



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**ESTUDIOS COMPARATIVOS DEL ANÁLISIS FÍSICO, MECÁNICO,
QUÍMICO, Y PETROGRÁFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL (DEL RÍO
VILLALOBOS) Y DEL AGREGADO FINO DE TRITURACIÓN (DE LA ROCA
ZONA 18) EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA DE ACUERDO A LA NORMA
ASTM C-270 “*STANDARD SPECIFICATION FOR MORTAR FOR UNIT
MASONRY*” (ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA MORTEROS DE
MAMPOSTERÍA)**

Douglas Estuardo Osorio García

Asesorado por el Ing. Marlon Oliverio Cabrera Sánchez

Guatemala, junio de 2,009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIOS COMPARATIVOS DEL ANÁLISIS FÍSICO, MECÁNICO,
QUÍMICO, Y PETROGRÁFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL (DEL RÍO
VILLALOBOS) Y DEL AGREGADO FINO DE TRITURACIÓN (DE LA ROCA
ZONA 18) EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA DE ACUERDO A LA NORMA
ASTM C-270 “*STANDARD SPECIFICATION FOR MORTAR FOR UNIT
MASONRY*” (ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA MORTEROS DE
MAMPOSTERÍA)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR:

DOUGLAS ESTUARDO OSORIO GARCÍA

**ASESORADO POR EL ING. MARLON OLIVERIO CABRERA SÁNCHEZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 2,00

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañon López
EXAMINADOR	Ing. Fernando Boiton Velásquez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIOS COMPARATIVOS DEL ANÁLISIS FÍSICO, MECÁNICO, QUÍMICO, Y PETROGRÁFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL (DEL RÍO VILLALOBOS) Y DEL AGREGADO FINO DE TRITURACIÓN (DE LA ROCA ZONA 18) EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270 "STANDARD SPECIFICATION FOR MORTAR FOR UNIT MASONRY" (ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA MORTEROS DE MAMPOSTERÍA),

tema que se me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el día 30 de octubre de 2008.



DOUGLAS ESTUARDO OSORIO GARCÍA

Guatemala, 15 de Mayo del 2,009.

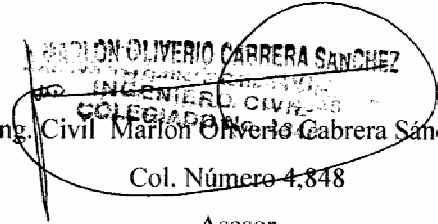
Ingeniero
Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador del Área de materiales y
construcciones civiles
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Ing. Quiñonez:

Por este medio atentamente hago de su conocimiento que he asesorado el trabajo de tesis del estudiantes Douglas Estuardo Osorio García, titulado: **“ESTUDIOS COMPARATIVOS DEL ANALISIS FISICO, MECANICO, QUIMICO, Y PETROGRAFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL (DEL RIO VILLA LOBOS) Y DEL AGREGADO FINO DE TRITURACION (DE LA ROCA ZONA 18) EN MORTEROS DE MAMPOSTERIA DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270 Standard specification for mortar for unit masonry (especificación estándar para morteros de mampostería)”**

Después de haber revisado y corregido dicho trabajo, considero que llena los requisitos exigidos para su aprobación final.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente, me suscribo de usted como su atento y seguro servidor.


MARLON OLIVERIO CARRERA SANCHEZ
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO N.º 4,848
Ing. Civil Marlon Oliverio Cabrera Sánchez
Col. Número 4,848
Asesor

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 25 de mayo de 2 009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **“Estudios comparativos del análisis físico, mecánico, químico y petrográfico del agregado fino natural (del río Villalobos) y del agregado fino de trituración (de La Roca Zona 18) en morteros de mampostería de acuerdo a la norma ASTM C-270 Standard specification for mortar for unit masonry (especificación estándar para morteros de mampostería)”**, realizado por el estudiante universitario **Douglas Estuardo Osorio García**, quien contó con la asesoría del Ingeniero **Marlon Oliverio Cabrera Sánchez**.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **Osorio García**, cumple con los objetivos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Francisco Javier Quiñones de la Cruz



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del asesor Ingeniero Civil Marlon Oliverio Cabrera Sánchez, del departamento de materiales de construcción y construcciones civiles, Ingeniero Francisco Javier Quiñonez de la Cruz al trabajo de graduación del estudiante Douglas Estuardo Osorio García, titulado: **“ESTUDIOS COMPARATIVOS DEL ANALISIS FISICO, MECANICO, QUIMICO, Y PETROGRAFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL (DEL RIO VILLA LOBOS) Y DEL AGREGADO FINO DE TRITURACION (DE LA ROCA ZONA 18) EN MORTEROS DE MAMPOSTERIA DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270 Standard specification for mortar for unit masonry (especificación estándar para morteros de mampostería)”** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sydney Alexander Samuels Milson'.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil.



FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECTOR
USAC

Guatemala, Junio del 2,009.

/bbdeb

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.167.09

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIOS COMPARATIVOS DEL ANÁLISIS FÍSICO, MECÁNICO, QUÍMICO, Y PETROGRÁFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL (DEL RIO VILLALOBOS) Y DEL AGREGADO FINO DE TRITURACIÓN (DE LA ROCA ZONA 18) EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270 "STANDARD SPECIFICATION FOR MORTAR FOR UNIT MASONRY" (ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA MORTEROS DE MAMPOSTERÍA)**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Estuardo Osorio García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, junio de 2009

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

Dios dueño de mi vida

El Centro de Investigaciones de Ingeniería CII –USAC-

El Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas CESEM -USAC-

El Ingeniero: Marlon Oliverio Cabrera Sánchez, por haberme asesorado el presente trabajo de investigación

Todas las personas que de manera desinteresada colaboraron en la elaboración del presente trabajo de graduación.

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres:

**German Felipe Osorio.
Iris Graciela García Zambrano.**

Mi abuela:

Evelia Arminda Zambrano (+).

Mi esposa e hijos:

**Lisswerd Patricia Peralta Montano de Osorio.
Helliioth Jean Pierre Osorio Peralta.
Samantha Mirosslova Osorio Peralta.
mi nueva hija con mucho amor.**

Mis hermanos con mucho cariño:

**German Antonio Osorio García.
Ezly Caroli Osorio García.**

Mis suegros:

**Maximiliano Peralta
Vilma Montano de Peralta**

Todos mis amigos y compañeros

De la Universidad de San Carlos de Guatemala

La Facultad de Ingeniería

La Universidad de San Carlos de Guatemala.

GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. AGREGADO FINO	1
1.1. Definición	1
1.2. Generalidades	1
1.3. Clasificación	2
1.3.1. Tamaño	2
1.3.2. Granulometría	3
1.3.3. Forma de sus granos	3
1.3.4. Origen	3
1.3.4.1. Natural	3
1.3.4.1.1. Rocas ígneas (o endógenas)	3
1.3.4.1.2. Rocas sedimentarias	4
1.3.4.1.3. Rocas metamórficas	4
1.3.4.2. Artificiales	4
1.3.5. Según su densidad	5
1.4. Procesos de formación/extracción	6
1.4.1. Selección	7
1.4.2. Producción	8

1.4.2.1.	Naturales	8
1.4.2.2.	Artificiales	9
1.5.	Composición	9
1.6.	Calidad	9
1.7.	Propiedades físico-mecánicas	10
1.7.1.	Granulometría	10
1.7.1.1.	Módulo de finura	11
1.7.2.	Forma	11
1.7.3.	Textura	12
1.7.4.	Densidad	12
1.7.5.	Porosidad y absorción	12
1.7.6.	Peso volumétrico	13
1.7.7.	Hinchamiento de la arena	13
1.7.8.	Resistencia de las partículas del agregado	14
1.7.9.	Tenacidad	14
1.7.10.	Adherencia	14
1.7.11.	Dureza	15
1.7.12.	Contenido de materia orgánica	15
1.7.13.	Contaminación salina	15
1.7.14.	Sanidad de los agregados	16
1.8.	Propiedades químicas	16
1.8.1.	Epitaxia	16
1.8.2.	Reacción agregado- álcali	16
1.8.3.	Reacción agregado- álcali-carbonato	17
1.9.	Tipos de arenas	17
1.10.	Usos	18
1.10.1.	Morteros y concretos	18
1.10.2.	Otros	19
1.11.	Normativa y ensayos	19

1.11.1.	Internacional	19
1.11.1.1.	Europa	19
1.11.1.2.	Sociedad Americana para el Ensayo e Inspección de los materiales ASTM (<i>American Society for Testing and Materials</i>)	19
1.11.2.	Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)	19
2.	MORTEROS	21
2.1.	Definición	21
2.2.	Generalidades	21
2.3.	Composición	23
2.3.1.	Materiales cementosos	25
2.3.1.1.	Cemento Pórtland	25
2.3.1.2.	Cemento de mampostería	25
2.3.1.3.	Cemento para mortero	26
2.3.2.	Agregado fino	26
2.3.3.	Agua	27
2.3.4.	Aditivos	27
2.4.	Tipos	28
2.4.1.	Morteros calcáreos	28
2.4.2.	Morteros de Cemento Pórtland y cal	29
2.4.3.	Morteros de cemento	29
2.5.	Usos	30
2.5.1.	Mortero de levantado	30
2.5.2.	Morteros de acabados	31
2.5.3.	Otros	32
2.6.	Características	32

2.6.1. Plasticidad	33
2.6.2. Resistencia a compresión	33
2.6.3. Adherencia	34
2.6.4. Retención de agua	34
2.6.5. Velocidad de endurecimiento	35
2.6.6. Contenido de aire	36
2.6.7. Retracción	36
2.6.8. Durabilidad	37
2.6.9. Permeabilidad	37
2.6.10. Eflorescencia	38
2.6.11. Apariencia	38
2.7. Normativa y ensayos	38
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL	41
3.1. Definición muestra de estudio	41
3.1.1. Materiales	41
3.1.1.1. Cemento mezclado UGC	41
3.1.1.2. Arena natural o de río (AN)	41
3.1.1.3. Arena de trituración (AT)	41
3.1.2. Morteros	41
3.2. Caracterización de materiales	42
3.2.1. Cemento mezclado UGC	42
3.2.2. Agregado fino (ASTM C-144)	42
3.2.2.1. Evaluación física	42
3.2.2.2. Evaluación petrográfica	44
3.2.2.2.1. Generalidades examen petrográfico	44
3.2.2.2.2. Selección de muestra	44
3.2.2.2.3. Examen de arenas	46

3.2.2.2.4.	Equipo	47
3.2.2.2.5.	Resultados análisis petrográfico	48
3.2.2.2.5.1.	Arena de río	48
3.2.2.2.5.2.	Arena de trituración	51
3.2.2.3.	Evaluación química	52
3.3.	Elaboración y evaluación de morteros (ASTM C-270)	52
3.3.1.	Estado fresco	55
3.3.2.	Estado endurecido	56
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
4.1.	Materiales	59
4.1.1.	Cemento	59
4.1.2.	Agregado fino	59
4.1.2.1.	Contenido de humedad	59
4.1.2.2.	Densidad	59
4.1.2.3.	Porcentaje de absorción	59
4.1.2.4.	Porcentaje material que pasa tamiz No.200	60
4.1.2.5.	Granulometría	60
4.1.2.5.1.	Módulo de finura	60
4.1.2.6.	Contenido de materia orgánica	61
4.1.2.7.	Porcentaje de material friable	61
4.1.2.8.	Porcentaje material ligero	61
4.1.2.9.	Estabilidad volumétrica	61
4.1.2.10.	Análisis granulométrico para clasificación petrográfica	62
4.2.	Morteros	62
4.2.1.	Estado fresco	62
4.2.1.1.	Relación a/c	62
4.2.1.2.	Trabajabilidad	62
4.2.1.3.	Retención de agua	63

4.2.1.4. Contenido de aire	63
4.2.1.5. Velocidad de endurecimiento	63
4.2.2. Estado endurecido	63
4.2.2.1. Resistencia a compresión	63
4.2.2.2. Resistencia a tensión	64
4.2.2.3. Adherencia	64
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS	69
BIBLIOGRAFÍA	71
APÉNDICES	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1.	Planta producción agregados	5
2.	Cantera a cielo abierto	7
3.	Arena de mar	18
4.	Mezcla mortero de mampostería	21
5.	Equipo ensayo trabajabilidad	33
6.	Equipo ensayo retención de agua morteros	35
7.	Equipo ensayo velocidad de endurecimiento, resistencia a la penetración	36
8.	Resultados granulometría AR	43
9.	Resultados granulometría AT	44
10.	Muestra análisis petrográfico	45
11.	Muestra análisis petrográfico	46
12.	Análisis petrográfico clasificación AR	50
13.	Análisis petrográfico clasificación AT	52
14.	Evaluación de morteros estado fresco	53
15.	Evaluación de morteros estado fresco	54
16.	Dosificación MAR	54
17.	Dosificación MAT	55
18.	Resultados resistencia a compresión	56
19.	Resultados resistencia a compresión	57
20.	Resultados resistencia a tensión	57
21.	Ensayo de adherencia	58

Tablas

I.	Clasificación granulométrica de las partículas del suelo	2
II.	Productos de explotación en una cantera	6
III.	Clasificación de canteras	8
IV.	Máximo porcentaje en masa de sustancias dañinas agregados finos	10
V.	Granulometría agregado fino diferentes usos	11
VI.	Especificaciones contenido de materia orgánica	15
VII.	Tipos de arenas	17
VIII.	Fases y componentes de los morteros	22
IX.	Requerimientos para especificación por proporciones	23
X.	Pesos de materiales	24
XI.	Requerimientos para especificación por propiedades	24
XII.	Aditivos para morteros de mampostería	27
XIII.	Usos de los morteros de cemento	30
XIV.	Propiedades de los morteros	32
XV.	Resultados caracterización arenas	42
XVI.	Resultados de porcentaje que pasa por el tamiz	43
XVII.	Resultados análisis petrográfico para clasificación de Agregado fino AR	50
XVIII.	Resultados análisis petrográfico para clasificación de agregado fino AT	51
XIX.	Resultados reactividad potencial agregado fino	52
XX.	Condiciones iniciales morteros	53
XXI.	Resultados morteros estado fresco	55
XXII.	Resultados morteros estado endurecido	56

LISTA DE SÍMBOLOS

ACI	<i>American Concrete Institute</i> (Instituto Americano del Concreto).
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i> (Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales).
C°	Grados <i>Celsius</i> .
cm	Centímetros
g	Gramos.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización.
kg	Kilogramos.
ml	Mililitros
σ	Esfuerzo.
%	Porcentaje.
kg/cm²	Kilogramos por centímetro cuadrado
PSI	Libras por pulgada cuadrada

GLOSARIO

Absorción	Es la cantidad de agua que penetra en los poros de la unidad o espécimen, expresada en unidades de masa/volumen (Aa) o como un % de la masa (peso) seca de la unidad o espécimen (Aa%).
Agregado	Material granular, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio aglutinante para formar concreto hidráulico o mortero.
Álcalis	Nombre dado a los óxidos metálicos del cemento que al ser solubles en el agua pueden actuar como bases enérgicas.
ASTM	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales (<i>American Society for Testing and Materials</i>).
Cantera	Excavación abierta de la que se extrae cualquier tipo de piedra para la construcción, para usos químicos o de ingeniería, y las operaciones requeridas para obtener de la cantera roca para su posterior utilización.

COGUANOR Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.

Contenido de

humedad Cantidad de agua presente en una unidad o espécimen en el momento de evaluarlo, expresado, por lo general, como un porcentaje del peso del espécimen secado al horno.

Control de calidad Acciones que toma un productor o un constructor para asegurar un control sobre lo que se está ejecutando y lo que se está suministrando, para asegurar que se están cumpliendo con las especificaciones y normas de aplicación y con las prácticas correctas de ejecución.

Fraguado Reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de una mezcla de cemento y agua, la cual puede ser un concreto o mortero.

Mortero Mezcla constituida por material cementante, agregado fino, agua, con o sin aditivos empleada para obras de albañilería, como material de pega, revestimiento de paredes, etc.

Porosidad Está dada por su estructura física de la roca que presenta numerosos poros perceptibles a simple vista.

Relación a/c	Es el resultado de dividir la masa del agua entre la masa del cemento utilizados en un concreto o mortero.
Resistencia a la compresión	Es la carga máxima a compresión que resiste una unidad o espécimen, dividida por el área de la sección transversal que la soporta, pudiendo ser esta el área bruta o el área neta.
Sílice	Existe normalmente como un óxido en forma soluble, insoluble y coloidal que se encuentra en casi todas las rocas, siendo el componente principal de la arena, arenisca, cuarcita, granito, etc.
Trabajabilidad	Característica de una mezcla o mortero en cuanto a la facilidad que presenta para ser colocado.

RESUMEN

La demanda de agregados pétreos se ha incrementado producto del crecimiento de la construcción, se estima que globalmente se consumen 10^{10} toneladas de arena, grava y roca triturada. En Guatemala debido a restricciones de carácter legal y ambiental en el uso de arena natural o de río en concretos y morteros es menor cada día, todo lo contrario a la aplicación de arena de trituración, sin embargo, las características físicas, mecánicas y mineralógicas de cada tipo de arena son diferentes, lo que puede generar diferencias entre los morteros y concretos elaborados con cada una.

En el comportamiento de la mampostería es importante el conjunto cemento-mortero-unidad de mampostería, sin embargo es poco el control sobre estos materiales y la mano de obra involucrada, lo que puede causar un comportamiento no adecuado en su desempeño.

En el presente trabajo se evaluaron morteros elaborados con cemento mezclado UGC, arena natural y de trituración, de acuerdo a lo indicado en las normas ASTM C-270 "*Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*" y ASTM C-144 "*Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar*", los ensayos se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII y el Centro de Estudios Superiores en Energía y Minas CESEM de la USAC.

Los resultados obtenidos presentan las características morfológicas de cada tipo de arena, así como las ventajas y desventajas de su aplicación en morteros de mampostería de acuerdo a las especificaciones de las normas ASTM aplicables.

OBJETIVOS

GENERAL:

Evaluación del uso de arena natural (de río) y de arena de trituración en morteros de mampostería de acuerdo a la norma ASTM C-270 “*Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*” (Especificación Estándar para Morteros de Mampostería).

ESPECÍFICOS:

1. Caracterizar los agregados finos utilizados con base a procedimientos y especificaciones de la norma ASTM C-144.
2. Elaborar morteros con arena natural y de trituración (trabajabilidad y proporciones iguales), de acuerdo a la norma ASTM C-270.
3. Evaluar los morteros realizados en estado fresco y endurecido, de acuerdo a la norma ASTM C-270.
4. Generar información de interés para los usuarios de mampostería sobre el uso de las arenas natural y de trituración.

INTRODUCCIÓN

La demanda de agregados pétreos se ha incrementado producto del crecimiento de la construcción, se estima que globalmente se consumen 10¹⁰ toneladas de arena, grava y roca triturada, en Guatemala debido a restricciones de carácter legal y ambiental el uso de arena natural o de río en concretos y morteros es menor cada día, todo lo contrario a la arena de trituración.

El presente trabajo evaluó morteros elaborados con arena natural y de trituración en las mismas condiciones, de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C-270 "*Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*" (Especificación estándar para morteros de mampostería), actividad que fue realizada en el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII y el Centro de Estudios Superiores en Energía y Minas CESEM de la USAC.

En el capítulo uno se incluyen aspectos teóricos sobre los agregados finos (arena), como su definición, tipos, características, usos y normas aplicables. El capítulo dos presenta conceptos sobre morteros entre estos tipos, componentes características y la normativa aplicable.

Dentro del capítulo tres se aborda el desarrollo experimental donde se explica la metodología utilizada, los resultados obtenidos, tablas y gráficas realizados. Por último, se incluyen las conclusiones y recomendaciones producto del estudio.

.

1. AGREGADO FINO

1.1. Definición

Los agregados, áridos o “material de relleno”, son aquellos materiales por lo general inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento en presencia de agua conforman la piedra artificial llamada hormigón. (1)

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm. (2)

1.2. Generalidades

La definición del origen y la composición de las rocas es un asunto útil y necesario, porque permite inferir ciertos aspectos relacionados con el comportamiento de las mismas al ser utilizadas como agregados en concretos y morteros, el componente más común de la arena, en tierra continental y en las costas no tropicales, es el sílice, generalmente en forma de cuarzo.

La mayoría son materiales inertes; es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás constituyentes del concreto o mortero, especialmente con el cemento; sin embargo, hay algunos cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas, colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica característica del concreto o mortero, pero hay unos, que presentan elementos activos nocivos o eventualmente inconvenientes que reaccionan afectando la estructura interna del concreto o mortero, y su durabilidad, tales como: los que presentan compuestos sulfurados, los que contienen partículas pulverulentas más finas o aquellas que se encuentran en descomposición latente como algunas pizarras.

Se acepta habitualmente, que el agregado fino causa un efecto mayor en las proporciones de la mezcla que el agregado grueso.

1.3. Clasificación

1.3.1. Tamaño

La distribución del tamaño de las partículas es lo que se conoce como granulometría, se clasifican de la siguiente manera:

- Arena fina: es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son retenidos por otro de 0.25mm.
- Arena media: es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm.
- Arena gruesa: es la que sus granos pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

Tabla I Clasificación granulométrica de las partículas del suelo

Granulometría de las partículas de suelo			
Partícula	Tamaño	Clasificación general	Calificación como agregado
Arcillas	< 0,002 mm	Fracción muy fina	No recomendable
Limos	0,002-0,06 mm	Fracción muy fina	No recomendable
Arenas	0,06-2 mm	Agregado fino	Apto
Gravas	2 mm-6 cm	Agregado grueso	Apto
Cantos rodados	6-25 cm	Agregado grueso	Apto
Bloques	>25 cm	Agregado grueso	

Fuente (1)

1.3.2. Granulometría

- Continua: contiene todos los tamaños de granos que definen la arena.
- Discontinua: aquellas que les falta una fracción intermedia de su granulometría.
- Unimodular: sólo poseen uno o dos tamaños de los que caracterizan a la arena.

1.3.3. Forma de sus granos

- Angulosos
- Redondeados

1.3.4. Origen

1.3.4.1. Natural

Dado que existen numerosas fuerzas y eventos de la naturaleza capaces de ocasionar la fragmentación de las rocas, los productos fragmentados también suelen presentar variadas características como consecuencia del distinto modo de actuar de las fuerzas y eventos causantes. Esto, sumado a la diversidad de clases y tipos de rocas, da por resultado una amplia variedad de características en los agregados cuya fragmentación es de origen natural. Todas las partículas provienen de una masa mayor que puede haberse fragmentado por procesos naturales tales como: intemperismo y abrasión, o trituración mecánica por el hombre, por lo cual, la gran mayoría de sus propiedades y características dependen de la roca madre.

1.3.4.1.1. Rocas ígneas (o endógenas)

Proceden de la solidificación por enfriamiento de la materia fundida (magma) y pueden dividirse en dos grupos: las rocas intrusivas (plutónicas) y

las extrusivas (volcánicas). De acuerdo con la velocidad de enfriamiento del magma, se obtiene una textura dada, la cual tiene gran incidencia en la capacidad de adherencia del material. Cuando la velocidad de enfriamiento es baja las partículas son grandes, cuando la velocidad es alta las partículas son pequeñas y si la velocidad es instantánea (erupción volcánica) quedan hechas granos (piedra pómez).

1.3.4.1.2. Rocas sedimentarias

Son el resultado del proceso de transporte, depósito y eventual litificación, sobre la corteza terrestre, de los productos de intemperismo y erosión de otras rocas preexistentes; proceso que frecuentemente se produce bajo el agua, pero también puede ocurrir en el ambiente atmosférico, son las más abundantes en la superficie terrestre (75%). De acuerdo con el tamaño de sus partículas, estos sedimentos no consolidados se identifican como gravas, arenas, limos y arcillas.

1.3.4.1.3. Rocas metamórficas

Se forman como consecuencia de procesos que involucran altas presiones y temperaturas y de fuerzas que se generan en la corteza terrestre, según el grado de metamorfismo, se obtienen estructuras foliadas (esquistadas) o masivas, los efectos pueden manifestarse sobre rocas ígneas, sedimentarias e inclusive metamórficas previamente formadas. Tales efectos se traducen en alteraciones de la textura, estructura y composición mineralógica, e incluso química, de las rocas originales, las que inciden notablemente en la morfología de las partículas de un agregado.

1.3.4.2. Artificiales

Se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como arcillas expandidas, escorias de alto horno, limaduras de hierro y otros. Por lo general estos agregados son más ligeros o pesados que los ordinarios.

1.3.5. Según su densidad

La densidad depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y del volumen de los poros, ya se trate de agregados naturales o artificiales, ésta distinción se hace porque afecta la densidad del concreto o mortero que se desea producir.

- Tipo de concreto liviano
- Tipo de concreto normal
- Tipo de concreto pesado

Figura 1 Planta producción agregados



1.4. Proceso selección y producción (extracción)

Contar con materiales para la construcción es importante en cualquier lugar del mundo, ya que de esta actividad depende el buen desarrollo de las obras de infraestructura que impulsan el crecimiento de un país. Si no se dispone de arena natural en cantidades suficientes, generalmente se usa arena de piedra triturada de roca ligera y moderadamente abrasiva, es decir, relativamente blanda, es la gran cantidad de energía requerida y el costo de producir las arenas de piedra triturada.

Tabla II Productos de explotación en una cantera

Productos de explotación en una cantera	
Sillares o bloques	Son bloques de areniscas de gran tamaño utilizados para enchape y fachadas.
Mampuestos	Son bloques de areniscas usados para apilar uno sobre otro en la construcción de muros y cimientos.
Triturados	Son los agregados más gruesos que se utilizan para la preparación de concreto reforzado y conformación de bases en la construcción de vías.
Gravilla	Agregados de granulometría menor que los triturados; gruesa : se utiliza para conformación de base y mezcla asfáltica en vías y concretos, mediana : igual utilización que la gruesa, fin : se usa en ornamentación de pisos y fachadas o para concretos y asfaltos.
Arena	Es el agregado más utilizado en la construcción; sus usos son para morteros de cemento, pañetes, concretos simples y armados, bases de pisos, llenante en la construcción de vías y preparación de asfaltos; se clasifican en tres tipos: arenas naturales (son las extraídas de depósitos geológicos naturales), arenas de dragado (son las que se extraen de ríos, lagos o mares) y arenas de trituración .
Recebo	Es una mezcla de material arenoarcilloso que se utiliza tal y como sale de la explotación, es una tierra de buena calidad (no contiene materia orgánica) para ser utilizada en la construcción, se usa para afinado de pisos, para bases y subbases de vías, en relleno y mejoramiento de terrenos para construcción; este material se obtiene especialmente de las explotaciones de peña.
Rajon	Es un material asimilable a un triturado ordinario, conformado por cáscaras o costras desprendidas de las piedras durante el proceso de elaboración de las mismas con formas y tamaños irregulares; es en realidad el producto del labrado de la piedra, se usa de forma similar a un triturado y sirve también como cuña para mampostería.
Piedras de enchape	Son rocas ornamentales, existen tres tipos, chapa, laja y esterilla.

Fuente (2)

1.4.4. Selección

La selección de un agregado debe orientarse hacia determinar cuál es la calidad económicamente más adecuada de acuerdo con las posibles fuentes disponibles, la metodología a seguir es la siguiente:

- Estudios preliminares: granulometría, forma, dureza, porosidad y absorción.
- Exploración: recopilación de datos geotécnicos y geológicos sobre la zona de trabajo.
- Selección del sistema de exploración: métodos directos e indirectos
- Programación detallada del trabajo de campo
- Ejecución del trabajo de campo.
- Explotación

Figura 2 Cantera a cielo abierto



Fuente (2)

1.4.5. Producción (extracción)

Dentro del marco de "explotación de materiales para construcción" coexisten definiciones diferentes referentes al término "cantera", (se le conoce como el lugar de explotación y como el sistema de extracción), pueden ser a cielo abierto o subterráneas. En la producción del agregado fino no deben utilizarse rocas que se quiebren en partículas laminares, planas o alargadas, independientemente del equipo de procesamiento empleado.

Tabla III Clasificación de canteras

Clasificación de las canteras	
Según el tipo de explotación	Canteras a Cielo Abierto:
	En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro.
	En corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno (Pit).
	Canteras Subterráneas.
Según el material a explotar	De Materiales Consolidados o Roca.
	De Materiales no Consolidados como suelos, saprolito, agregados, terrazas aluviales y arcillas
Según su origen	Canteras Aluviales
	Canteras de roca o peña

Fuente (2)

1.4.5.1. Naturales

Son todos aquellos que provienen de la explotación de fuentes naturales tales como depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río) o de glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales.

Se pueden aprovechar en su granulometría natural o triturándolos mecánicamente, según sea el caso y de acuerdo con las especificaciones requeridas, generalmente se elige uno de los siguientes sistemas de trituración:

- Molino por impacto reversible con una entrada central y larga trayectoria del martillo.
- Molino de martillo con parrilla de barras.

- Molino por impacto rotativo con eje vertical.

1.4.5.2. Artificiales

Se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como: arcillas expandidas, escorias de acería, clinker, limaduras de hierro y otros. Por lo general, estos agregados son más ligeros o pesados que los ordinarios.

1.5. Composición

El agregado fino consistirá en arena natural proveniente de canteras aluviales o de arena producida artificialmente. La forma de las partículas deberá ser generalmente cúbica o esférica y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas. La arena natural estará constituida por fragmentos de roca limpios, duros, compactos, durables.

1.6. Calidad

Por su génesis geológica, las rocas se dividen en ígneas, sedimentarias y metamórficas, las que a su vez se subdividen y clasifican en diversos tipos de acuerdo con sus características textuales y mineralógicas. Las especificaciones de agregados para morteros se encuentran en la norma ASTM C-144 Especificación estándar para agregados para morteros de mampostería, en general, el agregado fino o arena deberá cumplir con los requisitos establecidos en esta norma.

La materia orgánica que contamina los agregados suele hallarse principalmente en forma de humus, fragmentos de raíces y plantas, y trozos de madera. La contaminación excesiva con estos materiales, básicamente en la arena, ocasiona interferencia en el proceso normal de hidratación del cemento, afectando la resistencia y durabilidad del concreto. Entre las características físicas que contribuyen a definir la calidad intrínseca del agregado fino,

destacan su peso específico, sanidad, porosidad y absorción, y propiedades térmicas.

Tabla IV Máximo porcentaje en masa de sustancias dañinas agregados finos

Masa máximo (%) sustancias dañinas en los agregados finos		
Sustancia	Norma	Límite máximo (%)
Material que pasa por el tamiz No. 200	(ASTM C 117)	máx. 3
Materiales ligeros	(ASTM C 123)	máx. 1
Grumos de arcilla	(ASTM C 142)	máx. 1
Total de otras sustancias dañinas (como álcalis, mica, limo)	----	máx. 2
Pérdida por intemperismo	(ASTM C 88 método Na ₂ SO ₄)	máx. 10

Fuente (1)

1.7. Propiedades físico-mecánicas

1.7.4. Granulometría

El agregado fino deberá estar bien graduado entre los límites fino y grueso, entre más uniforme sea la granulometría, mayor será la economía. Para asegurar una razonable continuidad en la granulometría de la arena, la especificación de agregados para concreto (ASTM C-33) requiere que en cada fracción exista una proporción de partículas comprendida dentro de ciertos límites establecidos empíricamente. La granulometría se determina mediante un análisis granulométrico, el cual consiste en hacer pasar una masa de agregados a través de una serie de tamices (mallas). En el análisis granulométrico aparece la siguiente información:

- Peso retenido en cada tamiz.
- Porcentaje retenido en cada tamiz.

- Porcentaje retenido acumulado.
- Porcentaje acumulado que pasa cada tamiz.

Tabla V Granulometría agregado fino diferentes usos

Granulometría para agregado fino diferentes usos			
% que pasa el tamiz	Arena natural	Arena triturada	Arena concreto
N° 4	100	100	95 - 100
N° 8	95-100	95 - 100	70 - 100
N° 16	70-100	70 - 100	40 - 75
N° 30	40-75	40 - 75	20- 40
N° 50	10-35	20- 40	95 - 100
N° 100	2-15	10 - 25	70 - 100
N° 200	0	0-10	--
Módulo de finura	2.83-1.75	2.65-1.60	3.38-2.15

Fuente (1)

1.7.4.1. Módulo de finura (ASTM C-125)

El módulo de finura es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea más grueso será. Es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto y morteros, el agregado fino deberá tener un módulo de fineza que no sea menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

1.7.5. Forma

En términos generales, se puede decir que los agregados procedentes de piedras naturales sometidas a un proceso de trituración y clasificación, tienen formas geométricas que varían desde las aproximadamente cúbicas o poliédricas, a las esquirlas alargadas o astilladas, a las laminares aplanadas, o a las de forma de cascós. Mientras que los agregados de río o depósitos

(fluviales o glaciares) tienen formas de cantos redondeados (cantos rodados) o aplanadas (medallón).

1.7.6. Textura

La textura incide notablemente en las propiedades del concreto, especialmente en la adherencia entre las partículas del agregado y la pasta del cemento fraguado, y gobierna las condiciones de fluidez mientras la mezcla se encuentra en estado plástico.

1.7.7. Densidad

Se define como la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada, existen los siguientes términos relacionados.

1.7.7.1.1. Densidad absoluta: relación entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupa única y exclusivamente la masa sólida, o sea que se excluyen todos los poros (saturables y no saturables).

1.7.7.1.2. Densidad nominal: relación entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material incluidos los poros no saturables.

1.7.7.1.3. Densidad aparente: relación que existe entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupan las partículas incluidos todos los poros.

1.7.8. Porosidad y absorción

La porosidad es muy importante, porque una partícula porosa es menos dura que una partícula compacta o maciza, lo cual afecta no sólo las propiedades mecánicas como la adherencia y la resistencia a compresión y flexión sino también propiedades de durabilidad como la resistencia al congelamiento y deshielo, estabilidad química y resistencia a la abrasión. Está relacionada con la capacidad de absorción de agua u otro líquido dentro de los agregados según el tamaño de los poros, su continuidad (permeabilidad) y su

volumen total. En la práctica, lo que se mide para cuantificar la influencia de la porosidad dentro del agregado, es su capacidad de absorción, ya que las partículas del agregado pueden pasar por cuatro etapas:

- Seco
- Parcialmente saturado
- Saturado
- Superficialmente seco o húmedo

1.7.9. Peso volumétrico

Es lo que se conoce como masa unitaria, definido como la relación existente entre el peso de una masa de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido. La masa unitaria de un agregado indica de manera general la calidad de éste y su aptitud para ser utilizado en la fabricación del concreto o mortero, oscila desde 1100 a 1600 kgf/m³ para agregados naturales, según su grado de compactación.

- Masa unitaria compacta (m.u.c.): se somete a los agregados a vibración o compactación, ya que esto mejora el acomodamiento y aumenta la masa unitaria.
- Masa unitaria suelta (m.u.s): el material en estado normal de reposo; por lo tanto, la masa unitaria suelta es menor que la compactada.

1.7.10. Hinchamiento de la arena

Este fenómeno consiste en un aumento de volumen para un determinado peso de arena, causado por la presión del agua entre partícula y partícula de arena cuando se encuentra húmeda, o sea con agua libre en la superficie, experimentalmente se ha observado que al aumentar el agua libre de un 5% a 8%, el hinchamiento puede ser del 20% al 30%, sin embargo, cuando la arena

está totalmente inundada, el volumen disminuye y no existe expansión alguna. La expansión en arenas gruesas puede ser hasta del 20% y la de arenas muy finas hasta un 40%.

1.7.11. Resistencia de las partículas del agregado

Por lo general, en los agregados naturales de peso normal (baja porosidad) sucede que las partículas tienen una resistencia superior a la de la pasta de cemento endurecida, por lo cual la resistencia a la compresión del concreto o mortero, no se ve muy afectada por la resistencia del agregado a la compresión, todo lo contrario cuando éste falla antes que la pasta de cemento endurecida, bien sea porque tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas, porque previamente se le han inducido fallas a sus partículas durante el proceso de explotación (principalmente cuando se hace con voladura) o por un inadecuado proceso de trituración cuando se trata de conseguir una granulometría dada.

1.7.12. Tenacidad

También conocida como resistencia a la falla por impacto, la cual está muy relacionada con el manejo de los agregados, ya que si éstos son débiles ante las cargas de impacto se puede alterar su granulometría.

1.7.13. Adherencia

Interacción en la zona de contacto agregado–pasta, se debe a fuerzas de origen físico–químico que ligan las partículas del agregado con la pasta, hoy en día no se conoce ningún método para medir la adherencia de un agregado, pero es claro que ésta aumenta con la rugosidad superficial de las partículas.

1.7.14. Dureza

Cuando el concreto va a estar sometido a desgaste por abrasión (pisos y carreteras), los agregados que se utilicen en su fabricación deben ser duros. La dureza es una propiedad que depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia de los agregados.

1.7.15. Contenido de materia orgánica

Generalmente proviene de la descomposición de materia vegetal, como hojas, tallos y raíces y se manifiesta en forma de humus, este en cierta cantidad, puede impedir parcial o totalmente el fraguado del cemento, por lo cual hay que controlar su presencia en los agregados, especialmente en la arena.

Tabla VI Especificaciones contenido de materia orgánica

Ensayo de material orgánica					
Color	Amarillo claro	Amarillo oscuro	Ámbar	Ámbar oscuro	Negro
Número de referencia	1	2	3	4	5

1.7.16. Contaminación salina

Cuando el agregado, especialmente la arena, procede de depósitos marinos o de playas o lugares cercanos al mar, puede contener sal, que posteriormente puede causar manchas en el hormigón o eventualmente corrosión en el acero de refuerzo, es conveniente hacer un lavado con agua dulce al material, con el objeto de disminuir la probabilidad de que se presente alguno de los problemas mencionados.

1.7.17. Sanidad de los agregados

Se refiere a su capacidad para soportar cambios excesivos en volumen debidos a cambios en las condiciones ambientales (congelamiento, deshielo, calentamiento-enfriamiento, humedecimiento-secado), los que afectan la durabilidad del concreto y pueden comprometer no sólo su aspecto superficial (descascaramientos) sino también la estabilidad de una estructura (agrietamientos internos), con un fenómeno similar al de la reacción agregado-álcali (ASTM C-88).

1.8. Propiedades químicas

1.8.4. Epitaxia

La única reacción química favorable de los agregados, conocida hasta el momento, es la llamada epitaxia, la cual mejora la adherencia entre ciertos agregados calizos y la pasta de cemento, a medida que transcurre el tiempo.

1.8.5. Reacción agregado-álcali

Existen otros tipos de reacciones que por lo general originan expansiones dentro de la masa endurecida del hormigón, las cuales inducen esfuerzos de tensión que pueden hacer fallar la integridad estructural, ya que la resistencia a tensión del concreto es del orden de un 10% de su resistencia a compresión, la más común se produce entre los óxidos de silicio (SiO_2) en sus formas inestables y los hidróxidos alcalinos de la pasta de cemento. Esta reacción, que es de tipo sólido- líquido, produce un gel de tipo hinchable que aumenta de volumen a medida que absorbe agua, con lo cual aparecen presiones internas en el concreto que conducen a expansión, agrietamiento y ruptura de la pasta de cemento.

1.8.6. Reacción agregado- álcali-carbonato

También existe otra reacción similar entre algunos tipos de caliza dolomítica y los álcalis del cemento, conocida como reacción álcalis- carbonato. Para detectar la presencia de sílice activa en los agregados, hay necesidad de efectuar ensayos de reactividad potencial (ASTM C-289) y expansión en mortero (ASTM C-227), los cuales deben ir acompañados de un detallado análisis petrográfico (ASTM C-295).

1.9. Tipos de arenas

Tabla VII Tipos de arenas

Arenas	Según su composición química	Silíceas: son las mejores por ser duras e inalterables.
		Calcáreas: son blandas, generalmente arenas de mar producto de la desintegración del caparazón de los moluscos o de rocas calcáreas. No son del todo buenas, pero pueden ser mezclados con las silíceas.
		Arcillosas: tienen el problema de que la arcilla que contienen puede ser soluble con el agua de los morteros.
	Según su procedencia	Río: a medida que los ríos locales la llevan hacia el sur, se va transformando en una arena más fina y sucia. Cuando las arenas son muy finas no son convenientes para preparar morteros salvo que se las mezcle con arenas más gruesas.
		Mar: muy fina y salitrosa, se deben lavar con agua dulce.
		Medanos: si bien presentan formas angulosas, son arenas muy sucias, y el costo de su lavado las hace inconvenientes.
		Artificiales de minas: Se obtienen triturando piedras mas grandes. Son las mejores para la construcción, ya que se puede elegir de antemano, las piedras de origen.
Según su granulometría	<ul style="list-style-type: none">• Finas• Medianas• Gruesas	

Fuente (2)

Figura 3 Arena de mar



1.10. Usos

La elección entre uno u otro material depende de varios factores, entre los que se pueden mencionar:

- Características técnicas y físicas adecuadas para el trabajo a soportar.
- Resistencia a los agentes agresivos.
- Costo hasta quedar colocado en obra.
- Cualidades estéticas.

1.10.1. Morteros y concretos

El agregado en los morteros proporciona economía, trabajabilidad, reducción en la retracción e influye en la resistencia a compresión.

1.10.2. Otros

La arena sílice se utiliza para fabricar cristal por sus propiedades tales como extraordinaria dureza, perfección del cristal o alto punto de fusión. También es utilizada en moldes para fundiciones de metales.

1.11. Normativa y ensayos

1.11.1. Internacional

1.11.1.1. Europa

- UNE 141620 1997. Áridos para hormigones, especificaciones
- UNE 141621 2000. Áridos para la fabricación de hormigones.
- Especificaciones para los áridos utilizados en hormigones destinados a la fabricación de elementos de hormigón estructural.

1.11.1.2. Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales ASTM (*American Society for Testing and Materials*)

- ASTM C-144 Especificación estándar para agregados para morteros de mampostería.
- ASTM C-404 Especificación estándar para agregados de grout de mampostería.
- ASTM C-295 Práctica para examen petrográfico de agregado fino.

1.11.2. Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)

- NGO 41065 Agregados o áridos. Especificaciones de los agregados para morteros de albañilería.

2. MORTEROS

2.1. Definición

Pueden definirse como la mezcla de material aglomerante (Cemento Pórtland y/u otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, con propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y son ampliamente utilizados para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos, en cuyo caso se le conoce como recubrimiento, repello o revoque. (3)

Figura 4 Mezcla mortero de mampostería



2.2. Generalidades

Las primeras estructuras de mampostería fueron construidas con piedra y morteros de barro; más tarde vinieron los morteros de arcilla y luego se

descubrió que la cal producía un excelente aglomerante. El mortero de cal y arena fue usado en la construcción de mampostería hasta poco antes de la aparición del Cemento Pórtland a mediados del siglo XIX.

El mortero ocupa entre el 10 y 20 % del volumen total de material de una pared de mampostería, sin embargo, su efecto en el comportamiento de esta es mucho mayor que lo que indica este porcentaje. Estéticamente, puede añadir un colorido adicional o un acabado muy particular a las paredes. Funcionalmente, el mortero liga las unidades de mampostería y sirve de sello para impedir la penetración de aire, agua y vectores, además se adhiere al refuerzo de las juntas, a las amarras metálicas y a los pernos anclados de tal modo que hace que actúen conjuntamente. Para la construcción y aplicaciones de cargas, el comportamiento del mortero incide tanto como la resistencia de las piezas de mampostería y la mano de obra.

Tabla VIII Fases y componentes de los morteros

Fases y componentes de los morteros		
	Fases	Componentes
Mortero	• Pasta	aglomerante
		agua
		aditivos y adiciones activas
	• Agregado fino	arena
	• Aire	aire incorporado naturalmente
		aire incorporado intencionalmente

2.3. Composición

El mortero es una combinación de agua, agregado y materiales cementosos. Cada ingrediente tiene un propósito importante en la mezcla. La dosificación de un mortero se expresa indicando el número de partes en volumen de sus componentes primero el aglomerante o los aglomerantes y por último las partes de arena, el detalle de la dosificación es variable según el usuario aunque dentro de ciertos parámetros.

Pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero en ningún caso por ambas razones. La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C-270 y no se menciona un método específico. La especificación por proporción dictamina las cantidades relativas de cada ingrediente a ser incluidas en un mortero preparado en la obra, por otro lado, la especificación por propiedad, dictamina los valores máximos o mínimos para ciertas características físicas de una mezcla de mortero preparada en laboratorio.

Tabla IX Requerimientos para especificación por proporciones

Mortero	Tipo	Proporciones por volumen					Proporción de agregados
		Cemento Pórtland o mezclado	Cemento de mampostería			Cal hidratada	
			M	S	N		
Cemento- Cal	M	1	--	--	--	¼	No menos de 2 ¼ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes
	S	1	--	--	--	Entre ¼ y ½	
	N	1	--	--	--	Entre ½ y 1 ¼	
	O	1	--	--	--	Entre 1 ¼ y 2 ½	
Cementos de albañilería	M	1	--	--	1	--	
	M	--	1	--	--	--	
	S	½	--	--	1	--	
	S	--	--	1	--	--	
	N	--	--	--	1	--	
	O	--	--	--	1	--	

Fuente: (4)

Tabla X Pesos de materiales

Material	Peso Kg/m³
Cemento Pórtland	1505
Cemento mezclado	Peso impreso en la bolsa
Cemento de albañilería	Peso impreso en la bolsa
Cal hidratada	640
Arena, seca y suelta	1280

Fuente: (4)

Tabla XI Requerimientos para especificación por propiedades

Mortero	Tipo	Resistencia a la compresión, mínima a 28 días Kg/cm²	Retención de agua mínima %	Contenido de aire máximo	Proporción de agregados
Cemento-Cal	M	175	75	19	No menos de 2 ¼ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes
	S	126	75	19	
	N	53	75	21*	
	O	25	75	21*	
Cementos de albañilería	M	175	75	**	
	S	126	75	**	
	N	53	75	**	
	O	25	75	**	

* Si hay refuerzo estructural, y el mortero es de cemento-cal, el contenido máximo de aire es de 12%. ** Si hay refuerzo estructural, y el morteros en de cemento de albañilería, el contenido máximo es de 18%.

Fuente: (4)

2.3.1. Materiales cementosos

Los materiales de cemento tienen propiedades adhesivas y cohesivas en su estado plástico y cuando endurecen. Hay tres categorías de materiales cementosos los que se presentan a continuación.

2.3.1.1. Cemento Pórtland

Es usado en el mortero para aumentar la fuerza compresiva, la adherencia y la durabilidad, sin embargo, una mezcla de mortero que sólo contenga Cemento Pórtland como material cementoso carece de plasticidad, tiene poca retención del agua y es más difícil de utilizar. La cal se usa con el Cemento Pórtland en la mezcla del mortero, puede ser cal hidratada o cal viva mezclada con agua. Esta combinación no sólo aumenta la moldeabilidad y la retención del agua, sino que también incrementa la habilidad del mortero para deformarse lentamente en el estado duro, lo cual acomoda algunos movimientos estructurales.

2.3.1.2. Cemento de mampostería

Es una mezcla patentada, previamente empacada de Cemento Pórtland o cemento hidráulico mezclado con materiales plásticos (tales como cal hidratada o piedra caliza pulverizada) y otros ingredientes. La normativa ASTM C- 91 que gobierna al cemento de mampostería, no impone limitaciones al tipo de materiales que pueden ser utilizados para elaborar cemento de mampostería. Establece, sin embargo, los requerimientos físicos: fineza, fuerza compresiva, contenido de aire y retención del mismo, el mortero hecho con cemento de mampostería puede tener menor fuerza de adherencia que los morteros de Cemento Pórtland sin aire atrapado.

2.3.1.3. Cemento para mortero

Es una mezcla patentada y previamente pre- empacada de materiales que deben ser mezclados con arena y agua para obtener mortero. Sin embargo, la normativa ASTM C-1329 para cemento de mortero, incluye un requerimiento mínimo de fuerza de adherencia en adición a los requerimientos de fineza, tiempo de solidificación, expansión en autoclave, fuerza compresiva, contenido de aire y retención del agua. El propósito del mismo es obtener un mortero equivalente en fuerza de adherencia al tipo de mortero de Cemento Pórtland. La normativa ASTM para cemento de mortero fue publicada por primera vez en 1996, muchos profesionales del diseño no están familiarizados con este tipo de mortero, así que no se especifica con frecuencia.

2.3.2. Agregado fino

Agregado es el material granulado, generalmente arena, que reduce la proporción requerida de materiales cementosos y resiste el encogimiento del cemento en la mezcla. Para que el mortero sea moldeable y aporte resistencia, cada partícula de agregado debe estar cubierta con una combinación de materiales cementosos y agua, también conocida como matriz. Si se usan partículas de arena con tamaños uniformes en el mortero, el volumen total de vacíos entre las partículas es mayor y se necesitará más matriz cementosa en la mezcla que si las partículas de arena fuesen de distintos tamaños. Es deseable la arena con partículas de distintos tamaños ya que el volumen de agua requerido en la mezcla y proporción de matriz al agregado será menor.

Bajas proporciones de cemento y agua significan menos encogimiento; menor encogimiento reduce la tendencia del mortero a rajarse. Se pueden utilizar arenas de forma redondeada o poliédrica que provengan de trituración o minas, el tamaño máximo debe ser inferior a la mitad de juntas de mampuesto pero en la actualidad se tiende a no sobrepasar los 2.5 mm, no deben contener impurezas, sales ni tierra.

2.3.3. Agua

Parte del agua de la mezcla será absorbida por las unidades de mampostería o se evaporará, el albañil puede decidir la cantidad correcta de agua a añadir basado en el tipo de unidades de mampostería y de las condiciones ambientales, el contenido del agua en el mortero se autorregula: si se añade demasiada agua, las unidades de mampostería flotarán en el mortero y el albañil no podrá ponerlas; si se agrega muy poca agua no se podrá trabajar con la mezcla del mortero, el albañil no podrá esparcir el mortero adecuadamente y la mezcla no se pegará a las unidades. Reconociendo la necesidad de la información que el albañil da en la obra, la ASTM C-270 establece que el mortero debe mezclarse "con la máxima cantidad de agua para producir una consistencia que facilite el trabajo".

2.3.4. Aditivos

Se agregan para conferir determinadas propiedades o para mejorar las prestaciones de los morteros. Pueden ser: hidrófugos, plastificantes, aireadores, colorantes, anticongelantes, aceleradores o retardadores de fraguado, endurecedores de superficie, entre otros.

Tabla XII Aditivos para morteros de mampostería

Aditivos para morteros de mampostería		
Grupos	Característica afectada	Tipo de aditivo
	Regulación de fraguado	Aceleradores o retardadores
	Modificación de la impermeabilidad	Hidrófugos
	Adecuación de la trabajabilidad	Plastificante o aireadores
	Protección de agentes climáticos	Contra la desecación, heladicidad
	Aumentar su capacidad mecánica	Endurecedores de superficie
	Proporcionar color	Pigmentos

Los plastificantes mejoran la plasticidad y maleabilidad permitiendo una reducción del contenido de agua de la pasta, lo que produce disminuciones de la retracción de secado, mejorando el monolitismo del aparejo. Los plastificantes disuelven en el seno de la mezcla un número considerable de microscópicas burbujas de aire aisladas que actúan como un árido sin rozamiento. Otro efecto es sobre el trabajo en tiempo frío al congelarse el agua el aire ocluido absorbe el movimiento evitando la desintegración del mortero. El hecho que las burbujas no estén interconectadas aumenta la resistencia a la penetración del agua de lluvia al no haber o reducirse los canales capilares.

2.4. Tipos

Debido a los costos que representan los morteros de mampostería dentro de cualquier proyecto, se deberá tener un adecuado control de calidad en materiales y mano de obra utilizados. Dentro de los morteros se pueden distinguir dos familias:

- Los aéreos, que endurecen bajo la influencia del aire al perder agua y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación.
- Los hidráulicos, que endurecen bajo efecto del agua, ya que poseen en su composición elementos que se obtienen por calcinación de calizas impurificadas con sílice y alúmina que les permiten desarrollar resistencias iniciales relativamente altas.

2.4.1. Morteros calcáreos

Como es sabido, la cal es un plastificante y ligador conocido desde la antigüedad, estas características hacen del mortero de cal el más manejable de los conocidos, sin embargo no pueden esperarse de él altas resistencias iniciales, debido a su baja velocidad de endurecimiento. La cal de mayor uso es la hidratada. El agregado fino para estos morteros en realidad constituye un material inerte, cuyo objetivo principal es evitar el agrietamiento y contracción

del mortero, para lo cual se recomienda que tenga partículas angulosas y esté libre de materia orgánica, piedras grandes, polvo y arcilla.

2.4.2. Morteros de Cemento Pórtland y cal

Los morteros de Cemento Pórtland y cal deben combinarse de tal manera que se aprovechen las propiedades adhesivas de la cal y las propiedades cohesivas del Cemento Pórtland, es importante tener en cuenta que cada adición de cal incrementa la cantidad de agua de mezclado necesaria, para lograr las condiciones deseadas debe buscarse una combinación adecuada.

2.4.3. Morteros de cemento

Cuando se requieran resistencias elevadas, se puede usar como aglomerante Cemento Pórtland. Sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo con la relación agua-cemento usada. La fabricación de este mortero, que es hidráulico ha de efectuarse de un modo continuo, de manera tal que entre el mezclado y la colocación en obra haya el menor tiempo posible debido a lo rápido del fraguado del cemento, por ello se acostumbra a mezclar en obra primero el cemento y el agregado, luego se añade el agua. Los usos de los morteros de cemento se pueden reunir en cuatro grandes categorías:

- Morteros que proveen suficiente resistencia para soportar cargas a compresión, y/o resistan la abrasión.
- Morteros que mantengan elementos en la posición deseada.
- Morteros que permitan emparejar ciertas unidades estructurales (revoques y revestimientos).
- Morteros que sirvan como relleno de juntas entre diferentes elementos constructivos (reparaciones de columnas, vigas, etc.).

Tabla XIII Usos de los morteros de cemento

Proporción	Usos
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para la impermeabilización y muros de tanques subterráneos. Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega de ladrillos y bloques en muros. Muros finos
1:5	Muros exteriores: pega de ladrillos, bloques, baldosas y mampostería en general. Muros no muy finos.
1:6 y 1:7	Muros interiores: pega de ladrillos, bloques, baldosas y mampostería en general. Muros no muy finos.
1:8 y 1:9	Pega para construcciones que se demolerán pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente: (3)

2.5. Usos

La dosificación de los morteros (relación, en peso o en volumen, de los componentes), se presenta en la forma: cemento: cal: agregado fino: agua, dando normalmente el valor unidad al cemento. A menudo se confunden los términos mortero y concreto, pero difieren en muchos aspectos entre estos:

- Consistencia en obra
- Métodos de colocación
- Condiciones de curado
- Resistencia a compresión crítica en el concreto, no así en el mortero.

2.5.1. Mortero de levantado

Son los que se usan para el levantado de muros y tabiques ya sean estos portantes o de relleno, con mampostería cerámica, de bloques de hormigón o ladrillos refractarios o sílico-calcáreos, etc. y en la colocación de revestimientos y pisos. La misión del mortero en los muros es unir entre si los

elementos de albañilería y formar un conjunto único, igualar las irregularidades para evitar la concentración de tensiones, debe de tener suficiente resistencia para soportar las cargas que van a actuar sobre el muro, esta debe obtenerse relativamente pronto para poder continuar con la construcción.

2.5.2. Morteros de acabados

Son mezclas compuestas por uno o varios aglomerantes, agregados, agua y a veces aditivos, a la hora de elegir el tipo de acabado se debe de tener en cuenta la compatibilidad con las características del soporte (naturaleza, resistencias, etc.), el mortero de cal endurece por secado y carbonatación, este proceso es lento y avanza desde la superficie hacia adentro de la masa. En ambiente húmedo se retrasa el secado y si es seco la carbonatación se hace lenta, por eso es favorable la adición de cemento que permitirá obtener resistencias iniciales más rápido. Se clasifican de la siguiente manera:

- Morteros de uso corriente
- Morteros lanzados

y dentro de éstos se pueden diferenciar los siguientes procesos de aplicación para cada uno de los tipos:

- Sistemas de una capa
- Sistemas de dos capas
- Sistemas de tres capas
- Particularidades en cerramientos verticales y horizontales
- Acabados de tanques de agua

2.5.3. Otros

- Protección de elementos
- Pisos
- Base para otros acabados (parquet, vinílicos)
- Fabricación de unidades de mampostería

2.6. Características

La evaluación de las propiedades de los morteros puede considerarse como una medida de control de calidad, se dividen en dos grupos bien diferenciados:

- Estado fresco.
- Estado endurecido

si un mortero cumple con dichas características, fraguará y endurecerá dentro del tiempo y resistencia esperados.

Tabla XIV Propiedades de los morteros

Propiedades de los morteros estado fresco y endurecido			
Estado	Propiedad	Consecuencias	Ensayo
Fresco	Fluidez	Permite deslizar la cuchara y posicionar los mampuestos	Mesa de fluidez
	Cohesión	De la cohesión depende que el mortero no se desintegre al colocarse en la hilada, afecta la adherencia a los mampuestos y su capacidad de soportarlos sin deformarse antes de endurecer.	Mesa de fluidez
	Retención	La retención permite la trabajabilidad. El agua no se debe perder por evaporación o absorción de los mampuestos. Desaparecería el estado fresco.	Retención de agua
Endurecido	Resistencia a la compresión	Está asociada a la durabilidad e impermeabilidad. Interviene en la resistencia mecánica del muro.	Resistencia a compresión
	Módulo de deformación	Influye en la capacidad de deformación de la pared frente a pequeñas modificaciones dimensionales.	Norma módulo de deformación
	Retracción secado	Está ligada a la susceptibilidad de figuración de las juntas o revoques debido al fenómeno de la retracción.	Norma s/retracción de secado mortero endurecido

Fuente (2)

2.6.1. Plasticidad

Propiedad del mortero fresco de la que depende la mayor o menor aptitud para poder tenderlos y rellenar completamente las juntas. De la plasticidad depende lograr buena unión entre los elementos constructivos cuando colocamos mampuestos así como disminuir la penetración de agua en los cerramientos terminados.

Figura 5 Equipo ensayo trabajabilidad



2.6.2. Resistencia a compresión

Es la propiedad más indicativa del comportamiento del mortero en los cerramientos portantes construidos con mampuestos. La resistencia debe ser lo mas elevada posible aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir.

2.6.3. Adherencia

La adherencia puede entenderse debida a la penetración de la pasta del mortero en el elemento de albañilería (mampuesto, sustrato), provocada por la succión capilar que este ejerce. Le proporciona la capacidad de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interfase mortero-unidad de mampostería. Los mecanismos de la adherencia actúan en las fases del mortero fresco y endurecido, tienen que ver con la reología de la pasta en la etapa fresco. Influye la naturaleza de la base, porosidad, rugosidad y existe una relación directa entre la resistencia a la compresión del cerramiento y la adherencia del mortero endurecido. En el resultado final intervienen factores internos (composición del mortero y afinidad con la base) y externos (curado y condiciones de humedad de las bases, espesores de las juntas).

2.6.4. Retención de agua

Es una medida de la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente (como una unidad de mampostería), esto permite que mantenga su plasticidad para que las unidades puedan ser acomodadas, alineadas y niveladas, por lo que resulta ser uno de los factores de mayor incidencia en la adherencia entre morteros y unidades. Además incide en la velocidad de endurecimiento y la resistencia a la compresión del mortero ya que afecta la hidratación del cemento, adquiere mayor importancia en el caso de que las unidades utilizadas presenten una alta absorción.

Figura 6 Equipo ensayo retención de agua morteros



2.6.5. Velocidad de endurecimiento

Los tiempos de fraguado inicial y final del mortero deben estar entre límites adecuados. Sin embargo, éstos dependen de diversos factores tales como las condiciones del clima, la composición de la mezcla o la mano de obra, hoy en día son fácilmente controlables con el uso de aditivos. La norma ASTM C-403 “*Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance*” (Método de ensayo estándar para el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por la resistencia a la penetración), indica el procedimiento para este ensayo.

**Figura 7 Equipo ensayo velocidad de endurecimiento,
resistencia a la penetración**



2.6.6. Contenido de aire

Es una propiedad de gran importancia que afecta su comportamiento en estado fresco y endurecido, puede producirse por efectos mecánicos o de manera intencional por medio de aditivos inclusores de aire. La adherencia disminuye cuando aumenta el contenido de aire.

2.6.7. Retracción

Es la pérdida de volumen del mortero y se debe principalmente a reacciones químicas de hidratación de la pasta, sobre todo en aquellas con una alta relación agua-cemento. El agregado soluciona el problema en parte, especialmente si es de textura rugosa, ya que forma un esqueleto que evita los cambios de volumen y el peligro de agrietamiento.

En zonas calurosas y de mucho viento el agua de mezclado tiende a evaporarse produciendo tensiones internas en el mortero, que se expresan en

la formación de visibles grietas, lo mismo ocurre si la base es muy absorbente. Aparentemente la retracción es proporcional al espesor de la capa de mortero y a la composición química del cemento. Se pueden distinguir tres tipos de variaciones de volumen que afectan al mortero:

- Derivada de las condiciones de humedad (retracción hidráulica).
- Derivada de las condiciones de temperatura (retracción térmica).
- Derivada de composición atmosférica, especialmente la presencia de anhídrido carbónico (retracción por carbonatación).

Para evitar la retracción es conveniente usar cementos de baja retracción al secado (puzolánicos o con adición inerte) y agregados de buena granulometría con pocos finos.

2.6.8. Durabilidad

Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. En general, se cree que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad, sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambiente agresivo. Los principales factores que influyen en la durabilidad son:

- Eflorescencias
- Efecto de la congelación
- Permeabilidad

2.6.9. Permeabilidad

Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes pueden hacer que la mampostería sea más resistente a

la permeabilidad al agua. El agua puede incorporarse al mortero por medio de dos mecanismos o procesos diferentes:

- Presión hidrostática (el agua atraviesa la masa del mortero)
- Capilaridad (el agua asciende por efecto de la tensión superficial)

Debido a las características de los morteros estos son casi impermeables en comparación con algunos tipos de unidades y en la interface de estos con el mortero, por esta razón esta propiedad debe estudiarse dentro del conjunto cemento-mortero-unidad de mampostería.

2.6.10. Eflorescencia

Es la cristalización de las sales solubles y es causada por el movimiento de agua de adentro hacia fuera de la pared. Ya que todos los materiales de mampostería contienen sales solubles en agua, que al contacto de con ella, se cristalizan, la cal hace al mortero menos permeable y así evita la eflorescencia.

2.6.11. Apariencia

Un aspecto que tiene importancia en el mortero es su apariencia, especialmente en mampostería de bloques a la vista. Es este caso, la plasticidad de la mezcla, la selección y dosificación adecuada de sus componentes son de vital importancia en la colocación y el acabado de superficies. El color y la textura pueden mejorarse con colorantes inorgánicos o con aditivos especiales.

2.7. Normativa y ensayos

Las especificaciones para morteros de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) se basan en las normas de la ASTM. Las propiedades físicas especificadas para morteros son fuerza compresiva mínima, retención mínima del agua y máximo contenido de aire. Otras propiedades, como la fuerza de adherencia, pueden ser especificadas si se consideran importantes

para el rendimiento de la mampostería. Las mezclas de morteros son designadas como tipo M, S, N y O, y se presentan de mayor a menor en cuanto a fuerza compresiva y de menor a mayor en facilidad de "moldeabilidad".

- ASTM C-270 "*Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*" (Especificación estándar para morteros de mampostería).
- ASTM C-207 "*Standard Specification for Hydrated Lime for Masonry Purposes*" (Especificación estándar para cal hidráulica para propósitos de mampostería).
- ASTM C-91 "*Standard Specification for Masonry Cement*" (Especificación estándar para cemento de mampostería).
- ASTM C-144 "*Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar*" (Especificación estándar para agregados de morteros de mampostería).
- ASTM C-494 "*Standard Specification for Concrete Admixtures*" (Especificación estándar de aditivos para concreto).

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1. Definición muestra de estudio

3.1.1. Materiales

3.1.1.1. Cemento mezclado UGC

Se utilizó cemento mezclado UGC marca Cementos Progreso, bajo especificaciones de las normas ASTM C-595 y C-1157.

3.1.1.2. Agregado fino natural o de río **(AR)**

Disponible en el área metropolitana, su procedencia es el Río Villalobos al sur de la ciudad capital.

3.1.1.3. Agregado fino de trituración **(AT)**

Disponible en el área metropolitana, producida por Grupo La Roca en su planta ubicada al norte de la ciudad capital.

3.1.2. Morteros

Se siguieron los criterios indicados en la norma ASTM C-109 en cuanto a la proporción y trabajabilidad de los morteros evaluados:

- Mortero agregado de río **(MAR)**
- Mortero agregado de trituración **(MAT)**

3.2. Caracterización de materiales

3.2.1. Cemento mezclado UGC

Según lo indicado en el empaque, el cemento cumple con las especificaciones de las normas ASTM C-595 y C-1157.

3.2.2. Agregado fino (ASTM C-144)

Los ensayos físicos y químicos se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC, la caracterización petrográfica en el Centro de Estudios Superiores en Energía y Minas USAC, las muestras se evaluaron en iguales condiciones.

3.2.2.1. Evaluación física

Se siguieron los procedimientos y especificaciones indicados en la norma ASTM C-144, los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Tabla XV Resultados caracterización arenas

Resultados caracterización de arenas			
Parámetro	Arena de río (AR)	Arena de trituración (AT)	Especificación ASTM
Densidad	2.49	2.73	C-128
% de absorción	1.5	0.3	C-128
% material que pasa tamiz Núm. 200	3.2	15.9	C-117
Granulometría (Módulo de finura)	Adecuada (2.6)	Adecuada (2.8)	C-136, C-125
Contenido de materia orgánica	1	1	C-40
Efecto de la materia orgánica en la resistencia	No aplica	No aplica	C-87
% de material friable	3.6	8.1	C-142
% material ligero	0.3	0.0	C-123
Estabilidad volumétrica %	12.5	7.7	C-88
Contenido de humedad %	7.4	1.5	

Tabla XVI Resultados de porcentaje que pasa por cada tamiz

Resultados granulometrías arenas				
Tamiz No.	Arena natural		Arena de trituración	
	AR (% pasa)	Especificación (% pasa)	AT (% pasa)	Especificación (% pasa)
4	98.8	100	99.9	100
8	90.2	95-100	85.0	95 - 100
16	76.6	70-100	52.3	70 - 100
30	50.0	40-75	36.1	40 - 75
50	20.6	10-35	26.8	20- 40
100	4.8	2-15	19.1	10 - 25
200	3.2	0-5	15.9	0-10
Módulo de finura	2.59	2.83-1.75	2.8	2.65-1.60

Figura 8 Resultados granulometría AR

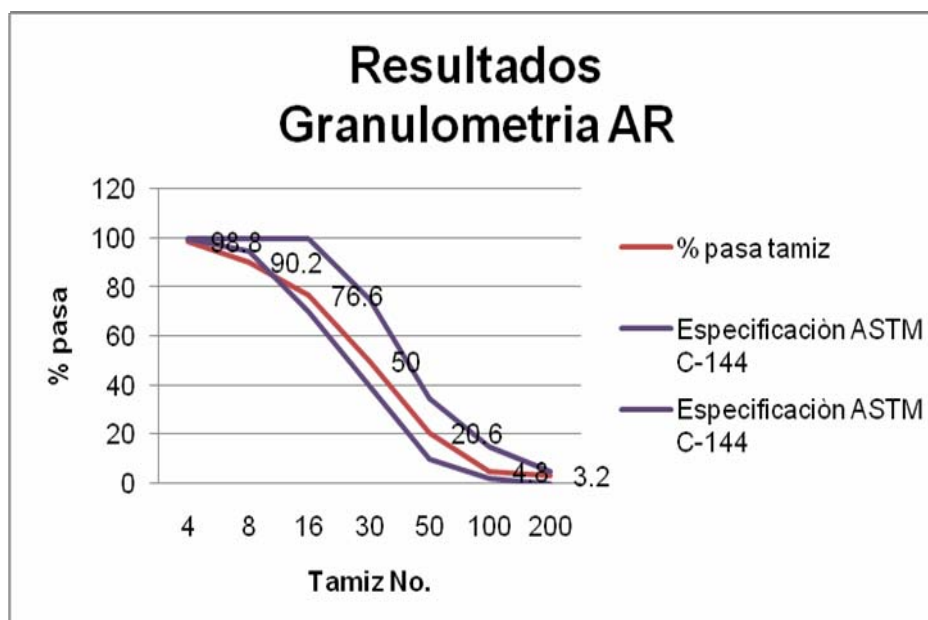
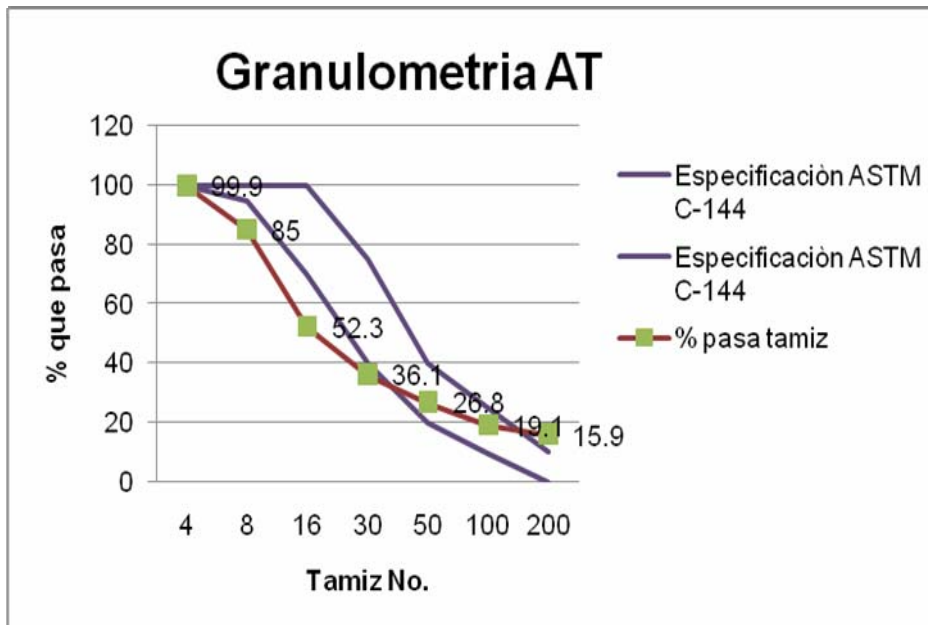


Figura 9 Resultados granulometría AT



3.2.2.2. Evaluación petrográfica

3.2.2.2.1. Generalidades examen petrográfico

Los materiales se evaluaron de acuerdo a lo indicado en las normas ASTM aplicables, con el apoyo del personal del Centro de Estudios Superiores Energía y Minas USAC.

3.2.2.2.2. Selección de muestra

Las muestras de arenas naturales y de trituración deberán de ser tamizadas en seco de acuerdo a la norma ASTM C-136, para proporcionar una muestra de cada tamaño. Para agregados finos una proporción debe ser ensayada de acuerdo a la norma ASTM C-117 con lavado de agua, para que sea tamizada y removida en seco y suministrar una muestra de material que pasa el tamiz Núm. 200.

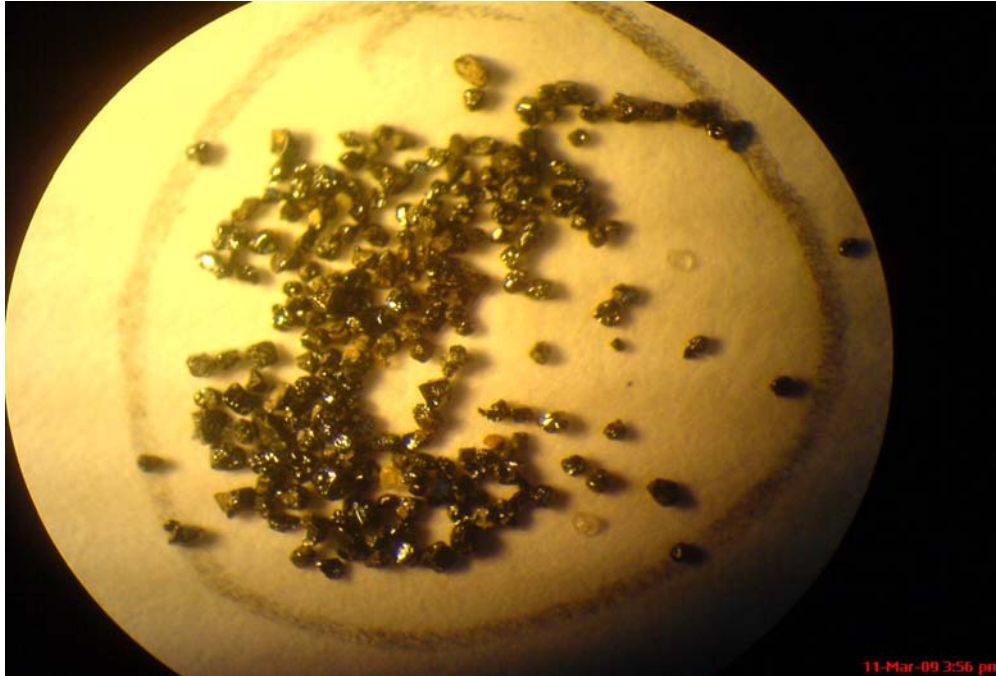
Las muestras tamizadas de acuerdo a las normas deberán proporcionarse para el estudio petrográfico de cada agregado analizado. Cada fracción tamizada deberá ser examinada por separado empezando por el tamaño más grande, por que las rocas son reconocidas fácilmente. Asumiendo que los procedimientos de muestreo son exactos, el número de partículas examinadas, identificadas y contadas por cada fracción tamizada depende de la exactitud requerida, así como los componentes que se encuentran presentes en pequeñas cantidades.

Los números de partículas proporcionadas por este método son mínimos y se basan sobre la experiencia y consideraciones estadísticas, es aceptable un número de 150 partículas de cada fracción retenida en tamiz, las cuales serán identificadas y contadas para obtener resultados confiables.

Figura 10 Muestra análisis petrográfico



Figura 11 Muestra análisis petrográfico



3.2.2.2.3. Examen de arenas

Cada fracción retenida que sea mayor que el tamiz No. 30 deberá ser reducida de acuerdo con el procedimiento ASTM C-702 hasta obtener una porción no menor de 150 partículas. Las muestras de cada tamiz deben ser examinadas y sus componentes identificados por medio de un microscopio estereoscópico. Conviene extender la muestra sobre un disco de fondo plano y manipular los granos con agujas de disección y unas pinzas. La identificación de los granos más gruesos es a menudo más fácil si están sumergidos en agua. Este procedimiento disminuye la reflexión y puede presentar características que no detectan si el grano está seco (esto puede tener sus excepciones).

Si la identificación es muy difícil puede incluirse un examen de la superficie natural (húmeda y seca), pruebas de rayado y ensayos con ácido

clorhídrico. Si se realizan todos estos ensayos y todavía hay granos no identificados, solo entonces se podría acudir al uso de microscopio petrográfico. Si los agregados finos contienen granos finos de rocas ígneas, vítreas o varias partículas típicas de cada variedad, deben seleccionarse algunas de ellas para un examen más completo.

3.2.2.2.4. Equipo

- Microscopio polarizante de platinas mecánicas con objetivos de alcance de alto, medio y bajo potencial y dispositivos para centrar el objetivo, oculares de varios alcances y compensadores de cuarto de onda y onda completa, cuña de cuarzo.
- Lámpara de microscopio.
- Microscopio estereoscópico con objetivos y oculares que den una amplificación final de 6 a 150 veces.
- Imán.
- Agujeros de aguja y puntos.
- Gotero con capacidad de 60 ml.
- Discos de preti.
- Pinzas punta recta y curva.
- Lentes o discos de panel.
- Inmersión media, $n = 1.410$ a $n = 1.785$ en pasos de 0.005.
- Contador.
- Cámara micro fotográfica y accesorios

3.2.2.2.5. Resultados análisis petrográfico

3.2.2.2.5.1. Arena de río AR

Los materiales mineralógicos que se determinaron en el análisis petrográfico fueron:

- Piedra pómez o pumita: es una roca magmática volcánica vítrea, con baja densidad (flota en el agua), y muy porosa, roca piro clástica llena de cavidades formadas por burbujas de gas siendo de textura vesicular, con muchos espacios abiertos no interconectados. En su formación la lava proyectada al aire sufre una gran descompresión. Como consecuencia de la misma se produce una desgasificación quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico.
- Basalto: es la variedad más común de roca volcánica, es una roca ígnea de grano fino y composición mafica, es decir, con un alto contenido de hierro, se compone mayormente de piroxeno y olivino, conteniendo cantidades menores de feldespato y cuarzo. Se forma por la efusión de lava a lo largo de las cordilleras oceánicas, de color oscuro.
- Cuarzo: es el mineral más abundante en la corteza terrestre, es el principal componente de gran variedad de rocas. Su nombre viene del griego *kristalos* que significa hielo, pues creían que era agua congelada a tan baja temperatura que era imposible su licuación. En cristales a veces de tamaño considerable, hexagonales, coronados por una pirámide trigonal. El cuarzo químicamente es SiO_2 con 46.7 % de Si y 53.3 % de O.
- Magnetita: es un imán natural, forma parte de un grupo de minerales llamados óxidos; usualmente la magnetita puede ser identificada a acusa de su gran magnetismo y por su color oscuro. Generalmente no es muy abundante, pero puede encontrarse en diferentes tipos de rocas ígneas,

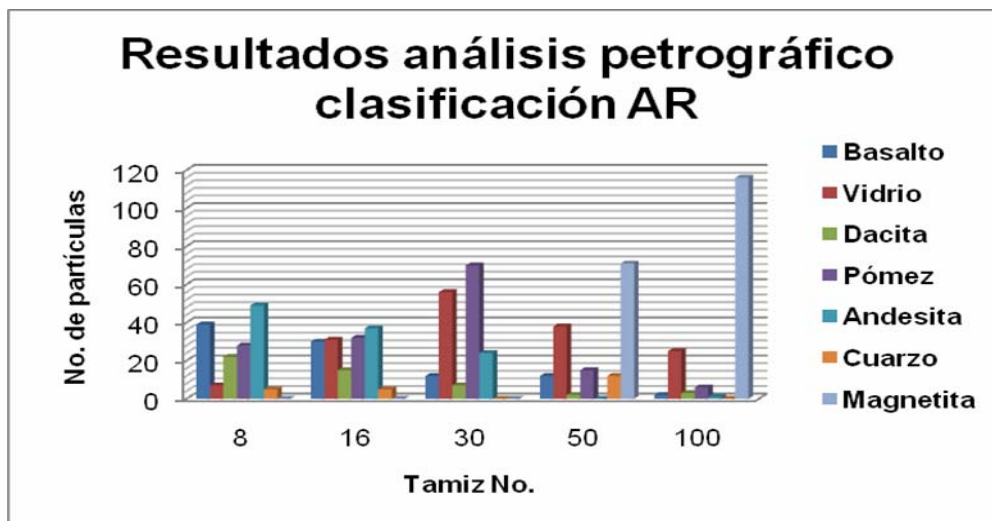
metamórficas y sedimentarias, hasta en algunos meteoritos. De color negro hierro y opaca, con brillo metálico, su dureza es de 5.5-6.5 y su densidad relativa es de 5.2.

- Dacita: es una roca volcánica con alto contenido de hierro. Su composición se encuentra entre las composiciones de la andesita y la de la riolita, al igual que la andesita, se compone principalmente de feldespato plagioclasas con biotita, hornablenda y piroxeno. Posee una textura entre afamítica y portítica con cuarzo en forma de fenocristales redondeados o corroídos o como elemento de su pasta base.
- Andesita: roca volcánica oscura, de grano fino; es el equivalente extrusivo de la diorita. De composición intermedia entre el basalto y la riolita, la andesita se compone en su mayor parte de feldespato plagioclasas y cantidades menores de biotita o de hornablenda. La roca parece en torrente y diques de lava, de acuerdo con la teoría de la tectónica de placas, las placas de la corteza terrestre chocan unas con otras.
- Vidrio volcánico: las rocas ígneas (del latín *igneus*) o magmáticas se forman a partir de la solidificación de un fundido silicatado o magma. La solidificación con del magma y su consiguiente cristalización puede tener lugar en el interior de la corteza y/o bajo el mar, tanto en zonas profundas como superficiales o sobre la superficie exterior de esta. La obsidiana es un vidrio volcánico formado por el brusco enfriamiento de la lava. Se clasifica como vidrio debido a que su estructura atómica es desordenada y químicamente inestable.

Tabla XVII Resultados análisis petrográfico para clasificación de agregado fino AR

Resultados análisis petrográfico para clasificación AR										
Tipo de partículas	Tamiz No.									
	8		16		30		50		100	
	No. de partículas	%	No. de partículas	%	No. de partículas	%	No. de partículas	%	No. de partículas	%
Basalto	39	25	30	20	12	7	12	8	2	1
Vidrio	7	5	31	21	56	33	38	26	25	17
Dacita	22	15	15	10	7	4	2	1	3	2
Pómez	28	19	32	21	70	41	15	10	6	4
Andesita	49	33	37	25	24	15	0	0	1	0.1
Cuarzo	5	3	5	3	0	0	12	8	0	0
Magnetita	0	0	0	0	0	0	71	47	116	0.77
Total	150	100	150	100	169	100	150	100	150	100

Figura 12 Análisis petrográfico clasificación AR



3.2.2.2.5.2. Arena de trituración AT

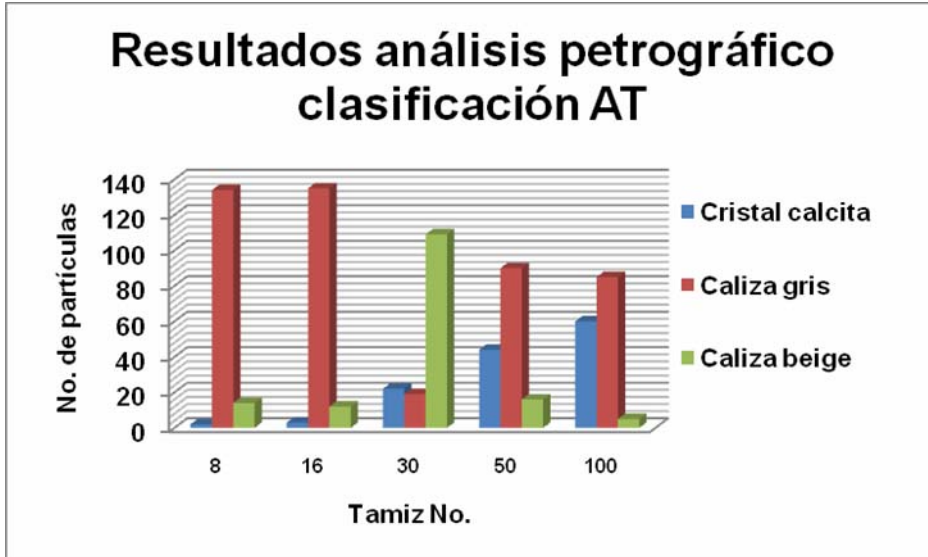
Los materiales mineralógicos que se determinaron en el análisis petrográfico fueron:

- Calcita: generalmente la calcita que se encuentra en las roca sedimentaria llamada caliza. También puede ser el cemento que une otras rocas sedimentarias como la piedra arenisca. Fuera del espectro de las rocas sedimentarias es fácil encontrar a la calcita en el mármol, una roca metamórfica que se forma cuando la caliza está sujeta a intenso calor y presión. La forma favorita y más común para identificar a la calcita y aragonito es mediante la prueba ácida.

Tabla XVIII Resultados análisis petrográfico para clasificación de agregado fino AT

Resultados análisis petrográfico para clasificación agregado fino AT										
Tipo de partículas	Tamiz No.									
	8		16		30		50		100	
	Partículas		Partículas		Partículas		Partículas		Partículas	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Cristal calcita	2	1	3	2	22	15	44	29	60	40
Caliza gris	134	89	135	90	19	13	90	60	85	57
Caliza beige	14	10	12	8	109	72	16	11	5	3
Total	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100

Figura 13 Análisis petrográfico clasificación de agregado fino AT



3.2.2.3. Evaluación química

Tabla XIX Resultados Reactividad potencial agregado fino

Ensayo de Reactividad potencial	
Tipo de agregado fino	Resultado
AR	Inocuo
AT	Inocuo

3.3. Elaboración y evaluación de morteros (ASTM C-270)

Los morteros se evaluaron en las mismas condiciones de dosificación (en peso), mezclado, trabajabilidad y ensayo, para las pruebas de adherencia se elaboraron prismas de mampostería con blocks los que se ensayaron a la edad de 28 días.

Figura 14 Evaluación de morteros estado fresco



Tabla XIX Condiciones iniciales morteros

Características morteros						
Tipo de mortero	Dosificación materiales			Trabajabilidad		Relación a/c (%)
	Cemento (kg)	Arena (kg)	Agua (l)	Mesa de flujo (%)	Penetrometro (mm)	
MAR	0.50	1.375	0.480	110±5	75.0	96.0
MAT	0.50	1.375	0.450		88.0	90.0

Figura 15 Evaluación de morteros estado fresco



Figura 16 Dosificación MAR

Dosificación mortero arena de río

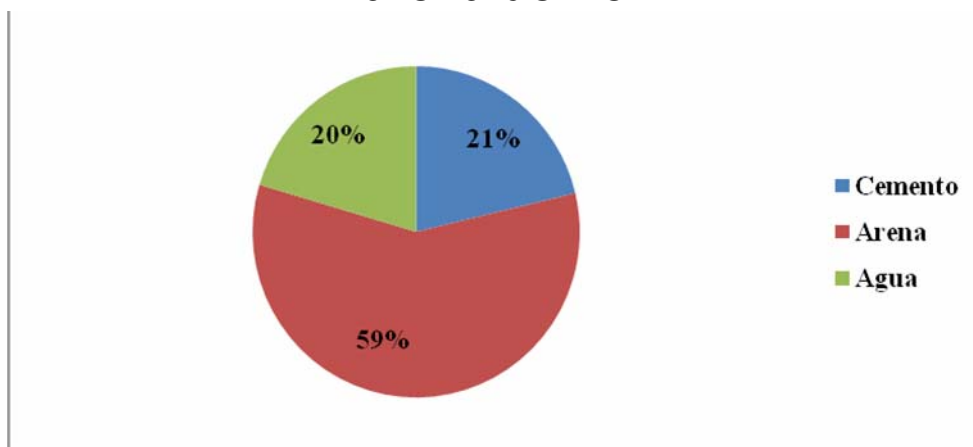
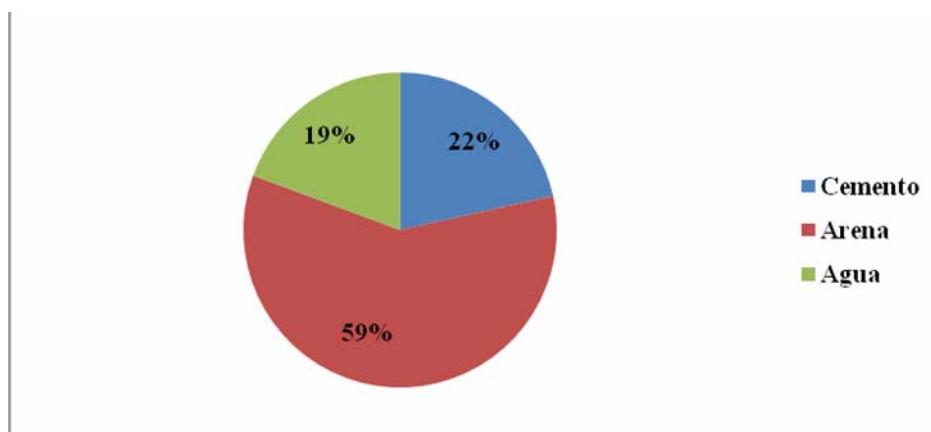


Figura 17 Dosificación MAT

Dosificación mortero arena de trituración



3.3.1. Estado fresco

Tabla XX Resultados morteros estado fresco

Resultados morteros					
Tipo de mortero	Masa unitaria (kg/m ³)	Contenido de aire (%)	Retención de agua (%)	Velocidad de endurecimiento (minutos)	
				Inicial (35.0 kgcm ²)	Final (280.0 kgcm ²)
MAR	1583.0	21.0	20.9	270	375
MAT	1764.8	11.8	45.2	+ de 8 horas	+ de 8 horas

3.3.2. Estado endurecido

Tabla XXI Resultados morteros estado endurecido

Resultados							
Tipo de mortero	Resistencia a compresión MPa (kg/cm ²)			Resistencia a tensión MPa (kg/cm ²)			Adherencia MPa (kg/cm ²)
	7 (días)	14 (días)	28 (días)	7 (días)	14(días)	28(días)	28 (días)
MAR	5.3 (54.0)	9.6 (98.4)	12.8 (130.5)	1.0 (10.1)	1.4 (14.1)	1.8 (18.1)	9.7 (95.3)
MAT	10.1 (103.1)	12.7 (129.4)	16.6 (168.9)	1.6 (16.4)	2.0 (20.6)	2.6 (26.5)	11.5 (117.2)

Figura 18 Resultados resistencia a compresión

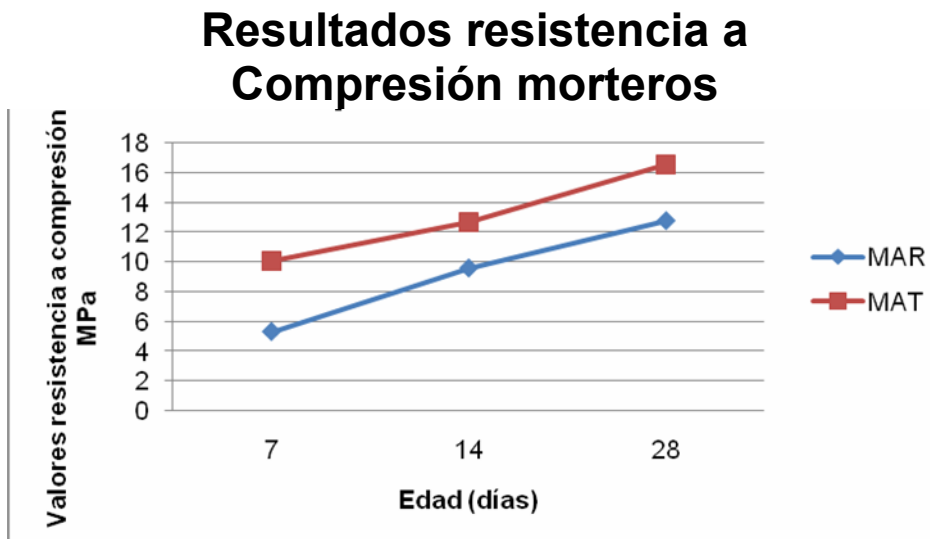


Figura 19 Resultados resistencia a tensión

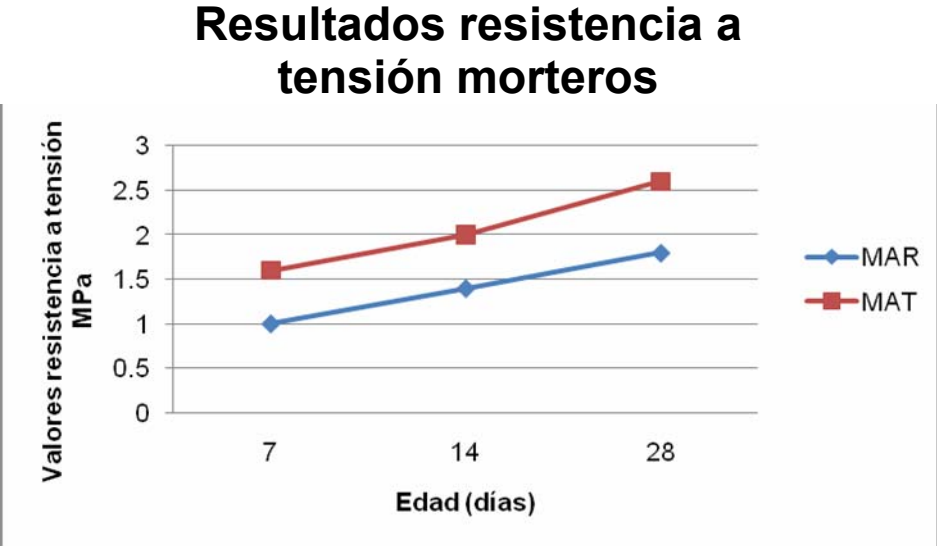


Figura 20 Ensayo resistencia a tensión



Figura 21 Ensayo de adherencia



4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Materiales

4.1.1. Cemento

De acuerdo con lo indicado, cumple con las normas ASTM indicadas en el saco, tiene adición de puzolanas que permiten usarlo en morteros de mampostería, su aplicación puede estar condicionada por el tipo de unidad de mampostería utilizada y las condiciones del proyecto.

4.1.2. Agregado fino

4.1.2.1. Contenido de humedad

De acuerdo a los resultados obtenidos, **AR (7.4 %) > AT (1.5 %)**, lo que significa mayor porosidad (mejor adherencia, pero puede afectar la durabilidad) y absorción, condición que hay que considerar al momento del diseño y elaboración de la mezcla.

4.1.2.2. Densidad

De acuerdo a los resultados obtenidos, **AT (2.73 %) > AR (2.49 %)**, lo que significa mayor carga muerta en la estructura, menor rendimiento de las mezclas, pero también mayor resistencia mecánica.

4.1.2.3. Porcentaje de absorción

De acuerdo a los resultados obtenidos, **AR (1.5 %) > AT (0.3 %)**, condición que hay que considerar al momento del diseño y elaboración de la mezcla.

4.1.2.4. Porcentaje de material que pasa tamiz No. 200

De acuerdo a los resultados obtenidos, **AT** (15.9 %) > **AR** (3.2 %) lo que es lógico por el proceso de trituración que genera mayor cantidad de material fino y aumenta los requerimientos de agua, **AT** está fuera de especificación (pasa 15.9 % vrs. 0-10%).

4.1.2.5. Granulometría

De acuerdo a los resultados obtenidos, **AR** presenta una granulometría regular (ASTM C-144), señalando que la fracción que pasa el tamiz No. 8 está fuera de especificación (90.2 % vrs. 95-100%). El % retenido entre los tamices No. 50-100 está fuera de especificación (29.4 > 25 %). **AT** presenta una granulometría que no cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-144, la fracción que pasa el tamiz No. 8 está fuera de especificación (85.0 vrs. 95-100 %), la fracción que pasa el tamiz No.16 está fuera de especificación (52.3 vrs. 70-100 %), la fracción que pasa el tamiz No. 30 está fuera de especificación (36.1 vrs. 40-75 %). El % retenido entre los tamices No. 50-100 está dentro de especificación (9.3 < 25 %). Los valores del % que pasa por cada tamiz para **AR y AT**, son los siguientes:

- Tamiz No. 4 (98.8, 99.9 %)
- Tamiz No. 8 (90.2, 85.0 %)
- Tamiz No. 16 (76.6, 52.3 %)
- Tamiz No. 30 (50.0, 36.1 %)
- Tamiz No. 50 (20.6, 26.8 %)
- Tamiz No. 100 (4.8, 7.7 %)

4.1.2.5.1. Módulo de finura

Es el índice de la finura del agregado, un indicador del grosor o la finura global del mismo. Pueden tener valores similares y sin embargo tener mayor

porcentaje en alguna fracción determinada, menor módulo de finura puede requerir mayor cantidad de agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos, **AT** (2.8) > **AR** (2.6), esta diferencia no es significativa en base a su valor, pero hay que considerar la distribución de tamaño por tamiz en la granulometría.

4.1.2.6. Contenido de materia orgánica

De acuerdo a los resultados obtenidos, **AT** y **AR** tienen igual contenido de materia orgánica (No. 1 escala del colorímetro), por lo que se espera que esta característica no tenga incidencia en el comportamiento de las arenas en morteros de mampostería.

4.1.2.7. Porcentaje de material friable

Este método cubre la determinación del porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables en agregados pétreos (afectan la operabilidad y durabilidad y pueden ocasionar reventones en el muro).

De acuerdo a los resultados obtenidos, **AT** (8.1) > **AR** (3.6) las dos arenas están fuera de especificación (máximo 1 %).

4.1.2.8. Porcentaje de material ligero

De acuerdo a los resultados obtenidos, solo **AR** (0.3 %) presenta contenido de material ligero **AT** (0.0 %), cumple con la especificación aplicable.

4.1.2.9. Estabilidad volumétrica

De acuerdo a los resultados obtenidos y las especificaciones de la norma ASTM C-144, **AT** (7.1 < 10 %) cumple y **AR** (12.5 > 10 %) no cumplen, lo que hay que considerar al momento del uso de los materiales.

4.1.2.10. Análisis granulométrico para clasificación petrográfica

De acuerdo a los resultados obtenidos **AR (8 tipos de componentes)** y **AT (3 tipos de componentes)** tienen una composición mineralógica diferente, debido a su origen y proceso de extracción.

4.2. Morteros

Es común utilizar la resistencia a compresión para calificar a los morteros por la facilidad para evaluarla, sin embargo debido a los esfuerzos inducidos por cargas horizontales resultan ser de mayor importancia otras propiedades (retención de agua y los esfuerzos a corte y adherencia), condición que hay que considerar al momento elegir el mortero más adecuado para cada proyecto.

4.2.1. Estado fresco

4.2.1.1. Relación a/c

La relación a/c disminuye con arenas de grano grueso y aumentan con la de agregados finos, la forma del agregado y el contenido de cemento también afectan la demanda de agua de la mezcla. De acuerdo a los resultados obtenidos el **MAR** (96.0 %) requiere mayor cantidad de agua que el **MAT** (90.0 %).

4.2.1.2. Trabajabilidad

De acuerdo a los resultados obtenidos en la mesa de flujo (con la misma relación a/c), están dentro del rango de la norma $110 \pm 5\%$ para los dos morteros, para el método de la penetración el valor **MAT** (88.0 mm) fue mayor al de **MAR** (75.0 mm) lo que significa mayor trabajabilidad para el primero,

aunque hay que mencionar que generalmente se deja al criterio del albañil la determinación de esta característica basado generalmente en su experiencia.

4.2.1.3. Retención de agua

De acuerdo a los resultados obtenidos **MAR** (21.0 %) > **MAT** (45.2 %), ninguno cumple con lo indicado en la norma ASTM C-270 (75 %).

4.2.1.4. Contenido de aire

De acuerdo a los resultados obtenidos **MAR** (21.0 %) > **MAT** (11.8 %), ambos cumplen con lo indicado en la norma ASTM C-270 (19-23 %).

4.2.1.5. Velocidad de endurecimiento

De acuerdo a los resultados obtenidos, el fraguado inicial **MAR** (270 minutos) < **MAT** (375 minutos), se necesita tiempo mínimo para colocar la mezcla y acomodar las unidades, el fraguado final es mayor a 8 horas para los dos morteros.

4.2.2. Estado endurecido

4.2.2.1. Resistencia a compresión

De acuerdo a los resultados obtenidos, el desarrollo de resistencia con respecto a la edad es normal para los dos morteros ($f'c$ 7 días < $f'c$ 28 días), con valores de $f'c$ para 7, 14 y 28 días para **MAR** (5.3, 9.6 y 12.8 MPa) y **MAT** (10.1, 12.7 y 16.6 MPa) y diferencias de $f'c$ entre 7 y 28 días de **MAR** (7.5 MPa) y **MAT** (6.5 MPa) respectivamente. El **MAT** tiene valores mayores en todas las edades, con diferencias de $f'c$ (7 y 28 días) entre **MAT** y **MAR** de (4.8 y 3.8 MPa).

4.2.2.2. Resistencia a tensión

De acuerdo a los resultados obtenidos, el desarrollo de resistencia con respecto a la edad es el esperado para los dos morteros (f'_m 7 días < f'_m 28 días), con valores de f'_m para 7, 14 y 28 días para **MAR** (1.0, 1.4 y 1.8 MPa) y **MAT** (1.6, 2.0 y 2.6 MPa) y diferencias de f'_m entre 7 y 28 días de **MAR** (0.8 MPa) y **MAT** (1.0 MPa) respectivamente. El **MAT** tiene resultados mayores en todas las edades, con diferencias de f'_m (7 y 28 días) entre **MAT** y **MAR** de (0.6 y 0.8 MPa).

4.2.2.3. Adherencia

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de adherencia (edad 28 días), **MAT (11.5 MPa) > MAR (9.7 MPa)**, lo que significa mejor comportamiento del conjunto mortero-unidad de mampostería ante fuerzas horizontales (sismo, viento).

CONCLUSIONES

1. El origen y proceso de extracción del agregado fino determinan sus características físicas y composición. El **AR** tiene mayor porosidad que se traduce en mayor % de absorción, situación que afecta el requerimiento de agua y la resistencia mecánica en los morteros.
2. El **AT** tiene mayor peso unitario, esto significa morteros más pesados (mayor carga muerta) y menor rendimiento de los mismos, aunque mejora la resistencia mecánica.
3. El **AT** tiene mayor cantidad de material fino, esto aumenta el requerimiento de agua del mortero y afecta su trabajabilidad. El **AR** presenta una mejor distribución del tamaño de sus partículas, aun y cuando no cumple con la especificación de la norma ASTM C-144. De acuerdo a los valores del módulo de finura obtenidos, las arenas se clasifican como arena media.
4. Las dos arenas están fuera del valor de la especificación de contenido de material friable, pero cumplen con la especificación de contenido de material ligero.

5. La relación a/c del **MAR** es mayor al del **MAT**, lo que afecta su resistencia mecánica y peso unitario, también **MAR** y **MAT** no cumplen con la especificación de retención de agua, lo que afecta su resistencia mecánica y adherencia.

6. El **MAR** tiene un tiempo de fraguado inicial menor que el **MAT**, característica necesaria para su manejo y colocación.

7. El **MAT** tiene valores de resistencia mecánica mayores que el **MAR** para todas las edades, **MAT** tiene valores de adherencia mayores que el **MAR** para la edad de 28 días.

RECOMENDACIONES

1. Cuando se elija agregado fino para usar en mortero se deben de conocer su procedencia y características asociadas, con base a esta información orientar al albañil sobre la dosificación adecuada.
2. Durante la ejecución de la obra en lo posible no cambiar el tipo de materiales y elementos utilizados, a efecto de minimizar esta variable. Seguir las recomendaciones de dosificación, elaboración y manejo para los agregados y morteros utilizados en cada caso.
3. En las mezclas de morteros utilizar el cemento y agregado adecuados. La granulometría del agregado fino debe ser abierta, con las fracciones recomendadas para cada tamiz. Cuando el agregado fino no cumple con las especificaciones de granulometría, se puede usar si se ajusta de acuerdo a los valores indicados en la norma ASTM C-144.
4. Darle un curado adecuado a las aplicaciones de morteros, independientemente del tipo de agregado utilizado.
5. Impulsar otros estudios en mampostería dado que es el sistema constructivo que más se utiliza en Guatemala.

REFERENCIAS

1. ASTM *Book of Standards. Standard Specification for Concrete Aggregates*. USA: ASTM Vol. 04.02 2002.
2. Ebensperger Luis Dr. e Ing. Arenas manufacturadas. Revista Bit. Junio 2001
3. Facultad de Arquitectura. Construcción 1, Morteros. Departamento de enseñanza de las tecnologías de la construcción. Uruguay.
4. Molina Escobar, Kenneth Alejandro. Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno. Trabajo de Graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006.
5. Sánchez de Guzmán Diego. Tecnología del concreto y del mortero. Colombia Bhandar editores 2001.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Walter. Evaluación del uso de morteros de mampostería en obra y laboratorio, de acuerdo a la norma ASTM C-270. Trabajo de Graduación Ing. Civil, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007.
2. ASTM *Book of Standards. Standard Specification for Concrete Aggregates.* USA: ASTM Vol. 04.02 2002
3. Ebenspesger Luis. Fabricación y uso eficiente de arenas manufacturadas. Secretario técnico Comisión de áridos. Corporación de desarrollo tecnológico. Revista BIT junio 2001. Chile.
4. Gaytan Orozco, Sergio. Análisis mineralógico y examen petrográfico del agregado fino para concreto de tres bancos de la región central del país. Trabajo de Graduación Ing. Civil, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007.
5. Molina Escobar, Kenneth Alejandro. Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno. Trabajo de Graduación Ing. Civil, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006.

6. Puentes Cárdenas, Gabriela Salome, Romo P. Marcelo y Duran Ricardo. Patología de los morteros en Quito. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.

7. Rochelle Jaffe. La Mezcla en Mampostería. Entendiendo el mortero y la mampostería. 2004.

8. Sánchez de Guzmán Diego. Tecnología del concreto y del mortero. Colombia Bhandar editores 2001.

APÉNDICES

1. Informes S. C. 106, 107, 108, 109. Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC. Febrero 2009.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 006652

INFORME No. SC-106

O.T. No. 24416

INTERESADO: Douglas Estuardo Osorio Garcia Carnè No. 199212674
ASUNTO: Ensayo de bondad en agregado fino
Material: Agregado Fino
Proyecto: Trabajo de graduación: "Estudio Comparativo Del analisis fisico, mecanico, quimico y petrografico de agregado fino natural Rio villa lobos agregado fino trituracion La Roca zona 18, Morteros de Mamposteria"
Procedencia: La Roca zona 18,
Solución utilizada: Sulfato de Sodio
FECHA: 13 de Febrero de 2009

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
No. 100 (149 mm)						
No. 50 (297 mm)	No. 100 (149 mm)	26,81	100,00	78,90	21,10	5,66
No. 30 (595 mm)	No. 50 (297 mm)	9,26	100,00	88,50	11,50	1,06
No. 16 (1.19 mm)	No. 30 (595 mm)	16,52	100,00	91,40	8,60	1,42
No. 8 (2.38 mm)	No. 16 (1.19 mm)	32,43	100,00	95,20	4,80	1,56
No. 4 (4.76 mm)	No. 8 (2.38 mm)	14,92	100,00	81,20	18,80	2,80
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	0,06	-----	-----	0,00	0,00
TOTALES		100,00	500,00	-----	-----	12,50

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado

ATENTAMENTE,


Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos



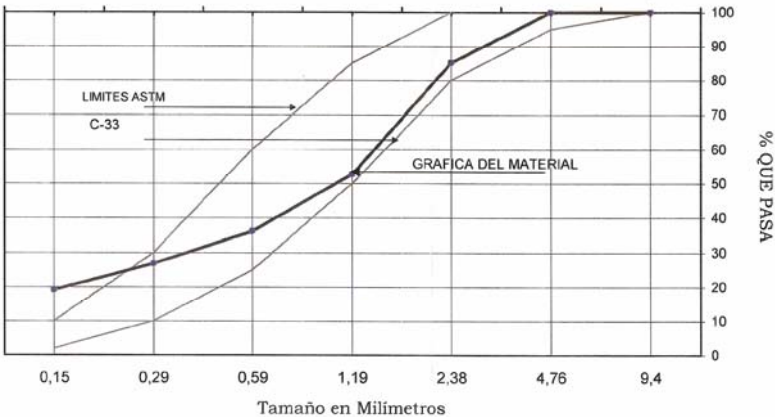

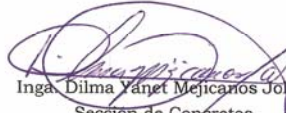






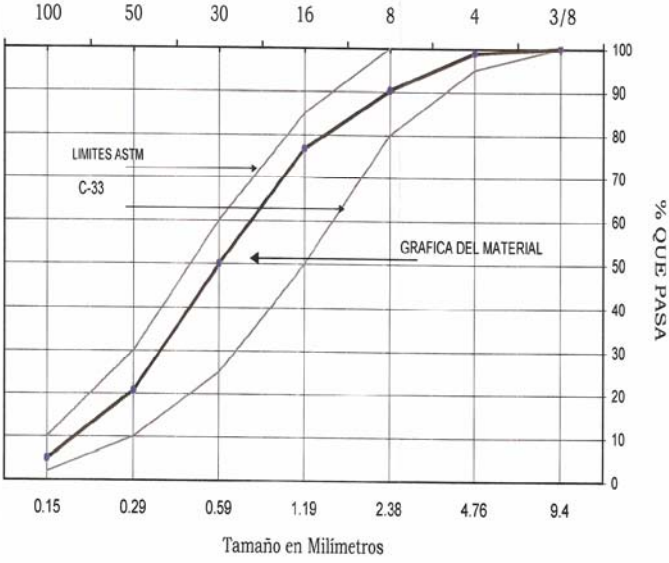




Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

I.C.

AGREGADO FINO PARA CONCRETO		 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA																					
INTERESADO: Douglas Estuardo Osorio Garcia Carne No. 199212674		INFORME No. S.C. - 107		PROYECTO: Trabajo de Graduación "Estudio y Comparación del análisis físico, mecánico, químico y petrográfico de agregado fino natural Rio Villa Lobos y agregado fino trituración La Roca zona 18 Morteros de Mampostería"																			
		MUESTRA: Agregado Fino	FECHA: 16/02/2009	O.T. No. 24416	LAB.: Concretos																		
CARACTERISTICAS FISICAS:																							
<table border="1"> <tr><td>Peso Especifico</td><td>2,73</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacíos</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>Contenido de Materia Orgánica</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>% Retenido en Tamiz 6.35</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>% que pasa Tamiz 200</td><td>15,94</td></tr> <tr><td>Modulo de Finura</td><td>2,80</td></tr> </table>	Peso Especifico	2,73	Peso Unitario (kg/m ³)	-----	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	-----	Porcentaje de Vacíos	-----	Porcentaje de Absorción	0,30	Contenido de Materia Orgánica	1,00	% Retenido en Tamiz 6.35	0,00	% que pasa Tamiz 200	15,94	Modulo de Finura	2,80	OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado. b) Materia Organica Maximo permisible No. 3				
Peso Especifico	2,73																						
Peso Unitario (kg/m ³)	-----																						
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	-----																						
Porcentaje de Vacíos	-----																						
Porcentaje de Absorción	0,30																						
Contenido de Materia Orgánica	1,00																						
% Retenido en Tamiz 6.35	0,00																						
% que pasa Tamiz 200	15,94																						
Modulo de Finura	2,80																						
		<table border="1"> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td>9,40</td> <td>4,76</td> <td>2,38</td> <td>1,19</td> <td>0,59</td> <td>0,29</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>100,00</td> <td>99,94</td> <td>85,02</td> <td>52,59</td> <td>36,07</td> <td>26,81</td> <td>19,14</td> </tr> </table>				Tamiz No.	9,40	4,76	2,38	1,19	0,59	0,29	0,15	% Que pasa	100,00	99,94	85,02	52,59	36,07	26,81	19,14		
Tamiz No.	9,40	4,76	2,38	1,19	0,59	0,29	0,15																
% Que pasa	100,00	99,94	85,02	52,59	36,07	26,81	19,14																
Vo.Bo.		 Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC		 Inga. Dilma Yanet Mejicanos Sección de Concretos																			
																							

AGREGADO FINO PARA CONCRETO		 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA																			
INTERESADO: Douglas Estuardo Osorio García Carné No. 1992-12674		INFORME No. S.C. - 108		PROYECTO: Trabajo de Graduación "Estudio comparativo del analisis fisico, mecánico, químico y petrográfico de agregado fino natural del Rio Villa Lobos, agregado fino trituración La Roca zona 18 Morteros de Mampostería"																	
		MUESTRA: Agregado Fino	FECHA: 13/02/2009	O.T. No. 24411	LAB.: Concretos																
CARACTERISTICAS FISICAS:																					
Peso Especifico	2.49																				
Peso Unitario (kg/m ³)	-----																				
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	-----																				
Porcentaje de Vacios	-----																				
Porcentaje de Absorción	1.50																				
Contenido de Materia Orgánica	1																				
% Retenido en Tamiz 6.35	-----																				
% que pasa Tamiz 200	3.18																				
Modulo de Finura	2.59																				
OBSERVACIONES:																					
a) Muestra proporcionada por el interesado.																					
b) Banco: Arena de Rio Villa Lobos.																					
		<table border="1"> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td>9.40</td> <td>4.76</td> <td>2.38</td> <td>1.19</td> <td>0.59</td> <td>0.29</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>100.00</td> <td>98.84</td> <td>90.18</td> <td>76.62</td> <td>49.82</td> <td>20.62</td> <td>4.84</td> </tr> </table>				Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15	% Que pasa	100.00	98.84	90.18	76.62	49.82	20.62	4.84
Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15														
% Que pasa	100.00	98.84	90.18	76.62	49.82	20.62	4.84														
Vo.Bo.																					
 Inga. Telma Marjela Cano Morales DIRECTOR CII/USAC				 Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol Jefe Sección de Concretos																	
																					



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 002477

INFORME No. S.C. - 109

O.T.No. 24411

INTERESADO: Douglas Estuardo Osorio Garcia Carné No. 1992-12674

ASUNTO: Ensayo de bondad en Agregado fino
Material: Agregado Fino
Proyecto: Trabajo de Graduación "Estudio comparativo del análisis físico, mecánico, químico y petrográfico de agregado fino natural Rio Villa Lobos, Agregado fino trituración La Roca Zona 18, Morteros de Mampostería"
Procedencia: Agregado Fino Rio Villa Lobos
Solución utilizada: Sulfato De Sodio
FECHA: 13 de febrero de 2009.

PASA	TAMAÑOS RETENIDO	Graduación por Fracción	PESO DE FRACCIÓN		% Desgaste	Desgaste referido a Graduación
			Antes de Ensayo	Después de Ensayo		
No. 100 (149)		4.84	----	-----	-----	-----
No. 50 (297)	No. 100 (149)	15.78	100.00	96.30	3.70	0.58
No. 30 (595)	No. 50 (297)	29.20	100.00	94.30	5.70	1.66
No. 16 (1.19mm)	No. 30 (595)	26.80	100.00	93.40	6.60	1.77
No. 8 (2.38mm)	No. 16 (1.19mm)	13.56	100.00	90.50	9.50	1.29
No. 4 (4.76mm)	No. 8 (2.38mm)	8.66	100.00	72.20	27.80	2.41
3/8" (9.52mm)	No. 4 (4.76mm)	1.16	-----	-----	-----	-----
T O T A L E S :		100.00	500.00	446.70	-----	7.71

OBSERVACIONES:

- a) Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Inga Dilma Yariet Mejicanos Joli
Jefe sección Agregados Y concretos

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



m.c.

2. Informes de análisis petrográfico. Centro de Estudios Superiores en Energía y Minas USAC.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



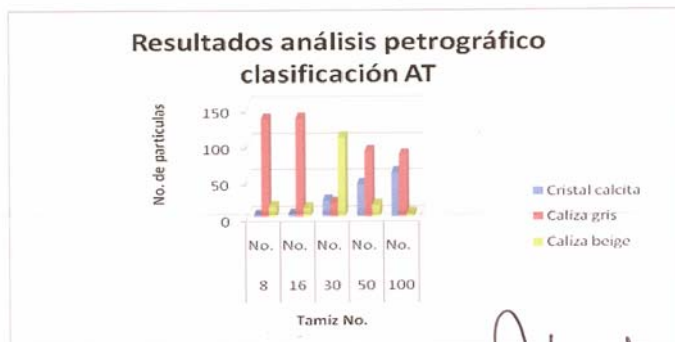
CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE ENERGÍA Y MINAS
- CESEM -
Tel./fax: 24 76 04 23



Informe de Análisis Petrográfico

Interesado: Douglas Estuardo García
Proyecto: Trabajo de Graduación
Muestra: Arena de Roca Triturada (AT), tomada por el interesado.

Resultados análisis petrográfico para clasificación AT										
Tipo de partículas	Tamiz No.									
	8		16		30		50		100	
	No. de partículas	%	No. de partículas	%	No. de partículas	%	No. de partículas	%	No. de partículas	%
Cristal calcita	2	1	3	2	22	15	44	29	60	40
Caliza gris	134	89	135	90	19	13	90	60	85	57
Caliza beige	14	10	12	8	109	72	16	11	5	3
Total	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100



ING. JUAN ROBERTO LUNA AROCHE
DIRECTOR CESEM
USAC

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos (ERIS), Postgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física, Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12. Guatemala, Centroamérica. PBX.: 24 43 95 00.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE ENERGÍA Y MINAS
- CESEM -
Tel./fax: 24 76 04 23



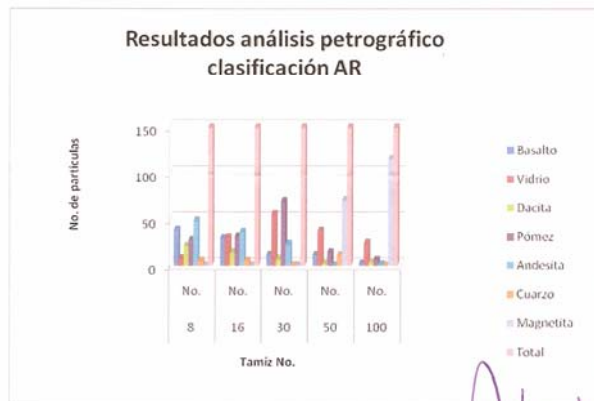
Informe de Análisis Petrográfico

Interesado: Douglas Estuardo García

Proyecto: Trabajo de Graduación

Muestra: Arena de Río Villalobos (AR), tomada por el interesado.

Tipo de partículas	Resultados análisis petrográfico para clasificación AR									
	Tamiz No.									
	8		16		30		50		100	
	No. de partículas	%	No. de partículas	%	No. de partículas	%	No. de partículas	%	No. de partículas	%
Basalto	39	25	30	20	12	8	12	8	2	1
Vidrio	7	5	31	21	56	37	38	26	25	17
Dacita	22	15	15	10	7	5	2	1	3	2
Pómez	28	19	32	21	70	47	15	10	6	4
Andesita	49	33	37	25	24	16	0	0	1	0.1
Cuarzo	5	3	5	3	0	0	12	8	0	0
Magnetita	0	0	0	0	0	0	71	47	116	0.77
Total	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100



CESEM ING. JULIO ROBERTO LUNA AROCHE
DIRECTOR CESEM

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Postgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física, Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Guatemala, Centroamérica. PBX.: 24 43 95 00.

3. Informe Sección de Química Industrial. 17-09. Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC. Febrero 2009.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 004541

O.T. No 24820

No. Informe Lab. 17-09

Interesado: Douglas Estuardo Osorio García
Muestra: 2 muestras de agregado un fino y un grueso
Fecha: Guatemala, 11 de mayo de 2009

Determinación de la Reactividad Potencial de agregados según la norma ASTM C-289.

Muestra*	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
Banco Rio Villa Lobos (Agregado Grueso)	344.17 ± 0.294	6.66	INOCUO
Banco Roca zona 18 (Agregado Fino)	311.53 ± 0.0609	6.66	INOCUO

* Muestra proporcionada por el interesado

Ing. César Alfonso García Guerra
Jefe
Sección Química Industrial -CII-



Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

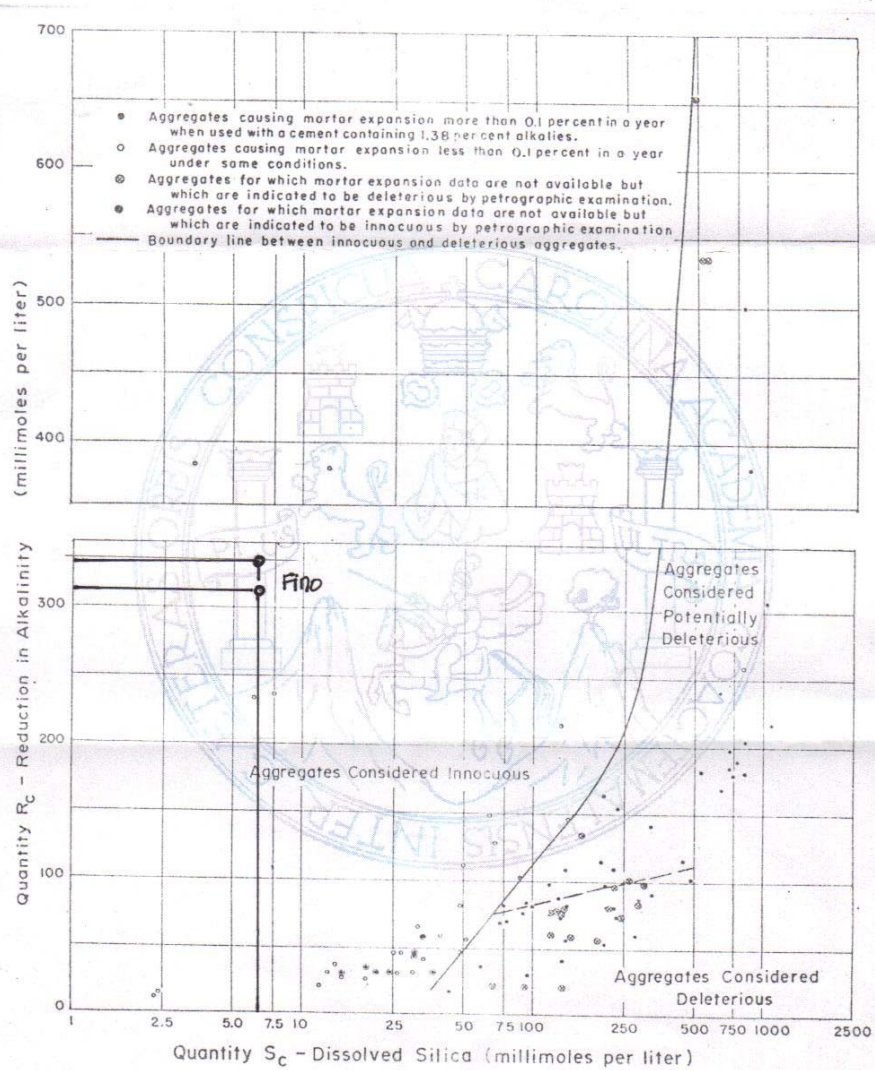


FIG. 2 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

4. Informe S. C. 193, 194. Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC.
Febrero 2009.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 006580

Informe No. S.C. - 193

O.T. No. 24410

Interesado: Douglas Estuardo Osorio García Carné No. 199212674
Proyecto: Trabajo de Graduación "Estudios comparativos del análisis físico, mecánico, químico y petrográfico del agregado fino natural (del Río Villa Lobos) y del agregado fino de trituración (de La Roca zona 18) en morteros de mampostería de acuerdo a la norma ASTM C-270"
Asunto: Determinación de trabajabilidad en campo.
Peso Específico.
Ensayo de retención de agua.
Velocidad de endurecimiento.
Diseño de mezclas y resistencia a compresión y tensión a 3, 7 y 28 días.
Fecha: 10 de Marzo de 2009

I. RESULTADOS:

ENSAYO	MUESTRA "RIO VILLA LOBOS"	
Determinación de trabajabilidad en campo (mm)	75	
Peso Específico (kg/m ³)	1583	
Ensayo de retención de agua (%) (ASTM C-204)	20.87	
Velocidad de endurecimiento (min) (ASTM C-403)	Inicial	268 min.
	Final	Mas de 8 horas
Resistencia a la compresión (kg/cm ²) (PSI) (ASTM C-109)	7 días	(59.28) (843.14)
	14 días	(98.41) (1399.73)
	28 días	(133.67) (1901.20)
Resistencia a la tensión (kg/cm ²) (PSI) (ASTM C-109)	7 días	(10.02) (142.50)
	14 días	(14.06) (200.00)
	28 días	(18.10) (257.50)

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jofre
Jefa Sección Aglomerantes y Morteros

SECCION CONCRETOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, C.A.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 006581

Informe No. S.C. - 194

O.T. No. 24417

Interesado: Douglas Estuardo Osorio García Carné No. 199212674
Proyecto: Trabajo de Graduación "Estudios comparativos del análisis físico, mecánico, químico y petrográfico del agregado fino natural (del Río Villa Lobos) y del agregado fino de trituración (de La Roca zona 18) en morteros de mampostería de acuerdo a la norma ASTM C-270"
Asunto: Determinación de trabajabilidad en campo.
 Peso Específico.
 Ensayo de retención de agua.
 Velocidad de endurecimiento.
 Diseño de mezclas y resistencia a compresión y tensión a 3, 7 y 28 días.
Fecha: 10 de Marzo de 2009

I. RESULTADOS:

ENSAYO	MUESTRA "LA ROCA"	
Determinación de trabajabilidad en campo (mm)	88	
Peso Específico (kg/m ³)	1764.75	
Ensayo de retención de agua (%) (ASTM C-204)	45.22	
Velocidad de endurecimiento (min) (ASTM C-403)	Inicial	378 min.
	Final	Mas de 8 horas
Resistencia a la compresión (kg/cm ²) (PSI) (ASTM C-109)	7 días	(103.06) (1465.85)
	14 días	(129.41) (1840.58)
	28 días	(168.80) (2400.84)
Resistencia a la tensión (kg/cm ²) (PSI) (ASTM C-109)	7 días	(16.42) (233.50)
	14 días	(20.56) (292.50)
	28 días	(26.51) (377.00)

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección Aglomerantes y Morteros



5. Informe S. C. 193, 194. Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC.
 Febrero 2009.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 006687

INFORME No. S.C-249
 NORMA ASTM C- 142
 Terrones de Arcilla y Partículas Friables en los Agregados

OT. 24741

INTERESADO: Douglas Estuardo Osorio Garcia Carne No. 199212674
 ASUNTO: Partículas Friables ASTM C-142
 PROYECTO: Trabajo de Graduación "Estudios comparativos del análisis, físico, mecánico
 químico y petrográfico del agregado fino natural (Del Rio Villa Lobos) y del agregado
 fino de trituración (De la roca zona 18) en morteros de mampostería.
 FECHA: 27 de marzo de 2009


REFERENCIAS	MUESTRAS	
	1	2
1. Norma de Ensayo	ASTM C-142	ASTM C-142
2. Peso del Muestra Utilizada	296,90	193,20
3. Peso Retenido en el Tamiz No.16	273,00	186,20
4. % de Partículas desmenuzantes	8,05	3,62

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.
 b) Muestra 1: La Roca Zona 18
 c) Muestra 2: Rio Villa Lobos

ATENTAMENTE,

Vo.Bo. 
 Inga. Teima Maricela Cano Morales
 Directora CII/USAC




 Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jof
 Jefa Sección de Concretos
 SECCION CONCRETOS
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 - GUATEMALA, C.A. -
 e.s

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



INFORME No. S.C-248
NORMA ASTM C- 123

OT. 24741

INTERESADO: Douglas Estuardo Osorio Garcia Carne No. 199212674

ASUNTO: Contenido de Material Ligero ASTM C-123

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Estudios comparativos del analisis, fisico, mecanico
quimico y petrografico del agregado fino natural (Del Rio Villa Lobos) y del agregado
fino de trituración (De la roca zona 18) en morteros de mampostería.

FECHA: 27 de marzo de 2009

REFERENCIAS	MUESTRAS	
	1	2
1. Norma de Ensayo	ASTM C-123	ASTM C-123
3. Peso Seco de Material Flotante	0	0,5
4. Peso Retenido en el Tamiz No.50	143,30	160,00
5. % de Material Flotante	0,00	0,31

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.
b) Muestra 1: La Roca Zona 18
c) Muestra 2: Rio Villa Lobos

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos





NÚMERO: PRISMA 01-2009

O. T. 24815

HOJA: 1/5

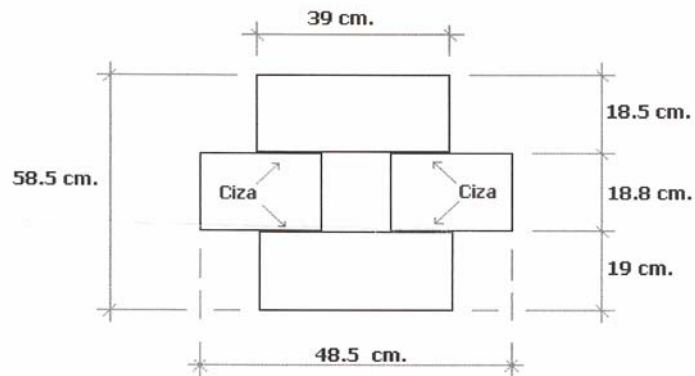
INTERESADO: DOUGLAS ESTUARDO OSORIO GARCÍA.

ASUNTO: ENSAYO DE ADHERENCIA

FECHA: MARZO DE 2009

ENSAYO DE ADHERENCIA

DIMENSIONES DE LOS PRISMAS:



PRISMA



NÚMERO: PRISMA 01-2009

O. T. 24815

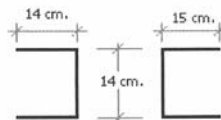
HOJA: 2/5

LA ROCA:

Prisma # 1:

La carga soportada fue de: **1500 psi**.

La siguiente ilustración muestra las dimensiones de la ciza vista en planta.

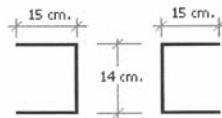


Ciza

Prisma # 2:

La carga soportada fue de: **2000 psi**. En este prisma falló el block.

La siguiente ilustración muestra las dimensiones de la ciza vista en planta.

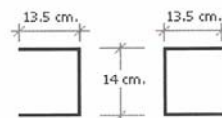


Ciza

Prisma # 3:

La carga soportada fue de: **1500 psi**.

La siguiente ilustración muestra las dimensiones de la ciza vista en planta.



Ciza



NÚMERO: PRISMA 01-2009

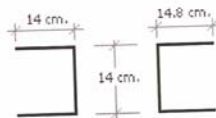
O. T. 24815

HOJA: 3/5

RÍO DE VILLA LOBOS:

Prisma # 1:

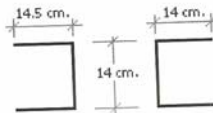
La carga soportada fue de: **1400 psi**.
La siguiente ilustración muestra las dimensiones de la ciza vista en planta.



Ciza

Prisma # 2:

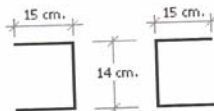
La carga soportada fue de: **1400 psi**.
La siguiente ilustración muestra las dimensiones de la ciza vista en planta.



Ciza

Prisma # 3:

La carga soportada fue de: **1400 psi**.
La siguiente ilustración muestra las dimensiones de la ciza vista en planta.



Ciza



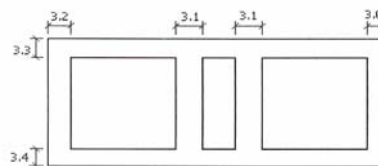
NÚMERO: PRISMA 01-2009

O. T. 24815

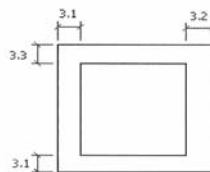
HOJA: 4/5

COMPARACIÓN DE LOS PRISMAS DESPUÉS DE LOS ENSAYOS

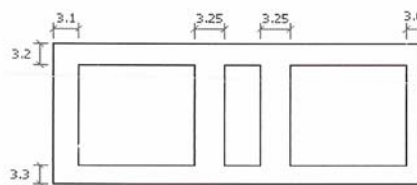
LA ROCA:



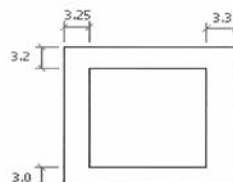
Todas las medidas en cm.



RÍO DE VILLA LOBOS:



Todas las medidas en cm.





NÚMERO: PRISMA 01-2009

O. T. 24815

HOJA: 5/5

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

	No.	Carga Soportada (psi)	Fuerza (kg.)	Esfuerzo (kg./cm ² .)	Esfuerzo Promedio (kg./cm ² .)
La Roca	1	1500	3182.26	11.94	13.34
	2	2000	4243.01	15.55	
	3	1500	3182.26	12.52	
Rio Villa Lobos	1	1400	2970.11	10.84	10.77
	2	1400	2970.11	10.92	
	3	1400	2970.11	10.55	

OBSERVACIONES:

1. Todas las muestras presentaron rompimiento de la adherencia en caras alternas, inferior y superior.
2. Sólo la muestra no. 2 de la empresa de La Roca, presentó rompimiento del block superior.

ATENTAMENTE,


ING. MARIO RODOLFO CORZO ÁVILA
JEFE DE SECCION
SECCION DE ESTRUCTURAS


INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
DIRECTORA
CENTRO DE INVESTIGACIONES