19	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 \\ 9175.92 & 0 \end{pmatrix}$	0.001757	3.107127
10x	6	0.25	0	5.19	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 \\ 11646.4 & 0 \end{pmatrix}$	0.001757	3.943661
11x	10.3	0.25	0	5.19	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 \\ 9175.92 & 0 \end{pmatrix}$	0.001757	3.107127
12x	3.15	5.5	0	-0.06	7089	$\begin{pmatrix} 7089 & 0 \\ -425.34 & 0 \end{pmatrix}$	0.001619	11.47891
13x	9.65	5.5	0	-0.06	4641	$\begin{pmatrix} 4641 & 0 \\ -278.46 & 0 \end{pmatrix}$	0.001619	7.514973
14x	1.55	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 \\ -11284 & 0 \end{pmatrix}$	0.001481	3.147316
15x	6	10.75	0	-5.31	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 \\ -11916 & 0 \end{pmatrix}$	0.001481	3.323565
16x	10.5	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 \\ -11284 & 0 \end{pmatrix}$	0.001481	3.147316

MATRIZ SUMA Kx = $\begin{pmatrix} 24004 & 0 \\ 0 & -5188.7 \end{pmatrix}$ SUMA Fi = 36.77

PISO No 2
 Xo = 5.99
 Yo = 5.44

MURO	x1	y1	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
5y	0.3	5.5	90	-5.69	11662	{4.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 ; {7.1E-13 11662 -66356.8 ; {-4.1E-12-66356.8 377570.1 ;	0.000196	2.285982
6y	6	6.1	90	0.01	6324	{2.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 ; {3.9E-13 6324 63.24 ; {3.9E-15 63.24 0.6324 ;	0.000346	2.188293
7y	6	2.2	90	0.01	3876	{1.5E-29 2.37E-13 2.37E-15 ; {2.4E-13 3876 38.76 ; {2.4E-15 38.76 0.3876 ;	0.000346	1.341212
8y	11.8	5.5	90	5.81	11662	{4.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 ; {7.1E-13 11662 67756.22 ; {4.1E-12 67756.22 393663.6 ;	0.000499	5.815513

MATRIZ SUMA Ky = {1.3E-28 2.05E-12 9.19E-14 ;
 {2.1E-12 33524 1501.44 ;
 {9.2E-14 1501.44 771234.7 ;

SUMA Fi= 11.631



CASO 5

K1 = 23052 2.02E-12 -1480.02 ;
 2E-12 32929 912.39 ;
 -1480 912.39 1089989 ;

K2 = ; 24004 2.05E-12 -5188.74 ;
 ; 2.1E-12 33524 1501.44 ;
 ; -5188.7 1501.44 1110073 ;

K TOTAL = ; 47056 4.07E-12 -6668.76 -24004 -2.1E-12 5188.74 ;
 ; 4.1E-12 66453 2413.83 -2.1E-12 -33524 -1501.44 ;
 ; -6668.8 2413.83 2200063 5188.74 -1501.44 -1110073 ;
 ; -24004 -2.1E-12 5188.74 24004 2.05E-12 -5188.74 ;
 ; -2.1E-12 -33524 -1501.44 2.05E-12 33524 1501.44 ;
 ; 5188.74 -1501.44 -1110073 -5188.74 1501.44 1110073 ;

P
 PY
 Mi
 P
 M

DESPLAZN

DX	0.00241	0.00241	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	4.34E-05	-1.6E-09	5.89E-08	16.73
DY	0.000505	0.000505	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	5.019
GIRD	3.09E-05	3.09E-05	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	5.89E-08	-2.5E-08	9.18E-07	9.2015
DX	0.001621	0.00403	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	8.51E-05	-1E-08	2.54E-07	36.77
DY	0.000346	0.000251	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1E-08	6.02E-05	-6.6E-08	11.631
GIRD	2.63E-05	5.72E-05	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	2.54E-07	-6.6E-08	1.62E-06	121.3235

PISO No 1
 Xc = 5.99
 Yc = 5.49

CASO 6

MURD	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
1x	1.7	0.25	0	5.24	1649	$\begin{pmatrix} 1649 & 0 & 8640.76 \\ 0 & 8640.76 & 0 \\ 8640.76 & 0 & 45277.58 \end{pmatrix}$	0.000882	1.454523
2x	6	0.25	0	5.24	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 & 11758.56 \\ 0 & 11758.6 & 0 \\ 11758.6 & 0 & 61614.85 \end{pmatrix}$	0.000882	1.979351
3x	10.3	0.25	0	5.24	1649	$\begin{pmatrix} 1649 & 0 & 8640.76 \\ 0 & 8640.76 & 0 \\ 8640.76 & 0 & 45277.58 \end{pmatrix}$	0.000882	1.454523
4x	3.15	5.5	0	-0.01	7089	$\begin{pmatrix} 7089 & 0 & -70.89 \\ 0 & 7089 & 0 \\ -70.89 & 0 & 0.7089 \end{pmatrix}$	0.000724	5.131818
5x	9.65	5.5	0	-0.01	4641	$\begin{pmatrix} 4641 & 0 & -46.41 \\ 0 & 4641 & 0 \\ -46.41 & 0 & 0.4641 \end{pmatrix}$	0.000724	3.35968
6x	1.5	10.75	0	-5.26	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 & -9299.68 \\ 0 & 1768 & 0 \\ -9299.7 & 0 & 48916.32 \end{pmatrix}$	0.000566	1.000267
7x	6	10.75	0	-5.26	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 & -11803.4 \\ 0 & 2244 & 0 \\ -11803 & 0 & 62086.09 \end{pmatrix}$	0.000566	1.26957
8x	10.5	10.75	0	-5.26	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 & -9299.68 \\ 0 & 1768 & 0 \\ -9299.7 & 0 & 48916.32 \end{pmatrix}$	0.000566	1.000267

MATRIZ SUMA Kx =						$\begin{pmatrix} 23052 & 0 & -1480.02 \\ 0 & 23052 & 0 \\ -1480 & 0 & 312089.9 \end{pmatrix}$	SUMA Fi=	16.65

PISO No

Xo = 5.99

Yo = 5.49

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
1y	0.25	5.5	90	-5.74	11662	!4.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 ! !7.1E-13 11662 -66939.9 ! !-4.1E-12-66939.9 384234.9 !	0.001512	17.62942
2y	6	9.1	90	0.01	3281	!1.2E-29 2.01E-13 2.01E-15 ! 2E-13 3281 32.81 ! ! 2E-15 32.81 0.3281 !	0.001685	5.528193
3y	6	2.9	90	0.01	6324	!2.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 ! !3.9E-13 6324 63.24 ! !3.9E-15 63.24 0.6324 !	0.001685	10.65538
4y	11.8	5.5	90	5.81	11662	!4.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 ! !7.1E-13 11662 67756.22 ! !4.1E-12 67756.22 393663.6 !	0.00186	21.68701

MATRIZ SUMA ky = !1.2E-28 2.02E-12 5.59E-14 !
! 2E-12 32929 912.39 !
!5.6E-14 912.39 777899.5 !

SUMA Fi=

PISO No 2
 $\lambda_0 = 5.99$
 $Y_0 = 5.44$

CASO b

MURD	x_i	y_i	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	u_i	f_i
9x	1.75	0.25	0	5.19	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 & 9175.92 \\ 0 & 0 & 0 \\ 9175.92 & 0 & 47623.02 \end{pmatrix}$	0.000602	1.063887
10x	6	0.25	0	5.19	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 & 11646.36 \\ 0 & 0 & 0 \\ 11646.4 & 0 & 60444.61 \end{pmatrix}$	0.000602	1.350318
11x	10.3	0.25	0	5.19	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 & 9175.92 \\ 0 & 0 & 0 \\ 9175.92 & 0 & 47623.02 \end{pmatrix}$	0.000602	1.063887
12x	3.15	5.5	0	-0.06	7089	$\begin{pmatrix} 7089 & 0 & -425.34 \\ 0 & 0 & 0 \\ -425.34 & 0 & 25.5204 \end{pmatrix}$	0.000488	3.458934
13x	9.65	5.5	0	-0.06	4641	$\begin{pmatrix} 4641 & 0 & -278.46 \\ 0 & 0 & 0 \\ -278.46 & 0 & 16.7076 \end{pmatrix}$	0.000488	2.264482
14x	1.55	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 & -11283.8 \\ 0 & 0 & 0 \\ -11284 & 0 & 59916.71 \end{pmatrix}$	0.000374	0.794991
15x	6	10.75	0	-5.31	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 & -11915.6 \\ 0 & 0 & 0 \\ -11916 & 0 & 63272.05 \end{pmatrix}$	0.000374	0.839511
16x	10.5	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 & -11283.8 \\ 0 & 0 & 0 \\ -11284 & 0 & 59916.71 \end{pmatrix}$	0.000374	0.794991

MATRIZ SUMA $K_x =$
 $\begin{pmatrix} 24004 & 0 & -5188.74 \\ 0 & 0 & 0 \\ -5188.7 & 0 & 338838.4 \end{pmatrix}$
SUMA $F_i = 11.631$

PISO No 2
 Xc = 5.99
 Yc = 5.44

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
5y	0.3	5.5	90	-5.69	11662	14.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 17.1E-13 11662 -66356.8 -4.1E-12 -66356.8 377570.1	0.001032	12.03704
6y	6	8.1	90	0.01	6324	12.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 13.9E-13 6324 63.24 13.9E-15 63.24 0.6324	0.001156	7.308841
7y	6	2.2	90	0.01	3876	11.5E-29 2.37E-13 2.37E-15 12.4E-13 3876 38.76 12.4E-15 38.76 0.3876	0.001156	4.479612
8y	11.8	5.5	90	5.81	11662	14.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 17.1E-13 11662 67756.22 4.15E-12 67756.22 393663.6	0.001281	14.94451

MATRIZ SUMA Ky = 11.3E-28 2.05E-12 9.19E-14
 12.1E-12 33524 1501.44
 19.2E-14 1501.44 771234.7

SUMA Fi= 38.77

CASO 6

K1 =
 23052 2.02E-12 -1480.02
 2E-12 32929 912.39
 -1480 912.39 1089989

K2 =
 24004 2.05E-12 -5188.74
 2.1E-12 33524 1501.44
 -5188.7 1501.44 1110073

K TOTAL =
 47056 4.07E-12 -6668.76 -24004 -2.1E-12 5188.74
 4.1E-12 66453 2413.83 -2.1E-12 -33524 -1501.44
 -6668.8 2413.83 2200063 5188.74 -1501.44 -1110073
 -24004 -2.1E-12 5188.74 24004 2.05E-12 -5188.74
 -2.1E-12 -33524 -1501.44 2.05E-12 33524 1501.44
 5188.74 -1501.44 -1110073 -5188.74 1501.44 1110073

DESPLAZM

DX	0.000724	0.000724	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	4.34E-05	-1.6E-09	5.89E-08	5.019
DY	0.001685	0.001685	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	16.73
GIRO	3.01E-05	3.01E-05	15.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	5.89E-08	-2.5E-08	9.18E-07	10.038
DX	0.000489	0.001213	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	8.51E-05	-1E-08	2.54E-07	11.631
DY	0.001156	0.00284	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1E-08	6.02E-05	-6.6E-08	36.77
GIRO	2.17E-05	5.18E-05	15.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	2.54E-07	-6.6E-08	1.82E-06	23.262

PISO No 1
 Xo = 5.99
 Yo = 5.49

CASO 7

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ		ui	fi
1x	1.7	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76	0.002571	4.240002
						0	0 0		
						8640.76	0 45277.58		
2x	6	0.25	0	5.24	2244	2244	0 11758.56	0.002571	5.7699
						0	0 0		
						11758.6	0 61614.85		
3x	10.3	0.25	0	5.24	1649	1649	0 8640.76	0.002571	4.240002
						0	0 0		
						8640.76	0 45277.58		
4x	3.15	5.5	0	-0.01	7089	7089	0 -70.89	0.002409	17.07933
						0	0 0		
						-70.89	0 0.7089		
5x	9.85	5.5	0	-0.01	4641	4641	0 -46.41	0.002409	11.18143
						0	0 0		
						-46.41	0 0.4641		
6x	1.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68	0.002247	3.973206
						0	0 0		
						-9299.7	0 48916.32		
7x	6	10.75	0	-5.26	2244	2244	0 -11803.4	0.002247	5.042915
						0	0 0		
						-11803	0 62086.09		
8x	10.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0 -9299.68	0.002247	3.973206
						0	0 0		
						-9299.7	0 48916.32		

MATRIZ SUMA Kx =

23052	0 -1480.02	SUMA Fi=	55.5
0	0 0		
-1480	0 312089.9		

PISO No 1

Xo = 5.99

Yo = 5.49

MURO xi yi alfa r K (relativo)
1y 0.25 5.5 90 -5.74 11662

MATRIZ
14.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12
17.1E-13 11662 -66939.9
-4.1E-12-66939.9 384234.9

ui fi
0.000328 3.821354

2y 6 9.1 90 0.01 3281

11.2E-29 2.01E-13 2.01E-15
2E-13 3281 32.81
2E-15 32.81 0.3281

0.000505 1.65719

3y 6 2.9 90 0.01 6324

12.4E-29 3.87E-13 3.87E-15
13.9E-13 6324 63.24
13.9E-15 63.24 0.6324

0.000505 3.19417

4y 11.8 5.5 90 5.81 11662

14.4E-29 7.14E-13 4.15E-12
17.1E-13 11662 67756.22
14.1E-12 67756.22 393663.6

0.000684 7.977285

MATRIZ SUMA Ky = 11.2E-28 2.02E-12 5.59E-14
2E-12 32929 912.39
15.6E-14 912.39 777899.5

SUMA Fi= 16.65

PISO No 2
 $X_c = 5.99$
 $Y_c = 5.44$

CASO 7

MURO	x_i	y_i	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ		u_i	f_i
9x	1.75	0.25	0	5.19	1768	1768	0 9175.92	0.001757	3.107127
						0	0 0		
						9175.92	0 47623.02		
10x	6	0.25	0	5.19	2244	2244	0 11646.36	0.001757	3.943661
						0	0 0		
						11646.4	0 60444.61		
11x	10.3	0.25	0	5.19	1768	1768	0 9175.92	0.001757	3.107127
						0	0 0		
						9175.92	0 47623.02		
12x	3.15	5.5	0	-0.06	7089	7089	0 -425.34	0.001619	11.47891
						0	0 0		
						-425.34	0 25.5204		
13x	9.65	5.5	0	-0.06	4641	4641	0 -278.46	0.001619	7.514973
						0	0 0		
						-278.46	0 16.7076		
14x	1.55	10.75	0	-5.31	2125	2125	0 -11283.8	0.001481	3.147316
						0	0 0		
						-11284	0 59916.71		
15x	6	10.75	0	-5.31	2244	2244	0 -11916.6	0.001481	3.323566
						0	0 0		
						-11916	0 63272.05		
16x	10.5	10.75	0	-5.31	2125	2125	0 -11283.8	0.001481	3.147316
						0	0 0		
						-11284	0 59916.71		

MATRIZ SUMA Kx =

24004	0 -5188.74	SUMA Fi=	38.77
0	0 0		
-5188.7	0 335836.4		

r

PISO No 2

Xc = 5.99

Yc = 5.44

MURD	x1	y1	alfa	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
5y	0.3	5.5	90	-5.69	11662	$\begin{pmatrix} 4.4E-29 & 7.14E-13 & -4.1E-12 \\ 7.1E-13 & 11662 & -66356.8 \\ -4.1E-12 & -66356.8 & 377570.1 \end{pmatrix}$	0.000196 2.285982
6y	6	8.1	90	0.01	6324	$\begin{pmatrix} 2.4E-29 & 3.87E-13 & 3.87E-15 \\ 3.9E-13 & 6324 & 63.24 \\ 3.9E-15 & 63.24 & 0.6324 \end{pmatrix}$	0.000346 2.188293
7y	6	2.2	90	0.01	3876	$\begin{pmatrix} 1.5E-29 & 2.37E-13 & 2.37E-15 \\ 2.4E-13 & 3876 & 38.76 \\ 2.4E-15 & 38.76 & 0.3876 \end{pmatrix}$	0.000346 1.341212
8y	11.8	5.5	90	5.61	11662	$\begin{pmatrix} 4.4E-29 & 7.14E-13 & 4.15E-12 \\ 7.1E-13 & 11662 & 67756.22 \\ 4.1E-12 & 67756.22 & 393663.6 \end{pmatrix}$	0.000499 5.815513

----- $\begin{pmatrix} 1.3E-28 & 5.05E-13 & 9.19E-14 \end{pmatrix}$ -----SUMA Fi= 11.631
MATRIZ SUMA ky = $\begin{pmatrix} 2.1E-12 & & \\ & 33524 & 1501.44 \\ & & 1501.44 & 771234.7 \end{pmatrix}$

CASE 7

K1 =
 | 23052 2.02E-12 -1480.02 |
 | 2E-12 32929 912.39 |
 | -1480 912.39 1089989 |

K2 =
 | 24004 2.05E-12 -5188.74 |
 | 2.1E-12 33524 1501.44 |
 | -5188.7 1501.44 1110073 |

K TOTAL =
 | 47056 4.07E-12 -6668.76 -24004 -2.1E-12 5188.74 |
 | 4.1E-12 66453 2413.83 -2.1E-12 -33524 -1501.44 |
 | -6668.8 2413.83 2200063 5188.74 -1501.44 -1110073 |
 | -24004 -2.1E-12 5188.74 24004 2.05E-12 -5188.74 |
 | -2.1E-12 -33524 -1501.44 2.05E-12 33524 1501.44 |
 | 5188.74 -1501.44 -1110073 -5188.74 1501.44 1110073 |

DISPLAZM

DX	0.00241	0.00241	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	4.34E-05	-1.6E-09	5.89E-08	16.73	PX
DY	0.000505	0.000505	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	5.019	PY
GIRD	3.09E-05	3.09E-05	15.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	5.89E-08	-2.5E-08	9.18E-07	9.2015	MT
DX	0.001621	0.00403	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	8.51E-05	-1E-08	2.54E-07	38.77	PX
DY	0.000346	0.000851	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1E-08	6.02E-05	-6.6E-08	11.631	PY
GIRD	2.63E-05	5.72E-05	15.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	2.54E-07	-6.6E-08	1.82E-06	21.3235	MT

PIGO No

CASO E

Xc = 5.99

Yc = 5.49

MURO

	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ			ui	fi
1x	1.7	0.25	0	5.24	1649	1649	0	8640.76	0.000882	1.454523
						0	0	0		
						8640.76	0	45277.58		
2x	6	0.25	0	5.24	2244	2244	0	11758.56	0.000882	1.979351
						0	0	0		
						11758.6	0	61614.85		
3x	10.3	0.25	0	5.24	1649	1649	0	8640.76	0.000882	1.454523
						0	0	0		
						8640.76	0	45277.58		
4x	3.15	5.5	0	-0.01	7089	7089	0	-70.89	0.000724	5.131818
						0	0	0		
						-70.89	0	0.7089		
5x	9.65	5.5	0	-0.01	4641	4641	0	-46.41	0.000724	3.35965
						0	0	0		
						-46.41	0	0.4641		
6x	1.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0	-9299.68	0.000566	1.000267
						0	0	0		
						-9299.7	0	48916.32		
7x	6	10.75	0	-5.26	2244	2244	0	-11803.4	0.000566	1.26957
						0	0	0		
						-11803	0	62086.09		
	10.5	10.75	0	-5.26	1768	1768	0	-9299.68	0.000566	1.000267
						0	0	0		
						-9299.7	0	48916.32		
						23052	0	-1480.02	SUMA Fi=	16.65
						0	0	0		
						-1480	0	312089.9		

MATRIZ SUMA Kx =

PISO No

Xo = 5.99

Yo = 5.49

MURO

	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ			ui	fi
1y	0.25	5.5	90	-5.74	11662	14.4E-29	7.14E-13	-4.1E-12	0.001512	17.62942
						17.1E-13	11662	-66939.9		
						-4.1E-12	-66939.9	384234.9		
2y	6	9.1	90	0.01	3281	11.2E-29	2.01E-13	2.01E-15	0.001685	5.528193
						2E-13	3281	32.81		
						2E-15	32.81	0.3281		
3y	6	2.9	90	0.01	6324	12.4E-29	3.87E-13	3.87E-15	0.001685	10.65538
						13.9E-13	6324	63.24		
						13.9E-15	63.24	0.6324		
4y	11.8	5.5	90	5.81	11662	14.4E-29	7.14E-13	4.15E-12	0.00186	21.68701
						17.1E-13	11662	67756.22		
						14.1E-12	67756.22	393663.6		

MATRIZ SUMA Ky =

11.2E-28	2.02E-12	5.59E-14	SUMA Fi=	55.5
2E-12	32929	912.39		
15.6E-14	912.39	777899.5		

PIGD No 2
 $X_6 = 5.99$
 $Y_6 = 5.44$

CASO 8

MURO	x_i	y_i	alfa	r	j)	MATRIZ	u_i	f_i
9x	1.75	0.25	0	5.19		$\begin{pmatrix} 1768 & 0 \\ 0 & 0 \\ 9175.92 & 0 \end{pmatrix}$	0.000602	1.063887
10x	6	0.25	0	5.19	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 \\ 0 & 0 \\ 11646.4 & 0 \end{pmatrix}$	0.000602	1.350318
11x	10.3	0.25	0	5.19	1768	$\begin{pmatrix} 1768 & 0 \\ 0 & 0 \\ 9175.92 & 0 \end{pmatrix}$	0.000602	1.063887
12x	3.15	5.5	0	-0.06	7089	$\begin{pmatrix} 7089 & 0 \\ 0 & 0 \\ -425.34 & 0 \end{pmatrix}$	0.000488	3.458934
13x	9.65	5.5	0	-0.06	4641	$\begin{pmatrix} 4641 & 0 \\ 0 & 0 \\ -278.46 & 0 \end{pmatrix}$	0.000488	2.264482
14x	1.55	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 \\ 0 & 0 \\ -11284 & 0 \end{pmatrix}$	0.000374	0.794991
15x	6	10.75	0	-5.31	2244	$\begin{pmatrix} 2244 & 0 \\ 0 & 0 \\ -11916 & 0 \end{pmatrix}$	0.000374	0.839511
16x	10.5	10.75	0	-5.31	2125	$\begin{pmatrix} 2125 & 0 \\ 0 & 0 \\ -11284 & 0 \end{pmatrix}$	0.000374	0.794991

MATRIZ SUMA $K_x = \begin{pmatrix} 24004 & 0 \\ 0 & 0 \\ -5188.7 & 0 \end{pmatrix}$ SUMA $F_i = 11.631$

PISO No 2
 Xo = 5.99
 Yo = 5.44

MURO	xi	yi	alfa	r	K (relativo)	MATRIZ	ui	fi
5y	0.3	5.5	90	-5.69	11662	14.4E-29 7.14E-13 -4.1E-12 ; 17.1E-13 11662 -66356.8 ; -4.1E-12 -66356.8 377570.1 ;	0.001032	12.03704
6y	6	8.1	90	0.01	6324	12.4E-29 3.87E-13 3.87E-15 ; 13.9E-13 6324 63.24 ; 13.9E-15 63.24 0.6324 ;	0.001156	7.308841
7y	6	2.2	90	0.01	3876	11.5E-29 2.37E-13 2.37E-15 ; 12.4E-13 3876 38.76 ; 12.4E-15 38.76 0.3876 ;	0.001156	4.479612
8y	11.8	5.5	90	5.81	11662	14.4E-29 7.14E-13 4.15E-12 ; 17.1E-13 11662 67756.22 ; 4.1E-12 67756.22 393663.6 ;	0.001281	14.94451

MATRIZ SUMA Ky = 11.3E-28 2.05E-12 9.19E-14 ;
 12.1E-12 33524 1501.44 ;
 9.2E-14 1501.44 771234.7 ;

SUMA Fi= 38.77

CASE 8

K1 = $\begin{pmatrix} 23052 & 2.02E-12 & -1480.02 \\ 2E-12 & 32929 & 912.39 \\ -1480 & 912.39 & 1089989 \end{pmatrix}$

K2 = $\begin{pmatrix} 24004 & 2.05E-12 & -5188.74 \\ 2.1E-12 & 33524 & 1501.44 \\ -5188.7 & 1501.44 & 1110073 \end{pmatrix}$

K TOTAL = $\begin{pmatrix} 47056 & 4.07E-12 & -6668.76 & -24004 & -2.1E-12 & 5188.74 \\ 4.1E-12 & 66453 & 2413.83 & -2.1E-12 & -33524 & -1501.44 \\ -6668.8 & 2413.83 & 2200063 & 5188.74 & -1501.44 & -1110073 \\ -24004 & -2.1E-12 & 5188.74 & 24004 & 2.05E-12 & -5188.74 \\ -2.1E-12 & -33524 & -1501.44 & 2.05E-12 & 33524 & 1501.44 \\ 5188.74 & -1501.44 & -1110073 & -5188.74 & 1501.44 & 1110073 \end{pmatrix}$

DESPLAZM

DX	0.000724	0.000724	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	4.34E-05	-1.6E-09	5.89E-08	5.019
DY	0.001685	0.001685	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	16.73
GIRD	3.01E-05	3.01E-05	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	5.89E-08	-2.5E-08	9.18E-07	10.038
DX	0.000489	0.001213	14.3E-05	-1.6E-09	5.89E-08	8.51E-05	-1E-08	2.54E-07	11.631
DY	0.001156	0.00284	-1.6E-09	3.04E-05	-2.5E-08	-1E-08	6.02E-05	-6.6E-08	38.77
GIRD	2.17E-05	5.18E-05	5.9E-08	-2.5E-08	9.18E-07	2.54E-07	-6.6E-08	1.82E-06	23.262

MEMORIA DE CALCULO DE
ANALISIS POR FLEXOCOMPRESION
Y FLEXOTRACCION

ANALISIS POR FLEXION COMPRESION PISO 1 [12x11]

Ht= 4.5 mts.

DIRECCION X

MUR	AREA (m ²)	t ^{1/2} S= 6 (m ³)	P PESO MURO+TEC (Tn)	M= Ht ³ /6 (tn-m ²)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMO D TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	f _a /F _a + f _m /F _m < 1.33 (Tn)
1-1											
(1)	1.45	0.70	13.05	19.064	0.90	2.720	3.890	-2.090	111.426	-5.823	1.070 OK
(2)	1.70	0.96	15.30	25.957	0.90	2.884	3.854	-2.054	130.110	-6.682	1.061 OK
(3)	1.45	0.70	13.05	19.064	0.90	2.720	3.890	-2.090	111.426	-5.823	1.070 OK
2-2											
(1)	3.78	3.97	41.06	77.522	1.09	1.953	3.365	-1.193	192.371	-6.884	0.959 OK
(2)	2.82	2.21	30.63	50.809	1.09	2.300	3.712	-1.540	157.313	-7.267	1.046 OK
3-3											
(1)	1.50	0.75	13.50	20.679	0.90	2.757	3.927	-2.127	115.736	-6.155	1.079 OK
(2)	1.70	0.96	15.30	26.229	0.90	2.723	3.892	-2.093	130.675	-6.837	1.071 OK
(3)	1.50	0.75	13.50	20.679	0.90	2.757	3.927	-2.127	115.736	-6.155	1.079 OK

ANALISIS POR FLEXO COMPRESION PISO 1 [12x11]

DIRECCION Y

AREA DE MUR	t^2 S=	P	M= H ² V	P/A COMPRESI ACTUANTE	M/S	1.3 * P/A + M/S	ESFUERZ MAXIMO D TRACCION	Y	TRACCION	fa/fa + fm/fm < 1.33
(m ²)	(m ³)	(Tn)	(tn-m ³)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(cm)	(Tn)	(Tn)
A-A										
(1)	10.08	56.66	98.481	1.03	0.977	2.316	-0.255	143.880	-0.919	0.691 OK
B-B										
(1)	3.36	38.41	72.618	1.10	2.159	3.594	-1.386	186.204	-7.743	1.018 OK
(2)	1.44	25.17	37.641	1.10	2.607	4.042	-1.834	133.684	-7.356	1.130 OK
C-C										
(1)	10.08	56.66	98.874	1.03	0.981	2.320	-0.259	145.495	-0.944	0.692 OK

ANALISIS POR FLEXO COMPRESION PISO 2 [12x11]

Hr= 2.5 mts.

DIRECCION X	AREA DE MUR (m ²)	t ¹ ^ 2 S= (m ³)	P PESO MURO+TEC (Tn)	M= H ¹ ^ 2 (tn-mt)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 ^ P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMO D TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	fa/Fa + fm/Fm < 1.33 (Tn)
1-1											
(1)	1.50	0.75	7.00	7.422	0.47	0.990	1.596	-0.663	100.504	-1.666	0.450 OK
(2)	1.70	0.96	7.93	9.414	0.47	0.977	1.594	-0.651	113.194	-1.841	0.446 OK
(3)	1.50	0.75	7.00	7.422	0.47	0.990	1.596	-0.663	100.504	-1.666	0.450 OK
2-2											
(1)	3.78	3.97	23.85	28.667	0.63	0.722	1.542	-0.281	122.418	-1.031	0.454 OK
(2)	2.82	2.21	17.79	18.789	0.63	0.851	1.671	-0.409	112.997	-1.366	0.486 OK
3-3											
(1)	1.65	0.91	7.70	9.385	0.47	1.034	1.641	-0.708	112.899	-1.997	0.461 OK
(2)	1.70	0.96	7.93	9.919	0.47	1.030	1.636	-0.703	116.063	-2.040	0.460 OK
(3)	1.65	0.91	7.70	9.385	0.47	1.034	1.641	-0.708	112.899	-1.997	0.461 OK

ANALISIS POR FLEXION COMPRESION PISO 2 [12x11]

DIRECCION Y MUR	AREA (m ²)	t ¹ ~ 2 S= 6 (m ³)	P PESO MURO+TEC (Tr)	M= H ² w/ (tn-mt)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	W/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + W/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMOD TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tr)	fayFa + InvFm < 1.33 (Tr)
A-A											
(1)	5.50	10.08	32.64	37.185	0.59	0.369	1.140	0.047	-69.602	-0.081	0.349 OK
B-B											
(1)	2.52	1.76	16.19	16.126	0.64	0.914	1.749	-0.464	106.683	-1.486	0.507 OK
(2)	3.48	3.36	22.36	26.279	0.64	0.781	1.616	-0.331	123.038	-1.223	0.474 OK
C-C											
(1)	5.50	10.08	32.64	37.313	0.59	0.370	1.142	0.045	-67.478	-0.077	0.350 OK

ANALISIS POR FLEXION COMPRESION PISO 1 [12x12]

Hr= 4.5 mts.

DIRECCION X

MUR	AREA (m ²)	t ³ /s ² S=	P PESO MURO+TEC (Tn)	M= Hr ³ /Y (tn-m)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMO D TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	f _a /F _a + f _m /F _m < 1.33 (Tn)
1-1											
(1)	1.45	0.70	13.20	19.613	0.91	2.798	3.982	-2.161	111.985	-6.051	1.094 OK
(2)	1.80	1.08	16.38	29.502	0.91	2.732	3.915	-2.094	138.014	-7.227	1.077 OK
(3)	1.45	0.70	13.20	19.613	0.91	2.798	3.982	-2.161	111.985	-6.051	1.094 OK
2-2											
(1)	3.13	3.26	35.64	66.343	1.14	2.038	3.521	-1.240	190.088	-5.891	1.004 OK
(2)	2.38	1.88	27.09	44.676	1.14	2.376	3.859	-1.578	157.703	-6.221	1.088 OK
3-3											
(1)	1.60	0.85	14.56	24.519	0.91	2.873	4.057	-2.236	124.519	-6.961	1.113 OK
(2)	1.80	1.08	16.38	30.451	0.91	2.820	4.003	-2.182	139.323	-7.601	1.099 OK
(3)	1.60	0.85	14.56	24.519	0.91	2.873	4.057	-2.236	124.519	-6.961	1.113 OK

ANÁLISIS POR FLEXO-COMPRESIÓN PISO 1 [12x12]

DIRECCION Y											
AREA	M ⁴ ^2	P	M=H*V	P/A	M/S	1.3 * P/A + M/S	ESFUERZ	Y	TRACCION	TRACCION	TRACCION
DE MUR	S=	PESO	(m-m)	COMPRESI	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	MAXIMO D	(cm)	(Tn)	(Tn)	(Tn)
(m ²)	6	MURO+TEC	(m-m)	ACTUANTE	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	TRACCION				(Tn)
	(m ³)	(Tn)		(kg/cm ²)			(kg/cm ²)				
A-A											
(1)	6.00	12.00	61.82	99.954	1.03	0.833	2.172	80.513	-0.225		0.655 OK
B-B											
(1)	3.13	3.26	36.64	67.128	1.14	2.062	3.545	191.518	-6.051		1.010 OK
(2)	2.28	1.73	25.95	42.277	1.14	2.451	3.933	153.383	-6.335		1.107 OK
C-C											
(1)	6.00	12.00	61.82	100.320	1.03	0.836	2.175	82.412	-0.237		0.655 OK

ANALISIS POR FLEXION COMPRESION PISO 1 [12x12]

Ht= 4.5 mts.

DIRECCION X

MUR	AREA (m ²)	t ⁴ /2	PESOS	P	M= Hr ³ /6	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMO D TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tr)	f _y /F _a + f _{ny} /F _m < 1.33 (Tr)
1-1												
(1)	1.45	0.70		13.20	19.613	0.91	2.798	3.982	-2.161	111.985	-6.051	1.094 OK
(2)	1.80	1.08		16.38	29.502	0.91	2.732	3.915	-2.094	138.014	-7.227	1.077 OK
(3)	1.45	0.70		13.20	19.613	0.91	2.798	3.982	-2.161	111.985	-6.051	1.094 OK
2-2												
(1)	3.13	3.26		35.64	66.343	1.14	2.038	3.521	-1.240	190.088	-5.891	1.004 OK
(2)	2.38	1.88		27.09	44.676	1.14	2.376	3.859	-1.578	157.703	-6.221	1.088 OK
3-3												
(1)	1.60	0.85		14.56	24.519	0.91	2.873	4.057	-2.236	124.519	-6.961	1.113 OK
(2)	1.80	1.08		16.38	30.451	0.91	2.820	4.003	-2.182	139.323	-7.601	1.099 OK
(3)	1.60	0.85		14.56	24.519	0.91	2.873	4.057	-2.236	124.519	-6.961	1.113 OK

ANÁLISIS POR FLEXIÓN-COMPRESIÓN PISO 1 [12x12]

DIRECCIÓN Y

MUR DE MUR		P	M=H ² /8	P/A	N/S	1.3 * P/A + N/S	ESFUERZ	Y	TRACCIÓN	TRACCIÓN	TRACCIÓN
(m ²)	S=	(Tn)	(m ²)	COMPRESI	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	MAXIMOD	(cm)	(Tn)	(Tn)	(Tn)
	6			ACTUANTE			TRACCIÓN				
	(m ²)		(m ²)	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)				
A-A											
(1)	6.00	12.00	61.82	1.14	0.833	2.172	-0.112	80.513	-0.225		0.655 OK
B-B											
(1)	3.13	3.26	35.64	1.14	2.062	3.945	-1.264	191.518	-6.051		1.010 OK
(2)	2.20	1.73	25.95	1.14	2.451	3.933	-1.652	163.383	-6.335		1.107 OK
C-C											
(1)	6.00	12.00	61.82	1.03	0.836	2.175	-0.115	82.412	-0.237		0.655 OK

ANALISIS POR FLEXION COMPRESION PISO 2 [10x10]

DIRECCION Y

MUR	AREA (m ²)	S=..... 6 (m ³)	PESO (Tn)	M= H*V (tn.m)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMO TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	f _a /F _a + f _m /F _m < 1.33 (Tn)
A-A											
(1)	4.00	6.67	23.88	27.573	0.60	0.414	1.190	0.004	-5.204	-0.000	0.362 OK
B-B											
(1)	1.88	1.17	12.06	11.609	0.64	0.998	1.634	-0.547	102.869	-1.407	0.528 OK
(2)	2.63	2.30	16.88	20.013	0.64	0.871	1.707	-0.421	126.853	-1.335	0.497 OK
C-C											
(1)	4.00	6.67	23.88	27.757	0.60	0.416	1.192	0.002	-1.854	-0.000	0.363 OK

ANALISIS POR FLEXO COMPRESION PISO 2 [12x12]

DIRECCION Y

AREA	M ²	P	PIA	MIS	1.3 * PIA + MIS	ESFUERZ	Y	TRACCION	TRACCION	TRACCION	TRACCION
DE MUR	S=	PESO	COMPRESI	MIS	ACTUANTE	MAXIMOD	(cm)	(Tn)	(Tn)	(Tn)	(Tn)
(m ²)	6	MURCH+TEC	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	TRACCION	(cm)	(Tn)	(Tn)	(Tn)	(Tn)
	(m ³)	(Tn)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)					
A-A											
(1)	6.00	12.00	35.61	37.691	0.59	0.314	1.086	0.101	-193.626	-0.491	0.336 OK
B-B											
(1)	2.53	2.13	16.84	17.839	0.67	0.339	1.706	-0.372	112.042	-1.043	0.499 OK
(2)	3.13	3.26	20.84	24.140	0.67	0.742	1.609	-0.275	115.752	-0.795	0.474 OK
C-C											
(1)	6.00	12.00	35.61	37.774	0.59	0.315	1.086	0.101	-191.877	-0.483	0.336 OK

ANALISIS POR FLEXION COMPRESION PISO 1 [10x10]

H_f = 4.5 mts.

DIRECCION X

MUR	AREA (m ²)	t ³ /2 S=	P PESO MUÑO+TEC (Tn)	M= H ³ /V (m ³ -m ³)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMOD TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	f _y /F _a + f _m /F _m < 1.33 (Tn)
1-1											
(1)	1.17	0.51	10.54	14.175	0.90	2.786	3.967	-2.165	100.677	-4.905	1.089 OK
(2)	1.35	0.68	12.16	18.961	0.90	2.809	3.980	-2.178	116.325	-5.702	1.093 OK
(3)	1.17	0.51	10.54	14.175	0.90	2.796	3.967	-2.165	100.677	-4.905	1.089 OK
2-2											
(1)	3.18	2.81	34.07	62.422	1.07	2.222	3.615	-1.472	175.567	-7.754	1.020 OK
(2)	2.22	1.37	23.78	35.125	1.07	2.566	3.959	-1.816	130.924	-7.132	1.106 OK
3-3											
(1)	1.22	0.55	10.95	15.582	0.90	2.850	4.021	-2.219	105.127	-5.249	1.103 OK
(2)	1.35	0.68	12.16	19.266	0.90	2.854	4.025	-2.224	116.857	-5.846	1.104 OK
(3)	1.22	0.55	10.95	15.582	0.90	2.850	4.021	-2.219	105.127	-5.249	1.103 OK

ANALISIS FOR FLEXION COMPRESION PISO 2 (10-10)

DIRECCION

AREA	H ²	P	M=HV	P/A	M/S	1.3 * P/A + M/S	ESFUERZ MAXIMOD	Y	TRACCION	a Fa + Im Fm < 1.33	
(m ²)	6	(Tn)	(m-m)	COMPRESI	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	TRACCION	(cm)	(Tn)	(Tn)	
MUR DE MUR	S=	MURCHTEC		ACTUANTE			(kg/cm ²)				
(m ²)	(m ²)	(Tn)		(kg/cm ²)							
A-A											
(1)	4.00	6.67	23.88	27.573	0.60	0.414	1.190	0.004	-5.204	-0.000	0.362 OK
B-B											
(1)	1.88	1.17	12.06	11.689	0.64	0.998	1.834	-0.547	102.869	-1.407	0.528 OK
(2)	2.63	2.30	16.88	20.013	0.64	0.871	1.707	-0.421	126.853	-1.335	0.497 OK
(3)											
(4)	4.00	6.67	23.88	27.757	0.60	0.416	1.192	0.002	-1.854	-0.000	0.363 OK

ANÁLISIS POR FLEXO COMPRESIÓN PISO 1 [1x11]

Ht= 4.5 mts.

DIRECCION X

MUR	AREA (m ²)	S= 6 (m ³)	PESOS MURO+TEC (Tn)	M= H ² W (tn-m ²)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMO D TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	f _y /f _a + Im _y /f _m < α _{max} (Tn)
1-1											
(1)	1.40	0.65	12.60	17.976	0.90	2.751	3.921	-2.122	107.952	-5.726	1.078 OK
(2)	1.50	0.75	13.50	20.630	0.90	2.751	3.920	-2.121	115.654	-6.132	1.078 OK
(3)	1.40	0.65	12.60	17.976	0.90	2.751	3.921	-2.122	107.952	-5.726	1.078 OK
2-2											
(1)	3.48	3.36	37.80	70.824	1.09	2.105	3.517	-1.345	185.263	-7.475	0.997 OK
(2)	2.64	1.94	28.68	46.866	1.09	2.421	3.833	-1.660	150.896	-7.516	1.076 OK
3-3											
(1)	1.50	0.75	13.50	21.597	0.90	2.880	4.049	-2.250	117.192	-6.591	1.110 OK
(2)	1.70	0.96	15.30	27.393	0.90	2.844	4.013	-2.214	132.347	-7.325	1.101 OK
(3)	1.50	0.75	13.50	21.597	0.90	2.880	4.049	-2.250	117.192	-6.591	1.110 OK

ANALISIS POR FLEXION COMPRESION PISO 1 [11x11]

DIRECCION Y

AREA	t ² / 2	P	M = H * W	P/A	M/S	1.3 * P/A + M/S	ESFUERZ	Y	TRACCION	fa/Fa + fm/Fm < 1.33
MUR	DE MUR	S =	PESO	COMPRESI	ACTUANTE	(kg/cm ²)	MAXIMOD	(cm)	(Tm)	(Tm)
(1)	(m ²)	6	(Tm)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	TRACCION			
	(m ³)						(kg/cm ²)			
A-A										
(1)	5.50	10.08	56.09	1.02	0.898	2.223	-0.184	112.615	-0.517	0.666 OK
B-B										
(1)	3.48	3.36	37.80	1.09	1.878	3.291	-1.118	172.607	-5.789	0.940 OK
(2)	2.52	1.76	27.37	1.09	2.198	3.610	-1.438	137.357	-5.925	1.020 OK
C-C										
(1)	5.50	10.08	56.09	1.02	0.901	2.227	-0.187	114.336	-0.535	0.667 OK

ANALISIS POR FLEXO COMPRESION PISO 2 [1x11]

Hl= 2.5 mts.

DIRECCION X

MUR	AREA (m ²)	1/4 S= (m ³)	P PESO MURO+TEC (Tn)	M= Hr ² /V (tn-m ²)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMOD TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	fa/Fa + fm/Fm < 1.3g (Tn)
1-1											
(1)	1.50	0.75	7.00	7.727	0.47	1.030	1.637	-0.704	102.459	-1.803	0.460 OK
(2)	1.70	0.96	7.93	9.801	0.47	1.017	1.624	-0.891	115.437	-1.994	0.457 OK
(3)	1.50	0.75	7.00	7.727	0.47	1.030	1.637	-0.704	102.459	-1.803	0.460 OK
2-2											
(1)	3.48	3.36	21.95	25.924	0.63	0.771	1.591	-0.329	123.827	-1.222	0.466 OK
(2)	2.64	1.94	16.65	17.154	0.63	0.886	1.706	-0.444	110.361	-1.472	0.495 OK
3-3											
(1)	1.50	0.75	7.00	7.706	0.47	1.027	1.634	-0.701	102.326	-1.793	0.459 OK
(2)	1.70	0.96	7.93	9.774	0.47	1.015	1.621	-0.888	115.285	-1.983	0.456 OK
(3)	1.50	0.75	7.00	7.706	0.47	1.027	1.634	-0.701	102.326	-1.793	0.459 OK

ANALISIS POR FLEXIONCOMPRESION PISO 2 [11x11]

DIRECCION Y

AREA	M ²	P	PIA	M/S	1.3 * PIA + M/S	ESFUERZ	Y	TRACCION	ia/Fa + Imp/Fm < 1.33
MUR	DE MUR	S=	COMPRESI	M/S	(kg/cm ²)	MAXIMOD	(cm)	(Tr)	(Tr)
(m ²)	6	MURO+TEC	ACTUANTE	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	TRACCION			
(m ²)	(m ²)	(Tr)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)			
A-A									
(1)	5.50	10.08	32.26	34.427	0.341	1.104	-111.363	-0.192	0.340 OK
B-B									
(1)	2.58	1.95	16.28	15.200	0.022	1.642	99.506	-1.136	0.479 OK
(2)	3.48	3.36	21.95	23.837	0.709	1.529	109.275	-0.875	0.451 OK
C-C									
(1)	5.50	10.08	32.26	34.544	0.343	1.105	-109.106	-0.195	0.340 OK

ANALISIS POR FLEXO COMPRESION PISO 1 (11x10)

Hl= 4.5 mts.

DIRECCION X

	AREA MUR (m ²)	t ⁴ S= 6 (m ³)	P FESO (Tn)	M= H*P (m-m)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMO D TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	la/fa + InvFm < 1.33 (Tn)
1-1											
(1)	1.30	0.56	11.56	15.151	0.89	2.690	3.846	-2.067	99.913	-5.163	1.058 OK
(2)	1.60	0.85	14.23	22.955	0.89	2.690	3.846	-2.068	122.976	-6.356	1.058 OK
(3)	1.30	0.56	11.56	15.151	0.89	2.690	3.846	-2.067	99.913	-5.163	1.058 OK
2-2											
(1)	3.48	3.36	37.19	69.521	1.07	2.067	3.456	-1.318	185.018	-7.318	0.980 OK
(2)	2.52	1.76	26.93	42.660	1.07	2.418	3.808	-1.670	145.037	-7.267	1.088 OK
3-3											
(1)	1.40	0.65	12.45	18.252	0.89	2.794	3.950	-2.171	108.806	-5.906	1.084 OK
(2)	1.70	0.96	15.12	26.589	0.89	2.758	3.914	-2.136	131.631	-7.028	1.075 OK
(3)	1.40	0.65	12.45	18.252	0.89	2.794	3.950	-2.171	108.806	-5.906	1.084 OK

ANALISIS POR FLEXO COMPRESION PISO 1 [1ra UD]

DIRECCION Y

AREA	M ²	P	P/A	M=H ² V	COMPRESI	M/S	1.3 * P/A + M/S	ESFUERZ	Y	TRACCION	f _a /f _a + f _m /f _m < 1.33
MUR DE MUR	S=	PESO	M=H ² V	ACTUANTE	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	MAXIMOD	(cm)	(Tn)	(Tn)
(m ²)	(m ³)	(Tn)	(m ³)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	TRACCION	(cm)	(Tn)	(Tn)
A-A											
(1)	5.00	8.33	50.99	86.330	1.02	1.036	2.362	-0.322	155.478	-1.252	0.701 OK
B-B											
(1)	3.18	2.81	34.54	61.158	1.09	2.177	3.589	-1.417	172.451	-7.330	1.015 OK
(2)	2.22	1.37	24.11	34.413	1.08	2.514	3.926	-1.753	129.040	-6.788	1.099 OK
C-C											
(1)	5.00	8.33	50.99	86.667	1.02	1.042	2.368	-0.329	157.606	-1.295	0.702 OK

ANALISIS POR FLEXO COMPRESION PISO 2 [11x10]

Ht= 2.5 mts.

DIRECCION X

MUR	AREA (m ²)	S= (m ³)	P PESO MURCH-TEC (Tn)	M= H*W (Tn-mt)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMOD TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (Tn)	f _y /F _a + f _m /F _m < 1.33 (Tn)
1-1											
(1)	1.40	0.65	6.43	6.451	0.46	0.987	1.585	-0.666	94.392	-1.571	0.446 OK
(2)	1.70	0.96	7.81	9.390	0.46	0.975	1.572	-0.653	113.902	-1.660	0.443 OK
(3)	1.40	0.65	6.43	6.451	0.46	0.987	1.585	-0.666	94.392	-1.571	0.446 OK
2-2											
(1)	3.48	3.36	21.55	25.176	0.62	0.748	1.553	-0.315	122.051	-1.153	0.455 OK
(2)	2.52	1.76	15.60	15.449	0.62	0.876	1.681	-0.442	106.073	-1.408	0.487 OK
3-3											
(1)	1.50	0.75	6.89	7.526	0.46	1.003	1.601	-0.692	101.919	-1.737	0.450 OK
(2)	1.70	0.96	7.81	9.546	0.46	0.991	1.588	-0.669	114.818	-1.921	0.447 OK
(3)	1.50	0.75	6.89	7.526	0.46	1.003	1.601	-0.692	101.919	-1.737	0.450 OK

ANALISIS POR FLEXION COMPRESION PISO 2 [11x10]

DIRECCION Y

MUR	AREA (m ²)	t ¹ ^ 2 S= (m ³)	P FESO MURO+TEC (T)	M= H*V (m.mt)	P/A COMPRESI ACTUANTE (kg/cm ²)	M/S (kg/cm ²)	1.3 * P/A + M/S (kg/cm ²)	ESFUERZ MAXIMO TRACCION (kg/cm ²)	Y (cm)	TRACCION (T)	faj/Fa + fm/Fm < 1.33 (T)
A-A											
(1)	5.00	8.33	29.33	32.791	0.59	0.393	1.156	0.017	-21.675	-0.009	0.353 OK
B-B											
(1)	2.28	1.44	14.38	13.560	0.63	0.939	1.759	-0.438	100.657	-1.502	0.508 OK
(2)	3.18	2.81	20.06	23.004	0.63	0.819	1.639	-0.377	122.107	-1.382	0.478 OK
C-C											
(1)	5.00	8.33	29.33	32.967	0.59	0.396	1.156	0.015	-16.890	-0.007	0.353 OK

RESUMEN DE ANALISIS POR FLEXOCOMPRESION

PIS	DIRECCIO	P/A COMPRESI	M/S	1.3 * P/A M/S (kg/cm2)	ESFUERZ		fay/Fa + fm/Fm < 1.33		
					ACTUANTE (kg/cm2)	M/S		MAXIMOD TRACCIO (kg/cm2)	TRACCIO (Tn)
1	X	1.14	2.88	4.06		-2.25	-7.75	1.11	
	Y	1.14	2.61	4.05		-1.84	-7.74	1.13	
2	X	0.67	1.06	1.76		-0.73	-1.50	0.51	
	Y	0.67	1.00	1.83		-0.55	-2.04	0.53	
MAXIMO PISO 1								-7.75	1.13
MAXIMO PISO 2								-2.04	0.53

MEMORIA DE CALCULO DE
DISEÑO POR CARGAS DE SERVICIO

DISEÑO POR CARGAS DE SERVICIO

$$n = \frac{E_{\text{caña}}}{E_{\text{adobe}}} = \frac{400,000}{1700} = 235 \quad \rho = \frac{As}{(b*d)}$$

$$f_s = 1.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$k = [(\rho n)^2 + 2\rho n]^{\frac{1}{2}} - \rho n$$

$$j = 1 - k/3$$

$$M = \rho * f_s * b * d^2 * j = \rho (j d) f_s * b * d = \rho (d - kd/3) f_s * b * d$$

$$M = \rho (1 - k/3) f_s * b * d^2 = \rho (3 - k) / 3 * f_s * b * d^2$$

$$3 / (f_s * b * d^2) * M = \rho (3 - k) = \rho (3 + \rho n - [(\rho n)^2 + 2\rho n]^{\frac{1}{2}})$$

$$3n / (f_s * b * d^2) * M = \rho n (3 + \rho n - [(\rho n)^2 + 2\rho n]^{\frac{1}{2}})$$

$$X = \rho n \quad Y = 3n / (f_s * b * d^2) * M$$

$$Y = X (3 + X - [X^2 + 2X]^{\frac{1}{2}})$$

Esta expresión genera la tabla que se muestra en la página siguiente, en la cual reemplazando valores hallamos $j=0.895$.

		X= Pn		Y= (3n/(fs*b*d^2))*Mu			
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.001	0.002956	0.051	0.139107	0.101	0.266675	0.151	0.369744
0.002	0.005877	0.052	0.141718	0.102	0.269174	0.152	0.392171
0.003	0.008776	0.053	0.144326	0.103	0.271671	0.153	0.394596
0.004	0.011655	0.054	0.146932	0.104	0.274167	0.154	0.397020
0.005	0.014524	0.055	0.149534	0.105	0.276661	0.155	0.399443
0.006	0.017376	0.056	0.152134	0.106	0.279153	0.156	0.401865
0.007	0.020219	0.057	0.154731	0.107	0.281644	0.157	0.404285
0.008	0.023050	0.058	0.157326	0.108	0.284133	0.158	0.406704
0.009	0.025871	0.059	0.159917	0.109	0.286620	0.159	0.409123
0.010	0.028682	0.060	0.162508	0.110	0.289106	0.160	0.411540
0.011	0.031485	0.061	0.165092	0.111	0.291590	0.161	0.413955
0.012	0.034279	0.062	0.167678	0.112	0.294072	0.162	0.416370
0.013	0.037066	0.063	0.170257	0.113	0.296553	0.163	0.418784
0.014	0.039845	0.064	0.172835	0.114	0.299032	0.164	0.421198
0.015	0.042617	0.065	0.175411	0.115	0.301509	0.165	0.423607
0.016	0.045382	0.066	0.177985	0.116	0.303986	0.166	0.426017
0.017	0.048141	0.067	0.180556	0.117	0.306460	0.167	0.428426
0.018	0.050893	0.068	0.183124	0.118	0.308933	0.168	0.430834
0.019	0.053640	0.069	0.185690	0.119	0.311404	0.169	0.433241
0.020	0.056380	0.070	0.188254	0.120	0.313874	0.170	0.435647
0.021	0.059115	0.071	0.190815	0.121	0.316343	0.171	0.438051
0.022	0.061844	0.072	0.193374	0.122	0.318810	0.172	0.440455
0.023	0.064566	0.073	0.195931	0.123	0.321275	0.173	0.442857
0.024	0.067286	0.074	0.198486	0.124	0.323738	0.174	0.445259
0.025	0.070000	0.075	0.201038	0.125	0.326201	0.175	0.447659
0.026	0.072709	0.076	0.203588	0.126	0.328663	0.176	0.450058
0.027	0.075413	0.077	0.206136	0.127	0.331122	0.177	0.452456
0.028	0.078112	0.078	0.208681	0.128	0.333580	0.178	0.454854
0.029	0.080806	0.079	0.211225	0.129	0.336037	0.179	0.457250
0.030	0.083497	0.080	0.213766	0.130	0.338492	0.180	0.459645
0.031	0.086182	0.081	0.216305	0.131	0.340946	0.181	0.462039
0.032	0.088864	0.082	0.218843	0.132	0.343398	0.182	0.464432
0.033	0.091541	0.083	0.221378	0.133	0.345850	0.183	0.466824
0.034	0.094215	0.084	0.223911	0.134	0.348300	0.184	0.469215
0.035	0.096884	0.085	0.226442	0.135	0.350748	0.185	0.471604
0.036	0.099550	0.086	0.228971	0.136	0.353195	0.186	0.473993
0.037	0.102211	0.087	0.231498	0.137	0.355641	0.187	0.476381
0.038	0.104869	0.088	0.234022	0.138	0.358085	0.188	0.478768
0.039	0.107523	0.089	0.236545	0.139	0.360528	0.189	0.481154
0.040	0.110174	0.090	0.239067	0.140	0.362970	0.190	0.483539
0.041	0.112821	0.091	0.241586	0.141	0.365410	0.191	0.485923
0.042	0.115464	0.092	0.244103	0.142	0.367849	0.192	0.488306
0.043	0.118104	0.093	0.246618	0.143	0.370287	0.193	0.490688
0.044	0.120741	0.094	0.249132	0.144	0.372724	0.194	0.493069
0.045	0.123374	0.095	0.251643	0.145	0.375159	0.195	0.495449
0.046	0.126004	0.096	0.254153	0.146	0.377593	0.196	0.497828
0.047	0.128631	0.097	0.256661	0.147	0.380026	0.197	0.500206
0.048	0.131254	0.098	0.259167	0.148	0.382457	0.198	0.502583
0.049	0.133875	0.099	0.261672	0.149	0.384887	0.199	0.504960
0.050	0.136492	0.100	0.264174	0.150	0.387316	0.200	0.507335

REFERENCIAS

(1) "ENSAYOS DE SIMULACION SISMICA DE VIVIENDAS DE ADOBE"

Gianfranco Otazzi P., Juan Felipe Yep L., Marcial Blondet S., Gladys Villa-García M. Juan F Ginocchio C. Publicación DI-89-01. MARZO 1, 1989.

(2) "RESISTENCIA SISMICA DE MAMPOSTERIA DE ADOBE". Julio

Vargas Neumann, Juan Bariola Bernales, Marcial Blondet Publicación DI-84-01. PUC - ABRIL 1, 1984.

(3) "ESTUDIO SISMICO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE DE 2 PISOS".

Roberto Morales M., Alejandro Sanchez O., Rafael Torres C., Oswaldo Morales M. Bolentin del Comité de Ingenieria Antisismica de la UNI. NOVIEMBRE 1, 1981.

(4) "INVESTIGACION EN ADOBE". Julio Vargas N., Gianfranco

Otazzi P. Publicaciones DI-81-01. PUC - JUNIO 1, 1981.

(5) "COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS DE ALBAÑILERIA DE ADOBE EN

ENSAYOS DE CORTE". Gianfranco Otazzi. P, Daniel Torrealva D. Publicación PUC - 1, 1981.

(6) "INVESTIGACION COMPARATIVA SOBRE LA RESISTENCIA DEL ADOBE". Julio Vargas N., Gianfranco Otazzi P. Publicación PUC - 1,980.

(7) "ALBAÑILERIA DE ADOBE CON VARIACIONES DE MORTERO". Julio Vargas Neuman. Publicación DI-79-02. PUC - ABRIL 1,979.

(8) "ANALISIS DE MUROS VERTICALES DE ADOBE". Julio Vargas Neuman. Publicación DI-78-02. PUC - 1,978.

(9) "INVESTIGACION SOBRE VIVIENDA RURAL". Marcial Blondet Saavedra, Julio Vargas Neumann. Publicación PUC - 1,978.

(10) "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE FRENTE A SOLICITACIONES SISMICAS". Miguel Corazao San Roman, Marcial Blondet Saavedra. PUC 1,973.

(11) "DISEÑO DE VIVIENDAS DE ADOBE". Guillermo Rómulo Silva. Alejandro Quirino Huaccha. Universidad Nacional de Cajamarca. 1,989

(12) "CIP - VII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL". 5-11/Setiembre 1988/Huaraz-Abcash. Tomo I

(13) "INFLUENCIA DEL TIPO DE MORTERO EN EL COMPORTAMIENTO DE MUROS DE ADOBE SOMETIDOS A LA ACCION DE FUERZAS HORIZONTALES". M. Benites, Proyecto de Investigación. PUC - 1,980.