



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

**ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y
PETROGRÁFICA DE AGREGADOS DE DOS BANCOS DEL MUNICIPIO DE
PALENCIA Y UNO DEL MUNICIPIO DE SANARATE**

Willian Alfredo Mayén Mayén

Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, enero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y
PETROGRÁFICA DE AGREGADOS DE DOS BANCOS DEL MUNICIPIO DE
PALENCIA Y UNO DEL MUNICIPIO DE SANARATE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WILLIAN ALFREDO MAYÉN MAYÉN

ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villa Nueva
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

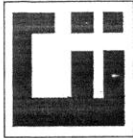
En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE AGREGADOS DE DOS BANCOS DEL MUNICIPIO DE PALENCIA Y UNO DEL MUNICIPIO DE SANARATE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería civil, con fecha octubre de 2008.



Willian Alfredo Mayén Mayén



Guatemala, 25 de octubre de 2011

Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Área de Materiales y Construcciones Civiles
COORDINADOR


Ingeniero Melini

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE AGREGADOS DE DOS BANCOS DEL MUNICIPIO DE PALENCIA Y UNO DEL MUNICIPIO DE SANARATÉ**, elaborado con el estudiante universitario Willian Alfredo Mayén Mayén, quien conto con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Mayén Mayén satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"


Inga. Civil Dilma Yanet Mejicanos Jol
Col. 5947
ASESORA

Dilma Y. Mejicanos Jol
Ingeniera Civil
Col. 5947



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
9 de noviembre de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE AGREGADOS DE DOS BANCOS DEL MUNICIPIO DE PALENCIA Y UNO DEL MUNICIPIO DE SANARATE**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Willian Alfredo Mayén Mayén, quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

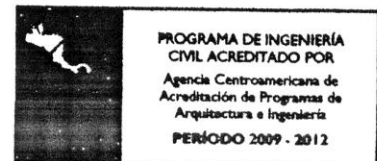
Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero,
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/bbdeb.

Más de 130^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Willian Alfredo Mayén Mayén, titulado **ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE AGREGADOS DE DOS BANCOS DEL MUNICIPIO DE PALENCIA Y UNO DEL MUNICIPIO DE SANARATE**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero de 2012.


/bbdeb.



DTG. 023.2012

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: **ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE AGREGADOS DE DOS BANCOS DEL MUNICIPIO DE PALENCIA Y UNO DEL MUNICIPIO DE SANARATE**, presentado por el estudiante universitario **Willian Alfredo Mayén Mayén**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 20 de enero de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y guiarme en mí camino lleno de bendiciones.
Mis padres	Basilio Mayén Muralles y Meda Mayén, por darme su apoyo incondicional para alcanzar esta meta.
Mis hermanas	Verónica, Alba y Noemí, con mucho amor.
Mis hijas	Fátima Nayeli y Elisabet Adriana, por ser el motivo de mi vida para seguir adelante.
Mi sobrina	Daniela, con cariño

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la luz que ha iluminado toda mi vida.
Mis padres	Por sus sacrificios y esfuerzos para obtener este triunfo.
Mi hermana	Vero por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera.
Mi amada	Por su motivación para culminar con esta meta.
Mis amigos	Por todos los momentos compartidos.
Inga. Mejicanos	Por su apoyo en la investigación de este trabajo.
USAC	Facultad de ingeniería, casa de estudios que me permitió obtener los conocimientos para alcanzar mi meta profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. AGREGADOS	1
1.1. Definición	1
1.2. Agregado grueso	1
1.2.1. Granulometría	3
1.3. Agregados fino	3
1.3.1. Granulometría	4
1.4. Análisis de las propiedades mecánicas de los agregado	5
1.4.1. Resistencia	6
1.4.2. Tenacidad	7
1.4.3. Adherencia	7
1.4.4. Aparatos	8
1.4.5. Muestra para ensayo	9
1.4.6. Procedimiento	9
1.5. Análisis y uso petrográfico de agregados	10
1.5.1. Utilización de los análisis petrográficos	10
1.5.2. Toma de muestra	11
1.5.3. Selección de la muestra para el examen	12
1.5.4. Examen de grava natural	13

1.5.5.	Examen de arena natural.....	13
1.5.6.	Examen del núcleo de perforación.....	14
1.5.7.	Examen de la roca expuesta.....	14
1.5.8.	Examen de roca triturada.....	15
1.5.9.	Examen de la arena manufacturada	15
1.5.10.	Procedimiento para cálculos	15
1.5.11.	Informe	16
1.6.	Métodos y uso químicos para agregados	17
1.6.1.	Selección y preparación de la muestra	17
1.6.2.	Procedimiento.....	18
2.	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS	21
2.1.	Localización	21
2.2.	Ubicación	21
2.3.	Descripción geológica de los bancos	23
3.	ENSAYOS DE LABORATORIO	25
3.1.	Tabulación y análisis de resultados.....	25
3.1.1.	Agregado fino	25
3.1.1.1.	Resultado de la elaboración de cilindros y curado	26
3.1.1.2.	Resultados de la densidad específica y absorción	29
3.1.1.3.	Resultado del porcentaje de humedad evaporable de un agregado húmedo por uno seco.....	30
3.1.1.4.	Resultados de las granulometrías.....	30
3.1.1.5.	Resultado de tamiz 200	35
3.1.2.	Agregado grueso.....	36

3.1.2.1.	Resultado de la densidad específica y absorción	36
3.1.2.2.	Resultado del porcentaje de humedad evaporable de un agregado húmedo por uno seco.....	36
3.1.2.3.	Resultados de las granulometrías de los agregados	37
3.1.2.4.	Resultados de tamiz 200	40
3.1.3.	Muestreo de concreto fresco	40
3.1.3.1.	Resultados de toma y medición de temperatura	41
3.1.3.2.	Resultados de asentamiento	41
3.1.3.3.	Resultados de peso unitario.	42
3.1.3.4.	Resultados de resistencia 3, 7 y 28 días.....	43
3.1.4.	Resultados de la norma ASTM C-295-08	44
3.1.4.1.	Resultados de análisis petrográfico agregado fino.....	45
3.1.4.2.	Resultados de análisis petrográfico agregado grueso.	51
3.1.5.	Resultados de la norma ASTM C-131-06	53
3.1.6.	Resultados de ensayos máquina de Los Ángeles agregado grueso de los bancos Las Cañas, El Fiscal y Sinaca	54
3.1.7.	Resultados de la norma ASTM C-289-07	54
4.	PRINCIPALES NORMAS RELACIONADAS Y SU FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN	61

4.1.	Método de la barra de mortero para determinar la reactividad potencial de los álcalis en combinaciones cemento-agregados, ASTM C-227	61
4.2.	Reactividad potencial de los álcalis en rocas carbonáticas ASTM C-586.....	61
4.3.	Cambio potencial de volumen en combinaciones de cemento-agregados, ASTM C-342	62
5.	ELABORACIÓN DE CONCRETO PARA DETERMINAR RESISTENCIAS	63
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA	69
	ANEXOS	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	División entre agregados inocuos y dañinos	19
2.	Mapa de ubicación del banco analizado en el municipio de Sanarate....	22
3.	Mapa de ubicación de los bancos analizados en el municipio de Palencia.....	23
4.	Curva granulométrica de agregado fino banco las Cañas	31
5.	Curva granulométrica de agregado fino banco El Fiscal	32
6.	Curva granulométrica de agregado fino banco Sinaca.....	34
7.	Curva granulométrica de agregado grueso banco Las Cañas.....	37
8.	Curva granulométrica de agregado grueso banco El Fiscal	38
9.	Curva granulométrica de agregado grueso banco Sinaca.....	39
10.	Realización de peso unitario	42
11.	Resistencias banco El Fiscal	43
12.	Resistencias banco Las Cañas	43
13.	Resistencias banco Sinaca	44
14.	Gráfica de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Sinaca.....	46
15.	Gráfica de promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Sinaca	47
16.	Gráfica de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco El Fiscal.....	48
17.	Gráfica de promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco El Fiscal.....	49
18.	Gráfica de análisis petrográfico por tamiz de agregado	

fino banco Las Cañas	50
19. Gráfica de promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Las Cañas	51
20. Resultados norma ASTM C-289-07	55
21. Reactividad potencial álcali-sílice para agregado grueso banco El Fiscal y agregado fino banco Las Cañas	56
22. Gráfica de resultado de reactividad potencial álcali-sílice para agregado fino banco El Fiscal y agregado grueso banco Las Cañas	57
23. Gráfica de resultado de reactividad potencial álcali-sílice, para agregado fino y grueso banco Sinaca	59
24. Resultado de reactividad potencial álcali-sílice para agregado fino y grueso banco Sinaca	60

TABLAS

I. Límites de granulometría para el agregado fino, según norma ASTM C-33-08	4
II. Clasificación de la arena por módulo de finura	5
III. Tipo de abrasión según granulometría utilizando 5 000 gramos de muestra	9
IV. Cantidades de material de muestro para el análisis petrográfico	12
V. Densidad específica y absorción	29
VI. Porcentaje de humedad	30
VII. Granulometría de agregado fino banco Las Cañas	30
VIII. Características físicas del agregado fino banco Las Cañas	31
IX. Granulometría de agregado fino banco El Fiscal	32
X. Características físicas del agregado fino banco El Fiscal	33
XI. Granulometría de agregado fino banco Sinaca	34
XII. Características físicas de agregado fino banco Sinaca	35

XIII.	Resultados de tamiz 200	35
XIV.	Resultados de la densidad específica y absorción	36
XV.	Porcentaje de humedad	36
XVI.	Granulometría de agregado grueso banco Las Cañas	37
XVII.	Granulometría de agregado grueso banco El Fiscal	38
XVIII.	Granulometría de agregado grueso banco Sinaca.....	39
XIX.	Resultados de tamiz 200	40
XX.	Toma y medición de temperatura	41
XXI.	Medición de asentamientos de los tres diseños de mezclas.....	41
XXII.	Pesos unitarios de los tres diseños de mezclas.....	42
XXIII.	Resultado de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Sinaca	45
XXIV.	Promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Sinaca	46
XXV.	Resultado de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco El Fiscal.....	47
XXVI.	Promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco El Fiscal.....	48
XXVII.	Resultado de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Las Cañas	49
XXVIII.	Promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Las Cañas	50
XXIX.	Resultado de análisis petrográfico agregado grueso banco Sinaca.....	52
XXX.	Resultado de análisis petrográfico agregado grueso banco Las Cañas.....	52
XXXI.	Resultado de análisis petrográfico agregado grueso banco El Fiscal	53
XXXII.	Resultado de abrasión	54

XXXIII. Resultado de reactividad potencial álcali-sílice para
agregado fino banco El Fiscal y agregado grueso Las Cañas 58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm³	Centímetro cúbico
°C	Grados centígrados
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
μm	Micrómetro
mm	Milímetro
%	Porcentaje
”	Pulgada
f'c	Resistencia a la compresión del concreto

GLOSARIO

ACI	Siglas en idioma inglés del Instituto Americano del Concreto (<i>American Concrete Institute</i>).
Álcalis	Hidróxidos que se forman cuando los elementos alcalinos entran en contacto con el agua. En el cemento pórtland estos elementos alcalinos son el sodio y el potasio.
Andesita	Roca volcánica constituida por los componetes, feldespato, plagioclasa y por minerales máficos. Es característica de los volcanes que surgen en los bordes de los continentes.
Apilamiento	Es la forma de almacenar los materiales en un lugar determinado, para su constante movimiento.
ASTM	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los Materiales (<i>American Society for Testing and Materials</i>).
Cuarzo	Mineral formado por sílice, de brillo vítreo, incoloro cuando es puro y debe variar de color según las sustancias con que está mezclado, y es tan duro que raya el acero. Es el mineral más abundante y frecuente de la corteza terrestre.

Deletéreo	Que es dañino y perjudicial.
Esquisto	Tipo de roca sedimentaria blanda, que se forma por la separación de capas sucesivas de partículas finas, barro, arcilla o limo que son transportadas por el agua.
Gradación	Es una serie de cosas ordenadas gradualmente por tamices.
Inocuo	Que no es nocivo, que no hace daño.
Mortero	Es una mezcla de agua, arena y un aglomerante como el cemento pórtland. A demás se puede usar aditivos.
Petrografía	Parte de la petrología que trata el estudio de la composición, estructura y clasificación de las rocas.
Pómez	Vidrio volcánico muy poroso y ligero debido a la liberación de los gases que contenía la lava de la cual procede.

Porosidad	Es el volumen de huecos de la roca, y define la posibilidad de ésta de almacenar más o menos cantidad de fluido. Se expresa por el porcentaje de volumen de poros respecto al volumen total de la roca (porosidad total o bruta). Además de esta porosidad total, se define como porosidad útil la correspondiente a huecos interconectados, es decir, el volumen de huecos susceptibles de ser ocupados por fluidos.
Sanidad	Resistencia de los agregados a la meteorización física y química.
Segregación	Es la separación de los materiales constitutivos del concreto, donde no se logra una homogeneidad de la mezcla.
Tenacidad	Es la resistencia de las rocas a fracturarse bajo el impacto.
Vaciado	Es el proceso de transferir el concreto fresco, del dispositivo de conducción al sitio final de colocación en las formaletas.
Vidrio volcánico	Los vidrios son soluciones excesivamente viscosas y grandemente sobre enfriadas donde las moléculas o los grupos atómicos están desordenados, y no en un orden definido tal como en los cristales.

RESUMEN

El concreto es el segundo elemento mayor estudiado en el mundo, por las constantes necesidades que se manifiestan en el campo de la construcción, debido a sus propiedades y componentes. En ciudad de Guatemala la demanda de materiales para la fabricación de concreto, ha crecido rápidamente especialmente la de los agregados para su elaboración, siendo que estos constituyen entre un 60 y 80 por ciento en su estado endurecido, la calidad de los agregados es fundamental para obtener las propiedades y características requeridas, de acuerdo al uso que se le desee dar, así mismo la ubicación de los agregados una de las mayores necesidades para los constructores.

La calidad del concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua utilizada en relación con la cantidad de cemento, entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto. Después de un proporcionamiento adecuado, así como dosificación, mezclado, colocación, consolidación, acabado y curado, el concreto endurecido se transforma en un material de construcción, no combustible, durable, resistente al desgaste y prácticamente impermeable que requiere poco o nulo mantenimiento.

El concreto es un excelente material de construcción porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturas para ser usado en un número ilimitado de aplicaciones.

Considerando lo anterior los agregados para concreto deben ser de buena calidad su influencia en la resistencia, estabilidad dimensional y durabilidad del concreto endurecido. Para lograr lo anterior, es necesario el

conocimiento de algunos conceptos y definiciones fundamentales, para la localización exacta de los bancos donde se van a extraer estos materiales, así como el efectuar los ensayos respectivos para obtener la información precisa sobre los aspectos físicos, mecánicos y químicos de los materiales.

OBJETIVOS

General

Determinar las propiedades físicas, químicas, mecánicas y mineralógicas de los agregados, para su utilización en la industria de la construcción, de dos bancos de materiales del municipio Palencia y uno del municipio de Sanarate.

Específicos

1. Determinar las propiedades y características de los agregados analizados, por medio de los ensayos según requerimientos de las normas ASTM.
2. Observar el comportamiento químico de los agregados por medio de los ensayos de expansión potencial de los álcalis en las combinaciones de cemento-agregados y rocas carbonáticas.
3. Determinar la calidad de los agregados para los diferentes usos como materia prima en la industria de la construcción.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades físicas y químicas que poseen los materiales que se utilizan para la fabricación del concreto deben ser estudiados y analizados profundamente para su mayor conocimiento y determinar de esta forma si son de buena calidad, lo cual vendrá en beneficio de la calidad de los concretos que de ellos se obtengan y como consecuencia la construcción de obras civiles estarán garantizadas con condiciones óptimas de soporte y durabilidad, ya que se están utilizando materiales de buena calidad y apropiados.

En la elaboración de concreto de masa normal, usado en la mayoría de construcciones, los agregados naturales y depósitos de grava. La fuente de materiales debe estar localizada a una distancia razonable del sitio de trabajo y para su selección hay que tener presente que en sus propiedades difieren considerablemente de una a otra. Cada una puede variar en la mineralogía de componentes o las condiciones físicas de tamaño, forma y textura. Todos estos factores tienen un efecto en el comportamiento del concreto.

Los materiales de construcción que se van a utilizar en una obra, pueden preseleccionarse, mediante el conocimiento de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas con las normas ASTM C-33 y ASTM C-131, análisis petrográfico con la norma ASTM C-295, eventualmente para una mejor determinación de dichas propiedades, se utiliza la norma ASTM C-289.

1. AGREGADOS

1.1. Definición

Son cualquier sustancia sólida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento de tal forma, que en combinación con esta proporcionan resistencia mecánica, al mortero o concreto en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como los que se produce por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras.

La calidad de los agregados esta determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie. Se han clasificado en agregado grueso y agregado fino, fijando un valor en tamaño de 4,76 a 0,075 milímetros para el agregado fino o arena y de 4,76 milímetros en adelante para el agregado grueso. La selección del tamaño de agregado grueso depende de las necesidades en el medio de la construcción para su utilización.

1.2. Agregado grueso

Es aquel que queda retenido en el tamiz No. 4 y proviene de la desintegración de las rocas, puede a su vez clasificarse en piedra grava, numerosos estudios han demostrado que para una resistencia a la compresión alta con un elevado contenido de cemento y baja relación agua-cemento el tamaño máximo de agregado debe mantenerse en el mínimo posible (12,7 a 9,5). En principio el incremento en la resistencia a medida que disminuye el tamaño máximo del agregado se debe a una reducción en los esfuerzos de adherencia debido al aumento de la superficie específica de las partículas.

Se ha encontrado que la adherencia a una partícula de 76 milímetros es apenas un 10 por ciento de la correspondiente a una de 12,5 milímetros y que excepto para agregados extremadamente buenos o malos, la adherencia es aproximadamente entre el 50 a 60 por ciento de la resistencia de la pasta a los 7 días.

Las fuerzas de vínculo dependen de la forma y textura superficial del agregado grueso, de la reacción química entre los componentes de la pasta de cemento y los agregados. Otro aspecto que tiene que ver con el tamaño máximo del agregado es el hecho de que existe una mayor probabilidad de encontrar fisuras o fallas en una partícula de mayor tamaño provocadas por los procesos de explotación de las canteras dinamitando y debido a la reducción de tamaño trituración, lo cual lo convertirá en un material indeseable para su utilización en concreto.

También se considera que la alta resistencia producida por agregados de menor tamaño se debe a una baja en la concentración de esfuerzos alrededor de las partículas, la cual es causada por la diferencia de los módulos elásticos de la pasta y el agregado. Se ha demostrado que la grava triturada produce resistencias mayores que la redondeada.

Esto se debe a la trabazón mecánica que se desarrolla en las partículas angulosas. Sin embargo se debe evitar una angulosidad excesiva debido al aumento en el requerimiento de agua y disminución de la trabajabilidad a que esto con lleva. El agregado ideal debe ser limpio, cúbico, anguloso, triturado 100 por ciento, con un mínimo de partículas planas y largas.

1.2.1. Granulometría

Los agregados gruesos deben conformar los requerimientos descritos en la norma, para el número de tamiz especificado. El tamaño del agregado se encuentra en función de las necesidades específicas para el diseño del concreto.

Para llevar un control de calidad, el productor debe desarrollar una medida de granulometría de una fuente en particular, así también los medios de producción controlar que en promedio la granulometría se encuentre dentro de los límites de tolerancia razonables, los agregados gruesos deben acomodarse o apilarse como mínimo en dos tamaños de forma separada.

El análisis granulométrico consiste en separar y conocer los porcentajes de cada tamaño de grano, el agregado debe tener una graduación dada de acuerdo con su tamaño máximo y dentro de los límites fijados por la norma ASTM C-33.

1.3. Agregado fino

Un agregado fino con partículas de forma redondeada y textura suave ha demostrado que requiere menos agua de mezclado se acepta habitualmente, que el agregado fino causa un efecto mayor en las proporciones de la mezcla que el agregado grueso. Los primeros tienen una mayor superficie específica y como la pasta tiene que recubrir todas las superficies de los agregados, el requerimiento de pasta en la mezcla se verá afectado por la proporción en que se incluyan éstos.

La experiencia indica que las arenas con un módulo de finura inferior a 2,5 dan concretos consistencia pegajosa, haciéndolo difícil de compactar. Arenas

con un módulo de finura de 3 han dado los mejores resultados en cuanto a trabajabilidad y resistencia a la compresión. Se determina como el material fino el que pasa por el tamiz 4,75 milímetros (malla No. 4) hasta el tamiz No. 100 y se clasifica en arena natural, de canto rodado o de río, manufacturada o combinación de ambas.

1.3.1. Granulometría

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites que se establecen en la siguiente tabla, según norma ASTM C-33.

Tabla I. **Límites de granulometría para el agregado fino, según norma ASTM C-33-08**

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
3/8" (9,5 mm)	100 %
No. 4 (4,75 mm)	95 a 100%
No. 8 (2,36 mm)	80 a 100%
No. 16 (1,18 mm)	50 a 85%
No. 30 (600 µm)	25 a 60%
No. 50 (300 µm)	10 a 30%
No. 100 (150 µm)	2 a 10%

Fuente: normas de la Asociación Americana de ensayo de materiales.

El agregado fino no deberá tener más de 45 por ciento retenido entre 2 tamices consecutivos.

Tabla II. **Clasificación de la arena por su módulo de finura**

TIPO DE ARENA	MÓDULO DE FINURA
Gruesa	2,90 – 3,20 gramos
Media	2,20 – 2,90 gramos
Fina	1,50 – 2,2 gramos
Muy fina	1,5 gramos

Fuente: normas de la Asociación Americana de ensayo de materiales.

El módulo de finura deberá estar entre los rangos 2,3 y 3,1 si el agregado no cumple con estos requisitos, más de 0,20 del valor asumido al seleccionar las proporciones para concreto, deberá ser rechazado a menos que se verifiquen ajustes adecuados con el objeto de compensar la diferencia de graduación. La importancia de esto, se debe al llenado de vacíos en el concreto.

1.4. Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados

Una de las propiedades mecánicas de los agregados que depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia es la dureza. En la elaboración de concretos sometidos a elevadas tasas de desgaste por roce o abrasión, como aplicaciones en pavimentos o revestimientos de canales, la dureza del agregado grueso es una propiedad decisiva para la selección de los materiales. La dureza generalmente se determina indirectamente, por medio de un ensayo denominado desgaste en la máquina de Los Ángeles.

El ensayo de Los Ángeles es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultante de una combinación de

acciones, incluyendo abrasión o atracción, impacto, y pulimiento en un tambor de acero giratorio que contiene un número específico de esferas de acero, dependiendo este número de la gradación de la muestra de ensayo. A medida que gira el tambor, una placa recoge la muestra y las esferas de acero, transportándolas alrededor hasta que caen al lado opuesto del tambor, creando un efecto de impacto-trituración.

El contenido gira dentro del tambor con una acción de abrasión y pulimento hasta que la placa hace impacto y se repite el ciclo, después del número prescrito de revoluciones, se remueven los contenidos del tambor y la porción de agregado se tamiza para medir la degradación como pérdida porcentual. El ensayo en la máquina de Los Ángeles ha sido usado ampliamente como un indicador de la calidad relativa de varias fuentes de agregados que tengan composiciones minerales similares.

Los resultados no permiten hacer comparaciones válidas entre fuentes diferentes en origen, composición o estructura. Los límites de especificaciones basados en este ensayo se deben asignar con cuidado en consideración de los tipos de agregados disponibles y su historia de desempeño en usos para fines específicos.

1.4.1. Resistencia

El agregado grueso, en mayor medida que el fino, va a resultar relacionado con el comportamiento de las resistencias del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. En tal sentido, una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso (las otras son por la pasta y por la interfase de contacto entre pasta y

agregado), de esta manera la resistencia de los agregados cobra importancia y se debe buscar que este nunca falle antes que la pasta de cemento endurezca.

La falla a través del agregado grueso se produce bien sea porque tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas o porque previamente se le han inducido fallas a sus partículas durante el proceso de explotación (especialmente cuando éste se hace por voladura) o por un adecuado proceso de trituración.

Adicionalmente, cuando se aumenta la adherencia por la forma o textura superficial del agregado al buscar una alta resistencia en el concreto, también aumenta el riesgo de que las partículas del agregado fallen antes de la pasta de cemento endurecida. Por tal motivo se han desarrollado ensayos de resistencia a la trituración sobre muestras de roca y valores de trituración de los agregados a granel, los cuales dan una idea acerca del comportamiento de los agregados en el concreto.

1.4.2. Tenacidad

La tenacidad o resistencia a la falla por impacto es una propiedad que depende de la roca de origen y se debe tener en cuenta ya que tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles ante las cargas de impacto, se puede alterar su granulometría y también disminuir la calidad del concreto que con ellos se elabore.

1.4.3. Adherencia

Se conoce con el nombre de adherencia la interacción que existe en la zona de contacto agregado-pasta, la cual es producida por fuerzas de origen

físico-químico. Entre mas adherencia se logre entre la pasta de cemento endurecida y los agregados, mayor será la resistencia del concreto.

La adherencia depende de la calidad de la pasta de cemento y, en gran medida, del tamaño forma, rigidez y textura de las partículas del agregado, especialmente cuando se trata de resistencia a flexión. Hoy en día, no se conoce ningún método que permita medir la buena o mala adherencia de los agregados pero es claro que aumenta con la rugosidad superficial de las partículas.

1.4.4. Aparatos

Se usa la máquina de ensayo de desgaste de Los Ángeles que satisfaga las características descritas por la norma ASTM C-131. La máquina consistirá en un cilindro cerrado en ambos extremos, con un diámetro interno de 28 pulgadas y el largo interior de 10 pulgadas.

El cilindro será montado en ejes, acoplados a los extremos del cilindro pero sin atravesarlo, y será montado en ejes, acoplados a los extremos del cilindro pero sin atravesarlo, y será montado de manera que pueda girar estando su eje en posición horizontal.

El cilindro será provisto de una abertura para poder introducir la muestra de ensayo. La abertura debe cerrarse para evitar que salga el polvo, lo que se logra con una tapadera hermética. A lo largo de una línea de la superficie interior del cilindro se colocará una placa de acero removible, proyectada radialmente hacia el centro del cilindro 3 ½ pulgadas y extendida a todo lo largo del mismo. Las cargas abrasivas consistirán en esferas de acero de un diá-

metro aproximado de 46,8 milímetros y cada una con un peso entre 390 a 445 gramos.

1.4.5. Muestra para ensayo

La muestra de ensayo consistirá en agregado que ha sido secado al horno a temperatura de 105 a 110 grados centígrados, hasta obtener peso constante. La graduación utilizada será aquella que cumpla con el porcentaje retenido en la muestra cuarteada y homogenizada.

1.4.6. Procedimiento

Se encuentra la granulometría con una cantidad representativa para obtener los porcentajes y cantidades retenidas, así se identifica el tipo de abrasión. De acuerdo a la cantidad de material, por graduación se clasifica el tipo de desgaste, según la siguiente tabla:

Tabla III. **Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5 000 gramos de muestra**

TIPO	TAMICES	PESO RETENIDO (gr.)	No. DE ESFERAS	REVOLUCIONES	TIEMPO (min.)
A	1", ¾", ½" y 3/8"	1 250 ± 10	12	500	17
B	½" y 3/8"	2 500 ± 10	11	500	17
C	¼" Y No. 4	2 500 ± 10	8	500	17
D	No. 8	5 000 ± 10	6	500	17

Fuente: normas de la Asociación Americana de ensayo de materiales.

La diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de ensayo, se expresará en forma de porcentaje del peso inicial de la muestra de ensayo, este valor será expresado como porcentaje de desgaste.

1.5. Análisis y uso petrográfico de agregados

La calidad de los agregados se puede evaluar mediante comparación con otros ya conocidos, cuando se realizan exámenes visuales y análisis litológicos, las técnicas para ejecutar el análisis petrográfico se encuentran descritas en la norma ASTM C-295. Por otra parte, el carácter mineralógico de los agregados está dado por las características mineralógicas de la roca madre de donde provengan y pueden ayudar a conocer mejor la calidad del material en una situación determinada.

En este caso la norma ASTM C-294 describe los minerales más comunes de los agregados y los tres tipos de rocas. Con este examen determinamos la presencia de minerales y sustancias que provocan reacciones con la pasta de cemento portland a corto, mediano y largo plazo.

1.5.1. Utilización de los análisis petrográficos

Los exámenes tienen como objetivo determinar las características físicas y químicas del material que será observado para establecer el comportamiento de éste según el uso al que será destinado. Escribir y clasificar los componentes que tiene la muestra, comparar muestras de agregados de uno o más bancos con muestras de bancos nuevos, estos datos deben estar disponibles en archivos.

1.5.2. Toma de muestra

Para adquirir la muestra debe realizarse bajo la supervisión de un geólogo, habituado con los requisitos necesarios para la toma de muestras de agregados para concreto, se debe considerar la localización exacta, la geología y otros datos significativos del lugar donde se sustrajo la muestra. Cuando tenemos bancos ya establecidos con material, la muestra representativa debe tomarse no menos de 45 kilogramos o 300 piezas de cualquier tamaño del material a examinar.

Para afloramientos de canteras no productoras, donde los apilamientos regulares del material no son disponibles, las muestras no deben ser menores de 2 kilogramos de cada estrato con piezas que no pesen menos de 0,5 kilogramos.

Los depósitos de arenas y agregados no desarrollados, deberán ser muestreados por medio de pruebas en trincheras excavadas a mano, para anticipar la futura producción económica. Las muestras consistirán en no menos de las cantidades de material indicadas por norma, seleccionando, tanto como sea posible, la representatividad de los depósitos.

Tabla IV. **Cantidades de material de muestreo para el análisis petrográfico**

ABERTURA DE TAMIZ	CANTIDAD		
	KG	LB	PIEZAS
Mayores de 150 mm (6")	--	--	--
75 a 150 mm (3" a 6")	--	--	*
37,5 a 75 mm (1 ½ a 3")	180	400	--
19 a 37,5 (¾" a 1 ½")	90	200	--
4,75 a 19 mm (No. 4 a ¾)	45	100	--
Menores de 4,75 mm (No.4)**	23	50	--

Fuente: normas de la Asociación Americana de ensayo de materiales.

* No menos de una pieza de cada tipo aparente de roca.

** Agregado fino.

1.5.3. Selección de las muestras para el examen

Luego de obtener las muestras se tamizan en condición seca para obtener muestras de cada tamaño de tamiz. En el caso de las arenas se utiliza una cantidad adicional que se prueba según la norma ASTM C-117 lavado de agua para que sea tamizado y removido por secado, para proporcionar un muestreo del material que pasa la malla No. 200. Los resultados del análisis de tamices de cada muestra se deben adjuntar al examen petrográfico.

Cada fracción tamizada será examinada por separado, indicando el tamaño mayor para facilitar su identificación; puede necesitarse el uso del microscopio para facilitar la identificación de pequeñas partículas, o el uso del microscopio petrográfico.

La reducción de partículas de cada fracción tamizada se realiza por medio de cuarteos hasta obtener un mínimo de 150 partículas; el número de partículas depende del grado de precisión que se requiera, el cual se contará al iniciarse el examen, luego de identificarse las partículas, se deben contar nuevamente.

1.5.4. Examen de grava natural

El recubrimiento, cantos rodados, se examinan para establecer si existen recubrimientos exteriores, de ser así se determina si son dañinos para el concreto. Las características físicas más importantes que deben describirse son las siguientes.

- Forma de las partículas
- Superficie de la partícula, textura
- Tamaño del grano
- Estructura interna, porosidad, cementación de los granos
- Color
- Composición mineralógica
- Heterogeneidad significativa
- Condición física general del tipo de rocas de la muestra
- Revestimiento o incrustaciones
- Presencia de componentes reactivos dañinos en el concreto

1.5.5. Examen de arena natural

Este examen es similar al examen de grava, la diferencia está en el tamaño de las partículas. Se sugiere que la muestra se extienda en un piso, plato de vidrio con fondo. La identificación es a menudo fácil cuando se sumergen en agua. El análisis de la reducción de las partículas sumergidas

muestran rasgos de un diagnóstico que no se proporciona cuando el grano está seco.

El petrógrafo determina la presencia de partículas planas de vidrio, granos típicos, examinándolos en el proceso de inmersión, con la utilización de un microscopio.

1.5.6. Examen del núcleo de perforación

Cada núcleo es examinado obteniendo su respectivo registro, la longitud del núcleo recuperado, las pérdidas, espaciamiento de fracturas y diaclasas, tipos litológicos, alteraciones, condiciones rígidas, variantes en la condición, tenacidad, dureza, coherencia, porosidad, tamaño, variaciones de los tipos de rotura y presencia de los elementos capaces de reaccionar en deterioro de concreto.

Si el tamaño de la muestra lo permite, se considera la posibilidad que la roca se encuentre en los límites con respecto al tamaño máximo requerido.

1.5.7. Examen de la roca expuesta

El procedimiento en este tipo de roca debe ser el estudio de la roca individual. La muestra consiste en una cantidad relativamente grande de la roca fracturada, se debe examinar la muestra completa, ya que de esta forma se determina la variedad relativa de las partículas presentes en la muestra.

1.5.8. Examen de la roca triturada

Debe ser similar al examen de las arenas naturales, con énfasis en la cantidad del grado de fractura, la naturaleza y cantidad del polvo de rocas desarrolladas por el proceso de la trituración, el examen refleja información que es de valiosa utilidad.

1.5.9. Examen de la arena manufacturada

El procedimiento debe ser igual al de la arena natural, con énfasis sobre la cantidad y extensión de fracturación y la cantidad y naturaleza del polvo de roca desarrollado por la operación de trituración si una muestra de roca de la cual la arena fue producida está disponible, el examen de ésta proveerá información.

1.5.10. Procedimiento para cálculos

Se calcula la composición de cada fracción retenida en los tamices de una muestra heterogénea y la composición en promedio ponderado de toda la muestra como sigue se expresa la composición de cada fracción retenida en los tamices, por la suma del número total de partículas de la fracción contada y calculando cada componente en cada condición como un porcentaje de la cantidad total (como número de partículas en porcentaje, en cada fracción de tamiz).

El porcentaje de peso de la fracción retenida en cada tamiz de la muestra completa (porcentajes individuales retenidos sobre tamices consecutivos) se tamizada, determinada y descrita anteriormente, por los porcentajes de la fracción tamizada de la muestra completa, se calculan los porcentajes de la

muestra completa de ese componente, de ese tamaño y el porcentaje pesado de los componentes de la fracción tamizada.

Se construye una tabla para representar la composición de cada fracción tamizada y los pesos de la composición de la muestra completa reportar los valores aproximados a números enteros y las cantidades de componentes menores del 5 por ciento de la fracción tamizada o de la muestra como residuos. Como una convención, el total de cada fracción tamizada y el total de la muestra, será cada uno el 100 por ciento no incluyendo los residuos.

1.5.11. Informe

El reporte del examen petrográfico debe tener los datos necesarios para identificar la muestra. La fuente, propósito, uso, incluyendo una descripción de la naturaleza y los componentes de la muestra, acompañado por tablas y fotografías según sea necesario. Los resultados y conclusiones deben ser expresados en términos comprensibles para quienes deben tomar las decisiones de conveniencia del material para ser usado como agregado para concreto.

Se debe mencionar todos los elementos que no favorezcan al concreto y si la muestra fue tomada en condiciones desfavorables. El informe debe incluir las recomendaciones respectivas a cualquier examen petrográfico adicional, químico, investigaciones físicas, investigaciones geológicas que puedan ser determinantes para evaluar las propiedades de la muestra en estudio.

1.6. Métodos y uso químico para agregados

Este ensayo describe un método químico para determinar la reactividad potencial de un agregado con álcalis, en un concreto elaborado con cemento Portland, de acuerdo con la magnitud de la reacción que ocurre durante 24 horas a 80 centígrados, entre una solución de hidróxido de sodio y un agregado que ha sido triturado y cernido de forma que pase la malla No. 50 y quede retenido en la malla No.100.

Reacciones entre una solución de hidróxido de sodio y agregado silíceo han demostrado correlación con el desempeño del agregado en estructuras de concreto, por lo que debe ser usado, cuando nuevas fuentes de agregados están siendo evaluadas.

Los resultados de este método pueden ser obtenidos rápidamente, y aunque no son completamente fiables en todos los casos, proveen datos valiosos que pueden mostrar la necesidad para su uso, información adicional a través de los métodos establecidos en las normas ASTM C-227 y ASTM C-295 (método de la barra de mortero y análisis petrográfico, respectivamente).

1.6.1. Selección y preparación de la muestra

Este ensayo es aplicable tanto a agregados finos como gruesos; cuando los agregados finos y gruesos provengan del mismo banco, puede aplicarse para el agregado total. La muestra de ensayo debe ser preparada en una porción representativa del agregado, triturándolo hasta que pase el tamiz de 300 micrómetros (malla No. 50), de acuerdo al siguiente procedimiento: reducir el agregado grueso triturándolo hasta que pase por el tamiz de 4,75 milímetros (malla No. 4) tamizar el agregado grueso triturado al igual que la arena hasta

obtener partículas de 150 micrómetros descartar el material que pase por el tamiz de 150 micrómetros.

Reducir el material retenido en el tamiz de 300 micrómetros pasándolo repetidamente por el disco pulverizador, tamizando después de cada pulverizado. El material debe ser reducido de tamaño hasta que pase por el tamiz de 300 micrómetros debe evitarse tanto como sea posible la proporción de finos que pasan el tamiz No. 100 reservar la porción retenida en el tamiz de 150 micrómetros como muestra para el ensayo.

1.6.2. Procedimiento

Pesar tres porciones representativas de $25,00 \pm 0,05$ gramos de la muestra seca comprendida entre las mallas No. 50 y No. 100, colocar cada porción en uno de los tres recipientes y agregar por medio de una pipeta 25 centímetros cúbicos de solución de hidróxido de sodio, en un cuarto recipiente utilizando una pipeta, agregar 25 centímetros cúbicos de la misma solución hidróxido de sodio para usarla como solución blanca. Sellar los cuatro envases después de agitarlos suavemente para liberar el aire atrapado.

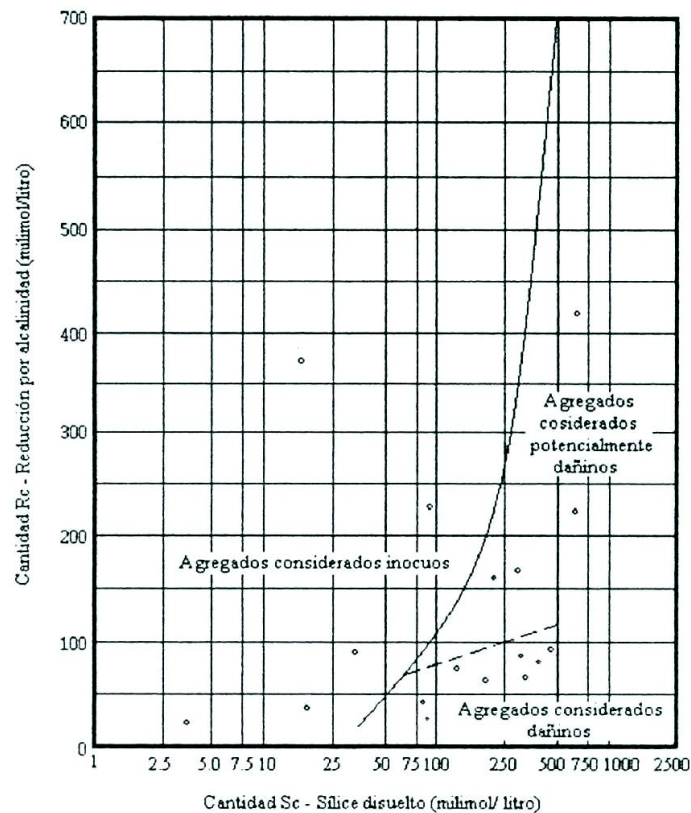
Inmediatamente después de haber sellado los envases, se colocan en un baño líquido o de aire mantenido a $80,0 \pm 1,0$ grados centígrados después de $24 \pm \frac{1}{4}$ de hora se sacan los envases del baño y se enfrían bajo una corriente de agua por 15 ± 2 minutos, hasta alcanzar menos de 30 grados centígrados, después de haberse enfriado los recipientes, se filtra la solución del residuo del agregado.

Seguidamente al completar la filtración, se agita el filtrado para asegurar homogeneidad y luego se toma una medida de 10 centímetros cúbicos del

filtrado y se diluye con agua hasta 200 centímetros cúbicos en un frasco volumétrico. Se conserva esta solución diluida para la determinación de la sílice disuelta y la reducción en alcalinidad, con las fórmulas y procedimientos dados por la norma.

Los resultados del ensayo podrían ser incorrectos para agregados que contienen carbonatos de calcio, magnesio o hierro ferroso, tal como calcita, dolomita, magnesita o siderita, o silicatos de magnesio tal como serpentina, para determinar la presencia de minerales de este tipo, se podrá realizar un examen petrográfico de los agregados.

Figura 1. **División entre agregados inocuos y dañinos**



Fuente: normas de la Asociación Americana de ensayo de materiales.

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS

2.1. Localización

Para la realización de este estudio se escogieron dos bancos del municipio de Palencia del departamento de Guatemala y uno del municipio de Sanarate departamento El Progreso. En el municipio de Palencia se extrae agregado fino (arena de río) y agregado de canto rodado, el cual es triturado del río Las Cañas, el otro banco tiene agregados fino y grueso de trituración, el tercer banco localizado en el municipio de Sanarate tiene agregado fino y grueso triturado.

Estos bancos se eligieron debido a su importancia en lo que se refiere a ubicación geográfica y volumen de extracción, además porque no se tiene conocimiento de la caracterización de estos bancos, en lo que respecta a ensayos de laboratorio. Por las condiciones geológicas de estos lugares permite su explotación tipo industrial para el comercio por la cercanía que existe hacia la capital. Se tomaron muestras de material producido en los tres bancos tanto de agregado fino como de agregado grueso.

2.2. Ubicación

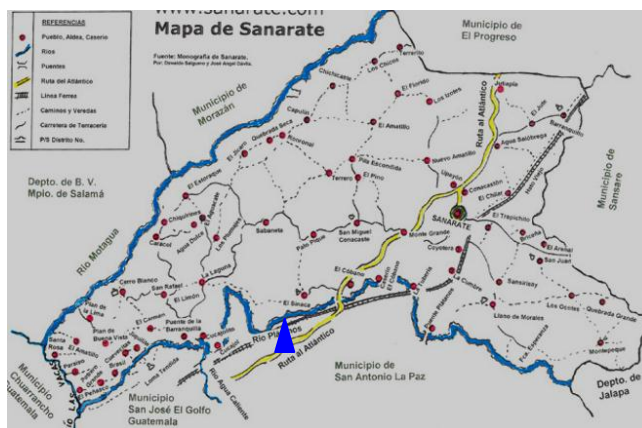
Sanarate es uno de los municipios más importantes del departamento de El Progreso, ocupa el segundo lugar en población y el tercero en extensión territorial (273 kilómetros cuadrados). Colinda al norte con Morazán municipio del departamento El Progreso y Salama municipio de Baja Verapaz; al este con Guastatoya y Sansare municipios del departamento El Progreso; al sur con

Jalapa y al oeste con San Antonio La Paz (El Progreso), San José del Golfo y Chuarrancho (Guatemala), este municipio se encuentra a 56 kilómetros de la ciudad capital y 20 kilómetros de la cabecera departamental. Se estima que la cabecera municipal se encuentra sobre el nivel del mar a 850 metros, el banco Sinaca se ubica en la aldea Sinaca en el kilómetro 49 sobre la ruta al atlántico.

Palencia se encuentra en el margen del río El Molino, 5 kilómetros. por la ruta departamental, colinda al norte con San José del Golfo, al este con San Antonio La Paz, Sanarate (Progreso) y Mataquescuintla (Jalapa), al sur con San José Pinula (Guatemala); al oeste con Guatemala y San Pedro Ayampuc (Guatemala) se encuentra a 1 400 metros sobre el nivel del mar.

El banco Las Cañas se encuentra en la aldea Las Hormigas ubicado en el kilómetro 4,5 carretera que conduce de la Ruta al Atlántico al municipio de Palencia el segundo banco se encuentra a 19 kilómetros de la capital sobre la carretera que conduce al municipio de San José del Golfo en la aldea El Fiscal.

Figura 2. **Mapa de ubicación del banco analizado en el municipio de Sanarate**



Fuentes: imágenes Digital Globe septiembre 2009.

poco profundos, de una fertilidad pobre, debido a la falta de lluvias y a la erosión.

Para ambos municipios tiene suelos que pueden clasificarse en tres grandes grupos; suelos desarrollados sobre material volcánico, suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios y metamórficos. En el aspecto geológico se han encontrado coladas de lava, así como pómez cubierta por arenas y limos, lo que indica la actividad volcánica que alguna vez ha existido en sus alrededores.

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1. Tabulación y análisis de resultados

En los siguientes incisos se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio y su análisis respectivos. El procedimiento de cada una de las normas aplicadas, fueron descritas en el capítulo anterior, tanto para agregados finos, como para agregados gruesos. Conforme a lo estipulado por la norma, se procedió a realizar los ensayos requeridos para determinar la calidad de las muestras de los bancos de agregados para concreto.

3.1.1. Agregado fino

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de las propiedades físicas de los agregados finos de los tres bancos para concreto. Debido a que se ensayaron tres muestras de agregado fino, cada una de ellas se distingue como banco de arena Las Cañas, banco de arena El Fiscal y banco de arena Sinaca, respectivamente; la localización de los bancos se encuentra descrita en el capítulo 2.

Los porcentajes de material que pasan en cada malla en la prueba granulométrica, se encuentran tabla VII y representados por la correspondiente curva en la figura 4. Como se puede apreciar en dicha curva, la gráfica del agregado fino extraído del banco de Las Cañas se encuentra dentro los límites ASTM C-33, podemos observar que este material es bastante grueso entre las mallas 16 y 50, la granulometría indica que se encuentra en el límite.

3.1.1.1. Resultados de la elaboración de cilindros y curado

El concreto es un material pétreo-artificial que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y agregados minerales. La pasta se compone de cemento y agua, que al endurecerse une a los agregados formando un conglomerado semejante a un roca debido a la reacción química entre estos componentes.

Para lograr las mejores propiedades mecánicas, el concreto debe contar con un esqueleto pétreo empacado lo más densamente posible, y con la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los huecos que éste deje, el esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interface entre éstos dos componentes.

Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.), pueden producir concretos de distintas resistencias.

Los componentes de una mezcla se dosifican de manera que el concreto resultante tenga una resistencia adecuada, una manejabilidad apropiada para su vaciado y un bajo costo. Este último factor obliga a la utilización de la mínima cantidad de cemento (el más costoso de los componentes) que asegure unas propiedades adecuadas. Mientras mejor sea la graduación de los agregados, es decir, mientras menor sea el volumen de vacíos, menor será la pasta de cemento necesaria para llenar estos vacíos.

El concreto mezclado debe ser plástico y manejable, dos cualidades que son sin duda importantes. El término plasticidad es usado para describir una consistencia del concreto que permite que éste sea fácilmente moldeado, pero con una deformación lenta. La plasticidad del concreto depende de la cantidad de arena y cemento que tiene la mezcla y no de la cantidad de agua. El término manejabilidad, define la facilidad con que la mezcla pueda ser colocada adecuadamente.

Adicionalmente al agua requerida para la hidratación, debe ser limpia para humedecer la superficie de los agregados. A medida que se adiciona agua, la plasticidad y fluidez de la mezcla aumentan, pero su resistencia disminuye debido al mayor volumen de vacíos creados por el agua libre. Para reducir el agua libre y mantener la manejabilidad, es necesario agregar cemento, de esta manera, desde el punto de vista de la pasta de cemento, la relación agua-cemento es el factor principal que controla la resistencia del concreto.

Para una relación agua-cemento dada se selecciona la mínima cantidad de cemento que asegura la manejabilidad deseada. La mezcla que debe usarse dependerá de la naturaleza del trabajo, de la forma y tamaño del agregado grueso y del agregado fino, siendo necesario ensayar varias mezclas hasta obtener una que tenga la consistencia, resistencia y otras propiedades requeridas con una cantidad mínima de pasta, sin afectar la relación agua-cemento.

La consistencia del concreto se mide con mayor frecuencia mediante el ensayo de asentamiento. La prueba se realiza con un molde metálico con la forma de un cono truncado de 12 pulgadas de altura, el cual se llena cuidadosamente con concreto fresco de una manera especificada, el cual se llena en tres capas iguales. Una vez lleno el molde, éste se levanta y el

asentamiento del concreto se mide como la diferencia de altura entre el molde y la pila de concreto.

El asentamiento es una buena medida de la cantidad total de agua en la mezcla y debe mantenerse tan bajo como sea compatible con la manejabilidad, la principal medida de la calidad estructural del concreto es su resistencia a la compresión. Los ensayos para medir esta propiedad se realizan sobre especímenes cilíndricos de altura igual a dos veces el diámetro, usualmente 6 pulgadas de diámetro por 12 pulgadas alto.

Los moldes impermeables de esta configuración se llenan con concreto durante la operación de colocación. Los cilindros se curan generalmente por 28 días y posteriormente se ensayan en el laboratorio a una tasa de carga especificada, la resistencia a la compresión obtenida de tales ensayo se conoce como resistencia del cilindro f'_c y es la principal propiedad especificada para propósitos de diseño.

Para asegurar una resistencia adecuada del concreto a pesar de la dispersión inevitable de las dosificaciones, el Código ACI estipula que la calidad de concreto es satisfactoria si cumple lo siguiente:

- Ningún resultado de un ensayo de resistencia individual, el promedio de la realización de un par de ensayos sobre cilindros está por debajo del valor de f'_c requerido en más de 3,5 mega pascales.
- El promedio de todos los conjuntos de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o mayor al valor requerido de f'_c .

Es necesario dosificar el concreto de manera que su resistencia media usada como base para la selección de proporciones satisfactorias, sobrepase la

resistencia requerida del $f'c$ en una cantidad suficiente para garantizar el cumplimiento de los dos requisitos mencionados.

Para efectos demostrativos del comportamiento del concreto elaborado con las muestras de los agregados pétreos que son objeto de este estudio, se elaboraron dos diseños teóricos de mezcla de concreto para dos distintas resistencias a la compresión. Para las dosificaciones fueron requeridas las características de los agregados fino y grueso, obtenidas del análisis de la norma ASTM C-33-08.

3.1.1.2. Resultado de la densidad específica y absorción

Tabla V. **Densidad específica y absorción**

ENSAYO	LAS CAÑAS	EL FISCAL	SINACA
Densidad	2,64	2,34	2,55
Absorción	1,17	1,01	1,36

Fuente: normas de la Asociación Americana de ensayo de materiales.

La absorción y la densidad específica son características propias de cada material, las cuales deben mantenerse constantes en los bancos de los mismos materiales.

3.1.1.3. Resultado del porcentaje de humedad evaporable, de un agregado húmedo por uno seco

Tabla VI. Porcentaje de humedad

ENSAYO	LAS CAÑAS	EL FISCAL	SINACA
Humedad	0,34	0,84	0,13

Fuente: normas de la Asociación Americana de ensayo de materiales.

La humedad de los agregados está compuesta por humedad de saturación y humedad superficial o libre. Para corregir el peso del material en las mezclas, se obtiene el porcentaje de humedad contenida, además del porcentaje de absorción del agregado.

3.1.1.4. Resultados de las granulometrías

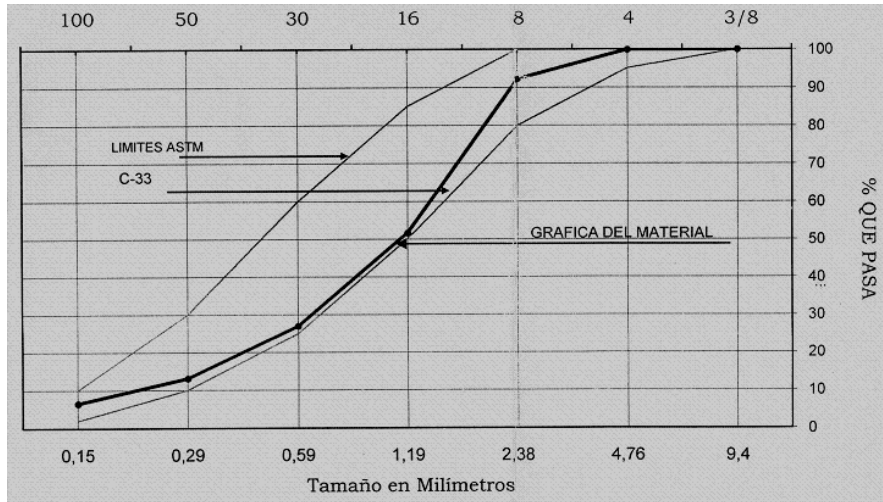
A continuación se presentan los resultados granulométricos de los agregados analizados.

Tabla VII. Granulometría de agregado fino banco Las Cañas

TAMIZ NO.	% QUE PASA
3/8 (9,5 mm)	100
4 (4,75 mm)	99,86
8 (2,36 mm)	92,19
16 (1,18 mm)	51,65
30 (600 μ m)	26,96
50 (300 μ m)	13,12
100 (150 μ m)	6,53

Fuente: normas de la Asociación Americana de ensayo de materiales.

Figura 4. **Curva granulométrica de agregado fino banco Las Cañas**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Para una mezcla de concreto debe utilizarse una arena con un módulo de finura entre 2,2 y 3,2 la gráfica se encuentra dentro los límites de la norma ASTM C-33, por lo anterior se concluye que el banco de arena Las Cañas, cumple con esta especificación.

Tabla VIII. **Características físicas del agregado fino banco Las Cañas**

Peso específico	2,64
Peso unitario (kg/m ³)	1 741,12
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 579,32
Porcentaje de vacíos	34,02
Porcentaje de absorción	1,17
Contenido de materia orgánica	1
% Retenido en tamiz 6,35	0
% Que pasa tamiz 200	7,06
Módulo de finura	3,10

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

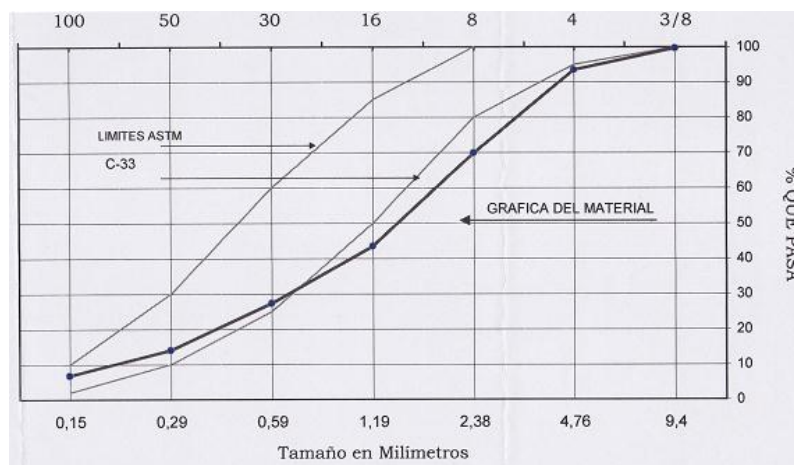
Según los límites que establece la especificación ASTM C-33 del análisis de los resultados que aparecen en la tabla anterior podemos decir que esta arena no es recomendada para pavimentos, pisos, losas columnas ya que contienen demasiado tamiz 200.

Tabla IX. **Granulometría de agregado fino banco El Fiscal**

TAMIZ No.	% QUE PASA
3/8 (9,5 mm)	99,64
4 (4,75 mm)	93,44
8 (2,36 mm)	69,84
16 (1,18 mm)	43,42
30 (600 μ m)	27,28
50 (300 μ m)	14,02
100 (150 μ m)	6,53

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 5. **Curva granulométrica de agregado fino banco El Fiscal**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Para una mezcla de concreto debe utilizarse una arena con un módulo de finura entre 2,2 y 3,2 por lo anterior se concluye que la arena del banco El Fiscal es una arena muy gruesa tiene un modulo de finura y gradación fuera del especificación.

Tabla X. **Características físicas del agregado fino banco El Fiscal**

Peso específico	2,34
Peso unitario (kg/m ³)	1 600,42
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 417,75
Porcentaje de vacíos	31,60
Porcentaje de absorción	1,01
Contenido de materia orgánica	1
% Retenido en tamiz 6,35	59,80
% Que pasa tamiz 200	4,40
Módulo de finura	3,45

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

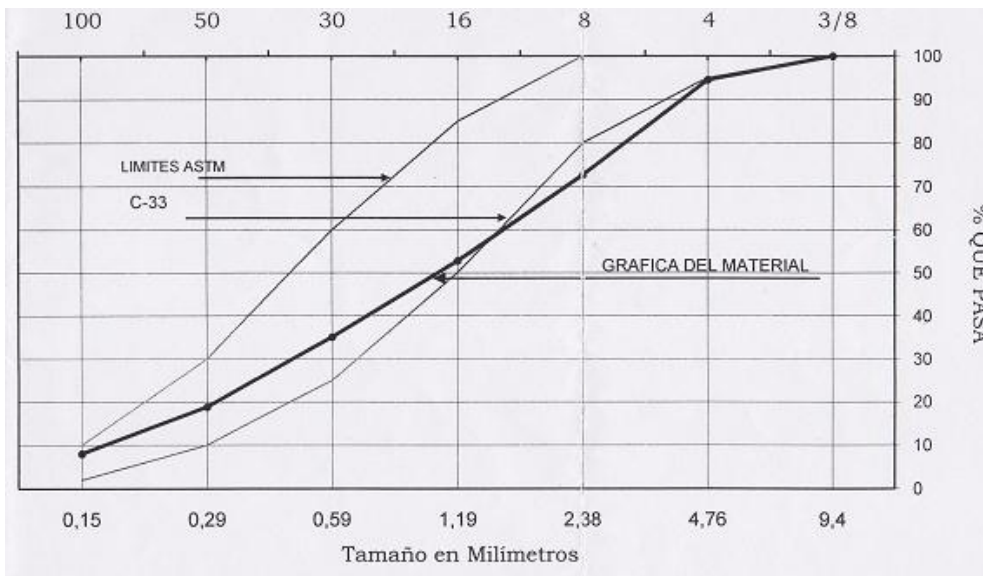
Según los límites que establece la especificación ASTM C-33-08 del análisis de los resultados que aparecen en la tabla anterior no cumple con las especificaciones por el modulo de finura y el peso específico es una arena muy gruesa.

Tabla XI. **Granulometría de agregado fino banco Sinaca**

Tamiz No.	% Que pasa
3/8 (9,5 mm)	100
4 (4,75 mm)	94,46
8 (2,36 mm)	72,64
16 (1,18 mm)	52,77
30 (600 μm)	35,08
50 (300μm)	18,83
100 (150μm)	8,04

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 6. **Curva granulométrica de agregado fino banco Sinaca**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Para una mezcla de concreto debe utilizarse una arena con un módulo de finura entre 2,2-3,2 por lo anterior se concluye que el banco de arena Sinaca es una arena muy gruesa un modulo de finura y gradación fuera del especificación.

Tabla XII. **Características físicas de agregado fino banco Sinaca**

Peso específico	2,55
Peso unitario (kg/m ³)	1 640,29
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 535,94
Porcentaje de vacíos	35,62
Porcentaje de absorción	1,36
Contenido de materia orgánica	1,00
% Retenido en tamiz 6,35	2,18
% Que pasa tamiz 200	5,46
Módulo de finura	3,18

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Según los límites que establece la especificación ASTM C-33 del análisis de los resultados que aparecen en la tabla anterior no cumple con las especificaciones por el modulo de finura y el peso específico.

3.1.1.5. Resultados de tamiz 200

Tabla XIII. **Resultados de Tamiz 200**

ENSAYO	LAS CAÑAS	EL FISCAL	SINACA
Tamiz 200	7,06	4,40	5,46

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Según las especificaciones de norma ASTM C-33 podemos decir que la arena de del banco las cañas no cumple, debe de estar hasta 5 por ciento por ser arena de río.

3.1.2. Agregado grueso

3.1.2.1. Resultados de la densidad específica y absorción

Tabla XIV. **Resultados de la densidad específica y absorción**

ENSAYO	LAS CAÑAS 1	EL FISCAL 1	SINACA 1
Densidad	2,57	2,57	2,71
Absorción	2,97	2,97	3,11

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

La absorción y la densidad específica son características propias de cada material, las cuales deben mantenerse constantes en los bancos de los mismos materiales.

3.1.2.2. Resultados del porcentaje de humedad evaporable de agregado húmedo por uno seco

Tabla XV. **Porcentaje de humedad**

ENSAYO	LAS CAÑAS 1	EL FISCAL 1	SINACA 1
Humedad	0,52	0,84	0,13

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

La humedad de los agregados es compoene por humedad de saturación y humedad superficial o libre. Para corregir el peso del material en las mezclas, se obtiene el porcentaje de humedad contenida, además del porcentaje de absorción del agregado.

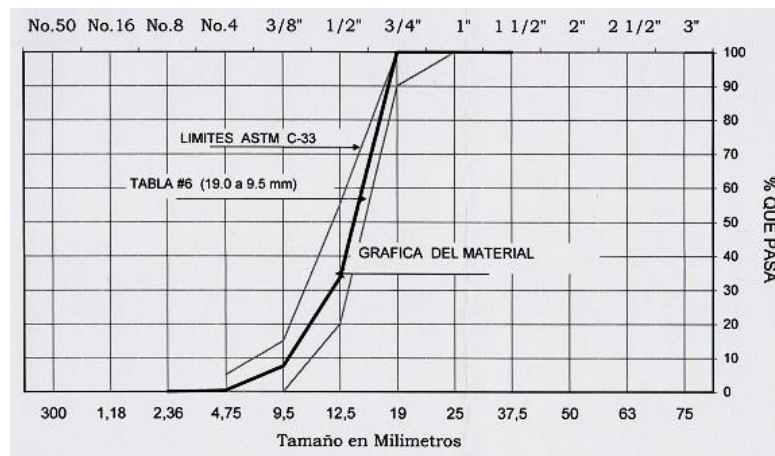
3.1.2.3. Resultados granulométricos de los agregados

Tabla XVI. **Granulometría de agregado grueso banco las Cañas**

NÚMERO DE TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
1 ½ pulgadas.	100
1 pulgadas	100
¾ pulgadas	99,87
½ pulgadas	33,62
3/8 pulgadas	7,49
No. 4	0,33
No. 8	0

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 7. **Curva granulométrica de agregado grueso banco Las Cañas**



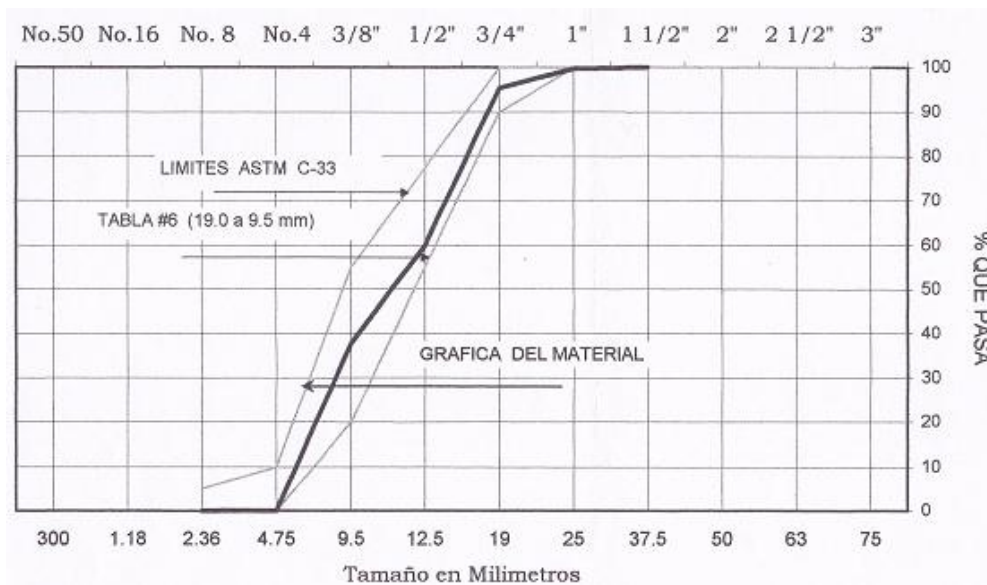
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla XVII. **Granulometría de agregado grueso banco El Fiscal**

NÚMERO DE TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
1 ½ pulgadas.	100
1 pulgadas	99,73
¾ pulgadas	95,49
½ pulgadas	59,83
3/8 pulgadas	37,85
No. 4	0
No. 8	0

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 8. **Curva granulométrica de agregado grueso banco El Fiscal**



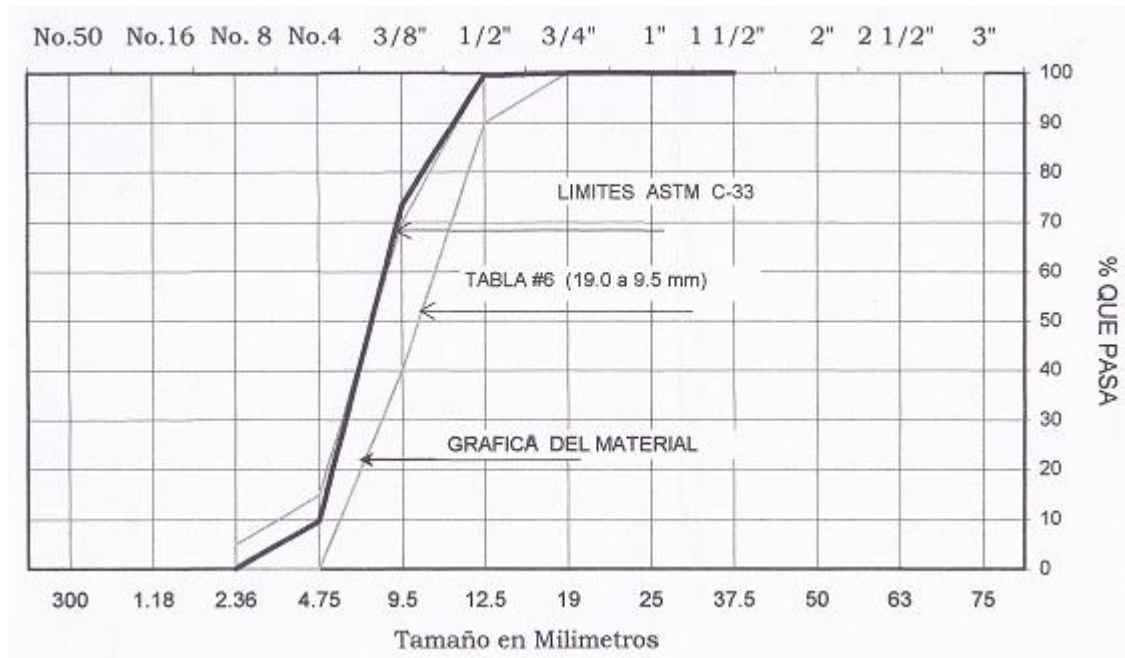
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería

Tabla XVIII. **Granulometría de agregado grueso banco Sinaca**

NÚMERO DE TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
1 ½ pulgadas.	100
1 pulgadas	100
¾ pulgadas	100
½ pulgadas	99,59
3/8 pulgadas	73,51
No. 4	9,70
No. 8	0

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 9. **Curva granulométrica de agregado grueso banco Sinaca**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

3.1.2.4. Resultados de tamiz 200

Tabla XIX. Resultados de tamiz 200

ENSAYO	LAS CAÑAS 1	EL FISCAL 1	SINACA 1
Tamiz 200	0,52	0,84	0,13

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Según las especificaciones de la norma ASTM C-33 podemos decir que los agregados gruesos de los tres bancos cumplen con la especificación del tamiz 200.

3.1.3. Muestreo de concreto fresco

El concreto se muestreo recogiendo dos o mas porciones que se tomaron a intervalos espaciados regularmente durante la descarga a la mitad del vaciado de la mezcla. Se mezclaron las porciones dentro del tiempo límite establecido según norma ASTM C-172, se tomaron las muestras de concreto fresco haciendo pasar un recipiente completamente a través del chorro de descarga o desviando completamente el chorro hacia el recipiente de la muestra, obtenidas las muestras de concreto se procedió a homogenizar las muestras para realizar las pruebas de concreto fresco.

3.1.3.1. Resultados de toma y medición de temperatura

Esta prueba permite medir la temperatura de mezclas de concreto recién mezclado. Puede usarse para verificar que el concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura.

Tabla XX. Toma y medición de temperatura

MUESTRA DE CONCRETO	TEMPERATURA °C
Agregados El Fiscal	24
Agregados Las Cañas	24
Agregados Sinaca	25

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.2. Resultados de asentamiento

Tabla XXI. Medición de asentamientos de los tres diseños de mezclas

MUESTRA DE CONCRETO	ASENTAMIENTO
Agregados El Fiscal	2,5
Agregados Las Cañas	2
Agregados Sinaca	3

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.3. Resultado de peso unitario

Tabla XXII. Pesos unitarios de los tres diseños de mezclas

MUESTRA DE CONCRETO	PESO UNITARIO
Agregados El Fiscal	2 058 kg/m ³
Agregados Las Cañas	2 400 kg/m ³
Agregados Sinaca	2 401 kg/m ³

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Realización de peso unitario



Fuente: elaboración propia.

3.1.3.4. Resultados de resistencia 3, 7 y 28 días

Figura 11. Resistencias banco El Fiscal

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
1	145-03	20/02/09	3	Control de Calidad	11,320	15,167	106,71	1517,70
2	146-03	20/02/09	3	Control de Calidad	11,380	15,220	105,96	1507,08
3	147-03	20/02/09	7	Control de Calidad	11,434	15,133	126,09	1793,40
4	148-03	20/02/09	7	Control de Calidad	11,396	15,207	137,36	1953,76
5	149-03	20/02/09	28	Control de Calidad	11,491	15,193	185,14	2633,31
6	150-03	20/02/09	28	Control de Calidad	11,450	15,060	178,25	2535,27

OBSERVACIONES :

a) Aaregado de Banco El Fiscal

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 12. Resistencias banco Las Cañas

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
1	139-03	20/02/09	3	Control de Calidad	13,195	15,150	207,59	2952,60
2	140-03	20/02/09	3	Control de Calidad	13,225	15,090	225,73	3210,61
3	141-03	20/02/09	7	Control de Calidad	13,437	15,183	248,02	3527,59
4	142-03	20/02/09	7	Control de Calidad	13,470	15,183	251,77	3581,03
5	143-03	20/02/09	28	Control de Calidad	13,521	15,137	340,29	4840,05
6	144-03	20/02/09	28	Control de Calidad	13,392	15,210	294,58	4189,87

OBSERVACIONES :

a) Agregado de Banco Las Cañas

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 13. Resistencias banco Sinaca

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
1	133-03	20/02/09	3	Control de Calidad	13.120	15,243	155,35	2209,51
2	134-03	20/02/09	3	Control de Calidad	13.115	15,190	150,18	2136,05
3	135-03	20/02/09	7	Control de Calidad	13.235	15,190	181,47	2581,07
4	136-03	20/02/09	7	Control de Calidad	13.320	15,127	189,30	2692,47
5	137-03	20/02/09	28	Control de Calidad	13.288	15,193	255,20	3629,70
6	138-03	20/02/09	28	Control de Calidad	13.243	15,180	243,11	3457,84

OBSERVACIONES :

a) Agregado de Banco Sinaca

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

3.1.4. Resultados de la norma ASTM C-295-08

El análisis petrográfico para los bancos estudiados se determino utilizando un microscopio estereoscópico localizado en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas.

En dicho lugar se efectuaron los ensayos respectivos para los agregados finos de los tres bancos, uno del municipio de Sanarate departamento El Progreso (Sinaca), dos del municipio de Palencia departamento de Guatemala (El Fiscal y Las Cañas), contándose con el asesoramiento del Ing. Julio Roberto Luna Aroche, Director del Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas - CESEM-.

3.1.4.1. Resultados de análisis petrográfico agregado fino

Utilizando el material tamizado del ensayo de granulometría, tomando cada uno de los retenidos en cada tamiz por separado, para proceder a efectuar el examen petrográfico (se utilizó tamices No.8, No.16, No.30, No.50 y No.100) se realizaron los cuarteos y se contó un mínimo de 150 partículas por cada tamiz como lo indica la norma.

Se clasificó el tipo de partículas y minerales que contenía cada malla. Para lo anterior se hizo uso del microscopio estereoscópico. Los resultados se presentan a continuación en las tablas y gráficas correspondientes a cada banco.

Tabla XXIII. Resultado de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Sinaca

TIPO	PORCENTAJE DE PARTICULAS POR TAMIZ				
	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Caliza Arcillosa	25,00	4,67	7,79	2,74	8,25
Calcita	44,00	28,67	56,97	58,54	54,29
Caliza Arcillosa	83,00	66,67	35,25	38,72	37,46
Total	152,00	100,00	100,00	100,00	100,00

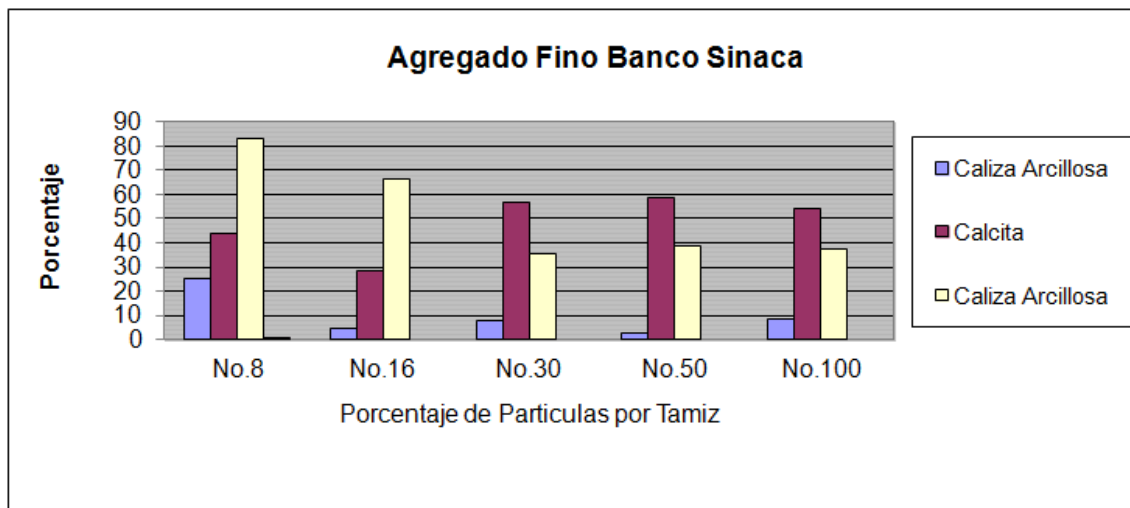
Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Tabla XXIV. **Promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Sinaca**

TIPO	PROMEDIO EN TODOS LOS TAMICES
Pómez	9,69
Andesita	48,49
Cuarzo	52,22
Total	110,40

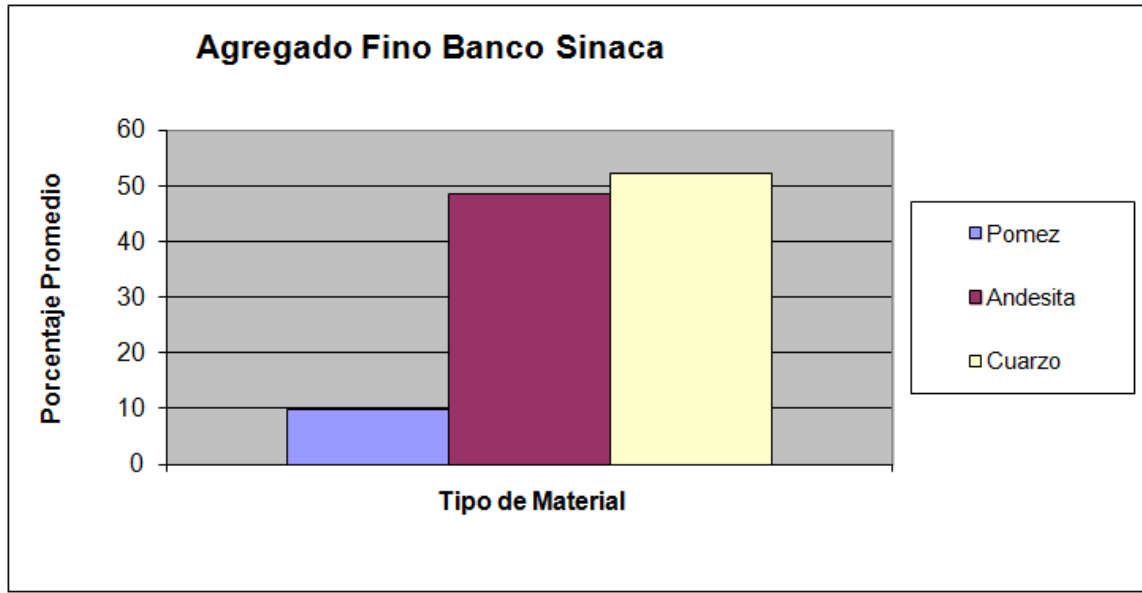
Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Figura 14. **Gráfica de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Sinaca**



Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Figura 15. **Gráfica promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Sinaca**



Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Tabla XXV. **Resultado de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco El Fiscal**

TIPO	PORCENTAJE DE PARTICULAS POR TAMIZ				
	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Vidrio volcánico	10,06	8,79	50,67	44,09	32,22
Vidrio silícico	26,42	20,88	4,00	25,81	22,59
Retinita	38,99	54,95	28,00	12,37	17,15
Riolita	24,53	15,38	17,33	17,74	28,03
Total	100	100	100	100	100

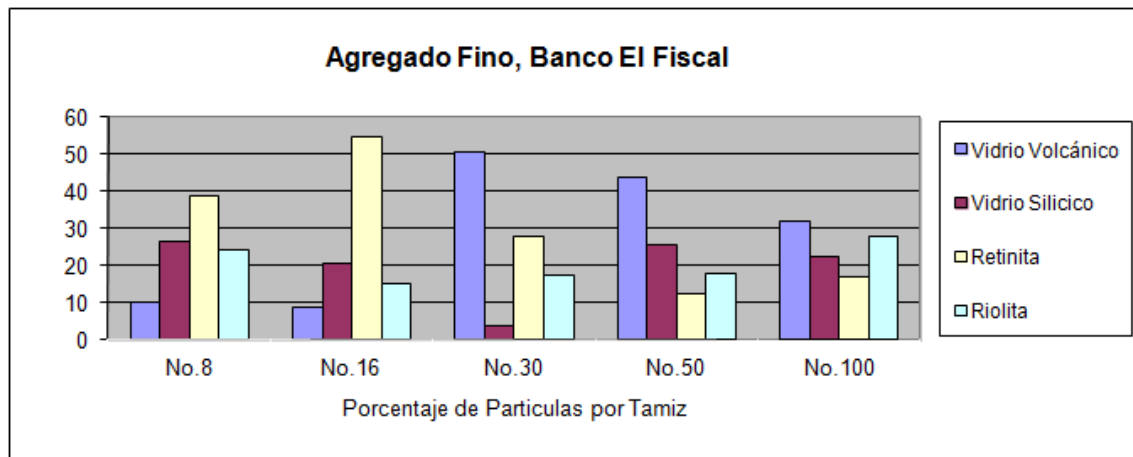
Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Tabla XXVI. **Promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco El Fiscal**

TIPO	PROMEDIO EN TODOS LOS TAMICES
Vidrio volcánico	29,16
Vidrio silíceo	19,94
Retinita	30,29
Riolita	20,60
Total	100

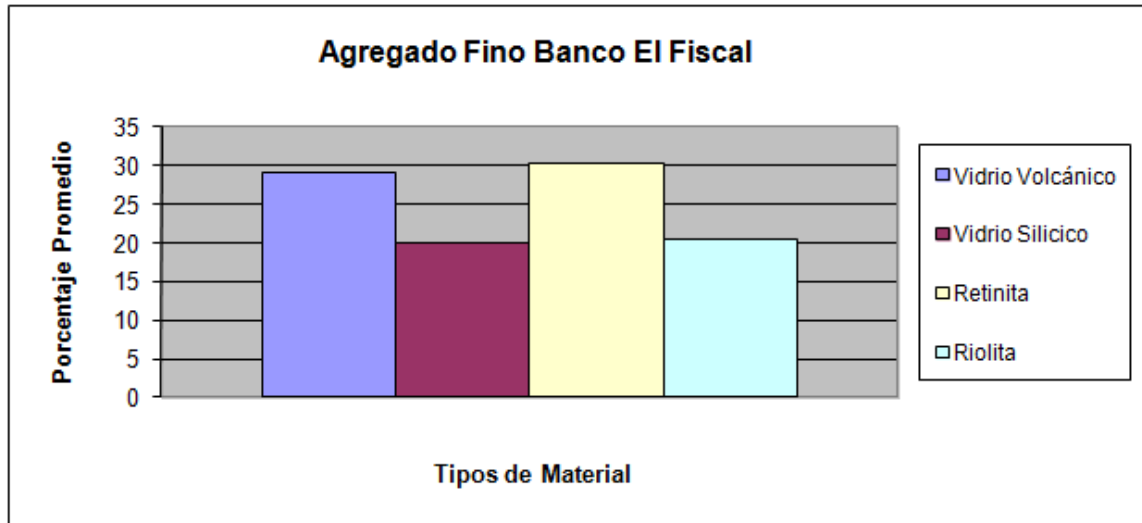
Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Figura 16. **Gráfica de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco El Fiscal**



Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Figura 17. **Gráfica promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco El Fiscal**



Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Tabla XXVII. **Resultado de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Las Cañas**

TIPO	PORCENTAJE DE PARTICULAS POR TAMIZ				
	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Cuarzo	14,81	17,04	25,27	17,89	11,86
Caliza	25,93	31,85	8,60	28,44	23,73
Esquito	11,85	20,00	17,20	5,50	9,32
Andesita	40,74	19,26	19,89	37,16	31,78
Pómez	6,67	10,37	11,29	9,17	14,41
Vidrio	0,00	1,48	17,14	1,83	8,90
Total	100	100	100	100	100

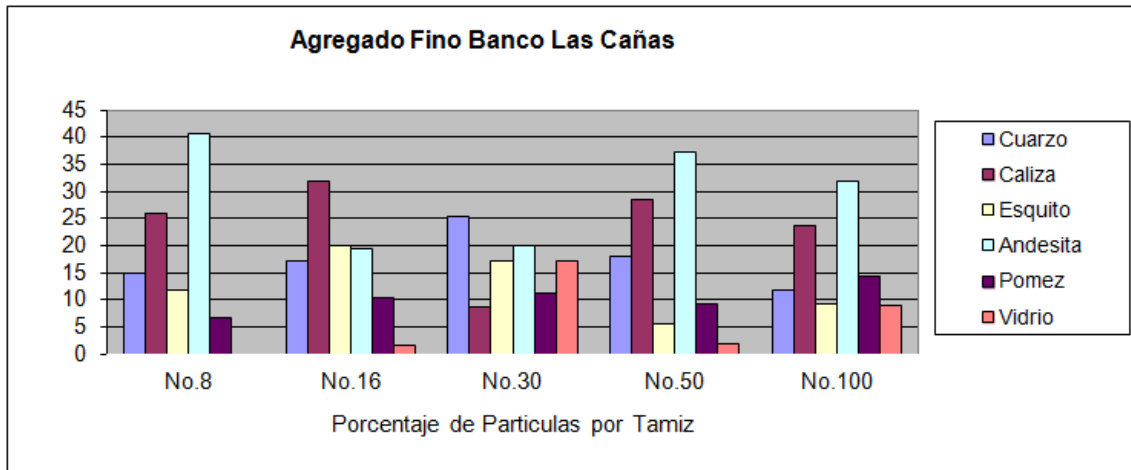
Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Tabla XXVIII. **Promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Las Cañas**

TIPO	PROMEDIO EN TODOS LOS TAMICES
Cuarzo	17,37
Caliza	23,71
Esquito	12,77
Andesita	29,77
Pómez	10,38
Vidrio	5,87
Total	100

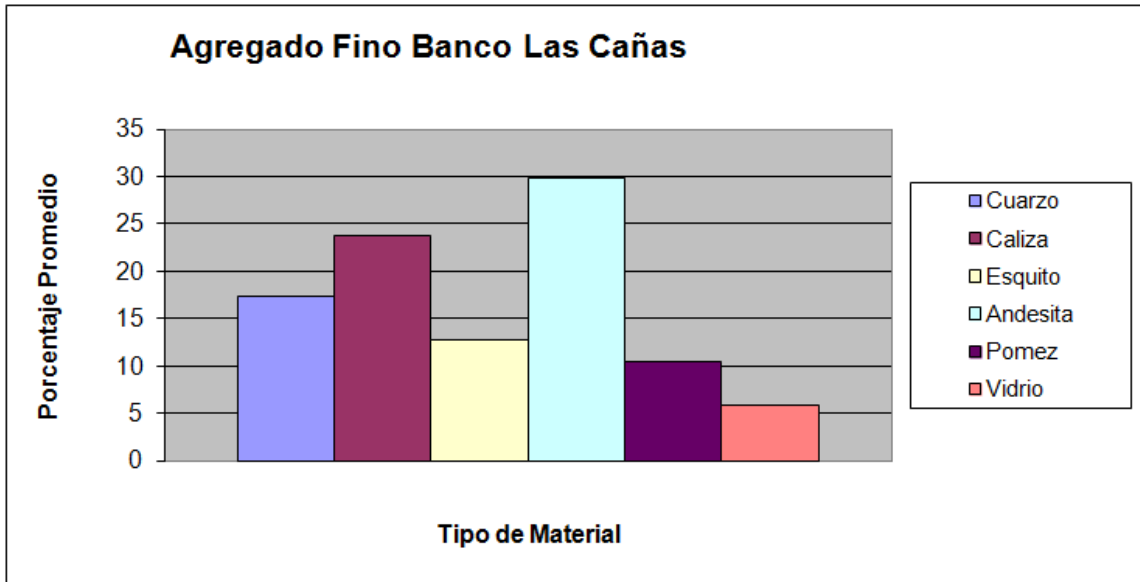
Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

Figura 18. **Gráfica de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Las Cañas**



Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas -CESEM-.

Figura 19. **Gráfica de promedio de análisis petrográfico por tamiz de agregado fino banco Las Cañas**



Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-.

De lo anterior podemos advertir la presencia de materiales similares en todos los bancos como en los agregados finos y gruesos, de origen volcánico específicamente rocas ígneas.

3.1.4.2. Resultados de análisis petrográfico agregado grueso

El examen petrográfico del agregado grueso para concreto se realizó en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas -CESEM-. Se efectuó el examen respectivo para determinar todas las características macroscópicas siguientes:

Tabla XXIX. **Resultado de análisis petrográfico agregado grueso banco Sinaca**

Lugar de muestreo: Aldea Sinaca, Sanarate, El Progreso
Denominación: Priedrinera Sinaca
Presentación: Fragmentos de roca triturada
Textura de la roca: No clástica
Color: Gris claro
Tipo: Sedimentaria
Nombre: Caliza
Composición mineralógica: Calcita y posiblemente dolomita (carbonato de calcio, calcio y magnesio, respectivamente)

Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas -CESEM-.

Tabla XXX. **Resultado de análisis petrográfico agregado grueso banco Las Cañas**

Lugar de muestreo: Finca las Cañas, Palencia, Guatemala
Denominación: Priedrinera Las Cañas
Presentación: Fragmentos de roca triturada
Textura de la roca: No clástica
Color: Gris oscuro
Tipo: Sedimentaria
Nombre: Caliza y andesita
Composición mineralógica: Caliza (carbonato de calcio, calcio y magnesio, respectivamente)

Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas -CESEM-.

Tabla XXXI. **Resultado de análisis petrográfico agregado grueso banco El Fiscal**

Lugar de muestreo: Aldea El Fiscal, Palencia, Guatemala
Denominación: Priedrinera El Fiscal
Presentación: Fragmentos de roca triturada
Textura de la roca: No clástica
Color: Gris oscuro
Tipo: Sedimentaria
Nombre: Vidrio volcánico y retinita
Composición mineralógica: (carbono silico)

Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas -CESEM-.

3.1.5. Resultados de la norma ASTM C-131-06

El tipo de granulometría obtenido para las muestras de agregado grueso de la norma ASTM C-33-08, la abrasión fue de tipo B y 66 por ciento de desgaste para la arena de banco El Fiscal, para el banco Las Cañas fue tipo A y se obtuvo un 23,80 por ciento de desgaste y para el banco Sinaca fue tipo C y 19,40 por ciento, del ensayo de la máquina de Los Ángeles, como se aprecia en la tabla XXXII la cual se considera aceptable para el uso de la dosificación de un concreto de buena calidad, para los bancos Las Cañas y Sinaca ya que el porcentaje de desgaste no debe exceder el 40 por ciento.

3.1.6. Resultados de ensayos en la máquina de Los Ángeles agregado grueso de banco Las Cañas, banco El Fiscal y banco Sinaca

Tabla XXXII. **Resultado de abrasión**

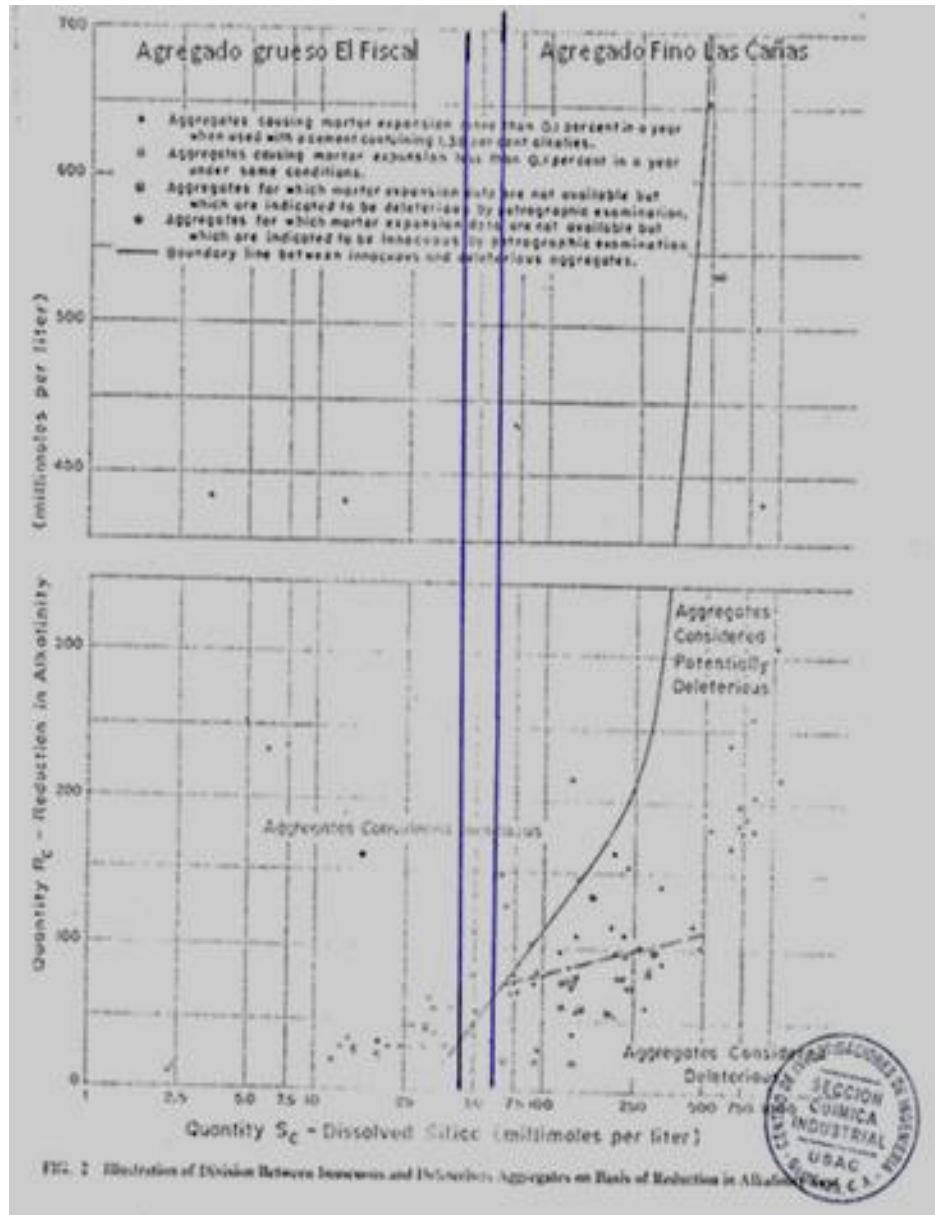
REFERENCIAS	MUESTRAS		
	LAS CAÑAS	EL FISCAL	SINACA
GRADUACIÓN	"A"	"B"	"C"
% DESGASTE	23,8	66,0	19,4

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

3.1.7. Resultados de la norma ASTM C-289-07

El ensayo de reactividad potencial álcali-sílice fue aplicado a las muestras de agregado grueso y agregado fino correspondientes a banco Las Cañas, agregado grueso banco El Fiscal y agregado grueso banco Sinaca, se observa en la figura 20.

Figura 20. Resultados norma ASTM C-289-07



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 21. **Reactividad potencial álcali-sílice para agregado grueso banco El Fiscal y agregado fino banco Las Cañas**

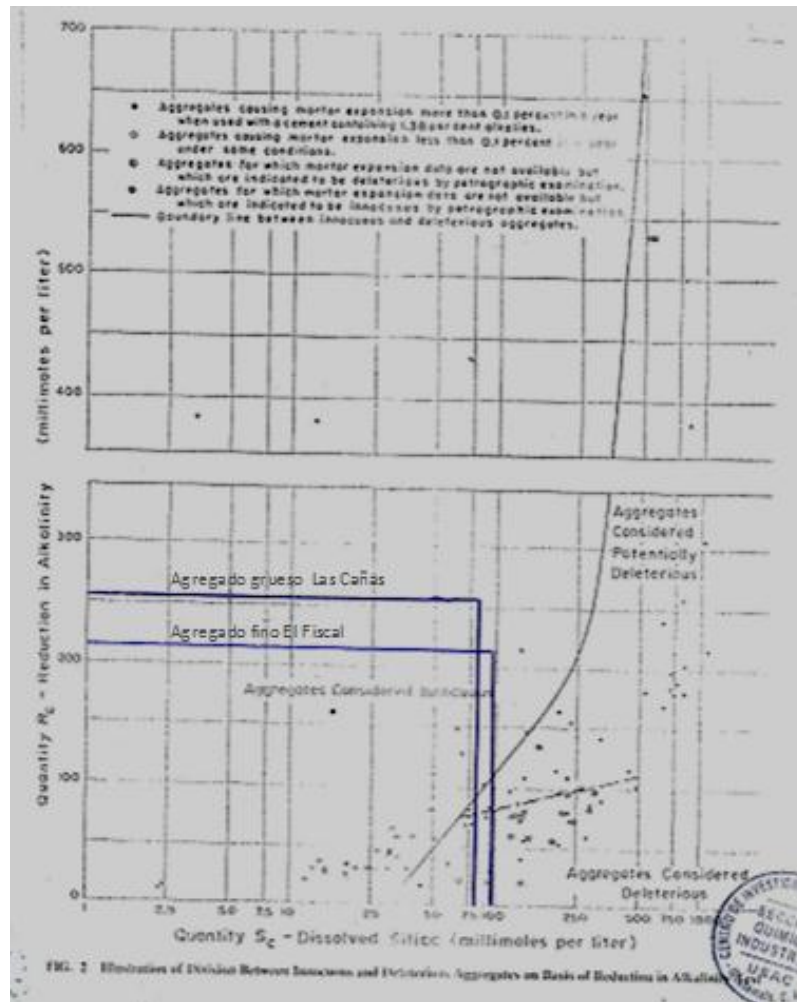
MUESTRA*	Sílice disuelto (mmol/L)	Reducción Alcalina (mmol/L)	RESULTADO
Agregado Grueso Banco el Fiscal Municipio de Palencia	42.16 ± 0.97	1211.12 ± 8.47	INOCUO
Agregado Fino Banco las Cañas Municipio de Palencia	68.24 ± 0.24	945.77 ± 6.22	INOCUO

* Muestra proporcionada por el interesado

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, el resultado de reactividad potencial de las muestras de agregado grueso y fino, son inocuos, lo cual indica que los minerales que poseen las rocas no producirán reacción dañina con los álcalis del cemento pórtland.

Figura 22. Gráfica de resultado de reactividad potencial álcali-sílice para agregado fino banco El Fiscal y agregado grueso banco Las Cañas



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla XXXIII. **Resultado de reactividad potencial álcali-sílice para agregado fino banco El Fiscal y agregado grueso banco Las Cañas**

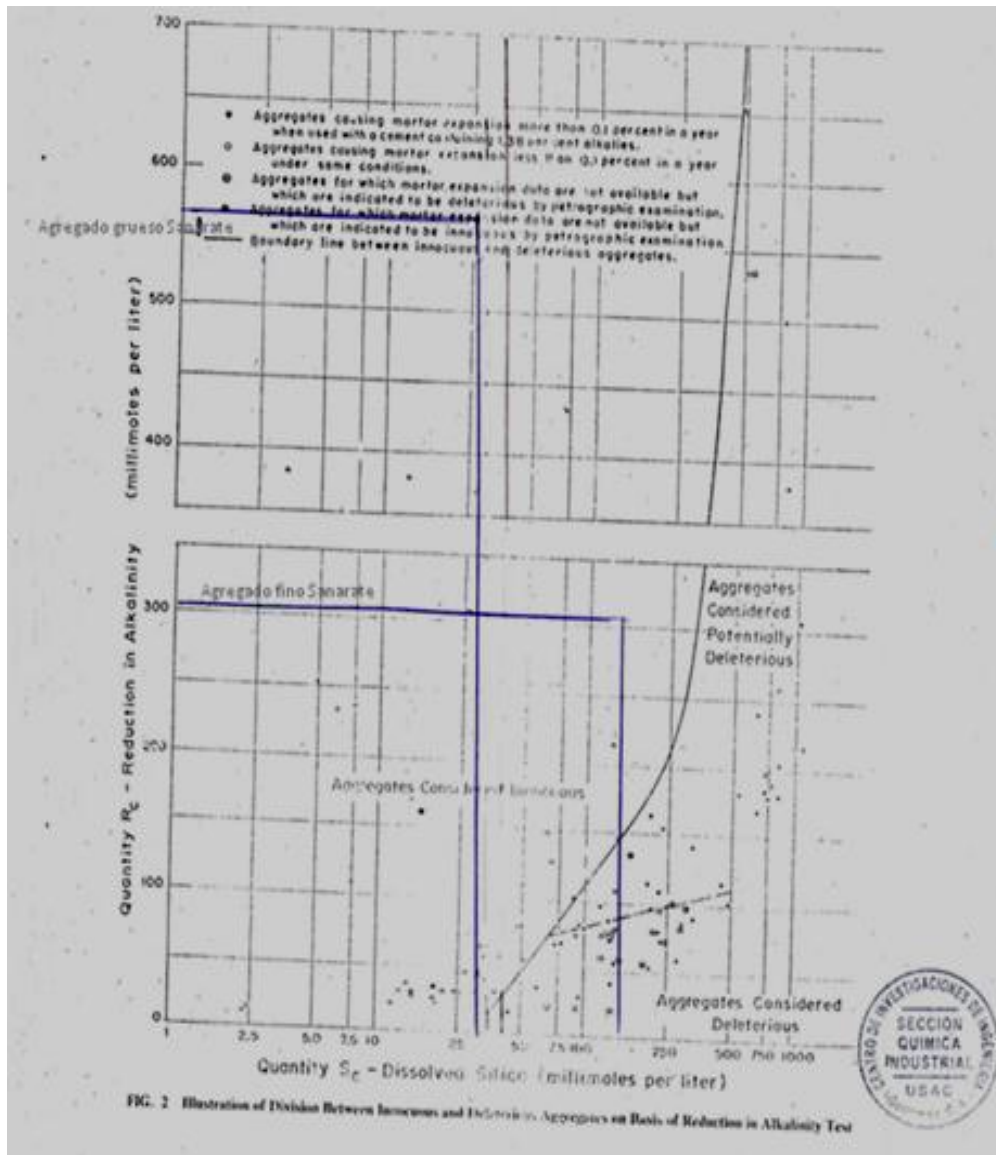
MUESTRA*	Sílice disuelto (mmol/L)	Reducción Alcalina (mmol/L)	RESULTADO
Agregado Grueso Banco de las Cañas	78.12 ± 0.27	258.32 ± 1.47	INOCUO
Agregado Fino El Fiscal Palencia	98.71 ± 0.94	215.37 ± 2.02	INOCUO

* Muestra geoproportcionada por el interesado

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, el resultado de reactividad potencial de las muestras de agregado grueso y fino, son inocuos, lo cual indica que los minerales que poseen las rocas no producirán reacción dañina con los álcalis del cemento pórtland.

Figura 23. Gráfica de resultado de reactividad potencial álcali-sílice, agregado fino y grueso banco Sinaca



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 24. **Resultado de reactividad potencial álcali-silice para agregado fino y grueso banco Sinaca**

MUESTRA*	Sílice disuelto (mmol/L)	Reducción Alcalina (mmol/L)	RESULTADO
Banco de Sanarate	171.39±1.12	309.27± 9.21	INOCUO
Agregado Fino			
Agregado Grueso	29.97± 0.37	556.81± 12.65	INOCUO

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, el resultado de reactividad potencial de las muestras de agregado grueso y fino, son inocuos, lo cual indica que los minerales que poseen las rocas no producirán reacción dañina con los álcalis del cemento pórtland.

De los resultados arriba indicados, concluimos entonces que dichos agregados gruesos cumplen satisfactoriamente la norma.

4. PRINCIPALES NORMAS RELACIONADAS Y SU FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN

4.1. Método de la barra de mortero para determinar la reactividad potencial de los álcalis en combinaciones cemento-agregados, ASTM C-227

Este método de ensayo sirve para determinar la expansión potencial debida a reactividad de los álcalis en las combinaciones de cemento y agregados, midiendo la expansión desarrollada por las combinaciones en barras de mortero, durante el almacenaje bajo condiciones prescritas por el ensayo.

Se reconocen dos tipos de reactividad de los análisis con los agregados, la primera es la reacción álcali-sílice, que involucra ciertas rocas silíceas, minerales y vidrio natural o artificial y la segunda es la reacción álcali-carbonato que involucra dolomita, calcita y calizas dolomíticas. Este método la expansión en esta reacción es mucho más pequeña que la producida por el álcali-sílice.

4.2. Reactividad potencial de los álcalis en rocas carbonáticas ASTM C-586

Este método de prueba cubre la determinación de las características expansivas de las rocas carbonáticas mientras están sumergidas en una solución de hidróxido de sodio a temperatura controlada. Los cambios de longitud observables que ocurren durante tal inmersión indican en nivel general de reactividad de la roca. Este método esta concebido como provisional más

que como una especificación que deba cumplirse y solamente busca suplir información de registros de servicio de agregados, de exámenes petrográficos y otras pruebas.

4.3. Cambio potencial de volumen en combinaciones de cemento agregados, ASTM C-342

Esta prueba cubre la expansión potencial de combinaciones cemento agregados, midiendo la expansión lineal desarrollada en barras de mortero sujetas a variaciones de temperatura y saturación de agua, bajo condiciones prescritas por el método.

Se ha encontrado que este método de prueba en algunos casos produce expansiones significativas cuando el cemento tiene pequeñas cantidades de álcalis y en otros casos donde el agregado no es presuntamente reactivo a los álcalis. Ha sido sugerido que este método mide fenómenos de interacción, posiblemente efectos de micro-fractura miento que son en algunos casos de origen físico y en otros químico.

5. ELABORACIÓN DE CONCRETO PARA DETERMINAR RESISTENCIAS

Podemos asegurar que el concreto es un material pétreo artificial que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de cemento, agua, y agregados minerales.

Los componentes de una mezcla se dosifican de manera que el concreto resultante tenga una resistencia adecuada, una trabajabilidad correcta para su vaciado y un bajo costo. Este último factor obliga a la utilización de la mínima cantidad de cemento (el más costoso de los componentes) que asegure unas propiedades adecuadas. Mientras mejor sea la granulometría de los agregados, es decir, mientras menor sea el volumen de vacíos o burbujas de oxígeno, menor será la pasta de cemento necesaria para llenar estos vacíos.

La mezcla que debe usarse dependerá de la naturaleza del trabajo, de la forma y tamaño del agregado grueso y del agregado fino, siendo necesario ensayar varias mezclas hasta obtener una que tenga la consistencia, resistencia y otras propiedades requeridas con una cantidad mínima de pasta, sin variar la relación agua-cemento.

La principal medida de la calidad estructural del concreto es su resistencia a la compresión. Utilizando los ensayos descritos en las normas ASTM. La resistencia a la compresión obtenida de tales ensayos se conoce como resistencia del cilindro f'_c y es la principal propiedad especificada para propósitos de diseño.

Para lograr asegurar una resistencia adecuada del concreto a pesar de la dispersión inevitable de las dosificaciones, el Código ACI estipula que la calidad de concreto es satisfactoria si cumple lo siguiente:

- Ningún resultado de un ensayo de resistencia individual (el promedio de un par de ensayos sobre cilindros) está por debajo del valor de $f'c$ requerido en más de 3,5 mega Pascales.
- El promedio de todos los conjuntos de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o mayor al valor requerido de $f'c$.

Para las dosificaciones fueron requeridas las características de los agregados fino y grueso, obtenidas del análisis de la norma ASTM C-33-08.

Resistencia Nominal = 210 kg/cm²

Resistencia Promedio = 246 kg/cm²

Relación Agua Cemento = 0,57

Resultados de resistencia de cilindros de concreto ASTM C-39-05 para $f'c = 210$ kilogramos por centímetros cuadrados.

Se realizaron tres diseños de mezclas uno por cada banco de agregados, cada diseño consto de 6 muestras de cilindros. Con edades 3,7 y 28 de curado, las fechas de ruptura nos indico la evolución de la resistencia de los cilindros, las proporciones de los diseños de mezclas fueron los siguientes:

- Para el banco de Sinaca se utilizo una proporción de: 1: 3,56: 4,63: 0,68.
- Para el banco Las Cañas se utilizo una proporción de: 1: 1,43: 3,65: 0,62.
- Para el banco El Fiscal se utilizo una proporción de 1: 2,52: 3,03: 0,6.

CONCLUSIONES

1. Según los ensayos y requerimientos de normas, indica que las características y propiedades de los agregados del banco El Fiscal, contienen una considerable cantidad de vidrio volcánico y cuarzo, sobre pasando el 50 por ciento, lo cual no es aceptable según la norma ASTM C-295-08, el agregado fino tiene un módulo de finura mayor a 3,20 no cumple según norma ASTM C-33-08 es una arena muy gruesa. Para el banco Las Cañas, tiene agregados de origen volcánico, el tamiz 200 del agregado fino está arriba del 5 por ciento, no cumple según norma ASTM C-33-08 por ser una arena de río. Los agregados del banco Sinaca son calizos, sus granulometrías muestran que son agregados muy finos, no cumpliendo con la norma ASTM C-33-08.
2. Los resultados obtenidos de los ensayos químicos cumplen según requerimientos de las normas ASTM C-289, ASTM C-227 y ASTM C-586 para los agregados analizados de los tres bancos.
3. Todos los ensayos realizados a los agregados de los bancos Sinaca y Las Cañas indican que son aptos para la elaboración de concreto, utilizándolos en proporciones adecuadas según sus características, para el banco El Fiscal se observo sangrado antes y después de la elaboración de los cilindros para ensayo de ruptura, la resistencia a compresión fue solo el 83,33 por ciento de 3 000 kilogramos por centímetros cuadrados para nuestro modelo teórico, según norma ASTM C-39-05 para $f'c = 210$ kilogramos por centímetros cuadrados lo cual indica que no se puede producir concreto con los agregados del banco El Fiscal.

RECOMENDACIONES

1. Los agregados de los bancos Sinaca y Las Cañas estudiados presentan gran similitud en sus características y propiedades. Constantemente se debe programar los análisis y chequeos de los materiales en los bancos, los bancos de materiales deben ser homogenizados constantemente, porque al estar solamente apilados esto genera segregación del agregado con mayor densidad, lo cual genera tomas de muestras con variaciones en su granulometría
2. No se debe descartar el mantenimiento de las plantas, así como los controles industriales en las plantas trituradoras, para que las gradaciones de los materiales sean las esperadas.
3. Se recomienda hacer eventualmente diseños de mezclas para observar el comportamiento de los agregados en el concreto fresco, para mantener siempre buena calidad y aceptación en la industria de la construcción. No se recomienda producir concreto con los agregados del banco El Fiscal, según los resultados del diseño de mezclas no alcanzo la resistencia requerida según norma ASTM C-39-05 para $f'c = 210$ kilogramos por centímetros cuadrados, esto fue porque el material es muy absorbente y grueso, con demasiado contenido de cuarzo y vidrio volcánico lo cual no cumple con los requerimientos de la Norma ASTM C-295-08.

BIBLIOGRAFÍA

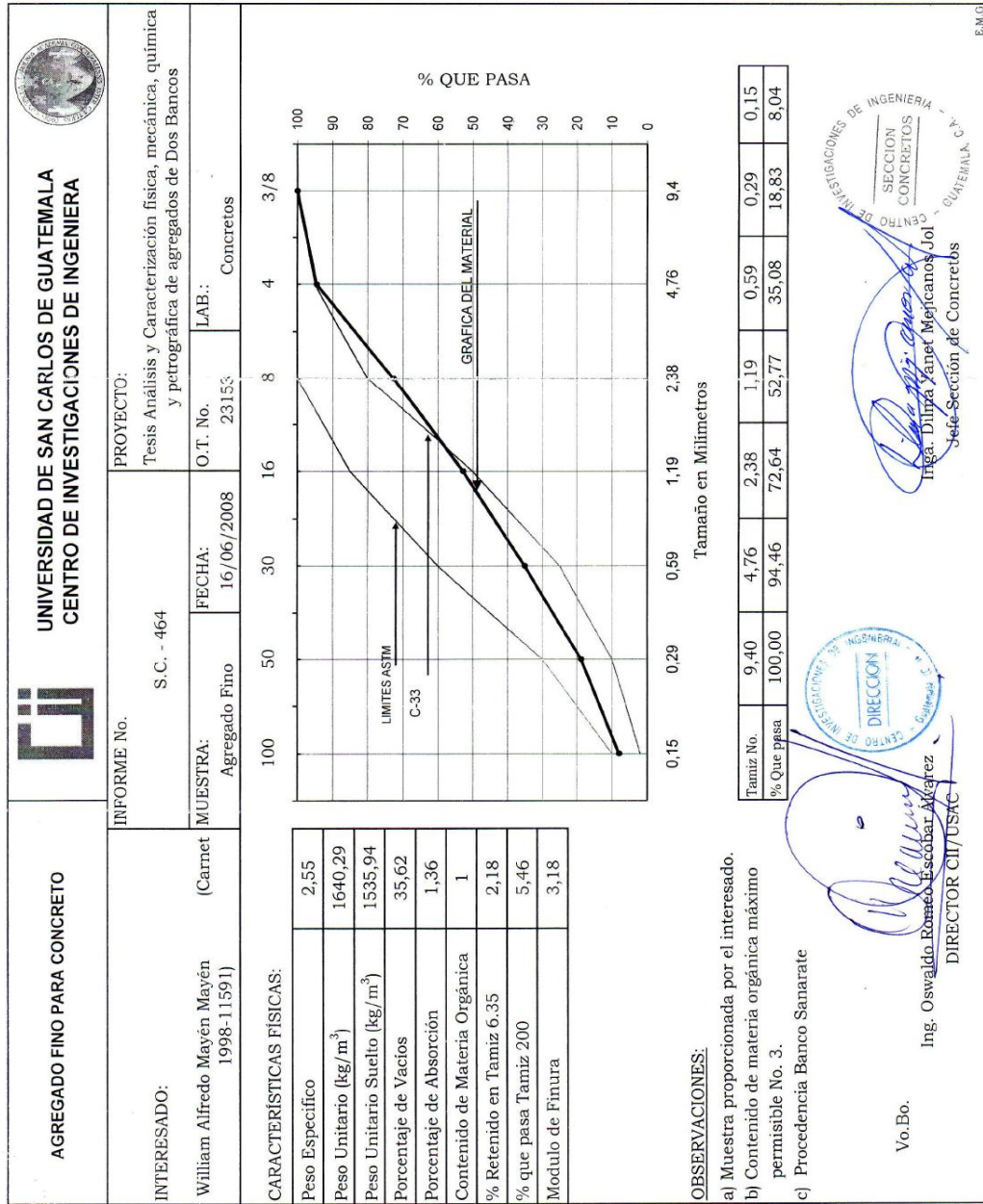
1. ACI 318S-08. Requisitos de *Reglamento para Concreto Estructural y comentario*. Comité ACI 318. Farmington Hills: ACI, 2088. 518 p.
2. ASTM. Book of standards. *Standard specification for concrete aggregates* USA: ASTM C-33-01 vol. 04.02. 2002.
3. GOMEZJURADO SARRIA, Jaime. *Tecnología y Propiedades, Colección Básica del Concreto 1*, Colombia: Asociación Colombiana de Productores de Concreto-Asocreto. 2002. 215 p.
4. KOSMATKA, Steven H, et al. *Diseño y control de mezclas de concreto*. 5ª ed. Skokie, Illinois: Portland Cement Association, 2004. 468 p. ISBN: 0893122335.
5. METHA, Kumar; MONTEIRO Paulo. *Concreto, estructura, propiedades y materiales*. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto -IMCYC-, 1998. 381 p. ISBN: 9684640838.
6. NEVILLE, A. M. *Tecnología del concreto*. México: Trillas, 1998. 329 p. ISBN. 968240614.
7. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12ª ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2005. 722 p.

- 8 ORTIZ DE LEÓN, Evelyn Elizabeth. “*Calidad de agregados producidos en Guatemala*”. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 71 p.

ANEXOS

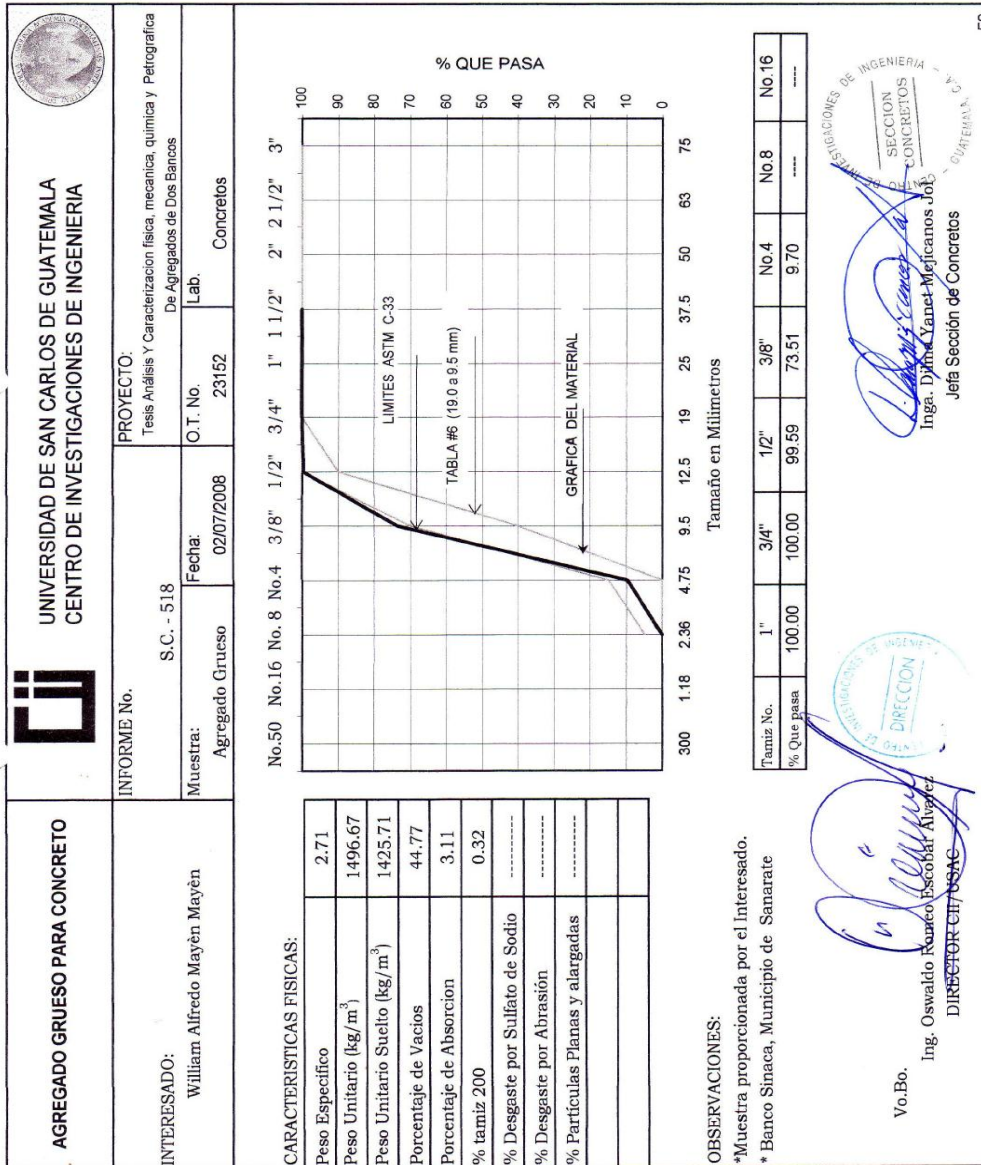
**Informes de laboratorios del Centro de Investigaciones de Ingeniería,
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Figura 25. **Informe de la norma ASTM C-33-08 del agregado fino banco**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

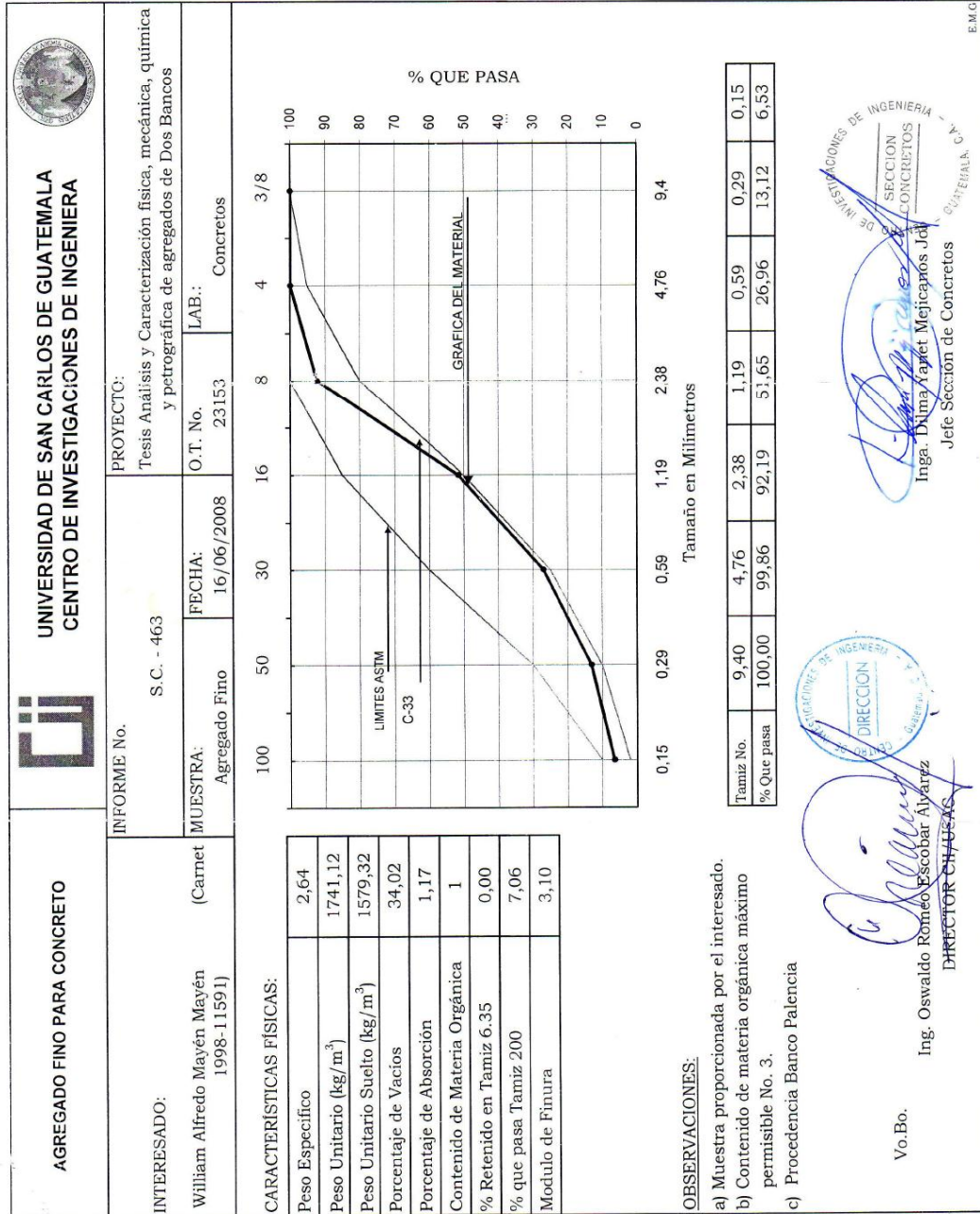
Figura 26. Informe de la norma ASTM C-33-08 del agregado grueso



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 27. Informe de la norma ASTM C-33-08 del agregado fino banco

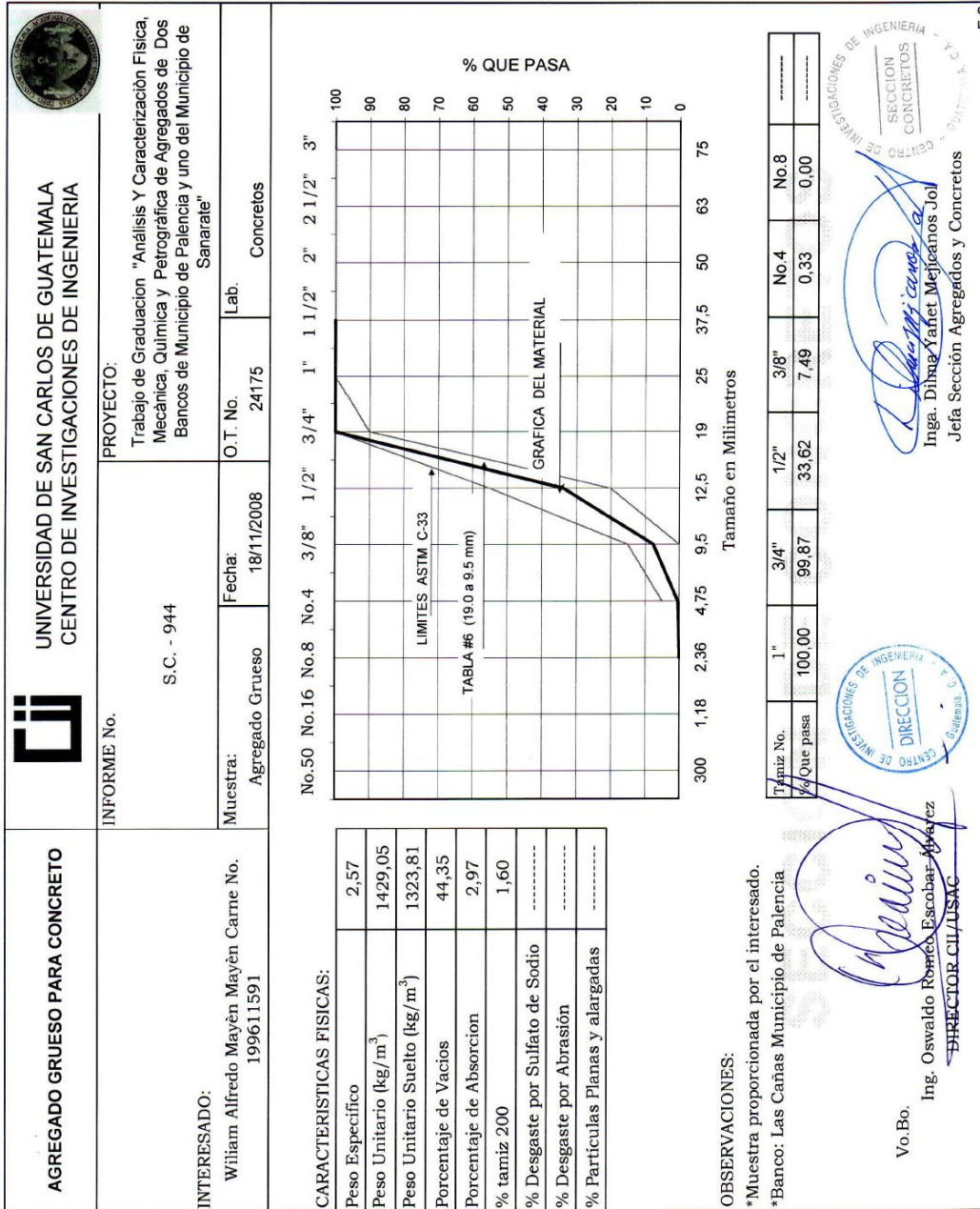
Las Cañas



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 28. Informe de la norma ASTM C-33-08 del agregado grueso

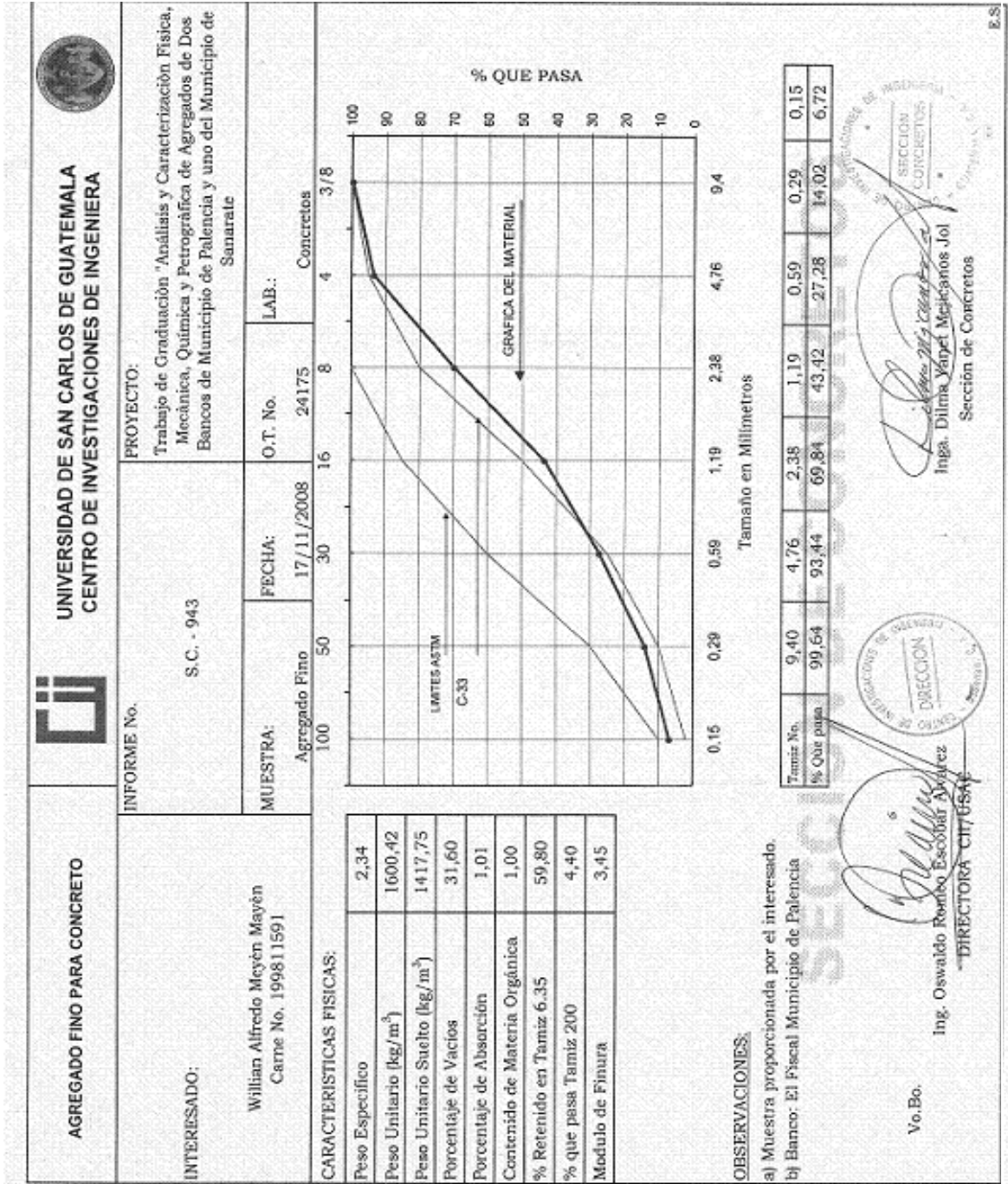
banco Las Cañas



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

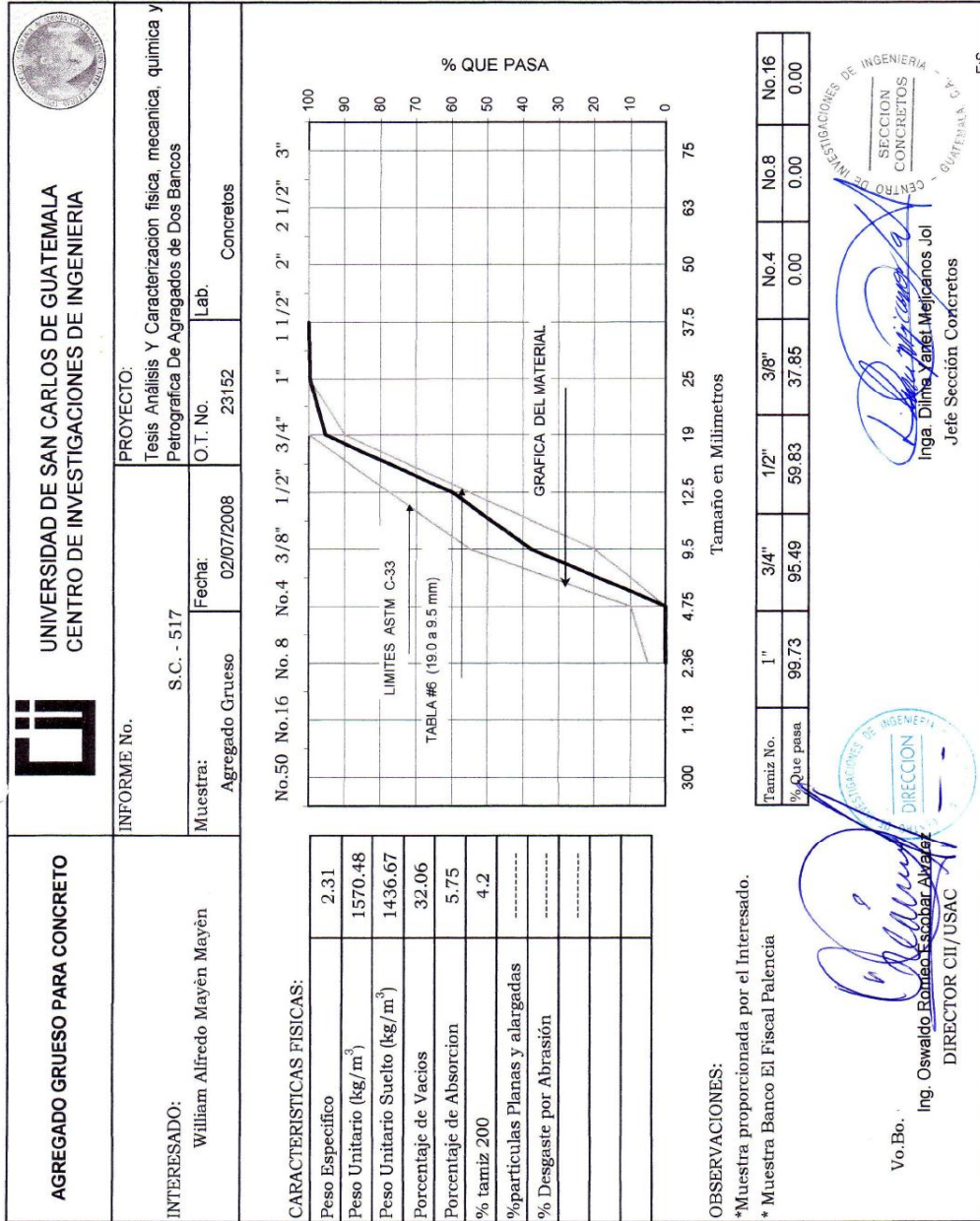
Figura 29. Informe de la norma ASTM C-33-08 del agregado fino banco El

Fiscal



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 30. Informe de la norma ASTM C-33-08 del agregado grueso



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 31. Informe de la norma ASTM C-295-08 de agregado grueso de los

bancos Sinaca y Las Cañas, agregado fino de los bancos Sinaca y Las Cañas



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



O.T. No 23155

No. Informe Lab. 043-08

Interesado: William Alfredo Mayén Mayén
Muestra: 4 muestras de Agregado fino y grueso Municipios de Palencia, Municipio de Sanarate
Fecha: Guatemala, 05 de agosto de 2008

Determinación de la reactividad potencial de 4 muestras de agregado según norma ASTM C-289.

MUESTRA*	Sílice disuelto (mmol/L)	Reducción Alcalina (mmol/L)	RESULTADO
Banco de Palencia Agregado Fino Agregado Grueso	43.29 ± 0.63	4,670.88 ± 115.9	INOCUO
	36.63 ± 0.21	2,365.00 ± 118.3	INOCUO
Banco de Sanarate Agregado Fino Agregado Grueso	171.39 ± 1.12	309.27 ± 9.21	INOCUO
	29.97 ± 0.37	556.81 ± 12.65	INOCUO

* Muestra proporcionada por el interesado

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


Vo.Bo. Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
Director

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>


Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 32. Informe de la norma ASTM C-295-08 de agregado grueso

banco El Fiscal y agregado fino banco Las Cañas



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



Nº 000647

O.T. No 23155
No. Informe Lab. 075-08
Informe complemento al 43-08

Interesado: William Alfredo Mayen Mayen

Muestra: 2 muestras de Agregado
Banco El Fiscal y Banco las Cañas

Fecha: Guatemala, 25 de noviembre de 2008



Determinación de la reactividad potencial de 2 muestras de agregado según norma ASTM C-289.

MUESTRA*	Sílice disuelto (mmol/L)	Reducción Alcalina (mmol/L)	RESULTADO
Agregado Grueso Banco el Fiscal Municipio de Palencia	42.16 ± 0.97	1211.12 ± 8.47	INOCUO
Agregado Fino Banco las Cañas Municipio de Palencia	68.24 ± 0.24	945.77 ± 6.22	INOCUO

* Muestra proporcionada por el interesado

[Handwritten Signature]
Ing. César Alfonso García Guerra
Jefe
Sección Química Industrial –CII-

[Handwritten Signature]
Vo.Bo. Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
Director
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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 33. Informe de la norma ASTM C-295-08 de agregado grueso

banco Las Cañas y agregado fino banco El Fiscal



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



Nº 000643

O.T. No 24174
No. Informe Lab. 074-08


Interesado: William Alfredo Mayen Mayen
Muestra: 2 muestras de Agregado
Banco El Fiscal y Banco las Cañas
Fecha: Guatemala, 25 de noviembre de 2008

Determinación de la reactividad potencial de 2 muestras de agregado según norma ASTM C-289.

MUESTRA*	Sílice disuelto (mmol/L)	Reducción Alcalina (mmol/L)	RESULTADO
Agregado Grueso Banco de las Cañas	78.12 ± 0.27	258.32 ± 1.47	INOCUO
Agregado Fino El Fiscal Palencia	98.71 ± 0.94	215.37 ± 2.02	INOCUO

* Muestra proporcionada por el interesado


Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra
Jefe
Sección Química Industrial – CII

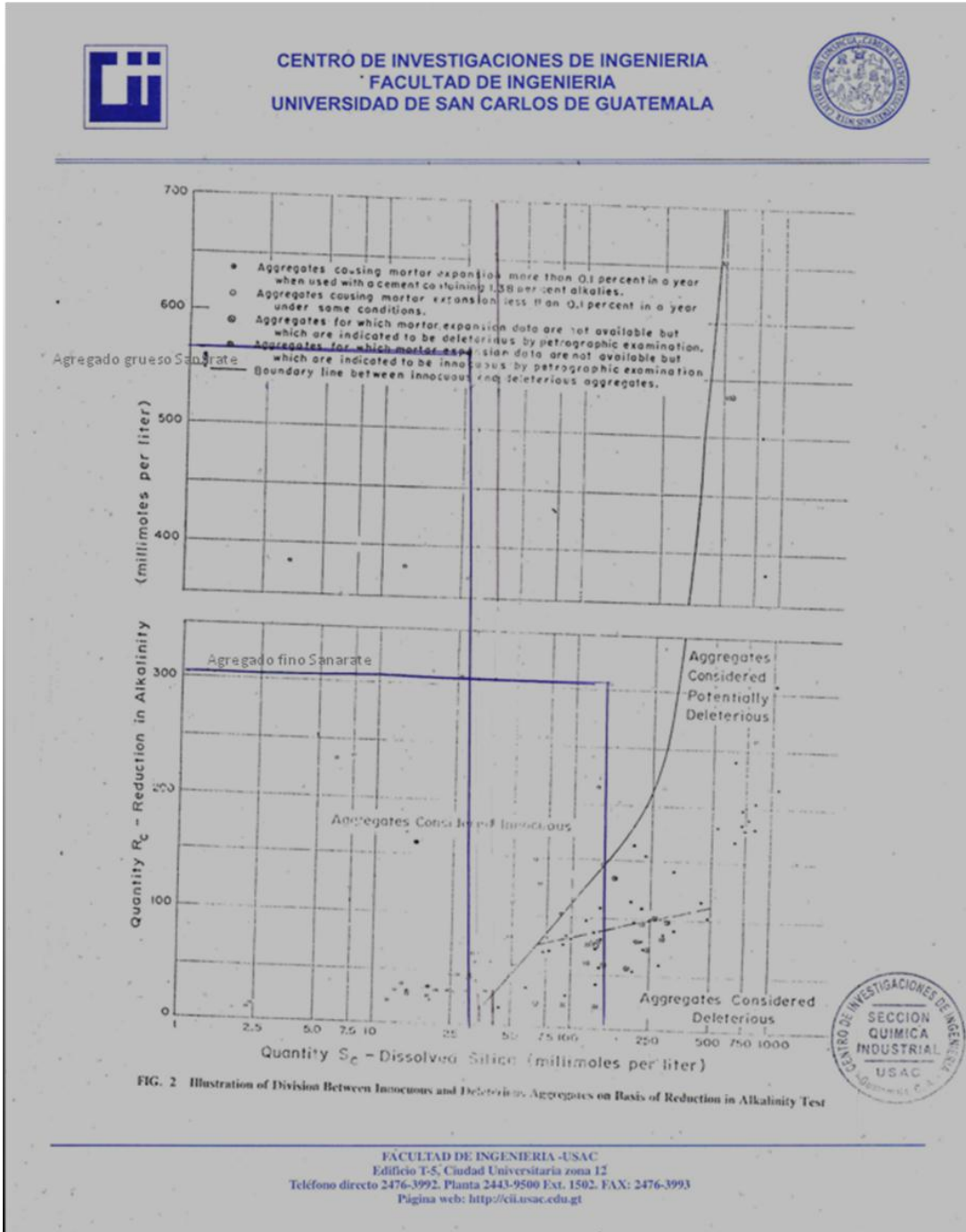

Vo.Bo. Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
Director
Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC

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

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 34. Informe de la norma ASTM C-295-08 de agregado grueso y

fino de banco Sinaca



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 35. Informe de la norma ASTM C-295-08 de agregado grueso E1

Fiscal y agregado fino banco Las Cañas

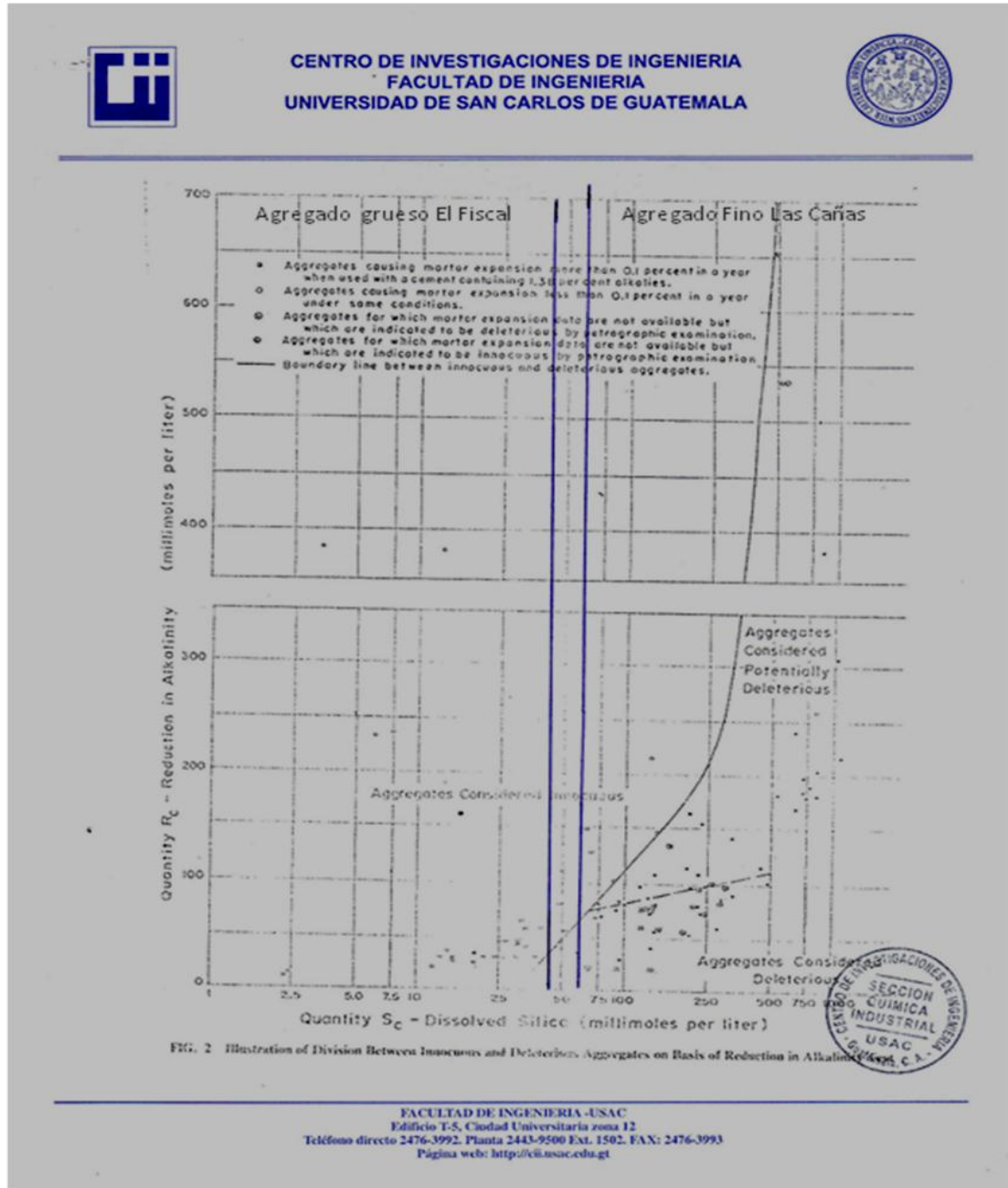


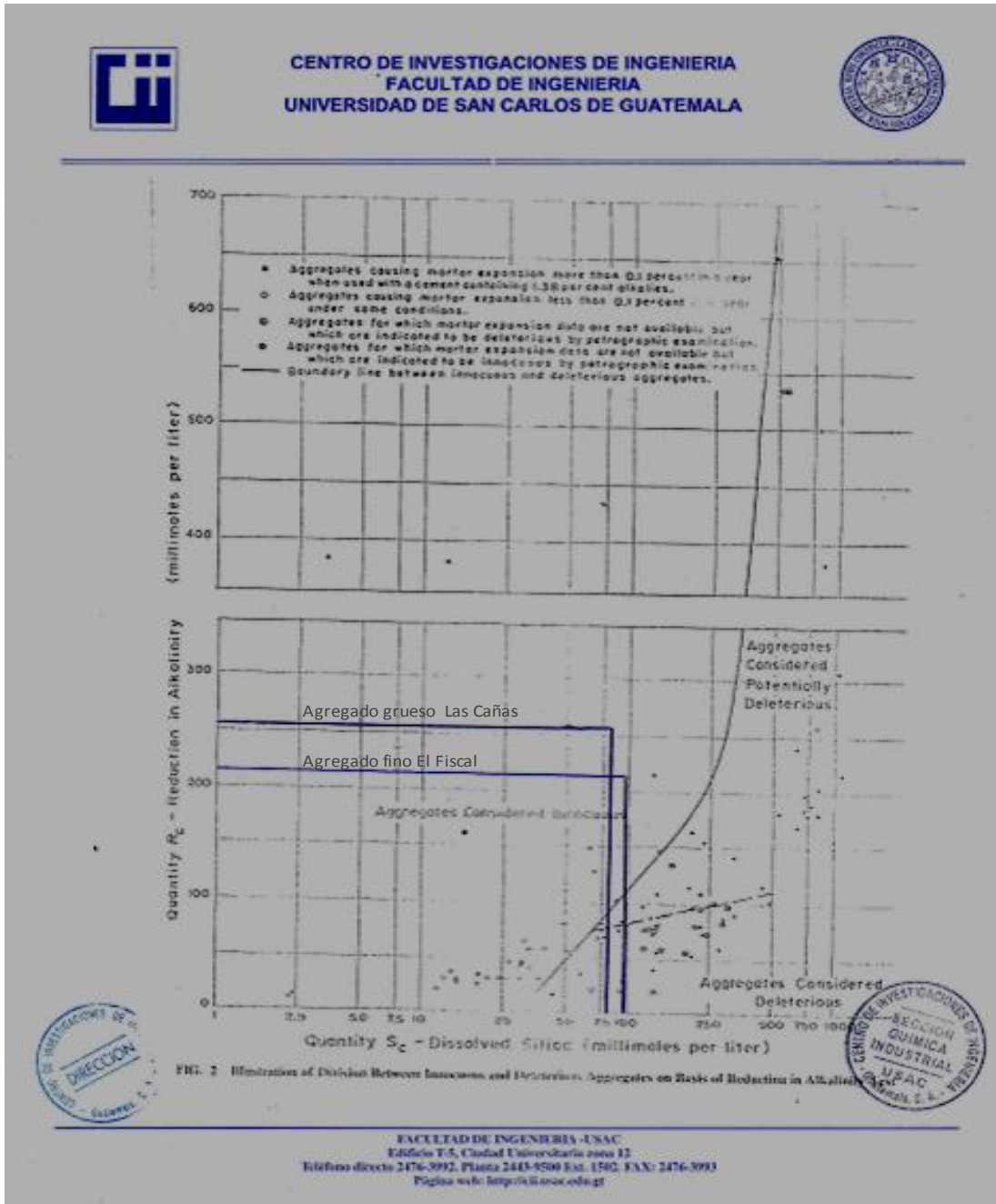
FIG. 2 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalininity

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://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 36. Informe de la norma ASTM C-295-08 de agregado grueso

banco Las Cañas y agregado fino banco El Fiscal



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 37. Informe de la norma ASTM C-131-06 banco El Fiscal



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



INFORME No. S.C- 521 O.T. No. 23152

INTERESADO: Willian Alfredo Mayèn Mayèn
 ASUNTO: ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASION EN MAQUINA DE LOS ANGELES PARA AGREGADO GRUESO.
 PROYECTO: Tesis Análisis Y Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de Agregados de Dos Bancos
 PROCEDENCIA: -----
 FECHA: 3 de julio de 2008

REFERENCIAS	MUESTRAS			
	1	2	3	4
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131	*****	*****	*****
2. Graduación	"B"	*****	*****	*****
3. % Desgaste	66.00	*****	*****	*****

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.
 b) Muestra, Banco El Fiscal Palencia



ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
 Director CII/USAC

Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol
 Jefa Sección de Concretos



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 38. Informe de la norma ASTM C-131-06 banco Sinaca



INFORME No. S.C- 520 O.T. No. 23152


INTERESADO: Willian Alfredo Mayèn Mayèn
 ASUNTO: ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASION EN MAQUINA DE LOS ANGELES PARA AGREGADO GRUESO.
 PROYECTO: Tesis Análisis Y Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de Agregados de Dos Bancos
 PROCEDENCIA: _____
 FECHA: 4 de julio de 2008

REFERENCIAS	MUESTRAS			
	1	2	3	4
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131	*****	*****	*****
2. Graduación	"C"	*****	*****	*****
3. % Desgaste	19.40	*****	*****	*****

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.
 b) Muestra, Banco Sinaca

ATENTAMENTE,

Vo.Bo. 
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
 Director CII/USAC


 Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol
 Jefa Sección de Concretos

E.S

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 39: Informe de la norma ASTM C-131-06 banco Las Cañas



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



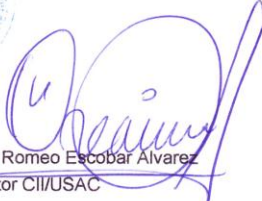
INFORME No. S.C- 522 O.T. No. 23152


INTERESADO: Willian Alfredo Mayèn Mayèn
 ASUNTO: ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASION EN MAQUINA DE LOS ANGELES PARA AGREGADO GRUESO.
 PROYECTO: Tesis Análisis Y Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de Agregados de Dos Bancos
 PROCEDENCIA: _____
 FECHA: 4 de julio de 2008


REFERENCIAS	MUESTRAS			
	1	2	3	4
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131	*****	*****	*****
2. Graduación	"A"	*****	*****	*****
3. % Desgaste	23.80	*****	*****	*****


OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.
 b) Muestra, Banco Las Cañas

ATENTAMENTE,

Vo.Bo. 
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
 Director CII/USAC


 Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol
 Jefa Sección de Concretos





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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 40. Informe de resistencia de cilindros de concreto ASTM C-39-05

para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ diseño agregado fino y grueso del banco El Fiscal



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



Nº 11705

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

NORMA ASTM C-39

INFORME No. S. C. - 235

O.T. No. 24445

HOJA 1/1

INTERESADO: William Alfredo Mayen Mayen Carné No.199811591

ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Análisis y Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de agregados de dos bancos del municipio de Palencia y uno del Municipio de Sanarate."

DIRECCION: Municipio de Palencia y Municipio de Sanarate.

FECHA: 14 de enero de 2010.

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
1	145-03	20/02/09	3	Control de Calidad	11,320	15,167	106,71	1517,70
2	146-03	20/02/09	3	Control de Calidad	11,380	15,220	105,96	1507,08
3	147-03	20/02/09	7	Control de Calidad	11,434	15,133	126,09	1793,40
4	148-03	20/02/09	7	Control de Calidad	11,396	15,207	137,36	1953,76
5	149-03	20/02/09	28	Control de Calidad	11,491	15,193	185,14	2633,31
6	150-03	20/02/09	28	Control de Calidad	11,450	15,060	178,25	2535,27

OBSERVACIONES :

- Agregado de Banco El Fiscal
- Diseño de mezcla en Proporción: 1:2,52:3,03:0,68
- El interesado Proporciono el material para la mezcla
- el Asentamiento en la mezcla fue de $2 \frac{1}{2}$ ".

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jo
Jefa Sección de Concretos



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 41. Informe de resistencia de cilindros de concreto ASTM C-39-05

para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ diseño agregado fino y grueso del banco Las Cañas



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



Nº 11706

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO
NORMA ASTM C-39

INFORME No. S. C. - 234
HOJA 1/1

O.T. No. 24445

INTERESADO: William Alfredo Mayen Mayen Carné No.199811591
ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Análisis y Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de agregados de dos bancos del municipio de Palencia y uno del Municipio de Sanarate."
DIRECCION: Municipio de Palencia y Municipio de Sanarate.
FECHA: 14 de enero de 2010.

No. CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
1	139-03	20/02/09	3	Control de Calidad	13,195	15,150	207,59	2952,60
2	140-03	20/02/09	3	Control de Calidad	13,225	15,090	225,73	3210,61
3	141-03	20/02/09	7	Control de Calidad	13,437	15,183	248,02	3527,59
4	142-03	20/02/09	7	Control de Calidad	13,470	15,183	251,77	3581,03
5	143-03	20/02/09	28	Control de Calidad	13,521	15,137	340,29	4840,05
6	144-03	20/02/09	28	Control de Calidad	13,392	15,210	294,58	4189,87

OBSERVACIONES :

- Agregado de Banco Las Cañas
- Diseño de mezcla en Proporción: 1:1,43:3,65:0,62
- El interesado Proporciono el material para la mezcla
- el Asentamiento en la mezcla fue de 2".

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 42. Informe de resistencia de cilindros de concreto ASTM C-39-05

para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ diseño agregado fino y grueso del banco Sinaca



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



Nº 11707

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO
NORMA ASTM C-39

INFORME No. S. C. - 233
HOJA 1/1

O.T. No. 24445

INTERESADO: William Alfredo Mayen Mayen Carné No.199811591

ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Análisis y Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de agregados de dos bancos del municipio de Palencia y uno del Municipio de Sanarate."

DIRECCION: Municipio de Palencia y Municipio de Sanarate.

FECHA: 14 de enero de 2010.

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	133-03	20/02/09	3	Control de Calidad	13.120	15,243	155,35	2209,51
2	134-03	20/02/09	3	Control de Calidad	13.115	15,190	150,18	2136,05
3	135-03	20/02/09	7	Control de Calidad	13.235	15,190	181,47	2581,07
4	136-03	20/02/09	7	Control de Calidad	13.320	15,127	189,30	2692,47
5	137-03	20/02/09	28	Control de Calidad	13.288	15,193	255,20	3629,70
6	138-03	20/02/09	28	Control de Calidad	13.243	15,180	243,11	3457,84

OBSERVACIONES :

- Agregado de Banco Sinaca
- Diseño de mezcla en Proporción: 1:3,56:4,63:0,68
- El interesado Proporciono el material para la mezcla
- el Asentamiento en la mezcla fue de 3".

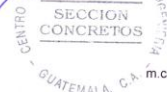
Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jól
Jefa Sección de Concretos



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.