2.4 Propuestas de Procesos Sencillos de la Explotación y la Preparación de Grava y de Arena.

Por causas prácticas se aconsejarán aquí solamente equipos de explotación y de preparación que puedan ser construidos en el propio país y cuidados sin esfuerzos dignos de mención.

Equipos de explotación

Como equipo más favorable para la explotación de grava y de arena se aconseja el scraper.

El utensilio se compone de una gran pala, que es conducida por una cuerda. La cuerda de conducción es accionada por un motor diesel. Este aparato de explotación es especialmente apropriado para yacimientos de grava en los terrenos bajos de ríos. El material de extracción es llevado en la pala del scraper a una plataforma elevada y desde ahí puede ser cargado directamente en camiones o puede ser llevado a las instalaciones de preparación. Parece ser apropriado colocar una red de hierro sobre el embudo de envase de la plataforma para poder separar inmediatamente todas la piedras grandes >60 mm (? >100 mm). Estos pedazos grandes pueden ser llevados a una trituradora o pueden ser botados.

Instalaciones de preparación

Apenas en algunas fábricas de bloques de hormigón en El Salvador se utilizan cribas vibratorias para separar la grava y la arena. Como observamos, las máquinas de cribar generalmente funcionan sobrecargadas, siendo así el efecto de separación muy malo. Además no se cuidan suficientemente las superficies de las cribas y las máquinas, dejando ya aparte que los empresarios aunque reconozcan la necesidad de separar las diversas fracciones granu-

lométricas, temen los gastos considerables (devisas) de máquinas eficientes.

Aconsejamos por eso dos máquinas de preparación, que son fáciles de construir y que casi no exigen cuidados. Zanjas de levigar con cribas fijas instaladas en el fondo de las zanjas son apropriadas para separar la grava y la arena en diversas fracciones granulométricas. El material extraído es retirado de un embudo de envase y arrastado con alta presión de agua a lo largo de una zanja de madera inclinada. Así el material se desmezcla y cae por las cribas fijas en el fondo de la zanja en fosas que se hallan debajo. Se obtiene asi una separación por la cual los granos más finos se concentran próximo al dispositivo de envase mientras que los granos más gruesos se concentran al final de la zanja. Los efectos de separación pueden ser variados ampliamente cambiando la red de las cribas, la inclinación y el largo de las zanjas y la presión del agua. El equipo es duradero, fácil de construir y de cuidar y traería un mejoramiento considerable en comparación con el presente, con costes de producción muy bajos.

Si fuera necesario retirar un porcentaje demasiado alto de pómez de las fracciones granulométricas de grava obtenidas por el proceso antes mencionado, se debería aprovechar para esta separación la elasticidad distinta de los diversos granos. El material caye libremente y continuamente sobre una plancha de acero inclinada (cinta transportadora corta) y se aprovecha para la separación el hecho de que los granos de pómez tienen que caer junto al borde inferior de la plancha de acero a causa de su masa y de su elasticidad inferiores, mientras que las rocas extraduras valiosas son proyectadas más lejos y así quedan concentradas. También esta instalación casi que no exige cuidados y puede ser modificada dentro de ciertos limites cambiando la inclinación de la plancha. La potencia relativamente pequeña debería ser suficiente para la demanda todavía baja de la industria de construcción.

3. Cascajos y Arenas de Pómez

3.1 Yacimientos y Propriedades

Piedra pómez es un vidrio vulcánico altamente poroso.Debe su existencia al descenso de presión y al enfriamiento súbitos de las masas de fusión ácidas, ricas en gases, durante la erupción.

Las partículas de roca entremezcladas con burbujitas de gas son transportadas por la energia de la erupción y el viento en parte hasta una distancia de kilómetros. En ésto se da una separación según el tamaño de los granos, así que con mayor distancia de los centros de erupción se depositan partículas de pómez cada vez más finas. Las fracciones de grano más gruesas (cascajos y arenas de pómez) están limitadas generalmente a los alrededores más próximos de los centros de erupción.

Las burbujitas de gas conservadas por el enfriamiento y la solidificación súbitos le conceden al grano de pómez 85% de porosidad propria y así un peso extremamente bajo. Hay cascajos de pómez secas que pesan menos de 0,4 kg/dm^3. Después de adicionar aglutinantes y de la compresión se pueden producir hormigones de pómez con una densidad en bruto de 0,5 kg/dm^3.

Densidades en bruto bajas tienen las siguientes ventajas:

- buena aislación térmica
- pequeño espesor mural
- economización en construcciones y fundaciones
- gastos pequeños de transporte hasta el lugar de incorporación
- tamaño grande de bloque y así economización de mortero y de tiempo de trabajo.

A estas ventajas debe la materia prima de pómez su gran significado como agregado en la producción de bloques y elementos prefabricados de

hormigón ligero para los más diversos campos de aplicación.

3.2 El Mercado de Bloques de Hormigón en El Salvador

Al contrario del país vecino, Guatemala, donde sobretodo los cascajos y arenas de pómez, frecuentes en la región de la ciudad de Guatemala [illegible] son usadas en escala considerable como base de materia prima para la producción de elementos prefabricados y de bloques de hormigón de pómez, hasta ahora no hay una utilización industrial digna de mención de los enormes yacimientos de pómez salvadoreños. Las dos fábricas de bloques de hormigón que dominan el mercado de El Salvador, "Saltex" y "Bloques Tropical", usan como agregados para la producción de bloques plenos y de bloques huecos de hormigón rocas extraduras volcánicas quebradas y cribadas, escorias, tobas de lapili y cenizas de conos de escorias basálticos recientes. Como fracción de arena se adicionan diversas cantidades de arenas fluviales.

Ambos productores de bloques de hormigón van a buscar sus agregados a lugares de explotación a por lo menos dos, en parte varios, kilómetros de distancia de la fábrica.

Se producen sobretodo bloques huecos de hormigón con las tres medidas corrientes de: [illegible]:

40 cm x 20 cm x 20 cm
40 cm x 20 cm x 14 cm
40 cm x 20 cm x 9 cm

Los bloques fabricados son así más pequeños que los bloques huecos de hormigón corrientes producidos en Alemania.

En el ano de 1971 el promedio mensual de producción de bloques huecos de hormigón de ambos productores fue aproximadamente 300 000 piezas.

Al faltar normas de instrucciones nacionales gene-

rales no se hace en las fábricas de hormigón un control continuo. La Fa. Saltex, que posee un laboratorio de ensayo, pretende mantener la norma ASTM C 90-59, que prescribe una resistencia a compresión de los bloques de aproximadamente 71 kp/cm^2. La Fa. Bloques Tropical apenas ocasionalmente somete sus productos a un control de calidad, oficial, al tomar parte en licitaciones para proyectos de construcción públicos. Con bloques huecos de hormigón, con las medidas 40 cm x 20 cm x 14 cm, de la producción continua del 29-2-1972, se comprobó en el laboratorio de ensayo del CIG una resistencia a la compresión de los ladrillos de 28 días promedia de 54 kp/cm^2.

El mercado de sillares de hormigón salvadoreño es muy expansivo. Los sillares de hormigón de escoria se usa cada vez más en proyectos de construcción de viviendas e industriales, públicos y privados, a pesar del punto de vista conservador de numerosos propietarios y arquitectos, que prefieren el empleo reforzado de ladrillos convencionales, y a pesar de los precios relativamente altos de 25 - 40 centavos/pieza de sillares huecos de hormigón de distintos tamaños. El desarollo de las ventas lo influenció de manera decisiva la guerra con Honduras en el ano de 1969 y, ligado a esto, la falta de las importaciones baratas de madera.

3.3 Determinación de las Tareas

Durante los trabajos en el campo para el levantamiento geológico del país, la MGA hizo un mapéo geológico de extensos yacimientos de cascajos y de arenas de pómez en los alrededores de la capital y en la región de Santa Ana.

La MGA se habia propuesto investigar estas materias primas bajo el aspecto geológico-económico y comprobar su idoneidad como agregados para hormigón. De esto resultarían sobretodo las ventajas

de piedra pómez en bruto en comparación con la mezcla de agregado de arenas fluviales y rocas extraduras y escorias volcánicas. Además se debía comprobar por medio de ensayos de aplicación técnica, que cascajos y arenas de pómez con granulación apropriada pueden [redacted] procesa [redacted] directamente para [redacted] de construcción ligera de alta calidad sin otros componentes de a[redacted], que significaría costes de transporte adicionales y sin que se dé una baja de calidad en relación con los "[redacted] de escoria" convencionales -consideran do una relación comparable de á[redacted] y cemento.

3 - 4 Investigaciones Minero-Geológicas

3.4.1 Los Yacimientos de Cascajos de Pómez en los Alrededores del Lago Coatepeque y en la Región de Santa Ana - Extensión - Secuencia de Estratos y Composición.

En los alrededores del lago Coatepeque y en la región de Santa Ana hay secuencias espesas de pómez. Representan los últimos productos de erupción piroclásticos del volcán Coatepeque. Los estratos de Coatepeque están divididos, según WILLIAMS & MEYER-ABICH, en los "estratos de cascajos de pómez" más antiguos y en los "estratos de cenizas de pómez más recientes.
J.MEYER consiguió comprobar dentro de los estratos Coatepeque una serie de estratos guías que corresponden a distintas fases de erupción del volcán Coatepeque.

Los diversos estratos guías de las capas de cascajos de pómez, especialmente interesantes dentro de las investigaciones presentes, se depositaron con rumbo predominante norte y nordeste y como abanicos estrechos que se traslapan {comp. anexo 1). El espesor de las capas por lo general disminuye conforme va aumentando la distancia del centro de erupción. Pero también en zonas de la misma energía de transporte se comprobaron diferencias

de espesor considerables, ocasionadas por el relieve y por procesos de transporte secundarios.
Según los análisis químicos de J. Meyer las piedras pómez de Coatepegue son rocas riolíticas, cuarzolaticas y riodaciticas. Consisten en aproximadamente 85% de vidrio volcánico que es atravesado por burbujas y tubos de gas alongados, más o menos paralelos.

En los perfiles investigados las cascajos de pómez contienen entre 2 y 6 % en peso de xenolitas de andesita y basalto. En los perfiles de cenizas de pómez se determinaron [redacted] las partes con un tamaño de grano <10 mm, 13 – 29 % en peso de lapili de material andesítico y basáltico.

Investigación y Descripción de Afloramientos

A fin de obtener una vista de conjunto más exacta de la secuencia de estratos, las relaciones de espesores y la composición granulométrica de los estratos de Coatepeque, sobretodo de las capas de cascajos de pómez, se investigaron en la región de mayor extensión del pómez de Coatepeque, al norte y al nordeste del Lago Coatepeque ocho afloramientos abiertos al tráfico o fáciles de abrir, en la proximidad inmediata de la Carretera Panamericana, entre Ciudad Arce y Santa Ana, y en la carretera Santa Ana - San Pablo Tacachico.

La mayoría de los afloramientos presenta una notable bidivisión de los estratos de cascajos de pómez. En la base hay arenas y cascajos de pómez gris claros, claramente estratificados con un espesor de hasta 4 m. Se le siguen por encima cascajos de pómez gris claros hasta blancos, de granulación gruesa, sin estratificación y sin separación, que ocupan la mayor parte del talud, de hasta 15 m de altura, de la Carretera Panamericana en la zona entre El Congo y Santa Ana. Normalmente están cubiertos por cenizas de pómez con gran porción de granos finos y capas de lapili de pomez y de cascajos de pómez íntercaladas (estratos

de cenizas de pómez).

El porcentaje de los estratos de cenizas de pómez en la composición de los diversos perfiles depende en primer lugar de su situación en relación a los abanicos de escombros de la fase principal de erupción de las capas de cenizas de pómez. Si espesores primarios pequeños de las cenizas de pómez coinciden con condiciones morfológicas favorables (transporte secundario), entonces pueden faltar completamente en grandes extensiones, los estratos de cenizas de pómez en el techo de los estratos de cascajos de pómez, como en la región entre el Congo y Coatepeque o cerca de La Gloria (comp. anexo 1).

En todos los afloramientos investigados se ejecutó un muestréo,completo por medio de canales de cerca de 15 cm de ancho y 10 cm de profundidad. El material de muestréo de los diversos estratos con granulación claramente diferente (cascajos de pómez estratificados, cascajos de pómez sin estratificación, cenizas de pómez) fue disminuido a 10 - 15 kg para investigaciones de laboratorio. A continuación se describen los diversos aflorameintos, por órden de su muestréo:

Localidad 1 - muestra n° We 500 (1-2-3-4)

Posición: talud del trazado de la nueva Carretera Panamericana San Andrés-Santa Ana,cerca de La Joya, entre Ciudad Arce y El Congo, estación 43 + 860
M.T. 1 : 50 000 - hoja Opico

coordenadas: 2 33 390/15 33 320

Estratigrafía: estratos de cenizas de pómez
Espesor total de muestréo: apr. 15 m
Granulometría: 35 % en peso < o,15 mm, 47% en peso <o,3 mm (ver anexo 3/1).

Observaciones: porcentaje extramamente alto de granos finos, inadecuado para utilización como agregado de hormigón.

Localidad 2 - muestra n° We 501 (1-2)

Posición; talud de trazado de la nueva Carretera Panamericana San Andrés-Santa Ana, Finca San Cayetano, entre Ciudad Arce y El Congo, estación , 46 + 580.

M.T. 1 : 50 000 - Hoja Opico
coordenadas: 2 32 080 / 15 35 140.

Estratigrafía: estratos de cenizas de pómez
Espesor total de muestréo: apr. 8 m

Granulometría: 35 % en peso (0,15 mm, 49 % en peso 0,3 mm (ver anexo 3/2).

Observaciones: porcentaje extremamente alto de granos finos, inadecuado para la utilización como agregado de hormigón.

Localidad 3 - muestra N° 502 We (1-2-3)

Posición: cascajal al lado de la Carretera Panamericana, km 51,800, Finca El Limón, apr. 500 m al noroeste de El Congo (ver anex. 1,2) M.T. 1: 50 000 - Hoja Opico

coordenadas: 2 29 960 / 15 40 280

Estratigrafía: capas de cascajo de pómez con y sin estratificación
muro: tobas color café, aglomeráticas finas.

Espesor: espesor total maestreado apr. 7 m, de esos:
apr. 5 m cascajos de pómez sin estratificación.
apr. 2 m cascajos de pómez estratificadas.

Granulometria: ver anexo 3/3

Carga de escombros: 0,5 - 1 m de suelo de formación reciente.

Extensión del yacimiento: apr. 110 000 m^3 (limites del área ver anex. 2)

Distancia del tráfico: situada directamente al lado de la Carretera Panamericana y del camino El Congo - Coatepeque, transitable durante todo el año por camiones.

Distancia de merdacos: San Salvador 52 km; Santa Ana 15 km.

Aprovechamiento agripóla momentáneo: área tomada en cuenta para el cálculo de reservas: erial; otras áreas con espesores de cascajos de pómez explotables son aprovechadas ahora como plantación de café o de pina.

Propietario: D, Rafael Gallo, Finca El Limón.

Foto 5:
Cascajal Finca El Limón
Vista desde oriente

Foto 6:
Estratos decascajos de pómez con y sin estratificación - Finca Limón

Localidad 4 - muestra n- We 503 (1-2)

Posición: talud de la Carretera Panamericana, km 53,900, a 3OO m al noroeste de Coatepeque; M.T. 1: 50 000 - Hoja Santa Ana

coordenadas: 4 45 160/3 12 150.

Estratigrafía: estratos de cenizas de pómez.
Espesor total muestreado: apr. 9,50 m
Granulometría: 34 % en peso <0,15 mm, 49 % en peso <0,3 mm (ver anexo 3/4).
Observaciones: porcentaje extremamente alto de granos finos, inadecuado para utilización como agregado de hormigón.

Localidad 5 - muestra n- We 504 (1T2-3-4)

Posición: talud de la Carretera Panamericana cerca de La Gloria, km 56,100, entre Coatepeque y Santa Ana, otros afloramientos hasta el km 56,600;
M.T. 1: 50 000 - Hoja Santa Ana
coordinadas: 4 44 190/3 13 450

Estratigrafía: estratos de cascajos de pómez con y sin estratificación, entre el km 56,300 y el km 56,600, también estratos de cenizas de pómez.
Espesor: espesor total de muestréo apr. 9 m, de esos :
apr. 5 m cascajes de pómez sin estratificación,
apr. 4 m cascajos de pómez estratificadas.

Granulometría: ver anexo 3/5
Carga de escombros: 0,5 - 1 m de suelo de formación reciente, localmente hasta 3 m de estratos de cenizas de pómez.
Extensión de yacimiento: apr. 100 000 m^2, otras áreas con carga de escombros >3 m

Reservas inferidas: apr. 600 000 m (carga de escombros <3 m)
Distancia del tráfico: situado directamente al lado de la Carretera Panamericana.
Distancia de los mercados: San Salvador 57 km; Santa Ana 1O km.

Aprovechamiento agrícola momentáneo: cafetal

Proprietarios: Familia Alvarez - Santa Ana
D.Victor Manuel Polanco - Santa Ana
Observaciones: se necesitan más investigaciones en el campo (calicatas, perforaciones) para apreciar con más exactitud las reservas explotables así como los espesores de escombros.

Localidad 6 - muestra No. We 505 - 1 ; We 505 (2-3)
Posición: cascajal al lado de la Carretera Panamericana, entrada de la población Santa Ana en dirección San Salvador;
M.T. 1 : 50 000 Hoja Santa Ana
coordenadas: 4 40 760 / 3 17 990.

Estratigrafía: estratos de cenizas de pómez, estratos de cascajos de pómez con y sin estratificación.

Espesor: espesor total de mustréo apr. 18 m,de esos:
apr. 13,50mestratos de cenizas de pómez
apr. 3,0 m estratos de cascajos de pómez sin estratificación
apr. 1,50 m estratos de cascajos de pómez estratificados.

Granulometría: ver anexo 2/6 y 3/7
Carga de escombros: 13,50 m de estratos de cenizas de pómez con 0,5 - 1 m suelo de formación reciente.

Observaciones: estratos de cenizas de pómez inadecuados como agregado para hormigón por el porcentaje extremamente alto de granos finos (46 % en peso <0,15 mm; 59% en peso <0,3mm). Cascajo de pómez no es explotable económicamente porque la carga de los estratos de cenizas de pómez es demasiado alta.

Localidad 7 - muestra N- We 505 - 1; We 506 (2-3)

Posición: talud de la carretera Santa Ana - San Pablo Tacachico, salida de la población Resbaladero en dirección San Miguelito, 500 m al este de la bifurcación del camino hacia "Las Lomas";
M.T. 1 : 50 000 Hoja Opico coordenadas: 2 36 610 / 15 47 620.

Estratigrafía: estratos de cascajos de pómez con y sin estratificación, con espesor aumentando hacía el este, cubiertos por estratos de cenizas de pómez.

Espesor: espesor total de muestréo apr. 5,50 m, de esos:
apr. 4,50 m estratos de cascajos de pómez sin estratificación,
apr. 1 m estratos de cascajos de pómez estratificados

Granulometría: ver anexo 3/8, 3/9

Carga de escombros: 0,5 - 3 m de estratos de cenizas de pómez y suelo de formación reciente.

Extensión del yacimiento: apr. 6 000 m^2, otras áreas con carga de escombros >3 m.

Reservas inferidas: apr. 30 000 m^3 (carga de escombros >3 m).

Distancia del tráfico: situado directamente al lado de una carretera transitable durante todo el año por camiones.

Distancia de mercados: San Salvador 85 km; Santa Ana 18 km.

Aprovechamiento agrícola momentáneo: plantación de maíz

Proprietario: D. Vicente Baños

Observaciones: se necesitan más investigaciones en el campo (calicatas, perforaciones) para apreciar con más exactitud las reservas explotables, así como los espesores de escombros

Localidad 8 - muestra n° We 507-1; We 507 (2-4)

Posición: talud de la carretera Santa Ana - San Pablo Tacachico en la bifurcación para San Jacinto;
M.T. 1 : 50000 - Hoja Opico
coordenadas: 2 34 490 / 15 47 140.

Estratigrafía: estratos de cascajos de pómez con y sin estratificación.

Espesor: espesor total de muestréo apr. 5 m, de esos:
apr. 3,5 m estratos de cascajos de pómez sin estratificación;
apr. 1,5 m estratos de cascajos de pómez estratificados .

Granulometría: ver anexo 3/10, 3/11

Carga de escombros: 0,5 - 1,5 m de estratos de cenizas de pómez, y suelos de formación reciente.

Extensión del yacimiento: apr. 5 000 m^2

Reservas inferidas: apr. 20 000 m^3.

Distancia del tráfico; situado directamente al lado de una carretera transitable durante todo el ano.

Distancia de mercados: San Salvador 83 km; Santa Ana 16 km.

Aprovechamiento agrícola momentáneo: plantación de piña

Proprietario: D. Arnulfo Ramirez.

Observaciones: se necesitan más investigaciones en el campo (calicatas) para apreciar con más exactitud las reservas explotables y los espesores de escombros.

Localidad 9 - muestra N° - We 508-1; We 508 - 2

Posición: talud sur de la carretera Santa Ana - San Pablo Tacachico, 200 m al oeste del Rio Tutianapa M.T. 1 : 50 000 - Hoja Opico
coordenadas: 2 32 960/ 15 47 480

Estratigrafía: estratos de cascajos de pómez y estratos de cenizas de pómez,

Espesor: espesor de cascajo de pómez muestreado apr. 6 m, de esos: apr. 4,5 m estratos de cascajo de pómez sin estratificación;
apr. 1,5 m estratos de cascajos de pómez estratificados.

Granulometría: ver anexo 3/12, 3/13

Carga de escombros: 5 - 6 m de capas de cenizas de pómez con 0,5 - 1 m de suelo de formación reciente.

Observaciones: Cascajos de pómez no son explotables económicamente porque el espesor de escombros de las capas de cenizas de pómez es demasiado alto.

3.4.2 Los yacimientos de cascajos de pómez en la Región del Lago de Ilopango

Extensión, Secuencia de Estratos y Composición

En el área de la ciudad San Salvador y sus cercanías predominan materiales volcánicos sueltos muy espesos; son clasificados como "tierra blanca" por su color claro. Son cenizas de pómez dacíticas, gris claras hasta blancas, que fueron eyectadas de cráteres y de grietas de explosión en la región de la depresión del lago de Ilopango, como productos de erupción piroclásticos más recientes, en parte todavía en edad histórica.

La "tierra blanca" tiene sus mayores espesores, de 50 m y más, en los alrededores más cercanos del lago de Ilopango, a saber, sobretodo en la región noroeste y occidental del borde del lago. A medida que la distancia del lago de Ilopango es mayor, su espesor diminuye rápidamente.

La parte básica de las secuencias de pómez, que forma las faldas abruptas de la depresión del lago de Ilopango, está marcada por fragmentos de pómez angulares (con hasta 30 cm de diámetro o de largo de canto) y numerosas xenolitas de lavas dacíticas y andesíticas angulares hasta

guijarras.
Se les siguen para arriba cenizas de pómez predominantemente sin estratificación, que contienen partículas de pómez de granulación muy diversa. La matriz consiste de material de pómez en polvo. En la matriz fina, siltica, están incluidos fragmentos de pómez más gruesos (lapili de pómez) cuyo porcentaje y tamaño diminuye rápidamente a medida que la distancia del lago de Ilopango va en aumento.

Esta composición es característica para la "tierra blanca" en la región del lago de Ilopango y las cercanías de San Salvador.

Cascajos y arenas de pómez con pequeño porcentaje de granos finos, como son muy abundantes en la parte inferior de la secuencia de pómez de Coatepeque, están limitadas en la secuencia de pómez del lago de Ilopango a las partes básicas macroclásticas en la zona inmediata a las orillas del lago y a porciones de estratos retransportadas fluvialmente y por eso desmezcladas.

Pero en la regla, estas porciones de estratos macroclásticos tienen apenas una pequeña extensión horizontal. Su granulación está submetida a un cambio vertical muy rápido. Contienen frecuentemente partes intermedias con porcentaje superior de granos finos y gradan lateralmente muchas veces en productos de resedimentación con granulación arenosa y síltica.

Investigación y Descripción de Afloramientos

En vista de la pequeña abundancia de las cascajos y arenas de pómez en la "tierra blanca", en comparación con la secuencia de pómez de Coatepeque, se le prestó a estos depósitos en las presentes investigaciones, apenas una atención subordinada.

Análogamente a las investigaciones ejecutadas en la región de Coatepeque se investigaron dos yacimientos de cascajos y de arenas de pómez en la región del lago de Ilopango y muestreados completamente por dos canales de 15 cm de ancho y 10 cm de profundidad.

Los resultados se presentan en el siguiente resumen.

La posición de los yacimientos investigados puede ser vista en el anexo 5.

Localidad 10 - muestra N° We 509 (1-2-3)

Posición: talud oriental del aparcadero enfrente de "Petes Yacht-Club" en la carretera que va de Apulo a la Peña del Eco.
M.T. 1 : 50 000 - Hoja San Salvador
coordenadas: 2 73 930 / 15 15 180

Estratigrafía: productos fluviales más recientes de la secuencia de pómez del lago de Ilopango; Cascajos de pómez y arenas de pómez, en parte con estratificación diagonal, partículas de pómez bien arredondadas, alto porcentaje de xenolitas oscuras en guijarros, (fracción < 10 mm apr. 15 %).

Espesor: espesor total muestreado apr. 7,5 m.

Granulometría: ver anexo 3/14

Carga de escombros: 0,5 - 1,0 m de suelo de formación reciente.

Extensión del yacimiento: apr. 8 000 m^2

Reservas inferidas: apr. 30 000 m^3

Distancia del tráfico: situado directamente al lado de una carretera transitable durante todo el año por camiones.

Distancia de mercados: San Salvador 15 km; productor de bloques de hormigón más próximo a 3 km.

Aprovechamiento agrícola momentáneo: plantación de maíz.

Observaciones: probable la prolongación del yacimiento hacia el norte. Se necesitan más investigaciones en el campo (calicatas, perforaciones) para apreciar con exactitud las reservas explotables.

Fotogr. 7: Productos fluviales más recientes de la "tierra blanca", talud del aparcadero de Petes-Yacht-Club cerca de Apulo.

Localidad 11 - muestra No. We 510 (1-2)

Posición: talud noroeste del canino asfaltado de Apulo para el borde norte de la depresión del lago de Ilopango, 580 s.n.d.m.

M.T. 1 : 50 000 - Hoja San Salvador
coordenadas: 2 75 410 / 15 16 280.

Estratigrafía: secuencia básica macroclástica de los cascajos y arenas de pómez de la "tierra blanca" con pequeño porcentaje de granos finos; lapili y bombas de pómez con 25 cm de diámetro; alto porcentaje de xenolitas oscuras (en la fracción <10 mm 11 % en peso).

Espesor: espesor total de muestréo apr. 5 m
Granulometría: ver anexo 3/15

Carga de escombros; 0/5 m de suelo de formación reciente.
Extensión del yacimiento; desconocida

Reservas inferidas: desconocidas.

Distancia del tráfico: situado directamente al lado de una carretera asfaltada transitable durante todo el ano.

Distancia del mercado: San Salvador 16 km; productor de bloques de hormigón más próximo a 4 km.

Aprovechamiento agrícola momentáneo: ninguno.

Observaciones: se necesitan más investigaciones en el campo (calicatas, perforaciones) y ensayos de laboratorio para calcular las reservas explotables.

3.5 Análisis Granulométricos e Investigaciones de Aplicación Técnica.

3.5.1 Resultados y Análisis Granulométricos

Suponiendo que se exiqe lo mismo de áridos para hormigon de pillares de hormigón ligero con relación a su granulación, que [redacted] de áridos para hormigón pesado, entonces se pueden reconocer yacimientos, respectivamente partes de perfiles, indicados para una utilización como áridos de hormigón, por medio de los análisis granulometricos.

Porcentajes de granos finos demasiado altos (fracción de arena fina y de limo) son desfavorables en los áridos para hormigones ligeros.[1] En algunos casos llevan a un consumo mayor de cemento, pero en la mayoría de las veces llevan a un aumento indeseado de la contracción en el proceso de fraguado y a una disminuición de la resistencia a compresión final.

(1) Esto ya lo comprobó el CIG en 1.978.

Según la norma ASTM C 331- 59 T en los EE.UU. se permite en agregados para hormigón ligero de la clase 0 - 3/8" un porcentaje de granos finos de hasta 25% < 0,3 mm (50 mesh) y hasta 15% {o,15 mm (100 mesh)

A fin de obtener un primer criterio de calidad importante para apreciar la explotabilidad económica de las materias primas de pómez salvadoreñas, se redujo el material de muestréo de los yacimientos investigados a una cantidad de 10 – 15 kg, que fué investigada en los laboratorios del CIG en cuanto a su composición granulométrica.

Los resultados de los análisis granulométricos fueron reproducidos como curva acumulativa en papel monologaritmos(ver anexo 3/1 - 3/15). Cada diagrama contiene,para comparación, las curvas limites presentadas por SOMMER-SCHMIDT (1956); son éstas las tolerancias de granulación dentro de las cuales se deben encontrar los agregados utilizados por productores de hormigón de pómez estadounidenses.

Con base en los presentes análisis granulométricos se puede afirmar desde ya que algunas de las materias primas de pómez investigadas no sirven como agregado para hormigón.

Como se puede observar en los diagramas de granulaciones de los afloramientos sometidos a muestréo en los estratos de cenizas de pómez de la secuencia de pómez de Coatepeque (localidades 1,2,4,6 – anexos 13/1, 13/2, 13/4, 13/7), estos estratos presentan porcentajes de granos finos extremamente altos, que sobrepasan bastante los valores tolerados por la norma ASTM C331-19T, teniendo valores entre 34 y 46 % en peso < 0,15 mm y 47 hasta 59 % en peso <0,3 mm.

Son inadecuados para una utilización como agregado para hormigón ligero. Asi se dispensan más investigaciones y ensayos de aplicación técnica con estas materias primas

Por lo contrario los estratos de cascajos de pómez de la secuencia de Coatepeque presentan una granulación favorable para agregados para hormigón ligero, correspondiendo a las exigencias de la norma ASTM, antes mencionada. Más con un porcentaje de granos finos de apenas 2 - 7% en peso <0,15 mm, respectivamente 6 - 11 % en peso 0,3 mm, estos estratos en los yacimientos de pómez investigados presentan un cierto déficit de granos finos en comparación con los agregados usados por los productores de bloques de hormigón de pómez estadounidenses. Las curvas acumulativas en la parte de las fracciones de arena fina y media, están claramente abajo de las curvas limites presentadas por SOMMER-SCHMIDT (1956) (comp. anexos 13/3, 13/5, 13/6, 13/8, 13/9, 13/1O, 13/11, 13/12, 13/13).

Tanto los estratos de cascajos de pómez estratificado , como los sin estratificación, en los afloramientos investigados de la región del lago de Coatepeque, presentan una granulación considerablemente estable. Los estratos de cascajos de pómez estratificados se distinguen de las sin estratificación por una separación mejor y por un porcentaje claramente más alto de fracción de arena, con 75 - 80 % en peso <2 mm, en relación con los cascajos de pómez sin estratificación, con 50-60% en peso <5 mm (comp. anexos 13/8, 13/9, 13/10, 13/11, 13/12, 13/13).)

La composición granulométrica de las dos muestras de la secuencia de pómez del lago de Ilopango tiene la mejor concordancia con los agregados usados por los productores de bloques de hormigón de pómez estadounidenses (anexos 13/14, 13/15). Las curvas acumulativas de ambas muestras de toda la granulación están en su mayor parte dentro de las curvas limites de SOMMER-SCHMIDT.

3.5.2 Resultados de las determinaciones de peso unitario

De un agregado para hormigón ligero se espera que de él se puedan producir hormigones ligeros con una densidad en bruto baja y con buena resistencia. Densidades de hormigón en bruto bajas presuponen densidades bajas de los agregados.

A fin de obtener otro criterio importante de calidad para evaluar las materias primas de pómez salvadoreñas, se hicieron determinaciones de peso unitario con el material de muestréo de los yacimientos de pómez, a la vez que análisis granulométricos en los laboratorios del CIG.
Los resultados de las determinaciones de peso unitario (material de muestréo húmedo, suelto) se pueden ver en los diagramas de granulaciones (anexos 13/1 - 13/15).

Las dos muestras de la secuencia de pómez del lago de Ilopango ("tierra blanca") presentan los pesos unitarios más altos, de 1092 g/dm3, respectivamente 933 g/dm^3, a causa de su alto porcentaje de componentes pesados y oscuros. Por el contrario las muestras de la secuencia de pómez del lago de Coatepeque presentan un peso unitario (con 634,3 g/dm^3 (valor promedio de 9 muestras)) bastante más bajo. los estratos de cascajos de pómez estratificados se elaboró un peso unitario medio (3 valores) de 687,0 g/dm^3. El peso unitario calculado de 5 muestras de las cascajos de pómez sin estratificación importa en 580 g/dm^3. Así se podrán producir hormigones ligeros con una densidad de hormigón en bruto <800 g/dm^3 de los cascajos de pómez de los estratos de Coatepeque. Esto corresponde a la densidad de hormigón en bruto de mejor calidad de los hormigones de pómez,producidos predominantemente, en Alemania.

3.5.3. Fabricación Industrial de Ensayo de bloques de Hormigón de Pómez Ligados por Cemento

Como la mayor parte de las materias primas de pómez parece ofrecer condiciones previas favorables para ser utilizadas como agregados para hormigón ligero, a causa de los resultados obtenidos en el campo y los análisis granulométricos y determinaciones de peso unitario, el paso siguiente debería ser intentar comprobar la utilización industrial de estas materias primas produciendo bloques de ensayo de hormigón de pómez.
De cinco de los yacimientos de pómez investigados de la: región del lago de Coatepeque (localidades 3, 5, 7, 8, 9;

ver anex. 1) y de un yacimiento cerca del lago de Ilopango (localidad 10; anexo 5) se retiraron cantidades de ensayo suficientes para fabricar de cada uno por lo menos 12 bloques huecos de hormigón de ensayo. Para asegurar una composición representativa de todo el espesor de afloramiento y coincidiendo con el material extraído para los análisis granulométricos y con las determinaciones de peso unitario, se extrajeron estas muestras también como muestras de canal.

En conjunto con el CIG se fabricaron con este material de muestra bloques huecos de hormigón de ensayo con las medidas standard usuales en El Salvador, 40 cm x 20 cm x 14 cm. Para la fabricación estaban a disposición la instalación mezcladora y la prensa de moldear por sacudidas automática (fabricada por Columbia Machine WKS., modelo 8AB8) de la empresa "Bloques Tropical" en San Salvador.

Antes del procesamiento del material de muestra hubo que tamizar los granos gruesos > 10 mm, porque los granos gruesos del agregado tienen que ser suficientemente pequeños en relación con el espesor de las paredes de los bloques de hormigón que serán producidos y el ancho de los filetes de los bloques huecos de hormigón que serán fabricados, en parte,solo puede medir 20 mm.

Como aglutinante hidráulico se debia usar cemento Portland fabricado en El Salvador, el cual está por encima de los valores característicos necesarios para un cemento Portland ASTM tipo 1, con resistencias a la compresión final de 5000 - 5500 psi (350 - 385 kp/cm^2) y valores de Blaine entre 3000 y 3200 m^2/g.

Después de tamizado el grano demasiado grueso y pesadas las cantidades necesarias de cemento para las diversas macro-muestras de pómez, se echaron agregados y aglutinantes en la instalación mezcladora con la relación de 5 : 1, igual para todas las muestras.
Después de adicionadas las cantidades de agua necesarias para el proceso de fraguado (factor agua-cemento apr. 0,4) y de la mezcla automática, la mezcla de hormigón fué comprimida en la prensa de moldear por sacudidas por

medio de presión y de vibración, y moldeada en bruto para bloques huecos de hormigón con las medidas 40 x 20 x 14 cm. El foto 6 representa la prensa de moldear por sacudidas con bloques de hormigón de pómez.

Foto 8: bloques huecos de hormigón de *pómez* en el patio de almacenamiento de la Fa. Bloques Tropical, rodeados por productos de mezcla para agregado, de escorias volcánicas y arenas fluviales.

Foto 9; prensa de moldear por sacudidas de la Fa. Bloques Tropical. Fabricación de bloques huecos de hormigón de pómez por la MGA en El Salvador.

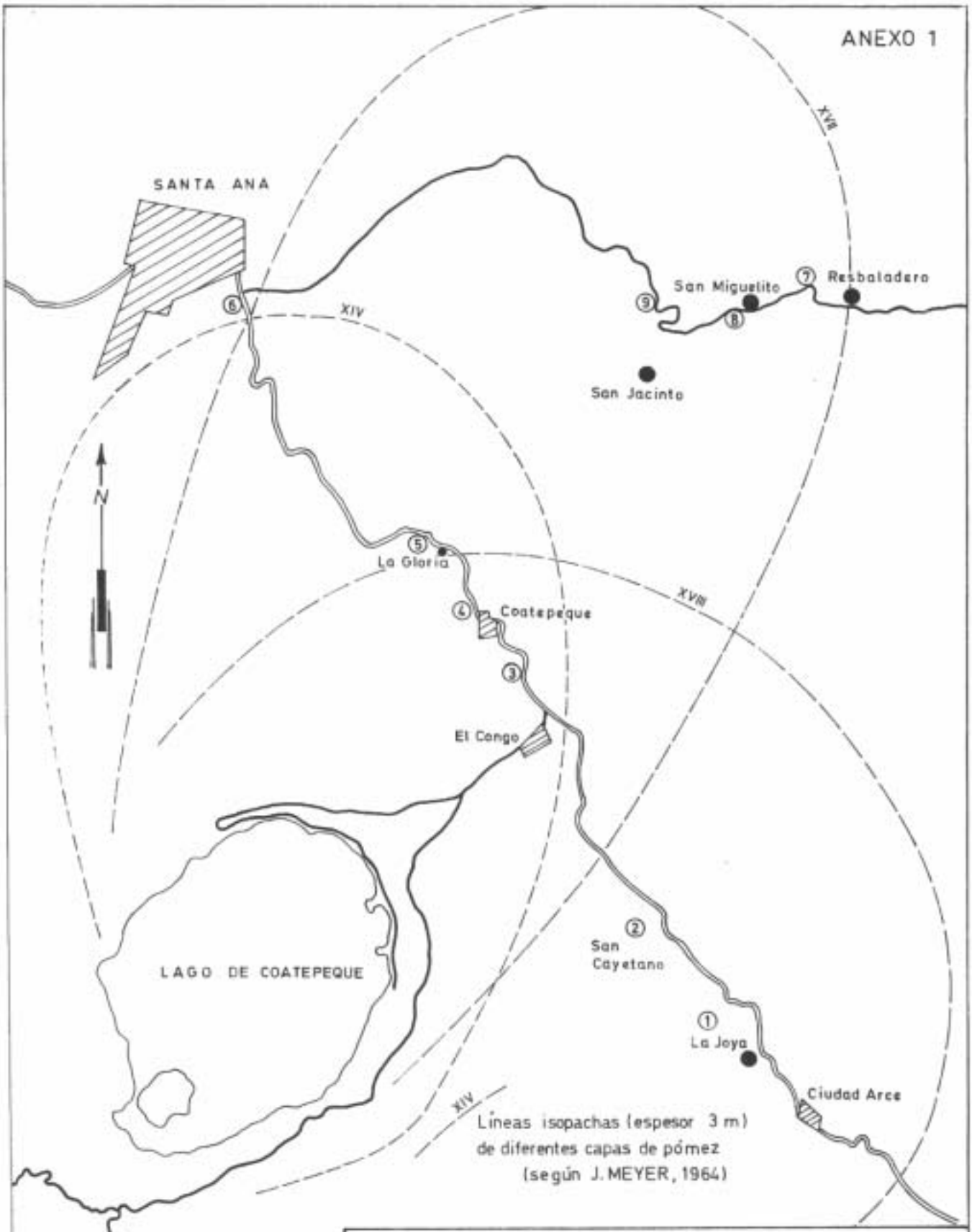
Para poder dar primeras informaciones también sobre la relación económicamente más favorable entre cemento y agregado, además de la prueba de utilización industrial, de las materias primas de pómez investigadas, se extrajeron de un yacimiento de pómez escogido mayores cantidades de muestras (localidad 3; anexos 2, 3/3) para fabricar con ellas más series de bloques de ensayo con relaciones diversas entre cemento y agregado (1 : 7, 1 : 9, 1 : 12).

3.5.4 Examinaciones de la Resistencia a Compresión

En el mercado de Alemania hay bloques de hormigón de pómez con tres grados de resistencia a compresión ($\geq$ 25 kp/cm^2; $\geq$ 50 kp/cm^2; $\geq$ 75 kp/cm^2). Se fabrican bloques huecos de hormigón de pómez casi exclusivamente con los grados de resistencia a compresión de $\geq$ 25 kp/cm^2 y $\geq$ 50 kp/cm^2 (HB 25, HB 50). Base para los controles de calidad son las condiciones de calidad definidas en las normas DIN 18151 y 18152. Del material de muestra de las series de bloques huecos de hormigón ligero fabricadas se retiraron 9 bloques huecos para cada una de las determinaciones de resistencia a compresión de 3 dias, de 7 dias y de 28 dias, habiendo sido realizadas tres veces cada una. Para asegurar una transmisión uniforme de la presión ocasionado por las placas de presión sobre la superficie total de los bloques huecos de hormigón que debian ser investigados los lados superiores e inferiores de los bloques de ensayo fueron nivelados exactamente con una masa de asfalto. Los bloques de ensayo así preparados fueron después prensados con la prensa de ensayo del CIG con un aumento de carga continuo de 2 kp/sec. Los resultados de las resistencias a compresión de 3 dias, de 7 dias y de 28 dias, obtenidos por este método, están compilados en el anexo 6.

Los bloques de hormigón de pómez fabricados presentan un promedio de resistencia de compresión de 28 dias entre 36 y 97 kp/cm^2. Satisfacen así por completo lo que se exige en Alemania de los bloques huecos de

ANEXO 1



CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

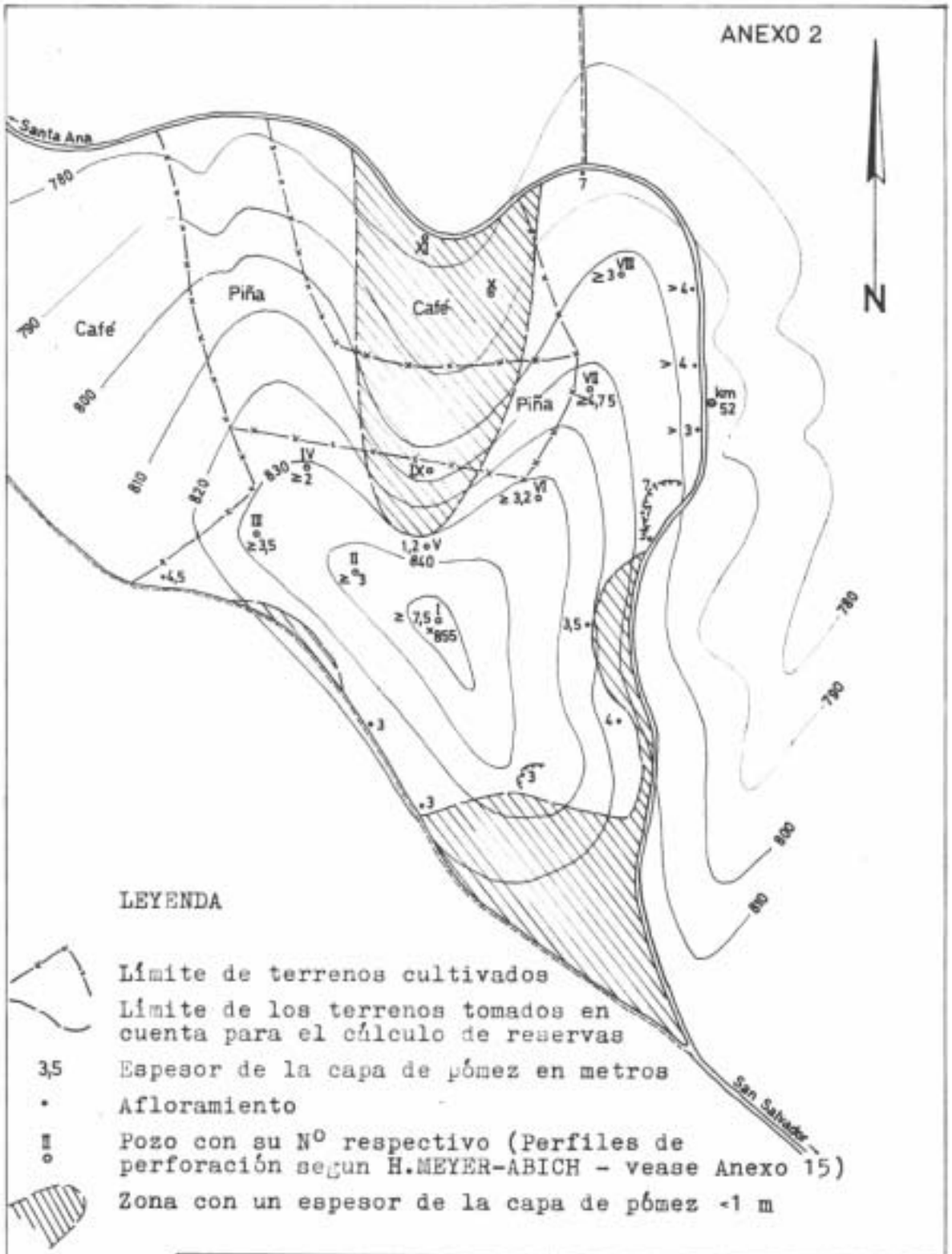
MISION GEOLOGICA ALEMANA EN EL SALVADOR

Localización de los sitios de muestreo de Pómez en la zona del Lago de Coatepeque

0 1 2 3 4 5 Km.

	Fig. Nº 1	Autor: H.S. Weber	Dib: C.A. Jiménez	Fecha: Feb 72

ANEXO 2



LEYENDA

Límite de terrenos cultivados

Límite de los terrenos tomados en cuenta para el cálculo de reservas

3,5 Espesor de la capa de pómez en metros

• Afloramiento

II Pozo con su N° respectivo (Perfiles de perforación segun H.MEYER-ABICH - vease Anexo 15)

Zona con un espesor de la capa de pómez <1 m

CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOTECNICAS		
MISION GEOLOGICA ALEMANA EN EL SALVADOR		
Bosquejo del depósito de cascajo de pómez en la Finca El Limon, km 51,6 hasta km 52,7 de la Carretera Panamericana de San Salvador a Santa Ana		
Fig. N° 2	Autor: H.S. Weber	Fecha: Marzo 1972

0 50 100 200 300 400 500 m

CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

SAN SALVADOR — EL SALVADOR C.A.

AGREGADOS PARA CONCRETO

Registro de Laboratorio Nº 1488-M

ANEXO 3/1

MATERIAL: Pómez

IDENTIFICACION: We - 500 (1-2-3-4)

PROCEDENCIA:

MUESTRA TOMADA POR: Dr. H. S. Weber

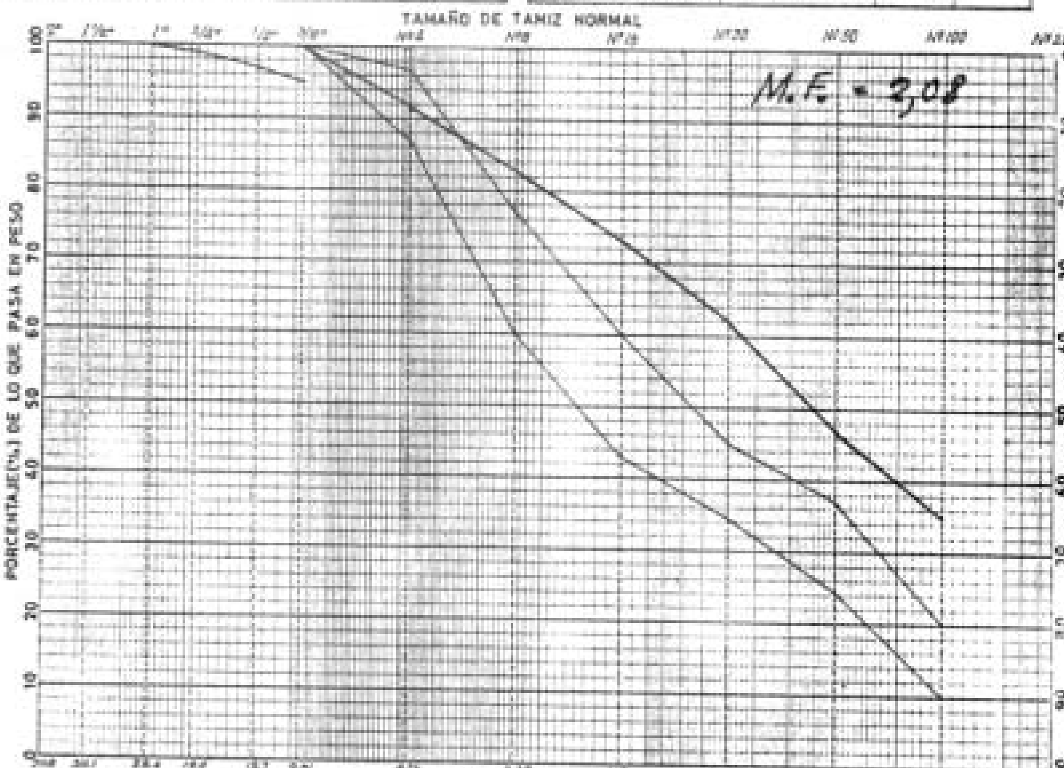
ANALISIS GRANULOMETRICO

PESO TOTAL 2326 GR.

MALLA	RETENIDO PAR., GR.	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUM.	% QUE PASA
2 1/2"		-		
2"		-		
1 1/2"	0	0 -		
1"	5	0.21 - 0	0	100
3/4"	9	0.39 - 1	1	99
1/2"	48	2.06 - 2	3	97
3/8"	47	2.02 - 2	5	95
< 3/8"	2217	95.31 - 95		
SUMA	2326	99.99 - 100		

PESO TOTAL 557,9 GR.

MALLA	RETENIDO PAR., GR.	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3/8"		- 0	0	100
4	45.5	8.16 - 8	8	92
8	51.1	9.16 - 9	17	83
16	53.4	9.57 - 10	27	73
30	62.1	11.13 - 11	38	62
50	82.2	14.73 - 15	53	47
00	64.5	11.56 - 12	65	35
FONDO	198.0	35.49 - 35		
SUMA	556.8	99.80 - 100	208	



Peso Unitario Seco y Suelto 1125 Kg/m³ =		Lb/pie³
Peso Bruto		Kg.
		"
		"
		"
		"
Promedio P. Bruto	[illegible]	"
Tara	[illegible]	"
Promedio P. Neto	[illegible]	
Volumen	[illegible]	m.3

Contenido de Agua		%
P. humedo + tara		Gr.
P. seco + tara		"
Agua		"
P. seco + tara		"
tara		"
Peso seco		"

En material < 3/8" aproximadamente el 25% (en número) son partículas color gris oscuro más pesadas

FECHA: 9- Febrero - 1972

CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

SAN SALVADOR — EL SALVADOR C.A.

AGREGADOS PARA CONCRETO

Registro de Laboratorio Nº 1489-M

ANEXO 3/2

MATERIAL: Pómez

IDENTIFICACION: We-501 (1-2)

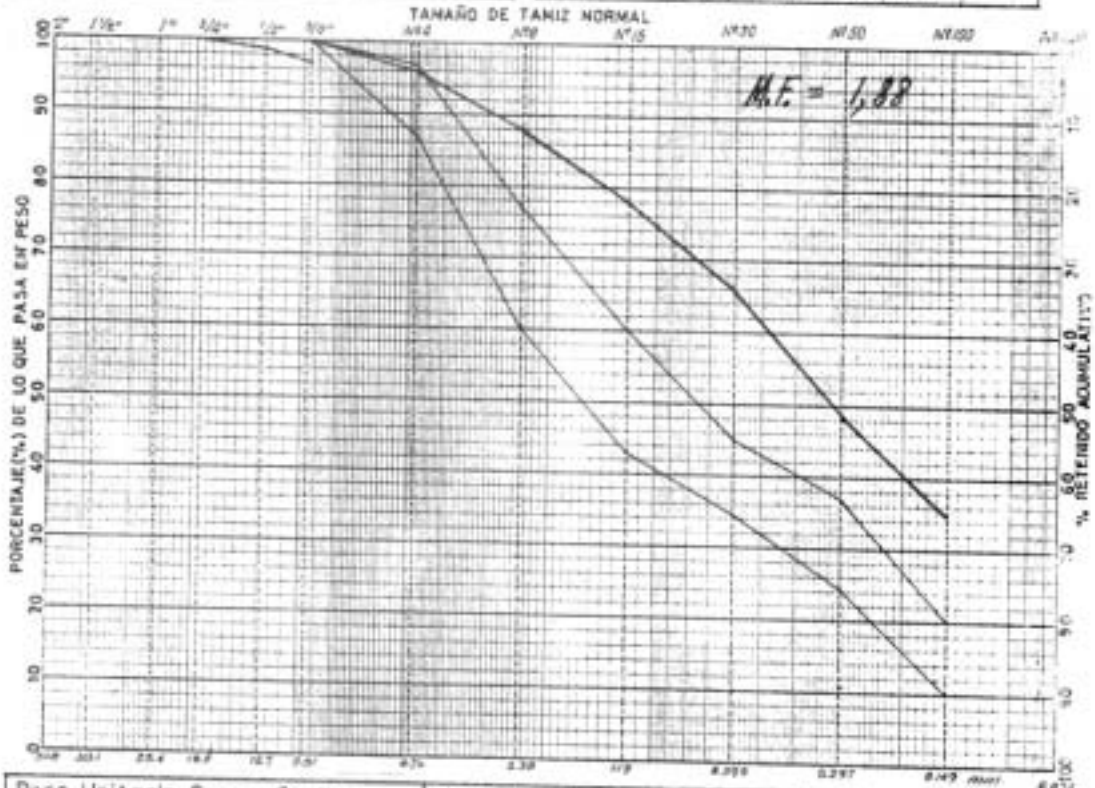
PROCEDENCIA:

MUESTRA TOMADA POR: Dr. H. S. Weber

ANALISIS GRANULOMETRICO

PESO TOTAL 3248 GR.				
MALLA	RETENIDO PAR., GR.	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUM.	% QUE PASA
2 1/2"		-		
2"		-		
1 1/2"	0	-		
1"	4	0.12- 0		
3/4"	6	0.18- 0	0	100
1/2"	25	0.77- 1	1	99
3/8"	54	1.66- 2	3	97
< 3/8"	3159	97.26- 97		
SUMA	3248	99.99-100		

PESO TOTAL 557.6 GR.				
MALLA	RETENIDO PAR., GR.	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3/8"		- 0	0	100
4	22.5	4.21- 4	4	96
8	42.1	7.55- 8	12	88
16	57.7	10.35- 10	22	78
30	69.0	12.37- 12	34	66
50	94.2	16.89- 17	51	49
00	78.2	14.02- 14	65	35
FONDO	191.9	34.42- 35		
SUMA	556.6	99.81-100	188	



Peso Unitario Seco y Suelto 1.112 Kg/m³ = Lb/pie³			Contenido de Agua %	
Peso Bruto		Kg.	P. humedo + tara	Gr.
		"	P seco + tara	"
		"	Agua	"
		"	P seco + tara	"
		"	tara	"
Promedio P. Bruto	5,613	"	Peso seco	"
Tara	2,500	"		
Promedio P. Neto	3,113			
Volumen	2.2228	m³		

En material < 3/8", contenido aprox. de partículas gris oscuro más pesadas 29%

FECHA: 10-Febrero-1972

CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

SAN SALVADOR — EL SALVADOR C.A.

AGREGADOS PARA CONCRETO

Registro de Laboratorio Nº 1490-M

MATERIAL: Pómez

ANEXO 3/3

IDENTIFICACION: We - 502 (1-2-3)

PROCEDENCIA:

MUESTRA TOMADA POR: Dr. H.S. Weber

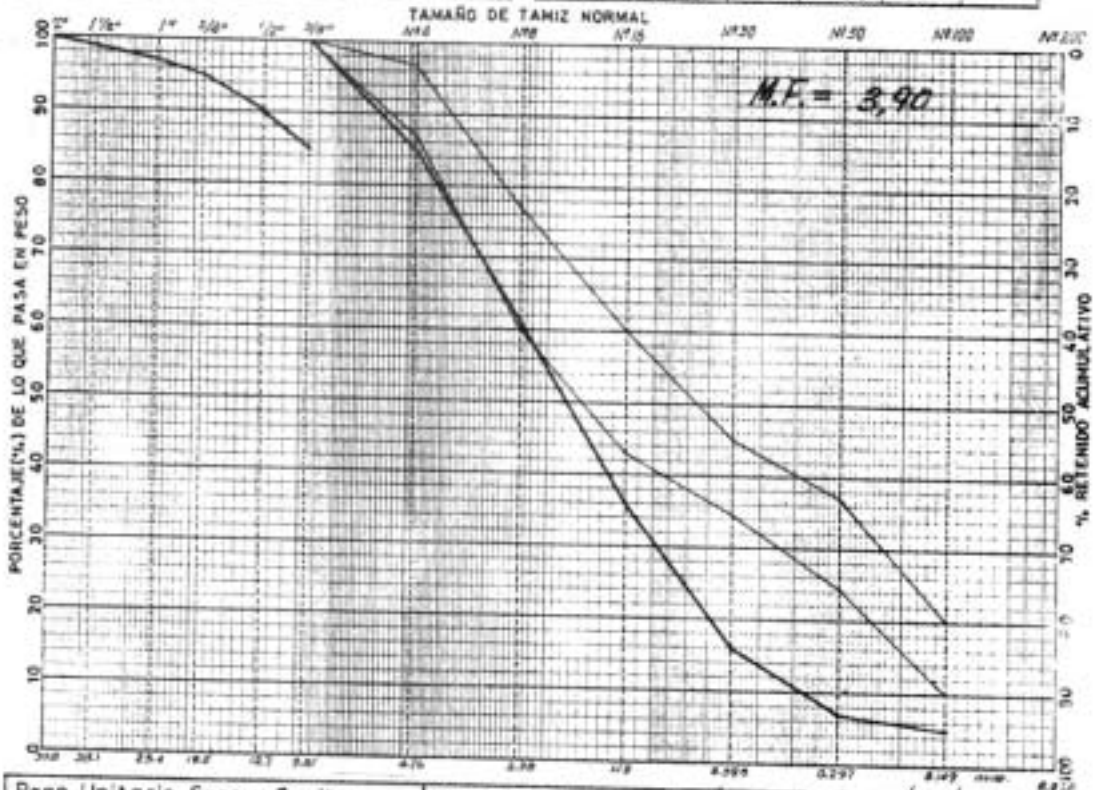
ANALISIS GRANULOMETRICO

PESO TOTAL 3015 GR.

MALLA	RETENIDO PAR., GR.	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUM.	% QUE PASA
2 1/2"		-		
2"	0	0 - 0	0	100
1 1/2"	25	0.83 - 1	1	99
1"	56	1.86 - 2	3	97
3/4"	60	1.99 - 2	5	95
1/2"	144	4.78 - 5	10	90
3/8"	150	4.98 - 5	15	85
< 3/8"	2569	85.21 - 85		
SUMA	3004	99.65 -		

PESO TOTAL 566.8 GR.

MALLA	RETENIDO PAR., GR.	% RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUM.	% QUE PASA
3/8"		- 0	0	100
4	86.8	15.31 - 15	15	85
8	133.3	23.52 - 24	39	61
16	143.2	25.26 - 25	64	36
30	111.2	19.62 - 20	84	16
50	52.1	9.19 - 9	93	7
00	13.0	2.29 - 2	95	5
FONDO	27.1	4.78 - 5		
SUMA	566.7	99.97 - 100	390	



Peso Unitario Seco y Suelto 74.7 Kg/m³ = Lb/pie³		
Peso Bruto		Kg.
		"
		"
		"
		"
Promedio P. Bruto	[illegible]	"
Tara	[illegible]	"
Promedio P. Neto	2.092	
Volumen	[illegible]	m.³

Contenido de Agua		%
P. humedo + tara		gr.
P. seco + tara		"
Agua		"
P. seco + tara		"
tara		"
Peso seco		"

En material < 3/8" Contenido aproxim de partículas gris oscuro más pesadas: 5%

JAO

FECHA: 10-Febrero-1972