



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

**ANÁLISIS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO UTILIZADOS EN
CIUDADES EN CRECIMIENTO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

Augusto Antonio Santizo Mazariegos

Asesorado por el Ing. Julio Roberto Luna Aroche

Guatemala, mayo de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO UTILIZADOS EN
CIUDADES EN CRECIMIENTO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

AUGUSTO ANTONIO SANTIZO MAZARIEGOS
ASESORADO POR EL ING. JULIO ROBERTO LUNA AROCHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2013

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	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

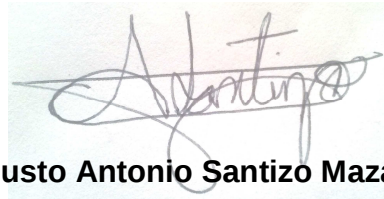
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Hernández Canales
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO UTILIZADOS EN CIUDADES EN CRECIMIENTO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 11 de mayo de 2011.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Augusto', is written over a light blue rectangular background.

Augusto Antonio Santizo Mazariegos

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Elvira Mazariegos y Julio Santizo, por su amor y apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida.
Mis hermanos	Fernando y Gabriela Santizo, por su amistad y apoyo únicos.
Mi abuela	Zoila Aceituno, por su amor y apoyo incondicional.
Mi novia	Kleidy Escalante, por ser un ángel en mi vida.
Mis amigos y compañeros de la Facultad de Ingeniería	Por el apoyo brindado.
La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala	Por su enorme contribución al servicio y desarrollo del país.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres	Por sus sacrificios y esfuerzos para obtener este triunfo.
Ingeniero Julio Luna	Por su apoyo y asesoramiento en el presente trabajo de graduación.
Personal del CESEM	Por su apoyo en el presente trabajo de graduación.
Todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en la elaboración de este trabajo de graduación	Gracias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Análisis de las propiedades físicas de los agregados.....	1
1.1.1. Descripción general de la Norma ASTM C-33.....	1
1.1.1.1. Agregado fino	2
1.1.1.2. Agregado grueso	3
1.1.2. Absorción y contenido de humedad, peso específico y peso unitario	6
1.2. Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados.....	8
1.2.1. Ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles, según Norma ASTM C-131.....	9
1.3. Análisis de las propiedades químicas de los agregados	12
1.3.1. Examen petrográfico de agregados, ASTM C-295 ...	13
1.3.1.1. Descripción general de la norma	13
1.3.2. Método químico para medir la reactividad potencial de los agregados, Norma ASTM C-289.....	14
2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS	17
2.1. Geología general de la República de Guatemala	17
2.1.1. Alta Verapaz	22

2.1.2.	Chimaltenango	26
2.1.3.	Chiquimula	29
2.1.4.	El Progreso.....	33
2.1.5.	Escuintla.....	38
2.1.6.	Guatemala.....	43
2.1.7.	Huehuetenango	50
2.1.8.	Jutiapa.....	54
2.1.9.	Petén	61
2.1.10.	Quetzaltenango	64
2.1.11.	Retalhuleu	69
2.1.12.	San Marcos	72
2.1.13.	Suchitepéquez.....	78
2.1.14.	Totonicapán.....	82
2.1.15.	Zacapa	85
CONCLUSIONES		91
RECOMENDACIONES		95
BIBLIOGRAFÍA.....		97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Máquina de los Ángeles	11
2.	Leyenda geológica	19
3.	Mapa geológico de Guatemala	20
4.	Mapa de la división departamental.....	21
5.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Alta Verapaz.....	23
6.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Chimaltenango	27
7.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Chiquimula	31
8.	Localización de bancos de materiales en el departamento de El Progreso.....	35
9.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Escuintla.....	40
10.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Guatemala.....	46
11.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Huehuetenango.....	52
12.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Jutiapa	56
13.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Petén.....	62

14.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Quetzaltenango.....	66
15.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Retalhuleu.....	70
16.	Localización de bancos de materiales en el departamento de San Marcos	74
17.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Suchitepéquez	79
18.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Totonicapán	83
19.	Localización de bancos de materiales en el departamento de Zacapa.....	87

TABLAS

I.	Límites de clasificación para el agregado fino	2
II.	Límites de sustancias nocivas en el agregado fino para el concreto.....	4
III.	Requisitos de clasificación para los agregados gruesos	5
IV.	Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 gramos de muestra.....	12
V.	Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Alta Verapaz	24
VI.	Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Alta Verapaz	25
VII.	Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Chimaltenango	28
VIII.	Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Chimaltenango	28

IX.	Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Chiquimula	32
X.	Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Chiquimula	32
XI.	Resultados de los ensayos 9A en el agregado fino, departamento de El Progreso	36
XII.	Resultados de los ensayos 16A en el agregado fino, departamento de El Progreso	36
XIII.	Resultados de los ensayos 9B en el agregado grueso, departamento de El Progreso	37
XIV.	Resultados de los ensayos 16A en el agregado grueso, departamento de El Progreso	37
XV.	Resultados de los ensayos 6A en el agregado fino, departamento de Escuintla.....	41
XVI.	Resultados de los ensayos 1C en el agregado fino, departamento de Escuintla.....	41
XVII.	Resultados de los ensayos 6A en el agregado grueso, departamento de Escuintla.....	42
XVIII.	Resultados de los ensayos 1C en el agregado grueso, departamento de Escuintla.....	42
XIX.	Resultados de los ensayos 1A y 1B en el agregado fino, departamento de Guatemala.....	47
XX.	Resultados de los ensayos 10A, 10B y 10C en el agregado fino, departamento de Guatemala.....	47
XXI.	Resultados de los ensayos 16B y 16C en el agregado fino, departamento de Guatemala.....	48
XXII.	Resultados de los ensayos 1A y 1B en el agregado grueso, departamento de Guatemala.....	48

XXIII.	Resultados de los ensayos 16B y 16C en el agregado grueso, departamento de Guatemala.....	49
XXIV.	Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Huehuetenango	53
XXV.	Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Huehuetenango	53
XXVI.	Resultados de los ensayos 15A y 15B en el agregado fino, departamento de Jutiapa	57
XXVII.	Resultados de los ensayos 17A y 17B en el agregado fino, departamento de Jutiapa	57
XXVIII.	Resultados de los ensayos 18A y 18B en el agregado fino, departamento de Jutiapa	58
XXIX.	Resultados de los ensayos 15A y 15B en el agregado grueso, departamento de Jutiapa	58
XXX.	Resultados de los ensayos 17A y 17B en el agregado grueso, departamento de Jutiapa	59
XXXI.	Resultados de los ensayos 18A y 18B en el agregado grueso, departamento de Jutiapa	59
XXXII.	Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Petén	63
XXXIII.	Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Petén	63
XXXIV.	Resultados de los ensayos 1E en el agregado fino, departamento de Quetzaltenango	67
XXXV.	Resultados de los ensayos 7A en el agregado fino, departamento de Quetzaltenango	67
XXXVI.	Resultados de los ensayos 7B en el agregado grueso, departamento de Quetzaltenango	68

XXXVII.	Resultados de los ensayos 1E en el agregado grueso, departamento de Quetzaltenango.....	68
XXXVIII.	Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Retalhuleu.....	71
XXXIX.	Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Retalhuleu.....	71
XL.	Resultados de los ensayos 2A, 2D, 2E, 2F, 2G y 2H en el agregado fino, departamento de San Marcos.....	75
XLI.	Resultados de los ensayos 6B en el agregado fino, departamento de San Marcos.....	75
XLII.	Resultados de los ensayos 2A, 2B, 2C, 2I y 2J en el agregado grueso, departamento de San Marcos.....	76
XLIII.	Resultados de los ensayos 6B en el agregado grueso, departamento de San Marcos.....	76
XLIV.	Resultados de los ensayos 1D en el agregado fino, departamento de Suchitepéquez	80
XLV.	Resultados de los ensayos 14B en el agregado fino, departamento de Suchitepéquez	80
XLVI.	Resultados de los ensayos 1D en el agregado grueso, departamento de Suchitepéquez	81
XLVII.	Resultados de los ensayos 14B en el agregado grueso, departamento de Suchitepéquez	81
XLVIII.	Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Totonicapán	84
XLIX.	Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Totonicapán	84
L.	Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Zacapa.....	88

LI.	Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Zacapa.....	88
-----	--	----

GLOSARIO

Abrasión	Acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material.
Álcalis	Óxidos, hidróxidos y carbonatos de los metales alcalinos. Se forman al contacto con el agua. En el cemento Portland estos elementos alcalinos son el sodio y el potasio.
Andesita	Roca volcánica constituida por el feldespato plagioclasa y por minerales máficos (biotita, anfíboles y piroxenos). Es característica de los volcanes que surgen en los bordes continentales.
ASTM	Siglas que corresponden a la entidad American Society For Testing And Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
Basalto	Roca ígnea en la que predominan los minerales de color oscuro, con más de 50% de feldespatos plagioclasa y el resto de silicatos ferromagnésicos. Los basaltos y las andesitas representan aproximadamente el 98 por ciento de todas las rocas extrusivas.

Calcita	Carbonato de calcio, muy abundante, que cristaliza en formas del sistema hexagonal, generalmente blanco puro, a veces transparente.
Cuarzo	Mineral formado por la sílice, de fractura concoidea, brillo vítreo, incoloro cuando es puro, y de color que varía según las sustancias con que está mezclado, y tan duro que raya el acero. Es el mineral más abundante de la corteza terrestre.
Escala de Mohs	Es una relación de diez minerales ordenados por su dureza, de menor a mayor. Se basa en el principio que una sustancia dura puede rayar a una más blanda, pero no es posible lo contrario.
Inocuo	Que no es nocivo, que no hace daño.
Plagioclasa	Mineral perteneciente al grupo de feldespatos de sodio y calcio. Sus minerales principales son la albita y la anortita, posee un color blanco y brillo vítreo nacarado.
Pómez	Vidrio volcánico muy poroso y ligero debido a la liberación de los gases que contenía la lava de la que procede.
Riolita	Roca volcánica constituida mineralógicamente por cuarzo, feldespato y mica.

RESUMEN

La importancia de los agregados utilizados en el concreto radica en que ocupa del 60 al 75 por ciento de su volumen. Los agregados se mantienen activos luego de ser combinados con el cemento, agua y aditivos. Esta actividad puede ser cambios físicos, mecánicos y/o químicos. Por esta razón es importante tener un control de las propiedades de los materiales que serán utilizados en la elaboración del concreto realizando los ensayos correspondientes con base a las normas aplicables en el país.

El aumento de los proyectos constructivos en el país ha provocado la explotación y uso de materiales cercanos al proyecto, por lo que es importante recopilar información de diversos bancos de materiales ubicados en los departamentos. Esto podrá ser utilizado solamente como referencia del tipo de agregados en los departamentos, ya que para conocer exactamente las propiedades de los materiales de algún banco en específico, es importante realizar los ensayos correspondientes.

En este trabajo de investigación se realizó una recopilación de las propiedades físicas y mecánicas de materiales de diversos bancos ubicados en algunos departamentos del país. De igual manera, se muestra la ubicación geológica de dichos bancos, así como una síntesis de su clasificación geológica.

OBJETIVOS

General

Realizar una recopilación de la información geológica y de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de varios bancos de agregados en la República de Guatemala y de su influencia en la calidad del concreto.

Específicos

1. Identificar los tipos de roca que se encuentran en mayor presencia en los agregados, determinar sus características petrográficas y los departamentos donde se encuentran.
2. Determinar la influencia de las características petrográficas de los agregados, según la Norma ASTM C-295 en las propiedades del concreto y sus repercusiones en una mezcla de concreto.
3. Obtener información de los bancos de agregados gruesos, para determinar cuáles no cumplen con las especificaciones establecidas referentes a las propiedades físico mecánicas y las repercusiones que puede tener en el concreto.
4. Determinar que bancos de agregado fino no cumplen con los parámetros establecidos en las Normas ASTM aplicables, referentes a las propiedades físico mecánicas y la influencia que puede tener en el concreto.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala las construcciones civiles utilizan el concreto como parte fundamental de las mismas, por lo tanto es importante en el desarrollo de la construcción tener información sobre la calidad de los agregados para construir.

La importancia de los agregados lleva a la investigación de sus propiedades físicas, mecánicas, petrográficas y químicas, las cuales se determinan aplicando las Normas ASTM C-33, C-131, C-289, C-295 respectivamente.

El país cuenta con una diversidad de bancos de agregados de los cuales es importante tener una referencia que determine la calidad que cada uno de ellos posee para el mejoramiento del concreto en la construcción.

1. MARCO TEÓRICO

Las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados, como su peso volumétrico, solidez resistencia a la abrasión y las características térmicas, influyen en la resistencia y en el endurecimiento, así como también en la durabilidad y la resistencia al intemperismo.

1.1. Análisis de las propiedades físicas de los agregados

Los agregados para concreto deben estar formados de partículas duras y compactas (peso específico elevado) de textura y forma adecuada con una buena distribución de tamaños (buena granulometría). Los agregados suelen estar contaminados con limo, arcilla, humus y otras materias orgánicas. Algunos tienen porcentajes altos de material liviano o de partículas de forma alargada o plana, tales sustancias o partículas defectuosas restan calidad y resistencia al concreto y las especificaciones fijan los límites permisibles de tolerancia. Se acepta como norma de calidad la especificación ASTM C-33, la cual se describe de forma general a continuación.

1.1.1. Descripción general de la Norma ASTM C-33

Esta especificación define los requisitos de clasificación y la calidad de agregado fino y grueso para su uso en concreto, así como el tamaño máximo nominal del agregado. Esta especificación es considerada como adecuada para garantizar materiales satisfactorios en el concreto.

1.1.1.1. Agregado fino

Los agregados finos pueden ser de origen natural, arenas manufacturadas, de roca triturada o bien una combinación de ambos. Cualquier material que pasa el tamiz No. 4 es decir un tamiz con cuatro aberturas por pulgadas lineales es considerado como fino.

- **Clasificación**

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites que se muestran en la tabla I.

Tabla I. **Límites de clasificación para el agregado fino**

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	5 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Fuente: Normas de la Asociación Americana para el ensayo de materiales,
Vol. 04.02 Norma C-33-03 p. 5

El agregado fino no deberá tener más de 45 por ciento retenido entre dos tamices consecutivos de los indicados en la tabla I.

- Sustancias perjudiciales

La cantidad de sustancias nocivas del agregado fino no excederá de los límites establecidos en la tabla II. El agregado fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. A excepción de los límites presentados en la tabla II, los agregados sujetos a la prueba de impurezas orgánicas que produzcan un color más oscuro que lo habitual deben ser rechazados, a excepción de las siguientes condiciones:

- o El uso del agregado fino que falle en la prueba de impurezas orgánicas puede utilizarse siempre y cuando la decoloración se deba principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas similares.
- o El uso del agregado fino que falle en la prueba de impurezas orgánicas puede utilizarse cuando se ensaye un mortero a compresión y el mismo posea una resistencia no menor al 95 por ciento a los siete días, calculado según la Norma ASTM C-87.

1.1.1.2. Agregado grueso

El agregado grueso estará compuesto de grava, grava triturada, roca triturada, escoria de hornos, concreto de cemento hidráulico triturado o una combinación de las anteriores.

- Clasificación

Los agregados gruesos deben conformar los requerimientos descritos en la tabla III para cada número de tamiz, según el tamaño del agregado a utilizar.

El tamaño del agregado se encuentra en función de las necesidades específicas para el diseño del concreto.

- Sustancia perjudiciales

Los agregados gruesos utilizados en la fabricación de concreto deben de estar libres de cantidades excesivas de sustancias como arcilla, carbón y lignito, cenizas y material fino. Los límites permisibles de sustancias perjudiciales están en función del uso que se le dará al concreto.

Las especificaciones de los límites de sustancias perjudiciales en los agregados gruesos a utilizar en la fabricación de concreto se especifican en la norma ASTM C 33 y son similares a los mostrados en la tabla II.

Tabla II. **Límites de sustancias nocivas en el agregado fino para el concreto**

Sustancia	Porcentaje máximo de la masa total de la muestra
Arcilla y partículas disgregables	3,0
Material más fino que el tamiz No. 200(75 μ m):	
Concreto sujeto a abrasión	3,0*
Cualquier otro concreto	5,0*
Cualquier otro concreto	1,0

* En el caso de arena manufacturada, si el material más fino de 75 μ m (tamiz No. 200) consiste en polvo de fractura, libre de arcilla o de pizarra, estos límites pueden incrementarse en 5 y 7 por ciento respectivamente.

Fuente: Normas de la Asociación Americana para el ensayo de materiales, Vol. 04.02
Norma C-33-03 p. 2.

Tabla III. Requisitos de clasificación para los agregados gruesos

No. Tamaño	Tamaño nominal (Apertura de Tamices)	Porcentaje en masa que pasa													
		100 mm (4")	90 a 100 1/2")	75 mm (3")	63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (No.4)	2.36 mm (No.8)	1.18 mm (No.16)	300 µm (No.50)
1	90 a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2")	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	0 a 5	-	-	-	-	-	-	-
2	63 a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2")	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 a 25.0 mm (2 a 1")	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 a 4.75 mm (2" a No.4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 a 19.0 mm (1 1/2 a 3/4")	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 a 4.75 mm (1 1/2" a No.4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25.0 a 12.5 mm (1 a 1/2")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25.0 a 9.5 mm (1 a 3/8")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25.0 a 4.75 mm (1" a No. 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19.0 a 9.5 mm (3/4 a 3/8")	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 a 4.75 mm (3/4" a No.4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5 a 4.75 mm (1/2" a No.4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a No.8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9.5 a 1.18 mm (3/8" a No.16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9*	4.75 a 1.18 mm (No.4 a No.16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

*Un agregado No. 9 se define como agregado fino, se incluye como agregado grueso cuando se combina con un No. 8 para crear un No. 89, que es grueso según

*Un agregado No. 9 se define como agregado fino, se incluye como agregado grueso cuando se combina con un No. 8 para crear un No. 89, que es grueso según terminología C-125

Fuente: Normas de la Asociación Americana para el ensayo de materiales, Vol. 04.02
Norma C-33-03 p. 3.

1.1.2. Absorción y contenido de humedad, peso específico y peso unitario

- Absorción y contenido de humedad

La absorción es el proceso por el cual un líquido es atraído hacia un sólido poroso y tiende a llenar los poros permeables del mismo. El contenido de humedad de un agregado es la relación entre la masa de agua presente en una masa granular dada y el peso seco de la masa, expresado como porcentaje.

Un cambio en el contenido de humedad del uno por ciento, si no se compensa puede cambiar el asentamiento del concreto en 1,5 pulgadas y la resistencia en 300 libras por pulgada cuadrada, es por este motivo que los ensayos de contenido de humedad y absorción deben hacerse. Los agregados pueden estar en uno de los cuatro estados siguientes:

- o Seco al horno, completamente seco y absorbente
- o Seco al aire, seco en superficie pero conteniendo algo de humedad, menor de la requerida para saturar las partículas. Algo absorbente.
- o Saturado y de superficie seca, que es la condición ideal que debe de tener el agregado para que no adicione o absorba agua del concreto.
- o Húmedo o mojado, contiene exceso de humedad en la superficie de las partículas.

Para proporcionar mezclas de concreto, todos los cálculos deben basarse en agregado en condición seco saturada.

Es imposible que los agregados vengan en condición ideal pero puede llegarse a ella por una simple operación aritmética:

$$\text{Humedad superficial} = \text{Humedad total} - \text{factor de absorción}$$

Para los agregados gruesos la absorción se puede determinar de acuerdo con la norma ASTM C 127 y para los agregados finos conforme a la norma ASTM C 128.

- o ASTM C 127. Esta norma se utiliza para la determinación de la densidad media del agregado grueso (sin incluir el volumen de vacíos) y la absorción.
 - o ASTM C 128. Esta norma cubre la determinación de la densidad media del agregado fino (sin incluir el volumen de vacíos), densidad relativa y la absorción.
- Peso específico

La densidad o masa específica de un cuerpo homogéneo es la masa por unidad de volumen de ese cuerpo. Si en lugar de tomar la masa de un cuerpo se toma su peso, se tiene lo que se conoce como peso específico.

En el caso de los agregados se ha introducido una modificación a la definición anterior. Esto se debe a que se hace necesario determinar el peso del volumen aparente de estos materiales (el volumen sin descontar los poros y espacios libres) entonces: peso específico aparente relativo es la relación entre el peso de un volumen aparente de un cuerpo y el peso de otro volumen aparente de otro cuerpo, tomado como comparación, a igual intensidad de la gravedad y en las mismas condiciones de temperatura y presión.

- **Peso unitario**

El peso unitario de un material es el peso de este con respecto a su volumen. Se aplica a condiciones de trabajo, tomando como volumen unitario el pie cúbico o metro cúbico.

Al determinar el peso unitario se observa que este está influenciado por el grado de asentamiento (vacíos) y por el contenido de humedad, por lo que se calcula con el material seco o con distintos grados de humedad, asentado o suelto según indicaciones de la Norma ASTM C-29. Este método determina la densidad de la masa de un agregado compacto o suelto y los vacíos entre las partículas de los agregados finos, gruesos o mixtos. Este método es aplicable a los agregados que no excedan de 5 pulgadas.

1.2. Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados

Con relación a los agregados, la resistencia a ser rayados y la resistencia al desgaste (abrasión) son las propiedades mecánicas que interesa determinar. En el primer caso con relación al equipo de explotación de agregados y en el segundo caso para los efectos de resistencia en el concreto, sobre todo cuando el agregado se utilice en pavimentos o aceras.

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados se emplea el ensayo en la máquina de los Ángeles, de acuerdo con la Norma ASTM C-131. Este ensayo consiste básicamente en colocar el agregado dentro de un cilindro rotatorio con una carga de bolas de acero por un período de tiempo especificado, después de lo cual se determina el porcentaje de desgaste sufrido. El agregado grueso ensayado a desgaste no deberá mostrar una pérdida mayor del 50 por ciento en peso, si fuera el caso, podrá usarse siempre

y cuando produzca resistencias satisfactorias en el concreto de proporciones seleccionadas.

1.2.1. Ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles, según Norma ASTM C-131

Este método cubre el procedimiento para ensayos de agregado grueso de 1 ½ pulgadas (37,5 milímetros), para determinar su resistencia al desgaste en la máquina de los Ángeles. Esta prueba es una medida de la degradación de los agregados minerales de graduaciones normales, resultando de una combinación de acciones incluyendo abrasión o desgaste, impacto y molienda.

El ensayo se realiza en un tambor giratorio de acero que contiene un número determinado de esferas de acero, que depende de la graduación de la muestra. A medida que el tambor gira una placa recoge la muestra y las esferas de acero, transportándolas hasta ser soltadas desde la parte opuesta del tambor creando un efecto de trituración por impacto. El contenido sigue rodando dentro del tambor con una acción de molienda abrasiva hasta que la placa hace impacto y el ciclo se repite. Después del número requerido de revoluciones, el contenido es removido del tambor y la porción de agregado es tamizada para medir el desgaste como el porcentaje de peso perdido.

Se utilizará una máquina de ensayo de desgaste de los Ángeles, como la que se muestra en la figura 1, 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 largo interior de 20 pulgadas.

El cilindro 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 o paleta 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 diámetro aproximado de 46,8 milímetros y cada una con un peso de entre 390 a 445 gramos.

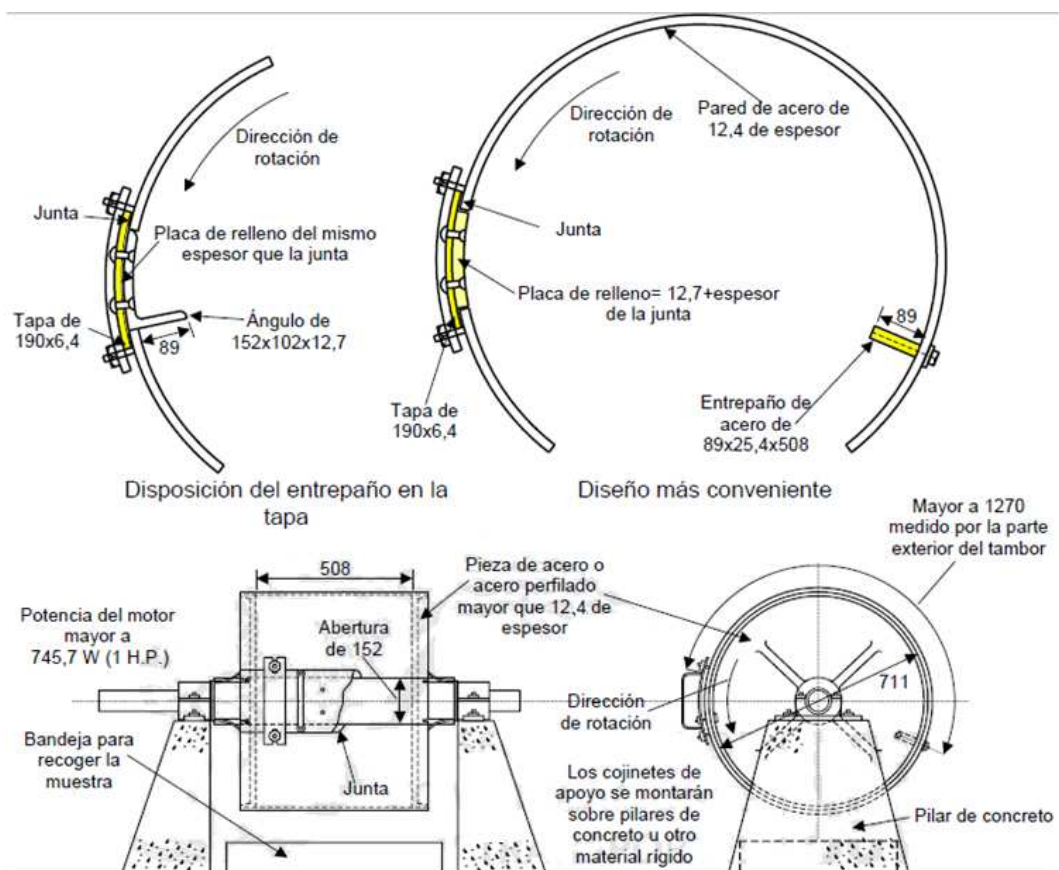
La muestra de ensayo consistirá en agregado que ha sido lavado y secado al horno a temperatura 110 ± 5 grados centígrados, hasta obtener peso constante. La graduación usada será aquella que represente más adecuadamente el agregado suministrado como muestra.

El procedimiento para obtener la resistencia al desgaste al material derivado de los resultados obtenidos es:

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

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

Figura 1. Máquina de los Ángeles



Fuente: Normas de la Asociación Americana para el ensayo de materiales, Vol. 04.02 Norma C-131-03 p. 2.

Tabla IV. **Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 gramos de muestra**

Tipo	Tamices	Peso Retenido (gr.)	No. de esferas	Rev.	Tiempo (min.)
A	1", ¾", ½", ⅜"	1250±10	12	500	17
B	½ " y ⅜"	2500±10	11	500	17
C	¼ " y No. 4	2500±10	8	500	17
D	No. 8	5000	6	500	17

Fuente: Normas de la Asociación Americana para el ensayo de materiales,
Vol. 04.02 Norma C-131-03 p. 2 y 3.

1.3. Análisis de las propiedades químicas de los agregados

Los agregados con alto contenido de sílice pueden producir reacciones dañinas con sustancias alcalinas en un concreto. Estas reacciones pueden ser lentas, y consisten en la generación de hidróxidos de elementos alcalinos cuando estos entran en contacto con el agua, posteriormente al combinarse con sílice hidratada generan un gel de silicato de sodio hidratado que conlleva un aumento de volumen de hasta 50 por ciento. Este cambio de volumen produce fisuras en los agregados y la matriz de cemento, provocando mal desempeño en la función estructural del concreto y en casos severos pueden darse incluso explosiones internas.

Las Normas ASTM para determinar la presencia de sustancias y minerales que provocan reacciones con la pasta de cemento Portland, a corto, mediano o largo plazo son: método de la barra de mortero para determinar la reactividad

potencial del álcali (ASTM C-227), método químico para determinar la reactividad potencial álcali-sílice (ASTM C-289), examen petrográfico (ASTM C-295) y método para determinar la reactividad potencial álcali-carbonato (ASTM C-586). En este trabajo se describirá más ampliamente el examen petrográfico así como el método químico para determinar la reactividad potencial de los agregados.

El método de la Norma ASTM C-227 cubre la susceptibilidad de la reacción por expansión de la combinación del cemento con el agregado que involucra iones de hidróxido asociados con los álcalis (sodio y potasio) mediante la medición del aumento o disminución de longitud de barras de mortero con las condiciones prescritas de prueba.

El método de prueba descrito en la Norma ASTM C-586 cubre la determinación de un espécimen de roca carbonatada mientras se está inmerso en una solución de hidróxido de sodio a temperatura ambiente.

1.3.1. Examen petrográfico de agregados, ASTM C-295

Esta guía perfila los procedimientos y técnicas que deben utilizarse para el examen petrográfico de muestras de materiales propuestos para el uso de los agregados en el hormigón.

1.3.1.1. Descripción general de la norma

Las rocas y los minerales se deberán nombrar según la nomenclatura descriptiva de la norma de descripción de los componentes del hormigón, la ASTM C-294, de la manera más apropiada y de acuerdo a esta guía. La Norma

ASTM C-294 proporciona una breve descripción de los más comunes materiales naturales y artificiales de los agregados minerales.

Los procedimientos que se siguen en el análisis petrográfico de agregados dependen del uso que se le quiera dar a dicho agregado. En ocasiones la petrografía no basta para hacer el estudio y es necesario completarlo con procedimientos como difracción de rayos X. Este permite clasificaciones más seguras de minerales poco comunes y arcillas.

La determinación de constituyentes no es el fin último del análisis petrográfico, pero sí permite efectuar muchas conclusiones importantes a nivel práctico. Lo más importante es determinar si hay componentes que puedan afectar el comportamiento de un agregado en una aplicación específica, como por ejemplo, determinar y cuantificar los componentes reactivos potenciales de álcalis-sílice y álcali-carbonato y recomendar ensayos que confirmen o no la reacción.

1.3.2. Método químico para medir la reactividad potencial de los agregados, ASTM C-289

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 grados Celsius, entre una solución de hidróxido de sodio 1 N y un agregado que ha sido triturado y cernido de forma que pase por un tamiz de 300 micrómetros y quede retenido en el de 150 micrómetros.

Los resultados de este método pueden ser obtenidos rápidamente, y, aunque no son completamente fiables en todos los casos, pueden proporcionar datos útiles.

Este ensayo es aplicable tanto a agregados finos como gruesos; cuando los agregados finos y gruesos provengan del mismo material, puede aplicarse para el agregado total. La muestra de ensayo debe ser preparada de una porción representativa del agregado triturándolo hasta que pase el tamiz de 300 micrómetros (No. 50).

El procedimiento se resume en reducir el agregado grueso triturándolo hasta que pase por el tamiz de 4.75 milímetros (No. 4). Luego se debe tamizar el agregado grueso triturado al igual que la arena hasta obtener partículas de 150 micrómetros. Se descarta el material que pase por el tamiz de 150 micrómetros. Se debe 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. Se reserva la porción retenida en el tamiz de 150 micrómetros como muestra para el ensayo.

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS

La finalidad de localizar bancos es la de obtener materiales que cumplan con las normas de calidad y garantizar que sean los mejores entre todos los disponibles.

2.1. Geología general de la República de Guatemala

En Guatemala dominan dos orientaciones estructurales: 1) Un arco este-oeste, convexo hacia el sur, de rocas cristalinas y sedimentarias, Paleozoicas y Mesozoicas, que se extiende desde Chiapas hasta el Mar Caribe. 2) Un alineamiento noroeste-sureste a través de América Central, representado por rocas volcánicas Terciarias-Recientes, acentuado por una hilera de conos cuaternarios. Las regiones que dominan estas orientaciones se les llama respectivamente: Sierras del Norte de América Central y la Provincia Volcánica. Hacia el norte se encuentra la cuenca Sedimentaria del Petén. Aunque esta cuenca muestra alineamientos similares a la cordillera centroamericana, tiene afinidad más fuerte con la costa del golfo de México. Asimismo en el territorio de Guatemala se distinguen cuatro provincias fisiográficas, que son de sur a norte: planicie costera del pacífico, provincia volcánica o cinturón volcánico, cordillera central de Guatemala, tierras bajas del Petén.

Las cuales se observan en la figura 3 y se describen brevemente a continuación:

- La planicie costera del Pacífico. A lo largo del litoral Pacífico, los productos de la erosión de las Tierras Altas Volcánicas han creado una planicie costera con un ancho promedio de 50 kilómetros.
- La Provincia Volcánica o Cinturón Volcánico. Cubre la parte occidental, sur y oriental de Guatemala, extendiéndose hacia las otras repúblicas centroamericanas. Esta zona se caracteriza por sus altas montañas, por su cadena de altos conos y domos, varios de ellos todavía activos, como por ejemplo los volcanes Santiaguito, Fuego y Pacaya, que se encuentran alineados entre el Plano Costero del Pacífico y un cinturón de rocas volcánicas Terciarias, el otro lado: aquí en esta franja se encuentran también las enormes cuencas que contienen los lagos de Atitlán, Amatitlán y Ayarza, y anchos valles planos, profundamente rellenados con depósitos de pómez Cuaternarios, como los de Chimaltenango, Tecpán Chichicastenango, Quiché, Guatemala y Quetzaltenango.
- La Cordillera Central de Guatemala. La faja de rocas plutónicas, metamórficas y sedimentarias plegadas, que se extiende a través del centro del país, se ha llamado la Cordillera Central de Guatemala; esta forma parte del sistema cordillerano que se desarrolla desde Chiapas hasta las Islas de la Bahía en Honduras.
- Las tierras bajas del Petén. Las tierras bajas del Petén representan un área de bosque tropical húmedo con elevaciones promedio de 100 metros formado por sedimentos Mesozoicos y Terciarios levemente plegados. Sobre calizas y dolomías cretácicas donde se desarrolló un relieve Karst extenso, dando lugar a terrenos muy accidentados. Debido al drenaje subterráneo hay amplias regiones sin suministro de

agua durante la estación seca. En ciertas partes del bosque tropical cede el terreno a amplias sabanas con pinos esparcidos y cerritos calcáreos de tipo Karst, que sobresalen de 30 a 100 metros sobre la planicie de la sabana.

Figura 2. **Leyenda geológica**

La leyenda geológica que aparece a continuación se refiere al mapa geológico de Guatemala de la figura 3.

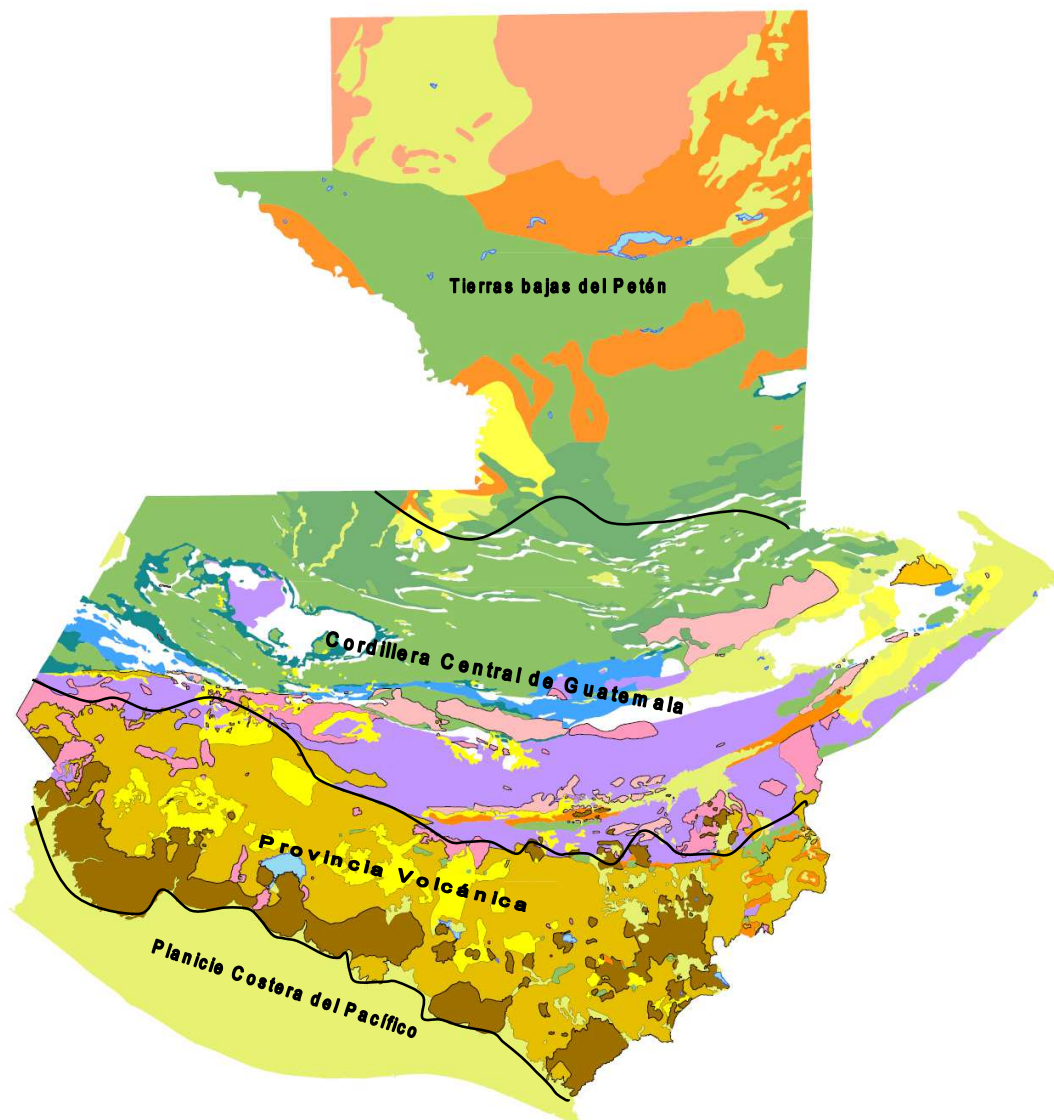
Leyenda

	Qa, Aluviones
	Tsp, Depósitos Continentales
	Tsd, Calizas, areniscas y Conglomerados
	Tic, Yeso y Marga
	Tpe, Sedimentos Marinos
	KTsb, Areniscas Subinal
	KTs, Sedimentos Clásicos Marinos
	Ksd, Carbonatos del Cretácico, Rocas Ultrabásicas
	JKts, Formación Todos Santos
	Pc, Carbonatos del Pérmico
	CPsr, Rocas sedimentarias del Carbonífero y Pérmico
	Qp, Cenizas Volcánicas
	Qv, Rocas Volcánicas
	Tv, Rocas Volcánicas sin dividir
	I, Rocas Plutónicas
	Pi, Rocas ultrabásicas
	Pzm, Rocas Metamórficas
	agua, Agua

Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

Figura 3. **Mapa geológico de Guatemala**

El mapa que aparece a continuación muestra las provincias geológicas y la geología de Guatemala.



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

Los bancos en estudio se encuentran ubicados en los departamentos de: Alta Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, El Progreso, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jutiapa, Petén, Quetzaltenango, Retalhuleu, San Marcos, Suchitepéquez, Totonicapán y Zacapa, los cuales se encuentran identificados en la figura 4.

Figura 4. **Mapa de la división departamental**



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

2.1.1. Alta Verapaz

- Localización geográfica

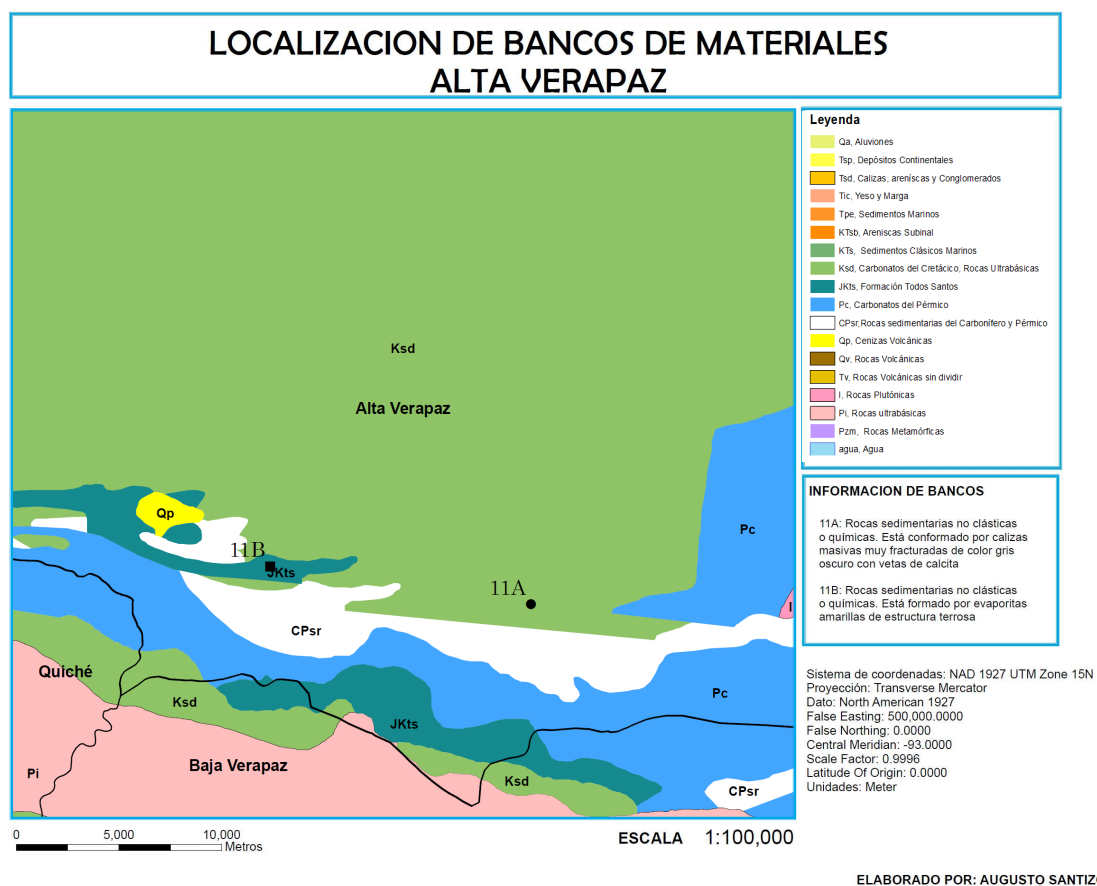
Este es un departamento ubicado al norte de Guatemala, a unos 200 km de la ciudad de Guatemala. Limita al norte con Petén; al este con Izabal; al sur con Zacapa, El Progreso y Baja Verapaz; y al oeste con Quiché. Su cabecera es Cobán. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

Los bancos en estudio se encuentran en la provincia central del cinturón montañoso de Guatemala dentro del denominado Bloque Maya, el cual forma parte de la Placa de Norte América. Esta zona es afectada por el sistema de fallamiento Chixoy-Polochic, en ella afloran las formaciones: Chochal, que consiste en caliza fosilífera y dolomita; Todos Santos, compuesta por conglomerado, arenisca arcósica, arenisca fina, limolita; y Cobán que consiste de calizas de grano fino, muy recrystalizadas, encontrándose algunas veces masivas y muy fracturadas. Esta caliza es de color negruzco al intemperismo y gris en muestra sana, muchas veces contiene vetas características de calcita.

En el municipio de Tactic se ubica el banco de materiales Rojca (11A) de agregado fino y grueso. Este banco está conformado por calizas masivas muy fracturadas de color gris oscuro con vetas de calcita, por lo que de acuerdo a la información geológica de la zona se concluye que forma parte de la formación Cobán. El segundo banco (11B) está conformado por rocas sedimentarias no clásticas o químicas, formado por evaporitas amarillas de estructura terrosa.

Figura 5. Localización de bancos de materiales en el departamento de Alta Verapaz



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla V. **Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Alta Verapaz**

Ensayos	11A	11B	Norma
Peso Específico	2.83	2.67	ASTM C-33
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1972.21	1372.49	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1841.19	1186.95	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	30.26	48.61	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	0.57	0.79	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	0.00	0.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	7.98	35.87	ASTM C-33
Módulo de finura	3.62	2.14	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Mineral predominante	Calcita	Yeso	ASTM C-295

Fuente: PINTO, Carlos. Caracterización de bancos para agregados de concreto y morteros, ubicados en los municipios de Tactic y San Cristóbal Verapaz en el departamento de Alta Verapaz.

Tabla VI. **Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Alta Verapaz**

Ensayos	11A	Norma
Peso Específico	2.85	ASTM C-33
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1601.43	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1459.29	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	43.74	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	0.29	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	25.60	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Dolomita	ASTM C-295

Fuente: PINTO, Carlos. Caracterización de bancos para agregados de concreto y morteros, ubicados en los municipios de Tactic y San Cristóbal Verapaz en el departamento de Alta Verapaz.

- **Análisis de resultados**

Banco 11A: las muestras de agregado grueso indicaron que este se encuentra prácticamente dentro de los límites ASTM. Mientras que el agregado fino presenta un módulo de finura que indica que el material es demasiado grueso, por lo que no rellenará los vacíos entre agregados, producirá un concreto poco denso y por lo tanto con poca resistencia mecánica.

Banco 11B: el porcentaje que pasa el tamiz no. 200 sobrepasa por mucho al límite especificado, el cual es 5. El módulo de finura debe estar entre 2.3 y 3.1, por lo tanto no cumple esta condición a pesar de estar muy cerca del límite inferior.

2.1.2. Chimaltenango

- Localización geográfica

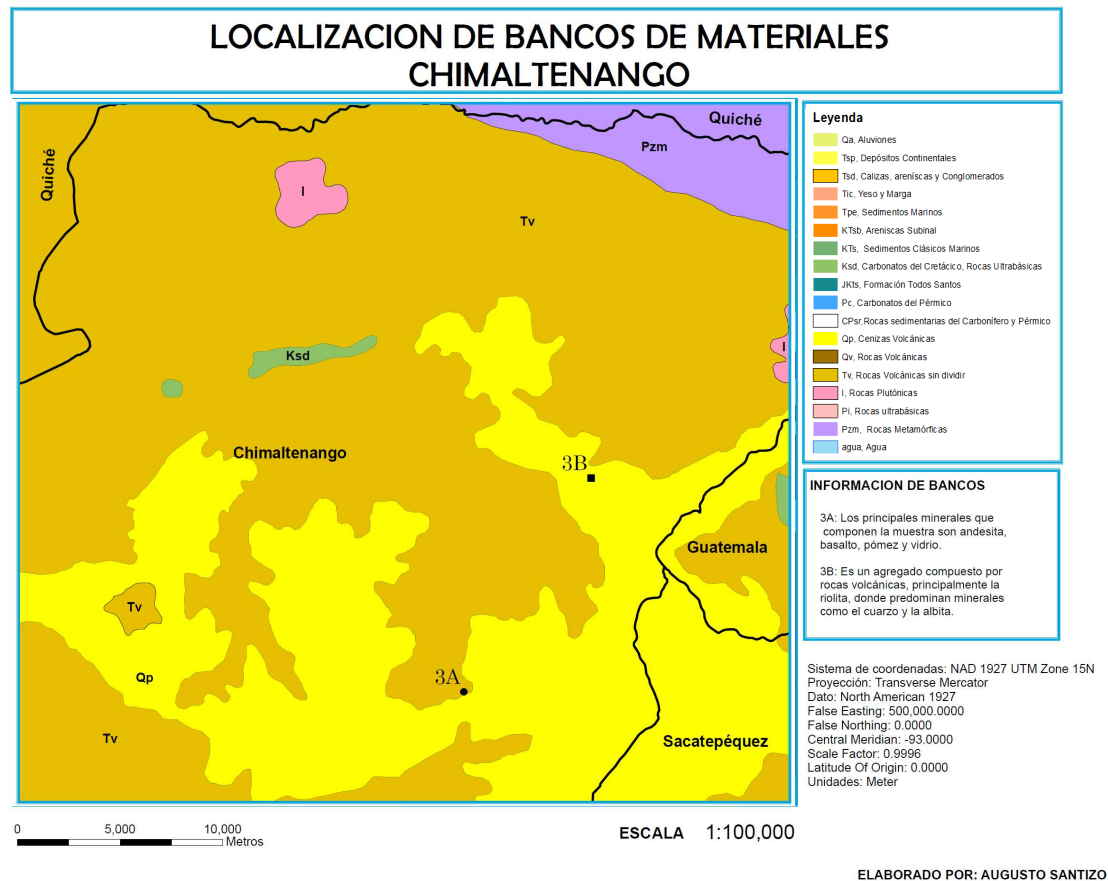
El departamento de Chimaltenango se encuentra situado en la región Central de Guatemala. Limita al norte con los departamentos del Quiché y Baja Verapaz; al este con Guatemala y Sacatepéquez; al sur con Escuintla y Suchitepéquez, y al oeste con Sololá. La cabecera departamental es Chimaltenango, está a una distancia aproximada de 54 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

En el municipio de Chimaltenango en el kilómetro 58.1 de la carretera CA-1, carretera que comunica la ciudad de Guatemala con el occidente del país se encuentra el banco de agregado fino río El Tesoro (3A). Los principales minerales que componen la muestra son andesita, basalto, pómez y vidrio.

De igual manera, en el municipio de Chimaltenango en el kilómetro 65 de la carretera que comunica a la ciudad de Chimaltenango con el municipio de San Martín Jilotepeque, se encuentra el banco de agregado grueso Pedrera Pixcaya (3B). Este banco consiste con un agregado grueso compuesto por rocas volcánicas, principalmente la riolita, donde predominan minerales como el cuarzo y la albita.

Figura 6. Localización de bancos de materiales en el departamento de Chimaltenango



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla VII. **Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Chimaltenango**

Ensayos	3A	Norma
Peso Específico	2.17	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1059.38	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	939.41	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	51.11	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	19.51	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	4.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	1.52	ASTM C-33
Módulo de finura	1.92	ASTM C-33
Componente presente en mayor cantidad	Pómez 83%	ASTM C-295

Fuente: ROMAN, Luis. Examen petrográfico y análisis mineralógico de los bancos de materiales de la ciudad de Chimaltenango.

Tabla VIII. **Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Chimaltenango**

Ensayos	3B	Norma
Color	Blanco-Rosado	ASTM C-295
Textura	Afanítica	ASTM C-295
Estructura	Fluidal	ASTM C-295
Tipo	volcánica	ASTM C-295
Nombre	Riolita	ASTM C-295
Contenido de Oxido de sílice	72.04%	ASTM C-295

Fuente: ROMAN, Luis, Examen petrográfico y análisis mineralógico de los bancos de materiales de la ciudad de Chimaltenango.

- Análisis de resultados

Banco 3A: el agregado fino no se recomienda para ser utilizado para la fabricación de concreto, contiene un porcentaje elevado de pómez, por lo que no cumple con los límites que establece la norma.

Banco 3B: considerando el alto contenido de óxido de sílice que contiene la muestra, la roca que se utiliza como agregado grueso no se recomienda en la elaboración de concreto, tomando como parámetro el alto contenido de sílice que tiende a reaccionar de forma negativa con los álcalis del cemento.

2.1.3. Chiquimula

- Localización geográfica

Chiquimula es un departamento del oriente de Guatemala, ubicado en el norte de la región oriental. Limita al norte con el departamento de Zacapa; al sur con la República de El Salvador y el departamento de Jutiapa; al este con la República de Honduras; y al oeste con los departamentos de Jalapa y Zacapa. La cabecera departamental de Chiquimula se encuentra a una distancia de 174 km aproximadamente, de la ciudad de Guatemala. Referirse al mapa de la figura 4.

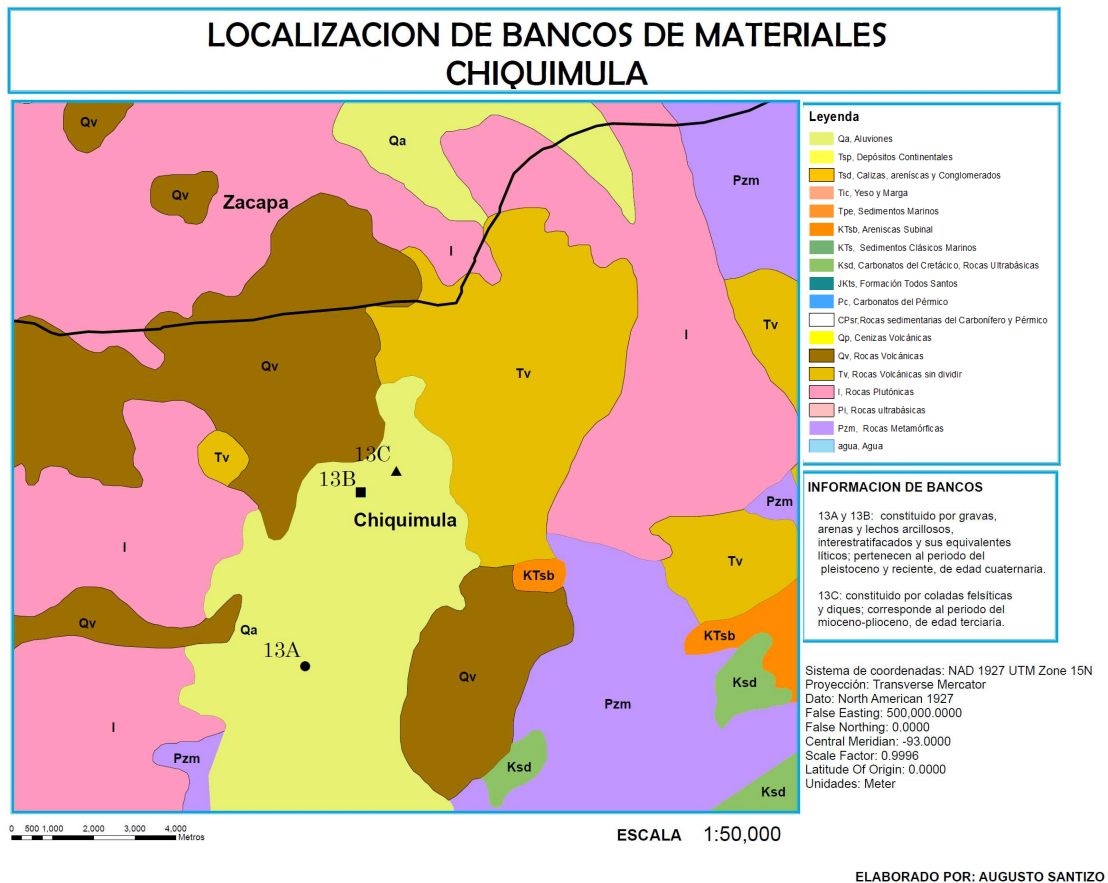
- Localización geológica

En el municipio de Chiquimula en el kilómetro 170, al sur de la cabecera departamental, sobre la carretera CA-10; su acceso se encuentra a un costado del Puente San José, en el río del mismo se encuentra un banco de arena (13A) y en la aldea Petapilla, municipio de Chiquimula, la cual dista a 2.5 kilómetros al

norte de la cabecera departamental por la Ruta Nacional 2, se encuentra el segundo banco de arena en estudio (13B). Ambos bancos se ubican al norte de la falla de Jocotán, en un aluvión (Qal) que se encuentra constituido por gravas, arenas y lechos arcillosos, interestratificados y sus equivalentes líticos; pertenecen al período del pleistoceno y reciente, de edad cuaternaria.

De igual manera, en el caserío Paso del Credo, de la aldea Petapilla, municipio de Chiquimula, a un lado de la vía férrea, en la confluencia de la quebrada de Petapilla con el río Grande se ubica un banco donde se obtuvo el agregado grueso en estudio (13C). Este banco se encuentra al norte de los bancos de materiales de arena y pertenece a la formación del grupo Padre Miguel (Tpm), el cual está constituido por coladas felsíticas y diques; corresponde al período del Mioceno-plioceno, de edad Terciaria.

Figura 7. Localización de bancos de materiales en el departamento de Chiquimula



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla IX. **Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Chiquimula**

Ensayos	13A	13B	Norma
Peso Específico	2.62	2.59	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1642.63	1646.15	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1539.45	1539.45	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	37.39	36.49	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.40	1.24	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	1.00	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	4.88	6.64	ASTM C-33
Módulo de finura	3.96	3.50	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Mineral predominante	Cuarzo	Cuarzo	ASTM C-295

Fuente: MARTÍNEZ, Rudy, calidad de dos bancos de agregados para concreto en el departamento de Chiquimula.

Tabla X. **Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Chiquimula**

Ensayos	13C	Norma
Peso Específico	2.65	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1488.57	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1400.95	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	43.90	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.46	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	16.20	ASTM C-131
Reactividad potencial	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Andesita	ASTM C-295

Fuente: MARTÍNEZ, Rudy, calidad de dos bancos de agregados para concreto en el departamento de Chiquimula.

- Análisis de resultados

Banco 13A: las características del agregado fino son satisfactorias, y por lo tanto, se considera apto para su utilización en la elaboración de concreto.

Banco 13B: las características del agregado fino son satisfactorias, y por lo tanto, se considera apto para su utilización en la elaboración de concreto.

Banco 13C: el agregado grueso, posee características con valores que se encuentran dentro de los rangos de agregados para concreto de peso normal. Cumple especificaciones de la Norma ASTM C-33. Por lo anteriormente descrito el agregado grueso es considerado aceptable para su uso.

2.1.4. El Progreso

- Localización geográfica

Este es un departamento que se encuentra situado en la región nororiental de Guatemala, su cabecera departamental es Guastatoya, limita al norte con el departamento de Alta Verapaz y Baja Verapaz; al sur con Guatemala y Jalapa; al este con Zacapa y Jalapa; y al oeste con Baja Verapaz y Guatemala. La cabecera departamental de El Progreso se encuentra a una distancia de 74 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

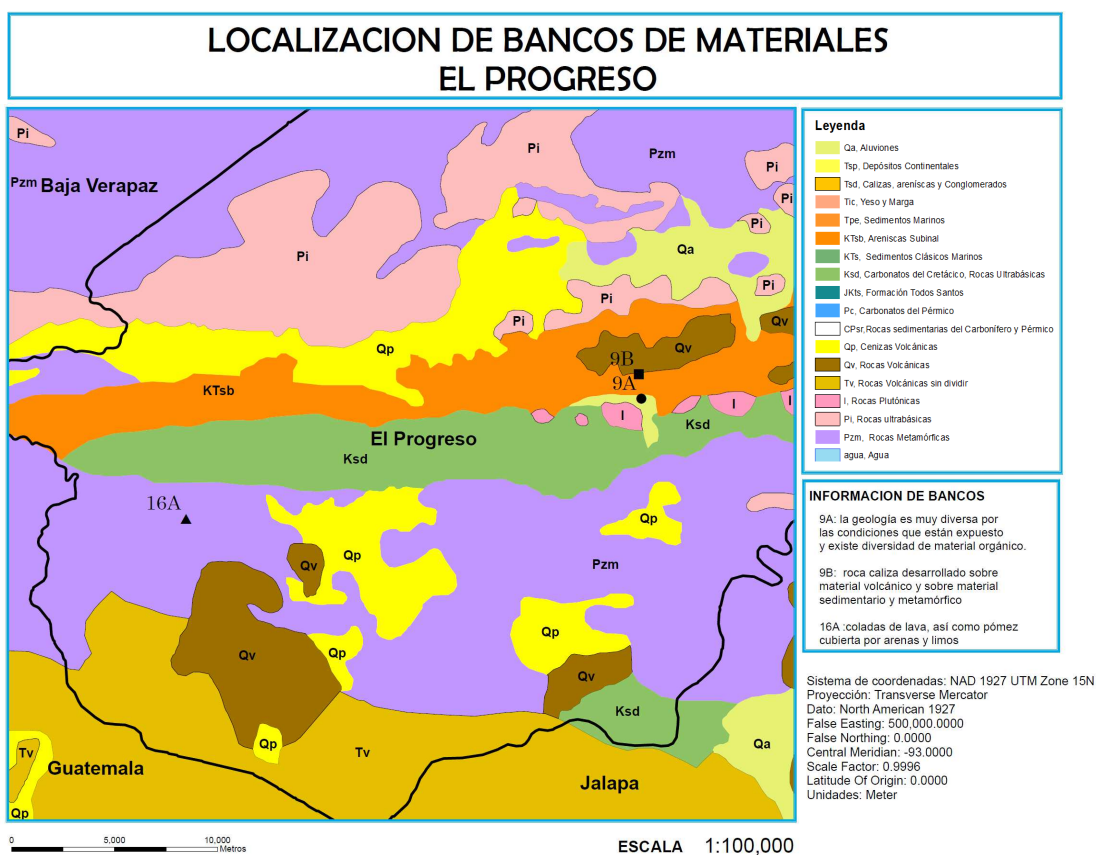
En el municipio de Guastatoya se encuentra un banco de agregado fino (9A) el cual es tomado del río Guastatoya, razón por la cual la geología es muy

diversa y por las condiciones que está expuesto, existe diversidad de material orgánico.

Asimismo, se encuentra un banco de agregado grueso (9B) el cual elabora su material en una piedrinera en la entrada del municipio de Guastatoya. En este banco se encuentra roca caliza desarrollada sobre material volcánico y sobre material sedimentario y metamórfico. El material se ha constituido con los restos de muchísimos esqueletos de animales marinos ricos en carbonato de calcio que se acumularon y posteriormente dieron lugar a la formación de rocas calizas.

En el municipio de Sanarate se encuentra el Banco Sinaca (16A) ubicado en la aldea Sinaca en el kilómetro 49 sobre la ruta al Atlántico. En este banco 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.

Figura 8. Localización de bancos de materiales en el departamento de El Progreso



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XI. **Resultados de los ensayos 9A en el agregado fino, departamento de El Progreso**

Ensayos	9A	Norma
Peso Específico	2.60	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1623.40	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1550.83	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	37.46	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	2.00	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	0.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	0.66	ASTM C-33
Módulo de finura	3.83	ASTM C-33
Reactividad potencial	inocuo	ASTM C-289
Mineral predominante	Esquisto clorítico	ASTM C-295

Fuente: OROZCO, Gilmar. Examen de calidad de agregados para concreto en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Tabla XII. **Resultados de los ensayos 16A en el agregado fino, departamento de El Progreso**

Ensayos	16A	Norma
Peso Específico	2.55	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1640.29	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1535.94	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	35.62	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.36	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	5.46	ASTM C-33
Módulo de finura	3.18	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	ASTM C-289
Roca predominante	Cuarzo	ASTM C-295

Fuente: MAYÉN, Willian, Análisis y caracterización física mecánica química y petrográfica de agregados de dos bancos del municipio de Palencia y uno del municipio de Sanarate.

Tabla XIII. **Resultados de los ensayos 9B en el agregado grueso, departamento de El Progreso**

Ensayos	9B	Norma
Peso Específico	2.65	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1542.43	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1380.00	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	41.80	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.53	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	25.50	ASTM C-131
Reactividad potencial	inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Caliza	ASTM C-295

Fuente: OROZCO, Gilmar, Examen de calidad de agregados para concreto en el municipio de Guastatoya, El Progreso.

Tabla XIV. **Resultados de los ensayos 16A en el agregado grueso, departamento de El Progreso**

Ensayos	16A	Norma
Peso Específico	2.71	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1496.67	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1425.71	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	44.77	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	3.11	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	19.40	ASTM C-131
Reactividad potencial	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Caliza	ASTM C-295

Fuente: MAYÉN, Willian. Análisis y caracterización física mecánica química y petrográfica de agregados de dos bancos del municipio de Palencia y uno del municipio de Sanarate.

- Análisis de resultados

Banco 9A: el agregado fino no cumple con la Norma ASTM C-33, por lo tanto el agregado fino no debe ser usado para la fabricación de concretos. Está formado principalmente de esquisto clorítico y cuarzo ambos dañinos para el concreto por su contenido de sílice.

Banco 9B: el agregado grueso cumple con el límite de resistencia a la abrasión e impacto proporcionado por la Norma ASTM C-131, por lo cual puede ser usado para la fabricación de concretos.

Banco 16A: el agregado fino no cumple con las especificaciones por el módulo de finura y el peso específico. El agregado grueso se considera aceptable para el uso de la dosificación de un concreto de buena calidad.

2.1.5. Escuintla

- Localización geográfica

Este es un departamento situado al sur-centro del país. Posee una extensión territorial de 4 384 kilómetros cuadrados. Su cabecera departamental es Escuintla. Limita al norte con Chimaltenango, Guatemala y Sacatepéquez; al sur con Océano Pacífico; al este con Santa Rosa; y al oeste con Suchitepéquez. Referirse al mapa de la figura 4.

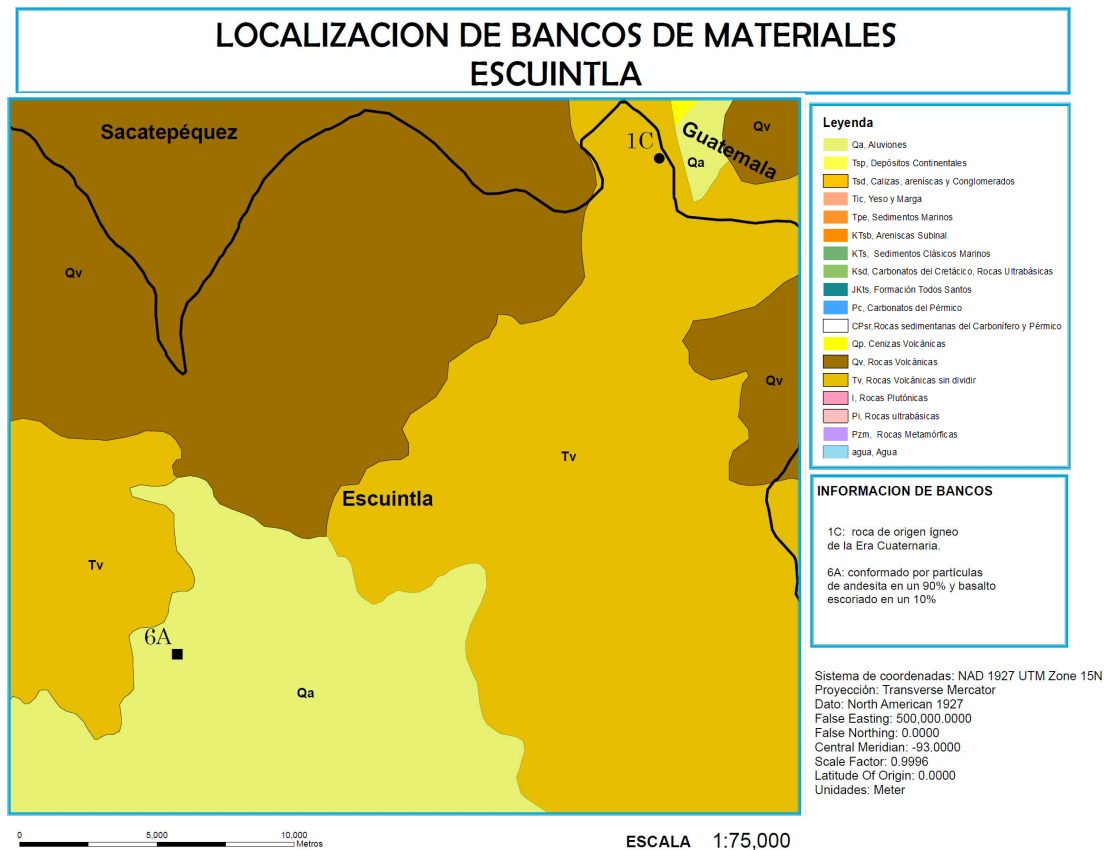
- Localización geológica

En el municipio de Palín se encuentra una planta trituradora (1C) la cual se encuentra ubicada sobre un manto de rocas ígneas del período Cuaternario

Volcánico (Qp); rocas ígneas del período Cuaternario (Qv) (rocas volcánicas). Es un agregado pétreo conformado por partículas de grava de diversa composición, principalmente de basalto-andesita, eventuales fragmentos daríticos, eolíticos e intrusivas ácidos, de color negro y de textura porosa. Es una roca de origen ígneo de la era Cuaternaria.

En el municipio de Escuintla se encuentra un banco de agregados finos y gruesos (6A) ubicados en el cauce del río Guacalate a la altura del kilómetro 62 de la carretera CA-2 de Escuintla a Siquinalá. El agregado en este banco está conformado por partículas de andesita en un 90 por ciento y basalto escoriado en un 10 por ciento, las andesitas de esta área tienen cierto grado de fragilidad por la facilidad de rotura por choque de los fenocristales de la plagioclasa que contiene.

Figura 9. Localización de bancos de materiales en el departamento de Escuintla



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XV. **Resultados de los ensayos 6A en el agregado fino, departamento de Escuintla**

Ensayos	6A	Norma
Densidad Relativa	2.72	ASTM C-127
Masa unitaria suelta húmeda (Kg/m3)	1357.00	ASTM C-29
Masa unitaria suelta seca (Kg/m3)	1620.00	ASTM C-29
Masa unitaria seca compactada (Kg/m3)	1758.00	ASTM C-29
Porcentaje de vacíos	35.39	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.20	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	2.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	5.77	ASTM C-33
Módulo de finura	2.87	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	3.12	ASTM C-88

Fuente: ECUTÉ, Francisco. Evaluación y variabilidad de las propiedades de los agregados de dos plantas, una en Escuintla y la otra en Tecún Umán.

Tabla XVI. **Resultados de los ensayos 1C en el agregado fino, departamento de Escuintla**

Ensayos	1C	Norma
Peso Específico	2.73	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1663.72	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1593.40	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	39.15	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.38	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	2.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	2.86	ASTM C-33
Módulo de finura	2.61	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	3.00	ASTM C-88

Fuente: ORTIZ, Evelyn. Calidad de los Agregados producidos en Guatemala.

Tabla XVII. **Resultados de los ensayos 6A en el agregado grueso, departamento de Escuintla**

Ensayos	6A	Norma
Densidad relativa	2.59	ASTM C-127
Masa unitaria suelta seca (Kg/m3)	1336.00	ASTM C-29
Masa unitaria seca compactada(Kg/m3)	1465.00	ASTM C-29
Porcentaje de vacíos	43.41	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	3.17	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	1.78	ASTM C-88
Porcentaje de desgaste por abrasión	43.50	ASTM C-131
Roca en mayor presencia	Andesita	ASTM C-295

Fuente: ECUTÉ, Francisco. Evaluación y variabilidad de las propiedades de los agregados de dos plantas, una en Escuintla y la otra en Tecún Umán.

Tabla XVIII. **Resultados de los ensayos 1C en el agregado grueso, departamento de Escuintla**

Ensayos	1C	Norma
Peso Específico	2.58	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1378.57	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1282.14	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	46.61	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	4.67	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	0.57	ASTM C-88
Porcentaje de desgaste por abrasión	39.64	ASTM C-131

Fuente: ORTIZ, Evelyn. Calidad de los Agregados producidos en Guatemala.

- Análisis de resultados

Banco 6A: los resultados para la masa unitaria compactada seca tiene poca variabilidad, confirmando un buen grado de uniformidad del material. El agregado grueso tiene una baja resistencia al impacto. En general los materiales se consideran aceptables.

Banco 1C: los resultados de los agregados pétreos muestran valores buenos para su utilización. En los agregados finos muestran características buenas. En los agregados gruesos la granulometría, los porcentajes de absorción, debe tomarse en cuenta en el manejo y diseño de mezclas.

2.1.6. Guatemala

- Localización geográfica

Guatemala es un departamento que limita al norte con el departamento de Baja Verapaz, al noreste con el departamento de El Progreso, al este con el departamento de Jalapa, al sudeste con el departamento de Santa Rosa, al sudoeste con el departamento de Escuintla, al oeste con los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango y al noroeste con el departamento del Quiché. Su capital es la ciudad de Guatemala. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

En el municipio de Guatemala se localiza una planta trituradora (1A) ubicada sobre un manto de rocas ígneas del período Terciario (Tv) (rocas volcánicas sin dividir); rocas ígneas del período Cuaternario (Qp). Es un

agregado pétreo conformado por partículas de caliza y caliza dolomítica usualmente de grano fino y color blanquecino.

El segundo banco de este municipio es el Banco Villalobos (10B) que se ubica en el río del mismo nombre, en el cruce del río Villalobos con la carretera CA-9 sur, que comunica la ciudad de Guatemala con la ciudad de Escuintla y la bifurcación hacia la ciudad San Cristóbal. El banco se ubica geológicamente, en una unidad litológica compuesta por flujos piroclásticos, sedimentos fluviales y depósitos lacustres. Este material es de origen volcánico, los flujos piroclásticos se forman en las erupciones volcánicas muy explosivas, están compuestos básicamente por material ácido (con mucho sílice), aproximadamente en un 80%.

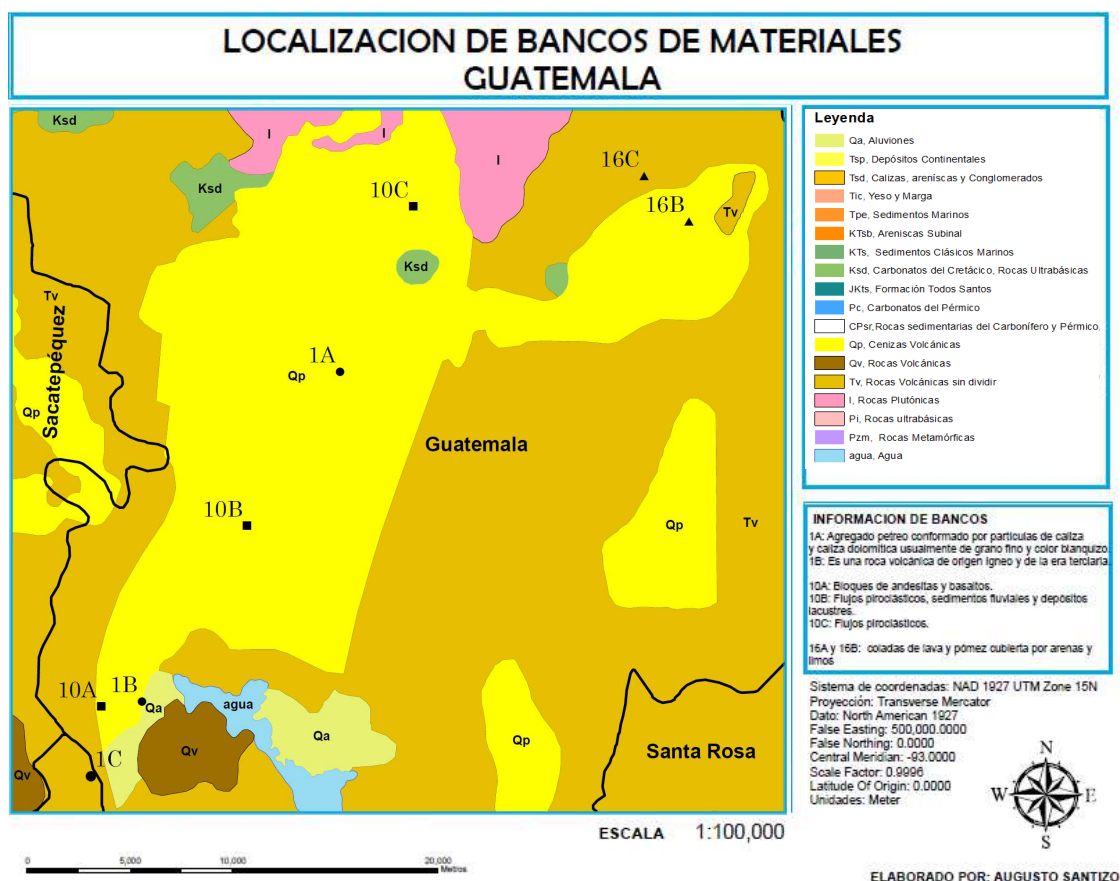
En el mismo municipio se encuentra el Banco Chinautla (10C) ubicado en el río Chinautla, en el cruce de la carretera de acceso a la población y el río Chinautla. El banco se ubica geológicamente, en una unidad litológica compuesta por flujos piroclásticos, los flujos piroclásticos son originados por erupciones plinianas caracterizadas por su extrema violencia y, en ellas se produce la efusión continua de materiales félsicos (silícicos) y poco material básico.

En el municipio de Amatitlán se ubica una planta trituradora (1B) ubicada geológicamente sobre un manto de rocas ígneas y metamórficas del período Cuaternario (Qp); rocas ígneas y metamórficas del período Cuaternario (Qv) (rocas volcánicas). Es un agregado pétreo conformado por partículas de andesita-basalto columnar, abundantes ferro cristales de feldespatos, de color gris negrizco y de grano fino. Es una roca volcánica de origen ígneo y de la era Terciaria.

En el mismo municipio se encuentra el Banco Prohinsa (10A) en el kilómetro. 25,5 de la carretera CA-9 Sur que comunica la ciudad de Guatemala con la población de Escuintla hacia el Pacífico. La montaña Carmona es el lugar de donde se extrae la materia prima para fabricar los agregados por el método de trituración. El material consiste principalmente de bloques de andesitas y basaltos, estas rocas están clasificadas como rocas volcánicas de composición intermedia a básicas, respectivamente.

En el municipio de Palencia se encuentra en el Banco Las Cañas (16B), específicamente en el río Las Cañas, aldea Las Hormigas ubicado en el kilómetro 4,5 de la carretera que conduce de la Ruta al Atlántico al municipio de Palencia. De igual manera, el segundo banco (16C) de este municipio 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. En ambos bancos los suelos 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.

Figura 10. Localización de bancos de materiales en el departamento de Guatemala



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XIX. **Resultados de los ensayos 1A y 1B en el agregado fino, departamento de Guatemala**

Ensayos	1A	1B	Norma
Peso Específico	2.67	2.62	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1804.34	1681.08	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1703.30	1590.28	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	32.34	35.78	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.34	3.78	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	0.00	0.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	5.14	9.24	ASTM C-33
Módulo de finura	2.72	2.87	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	3.48	12.11	ASTM C-88

Fuente: ORTIZ, Evelyn, Calidad de los Agregados producidos en Guatemala.

Tabla XX. **Resultados de los ensayos 10A, 10B y 10C en el agregado fino, departamento de Guatemala**

Ensayos	10A	10B	10C	Norma
Peso Específico	2.50	2.18	2.47	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1520.00	1399.00	1461.80	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	39.20	35.82	40.81	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	4.93	5.93	2.38	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	2.00	3.00	3.00	ASTM C-33
Mineral predominante	Andesita	Vidrio	Vidrio	ASTM C-295

Fuente: GAITAN, Sergio. Análisis mineralógico y examen petrográfico de agregado fino para concreto de tres bancos de la región central del país.

Tabla XXI. **Resultados de los ensayos 16B y 16C en el agregado fino, departamento de Guatemala**

Ensayos	16B	16C	Norma
Peso Específico	2.64	2.34	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1741.12	1600.42	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1579.32	1417.75	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	34.02	31.60	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.17	1.01	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	1.00	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	7.06	4.40	ASTM C-33
Módulo de finura	3.10	3.45	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Roca predominante	Andesita	Retinita	ASTM C-295

Fuente: MAYÉN, Willian. Análisis y caracterización física mecánica química y petrográfica de agregados de dos bancos del municipio de Palencia y uno del municipio de Sanarate.

Tabla XXII. **Resultados de los ensayos 1A y 1B en el agregado grueso, departamento de Guatemala**

Ensayos	1A	1B	Norma
Peso Específico	2.67	2.64	ASTM C-127
Peso Unitario (Kg/m3)	1531.36	1323.14	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1389.29	1224.57	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	47.60	49.79	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.32	6.61	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	1.73	12.03	ASTM C-88
Porcentaje de desgaste por abrasión	26.40	40.70	ASTM C-131

Fuente: ORTIZ, Evelyn. Calidad de los Agregados producidos en Guatemala.

Tabla XXIII. **Resultados de los ensayos 16B y 16C en el agregado grueso, departamento de Guatemala**

Ensayos	16B	16C	Norma
Peso Específico	2.57	2.31	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1429.05	1570.48	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1323.81	1436.67	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	44.35	32.06	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	2.97	2.97	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	23.80	66.00	ASTM C-131
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Caliza y Andesita	Vidrio volcánico y Retinita	ASTM C-295

Fuente: MAYÉN, Willian. Análisis y caracterización física mecánica química y petrográfica de agregados de dos bancos del municipio de Palencia y uno del municipio de Sanarate.

- **Análisis de resultados**

Banco 1A: los agregados pétreos muestran valores buenos para su utilización. En los agregados finos los valores de peso unitario. y peso unitario suelto, deben tomarse en cuenta en el diseño de mezclas para concreto, estando estos arriba de los límites establecidos.

Banco 1B: los resultados de los agregados pétreos muestran valores buenos para su utilización. En los agregados finos los valores de porcentaje de absorción, porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200 y granulometría, deben tomarse en cuenta en el diseño de mezclas.

Banco 10A: según resultados se observa que esta arena físicamente está dentro de los límites de tolerancia.

Banco 10B: según resultados esta fuera de los límites de aceptación.

Banco 10C: según resultados no es aceptable para ser utilizado en mezcla de concreto.

Banco 16B: el agregado fino esta no es recomendado para pavimentos, pisos, losas columnas ya que contienen demasiado tamiz 200. El agregado grueso se considera aceptable para el uso de la dosificación de un concreto de buena calidad.

16C: el agregado fino no cumple con las especificaciones por el módulo de finura y el peso específico es una arena muy gruesa. El agregado grueso no se considera aceptable para el uso de la dosificación de un concreto de buena calidad.

2.1.7. Huehuetenango

- Localización geográfica

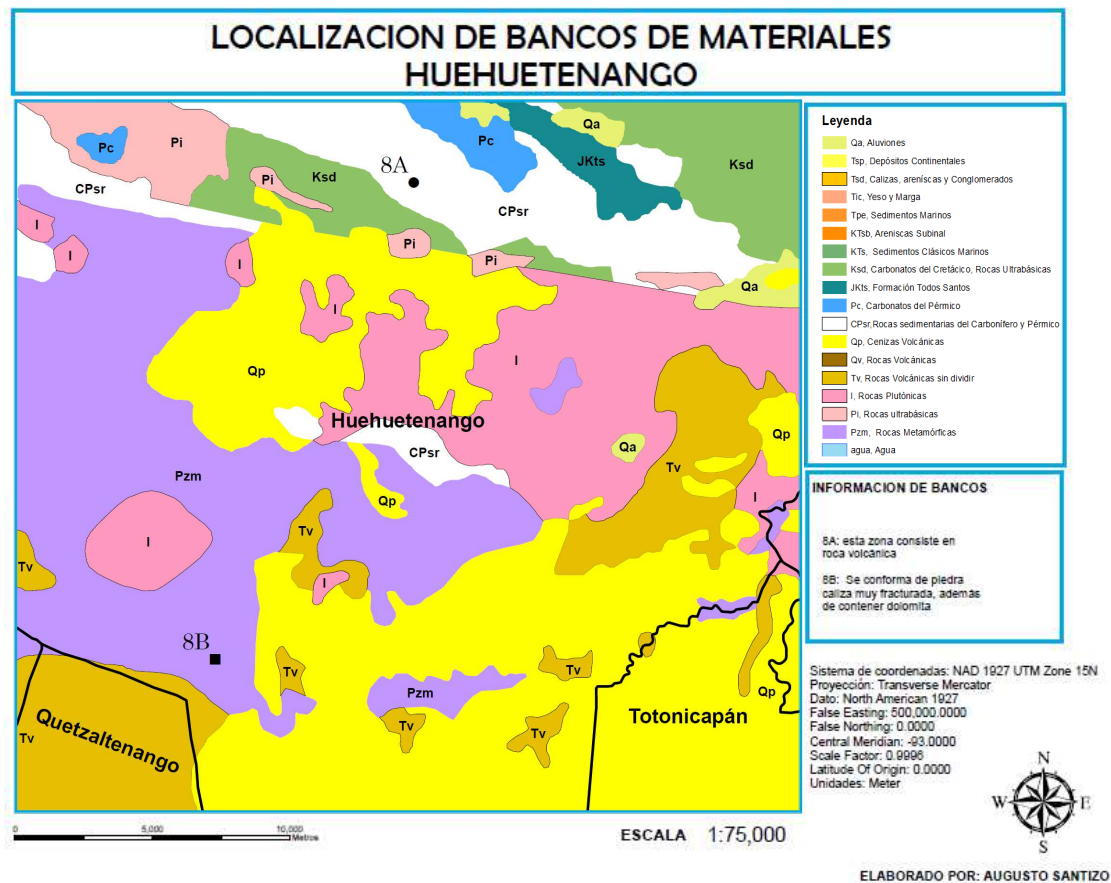
El departamento de Huehuetenango está situado en la región nor-occidental del país y limita al norte y oeste, con México, al sur con los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango y Totonicapán; y al este con el departamento del Quiché. La ciudad de Huehuetenango se encuentra a una distancia de aproximadamente 264 km de la ciudad capital. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

Ubicado en el kilómetro 242 de la carretera Interamericana, en el río Pucal municipio de Malacatancito se encuentra un banco de agregado fino (8A) el cual consiste en roca volcánica, punteando donde aflora toba soldada, como se extrae de un río este acarrea con gneis y esquisto metasedimentario no diferenciados. Formado de serpentina, cuarzo y esquisto en su mayoría.

En el kilómetro 279 en la carretera que conduce al norte de Huehuetenango río Pucal de la aldea la Z del municipio de Chiantla, ambos del departamento de Huehuetenango se encuentra un banco de agregado grueso (8B) el cual se compone de calizas litoclásticas, dolomita y breccia dolomita. Se conforma de piedra caliza muy fracturada, además de contener dolomita.

Figura 11. Localización de bancos de materiales en el departamento de Huehuetenango



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XXIV. **Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Huehuetenango**

Ensayos	8A	Norma
Peso Específico	2.63	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1564.19	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1514.83	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	40.53	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.28	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	3.76	ASTM C-33
Módulo de finura	2.50	ASTM C-33
Reactividad potencial	inocuo	ASTM C-289
Mineral predominante	cuarzo	ASTM C-295

Fuente: GARCÍA, Ana. Evaluación de calidad de los agregados en el departamento de Huehuetenango, para su utilización en la producción de concreto.

Tabla XXV. **Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Huehuetenango**

Ensayos	8B	Norma
Peso Específico	2.82	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1699.79	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1554.93	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	39.72	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	0.55	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	28.46	ASTM C-131
Reactividad potencial	inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Caliza	ASTM C-295

Fuente: GARCÍA, Ana. Evaluación de calidad de los agregados en el departamento de Huehuetenango, para su utilización en la producción de concreto.

- Análisis de resultados

Bancos 8A y 8B: de acuerdo a la recopilación de los resultados y caracterización de estos bancos, se determina una buena calidad de los mismos para elaborar concreto.

2.1.8. Jutiapa

- Localización geográfica

Este es un departamento ubicado a 124 km de la capital. Su cabecera departamental es Jutiapa y limita al norte con los departamentos de Jalapa y Chiquimula; al sur con el departamento de Santa Rosa y el Océano Pacífico y al este con la República de El Salvador. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

En la parte Este del departamento de Jutiapa, en la región sur oriental, municipio de Asunción Mita se encuentran dos bancos de agregado fino y grueso, el primero localizado en el río Tamazulapa (15A) y el segundo en el río Ostúa (15B). Ambos están compuestos por rocas ígneas extrusivas como andesita, brecha andesítica y dacita. El agregado fino está compuesto por rocas como andesita, dacita, brecha andesita y cuarzo.

A 1 700 metros del extremo sureste de la Villa de Asunción Mita entre la Finca Piura, Finca La Vega, Aldea Los Llanitos y la Finca El Tule, aguas arriba del río Ostúa, se encuentra el banco de materiales denominado Promaco I (17A) y a 2 150 metros del extremo sureste de la Villa de Asunción Mita entre la Aldea Los Llanitos, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca el Coco y la Finca

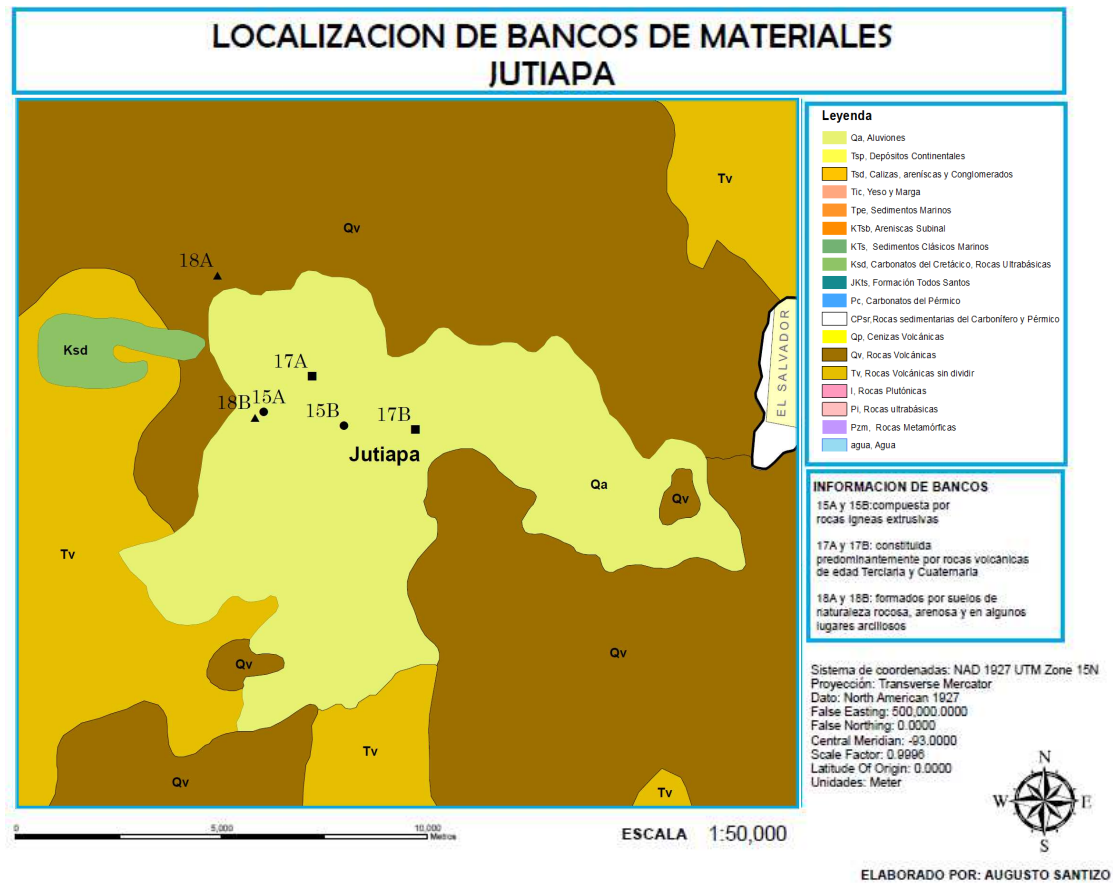
Concepción, aguas abajo del río Ostúa, se encuentra el banco de materiales Promaco II (17B).

La zona de extracción de los bancos Promaco I y Promaco II se encuentra comprendida dentro de la Provincia Volcánica. Dicha provincia cubre la parte oeste, sur y este de Guatemala, extendiéndose hacia las otras repúblicas centroamericanas. Geológicamente está constituida predominantemente por rocas volcánicas de edad Terciaria y Cuaternaria. El Vulcanismo Terciario se caracterizó por erupciones fisurales a través de fracturas, produciendo grandes volúmenes de rocas riodacíticas; mientras que las erupciones Cuaternarias se distinguen por flujos de ignimbritas, dacitas, conos andesíticos y domos de lava.

La zona de extracción, de ambos bancos de materiales, presenta una geología preponderantemente de rocas volcánicas, pertenecientes al período Cuaternario, tales como aluviones y pómez; y del período Terciario, basaltos, felsitas, arenitas volcánicas y lahares pertenecientes al Grupo Padre Miguel y lutitas rojas, areniscas y conglomerados con toba interstratificada pertenecientes a las Formaciones Subinal y Guastatoya.

Asimismo, en el río Ostúa, paralelo a la carretera Panamericana CA-1, aproximadamente en el kilómetro 139 se encuentra el banco de la Trituradora Moran (18A), y en el río Tamazulapa, Boca del Zanjón ubicado a tres kilómetros de la ruta departamental JUT-15, que conduce desde la cabecera municipal al lago de Guija se encuentra el banco de la Trituradora el Capullo (18B). Esta zona está conformada por suelos de naturaleza rocosa, arenosa y en algunos lugares arcillosos, con pendientes inclinadas y verticales, en las partes altas es arcillosa sobre materiales volcánicos constituidos por sedimentos metamórficos y arena. En las partes bajas se encuentran algunas zonas arenosas sobre bases de arcilla.

Figura 12. Localización de bancos de materiales en el departamento de Jutiapa



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XXVI. **Resultados de los ensayos 15A y 15B en el agregado fino, departamento de Jutiapa**

Ensayos	15A	15B	Norma
Peso Específico	2.19	2.51	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1169.54	1972.04	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1072.46	1909.07	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	46.60	21.43	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	4.44	2.62	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	4.00	2.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	5.48	2.14	ASTM C-33
Módulo de finura	2.43	3.39	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Roca predominante	Andesita	Andesita	ASTM C-295

Fuente: FLORIÁN, Edgar. Análisis mineralógico y examen petrográfico de dos bancos de materiales del municipio de asunción mita Jutiapa.

Tabla XXVII. **Resultados de los ensayos 17A y 17B en el agregado fino, departamento de Jutiapa**

Ensayos	17A	17B	Norma
Peso Específico	2.53	2.55	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1528.90	1596.67	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1452.34	1532.65	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	39.69	37.38	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	3.46	3.07	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	2.00	2.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	3.72	2.80	ASTM C-33
Módulo de finura	3.33	3.89	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Roca predominante	Basalto	Basalto	ASTM C-295

Fuente: LUCERO, Wilford. Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de los agregados finos y gruesos extraídos: del banco de material ubicado entre la finca Piura, finca La Vega, Los Llanitos y la finca El Tule, Asunción Mita Jutiapa.

Tabla XXVIII. **Resultados de los ensayos 18A y 18B en el agregado fino, departamento de Jutiapa**

Ensayos	18A	18B	Norma
Peso Específico	2.49	2.48	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1537.58	1530.19	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1507.09	1455.39	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	38.25	38.18	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	2.54	3.63	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	2.00	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	3.80	12.34	ASTM C-33
Módulo de finura	2.81	2.84	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Roca predominante	Brecha andesítica	Brecha andesítica	ASTM C-295

Fuente: VILLALTA, Sergio. Estudio y análisis físico, químico, mecánico y petrográfico de agregados para concreto estructural de los bancos de la Trituradora "Morán", obtenidos en el río Ostúa, y Trituradora "El Capullo", obtenidos en el río Tamazulapa; ubicados en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa.

Tabla XXIX. **Resultados de los ensayos 15A y 15B en el agregado grueso, departamento de Jutiapa**

Ensayos	15A	15B	Norma
Peso Específico	2.59	2.73	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1490.36	1640.73	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1336.86	1515.71	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	42.46	39.89	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	2.37	2.53	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	20.00	20.00	ASTM C-131
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Andesita	Brecha Andesítica	ASTM C-295

Fuente: FLORIÁN, Edgar, Análisis mineralógico y examen petrográfico de dos bancos de materiales del municipio de asunción mita Jutiapa.

Tabla XXX. **Resultados de los ensayos 17A y 17B en el agregado grueso, departamento de Jutiapa**

Ensayos	17A	17B	Norma
Peso Específico	2.50	2.52	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1435.67	1596.81	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1372.86	1545.19	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	42.63	36.61	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.79	1.58	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	20.24	19.76	ASTM C-131
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Basalto	Basalto	ASTM C-295

Fuente: LUCERO, Wilford. Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de los agregados finos y gruesos extraídos: del banco de material ubicado entre la finca Piura, finca La Vega, Los Llanitos y la finca El Tule, Asunción Mita Jutiapa.

Tabla XXXI. **Resultados de los ensayos 18A y 18B en el agregado grueso, departamento de Jutiapa**

Ensayos	18A	18B	Norma
Peso Específico	2.55	2.61	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1408.90	1419.19	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1317.07	1313.38	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	44.75	45.66	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.60	0.66	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	20.62	18.74	ASTM C-131
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Brecha andesítica	Brecha andesítica	ASTM C-295

Fuente: VILLALTA, Sergio. Estudio y análisis físico, químico, mecánico y petrográfico de agregados para concreto estructural de los bancos de la Trituradora "Morán", obtenidos en el río Ostúa, y Trituradora "El Capullo", obtenidos en el río Tamazulapa; ubicados en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa.

- Análisis de resultados

Banco 15A: el agregado fino del banco de materiales del río Tamazulapa se encuentran dentro del área de aceptación de las normas. Para el agregado grueso se establece que si cumple con las especificaciones establecidas por la norma.

Banco 15B: se puede determinar que el agregado fino del banco de materiales río Ostúa si se recomienda para ser utilizado como agregado para concreto, según los límites que establece la norma ASTM C-33. El agregado grueso se establece que si cumple con lo establecido con la norma.

Bancos 17A y 17 B: los resultados de los agregados finos determinan que son demasiado gruesos, por lo que no llenará los vacíos entre agregados y producirá un concreto poco denso y por lo tanto con poca resistencia mecánica. Las muestras de agregado grueso de ambos bancos de materiales, poseen apropiadas características físicas de acuerdo a los ensayos a los que fueron sometidos por la norma ASTM C 33, con excepción del porcentaje de vacíos, el cual es muy elevado para ambas muestras, lo que indica que dichos materiales poseen baja resistencia mecánica.

18A y 18B: las muestras de agregado fino y grueso de los dos bancos, cumplen con los límites establecidos por la Norma ASTM C-33, en virtud de manifestar características físicas, químicas, mecánicas y petrográficas satisfactorias.

2.1.9. Petén

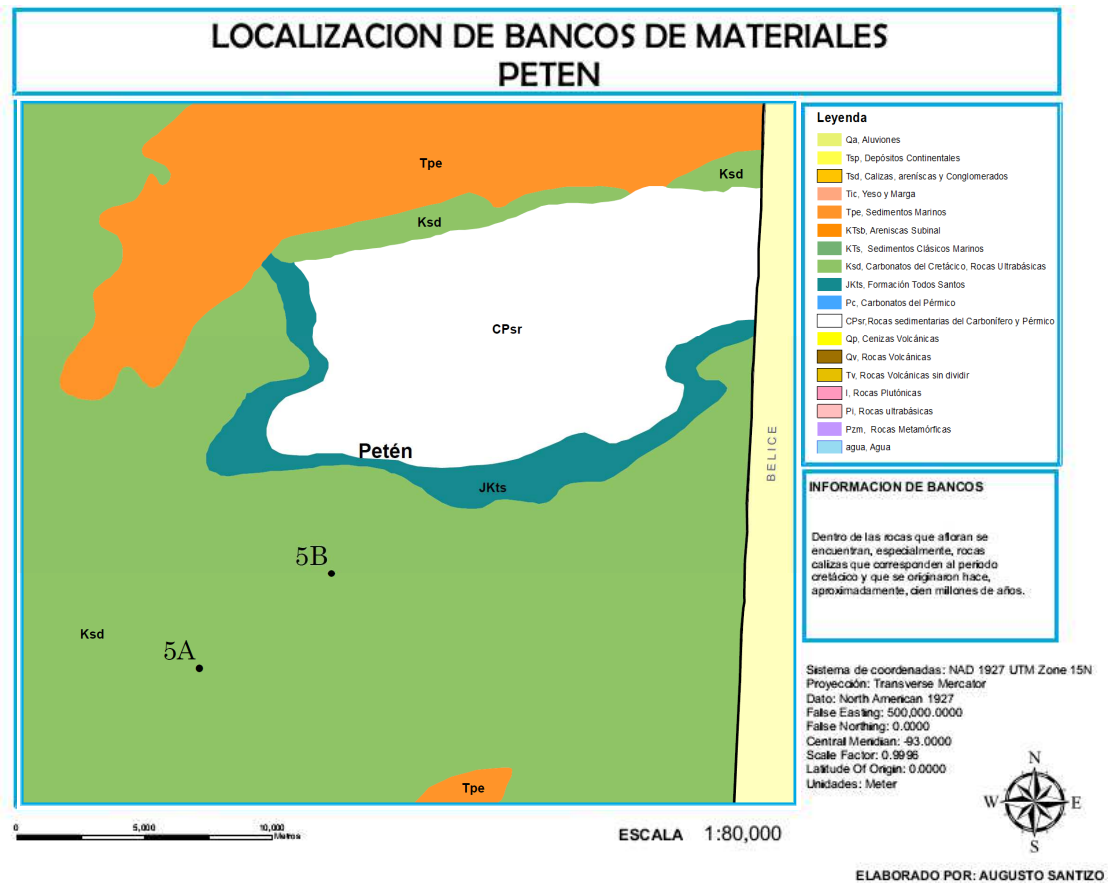
- Localización geográfica

Este es un departamento que limita al norte con México; al sur con los departamentos de Izabal y Alta Verapaz; al este con Belice; y al oeste con México. Flores, la cabecera departamental, se encuentra aproximadamente a 488 km de la capital nacional. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

En el municipio de Poptún se encuentran dos bancos (5A Y 5B) con la misma descripción geológica dentro del municipio. Dentro de las rocas que afloran se encuentran, especialmente, rocas calizas que corresponden al período Cretácico y que se originaron hace, aproximadamente, cien millones de años. Además de las rocas calcáreas que predominan en la superficie del departamento, se encuentran en la parte sur del mismo, sedimentos terrígenos que se depositaron al principio del Período Terciario, aproximadamente, sesenta millones de años.

Figura 13. Localización de bancos de materiales en el departamento de Petén



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XXXII. **Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Petén**

Ensayos	5B	Norma
Peso Específico	2.64	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1664.93	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	36.93	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.77	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 6.35	11.88	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	8.20	ASTM C-33
Módulo de finura	2.49	ASTM C-33

Fuente: GALICIA, Rodolfo. Investigación General de los bancos de agregados en la región de Poptún, Peten.

Tabla XXXIII. **Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Petén**

Ensayos	5ª	Norma
Peso Específico	2.73	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.73	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	79.69	ASTM C-131
Mineral predominante	Calcita	ASTM C-295
Nombre de la roca	Calcita Sílicea	ASTM C-295

Fuente: GALICIA, Rodolfo. Investigación General de los bancos de agregados en la región de Poptún, Peten.

- Análisis de resultados

Banco 5A: los resultados indican que su abrasión esta fuera del límite, su peso específico es alto, su absorción es baja, lo que indica que es un material de fácil desgaste, pero denso e impermeable. Por lo tanto los resultados obtenidos no son lo suficientemente satisfactorios.

Banco 5B: los resultados indican que la arena si se puede usar como agregado fino para su uso en concreto.

2.1.10. Quetzaltenango

- Localización geográfica

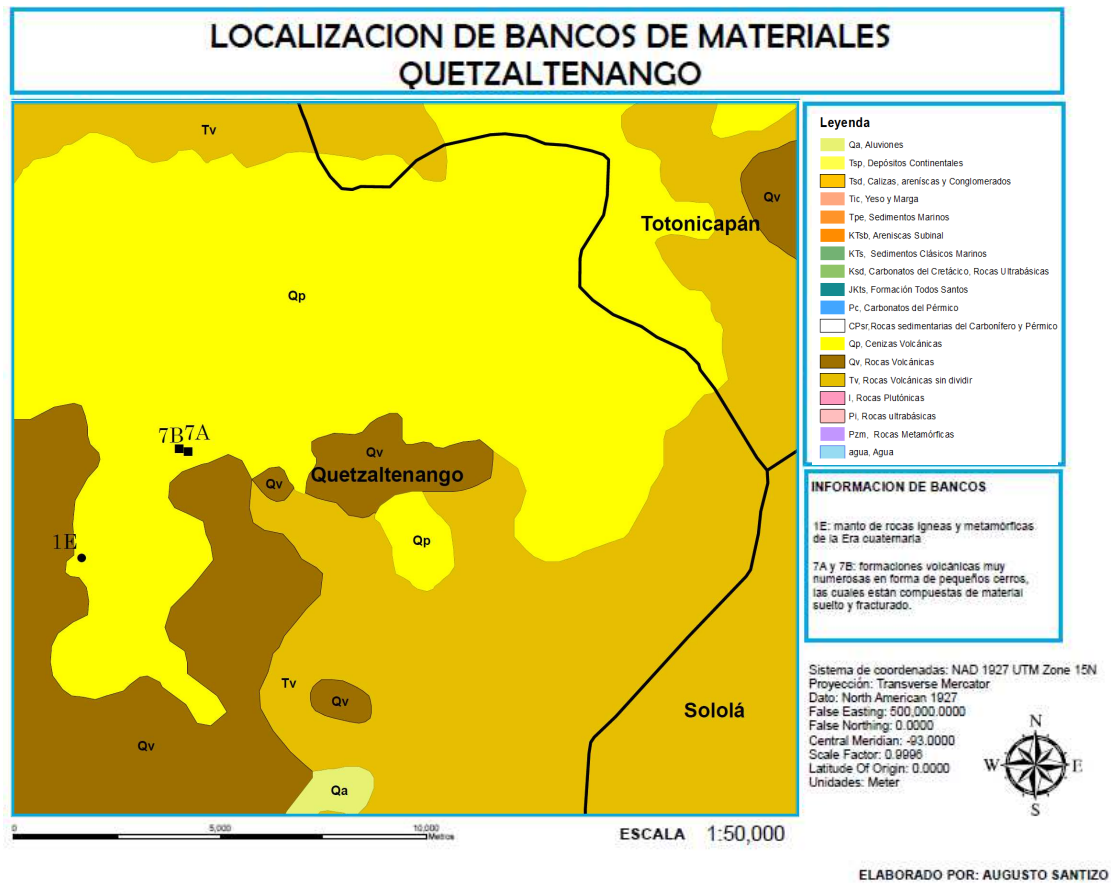
El departamento de Quetzaltenango está situado en la región occidental del país. Limita al norte con el departamento de Huehuetenango, al este con los departamentos de Totonicapán y Sololá, al sur con los departamentos de Retalhuleu y Suchitepéquez y al oeste con el departamento de San Marcos. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

Una planta trituradora ubicada en el municipio de Quetzaltenango (1E) de agregado fino y grueso se encuentra ubicada sobre un manto de rocas ígneas del cuaternario (Qp); rocas ígneas del terciario (Qv). Es un agregado pétreo conformado por partículas de andesita masiva, abundantes ferro cristales de feldespato, ligeramente escoria en la superficie, de color gris y de grano fino. Roca de origen ígneo del terciario.

De igual manera, en el valle de la ciudad de Quetzaltenango, en el lugar llamado Llano del Pinal y Xecaracoj, se ubican bancos en Área de Piedrineras (7A y 7B). En esta zona se encuentran formaciones volcánicas muy numerosas en forma de pequeños cerros, las cuales están compuestas de material suelto y fracturado. Estas formaciones son restos de antiguas avalanchas de escombros volcánicos, por este motivo el material es poco consolidado haciendo que su extracción sea bastante fácil. El material que se extrae incluye bloques y bombas volcánicas de considerable tamaño, así también ceniza volcánica muy fina. La mayor parte del material que compone estos bancos es roca volcánica con moderado y alto contenido de sílice como andesitas, riolitas y pómez.

Figura 14. Localización de bancos de materiales en el departamento de Quetzaltenango



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XXXIV. **Resultados de los ensayos 1E en el agregado fino, departamento de Quetzaltenango**

Ensayos	1E	Norma
Peso Específico	2.77	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1749.13	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1625.69	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	36.82	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	0.64	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	0.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	9.72	ASTM C-33
Módulo de finura	2.92	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	2.92	ASTM C-88

Fuente: ORTIZ, Evelyn. Calidad de los Agregados producidos en Guatemala.

Tabla XXXV. **Resultados de los ensayos 7A en el agregado fino, departamento de Quetzaltenango**

Ensayos	7A	Norma
Peso Específico	2.60	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1649.13	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1464.24	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	35.82	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	0.75	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	5.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	16.01	ASTM C-33
Módulo de finura	1.79	ASTM C-33
Reactividad potencial	inocuo	ASTM C-289
Roca predominante	Riolita	ASTM C-295

Fuente: SALGUERO, Raúl. Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango.

Tabla XXXVI. **Resultados de los ensayos 7B en el agregado grueso, departamento de Quetzaltenango**

Ensayos	7B	Norma
Peso Específico	2.39	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1277.00	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1173.14	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	46.53	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	4.38	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	65.00	ASTM C-131
Reactividad potencial	inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Riolita Vítrea	ASTM C-295

Fuente: SALGUERO, Raúl, Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango.

Tabla XXXVII. **Resultados de los ensayos 1E en el agregado grueso, departamento de Quetzaltenango**

Ensayos	1E	Norma
Peso Específico	2.70	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1481.71	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1372.00	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	45.11	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.38	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	0.28	ASTM C-88
Porcentaje de desgaste por abrasión	27.30	ASTM C-131

Fuente: ORTIZ, Evelyn. Calidad de los Agregados producidos en Guatemala.

- Análisis de resultados

Banco 1E: los resultados de los agregados pétreos muestran valores buenos para su utilización. En los agregados finos los valores de peso unitario, peso unitario seco y granulometría, deben tomarse en cuenta para el diseño de mezclas de concreto, estando estos arriba de los límites establecidos.

Bancos 7A y 7B: ambas muestras de agregados no cumplen con ninguna de las especificaciones generales de la Norma ASTM C 33, asimismo el agregado grueso tampoco cumple con el límite de desgaste proporcionado por la Norma ASTM C 131, por lo tanto estos agregados no deben ser usados para la fabricación de concretos. Se encontró que estos agregados están formados principalmente de riolita y vidrio volcánico, ambos dañinos para el concreto por su alto contenido de sílice.

2.1.11. Retalhuleu

- Localización geográfica

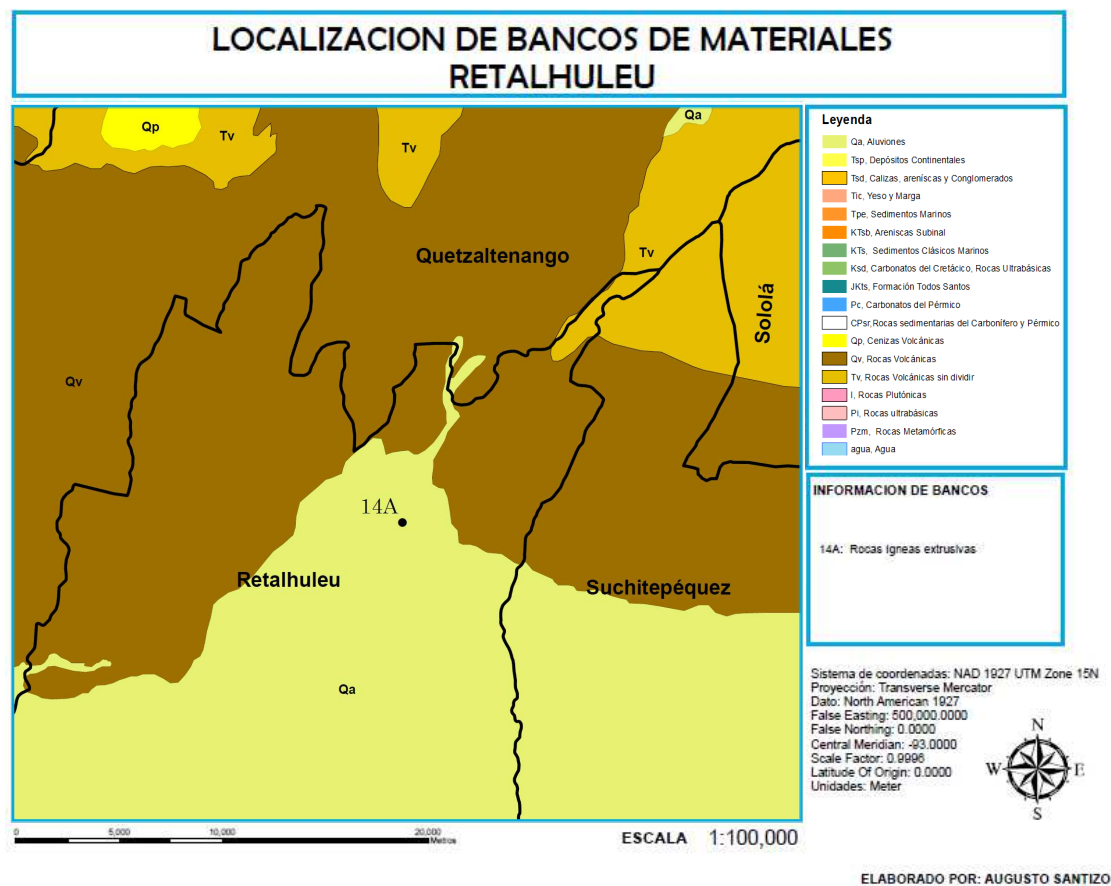
Este es un departamento situado en la región sur occidental de Guatemala. Limita al norte con Quetzaltenango, al sur con el Océano Pacífico, al este con Suchitepéquez; y al oeste San Marcos y Quetzaltenango. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 190 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

En el kilómetro 170 de la carretera al Pacífico CA-2, municipio de Retalhuleu se encuentra el Banco Río Samalá (14A). El material de donde se

obtiene el agregado fino en esta región son: basalto, andesita, dacita, cuarzo y pómez. El material de donde se obtiene el agregado grueso es: Rocas ígneas, extrusiva (volcánica) color gris –gris claro, textura afanítica y porfídica.

Figura 15. **Localización de bancos de materiales en el departamento de Retalhuleu**



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XXXVIII. **Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Retalhuleu**

Ensayos	14A	Norma
Peso Específico	2.61	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1681.50	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1587.41	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	35.60	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.32	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	0.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	1.64	ASTM C-33
Módulo de finura	2.00	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	ASTM C-289
Roca predominante	Basalto	ASTM C-295

Fuente: LÓPEZ, Sergio. Determinación de las características físicas mecánicas, químicas y petrográficas de agregados, extraídos del río Samalá del municipio de San Sebastián Retalhuleu y del río San Miguel Panán, del municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez.

Tabla XXXIX. **Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Retalhuleu**

Ensayos	14A	Norma
Peso Específico	2.59	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1453.14	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1291.36	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	43.93	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	2.23	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	50.22	ASTM C-131
Reactividad potencial	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Andesita y Dacita	ASTM C-295

Fuente: LÓPEZ, Sergio. Determinación de las características físicas mecánicas, químicas y petrográficas de agregados, extraídos del río Samalá del municipio de San Sebastián Retalhuleu y del río San Miguel Panán, del municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez.

- Análisis de resultados

Banco 14A: los bancos de agregados finos y agregado grueso del río Samalá, cuentan en general con características mecánicas y químicas favorables y son adecuados para su utilización en mezclas de concreto.

2.1.12. San Marcos

- Localización geográfica

Este es un departamento situado en la región suroccidental de Guatemala. Limita al norte con Huehuetenango, al sur con el océano Pacífico y Retalhuleu, al este con Quetzaltenango; y al oeste con el estado mexicano de Chiapas. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 252 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

En el departamento de San Marcos se obtuvieron materiales de diversos bancos:

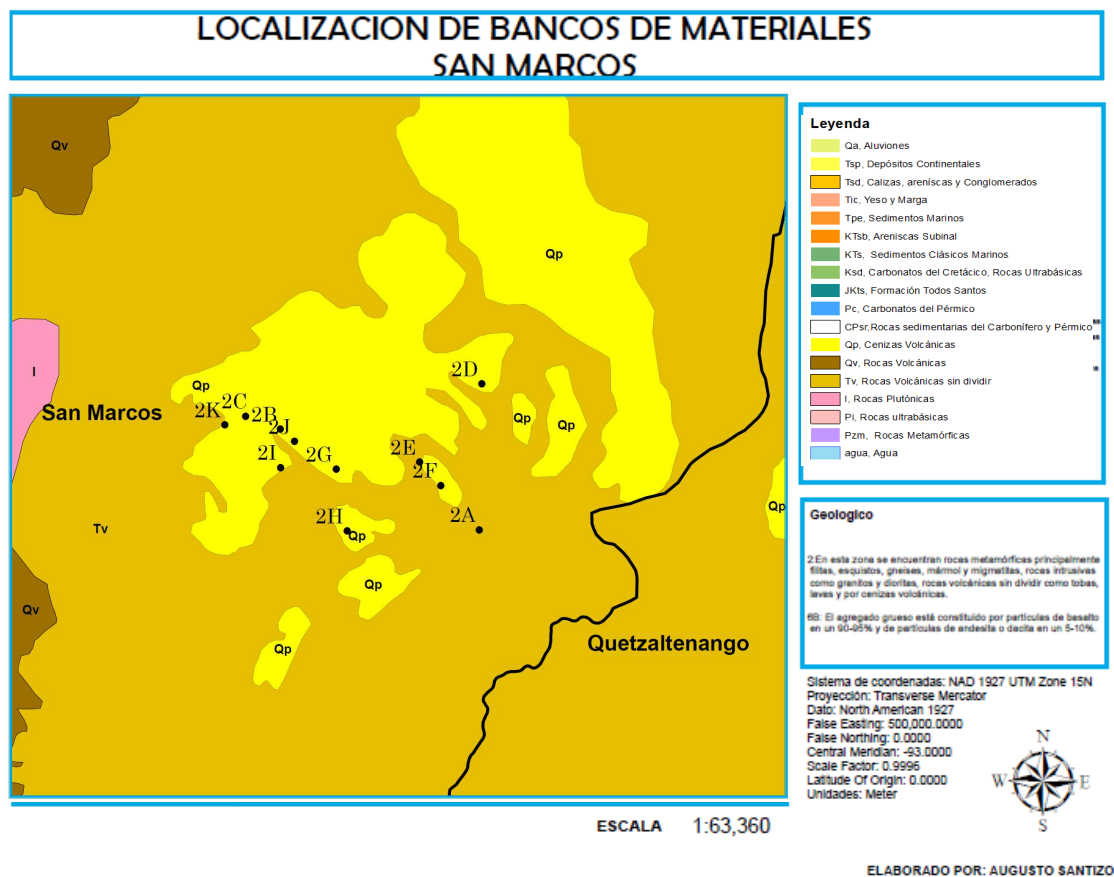
- o El Banco La Castalia está ubicado al sur este a 15 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos (2A).
- o El Banco el Recreo (2B) está ubicado en la aldea El Recreo al sur oriente a tres kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos.
- o El Banco La Federación (2C) está ubicado al sur oriente a cinco kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, perteneciente a la cabecera.

- o El Banco Chamac (2D) está ubicado al noreste a siete kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, aldea Chamac, municipio de San Pedro Sacatepéquez.
- o El Banco Mavil (2E) se encuentra al sur oriente a ocho kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, aldea Mávil, municipio de San Pedro Sacatepéquez.
- o El Banco Cantel (2F) está ubicado al sur oriente a 10 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, aldea Cantel municipio de San Pedro Sacatepéquez.
- o El Banco las Escobas (2G) se ubica al sur oriente a cuatro kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, aldea Las Escobas.
- o El Banco San José Las Islas (2H) ubicado al sur oriente a 10 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, aldea San José Las Islas, en la cabecera.
- o El Banco Ixquihuala (2I) ubicado al sur oriente a cinco kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, aldea Ixquihuala, municipio de Esquipulas Palo Gordo.
- o El Banco El Recreo II (2J) se encuentra al sur oriente a 3.5 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, aldea El Recreo, de la cabecera.
- o El Banco Palo Gordo (2K) se ubica al sur occidente a seis kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, a la periferia de la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.

En esta zona se encuentran rocas metamórficas principalmente filitas, esquistos, gneises, mármol y migmatitas, rocas intrusivas como granitos y dioritas, rocas volcánicas sin dividir como tobas, lavas y por cenizas volcánicas.

Por otro lado, la Planta Tecún Umán (6B), ubicada en el cauce del río Meléndez a 3.5 kilómetros del cruce de Malacatán carretera a Tilapa aldea Las Palmas por la ruta 2A, municipio de Tecún Umán está constituida por partículas de basalto en un 90 por ciento al 95 por ciento y de partículas de andesita o dacita en un 5 por ciento al 10 por ciento.

Figura 16. **Localización de bancos de materiales en el departamento de San Marcos**



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XL. **Resultados de los ensayos 2A, 2D, 2E, 2F, 2G y 2H en el agregado fino, departamento de San Marcos**

Ensayos	2A	2D	2E	2F	2G	2H	Norma
Peso Específico	2.45	2.45	1.58	1.50	1.34	1.59	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1534.00	1520.00	590.00	584.00	583.00	579.00	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	37.35	37.96	62.66	61.62	56.49	65.71	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	3.43	1.75	8.29	6.58	6.18	5.28	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	4.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	0.82	1.92	1.26	1.62	1.68	1.92	ASTM C-33
Módulo de finura	2.50	2.36	3.52	3.62	3.92	3.44	ASTM C-33

Fuente: MUÑOZ, Juan. Evaluación de las propiedades fisicomecánicas de agregados para concreto en el departamento de San Marcos.

Tabla XLI. **Resultados de los ensayos 6B en el agregado fino, departamento de San Marcos**

Ensayos	6B	Norma
Densidad Relativa	2.53	ASTM C-127
Masa unitaria suelta húmeda (Kg/m ³)	1424.00	ASTM C-29
Masa unitaria suelta seca (Kg/m ³)	1464.00	ASTM C-29
Masa unitaria seca compactada (Kg/m ³)	1600.00	ASTM C-29
Porcentaje de vacíos	36.69	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	2.81	ASTM C-128
Contenido de materia orgánica	1.80	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	7.80	ASTM C-33
Módulo de finura	3.61	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	16.15	ASTM C-88

Fuente: ECUTÉ, Francisco. Evaluación y variabilidad de las propiedades de los agregados de dos plantas, una en Escuintla y la otra en Tecún Umán.

Tabla XLII. **Resultados de los ensayos 2A, 2B, 2C, 2I y 2J en el agregado grueso, departamento de San Marcos**

Ensayos	2A	2B	2C	2I	2J	Norma
Peso Específico	2.24	2.30	2.26	2.23	2.28	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1307.00	1355.00	1432.00	1319.00	1347.00	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	23.79	41.08	36.66	40.85	40.92	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	3.97	4.06	4.61	5.39	5.00	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	50.94	19.26	29.17	24.28	22.96	ASTM C-131

Fuente: MUÑOZ, Juan. Evaluación de las propiedades fisicomecánicas de agregados para concreto en el departamento de San Marcos.

Tabla XLIII. **Resultados de los ensayos 6B en el agregado grueso, departamento de San Marcos**

Ensayos	6B	Norma
Densidad relativa	2.57	ASTM C-127
Masa unitaria suelta seca (Kg/m3)	1351.00	ASTM C-29
Masa unitaria seca compactada(Kg/m3)	1471.00	ASTM C-29
Porcentaje de vacíos	42.85	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	2.85	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	15.98	ASTM C-88
Porcentaje de desgaste por abrasión	23.17	ASTM C-131
Roca en mayor presencia	Basalto	ASTM C-295

Fuente: ECUTÉ, Francisco. Evaluación y variabilidad de las propiedades de los agregados de dos plantas, una en Escuintla y la otra en Tecún Umán.

- Análisis de resultados

Banco 2A: para el agregado fino los resultados reflejan arena fina, pero no rebasa los límites ASTM C-33. El alto porcentaje de absorción se debe, principalmente, a partículas de pómez. Para el agregado grueso los resultados muestran un agregado con peso unitario bajo debido a porciones de pómez. La granulometría se presenta irregular y en consecuencia el material debe cribarse, para lograr los tamaños adecuados en las proporciones sugeridas por la Norma ASTM C-33. El porcentaje de desgaste rebasa el límite fijado por la ASTM C-33, la razón, las porciones de pómez contenidas en el agregado.

Banco 2D: los resultados reflejan una arena fina. El peso unitario bajo y el porcentaje de absorción alto se debe al contenido de pómez. El contenido de materia orgánica se debe a la contribución de aguas servidas al caudal del río.

Bancos 2E, 2F, 2G y 2H: debido a que los bancos representan características similares se analizan conjuntamente. Los resultados reflejan agregados libres de material orgánico, presentando una granulometría gruesa. Para lograr resistencias aceptables al utilizar estos agregados la relación agua-cemento debe ser baja. Los agregados son aptos para ser utilizados en la elaboración de concreto ligero.

Bancos 2B y 2C: debido a que los bancos representan características similares se analizan conjuntamente. Los resultados muestran una granulometría irregular y para ser utilizados se deben someter a un proceso de trituración y cribado. El porcentaje de desgaste es satisfactorio.

Bancos 2I y 2J: debido a que los bancos representan características similares se analizan conjuntamente. Los resultados muestran una

granulometría irregular y para que el material pueda ser utilizado debe someterse a un proceso de trituración y cribado. El porcentaje de desgaste es satisfactorio.

Banco 6B: los resultados indican que la densidad relativa es aceptable, el porcentaje de absorción denota presencia de material con cierto grado de porosidad. En general los materiales se consideran aceptables.

2.1.13. Suchitepéquez

- Localización geográfica

El departamento de Suchitepéquez está situado en la región sur occidental de Guatemala. Limita al norte con Quetzaltenango, Sololá y Chimaltenango, al sur con el océano Pacífico, al este con Escuintla; y al oeste con Retalhuleu. La cabecera departamental está a una distancia de 165 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. Referirse al mapa de la figura 4.

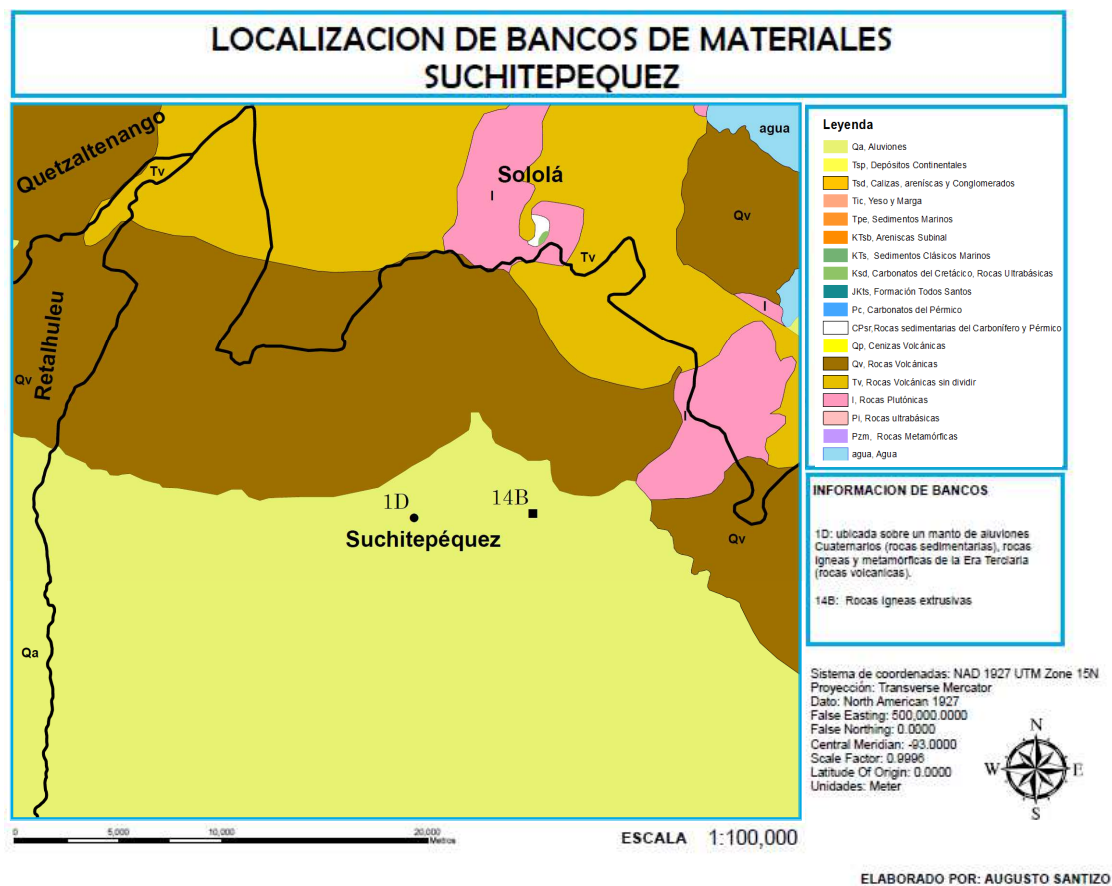
- Localización geológica

En el municipio de Mazatenango se encuentra una planta trituradora (1D) ubicada sobre un manto de aluviones Cuaternarios (Qa); rocas ígneas del Terciario (Tv) (rocas volcánicas). Es un agregado pétreo conformado por partículas de dacita asociada a las erupciones del complejo de Santa María, Santiaguito, de color negro y textura porosa, roca de origen ígneo de la Era Cuaternaria.

El Banco río San Miguel Panán (14B) se ubica en el kilómetro 158 de la carretera al Pacífico en el municipio de San Miguel Panán departamento de

Suchitepéquez. El agregado fino se extrae de las siguientes rocas: basalto, andesita, dacita, cuarzo y pómez. El agregado grueso se extrae de rocas ígneas extrusivas (volcánica) color gris –gris claro, textura afanítica y porfídica.

Figura 17. Localización de bancos de materiales en el departamento de Suchitepéquez



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XLIV. **Resultados de los ensayos 1D en el agregado fino, departamento de Suchitepéquez**

Ensayos	1D	Norma
Peso Específico	2.65	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1617.71	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1574.83	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	38.85	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.46	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	1.76	ASTM C-33
Módulo de finura	2.69	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	1.42	ASTM C-88

Fuente: ORTIZ, Evelyn. Calidad de los Agregados producidos en Guatemala.

Tabla XLV. **Resultados de los ensayos 14B en el agregado fino, departamento de Suchitepéquez**

Ensayos	14B	Norma
Peso Específico	2.63	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1491.56	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1296.34	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	43.22	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	0.97	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	2.56	ASTM C-33
Módulo de finura	2.14	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	ASTM C-289
Roca predominante	Basalto	ASTM C-295

Fuente LÓPEZ, Sergio. Determinación de las características físicas mecánicas, químicas y petrográficas de agregados, extraídos del río Samalá del municipio de San Sebastián Retalhuleu y del río San Miguel Panán, del municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez.

Tabla XLVI. **Resultados de los ensayos 1D en el agregado grueso, departamento de Suchitepéquez**

Ensayos	1D	Norma
Peso Específico	2.51	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1308.93	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1219.43	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	47.79	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	4.12	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por sulfato de sodio	0.10	ASTM C-88
Porcentaje de desgaste por abrasión	40.00	ASTM C-131

Fuente: ORTIZ, Evelyn. Calidad de los Agregados producidos en Guatemala.

Tabla XLVII. **Resultados de los ensayos 14B en el agregado grueso, departamento de Suchitepéquez**

Ensayos	14B	Norma
Peso Específico	2.61	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1540.00	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1342.52	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	40.94	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	1.97	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	24.70	ASTM C-131
Reactividad potencial	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Andesita y Dacita	ASTM C-295

Fuente: LÓPEZ, Sergio, Determinación de las características físicas mecánicas, químicas y petrográficas de agregados, extraídos del río Samalá del municipio de San Sebastián Retalhuleu y del río san miguel Panán, del municipio de San miguel Panán, Suchitepéquez.

- Análisis de resultados

Banco 1D: los resultados de los agregados pétreos muestran valores buenos para su utilización. En los agregados finos muestran características buenas. En los agregados gruesos los valores de porcentaje de absorción, debe tomarse en cuenta para el manejo y diseño de mezclas de concreto.

Banco 14B: el banco de agregado fino y agregado grueso del río San Miguel Panán, cuenta en general con características mecánicas y químicas favorables y son adecuados para su utilización en mezclas de concreto

2.1.14. Totonicapán

- Localización geográfica

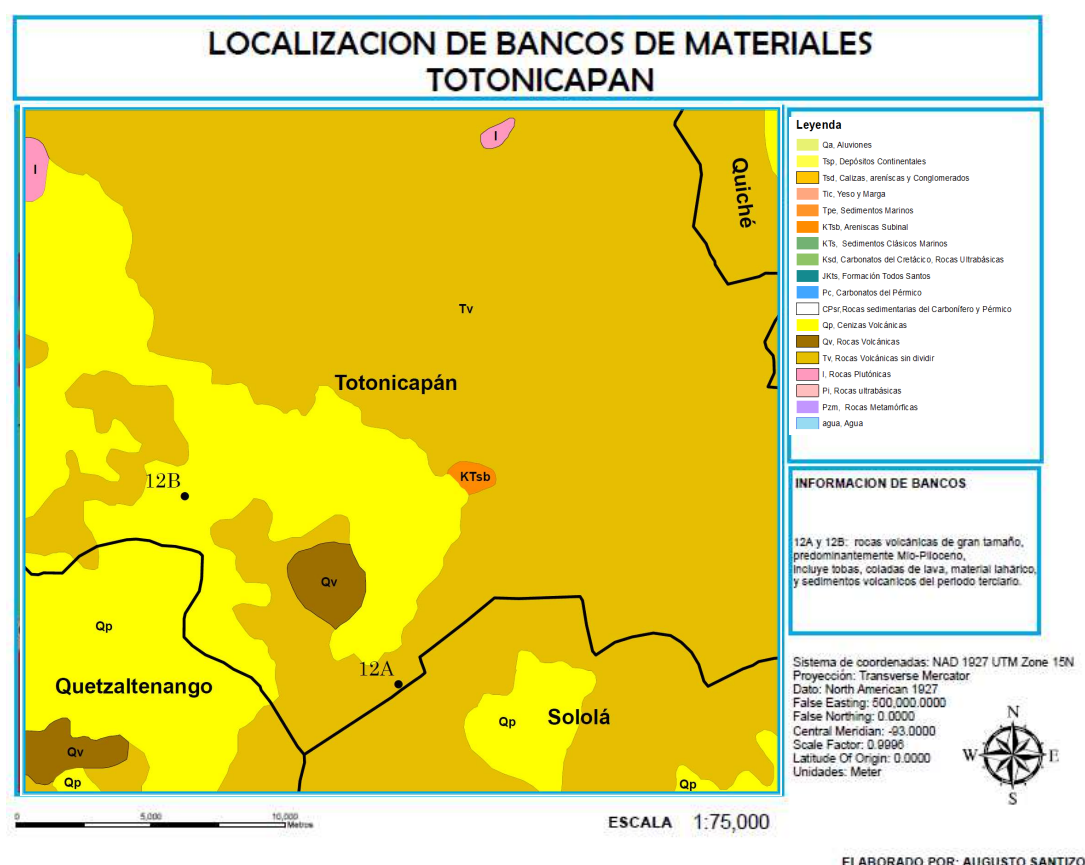
Este es un departamento situado en la región suroccidental de Guatemala. Limita al norte con el departamento de Huehuetenango; al sur con el departamento de Sololá; al este con el departamento de Quiché; y al oeste con el departamento de Quetzaltenango. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 203 kilómetros aproximadamente, de la ciudad capital. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

En el municipio de Totonicapán, en la Aldea Vázquez, kilómetro 170 de la carretera interamericana CA-1, limitante al sur con Nahualá, Sololá, se encuentra un banco de agregados finos y gruesos (12A). El segundo banco (12B) se encuentra en el río Samalá específicamente en el municipio de San Cristóbal.

El agregado fino se obtiene de rocas volcánicas de gran tamaño, predominantemente Mio-Plioceno, incluye tobas, coladas de lava, material lahárico, y sedimentos volcánicos, del período Terciario (Tv). Se encuentra en un área del período Cuaternario, donde predominan los rellenos y cubiertas gruesas de ceniza y pómez de origen diverso (Qp). En el río Samalá se han encontrado cantos rodados plutónicos que varían entre granito y cuarzo-diorita, cerca de Las Pilas, en la planicie costera a 25 kilómetros del litoral.

Figura 18. **Localización de bancos de materiales en el departamento de Totonicapán**



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla XLVIII. **Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Totonicapán**

Ensayos	12A	12B	Norma
Peso Específico	2.60	2.47	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1683.32	1342.24	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1452.34	1261.81	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	35.36	45.67	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	2.02	2.08	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	1.00	4.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	10.08	1.60	ASTM C-33
Módulo de finura	3.92	2.48	ASTM C-33
Reactividad potencial	Inocuo	Inocuo	ASTM C-289
Roca predominante	Andesita	Pómez	ASTM C-295

Fuente: MENDOZA, Víctor. Evaluación de la calidad de agregados para el concreto, en el departamento de Totonicapán.

Tabla XLIX. **Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Totonicapán**

Ensayos	12A	Norma
Peso Específico	2.58	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m ³)	1510.36	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1379.21	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	41.53	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	2.15	ASTM C-33
Porcentaje de desgaste por abrasión	19.70	ASTM C-131
Reactividad potencial	Inocuo	ASTM C-289
Nombre del agregado	Andesita	ASTM C-295

Fuente: MENDOZA, Víctor. Calidad Evaluación de la calidad de agregados para el concreto, en el departamento de Totonicapán.

- Análisis de resultados

Banco 12A: la muestra de agregado fino no cumple con algunas de las especificaciones de las normas correspondientes por lo tanto es considerada inadecuadas para mezcla de concreto. El agregado grueso cumple con el límite de desgaste proporcionado por la Norma ASTM C-131 por lo tanto este agregado podría ser utilizado para la fabricación de concretos.

Banco 12B: la muestra de agregado fino no cumple con algunas de las especificaciones de las normas correspondientes por lo tanto es considerada inadecuadas para mezcla de concreto.

2.1.15. Zacapa

- Localización geográfica

Este es un departamento situado en la región nororiente de la república de Guatemala. Limita al norte con los departamentos de Alta Verapaz e Izabal; al sur con los departamentos de Chiquimula y Jalapa; al este con el departamento de Izabal y la República de Honduras; y al oeste con el departamento de El Progreso. Su cabecera departamental es Zacapa. Referirse al mapa de la figura 4.

- Localización geológica

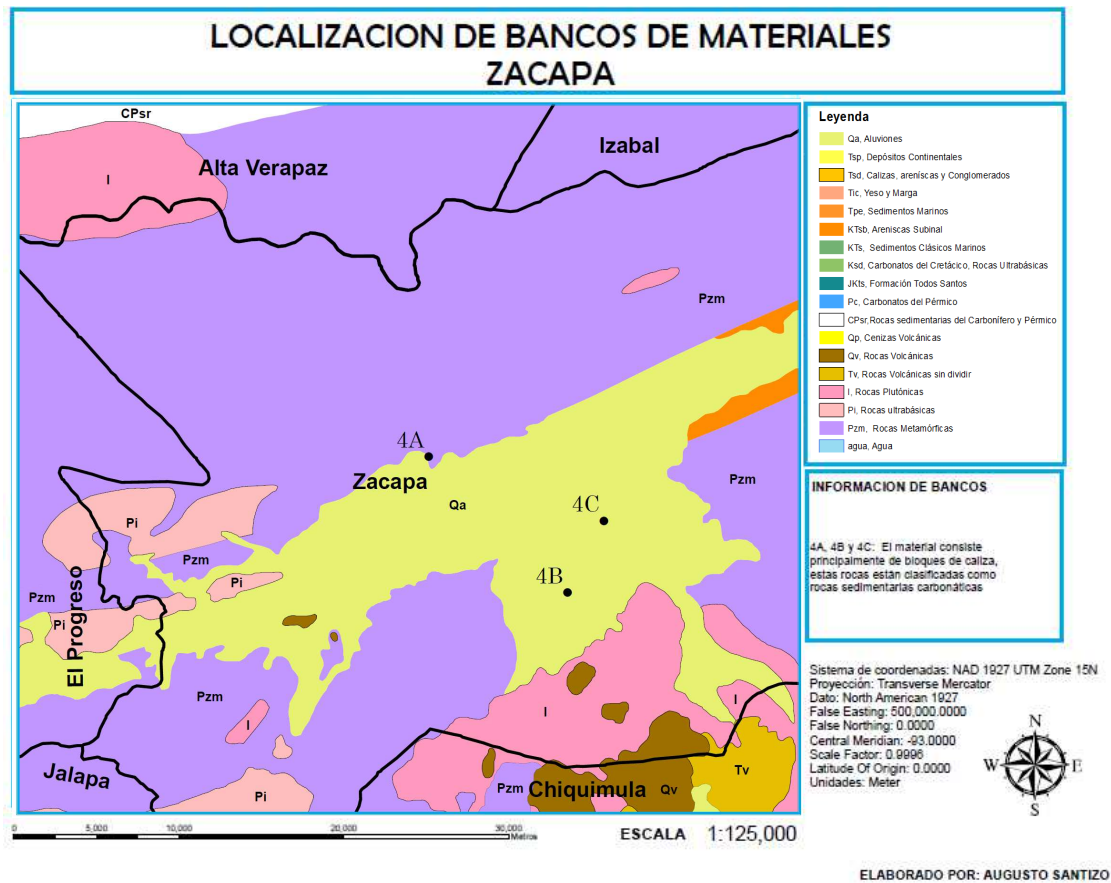
El Banco Piedritecu (4A) de agregado grueso se localiza en el kilómetro 122 de la carretera CA-9 Interoceánica que comunica al municipio de Teculután y el municipio de Zacapa hacia el Atlántico, este material consiste

principalmente de bloques de caliza, las rocas están clasificadas como rocas sedimentarias carbonáticas, sus componentes son la calcita y dolomitas.

El Banco Quebrada San Juan (4B) de agregado fino se ubica en la quebrada del mismo nombre, se extrae del cruce de la carretera hacia la aldea San Jorge y comunica el Barrio la Fragua. Se ubica geológicamente en una unidad formada por el arrastre de sedimentos de la quebrada, a esta unidad se le puede denominar aluvión. Están compuestos básicamente por minerales de sílice (cuarzo) aproximadamente un 80 por ciento.

El Banco Río Grande (4C) de agregado grueso, se ubica a un kilómetro de la población del municipio de Zacapa, se explota en el río del mismo nombre. Geológicamente esta unidad está formada por el arrastre de minerales. El mineral que más predomina es la andesita en un 30 por ciento aproximadamente.

Figura 19. Localización de bancos de materiales en el departamento de Zacapa



Fuente: elaboración propia, con programa de ArcGis.

- Resultados de laboratorio

Tabla L. **Resultados de los ensayos en el agregado fino, departamento de Zacapa**

Ensayos	4B	Norma
Peso Específico	2.71	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1692.25	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	1571.00	ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	37.63	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	0.93	ASTM C-33
Contenido de materia orgánica	1.00	ASTM C-33
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200	2.36	ASTM C-33
Módulo de finura	2.28	ASTM C-33
contenido de cuarzo	89.55%	ASTM C-285

Fuente: QUINTO, Byron. Análisis mineralógico de los agregados para concreto de tres bancos del departamento de Zacapa.

Tabla LI. **Resultados de los ensayos en el agregado grueso, departamento de Zacapa**

Ensayos	4A	4C	Norma
Peso Específico	2.61	2.73	ASTM C-33
Peso Unitario (Kg/m3)	1547.00	1646.29	ASTM C-33
Peso Unitario Suelto (Kg/m3)			ASTM C-33
Porcentaje de vacíos	40.73	39.70	ASTM C-33
Porcentaje de absorción	0.82	0.00	ASTM C-33
Roca predominante	Caliza	Andesita	ASTM C-285

Fuente: QUINTO, Byron. Análisis mineralógico de los agregados para concreto de tres bancos del departamento de Zacapa.

- Análisis de resultados

Banco 4A: los resultados indican un elemento de roca caliza, el cual no provoca algún tipo reacción en el concreto, su utilización para fines de la construcción es la indicada.

Bancos 4B y 4C: los resultados indican que el mineral que más predominó fue el cuarzo. Materia que por sus características tendría consecuencias dañinas en el concreto debido a la reacción álcalisílice.

CONCLUSIONES

1. Los tipos de roca que se encuentran presentes en el 49 por ciento de los agregados son: la andesita y el basalto, rocas ígneas volcánicas que constituyen unas de las rocas más abundantes en la corteza terrestre, tienen una dureza entre 6 a 6.5 en la escala de Mohs, por lo que son rocas con alta dureza y resistentes al desgaste.

La andesita se encuentra presente en los departamentos de Chiquimula, Escuintla, Guatemala, Jutiapa, Retalhuleu, Suchitepéquez, Totonicapán y Zacapa. En el caso del basalto se encuentra presente en los departamentos de Jutiapa, Retalhuleu, San Marcos y Suchitepéquez.

2. Referente a la petrografía de los agregados para el concreto, en el departamento de Chimaltenango se encontró que el agregado tiene alto contenido de óxido de sílice (72,04 por ciento), el cual tiende a reaccionar en forma negativa con los álcalis del cemento, produciendo una expansión excesiva en el concreto y contiene alto porcentaje de pómez (83 por ciento), lo cual por su alta porosidad puede afectar en la durabilidad del concreto. De igual manera, el banco localizado en Zacapa tiene alto contenido de cuarzo (89.55 por ciento), el cual produce una reacción negativa con el álcali del cemento. En el departamento de Quetzaltenango también se encontró un banco donde la roca predominante es la riolita, roca que contiene alto contenido de sílice.

3. De los departamentos en estudio, el 13 por ciento no cumple las especificaciones de las normas ASTM referentes a las propiedades físico-mecánicas que debe cumplir el agregado grueso a utilizar para la mezcla de concreto. Entre los departamentos que no cumplieron con la norma de calidad para este agregado se encuentra Petén y Quetzaltenango. En el agregado del departamento de Petén predomina la calcita, mineral muy común que se caracteriza por su baja dureza, 3 en la escala de Mohs. En el agregado del departamento de Quetzaltenango se encontró que la roca predominante es la riolita, roca ígnea volcánica con una dureza de 6 en la escala de Mohs y con alto contenido de sílice. Estos bancos de materiales presentaron un alto desgaste por abrasión, lo cual puede influir negativamente en la durabilidad del concreto.
4. Se encontró que el 33 por ciento de los departamentos descritos no cumplieron con las especificaciones de las normas ASTM referentes a las propiedades físico-mecánicas que debe cumplir el agregado fino a utilizar en una mezcla de concreto. entre estos departamentos se encuentran Alta Verapaz, Chimaltenango, El Progreso, Quetzaltenango y Totonicapán. En el departamento de Alta Verapaz se encontró que un banco de materiales tenía un alto módulo de finura lo cual generará un concreto con alto porcentaje de vacíos y poco denso, en dicho banco el mineral que predominó fue la calcita. Por otro lado, el segundo banco de dicho departamento presentó un bajo módulo de finura lo cual puede afectar la mezcla del concreto al requerir mayor cantidad de cemento para conservar la resistencia, en dicho banco el mineral que predominó fue el yeso.

En Chimaltenango se encontró que tiene alto contenido de materia orgánica lo cual puede producir reacciones químicas negativas con el cemento. En El Progreso, el agregado fino tiene alto módulo de finura lo cual puede afectar el costo de la mezcla del concreto al requerir mayor cantidad de cemento, la roca que predomina es el esquisto clorítico, roca metamórfica que contiene clorita como principal mineral. En Quetzaltenango se encontró que un banco de materiales contenía bajo módulo de finura y donde la roca predominante es la riolita. En Totonicapán se encontró que había un alto contenido de materia orgánica y alto módulo de finura, donde las rocas predominantes son la andesita y la pómez.

RECOMENDACIONES

1. Debido a su alta resistencia al desgaste, así como al ataque de químicos, el uso de la andesita y el basalto son recomendables en las mezclas de concreto para pavimentos.
2. Para reducir las consecuencias negativas de las reacciones álcali-agregado se puede utilizar puzolanas en el concreto. Las puzolanas contienen sílice reactiva, la cual reacciona con los álcalis de los poros, disminuyendo el efecto destructivo en el concreto.
3. Para disminuir el efecto negativo en la durabilidad del concreto debido al alto desgaste de abrasión en los agregados, es recomendable el uso de aditivos. Este factor se torna importante cuando el concreto estará sometido a un roce continuo como es el caso de pavimentos.
4. Para agregados finos con altos módulos de finura, se puede realizar la mezcla de un agregado que contenga bajo módulo de finura con el fin de que estos ocupen los espacios dejados por las partículas de mayor tamaño.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM. *Libro anual de especificaciones ASTM*. Sección 4, Vol. 04.02. Estados Unidos: ASTM, 2003, 804 p.
2. CABRERA, Oscar; ORTEGA, Néstor; TRAVERSA, Luis. "Una fuente alternativa de agregados finos para hormigón". Ciencia y Tecnología. [en línea] Julio 2010. Disponible en Web: <http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2012/cyt/numero10/10N_ISE_U_CyT02.pdf> [consulta: 13 enero de 2013]
3. ECUTÉ BANTES, Francisco Javier. *Evaluación y variabilidad de las propiedades de los agregados de dos plantas, una en Escuintla y la otra en Tecún Umán*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 41 p.
4. FLORIÁN FLORES, Edgar Mauricio. *Análisis mineralógico y examen petrográfico de dos bancos de materiales del municipio de Asunción Mita, Jutiapa*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 63 p.
5. GAITAN OROZCO, Sergio. *Análisis mineralógico y examen petrográfico de agregado fino para concreto de tres bancos de la región central del país*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 66 p.

6. GALICIA GAMBOA, Rodolfo Antonio. *Investigación general de los bancos de agregados en la región de Poptún, Petén*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1991. 109 p.
7. GARCÍA MAKEPEACE, Ana Lucrecia. *Evaluación de la calidad de los agregados en el departamento de Huehuetenango, para su utilización en la producción de concreto*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 63 p.
8. LÓPEZ CÓRDOVA, Sergio Iván. *Determinación de las características: físicas, mecánicas, químicas y petrográficas de agregados, extraídos del río Samalá, del municipio de San Sebastián, Retalhuleu y del río San Miguel Panán, del municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez, para su uso en la industria del concreto*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 69 p.
9. LUCERO GASPARICO, Wilford Rolyn Ivan. *Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de los agregados finos y gruesos extraídos: del banco de material ubicado entre la finca Piura, finca La Vega, Los Llanitos y la finca El Tule, aguas arriba del río Ostúa y del banco de material ubicado entre los Llanitos, finca Monte Rico, finca El Tule, finca El Coco y la finca Concepción, aguas abajo del río Ostúa del municipio de Asunción Mita Jutiapa, para la fabricación de concreto estructural*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 167 p.

10. MARTÍNEZ PATZÁN, Rudy Estuardo. *Calidad de dos bancos de agregados para concreto, en el departamento de Chiquimula*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 140 p.
11. MAYÉN MAYÉN, Willian Alfredo. *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 graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 90 p.
12. MENDOZA CAMEY, Víctor Gabriel Rolando. *Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en el departamento de Totonicapán*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 88 p.
13. MUÑOZ ESPINOZA, Juan Carlos. *Evaluacion de las propiedades fisicomecánicas de agregados para concreto en el departamento de San Marcos*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992. 63 p.
14. OROZCO LOPEZ, Gilmar Adalberto. *Examen de calidad de agregados para concreto en el municipio de Guastatoya, El Progreso*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 65 p.
15. ORTIZ DE LEÓN, Evelyn Elizabeth. *Calidad de agregados producidos en Guatemala*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 111 p.

16. PINTO ALONZO, Carlos Enrique. *Caracterización de bancos para agregados de concreto y morteros, ubicados en los municipios de Tactic y San Cristóbal Verapaz, en el departamento de Alta Verapaz*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 83 p.
17. QUINTO TOBAR, Byron Alfonso. *Análisis mineralógico de los agregados para cocreto de tres bancos del departamento de Zacapa*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 47 p.
18. ROMÁN AVILA, Luis Rolando. *Examen petrográfico y análisis mineralógico de los bancos de materiales de la ciudad de Chimaltenango*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 69 p.
19. SALGUERO GIRON, Raúl Armando. *Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango*. Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 69 p.
20. TAMEZ, Valdez, et al. *Efectividad de las puzolanas naturales para reducir la expansion alcali-agregado*. [en línea]. <https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&ved=0CFoQFjAF&url=http%3A%2F%2Fdiagonalnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F2663341.pdf&ei=Ogr2UJeADITc9ASg94CYAQ&usg=AFQjCNFNDzirAyfq9XKLOeuQrKeOer69Hw&sig2=Uuqf0vV9WUdc2_Y2oUZu9w&bvm=bv.41018144,d.eWU> [Consulta: 13 enero de 2013].

21. VILLALTA GARCÍA, Sergio Estuardo. *Estudio y análisis físico, químico, mecánico y petrográficos de agregados para concreto estructural de los bancos de la trituradora "Morán" , obtenidos en el río Ostúa, y trituradora "El Capullo", obtenidos en el río Tamazulapa; ubicados en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa.* Trabajo de graduacion Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 136 p.