

LOS MONUMENTOS DE ADOBE EN EL PERU Y LOS CASOS DE
RESTORACION EFECTUADOS EN LA ZONA DE CUSCO

ROBERTO SAMANEZ ARGUMENTO^X

SUMMARY

- 1.- Introducción .
- 2.- La construcción con adobes en época precolombina.
- 3.- La construcción con adobes en época colonial.
- 4.- La investigación para mejorar la tecnología de la construcción con adobe.
- 5.- Recomendaciones para construir con adobe.
- 6.- La restauración de monumentos construidos con adobe.

X Arq. Roberto Samanez Argumedo
Director de la Unidad Especial Ejecutora del Instituto Nacional de Cultura para la restauración de los Monumentos comprendidos en el Plan COPESCO.

1.- INTRODUCCION

Una visión retrospectiva de la historia de la edificación desde sus antecedentes más remotos nos permite afirmar que a partir de ciertos elementos básicos, cada región y cada época, de acuerdo a factores geográficos, geológicos, sociales e históricos; creó su propia arquitectura caracterizada por sus elementos constitutivos y por la expresión final lograda con ellos.

Factores de influencia como la geografía constituida por el marco físico, el ambiente y el clima; explican la preferencia por el empleo de determinados materiales. La constitución del suelo influye como un factor geológico, al permitir el aprovechamiento de algunos materiales que se pueden encontrar en mayor abundancia que otros. No menos importancia tienen las influencias entre pueblos y civilizaciones, constituyendo un factor histórico determinante al igual que la organización social.

El caso de la civilización egipcia nos permite ilustrar el determinismo de esos factores, si tenemos en cuenta que desde la etapa más remota del Antiguo Imperio, el período tinita (3500-3000 A.C.) la utilización de paralelepípedos de barro y arcilla secados al sol, constituyó una respuesta a las condiciones impuestas por esa faja estrecha de clima muy seco y escasas lluvias, donde sólo las crecientes del Nilo proporcionaban la "Tierra negra" que permitió el desarrollo de una civilización de casi tres milenios de duración y que se considera entre las más notables de la historia. El mismo río Nilo anualmente renovaba la capa de arcilla y barro, usados para fabricar adobes.

La sucesión de dinastías que basaron su organización en las estancias ligadas al régimen del río (inundación, siembra y cosecha) y en el poder total del rey respaldado por una clase sacerdotal poderosa, permitieron una organización vertical y ordenada, que lograría sus más importantes expresiones arquitectónicas con otro material abundante en el valle del Nilo como es la piedra.

Pero el ejemplo es más convincente citando el caso de Mesopotamia, donde la arquitectura se expresa bajo el aspecto de grandes plataformas superpuestas obedeciendo los designios del poder real, que no tenía límites. Como en Egipto, la civilización se dió en función a la producción agrícola generada por la creciente de dos ríos que fertilizaban la planicie ubicada entre ellos. En esa planicie no existía piedra pero sí arcilla abundante que permitió la utilización de adobes y ladrillos. Los zigurat de base cuadrada y escalos

nada a manera de colina artificial para observaciones astronómicas los palacios y las construcciones del período Asirio entre los siglos IX a VII AC, son exponentes de la técnica desarrollada a base de adobe y piedra.

No constituye ninguna novedad hacer un parangón de esas condiciones con las que se dieron en el territorio en el cual se ubica la actual República del Perú, situado en la parte central de la cordillera de los Andes. Su territorio está constituido por tres zonas diferentes: una faja longitudinal de costa bordeando el Océano Pacífico, que se caracteriza por la presencia de una corriente marina de agua fría, que cambia el clima en toda su extensión haciéndolo carente de lluvias y cubierto de nieblas bajas, en lugar de tropical como podría ser por su latitud. En compensación la corriente marina hace aflorar aguas profundas del Océano, determinando la presencia de micro organismos que producen gran riqueza ictiológica.

La Cordillera de los Andes paralela a la costa origina además un determinado número de ríos que al descender hacia el mar forman ricos valles propicios para la agricultura. Por otra parte la Cordillera presenta varios planos altitudinales con valles interandinos y altiplanos hasta llegar a las grandes cumbres con alturas superiores a los seis mil metros, que originan la nacimiento de caudalosos ríos que se bifurcan hacia la costa y hacia la cuenca del Océano Atlántico, a través de la jungla amazónica.

Los antiguos peruanos vivían en un estadio pre-agrícola entre los 22 mil hasta los 7 mil años antes de Cristo, de allí en adelante practicaron formas iniciales de cultivo, para llegar solo hace 3 a 4 mil años al Estadio de Alta Cultura como a la que se había llegado en Mesopotamia hace unos 8 mil años.

Aquí también los factores de influencia condicionaron las expresiones arquitectónicas de los pueblos primitivos y en torno al año 5000 AC. el hombre americano de los Andes Centrales cambió sus hábitos nómadas, para establecerse en los valles costeros en forma estable, haciendo viviendas precarias con elementos vegetales que poco a poco van dando paso al uso de piedras, bastante escasas y de fragmentos de tierra endurecida de la costa árida y seca, elemento que constituirá el antecedente para buscar en el adobe un sustituto tecnológico más evolucionado.

Cada período cultural de la historia de esta región del continente

americano estuvo sujeta a los factores geográficos descritos y el adobe respondió a las necesidades constructivas durante un lapso muy prolongado, que se remonta a los 2000 años AC. Como se verá en las páginas siguientes el adobe adopta diversas formas, tamaños y su proceso de elaboración difiere entre una cultura y otra, pero se trata siempre del mismo recurso tecnológico.

El principal objetivo de este análisis es el de valorar en su real y trascendente dimensión a ese material de apariencia modesta, pero que constituyó para los antiguos peruanos uno de los principales elementos no solo para resolver sus problemas constructivos más inmediatos si no también para sus obras más importantes, que trascendiendo la simple actividad constructiva constituyen verdaderos testimonios arquitectónicos de la creatividad humana.

Si bien el estudio que durante los últimos años ha desarrollado el grupo técnico, que con asistencia de la UNESCO elaboró los proyectos y llevó a cabo las obras de restauración comprendidas dentro del Plan COPESCO, ha estado encaminado exclusivamente al mejoramiento de la tecnología de construcción tradicional con adobes para restaurar los testimonios del pasado construidos con este material, los conocimientos adquiridos trascienden esa actividad y creemos que pueden servir de base para mejorar la edificación con adobes que continua siendo la técnica constructiva de mayor utilización en el Perú y en gran medida la única opción para que sus habitantes asentados en las áreas rurales o emigrados a las ciudades, puedan construir sus viviendas.

2.- LA CONSTRUCCION CON ADOBES EN EPOCA PRECOLOMBINA

Cuando los antiguos peruanos^{se} establecen en los valles donde están las tierras productivas, se constituyen comunidades cada vez más organizadas que demuestran su ingenio y habilidad construyendo canales de irrigación y edificaciones religiosas, que por lo general toman formas piramidales y aún hoy se conocen con el nombre de "huacas". Las más primitivas se hacen excavando la tierra dura de la costa árida, pero con el desarrollo de la utilización de la tapia o tierra apisonada y el adobe, la edificación de estos edificios ceremoniales hechos de plataformas superpuestas llega a alcanzar hasta 50 metros sobre el nivel del suelo.

Durante el período histórico denominado formativo inferior, entre los 2000 a 1250 años antes de Cristo, se construyeron complejas edificaciones de adobes de forma cónica, como en el caso de Sechín en el valle de Casma, donde se utilizó además la piedra en el perí-

metro externo, con motivos figurativos antropomorfos grabados en la cara anterior de monolitos con dimensiones de 1.80 a 4.40 metros de altura. En la sección central del conjunto las paredes están hechas con los referidos adobes cónicos, pintadas de color azul en el interior y de rosado en el exterior.

En otro conjunto arqueológico vecino, asentado en el flanco occidental del cerro Sechín, se pueden encontrar construcciones con adobes de forma cilíndrica, de 12 centímetros de diámetro por 15 centímetros de altura.

En el mismo valle de Casma existe otro conjunto arqueológico construido con adobes cónicos, denominado Moxeke, que se caracteriza por grandes plataformas de hasta 30 metros de altura, unidas por escaleras y rampas. Las columnas y pisos estaban pintados de colores muy llamativos. En el valle de Nepeña en los sitios de Punkuri y Cerro Blanco también se aprecian características similares de construcción a base de ese tipo de adobes y otros en forma de conos truncados. En estos sitios también los muros de adobe tenían decoraciones en relieve finamente enlucidas y pintadas de colores rojo, amarillo rosado y blanco.

Adobes de esa última forma mencionada, midiendo hasta 45 centímetros de altura se pueden encontrar en el valle de Moche en la costa norte, donde floreció la cultura Mochica, entre los 100 años antes de Cristo y 700 después. Los Mochicas lograron sus mejores expresiones arquitectónicas construyendo grandes pirámides escalonadas con adobes rectangulares, que recuerdan los zigurats de los sumerios. Las llamadas "Huaca del Sol" y "Huaca de la Luna" al sur de la ciudad de Trujillo y las de "Pañamarca" sitio ubicado en el valle de Nepeña, constituyen ejemplos de la técnica de construir grandes edificaciones con adobes, que se colocan alternadamente en forma longitudinal y transversal, para obtener una estructura compacta. Estas edificaciones estuvieron adornadas con pinturas multicolores y en el caso de Pañamarca, la pintura mural representando cortejos religiosos y sacrificios humanos, es de extraordinaria calidad.

Otra variedad de adobes se utilizó en la costa central, en el valle de Chancay, estos son de forma esférica con un promedio de 12 centímetros de diámetro. Adobes en forma de paralelepípedos de pequeñas dimensiones, conocidos como "adobitos" por los arqueólogos, se pueden encontrar en las edificaciones de los valles de Lurin y Rimac, cerca de la ciudad de Lima. Se utilizaban para construir los muros de contención perimétricos de volúmenes en forma piramidal, cuyo núcleo se rellenaba con tierra, grava y piedras de río. En las de-

nominadas huacas "Juliana", "Aramburu" y "Catalina Huanca" al igual que en Pachacamac y Cajamarquilla se encuentran estos adobes que en promedio miden 12 centímetros de largo por 5 de altura.

Existen también adobes que han sido denominados dentiformes, por su forma irregular, como los utilizados en el sitio de Huallamarca en el valle del río Rimac. En la costa sur donde floreció la Cultura Nazca, conocida por los gigantescos dibujos de animales y formas geométricas que dejaron en las planicies áridas, para las construcciones se usaron adobes de forma ovoide.

El uso de la tierra apisonada en grandes moldes que formaban anchos muros con el sistema conocido como tapia, se puede ver en Cajamarquilla en el valle del Rimac y en otros asentamientos contemporáneos a construcciones de adobe.

Entre los años 1200 a 1460 después de Cristo surgió en el valle de Moche el reino Chimú, con su capital en la Ciudad de Chan-Chan que albergaba una población de 100,000 habitantes. Está constituida por ocho ciudadelas, pirámides ceremoniales, templos y viviendas y estaba circundada por altas murallas. El adobe fue el único material de construcción usado en este enorme conjunto urbano, que se caracteriza por la gran calidad de los relieves y frisos de barro con estilizaciones de animales y formas geométricas que recubren los muros. En este conjunto se emplearon adobes de sección trapezoidal en la construcción de murallas de 9 metros de alto y 2.50 metros de ancho en la base y también adobes en forma de paralelepípedos.

La existencia de gran variedad de adobes en cuanto a forma dimensiones y materiales empleados, demuestra la evolución por la que se atravesó desde las edificaciones más primitivas que se hacían con trozos de tierra endurecida y piedras de recolección, pasando a las formas cilíndrica, cónica hasta llegar al paralelepípedo.

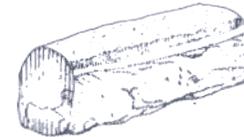
Cuando surge el Imperio Inca, cuyo apogeo y expansión máxima se logra en el siglo XVI, décadas antes de la conquista española producida en 1532; se adoptan los conocimientos y la tecnología de los pueblos y culturas conquistadas. El adobe continuó siendo un material de construcción de primera importancia y se utilizó para combinarlo en forma superpuesta a los muros de piedra de extraordinaria factura, que caracterizan a esta cultura. En Cusco la capital del Imperio y otros lugares de la zona de los andes, muros de adobe se levantaban sobre los de piedra de dos a cuatro metros de altura, para llegar hasta el nivel del apoyo de la estructura de los



CONICAL ADOBE :
 PERIOD * 900-800 B.C.
 LOCATION * SECHIN (VALLE DE CASMA)
 MATERIAL * MUD
 DIMENSIONS * HEIGHT * 42 cm
 DIAMETER * 25 cm (AT BASE)



ADOBE :
 PERIOD * 900-800 B.C.
 LOCATION * VALLE DEL RIMAC-LIMA
 MATERIAL * WET CLAY (MUD)
 DIMENSIONS * HEIGHT * 12 cm
 WIDTH * 20 cm



PARALLELEPIPED ADOBE :
 PERIOD * 100 A.D.
 LOCATION * LAMBAYEQUE
 MATERIAL * MUD
 DIMENSIONS * HEIGHT * 16 cm
 WIDTH * 30 cm
 DEPTH * 20 cm



PARALLELEPIPED ADOBE :
 PERIOD * 200 A.D.
 LOCATION * LAMBAYEQUE
 MATERIAL * MUD
 DIMENSIONS * HEIGHT * 14 cm
 WIDTH * 26 cm
 DEPTH * 12 cm



PLAIN CONVEX ADOBE :
 PERIOD * 200 A.D.
 LOCATION * VALLE DE CHAO
 MATERIAL * MUD, PEBBLES, SHELLS, CARBON, CERAMIC, BONES
 DIMENSIONS * HEIGHT * 15 cm
 WIDTH * 32 cm



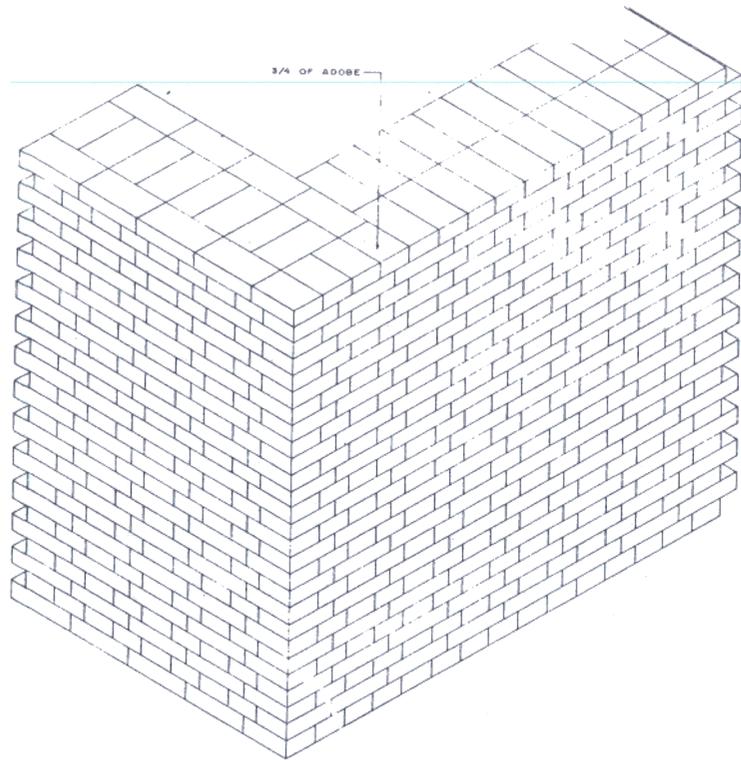
PARALLELEPIPED ADOBE :
 PERIOD * 300 A.D.-800 A.D.
 LOCATION * VALLE DEL RIMAC-VALLE CHILLON
 MATERIAL * MUD
 DIMENSIONS * HEIGHT * 7.5-10 cm
 WIDTH * 14-17 cm
 DEPTH * 11-12 cm



PARALLELEPIPED ADOBE :
 PERIOD * 300-800 A.D.
 LOCATION * VALLE CHILLON
 MATERIAL * MUD
 DIMENSIONS * HEIGHT * 10 cm
 WIDTH * 17 cm
 DEPTH * 11 cm



PARALLELEPIPED ADOBE :
 PERIOD * 1000 A.D. STATION CULO
 MATERIAL * MUD, STRAW, PEBBLES
 DIMENSIONS * HEIGHT * 18 cm
 WIDTH * 10.8 cm
 DEPTH * 30 cm



WALL CONSTRUCTED BY TRADITIONAL
IMPROVED METHODS.

techos. Los hastiales de forma triangular se hacían también en estos casos con adobes.

En la costa los Incas aceptaron el condicionamiento del clima y edificaron con adobes, usando únicamente piedras rústicas para la cimentación, como en el caso del asentamiento del Tambo Colorado en el valle de Pisco, donde todavía se pueden ver las paredes y nichos trapezoidales pintados de rojo, amarillo y blanco.

Los adobes incaicos usados en la sierra son grandes y alargados con una dimensión que varía entre 45 centímetros y 1.10 metros de longitud, de 10 a 30 centímetros de ancho y entre 6 a 12 centímetros de altura. En la costa son menos largos y de menor altura.

3.- LA CONSTRUCCION CON ADOBES DURANTE EL PERIODO COLONIAL

Con la conquista española producida en 1532 se produce un cambio fundamental en todos los aspectos culturales y tecnológicos que se aplicaron en las colonias, sin embargo el adobe se identifica como un material adecuado a los nuevos usos y requerimientos de los conquistadores. Luego del periodo de luchas internas que sucedió a los primeros años de dominación, se comienzan a construir numerosas iglesias para adoctrinar a los indígenas en la fé católica y casi en su totalidad se hicieron con adobes tanto en la costa como en las poblaciones de los Andes. Aún las catedrales y las iglesias matrices de las ordenes religiosas que llegaron al Virreynato del Perú, se construyeron con adobes. Los sismos y sobre todo la renovación de esas edificaciones para hacerlas más espaciosas y más imponentes, fueron los causantes de la desaparición de esos testimonios en gran cantidad de casos.

La arquitectura civil heredera de la tradición andaluza, en la que predominan las casas distribuidas en torno a patios, con uno o dos pisos y la variante de tener techos planos en la costa e inclinados y cubiertos con tejas de arcilla en las zonas andinas; adopta también con facilidad el adobe, que era un material familiar tanto para los colonizadores como para los nativos. La tecnología en la fabricación de los adobes se renueva y estos se hacen agregando estiércol de animales, paja cortada y por lo general se reduce al tamaño de los mismos. En la sierra se usan de 41 a 61 centímetros de longitud, por 19 a 30 centímetros de ancho y entre 10 a 16 centímetros de altura. En la costa las dimensiones son menores.

Durante el periodo colonial los sismos tan frecuentes en la zona y

sobre todo en la costa, condicionaron los sistemas constructivos y se introdujo la modalidad de la "quincha" consistente en estructuras de madera y caña recubiertas con barro o yeso, para formar arcos, bóvedas y tabiques. La flexibilidad de ese sistema para soportar los efectos de los terremotos y la ausencia de lluvias en la costa, que hacía posible la duración de la madera y la caña, permitió que se generalizará esa forma de construir y en el siglo XVIII se hicieron iglesias con bóvedas de cañon y cúpulas a base de esos materiales, usandolos también en gran escala en los conventos religiosos y en las casas. Por lo general la quincha se combinó con el adobe y en las edificaciones de dos niveles el primero se hacía con adobe, superponiendo el material más ligero encima.

En la zona de la cordillera andina, donde las condiciones de clima no permitían un sistema de esa naturaleza la utilización del adobe permitió la construcción de iglesias de grandes proporciones, inclusive con torres de ese mismo material en base a muros de gran espesor y al arriostramiento de ellos con vigas y tirantes del sistema de techos de "par y mudillo", que se difundió con la tradición mudéjar venida de España y afirmó con la difusión del tratado de construcción titulado "carpintería de lo blanco" de Diego López de Arenas, editado por primera vez en el siglo XVII.

Las construcciones de adobe se continuaron utilizando en el Perú, tanto en la costa como en la sierra durante el período que siguió a la independencia del dominio colonial español. Con la introducción de nuevas expresiones estilísticas acompañando el gusto clásico, las edificaciones adquirieron fisonomía diferente pero el material de construcción no cambió hasta bien avanzado el presente siglo. Aún en la capital de la república el material de construcción usado en casi la totalidad de las viviendas hasta los terremotos producidos en abril de 1939 y mayo de 1940, este último de grado 8.0 en la escala de Mercalli modificada, fue el adobe.

Las estadísticas oficiales sobre el terremoto de 1940 consignaban que fueron casi totalmente destruidas el 38% de las viviendas de quincha y 23% de las de adobe. Esa experiencia y la introducción de sistemas constructivos contemporáneos cambiaron paulatinamente las preferencias en cuanto a materiales de construcción, quedando el adobe circunscrito a la población de menores recursos.

4.- LA INVESTIGACION PARA MEJORAR LA TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION CON ADOBE

La necesidad de determinar la resistencia de las edificaciones de

adobe ante diferentes intensidades sísmicas y la posibilidad de hacerlas más resistentes, además de susceptibles de ser reparadas cuando han sido dañadas por terremotos; ha sido en el Perú en los últimos años, el principal objetivo de las investigaciones de Universidades nacionales y extranjeras, Organismos Estatales encargados de la vivienda e inclusive sectores privados como la Asociación de Compañías de Seguros.

En el Ministerio de Vivienda y Construcción, la Oficina de Investigación y Normalización, mediante un convenio con la Carnegie - Mellon University de Pennsylvania USA, ha elaborado un estudio sobre las técnicas de construcción utilizadas en el Perú y las posibilidades de mejorarlas a fin de que duren más y de la tecnología tradicional de construcción con adobe, tapial, piedra y los sistemas introducidos por la colonización española, empleando madera y cañas. Se formularon propuestas para mejorar la calidad usando materiales estabilizantes y sistemas constructivos con refuerzos estructurales.

Todos los estudios realizados han tenido que partir de la sismicidad de áreas determinadas del territorio nacional, que no presenta características homogéneas. El Perú forma parte del Área de influencia del Cinturón Sísmico del Pacífico y recibe la presión de la placa de Nazca que comprime, ocasiona deformaciones y en consecuencia terremotos en la placa continental. Los sismos en la zona tienen por lo general sus epicentros en el Océano Pacífico, llegando en la costa a magnitudes de 6.0 a 7.0 en la escala de Mercalli modificada, mientras que en el interior del país son menos frecuentes y de menor intensidad.

El grado de afectación y daños que pueden sufrir las edificaciones de adobe depende de la intensidad sísmica a que sean sometidas en función de la magnitud, profundidad focal, distancia epicentral características topográficas y geológicas del suelo. Entre las conclusiones a las cuales han arribado los estudios referidos se puede mencionar que las construcciones de adobe ubicadas sobre suelos rocosos y duros reciben mucho menos daño, que aquellas ubicadas en suelos arcillosos o arenosos, en los cuales las ondas sísmicas sufren ampliación.

En cuanto al comportamiento estructural de los muros de adobe sometidos a acciones sísmicas, las fallas que se presentan se pueden atribuir a la reducida adherencia que existe entre los adobes y el mortero de barro que los aglutina, así como a la poca resistencia de los muros ante esfuerzos de tracción. Las causas y efectos de -

los daños por efectos sismos se pueden clasificar en los siguientes casos.

- Cuando se presentan pandeos y fisuras verticales, se trata de una falla a la comprensión. La resistencia de un muro de adobe ante la comprensión vertical depende de las características mecánicas del adobe y del mortero de unión. Cabe citar que las experiencias realizadas demuestran ^{que} los muros con adobes y mortero estabilizado con asfalto o cemento tienen un 25% más de resistencia a la comprensión. (Fig. 1).
- Cuando se producen fisuras diagonales que en forma escalonada acompañan las juntas entre los adobes, se trata de una falla por esfuerzo cortante producida por las cargas laterales, paralelas al plano del muro que caracterizan a las ondas sísmicas (Fig. 2).
- Cuando la acción de las ondas sísmicas es perpendicular al plano del muro, se producen cargas laterales que ocasionan grietas diagonales desde la parte superior del encuentro de dos muros perpendiculares. También se producen grietas verticales en la parte central de un muro trabajado en sus extremos con otros muros. (Fig. 3).

En el encuentro de dos muros perpendiculares, las fuerzas laterales que ocasionan los sismos producen una falla por tracción que se caracteriza por la separación de los muros formando una grieta vertical. También se puede presentar una grieta diagonal en la esquina superior del muro, indicando una falla por flexión ocasionada por los esfuerzos perpendiculares a uno de los muros y paralelos al otro. (Fig. 4).

El riesgo que las construcciones de adobe sean dañadas por sismos es bastante grande aumentando cuando la intensidad sísmica sobrepasa el grado 7.0 en la escala de Mercalli modificada y llegando a una destrucción casi total con una intensidad del grado 8.0. Teniendo en cuenta el sub-desarrollo económico del país es imposible, como en muchos otros países situados en zonas sísmicas, erradicar la utilización del adobe en la construcción de viviendas, locales comunales y educativos, por que no existe otro material de bajo costo que pueda reemplazarlo. La alternativa que ha surgido a mediano plazo es la de proporcionar orientación técnica para mejorar la calidad de las construcciones.

El Instituto de Investigación y Acción para la Vivienda, dependencia del Ministerio de Vivienda y Construcción ha preparado y distribuido en los últimos años folletos orientados a la población urbana y rural, que explican en forma gráfica y elemental los métodos de construcción más apropiados para lograr un mejor aprovechamiento y una seguridad adecuada en las construcciones hechas con adobe, incidiendo sobre la mejor forma de ubicar la construcción, de fabricar los adobes y de edificar la vivienda. Se han elaborado en la misma forma recomendaciones técnicas para reparar las construcciones dañadas por movimientos sísmicos, que enseñan cuando debe demolerse un muro afectado, como hacer reparaciones de rajaduras utilizando bastidores de madera con tensores metálicos y otros casos como el refuerzo de dinteles de puertas y ventanas.

Reconociendo que la construcción con adobe tiene una tradición muy antigua y arraigada y que en la mayoría de los casos representa la única alternativa para construir una vivienda, se ha encaminado la investigación a buscar la manera de superar las deficiencias de las construcciones actuales, sobre todo en cuanto a durabilidad y comportamiento ante sismos, mejorando la calidad de los adobes con la adición del 1.5% al 3% de asfalto o una combinación de cemento con asfalto obteniendo el denominado adobe estabilizado, que tiene la propiedad de absorber un mínimo de agua por capilaridad, mejores cualidades aislantes y no ser afectado por los insectos. Para la estabilización de la tierra se puede usar también un compuesto químico de Calcium-acrylate. En forma general se recomienda el uso de combinaciones que estabilicen la tierra de los adobes y en caso de no poderse contar con asfalto; los suelos arenosos pueden estabilizarse con cemento y los suelos arcillosos con cal. El incremento de resistencia cortante estática que se puede obtener con morteros de unión a base de esos materiales, puede ser del orden de tres veces la obtenida con morteros de barro.

5.- RECOMENDACIONES PARA CONSTRUIR CON ADOBE

La experiencia peruana en el campo de la edificación sobre todo de viviendas con adobe, permite hacer las siguientes recomendaciones generales:

- Que las construcciones de adobe de preferencia se realicen sobre roca o suelos compactos, secos y planos. Se deben evitar los terrenos húmedos o expuestos a inundaciones.
- La cimentación debe tener dimensiones adecuadas para evitar

ascentamiento y para aislar de la humedad del suelo.

Debe hacerse una cuidadosa selección de los materiales para fabricar los adobes y tener en cuenta el procedimiento correcto.

En las edificaciones nuevas la forma de la edificación y la disposición de las paredes debe ser proyectada en tal forma que los esfuerzos sean distribuidos uniformemente, para resistir fuerzas laterales en cualquier dirección.

A fin de que la estructura se comporte adecuadamente ante solicitaciones sísmicas se deben buscar diseños simétricos en planta y volumetría. La ubicación y dimensionamiento de los vanos deberá tener en cuenta que la proporción de muros debe ser siempre la que predomine.

Se debe contemplar la utilización de contrafuertes o pilares adosados a los encuentros de muros, para tener mayor resistencia en las estructuras de adobe.

- Finalmente la construcción del techo deberá hacerse evitando sobrecargas y fuerzas horizontales y la construcción debe protegerse con enlucidos, en especial en la parte inferior de los muros.

Aparte de esas precauciones deben reforzarse los puntos críticos como las esquinas de unión de muros, en su parte superior y la parte central de los mismos, donde las tracciones representan una amenaza latente. La colocación de una viga collar dos o tres hiladas debajo de la coronación del muro constituye una buena solución y ésta puede estar hecha de suelo cemento reforzado con cañas, de madera u otros materiales de bajo costo.

En pruebas efectuadas en la Universidad Católica de Lima, se han utilizado alambres de acero uniendo diagonalmente la cimentación y la parte superior de los muros de una vivienda experimental, obteniendo un notable incremento de resistencia ante solicitaciones estáticas.

6.- LA RESTAURACION DE MONUMENTOS CONSTRUIDOS CON ADOBE.-

En el año 1973 se dió inicio a un Proyecto Especial del Gobierno Peruano y la UNESCO denominado PER-71/539 con el objetivo de estudiar un grupo de monumentos ubicados en una extensión de 500 kilómetros que abarcaba desde el Altiplano y la hoya del Lago Titicaca, próximo de la frontera con Bolivia, hasta el valle cercano a

a la ceja de selva donde se ubica la Ciudad Inca de Machupicchu.- El objetivo era el de preparar los documentos técnicos para incluirlos en la formulación de una petición de crédito internacional, para financiar un ambicioso proyecto de desarrollo en función del turismo cultural, conocido como el Plan COPESCO.

En 1975 se dió inicio a las obras de restauración en base a los estudios preparados anteriormente y que habían permitido que el Plan COPESCO incorporase el rubro de Restauración de Monumentos dentro del convenio de préstamo suscrito entre el Gobierno Peruano y el Banco Interamericano de Desarrollo.

Las obras de restauración emprendidas estaban orientadas a rescatar del abandono y poner en valor monumentos de época pre-hispánica y colonial. Buena parte de esas edificaciones eran de adobe y los técnicos nacionales secundados por los expertos y consultores de la UNESCO experimentaron los procedimientos y sistemas de consolidación y restauración más adecuados. En la actualidad muchas de las obras de restauración están concluidas y con el transcurso del tiempo se puede comprobar la bondad de los sistemas utilizados.

Para encarar adecuadamente el problema de conservar los monumentos de adobe de la zona del Proyecto, fué necesario conocer las causas que habían contribuido a su deterioro, entre ellas la acción de las lluvias y las variaciones de temperaturas, la condensación de la humedad en la superficie, los esfuerzos laterales provocados por acciones sísmicas, la erosión provocada por el viento y otras causas varias, incluida la acción depredadora del hombre.

La experiencia que existía sobre el adobe estaba circunscrita a la investigación para mejorar la tecnología de la construcción de viviendas y el Proyecto contó con la colaboración de especialistas que habían participado en esos estudios, los mismos que en forma general se han descrito en páginas anteriores.

El tipo de problemas que presenta la restauración de monumentos de adobe no hacían factible un aprovechamiento directo de las experiencias antes mencionadas. El aumento de resistencia que se puede obtener con adobes nuevos estabilizados con diversos agregados, no es aplicable por lo general cuando se trata de monumentos de ese material, por que en lo posible se deben conservar los elementos originales que componen los paramentos y el agregar en algunas partes adobes más resistentes, no proporcionará una estructura homogénea ni más resistente.

Con esa premisa se vió que era más importante estudiar los procedimientos constructivos para lograr adobes con técnicas tradicionales, pero con mayor resistencia a la compresión, para reparar con ellos las partes dañadas y colocarlos al lado de los adobes antiguos formando un conjunto homogéneo. La mayor resistencia de los encuentros de los muros, de los dinteles de los vanos o de las cimentaciones, se consideró más conveniente lograr con la adición de llaves de madera, dinteles adicionales o calzaduras de piedra con técnicas adecuadas. Se pensó en todo momento que el objetivo era conservar estructuras existentes, y que no se trataba de reemplazarlas por otras nuevas recién construidas.

Cuando se investigaron los problemas de restauración de los muros de adobe con procedimientos analíticos, se vió que en los materiales antiguos era difícil obtener un rigor numérico comparable con el que se obtiene en materiales modernos. Para superar el problema se consideró que el procedimiento más adecuado era el de determinar la resistencia al colapso que tenía el muro, dividiendo luego entre un factor de seguridad para obtener la resistencia o el esfuerzo admisible. Por ejemplo para diseñar llaves de amarre se analizaron los esfuerzos producidos en los encuentros de muros y para dimensionar dinteles se analizaron los esfuerzos producidos en los vanos.

Los procedimientos de restauración utilizados en los muros de edificaciones construidas con adobe, se pueden reseñar en los siguientes casos:

Calzadura de Cimientos.— Se efectúa para mejorar las características de la cimentación, que puede presentar insuficiencias en cuanto al mortero utilizado para aglutinar las piedras o en el propio dimensionamiento de la base de sustentación. El muro de adobe que se superpone a esa cimentación debe apuntalarse adecuadamente y la operación de calzar las piedras de la base se hace por tramos alternados a fin de evitar asentamientos. Una vez reparados esos tramos se procede a intervenir en los otros tramos y el trabajo se hace por los dos lados del muro. (Fig. 5)

Calzadura en muros de adobe.— Procedimientos empleados para reemplazar las partes de los muros que presenten deterioro excesivo.

Estando el muro apuntalado convenientemente, se pueden retirar los adobes intemperizados o fracturados, sin afectar a los adobes en buen estado, que se pueden encontrar en las hileras inmediatamente

superiores. La operación se efectúa con la ayuda de trozos de madera rolliza utilizados como cuñas.

"Costura" de las Fisuras y Lesiones.— Se efectúa en los casos de lesiones o grietas verticales, reemplazando uno a uno los adobes afectados en todo el espesor del muro, siguiendo el trayecto de la grieta. (Fig. 6)

Colocación de Llaves de Amarre.— Se colocan para mejorar la trabaja en el encuentro de dos muros.

Para el cálculo analítico de las dimensiones de las llaves, se iguala la fuerza actuante con la resistente. En forma general las llaves deben llevar encima el peso de varias hileras de adobes, para trabajar en forma correcta; por eso se intercalan verticalmente cada 1.50 metros. Las llaves adoptaran la forma de una doble "L" o doble "T" según se trate de un muro de esquina o de dos muros perpendiculares.

Para colocar las llaves en un muro existente, se excavan las cavidades del mismo, hasta dejar las piezas de madera en el lugar previsto y luego se rellenan con un mortero fuerte los espacios entre los adobes y la madera para lograr el máximo confinamiento.

Una variante de las llaves utilizadas, se obtiene con la utilización de varillas de hierro ancladas en los extremos en basidores de madera. Esos tensores metálicos se colocan recubiertos con pintura anti-corrosiva y revestidos de un mortero de cemento y arena. (Fig. 7 y Fig. 8)

Refuerzos en los Dinteles de los Vanos.— Tienen como objetivo hacer más resistentes los dinteles originales, sin necesidad de reemplazarlos ya que los antiguos generalmente presentan maderas trabajadas con azuela, una inclinación o derrame y hasta pintura original que se debe conservar. El sobre-dintel de refuerzo se calcula suponiendo que actúa sobre él una carga de tipo triangular y una sobre carga que puede ser el peso del techo. Analíticamente se calcula la longitud de las piezas y el peralte mínimo que deberán tener, considerando los esfuerzos y las deflexiones en el dintel. (Fig. 7)

Intervenciones Especiales.— Se dan cuando un paramento de adobe deteriorado en extremo, presenta elementos como estucos o pinturas murales, que es necesario conservar "in situ".

Para estos casos se protegen las superficies del tramo de muro a conservar, con veladuras de papel de arroz o tela de gaza y si -

es necesario se arma un encofrado de madera para evitar la deformación de la hornacina o ventana. Luego se efectúa la calzadura - en torno a ese fragmento, que quedará embebido en un muro de adobes nuevos. Al llevar a cabo esa operación se puede rectificar el plomo del fragmento a conservar, mediante gatas hidráulicas.

Fig. J y Fig. 40)

Comentario sobre algunos ejemplos de obras llevadas a cabo.- En las obras de restauración llevadas a cabo en monumentos de adobe de la zona del Plan, se han aplicado las técnicas descritas en párrafos anteriores y se han presentado muchos casos que demandaban soluciones específicas.

En la restauración del Colegio de San Bernardo, se presentó un problema especial en la iglesia edificada en 1619 sobre los restos de los muros de casas pre-existentes, construidas en el siglo XVI. La iglesia es de planta rectangular muy alargada, midiendo 6.25 m x 31.80 m. y los muros tienen espesores que varían entre 1.20 y 1.35 metros, con una altura de 8 metros.

El muro de fachada, que no tenía contrafuertes interiores que contribuyesen a su estabilidad era el que estaba más afectado por el abandono de la iglesia, desprovista de techo y por los efectos de la intemperie durante más de 25 años. Contenía sin embargo, nichos y puertas de la primera construcción del siglo XVI, incorporadas al muro en mención.

Para la restauración se hicieron ensayos y se concluyó que la mejor alternativa de solución a fin de darle estabilidad no solo a ese muro sino también al otro paralelo, sin deformar el conjunto con la adición de contrafuertes, era la incorporación de cuatro pares de columnas de concreto armado empotradas en sus extremos inferiores en vigas de cimentación. Se tuvo en cuenta en forma muy especial que las experiencias llevadas a cabo en diversos lugares en los que se juntó el adobe con el concreto armado, habían dado malos resultados, esto se solucionó con el uso de columnas de forma rectangular en los lados paralelos a las caras del muro y con los otros dos lados ochavados, vaciadas en un espacio cortado en los muros y revestido con yeso, el que a su vez fué revestido con aceite fino. Ese diseño especial hace que el concreto armado no trabaje en acción estática y actúe únicamente en caso de esfuerzos laterales de tipo sísmico, sujetando a la masa de adobe sin golpearla y sin producir concentración de esfuerzos. En toda la altura de la iglesia se introdujeron 5 filas de llaves de madera equidistantes, que sujetan el muro de adobe a las columnas de concreto.

La solución expuesta permitió que en ese recinto de uso público se aumentara la resistencia a los efectos sísmicos.

En otro ejemplo de intervención llevada a cabo en una casa del siglo XVII adquirida por el Banco Central Hipotecario en Cusco, la existencia de importantes pinturas murales, únicas en su género, impedía intervenciones habituales para reparar las deformaciones de uno de los lados de la planta alta. Para solucionar el problema se aprovechó la existencia de dos tabiques delgados de madera y caña, que atravesaban transversalmente ese ambiente y aunque estaban coronados por un hastial pintado, se utilizaron para armar allí estructuras de madera a manera de diafragmas, que sujetan los muros de adobe perpendiculares.

Para sujetar mejor los muros deformados se colocaron vigas de concreto armado en la parte superior de estos, además para dar peso al coronamiento de los muros y obtener mejor comportamiento en casos de movimientos sísmicos.

En el antiguo Hospital de los Betlemitas de la Almudena, construido en el siglo XVIII se aplicaron también algunas soluciones específicas para resolver los problemas que presentaban los muros de adobe. Se enderezó un largo tramo de muro en segundo nivel, retirando y reemplazando los adobes que estaban en la parte inferior, en más de tres metros de altura. Se aprovechó la intervención para enderezar el muro, usando palancas y tracción mecánica para luego trabarlo en forma adecuada a las partes nuevas.

Su conservación era necesaria por la presencia de pinturas murales en el interior. Cabe destacar que la recuperación de la pintura mural con técnicas de desprendimiento actuales, hubiera tenido un costo más elevado que la operación de calzadura y enderezamiento.

Otra solución adoptada en este monumento, consistió en la colocación de una viga collar de dos piezas paralelas de madera de 6 pulgadas, en la parte superior de uno de los lados del primer claustro, a fin de contrarrestar el empuje del techo en los muros, que presentaban inclinaciones hacia el exterior. Esa doble viga constituida por piezas trasladadas aseguradas con abrazaderas de hierro se aseguró al núcleo del muro con anclajes verticales del mismo material.

En la iglesia de Canincunca, edificada en el siglo XVII y cubierta íntegramente de pinturas murales, el muro lateral de la nave con un ancho de 1.10 m., 6 m. de altura y una longitud de 21 m. presentaba una fuerte inclinación hacia el exterior, que había sido conjurada en épocas pasadas con contrafuertes adosados y después con otro muro de adobe adicional. El peso de ese muro y su

cimentación insuficiente estaban produciendo un movimiento de rotación que era necesario detener.

Para solucionar el problema sin afectar la pintura mural, se retiró el muro agregado, se reforzó la cimentación y se repusieron los contrafuertes antiguos cuyas evidencias se hallaron al retirar el muro adosado.

De acuerdo con el cálculo estructural se agregaron dos contrafuertes nuevos y se logró un adecuado arriostramiento lateral del muro inclinado y una correcta distribución de los esfuerzos de flexión, para un posible empuje de cargas laterales en caso de sismo.

Para proporcionar mayor resistencia se colocaron llaves de madera en las esquinas de encuentro con una de las torres y el muro perpendicular del abside de la iglesia. Para no tocar la madera policromada del techo de par y nudillo, se agregó una nueva estructura de madera por encima y se absorbieron los empujes laterales mediante una viga colocada a manera de anillo perimétrico, agregando además cuatro tensores metálicos, por encima de los tirantes de madera, también pintados, que atravesaban la nave como parte de la solución del techo original.

Las soluciones espuestas en forma resumida en las páginas anteriores, demuestran la plena factibilidad de restaurar adecuadamente las estructuras de adobe, aún en los casos más complejos.

La conservación del adobe en los sitios arqueológicos.- En el valle de Yucaj cercano a Cusco, se llevó a cabo una experiencia interesante de conservación con productos químicos utilizados en otros lugares, pero por primera vez en las condiciones climáticas de la zona andina.

El monumento escogido fué un recinto de probable uso ceremonial de la época conocida como de transición, es decir construido por los incas en los años inmediatos a la conquista española (1532) - Presentaba un proceso avanzado de deterioro, porque había sido reutilizado como capilla cristiana y después como local industrial, - construyendo un horno para cocción de objetos de cerámica. Durante el largo período que el monumento estuvo sin cubierta, la lluvia intensa que se presenta durante cuatro meses al año, hizo sentir su acción degradante y la alternancia de períodos secos y de lluvia originó en los muros de adobe una costra externa por la migración de sustancias disueltas en el interior de los mismos y transportadas al exterior por el agua. Las partes superiores de los muros eran las más afectadas por que el adobe se había disgre-

gad por efecto de los factores atmosféricos.

Otro factor de deterioro estuvo constituido por perforaciones que habían hecho los insectos, una variedad de moscardones, para anidar en los muros de adobe. La consolidación de esos orificios se hizo eliminando el polvo y los restos de larvas que había en el interior de cada uno de ellos y se rellenaron con arcilla mezclada con mowilith DMH-1 al 2% y paja cortada. Antes de rellenar cada orificio se aplicó pentaclorofenol muy diluido.

Para la consolidación del adobe se hizo un tratamiento químico superficial con una mezcla 1 a 1 de silicato de etilo y alcohol etílico industrial al 96%, con el agregado de 1% de ácido clorhídrico, como catalizador de la reacción de polimerización. El proceso de aplicación de esa mezcla inflamable y tóxica se hizo con una bomba de aspersión empleando en promedio un litro de silicato por cada metro cuadrado de muro.

Para consolidar estructuralmente los muros se hicieron los trabajos habituales de calzaduras y se agregaron varias hiladas de adobes nuevos colocados en un plano ligeramente posterior al de los adobes antiguos, para acentuar la diferencia del material nuevo. - Una vez niveladas las alturas de los muros se hizo una cubierta de madera y paja, sobresaliendo medio metro a cada lado de las caras de los muros para protegerlos, sin necesidad de reconstruir el techo original del recinto.

En este monumento existen hornacinas con restos de pintura mural policromada, representando rostros de incas con sus prendas características cubriendo la cabeza, que fueron consolidados y fijados luego de la limpieza necesaria.

Esa experiencia con silicato no se ha repetido, pese a los buenos resultados obtenidos, por que el alcohol etílico tiene un costo muy elevado y el silicato de etilo debe importarse mediante pedido especial. En la huaca Garagay conjunto ceremonial de época Chavin que data de 1000 años antes de Cristo, ubicada en las inmediaciones de Lima y en el conjunto arqueológico de Chan-Chan en el norte del Perú, también se ha experimentado el silicato de etilo. Observando esos tres casos se puede afirmar que dá buenos resultados en los muros de adobe y en los frisos decorativos en relieve que no tienen pintura. La superficie se endurece y deja de desprender polvo.

Los problemas que deben tener en cuenta consisten en evitar u-

na sobre saturación de las superficies tratadas por que se impermeabilizan impidiendo un tratamiento posterior. Un adecuado control de las proporciones y mezclas puede ser suficiente para el caso, debe tenerse en cuenta también que la aplicación del silicato produce un cambio de color en los adobes, dando un tono ligeramente oscuro.

Para el caso de pinturas sobre adobe ha sido más adecuada la aplicación de productos como el Primal, Mowilith, Paraloid y Calaton, que se han experimentado antes con éxito en las pinturas al fresco. El silicato de etilo altera el color de las pinturas, aunque un tratamiento muy cuidadoso evitando el exceso de ácido clorhídrico en la mezcla, puede evitar el cambio de color.

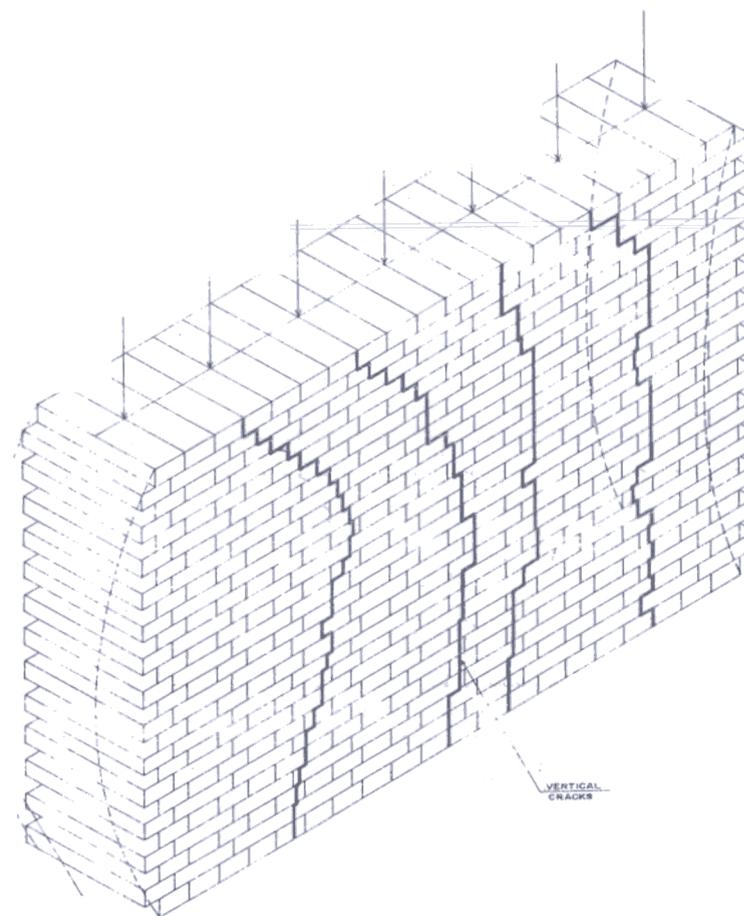
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS :

- 1.- Asociación de Aseguradores del Perú:
"Comportamiento de las construcciones de adobe ante movimientos sísmicos" Lima 1972.
- 2.- Bueno Mendoza, Alberto:
"Materiales para el estudio de la arquitectura arqueológica" Editorial Universo, Lima 1977.
- 3.- Carnegie - Mellon University - Pennsylvania, USA:
"Indigenous building Techniques of Perú and their potential for improvement to better withstand earthquakes" 1980.
- 4.- Concha Bustamante, Oscar:
"Diseño sismo-resistente de muros de adobe" Tesis Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- 5.- Chiari, Giacomo:
"Informes de Consultor UNESCO para el Proyecto PER 71/539 - Cusco".
- 6.- De Sutter, Patrick:
"Ensayo de materiales y métodos constructivos para la restauración en la Región Andina" Proyecto PER 71/539 INC-UNESCO, Cusco 1978.
- 7.- De Mesa Figueroa, José:
"Un progetto per la valorizzazione dei siti archeologici: - il Piano COPESCO" Enciclopedia Scienza - Tecnica Mondadori, Italia 1975.
- 8.- Samanez Argumedo, Roberto:
"Appropriate Technology and the conservation of adobe" UNESCO - Paris 1980 (en prensa).

"Los sismos y la conservación de los monumentos en la zona Andina del Perú", Seminario sobre protección de monumentos en áreas sísmicas, La Antigua - Guatemala, noviembre 1979 - UNESCO/ICOMOS.
- 9.- Sovero Molero, Guillermo:
"Elaboración y aspectos estructurales de las construcciones de adobe" II Forum Regional de vivienda - Cusco Perú, noviembre 1979.
- 10.- Sovero Guillermo y Menendes Juan:

'Informe sobre consolidac de
nincunca" INC-Cusco 1979

Yamashiro Ricardo UNESCO para Proyec /5:



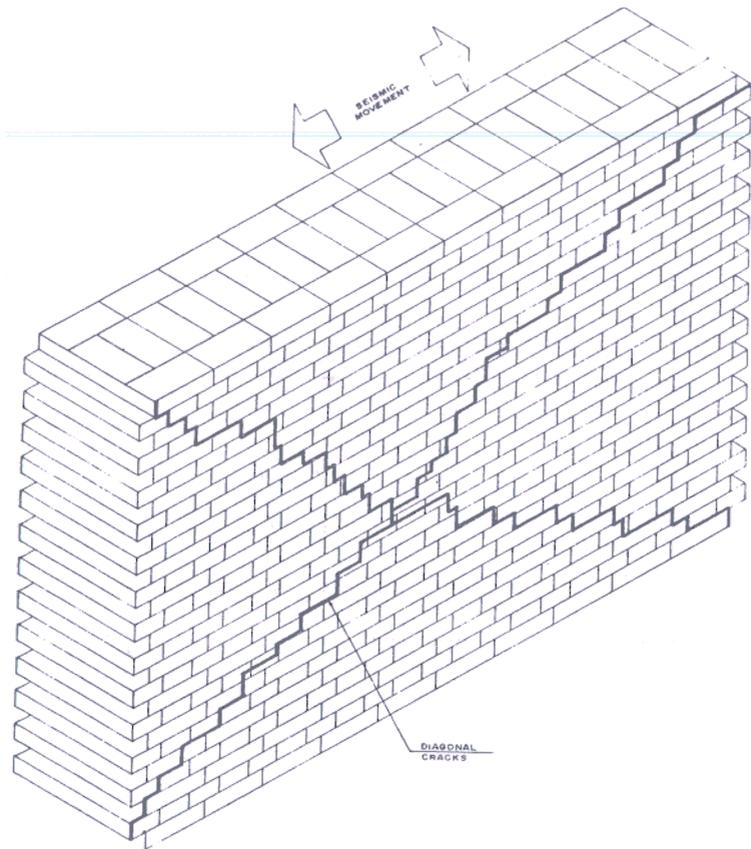


FIGURE 2

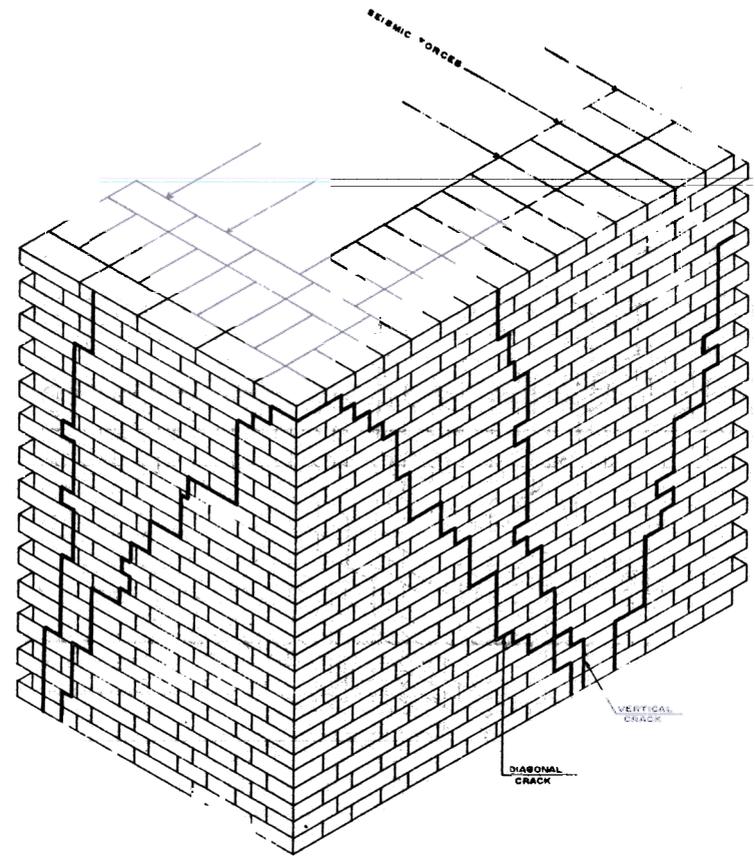


FIGURE 3

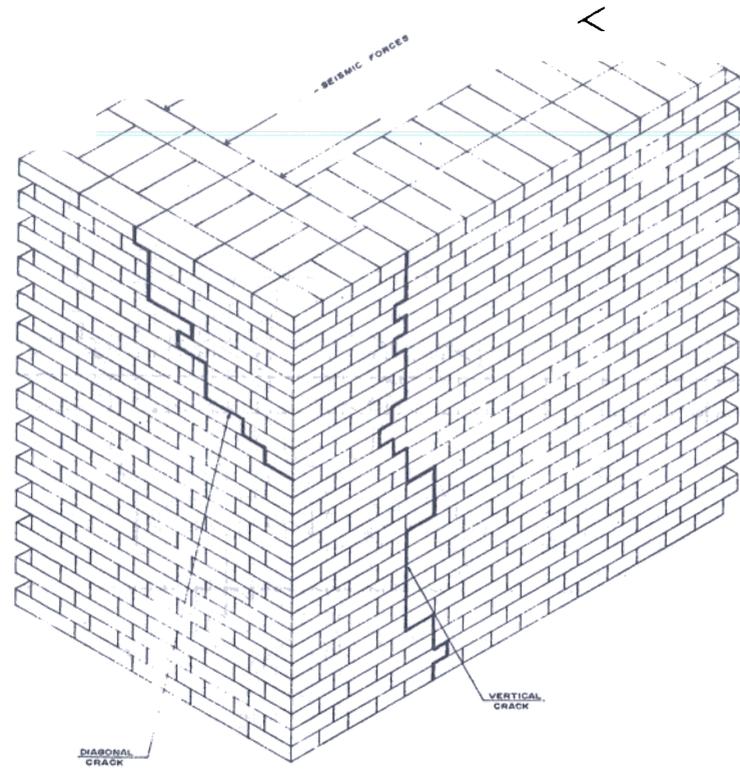


FIGURE 4

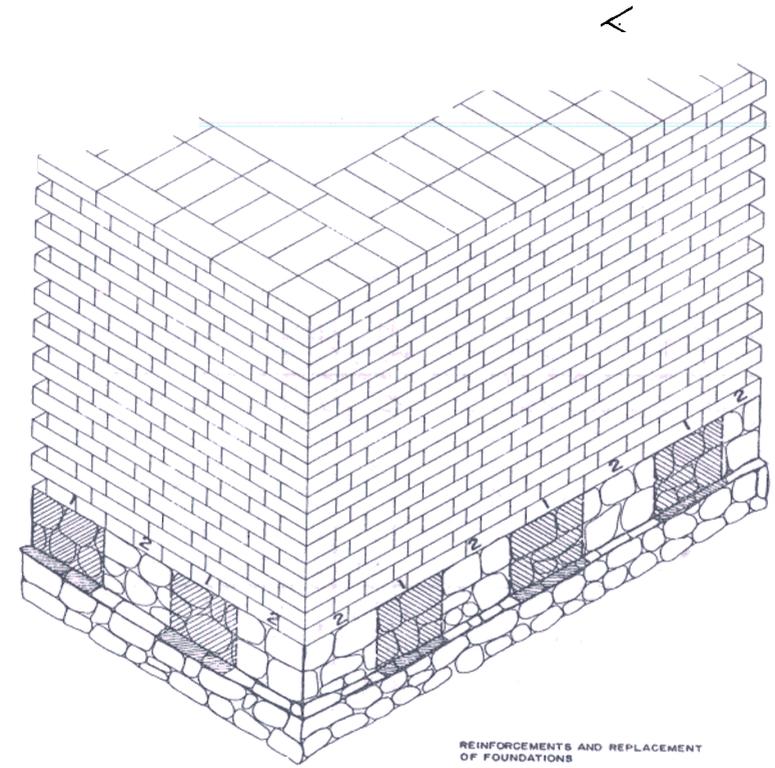


FIGURE 5

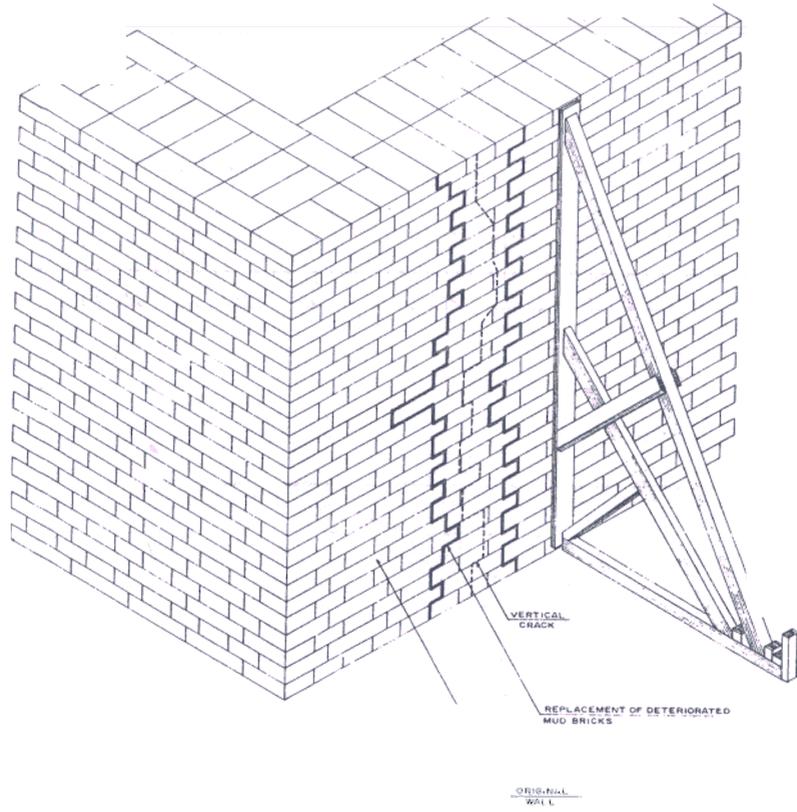
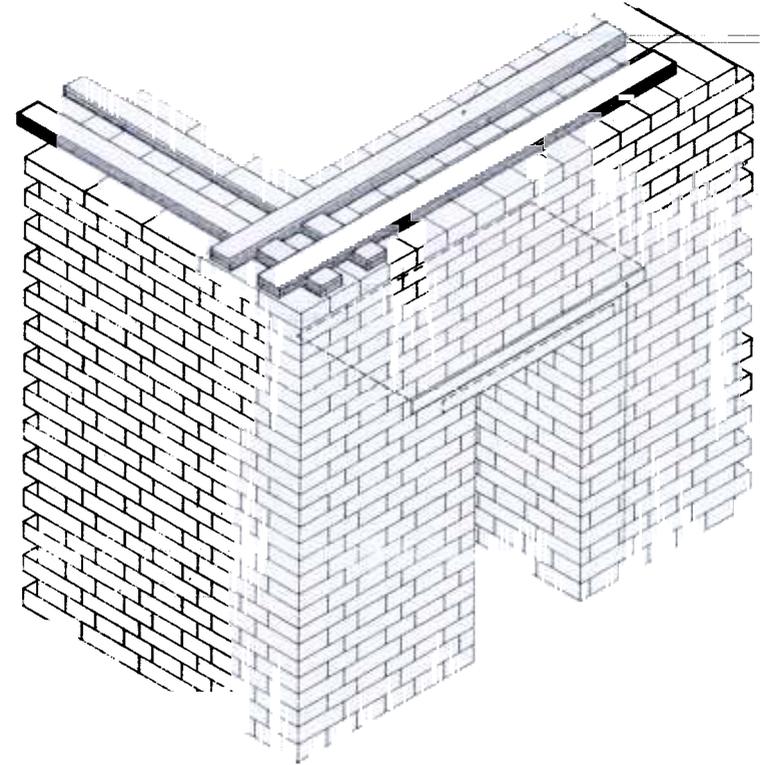
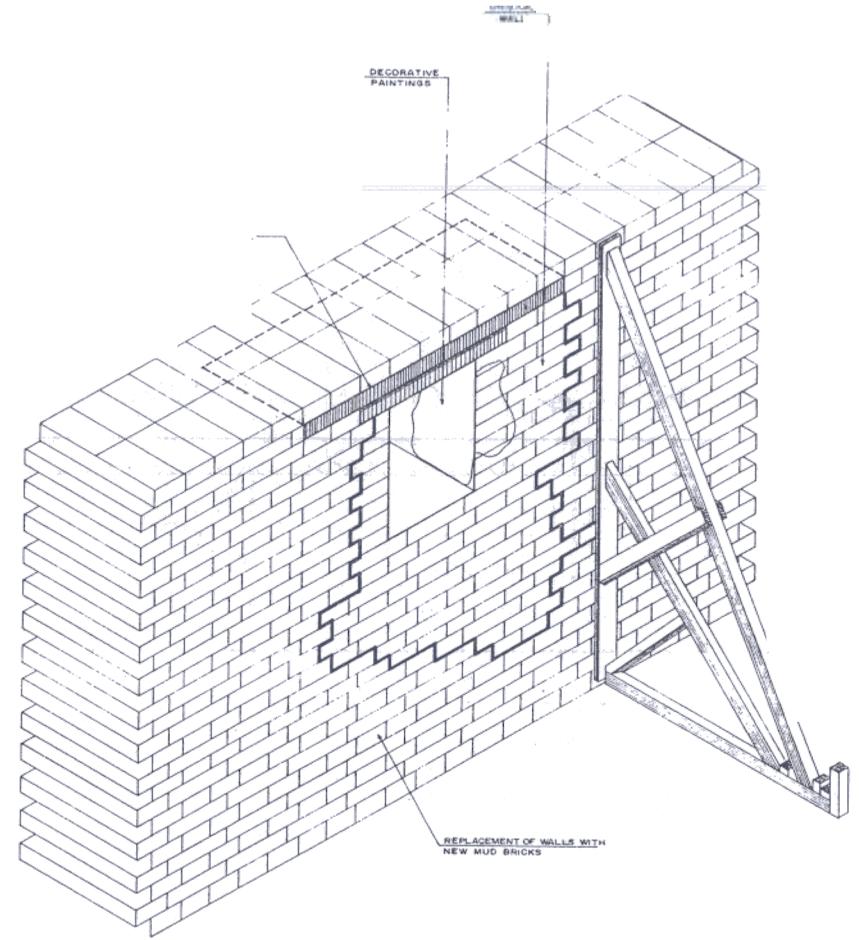
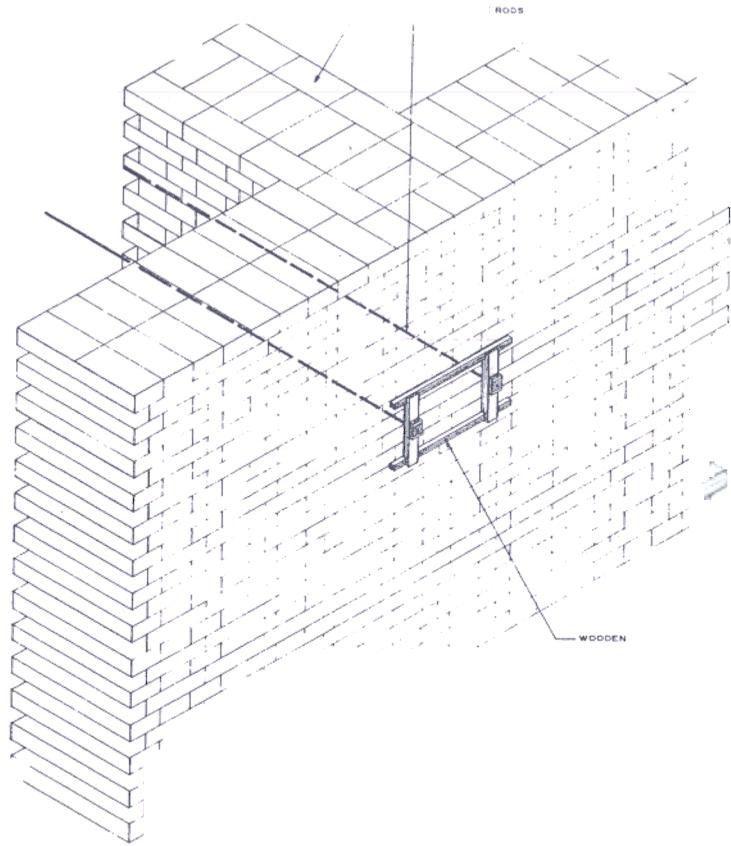


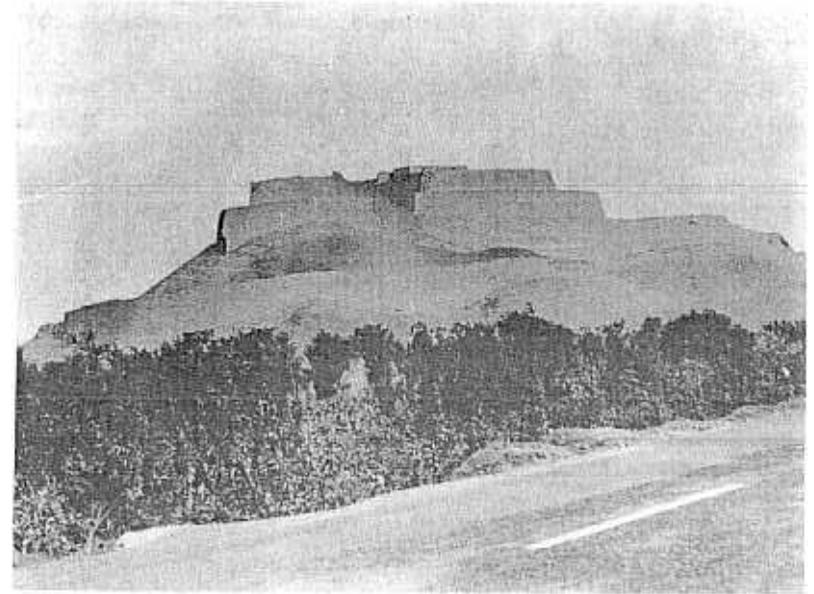
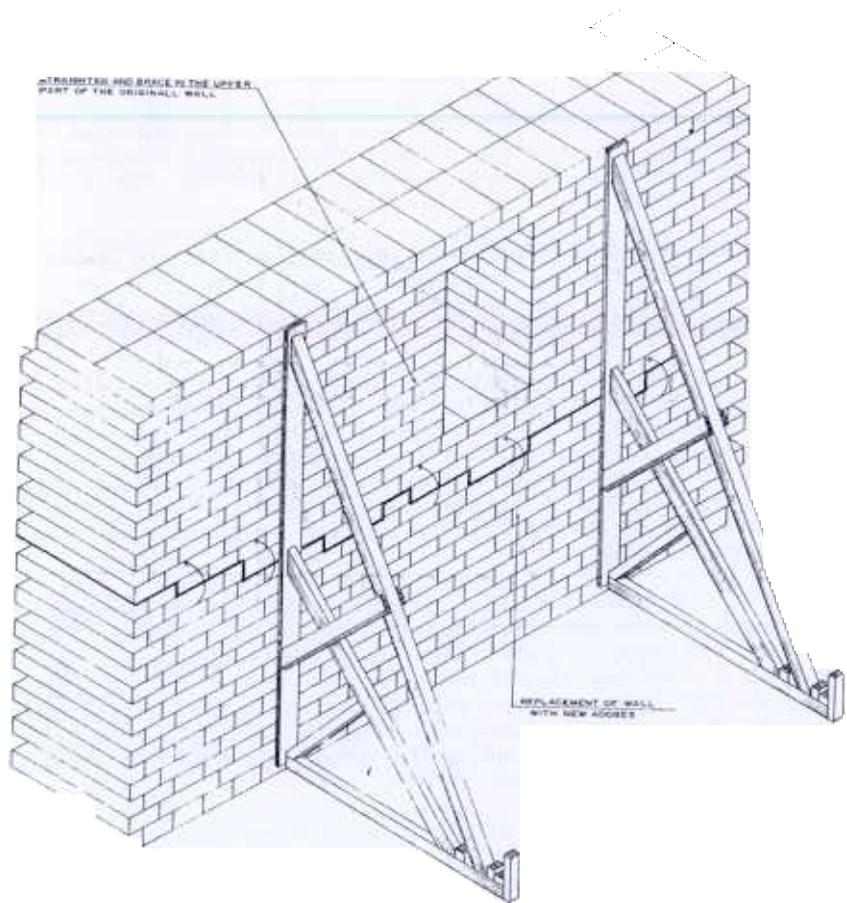
FIGURE 6

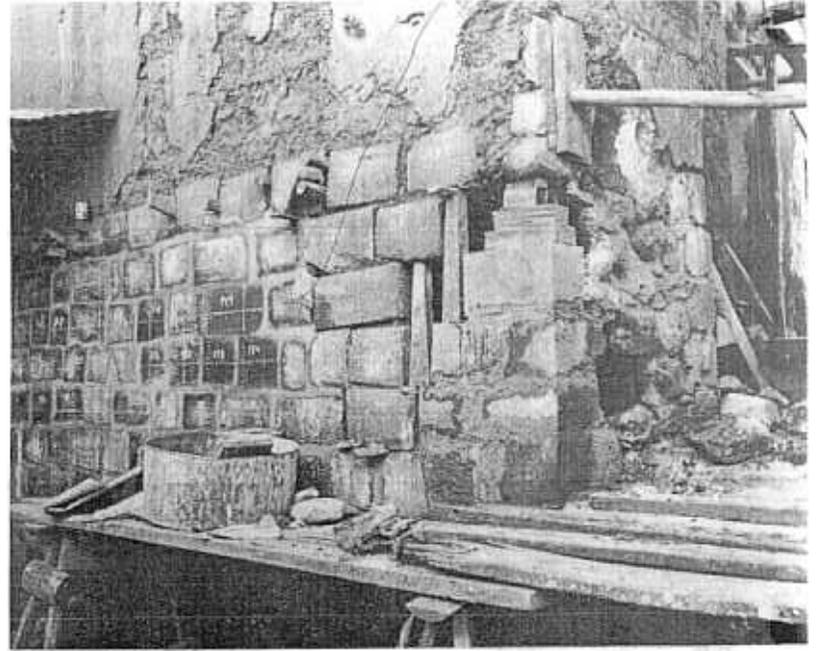
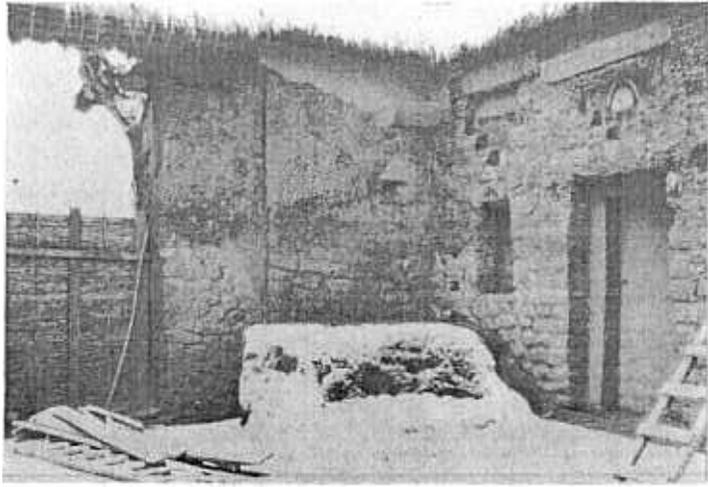
WOODEN REINFORCEMENTS
EVERY 1.60 METERS



FIGURE

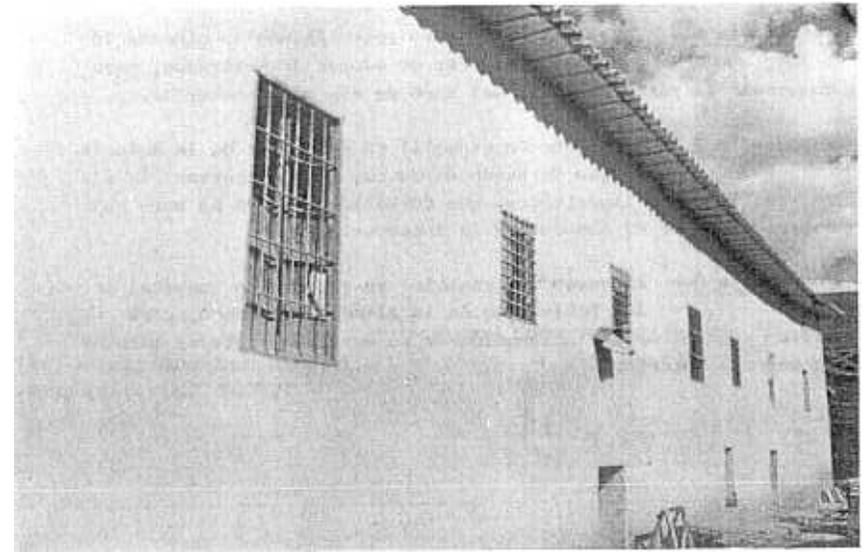
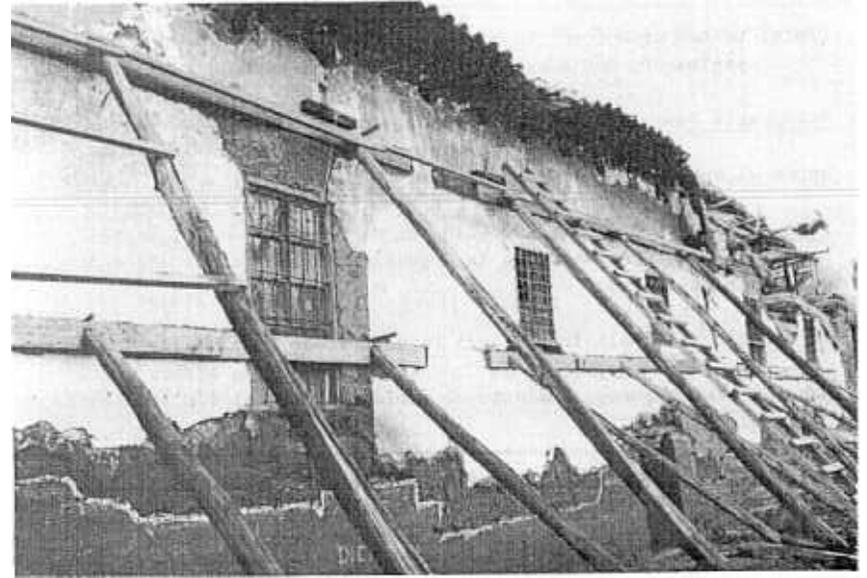
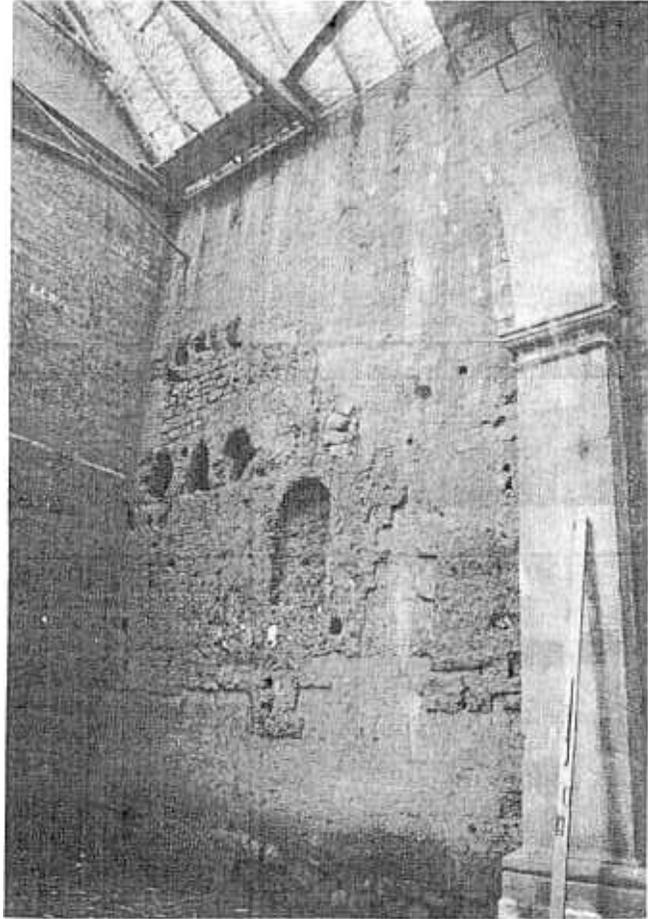






||





RELACION DE FOTOGRAFÍAS QUE ACOMPAÑAN AL TEXTO PRESENTADO

(Nota: Se han armado en forma provisional para permitir una com-
paginación más adecuada al traducir el texto.)

Fotografía 1.- Fortaleza de Paramonga construida de adobes en-
el siglo XV, al inicio del dominio de los Incas
sobre el antiguo reino Chimú.

Fotografía 2.- Conjunto arqueológico de Tambo Colorado, repre-
sentativo de la arquitectura Inca edificada con
adobes en la costa.

Fotografía 3.- Palacio de Sayri Tupac ubicado en el Valle de Yu-
cay, cerca de Cusco. Edificación de adobes sobre
base de piedra correspondiente al período de transición Inca -
Colonial (Siglo XVI).

Fotografía 4.- Casa del Almirante Alderete Maldonado en la Ciu-
dad de Cusco, construida en 1580 utilizando pie-
dra y adobe. Se restauró entre los años 1975 - 1978.

Fotografía 5.- Calzadura de muros de piedra que sustentan ado-
bes, utilizando cuadrículas para ubicar el lugar
exacto de las piezas.

Fotografía 6.- Calzadura de un muro reemplazando la cimentación
y primeras hileras de adobes deteriorados, para
conservar la parte superior del muro de ese mismo material.

Fotografía 7.- Intervención especial en el abside de la iglesia
de San Bernardo en Cusco, para conservar "in si-
tu" testimonios importantes, que formaban parte de un muro muy
deteriorado por el abandono y la intemperie.

Fotografía 8.- Intervención especial en el antiguo Hospital de
los Betlemitas de la Almudena en Cusco, para -
calzar y eliminar la inclinación de un muro con pinturas murales
en su cara interior.