

EL TERREMOTO DEL CUZCO DEL 21 DE MAYO DE 1950

por:

Enrique Silgado, Jaime Fernández Concha y George E. Ericksen.

SINTESIS

El terremoto del 21 de Mayo de 1950 dañó más de un 50 % los edificios del Cusco y ocasionó 394 víctimas entre muertos y heridos. Ocurrió sin movimientos premonitores y fué seguido por algunas débiles réplicas. El área epicentral estuvo confinada al valle del Cusco (unos 12 kms.²) circundada por una área de casi 500 kms.² afectada por destrucción en menor escala. El área de percepción del terremoto fué pequeña: 15,000 a 16,000 kms.² y los efectos del mismo localizados en la ciudad del Cusco, la profundidad del foco se calcula en unos 8 a 10 kms., estimándose que la intensidad en el área epicentral alcanzó el grado VII de la Escala Modificada de Mercalli (1931) siendo menor de 300 gal la aceleración horizontal producida. Los fuertes daños ocurridos se atribuyen en gran parte a la construcción deficiente y a su antigüedad. Así, los templos erigidos hace 250 a 350 años, las casas vetustas de adobe y las de construcción reciente de adobe y ladrillo combinado, fueron las más afectadas. El terremoto aumentó la destrucción de los edificios lesionados por el fuerte sismo de 1941.

En este informe se presenta también un resumen de la geología del valle del Cusco y se comprueba que los mayores daños ocurrieron en las construcciones situadas sobre bancos de grava aluvial saturada de agua.

El sismo tuvo probablemente un origen tectónico, apesar de no existir manifestaciones de fallas activas en la superficie del terreno. Sin embargo, la zona de extensa fisuración en los sedimentos no consolidados al sur del Valle, podría relacionarse a una falla en el lecho de roca debajo de esos sedimentos.

INTRODUCCION

El terremoto del Cusco del 21 de Mayo de 1950, se sintió en un área de 15,000 a 16,000 kms.² comprendida entre los paralelos 13° 13' y 14° 30' de Lat. S y los meridianos 71° 25' y 72° 55' Long. W.

La ciudad del Cusco, situada en la parte norte de esta área, tiene como coordenadas geográficas: 13° 31' Lat. S y 71° 59' Long. W.

A los siete días de haberse producido el sismo, viajó a la ciudad del Cusco una comisión mixta del Instituto Geológico del Perú y del U. S. Geological Survey, formada por los autores del presente informe, para examinar el terreno y apreciar los efectos del sismo. Los resultados de este reconocimiento realizado entre el 28 de Mayo y 4 de Junio se exponen en este informe.

Debemos hacer constar las facilidades que para el mejor logro de nuestra misión, nos otorgó el Jefe de la Oficina Departamental de Caminos, Ing. Carlos Jiménez M. al proporcionarnos un vehículo para nuestros viajes de reconocimiento. Dicho funcionario así como el Sub-Director de Arquitectura, Ing. Humberto Guerra, nos suministraron varios informes estadísticos. El Director de la Oficina Nacional de Urbanismo, Ing. Luis Dorich nos facilitó el plano base del Cusco, y varios informes para la preparación del mapa de la distribución de daños ocasionales. El Agregado Civil a la Embajada Americana en Lima Dr. Albert Giesecke aportó otros datos sobre la extensión de daños. El Profesor de Geología de la Universidad del Cusco, Dr. Carlos Kalafatovich, nos ha permitido reproducir algunas de las observaciones que hizo en el Cusco y otros lugares después del terremoto.

Debemos agradecer a muchas personas del Cusco que facilitaron nuestra labor, permitiéndonos inspeccionar sus domicilios o bien dándonos detalles del terremoto.

SISMICIDAD DE LA REGION

La estadística sísmica de la región del Cusco es deficiente e incompleta. J. A. Polo, en su "Sinopsis de Temblores y Volcanes del Perú"

(1904), dió una relación de los temblores ocurridos durante los siglos XVII, XVIII y XIX.

La descripción de los temblores del siglo actual está diseminada en informes esporádicos y sobre todo noticias de los diarios, pero desde 1945 el Instituto Geológico del Perú publica un boletín anual titulado "Datos Sismológicos", donde se consignan las características de los sismos ocurridos en el país durante cada año.

De estas fuentes se ha recopilado la siguiente relación referente al departamento del Cusco.

Siglo XVII: 31 de Marzo de 1650 a las 14 horas se produjo un terremoto en el Cusco. La ciudad quedó en ruinas y por varios días se repitieron los temblores. Se sintió en Lima el movimiento principal.

Siglo XVIII: en el año 1717 ocurrió un temblor más o menos fuerte en Quiquijana, provincia de Quispicanchis. En 1746 se sintieron temblores en Paruro, Quiquijana, Oropesa y con más fuerza cerca de la Hda. Lucre.

Siglo XIX: el 7 de Setiembre de 1823, el 18 y 19 de Julio de 1832 y el 16 de Noviembre del mismo año acaecieron movimientos sísmicos en el Cusco.

El 27 de Marzo de 1870 a 01 h. 10 m. hubo otro fuerte temblor en el Cusco. El 10 de Julio del mismo año a las 13 h. 30 m. las provincias de Chumbivilcas y Cotabambas fueron sacudidas por un fuerte sismo.

El 5 de Diciembre de 1875, a las 21 h. 30 m. hubo un violento sismo en Abancay que fué antecedido de dos movimientos y seguido por 27 réplicas durante las siguientes 9 horas. Los choques sísmicos fueron percibidos hasta el pueblo de Corahuasi.

Siglo XX: durante el presente siglo no se registraron sismos fuertes hasta el 5 de Marzo de 1938, cuando a partir de las 7 a.m. el pueblo de Acopia, provincia de Acomayo fué sacudido por fuertes y repetidos temblores que causaron derrumbes de casas, cuarteamiento de paredes y agrietamientos del terreno.

El terremoto del 23 de Junio de 1939 arruinó el pueblo de Pomacanchi. Ocurrió a las 23 h., y dejó un saldo de 37 muertos y 40 heridos.

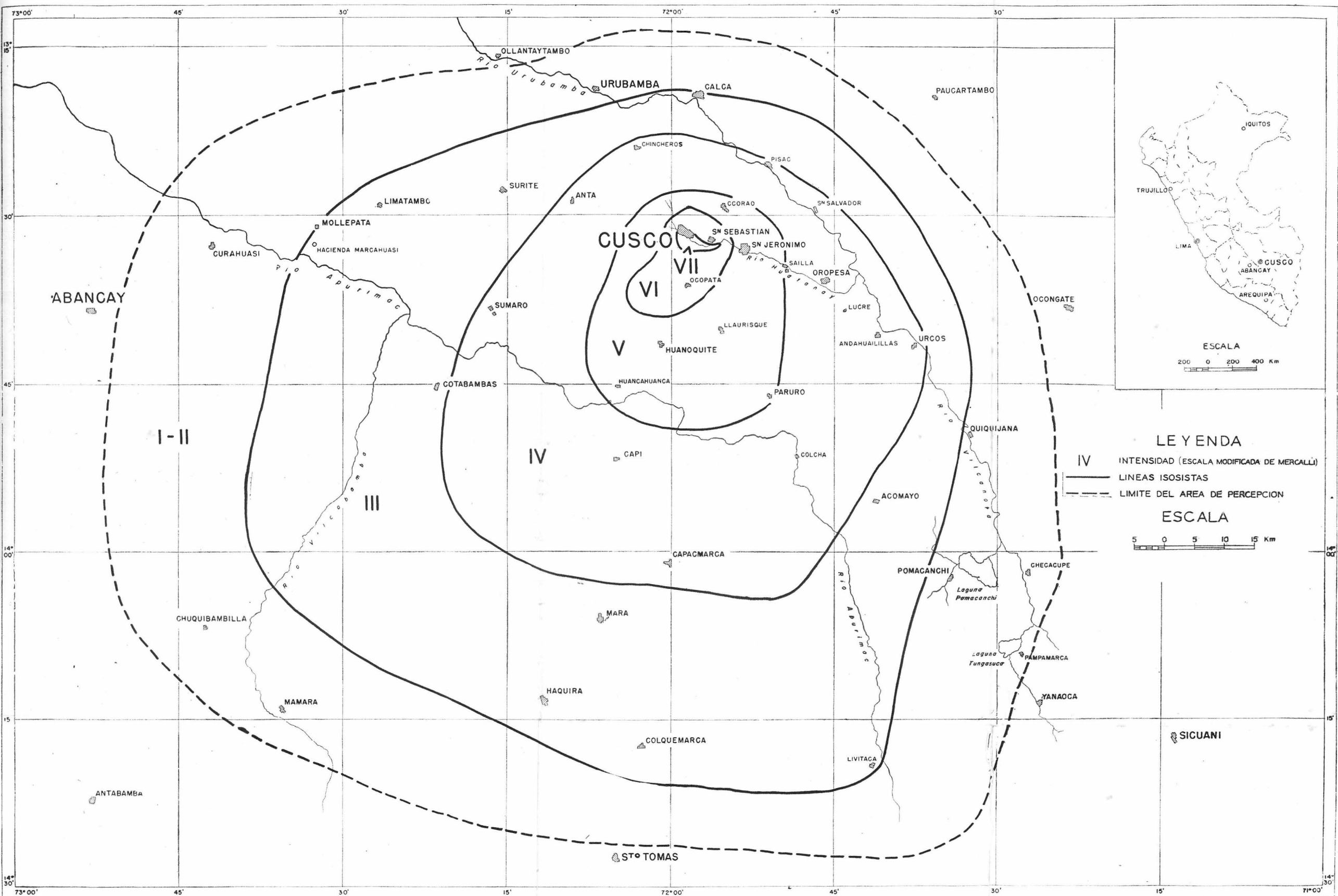
Se sintieron alrededor de 50 temblores de menor intensidad 24 horas después del movimiento principal. La destrucción fué circunscrita a Pomacanchi, sintiéndose el sismo en los pueblos cercanos de Yanaoça, Tinta, Checacupe, Combapata, Sangarara y Sicuani.

El 18 de Setiembre de 1941, a las 08 h. 15 m. se produjo un fuerte movimiento sísmico en el Cusco, que dañó varias iglesias, capillas, edificios públicos y viviendas; meses después, la Junta Directiva del Touring Club del Cusco solicitó a las autoridades la reconstrucción de los templos que sufrieron desperfectos. Este movimiento se sintió en Abancay, Pararca y Caravelí.

El 30 de Enero de 1943, a las 24 hs., se produjo un sismo destructivo en los pueblos de Yanaoça y Pampamarca, provincia de Canas. El fenómeno tuvo carácter local, fué muy destructivo y causó 75 muertos y 200 heridos.

Del año 1946 al 49 se han sentido en la región del Cusco 11 temblores, todos ellos de carácter local y que se enumeran a continuación.

<i>Lugar</i>		<i>Fecha del Sismo</i>	<i>Intensidad en Esc. Mercalli Modificada</i>
Cusco	—	1º Febrero, 1944;	III — IV
Cusco	—	21 Febrero, 1946; 05 h. 48 m.;	III
Marcahuasi	—	17, Abril 1946; 12 h. 30 m.;	III — IV
Cusco	—	30 Mayo, 1946; 11 h. 56 m.;	III
Canas	—	3 Junio, 1947;	moderada
Quillabamba	—	31 Octubre, 1947; 10 h. 00 m.;	IV
Cusco	—	10 Enero, 1948; 03 h. 55 m.;	II
Marcahuasi	—	10 Octubre, 1948; 03 h. 40 m.;	III
Cusco	—	6 Noviembre, 1948; 05 h. 17 m.;	III
Cusco	—	10 Enero, 1949;	II
Cusco	—	15 Abril, 1949;	III



BASADO EN LAS HOJAS DE LA CARTA NACIONAL DEL SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO

FIGURA N°1. LINEAS ISOSISTAS DEL TERREMOTO DEL CUSCO DEL 21 DE MAYO DE 1950

DESCRIPCION DEL TERREMOTO

Durante nuestra visita entrevistamos a más de 100 personas residentes en el Cusco y sus alrededores, las que nos proporcionaron valiosa información sobre las características del fenómeno y una clara idea de las sensaciones experimentadas por ellos durante el mismo.

Todos estaban bastante de acuerdo sobre las siguientes características del sismo:

- (1) La primera sacudida se sintió entre la 1 : 35 a 1 : 40 p.m.
- (2) La duración fué de 5 a 8 segundos.
- (3) El movimiento fué rápido y mayormente en sentido vertical.
- (4) El movimiento fué sentido por todos, en el Cusco y cercanías, causando pánico general.
- (5) Las puertas trepidaron, haciendo ruido las ventanas. Los objetos suspendidos oscilaron.
- (6) No sonaron las campanas de las iglesias.
- (7) Los árboles se agitaron violentamente.
- (8) Algunos objetos pequeños tales como estatuas, vasos, etc., se voltearon. Las sillas, mesas y otros tipos de mobiliario se movieron ligeramente pero no se voltearon.
- (9) No se escucharon ruidos subterráneos.

Area afectada

El área de mayor destrucción fué de 12 kms.² y estuvo localizada en el Valle del Cusco, incluyendo las ciudades del Cusco, San Sebastián y haciendas situadas al S y SE (Véase figura 1). Dentro de esta área un gran porcentaje de construcciones resultaron seriamente dañadas y prácticamente todos los edificios muestran efectos del sismo.

Se formaron algunas grietas en el terreno y se produjeron numerosos derrumbes y deslizamientos a lo largo de laderas escarpadas formadas por aluviones recientes y sedimentos lacustres pleistocénicos poco consolidados.

En un área circundante menor de 500 kms.² los daños fueron más ligeros. Partiendo del Cusco esta área se extiende unos 10 kms. al E hasta San Gerónimo; 7 kms. al NE hasta Ccorao, menos de 5 kms.

hacia el W, y alrededor de 25 kms. hacia el SE hasta un lugar cercano a Huancahuana.

El área de percepción es aproximadamente elíptica en forma y abarca una extensión de 15,000 a 16,000 kms.² Se extiende tomando la ciudad del Cusco como referencia unos 35 kms. al N, 100 al S, 95 al W y 60 al E.

El estudio de los efectos del sismo en los alrededores del área epicentral nos permitió establecer las zonas de igual intensidad de percepción y trazar en esta forma las líneas isosistas que aparecen en la figura 1. En las zonas apartadas del área epicentral, se utilizaron datos provenientes de cartas, telegramas y tarjetas cuestionales enviadas desde diversas poblaciones del sur del Perú.

Apreciación general de los efectos del terremoto

El plano del Cusco (fig. 2) muestra la distribución de los daños ocasionados por el terremoto y la magnitud que éstos alcanzaron en los diversos sectores de la ciudad. Las manzanas que figuran en blanco no han sido inspeccionadas y sólo contenían unas pocas casas-habitación.

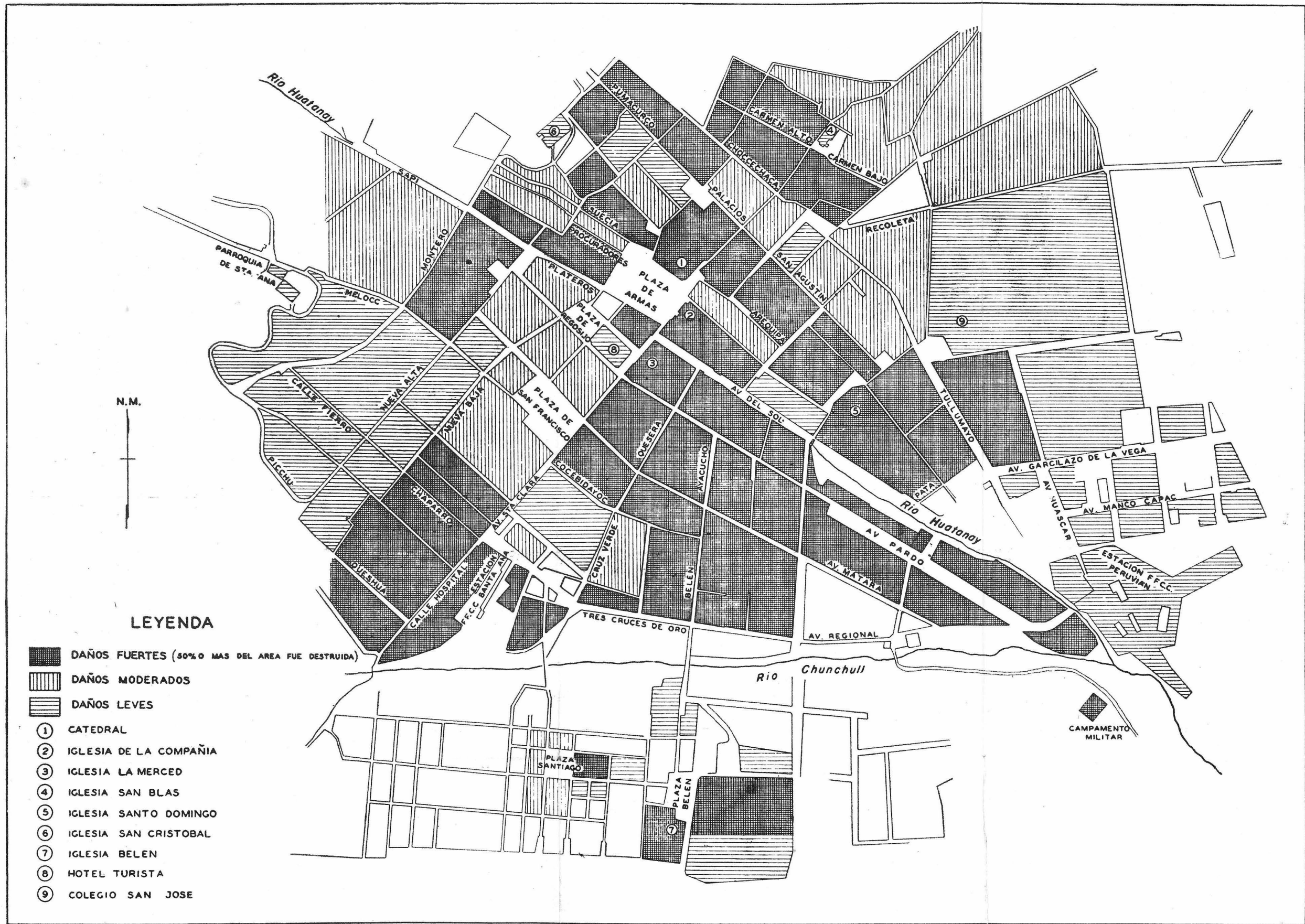
Las características de los daños producidos en los sectores situados al norte de las avenidas El Sol, Santa Clara y Garcilaso de la Vega, se tomaron de los planos de detalle de la Oficina Nacional de Planeamiento y Urbanismo, mientras que los deterioros del lado S de esas avenidas se determinaron por reconocimiento directo de los suscritos.

En general, la mayor destrucción se localizó en la parte central de la ciudad, donde el material aluvial depositado por el río Huatanay es más potente, como también en la zona comprendida entre los ríos Huatanay y Chunchull.

El río pasa a través del Cusco, debajo de la calle Sapi, se desvía al sur de la Plaza de Armas y corre luego debajo de la Avda. El Sol.

Todas las casas situadas en la parte meridional de la ciudad son bastante húmedas y el nivel hidrostático en algunos lugares está sólo a 50 a 70 cms. de profundidad (carta del Dr. Kalafatovich). Se cree fundamentalmente que la potencia de las gravas aluviales y el grado de saturación del suelo han jugado un rol principal en la intensidad del sismo.

Los edificios que más daños sufrieron, fueron los templos, las antiguas construcciones de adobe y las combinadas de adobe y piedra o la-



MAPA BASADO EN EL CATASTRO LEVANTADO POR LA OFICINA NACIONAL DE PLANEAMIENTO Y URBANISMO DEL PERU

FIGURA 2. DISTRIBUCION DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR EL TERREMOTO EN LA CIUDAD DEL CUSCO

drillo; como los edificios son de material no inflamable, no se produjeron incendios.

Los muros incaicos quedaron intactos, con la excepción de la Iglesia de Santo Domingo, en la cual se rajaron algunos bloques de piedra, otros se desquiciaron en las esquinas y varios giraron cerca de 1 cm. de su posición original.

La población estimada del Cusco al momento del terremoto era de 65,000 a 70,000 habitantes y según la Oficina de Planeamiento y Urbanismo tenía alrededor de 2,500 viviendas. De acuerdo con los diarios perecieron en el terremoto unas 129 personas mientras otras 265 resultaron heridas.

Los daños sufridos por la propiedad urbana fueron valuados por la Oficina de Reconstrucción del Cusco en la forma siguiente:

Viviendas con destrucción integral (Demolición inmediata)	19.72 %
Viviendas con destrucción parcial (Demolición futura)	41.60 %
Viviendas destruidas en el momento del sismo	1.73 %

La suma de estos porcentajes indicaría entonces que se debería reconstruir el 63.05 % de las viviendas.

Estos datos son los más exactos, sin embargo, no dan una verdadera representación de los daños ocasionados por el terremoto, ya que muchos edificios habían sido dañados por el fuerte sismo del 18 de Diciembre de 1941 y cuya destrucción se completó en 1950.

Iglesias

Los templos e iglesias del Cusco, erigidos hace 250 a 300 años, sufrieron grandes averías. Los muros de estos edificios consisten en bloques de piedra y los techos son bóvedas de ladrillo sustentadas en arcos de piedra. El mortero entre los bloques se encuentra intemperizado y casi ha perdido su coherencia. Las fachadas de las iglesias son generalmente muy ornamentadas, con pilares y adornos de piedra tallada y con campanarios en las esquinas. Existen también 1 ó 2 iglesias en cuya construcción predomina el adobe.

Los campanarios de estas estructuras fueron los más dañados, ya sea agrietándose seriamente o fraccionándose en dos, tal como sucedió

con una de las torres de la Iglesia de Belén (Foto N° 3) en que íntegramente se desplomó una esquina.

Los muros de muchas iglesias mostraban diversas grietas, algunas en zig-zag, por la debilidad del mortero. El sismo aflojó también algu-



Foto 3. Iglesia de Belén; el campanario oeste se derrumbó durante el temblor.

nas piedras claves de los arcos, y en una o dos de las iglesias que visitamos se habían desprendido pedazos de ladrillos de las bóvedas. Algunos pilares de las fachadas se fracturaron longitudinalmente como si

hubieran estado sometidos a una fuerte compresión vertical (Véase Foto N° 4). En el Convento de la Iglesia de Santo Domingo, los pilares de

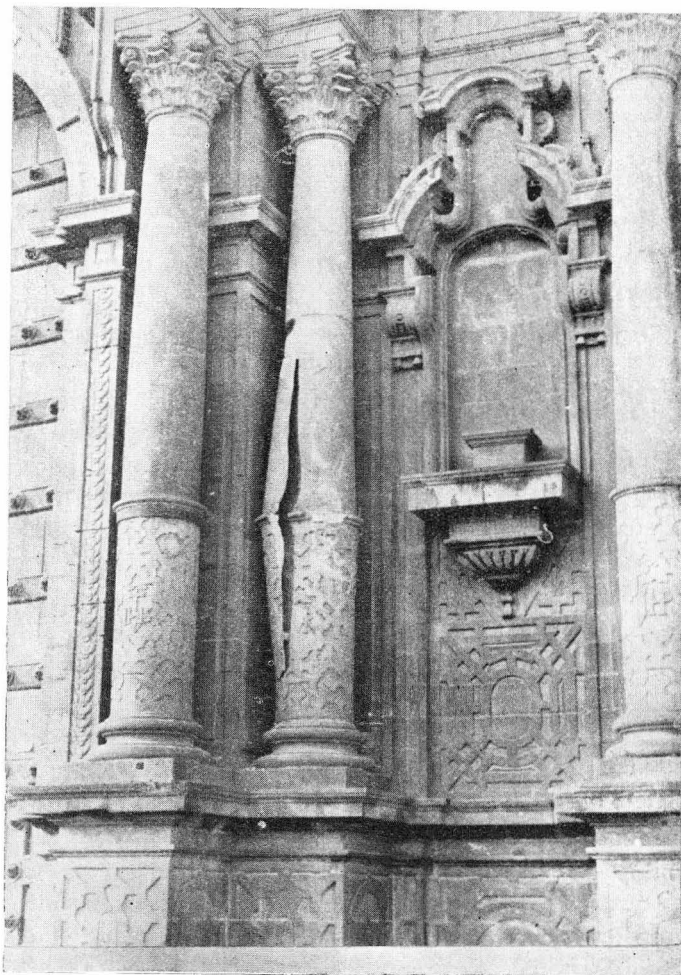


Foto 4. Iglesia de La Merced; una de las columnas de piedra de la fachada se rajó longitudinalmente durante el terremoto.

piedra que sustentaban los arcos se partieron longitudinalmente, rompiéndose según las uniones horizontales.

En el interior de los templos, la ornamentación de los altares sufrió varios desperfectos, entre otros el agrietamiento del dorado, algunas estatuas giraron, otras cayeron y se cuarteó el enlucido de las paredes como de los techos, frecuentemente con algunos desprendimientos.

Daños a la propiedad

(a) Construcciones de adobe y ladrillo.

La mayoría de las viviendas del Cusco son edificaciones de adobe o adobón de una o dos plantas. Los adobes que son modelados de barro, cascajo y paja, tienen una longitud de 50 a 70 cms., un espesor de 10 a 20 cms. y un ancho de 25 a 40 cms. Generalmente, las paredes se erigen con los adobes secados al sol que se unen con un mortero de barro y se colocan sobre cimientos de piedra con ligazón de barro o cemento. Las construcciones de adobón consisten en bloques de barro de 50 cms. a 1 m. de altura, apisonados en moldes de madera. Los muros de adobe sufrieron daños semejantes a los sufridos por los tapiales de adobón y aparentemente tienen el mismo grado de resistencia a los temblores.

Muchas de las paredes de estas construcciones carecen de trabazón y los techos están apoyados sobre vigas de Eucaliptus. Los tejados son armazones de madera cubiertas con un encañado que sirve de soporte a las tejas. Las paredes sometidas a esta clase de cargas, tienden pues a deformarse y sólo con la acción del tiempo ceden.

Con el terremoto, muchas paredes quedaron combadas, desarticulándose las esquinas y agrietándose los dinteles de puertas y ventanas en una inclinación de 45°; los techos y pisos de las plantas superiores se separaron de las paredes y los tejados se deslizaron. En muchas de las construcciones que quedaron en pie, se apuntalaron los frentes (véase Foto 5), para evitar su desplome en caso de otro fuerte movimiento sísmico. En general, las construcciones nuevas de adobe sufrieron menos que las antiguas del mismo material. En cambio, las casas recientes de ladrillo y adobe en las vecindades de las Avenidas Pardo y El Sol resultaron con graves averías (Foto N° 6) debidas en parte a la consistencia del suelo de aluvión saturado de las márgenes del río Huatanay y en parte al resultado de emplear a la vez dos clases diferentes de material en la construcción.

(b) Construcciones de concreto armado.

Los pocos edificios de concreto armado, sólo sufrieron averías leves. El Hotel de Turistas, que consiste de una armazón estructural de concreto armado con tabiques de ladrillo, presentaba sólo agrietamientos del



Foto 5. Vista mirando hacia el sur de la Avenida Belén. Las paredes de las casas de adobe han sido apuntaladas con troncos.

revoque en las uniones de las columnas del armazón con los muros de ladrillo, desperfectos debidos a los diferentes períodos de vibración. El estucado también presentaba algunas grietas cerca de las puertas y ventanas y sólo muy ligeros desprendimientos.

Otro edificio de concreto armado con muros de ladrillo, es la construcción reciente de 5 pisos del Colegio San José, que resultó intacto en su estructura y solamente sufrió la caída de un paño de ladrillos del 5º piso y algunas grietas de menor importancia.



Foto 6. Casa nueva de adobe y piedra en la Avenida Pardo.

Daños diversos

Con el movimiento se derribaron de sus pedestales varias estatuas; así la de bronce de Garcilaso de la Vega situada en la Av. Pardo, cayó en la dirección S 20° E y el bloque superior de la columna se desquició en su parte media, girando unos 5° en una dirección contraria a las agujas de un reloj.

El monumento a Mariano de los Santos, situado cerca del Campamento Militar, se desplomó en la dirección S 16° E y la columna de ladrillo se fracturó cerca de su base, rotando 5° hacia el N. Una estatua de mármol colocada en la Plaza Regocijo se partió en dos, cayendo la parte superior en la dirección S 35° E.

El Dr. Albert A. Giesecke nos informó de daños que sufrieron varios monumentos y criptas del Cementerio situado al E. de la Plaza Santiago, donde nichos se abrieron y los ataúdes se proyectaron al suelo con tal violencia que se rompieron.

Efectos del terremoto en otros lugares

Las construcciones de adobe de dos haciendas ubicadas en las afueras del perímetro de la zona urbana, resultaron con serios desperfectos, tanto en una de ellas situada a 2 kms. al Sur de la ciudad como en la otra al SE, denominada San Antonio se produjeron graves averías en sus casas-habitación.

En el pueblo de San Sebastián, muchas paredes de adobe se agrietaron, desplomándose otras; la iglesia de este lugar, construcción de adobe y piedra, sufrió varios daños. En San Gerónimo a 9 kms. al SE del Cusco, los estragos fueron leves, mostrando la iglesia agrietamientos superficiales lo mismo que algunas paredes. En Corao, 7 kms. al NE del Cusco, observamos solamente el derrumbe de un muro de adobe, sin embargo, la iglesia y las viviendas no mostraban mayores daños. En Chincheros, 12 kms. al NW del Cusco, el movimiento tuvo una intensidad moderada, sin causar perjuicios. Los pueblos y haciendas situadas al W del Cusco no sufrieron daños en sus construcciones. En Occopata, 8 kms. al S del Cusco, las viviendas daban la impresión de estar casi intactas, pero unas cuantas requebrajaduras se produjeron en las paredes de algunas casas ruinosas. Entre Occopata y Cusco ocurrieron varios derrumbes del material suelto de los taludes y a la mitad del camino se agrietó el terreno asentándose el pavimento unos 15 cms. El Dr. Kalafatovich nos comunicó haber observado en las cercanías de Huanquite y Huancahuanca numerosos deslizamientos de cerros, como también grietas en el terreno; pero los daños a la propiedad fueron leves en estos pueblos.

Según la Fig. 1, la isosista V encierra el área de destrucción y el

área comprendida entre la línea IV y V comprende los lugares donde el movimiento fué de fuerte percepción, ocasionando pánico sin causar daños a las estructuras.

El terremoto no llegó a sentirse en los pueblos de Yanaoca, Ocongate, Ollantaytambo, Paucartambo, Abancay y Santo Tomás.

Efectos en el terreno

En los terraplenes y canales del río Chunchull, se formaron pequeñas grietas que variaron desde 1 mm. hasta 2 cms. de ancho y desde 1 a 5 m. de longitud. En el lado sur del valle del Cusco y entre los pueblos de Pillau y Tancarpatá, se observó en una longitud de 5 kms. una zona de extensa fisuración, cuyo centro queda al SE del pueblo de San Sebastián y próxima a la base de los acantilados de la formación de ese mismo nombre, que consisten en margas, arenas y limos. Las grietas eran de forma irregular y variaban en abertura desde algunos centímetros a 1 m., en profundidad hasta 2 metros y en longitud de 10 a 50 metros. En un lugar, el lado N de una zona fracturada descendió hasta cerca de 1 metro. La mayoría de las grietas se encontraban cerca de áreas húmedas o pantanosas y probablemente se originaron por desplazamientos del material pastoso debido a derrumbes o movimientos bruscos. Las otras grietas situadas sobre terrenos comparativamente secos (Foto N° 7) podrían relacionarse a una falla en el lecho de roca debajo de la cubierta aluvial.

Los autores observaron dos pequeñas fracturas en una zona pantanosa situada más o menos a 300 m. al sur de San Sebastián, de las cuales surgió agua y arena durante el terremoto. Los hoyos producidos por la eyección tenían cerca de 2 m. de diámetro y la arena alrededor de la fractura un espesor de 1 a 2 cms. Los pobladores del lugar nos informaron que durante el movimiento sísmico, estas fracturas y otras producidas a lo largo del cerro vertieron chorros de agua que alcanzaron uno o dos metros de altura.

Los deslizamientos debidos al sismo en el área epicentral, fueron de magnitud reducida y ocurrieron principalmente en las laderas escarpadas de la Formación San Sebastián y en los taludes de gravas aluviales. Ningún deslizamiento causó daños a la propiedad.

El nivel de la mesa de agua se levantó en el lado Sur del valle. Así áreas que habían estado casi secas antes del terremoto, aparecieron cu-

biertas con 10 a 40 cms. de agua semana y media después del sismo. El agua, en un pozo de la Hacienda San Antonio, subió a 1.80 m. por encima de su nivel normal unas horas después del terremoto y luego bajó 0.80 m. en los días siguientes; semana y media después el agua se encontraba todavía a 1 metro por encima de su nivel normal.



Foto 7. Fisura abierta en terrenos de cultivo en la parte sur de la cuenca del Cuzco, al suroeste de San Sebastián.

Registros instrumentales

La posición provisional del epicentro (aproximada al grado más cercano en longitud y latitud) a base de las lecturas instrumentales de dos estaciones cercanas (Huancayo y La Paz, Bolivia) y dieciséis estaciones distantes fué dada por el U. S. Coast and Geodetic Survey como 72°

Long. W y 14° Lat. S. Esta posición estaría cerca de Capacmarca, a unos 50 kms. al S del Cusco.

La hora hipocentral fundamental para la determinación de distancias epicentrales y dada con un error probable de un décimo de minuto fué 18 h. 37 m. 41 s. (Tiempo Civil de Greenwich).

La magnitud instrumental del sismo fué 6, según el laboratorio Sísmológico de Pasadena, California.

Intensidad

El estudio de los daños producidos por el terremoto y otros efectos, sugiere que la intensidad máxima fué del grado VII de la Escala Modificada de Mercalli. Los efectos sobre el terreno tales como eyección de arena y agrietamiento, indicarían una intensidad un poco mayor en el lado Sur del Valle, pero las casas dentro de esta área no muestran mayores daños que los que se produjeron en las construcciones de la ciudad. La caída de algunas estatuas y giro de las columnas, señalaron que la aceleración máxima fué mucho menor que 300 gals.

Profundidad del foco

El análisis de todas nuestras observaciones y la de otros datos, nos condujo a situar la zona epicéntrica cerca del extremo Oeste del Cusco. La profundidad del foco fué 8.6 kms. de acuerdo con la fórmula de Gutenberg-Richter

$$\frac{r}{h} = \sqrt{10^{\frac{I_0 - 1}{3} - 2} - 1}$$

donde r es el radio del área de percepción

I_0 la intensidad máxima

h la profundidad focal

Para el terremoto del Cusco, r es aproximadamente igual a 70 kms., I_0 es el grado VII de la Escala Modificada de Mercalli.

Movimientos premonitores y réplicas

Sin movimientos premonitores, el terremoto del 21 de Mayo de 1950 fué seguido por unos cuantos movimientos o réplicas de débil intensidad. Hasta el 4 de Junio fueron como sigue:

<i>Fecha</i>	<i>Hora</i>	<i>Intensidad</i> <i>(Merc. Mod.)</i>
Mayo 23	4.00 P.M.	I a II
Mayo 23	7.00 ..	I a II
Mayo 25	1.30 ..	III a IV
Mayo 28	4.00 ..	I a II
Junio 1	3.00 A.M.	I a II
Junio 4	7.30 ..	II

GEOLOGIA

La Geología y Fisiografía del área del Cusco fué estudiada en detalle por Gregory (1916) por lo que sólo presentamos un breve resumen de los aspectos geológicos y topográficos que explican los efectos producidos por el terremoto y la distribución de los daños.

Fisiografía

El valle del Cusco tiene una longitud aproximada de 28 kms. y corre al SE. El río Huatanay lo recorre íntegramente y desemboca en el río Urubamba en Huambutío el cual corre hacia el N. El valle se divide en tres cubetas que están separadas por las gargantas de Angostura y Oropesa. Del NW al SE estas cubetas se conocen con los nombres de Cusco, Oropesa y Lucre.

Los lechos de estos valles están situados entre 3,100 y 3,300 m. Los flancos de los valles son irregulares y están cortados por varios tributarios pequeños. La altura promedio de la línea de cumbres en ambos márgenes del valle es de cerca de 4,100 m. Las cubetas tienen de 5 a 15 kms. de largo y un ancho máximo entre 1 y 2.5 kms. En la cubeta del

Cusco, los pequeños contrafuertes y lomos del lado N tienen una suave pendiente hacia las chacras planas y pampas pantanosas situadas al sur. Gregory (1916, op. cit. p. 36) supuso que el valle del Cusco se formó por un movimiento tectónico de falla que ocurrió en el Terciario o en sus postrimerías. Luego el valle fué ocupado por un lago glaciario en la época Plio-pleistocénica, al que denominó Lago Morkill.

Litología

Las rocas sedimentarias de la región del Cusco han sido agrupadas por Gregory (op. cit. p. 54) en 8 formaciones que varían en edad desde el Pérmico al Reciente. Algunas de las formaciones contienen derrames volcánicos, pero son raras las rocas intrusivas.

Las rocas pérmicas, mesozoicas y la mayor parte de las terciarias consisten de calizas, areniscas, conglomerados, pizarras, lavas de basalto y andesita, todas ellas bien consolidadas. Estas rocas constituyeron una sólida base geológica durante el terremoto y los edificios construidos directamente sobre ellas o sobre suelo poco potente sufrieron daños mínimos. En relación con los efectos del movimiento, son de mayor importancia los sedimentos poco consolidados de edad pliocénica, pleistocénica o reciente.

Gregory (op. cit. p. 36-38) postula que las arenas pobremente consolidadas, margas y limos que se ven en los barrancos y quebradas alrededor del Cusco fueron depositadas en el Lago Morkill. En el mismo artículo (p. 78) propone el nombre de formación San Sebastián para esos sedimentos.

La formación consiste de arenas gruesas con estratificación cruzada y conglomerados, arcillas y limos macizos, y lechos de margas blandas, que varían del color blanco al amarillo ante.

La sección más potente es de 55 m., pero parece que el espesor es mucho mayor en el centro del valle. Los barrancos de la formación de San Sebastián, que se observan en todos los lados del valle del Cusco varían por lo común entre 5 y 25 m.

Las más importantes entre las formaciones recientes son los grandes abanicos aluviales que yacen bajo las ciudades del Cusco y San Gerónimo, consistentes de fragmentos angulares de roca pobremente seleccionada, arenas y arcillas. El material fué depositado probablemente por

los torrentes que estaban erosionando las morrenas glaciares en las partes altas del valle. Desde la deposición de este material del abanico, el poder cortante de los torrentes ha sido reactivado y muchos canales recientes han cortado profundamente estos abanicos.

La única roca intrusiva observada en la región fué el pórfido diorítico que forma el Rodadero cerca de la fortaleza incaica de Sacsahuamán, situada al NW del Cusco.

Estructura

La estructura regional parece haber sido controlada principalmente por plegamientos, así observamos numerosos anticlinales y sinclinales en formaciones más antiguas que la pleistocénica. La mayoría de los planos axiales de estos plegamientos son casi verticales y se dirigen al NW.

Gregory en su mapa geológico del valle del Cusco muestra un sistema de dos fallas principales: una situada al Oeste, que tiene una forma sinuosa e irregular que sigue la dirección del río Occopata al S del valle, pasa por la ciudad del Cusco y luego sigue hacia el NW, paralelamente al río Huatanay. La otra falla, situada al Este se dirige al NW, corta las cumbres del valle 3 kms. al NW del Cusco, intercepta el valle al SE de la ciudad de San Gerónimo, y luego se proyecta valle abajo hacia Oropesa. No existen evidencias de movimientos recientes a lo largo de estas fallas ni sobre la del Rodadero situada cerca de la Fortaleza de Sacsahuamán.

Los estratos inclinados de la formación San Sebastián sugieren una dislocación reciente producida por una falla E - W dentro de la cuenca del Cusco. Los estratos en el lado Norte de la cuenca están a mayor altura que los del Sur y buzan cerca de 15° S, mientras que en el lado Sur los estratos son casi horizontales.

CONCLUSIONES

Aunque no se ha establecido todavía la causa directa del terremoto, fué de origen tectónico ya que no existen indicios de un volcanismo reciente. La zona de agrietamiento observada en el lado Sur del valle se podría asociar a una dislocación del lecho de roca debajo del aluvión.

El área epicentral, donde la destrucción fué mayor, quedó localiza-

da en el lado Oeste del Cusco. Comparativamente los daños fueron leves en San Gerónimo, situado al otro lado del valle, cuyas construcciones y basamento geológico son muy similares a los del Cusco.

La magnitud de las averías se puede atribuir a los tres siguientes factores: calidad del material de construcción, condición estructural y antigüedad de los edificios y naturaleza del subsuelo. El adobe, como se sabe, no es un material de construcción estructuralmente estable, pues tiende a desgastarse con la acción del tiempo y tiene escasa resistencia a los movimientos sísmicos. En muchas casas las paredes se habían levantado sin la debida trabazón, con el resultado de que se arquearon, rompiéndose las esquinas durante el terremoto.

Los deterioros causados en las antiguas edificaciones de piedra, en las cuales se incluyen las iglesias, fueron resultado del deficiente amarre en los muros, mortero de mala calidad y el peso excesivo de los campanarios. Muchos de estos edificios habían sufrido desperfectos con el fuerte temblor que ocurrió en 1941. En lo que se refiere a la consistencia del terreno sufrieron más, las construcciones situadas sobre terrenos húmedos o de relleno, un poco menos las edificadas sobre sedimentos lacustres consolidados y casi nada las erigidas sobre roca firme.