

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO EN LAS CANTERAS MÁS IMPORTANTES DE EL SALVADOR

LANDAVERDE QUIJADA, José Miguel

Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela de Ingeniería Civil. San Salvador, El Salvador.
Correo electrónico: civildir@navegante.com.sv

RESUMEN

En cuanto al control de calidad de agregados pétreos (gravas y arenas), usados en el concreto hidráulico, existen documentos que basan su investigación en los resultados de muestras obtenidas y ensayadas en un periodo de tiempo muy corto.

En esta investigación se tomaron muestras de gravas y arenas, de pedreras y bancos de arena de mayor demanda en el país, cada quince días durante un periodo de 12 meses, realizando a cada muestra de grava seis ensayos diferentes y siete ensayos a las arenas, con el propósito de determinar el comportamiento de la calidad de los agregados en el tiempo.

Las canteras que son objeto de investigación seleccionada por su importancia en la explotación son los siguientes: Pedrera de San Diego, Pedrera de Ateos, Pedrera de Panchimalco, Pedrera Mina de Aramuaca; arenera río Las Cañas en sus dos puntos de máxima explotación en Soyapango y Apopa, río Jiboa y arenera de Aramuaca.

Realizadas las pruebas de laboratorio a cada pedrera y arenera, se analizaran los resultados para determinar la calidad de las mismas sobre la base del cumplimiento o no de las Normas ASTM, aplicando la estadística para determinar el comportamiento de los resultados en el tiempo, para lo cual se presentan las conclusiones y recomendaciones para cada fuente de explotación.

INTRODUCCIÓN

A raíz de la demanda de materiales pétreos, a la insuficiente producción de éstos y al estudio realizado por la Misión Geológica Alemana para localizar nuevas canteras alrededor del Área Metropolitana de San Salvador, en marzo de 1977, se realizó un estudio técnico de las canteras del área, cuyo objetivo básico fue el de adoptar bases para crear un documento legal que regule y controle la explotación de productos pétreos en el país y su impacto ecológico, económico, social y urbanístico.

En cuanto a la calidad de los pétreos solo se determinó que eran aceptables para ser usados en proyectos de tipo ingenieril y de fácil extracción de acuerdo al tipo de roca existente.

En el periodo de 1968 hasta 1997 se llevaron a cabo diferentes estudios a las canteras que abastecen el Área Metropolitana de San Salvador, orientados estos a conocer propiedades ingenieriles de los pétreos para un mejor control de calidad en las diferentes áreas de la construcción, así como características físicas y mecánicas de los pétreos, tecnología utilizada, procedimientos empleados para la extracción, para finalmente calcular volúmenes de producción, vida útil y la influencia de la explotación en el ecosistema.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calidad de un concreto es un factor determinante en la seguridad de una estructura, pero esta no se obtiene únicamente con un correcto diseño de mezcla para una obra, un eficiente mezclado y colocación, porque aún cumpliendo con estos, los resultados de laboratorio muestran variaciones considerables en la resistencia de un concreto hecho bajo un mismo diseño.

No se han investigado aún las causas de estas variaciones en la resistencia del concreto diseñado para toda una obra, pero si se considera que los agregados constituyen del 60% al 80% de éste, en volumen de este, se puede deducir que las variaciones de calidad en el tiempo de éstos afectan en gran medida las propiedades finales del concreto.

Se puede mencionar, por ejemplo, que uno de los factores que afectan a la contracción del concreto es la cantidad del agregado fino (que pasa la malla N° 200), también la adherencia interna del concreto se ve afectada por materiales desmenuzables e impurezas como limos y arcillas y la resistencia es afectada también por un exceso de partículas liviana en los agregados.

Ya que la explotación de canteras de grava y bancos de arena en nuestro país se lleva a cabo con un mínimo y a veces ningún control de calidad, no se asegura que el material obtenido cumpla con los requisitos de las Normas técnicas empleadas en nuestro medio.

Por lo tanto, es necesario hacer un estudio de las principales canteras y bancos de arenas más importantes que se explotan o que potencialmente se pueden explotar en El Salvador, tomando en cuenta las Normas ASTM.

OBJETIVOS

General

Investigar la variación de la calidad de los agregados gruesos y finos para concreto, obtenidos de varias canteras de grava y bancos de arena de El Salvador y el comportamiento de dicha variación en el tiempo, teniendo como base las Normas ASTM

Específicos

Realizar muestreos de las principales canteras de grava y bancos de arena del país con intervalos de 15 días durante el periodo de un año.

Realizar los ensayos necesarios establecidos bajo la norma ASTM C-33 para cada muestreo.

Analizar los resultados estadísticos y obtener parámetros para determinar la calidad de los diferentes agregados en el tiempo, para unificar conclusiones y recomendar sobre la base de un análisis anual.

ALCANCES Y DELIMITACIONES

Basados en la norma ASTM C-33, se evaluarán la calidad de los agregados para concreto, a través de un estudio anual, con el que se pretende determinar si estos se mantienen dentro de los límites aceptables, así como la influencia de las variaciones en estos índices de calidad y plantear a nivel de diagnóstico, las causas y los efectos que estos puedan generar en la resistencia del concreto; Permitiendo realizar ajustes en su diseño y elaboración.

El estudio comprendió en un muestreo quincenal a partir de Julio de 1997, finalizando en el mes de junio de 1998, completando de esta manera el segundo semestre de un ciclo anual.

Para la realización del estudio, se realizará un muestreo quincenal en las cuatro canteras y los cuatro bancos de arena a usar detallados a continuación:

Los bancos de arena a estudiar son:

1. Río Las Cañas en Soyapango.
2. Río las Cañas en Apopa.
3. Río Jiboa en La Paz
4. Laguna de Aramuaca en San Miguel.

Las canteras de gravas a estudiar son:

- Laguna de Aramuaca en San Miguel
- Panchimalco en San Salvador
- Ateos en Sonsonate
- San Diego en La Libertad

El número de ensayos que se realizaron fueron los siguientes:

Por Cantera: 78 ensayos

Por Banco: 60 ensayos

A través de los resultados de las pruebas se concluyó, que agregado presenta los mejores índices de calidad a través del tiempo, o en su defecto el que presenta los mínimos estándares de calidad.

LIMITACIONES

Para lograr la determinación exacta de las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados para concreto y conocer datos importantes de los efectos que éstas características puedan causar al concreto, se necesita realizar una serie de ensayos, enmarcados en la norma ASTM C-33. Sin embargo, importantes ensayos como: ASTM C-586: “Métodos de ensayo para Reactividad Alcalina Potencial de Rocas Carbonatadas para agregados de concreto”, ASTM C-342: “Método de Ensayo para Cambio Potencial de volumen en Combinaciones Cemento-Agregado”, ASTM C-289: Método de Ensayo para Reactividad de agregados” y otros ensayos no son menos importantes, no es posible realizarlos por la insuficiencia de equipo de laboratorio y el alto costo económico

que representa. Estos ensayos son importantes porque por ejemplo en nuestros ríos, fuente principal de abastecimiento de arena, es conocido el alto grado de contaminación que recibe de las aguas domésticas e industriales, lo que puede agregar a la arena sustancias químicas que reaccionan con el cemento de la pasta, llevando a problemas mayores de durabilidad al concreto.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de obtener concreto de resistencia estable, de durabilidad óptima y al más bajo costo en los proyectos de construcción, es la razón principal del enfoque de éste estudio; debido a que estos aspectos son los que idealmente deben cumplir los productores de concreto.

Sin embargo, lo que sucede al proporcionar un diseño de concreto a un constructor cualquiera, es que no se obtiene de éste concreto, resultados estables en cuanto a resistencia, es decir, en distintas fechas de producción en una misma obra, ésta sufre variaciones considerables a causa de no optimizar los componentes del concreto.

Aunque la fuente de abastecimiento se mantenga, el material pétreo en algún grado aún desconocido, sufre variaciones que afectan las propiedades del concreto.

Sabemos que la durabilidad del concreto está ligada a la durabilidad individual de sus componentes, y de éstos, los agregados son los señalados como los principales modificadores de ésta; ya que la producción de cemento está normada y tecnificada en el país, no así la producción y obtención de pétreos.

Tomando el aspecto económico, al estudiar la calidad y características del agregado a usar en concreto, es posible determinar factores que contribuyen al encarecimiento de éste como por ejemplo: una excesiva finura en la arena, aumenta los requerimientos de agua y en consecuencia de cemento, lo mismo sucede si la arena es demasiado gruesa ya que la trabajabilidad disminuye, aumentando la necesidad de pasta. Un exceso de pómez o partículas de alta absorción también presenta el problema mencionado.

En conclusión, este estudio permitirá predecir teóricamente, los efectos que sufre el concreto con cada alteración de las características de los agregados al ser explotados en las canteras y bancos. Ya que el comportamiento del concreto hidráulico, se ve afectado, entre otros aspectos, por la falta estricta de controles de calidad o estudios que verifiquen la variación de las características tales como: tamaño del agregado, sanidad, contenido de orgánicos, etc. de las arenas y gravas debido a la estación lluviosa, estación seca, contaminación y malos procesos de extracción o manufacturación en las canteras de grava y bancos de arena más importantes de El Salvador.

Por lo que, es recomendable implementar no solamente monitoreos de verificación de los agregados pétreos en canteras de gravas y bancos de arena de gran importancia, sino estudios especializados similares al realizado por la Misión Geológica Alemana durante la década de los setentas.

ASPECTOS GEOLÓGICOS DE LAS CANTERAS EN ESTUDIO

Cantera Roca (Panchimalco)

Se encuentra localizada en jurisdicción del municipio de Panchimalco, depto. de San Salvador.

Regionalmente, el terreno en cuestión está localizado en el margen suroeste de una gran cordillera volcánica, desarrollada al sur de San Salvador, así como una importante cobertura de sedimentos piroclásticos; especialmente en la parte norte.

Las rocas más antiguas que se preservan dentro y fuera de la gran caldera volcánica son basálticas cretácicas y rocas volcánicas basálticas terciarias; dentro de las que se incluyen depósitos laháricos y coladas de lavas andesíticas, las cuales en la parte norte buzan hacia el este.

Los depósitos cuaternarios incluyen:

- Una secuencia de nueve depósitos de sedimentos piroclásticos silíceos; en general riolíticos y sueltos, producidos por erupciones de ésta caldera, los cuales se presentan como flujos de cenizas y como sedimentos de caída.
- Una decena de paleosuelos asociados con la alteración de la de las cenizas puzolana.
- Domo y flujos viscosos, divididos en dos grupos de acuerdo con su composición. Un grupo incluye dacitas y latita-andecita, y el otro, riolitas y un macizo montañoso donde se sitúa el terreno de interés.
- Sedimentos lacustres, los cuales se encuentran dispersos dentro de una extensión superficial y generalmente debajo de los 1100 MSNM.

El terreno objeto de interés se encuentra directamente en la intersección de la zona de corte que forma el cañón de Panchimalco.

El terreno propiamente es atravesado por un sistema de fallas y fracturas de orientación que se sitúa entre oeste-este y oeste, suroeste-este, noroeste

Cantera “La Cantera” (San Diego)

De acuerdo con el mapa geológico de la República de El Salvador, la Zona de estudio se ubica en la formación del Bálsamo, la cual constituye las montañas costeras del País, franja de volcanes que en su parte más ancha alcanza 90 Km. La formación del Bálsamo está compuesta por rocas volcánicas intermedias hasta básicas y sus productos secundarios (epiclásticas-volcánicas).

La formación del Bálsamo alcanzó su punto máximo, durante el depósito de las vulcanitas de la parte inferior de la formación Cuscatlán, la que surge en algunas zonas entre la montaña costera.

Específicamente en el sector de estudio, Hacienda Tepeagua y propiedades a 1 km a la redonda, el carácter particular de la formación del Bálsamo se clasifica como sigue:

- ♦ C₁, en las partes de mayor elevación, perteneciente a la formación Cuscatlán, siendo piroclásticos ácidos, epiclásticas volcánicas.
- ♦ b₁, en los causes de los ríos San Antonio y el Jute; ésta clasificación pertenece a la formación del Bálsamo, siendo epiclásticas volcánicas y piroclásticas, localmente efusivas básicas (intermedias intercaladas).
- ♦ Q-f, al sur de la carretera del litoral hasta el mar, pertenece a la formación San Salvador, siendo depósitos sedimentarios del cuaternario

Cantera Aramuaca (San Miguel).

Geológicamente el área esta influenciada por una secuencia volcano sedimentaria que data del plio-pleistoceno. Regionalmente la sección volcánica comprende tobas ácidas en la base, posteriormente lavas ácidas intermedias y andesíticas basálticas en la parte superior, así mismo la secuencia sedimentaria esta limitada a cuencas intermontañas, que comprenden horizontes de diatomitas, epidastritas y areniscas intercaladas localmente por capas carbonosas, tobas, etc.

Es decir, la clasificación geológica de los materiales que circundan la laguna de Aramuaca, es la siguiente:

Cuaternario Reciente: Material volcánico redepositado con capas intercaladas de arcillas y diatomita.

Cuaternario Subreciente: capas estratificadas de cenizas, pómez, lapilli y escorias volcánicas, observándose en algunos sitios bloques subredondeados y capas de basalto.

Cuaternario – Terciario: Flujos o coladas de andesitas basálticas y de tobas aglomeráticas.

Las características geológicas de la zona analizada han sido delimitadas por la influencia de la actividad del volcán de San Miguel o Chaparrastique, así como por el arrastre y deposito de sedimentos del Río Grande de San Miguel.

Cantera “Protersa” (Ateos)

El tipo de roca existente es andesita de forma laminar, que conforma bloques compactos en los que hay presencia de abundantes minerales como la plagioclasa.

La forma laminar se considera que es el resultado del enfriamiento rápido producto de varias erupciones.

Además de la presencia de materiales piroclásticos (tobas mezcladas con escoria y pómez) se observa una cubierta orgánica de aproximadamente 50 cm. No se observa estratificación relevante. La roca se observa sana con casi nulos efectos de meteorización.

En el frente de explotación sur se observan fallas de 1 a 1.5 m de distancia entre ellas.

Es típico encontrar dentro de la montaña costera protusiones de productos lávicos, en forma de diques o corrientes de lava que probablemente son contemporáneos con la actividad volcánica que origino la cadena volcánica joven que atraviesa el territorio nacional en dirección WNW y que está constituida por los grupos volcánicos de San Salvador-Ilopango, santa Ana-Coatepeque, San Vicente-Volcán Tecapa, Volcán de Usulután, Volcán de San Miguel y Volcán de Conchagua.

Los diques antes citados estan constituidos por rocas efusivas de carácter permanente básico, es decir Andesitas a Basalto. Estos son los depósitos que actualmente se están explotando y los cuales están introducidos dentro de los depósitos aglomeráticos de la edad terciaria.

Estructura del documento

La parte medular de la investigación, es la realización de los ensayos a las muestras tomadas quincenalmente en las canteras de grava y bancos de arena que fueron seleccionadas (primera etapa).

Con estas canteras y bancos seleccionados, el paso siguiente es, la toma de muestras siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D-75.

La segunda etapa consistió en la realización de los ensayos, cuya selección se basó en criterios establecidos en la norma ASTM C-33, que presenta una tabla de requerimientos para el agregado en los que se establece la importancia de realizar ensayos como: C-88, C-131, C-40, C-142 y otros

La etapa tres consistió en la aplicación de un método estadístico que represente mejor los resultados de los ensayos.

Con estas etapas definidas e identificadas se estructuró el trabajo como sigue:

1. Un primer capítulo conteniendo los aspectos básicos que originaron este estudio: La importancia de esta investigación, la enmarcación de objetivos, los alcances del estudio, las limitaciones que se presentan y otros.

Además se incluye en forma general, aspectos geológicos de las zonas estudiadas, con lo se tendrá una mejor comprensión de las características físicas de los agregados.

2. El capítulo II comprende la metodología de la investigación, aspectos teóricos y prácticos acerca de muestreo así como también aspectos de la explotación de canteras, siendo estos de vital importancia para mejor comprensión de los resultados y para ampliar los conocimientos del tema aunque estos no estén contemplados en los objetivos.

3. En el capítulo III se explica el método estadístico a aplicar para analizar y presentar los resultados de los ensayos.

4. Un capítulo IV con tablas y gráficos de los resultados obtenidos, y

5. Finalmente las conclusiones globales de los resultados e hipótesis de las posibles causas que generan variaciones en los resultados.

En las tablas N° 1 y 2 se presentan algunos de los resultados finales obtenidos en la investigación de las canteras y bancos de arena.

TABLA 1
BANCO DEL RIO LAS CAÑAS SOYAPANGO

Mes	Sanidad SO ₄ Na ₂	Gravedad Específica BulK	Absorción %	Partículas Desmenuzables %	Impurezas Orgánicas	Material + fino que N° 200	Partículas De peso Ligero %	% que pasa Malla						
								3/8"	N° 4	N°8	N°16	N°30	N° 50	N°100
Enero	4.33	2.36	6.50	0.33	2	4.07	18.9	99.7	96.9	90.2	79.0	62.3	40.2	15.8
Febrero	2.28	2.21	5.04	0.74	2	6.32	5.4	98.8	89.4	76.4	60.3	39.7	19.7	8.4
Marzo	5.72	2.13	4.81	0.36	1.5	6.46	9.15	97.6	89.4	79.5	65.2	45.4	27.3	13.9
Abril	5.92	2.14	5.80	0.23	1	5.36	5.3	97.9	87.2	75.7	62.4	45.2	28.1	15.2
Mayo	3.87	2.21	4.41	0.47	1	4.49	6.4	97.6	91.2	82.2	69.0	50.6	30.5	15.3
Junio	4.42	2.15	5.62	0.80	1	4.79	5.9	98.8	94.5	86.2	73.2	52.7	30.2	14.1
Julio	4.71	1.73	11.70	0.35	1	1.92	24.5	97.6	91.8	81	65.7	44.3	23.7	10.7
Agosto	5.98	1.81	8.71	0.32	1	3.95	10.1	97.6	91.2	81.2	66.0	45.5	23.1	8.2
Septiembre	5.37	2.01	8.81	0.70	1	2.68	20.9	98.3	90.9	81.8	66.5	47.0	23.5	8.1
Octubre		2.11	7.56	0.26	1	1.99	20.7	98.6	93.7	83.1	66.7	45.3	22.2	7.6
Noviembre	6.36	2.08	7.29	0.24	1	1.76	12.6	93.4	86.5	77.8	65.0	46.0	22.5	7.8
Diciembre	6.08	2.21	7.01	0.15	1.5	3.07	11.8	97.8	93	83.5	70.6	51.2	27.0	9.9

TABLA 2

PEDRERA : SAN DIEGO, GRAVA N° 1→ BASALTOS.

Mes	Sanidad SO ₄ Na ₂	Gravedad Específica BulK	Absorción %	Partículas Desmenuzabl es %	Desgaste de los Ángeles %	Partículas		% que pasa Malla				
						Planas	Alargad as	1"	¾"	½"	3/8"	N°4
Enero	0.74	2.56	1.83	1.02	19.1	1.65	0	100	88.4	36.8	17.8	2.1
Febrero	1.08	2.57	0.20	1.16	18.0	1.60	0	100	87.7	2.0	0.1	0.0
Marzo	1.95	2.51	0.59	1.67	18.9	2.95	0	100	93.5	36.1	7.8	0.1
Abril	1.06	2.49	0.94	0.68	18.6	2.93	0	100	95	45	19.1	0.1
Mayo	0.38	2.56	1.20	0.79	20.6	2.63	0	100	94.1	27.9	6.0	0.3
Junio	0.54	2.65	0.94	0.94	19.1	2.21	0	100	84.1	12.9	2.2	0.1
Julio	1.54	2.55	0.98	1.64	19.7	1.54	0	100	82.9	10.5	2.3	0.0
Agosto	-	2.50	1.47	0.20	19.5	1.63	0	100	87.4	18.4	4.0	0.0
Septiembre	1.11	2.61	0.68	0.30	18.8	1.92	0	100	85.5	4.2	0.2	0.0
Octubre	-	2.58	0.98	0.76	18.4	1.70	0	100	100	63.8	34.1	0.2
Noviembre	1.20	2.59	0.91	0.46	18.3	1.49	0	100	98.2	62.9	35.7	0.5
Diciembre	0.97	2.54	0.95	0.38	18.7	1.10	0	100	100	63.6	36.5	0.1

Conclusiones Generales de la Investigación.

- ♦ Las canteras del agregado grueso que se investigaron, no presentan variaciones significativas en el tiempo, ya que las propiedades estudiadas no tuvieron cambios en sus valores, lo que refleja que la calidad de los materiales es aceptable, ya que cumplen con los requisitos de la norma ASTM C-33.
- ♦ En los bancos de arena, si se observan cambios significativos de sus propiedades en el tiempo, principalmente en aquellos bancos que se encuentran en la rivera del río Las Cañas, pues en la época lluviosa este deposita los materiales, al azar, lo que provoca dichos cambios; no así en el banco de arena de mina, pues la depositación en el banco no sufre cambios significativos en su estratigrafía.

BIBLIOGRAFÍA

- American Society for testing and material. Concrete and Minerald Agregate, vol 04.02,(ASTM) - Manual Técnico de Control de calidad, Manuel Mayorga G.
- Steven H. Kosmatka y William Panarese. Diseño y Control de Mezclas de Concreto, del IMCYC,
- Irwin Miller y John E. Freund. Probabilidad y Estadística para Ingenieros
