



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

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA CONCRETO,
PROVENIENTES DE 3 BANCOS DE EXTRACCIÓN DEL RÍO VILLALOBOS, UBICADO EN
LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Edgar Ronaldo Choxom Aguilar

Asesorado por la MSc. Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA CONCRETO,
PROVENIENTES DE 3 BANCOS DE EXTRACCIÓN DEL RÍO VILLALOBOS, UBICADO EN
LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDGAR RONALDO CHOXOM AGUILAR

ASESORADO POR LA MSC. INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Darío Francisco Lucas Mazariegos
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
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:

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA CONCRETO,
PROVENIENTES DE 3 BANCOS DE EXTRACCIÓN DEL RÍO VILLALOBOS, UBICADO EN
LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 30 de octubre de 2020.

Edgar Ronaldo Choxom Aguilar



Guatemala, 13 de octubre de 2022

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y OBRAS CIVILES
COORDINADOR

Ingeniero Montenegro Franco

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA CONCRETO, PROVENIENTES DE 3 BANCOS DE EXTRACCIÓN DEL RÍO VILLALOBOS, UBICADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, elaborado con el estudiante universitario Edgar Ronaldo Choxom Aguilar, quien contó con la asesoría de la suscrita.

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

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"



Inga. Civil Dilma Yañet Mejicanos Jol
Col. 5947
ASESORA



Dilma Y. Mejicanos Jol
Ingeniera Civil
Col. 5947





ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Guatemala, 26 de octubre de 2,022

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Fuentes, Le informo que he revisado el trabajo de graduación “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA CONCRETO, PROVENIENTES DE 3 BANCOS DE EXTRACCIÓN DEL RÍO VILLALOBOS, UBICADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA”, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, Edgar Ronaldo Choxom Aguilar, quién contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe de área de materiales y construcciones civiles.





LNG.DIRECTOR.239.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA CONCRETO, PROVENIENTES DE 3 BANCOS DE EXTRACCIÓN DEL RÍO VILLALOBOS, UBICADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Edgar Ronaldo Choxom Aguilar**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, noviembre de 2022



LNG.DECANATO.OI.773.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA CONCRETO, PROVENIENTES DE 3 BANCOS DE EXTRACCIÓN DEL RÍO VILLALOBOS, UBICADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Edgar Ronaldo Choxom Aguilar**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, noviembre de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Mi familia

Para mis padres, Ing. Edgar Choxom y Esperanza Aguilar. Por todo el apoyo, amor, paciencia y cariño que me han dado, sin ellos no estaría acá. Mi hermana Paola, quien ha sido mi compañera de aventuras, consejera y apoyo a lo largo de mi vida. Ellos son los pilares de mi vida, los amo y les agradezco todo.

Mis amigos

Lenin Santos, Diego Domínguez, Orlando Castillo, Alysson Córdova, Luis Herrera, Pablo Tax, José Caniz, Mariam Rivas, Sofia Ríos, María Fernanda Castillo y Carlos Rodas por su ayuda, paciencia y por celebrar los logros por más pequeños que sean.

Mis amigos de universidad

A todos en general, especialmente a Diego Soto, Diego Santisteban, Gerardo Leche, Noé Ren, Carlos Abad, Marcela Méndez, Darlin Pereda, Sharon Archila, Víctor Rojas, Belén Contreras, Rodrigo Solís, Keren Lastor, Steven España y Eduardo Bardales, por su apoyo y cariño durante todo el proceso, estamos cumpliendo la meta.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis tíos

Para mis tías, las cuales siempre me han dado su cariño y apoyo incondicional. Mis tíos que me dieron sus consejos para yo seguir adelante.

Mis primos

Para todos en general, por las alegrías, aventuras y sobre todo el buen ejemplo y consejos que todos me dieron desinteresadamente.

Facultad de Ingeniería

Por albergarme en sus aulas y darme los conocimientos esenciales en la carrera, y regalarme la oportunidad de conocer a personas increíbles.

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Por todo el apoyo, paciencia y su valiosa asesoría para la elaboración del presente trabajo de graduación.

Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII

Por permitirme realizar los ensayos en sus instalaciones y la asesoría prestada por parte de sus colaboradores.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Justificación.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.2.1. Acceso a los bancos.....	2
1.2.2. Aspecto geológico del área	3
1.3. Área de estudio	3
1.3.1. Localización	4
1.3.2. Tipo de banco	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Análisis de las características físicas de los agregados.....	5
2.1.1. Interpretación de la norma COGUANOR NTG 41007	5
2.1.1.1. Análisis completo de los agregados.....	5
2.1.1.2. Resistencia a la disgregación a los sulfatos	6
2.1.1.3. Análisis completo del agregado grueso, norma NTG 41007.....	7

2.2.	Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados	9
2.2.1.	Interpretación de método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37,5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles, norma COGUANOR NTG 41010 h 20	9
2.2.1.1.	Información de ensayo Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37,5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.....	9
2.2.1.2.	Resumen del método de ensayo	10
2.3.	Análisis de las propiedades químicas de los agregados	12
2.3.1.	Explicación e interpretación del ensayo Determinación de la reactividad potencial alcali-sílice en los agregados. Método Químico, norma COGUANOR NTG 41010 h 13.....	12
2.3.2.	Explicación e interpretación del ensayo Determinación de la reactividad potencial alcali-sílice de combinaciones de materiales cementantes y agregados- (Método acelerado de barra de mortero), norma COGUANOR NTG 41010 h 15.....	15
2.3.3.	Explicación e interpretación de Guía para la evaluación petrográfica de los agregados para el concreto, norma COGUANOR NTG 41088	17

3.	MARCO PRÁCTICO	21
3.1.	Metodología.....	21
3.2.	Resultados de los agregados, según los requerimientos de la norma COGUANOR NTG 41010 h 20	21
3.2.1.	Interpretación de la norma COGUANOR NTG 41007	22
3.2.1.1.	Análisis completo del agregado fino	22
3.2.1.2.	Resistencia a la disgregación a los sulfatos	27
3.2.1.3.	Análisis completo del agregado grueso	27
3.3.	Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados	32
3.3.1.	Interpretación de la norma COGUANOR 41010 h 20.....	33
3.3.1.1.	Información del ensayo	33
3.3.1.2.	Resumen del método del ensayo.....	34
3.4.	Análisis de las propiedades químicas de los agregados	35
3.4.1.	Explicación e interpretación de la norma COGUANOR NTG 41010 h 13.....	35
3.4.2.	Explicación e interpretación de la norma COGUANOR NTG 41010 h 14.....	36
3.4.3.	Explicación e interpretación de la norma COGUANOR NTG 41088.....	37
	CONCLUSIONES	51
	RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFIA.....	55
	ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema ciclo hielo/deshielo.....	7
2.	Curva granulométrica del agregado fino para el punto 1	26
3.	Curva granulométrica del agregado fino para el punto 2	26
4.	Curva granulométrica del agregado fino para el punto 3	27
5.	Curva granulométrica del agregado grueso (punto 1).....	31
6.	Curva granulométrica del agregado grueso (punto 2).....	31
7.	Curva granulométrica del agregado grueso (punto 3).....	32
8.	Distribución de los componentes del agregado grueso según el número de tamiz del punto 1	40
9.	Distribución de los componentes del agregado grueso según el número de tamiz del punto 2	41
10.	Distribución de los componentes del agregado grueso según el número de tamiz del punto 3	43
11.	Distribución de los componentes del agregado fino según el número de tamiz del punto 1	45
12.	Distribución de los componentes del agregado fino según el número de tamiz del punto 2.....	47
13.	Distribución de los componentes del agregado fino según el número de tamiz (punto 3)	49

TABLAS

I.	Análisis granulométrico.....	6
II.	Graduaciones de las muestras de ensayo	10
III.	Numero de esferas que se colocaran dependiendo de la masa.....	11
IV.	Tamaño de las muestras	13
V.	Porcentaje de desgaste en cada muestra	21
VI.	Granulometría del agregado fino para el punto 1.....	23
VII.	Granulometría del agregado fino para el punto 2.....	23
VIII.	Granulometría del agregado fino para el punto 3.....	23
IX.	Características físicas del agregado fino para el punto 1	24
X.	Características físicas del agregado fino para el punto 2	24
XI.	Granulometría del agregado grueso (punto 1)	28
XII.	Granulometría del agregado grueso (punto 2)	28
XIII.	Granulometría del agregado grueso (punto 3)	29
XIV.	Características físicas del agregado grueso (punto 1).....	29
XV.	Características físicas del agregado grueso (punto 2).....	30
XVI.	Características físicas del agregado grueso (punto 3).....	30
XVII.	Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 gramos de muestra	34
XVIII.	Determinación de la reactividad potencial del agregado fino según la norma NTG 41010 h 13.....	36
XIX.	Porcentajes de expansión, y expansión promedio de barra ensayada según normativa NTG 41010 h 14	37
XX.	Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado grueso del punto 1	39
XXI.	Porcentaje de partículas que componen el agregado grueso del punto 1	39

XXII.	Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado grueso del punto 2	40
XXIII.	Porcentaje de partículas que componen el agregado grueso del punto 2	41
XXIV.	Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado grueso del punto 3	42
XXV.	Porcentaje de partículas que componen el agregado grueso del punto 3	42
XXVI.	Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado fino del punto 1	44
XXVII.	Porcentaje de partículas que componen cada tamiz del agregado fino del punto 1	44
XXVIII.	Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado fino del punto 2	45
XXIX.	Porcentaje de partículas que componen cada tamiz del agregado fino del punto 2	46
XXX.	Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado fino del punto 3	47
XXXI.	Porcentaje de partículas que componen cada tamiz del agregado fino del punto 3	48

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Mmol/L	Cantidad de una sustancia igual a una milésima de un mol.
°C	Grados Celsius
g	Gramo
±	Incerteza
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
m	Metro
µm	Micrómetro
mm	Milímetro
%	Porcentaje
plg	Pulgadas
sss	Saturada de superficie seca (Densidad Relativa)

GLOSARIO

Abrasión	Acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
COGUANOR	Comisión guatemalteca de Normas.
Deletéreo	Dañino o reactivo con la mezcla de concreto.
Disgregación	Acción de separar las partes que antes eran las constituyentes de una totalidad.
NTG	Norma Técnica Guatemalteca.
Petrográfico	Campo de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas.

RESUMEN

En Guatemala se utilizan muchos agregados, tanto finos como gruesos, muchos de ellos no están regulados por las normas Coguanor. En el siguiente proyecto se analiza la calidad del agregado fino y grueso, que se extrae del río de Villalobos (en tres ubicaciones distintas), y es usado para la fabricación del concreto. Para estos análisis se tomaron muestras, que fueron evaluadas en el Centro de Investigación de Ingeniería (CII), y en Servicios Para Industria (SERPIN), donde se practicaron los ensayos correspondientes para identificar las propiedades mecánicas, físicas, químicas y mineralógicas.

Para esto, se utilizó la norma NTG 41007, en ella se dan especificaciones de agregados para la fabricación de concreto. NTG 41010 h20 se indica el método de ensayo estándar para resistencia a la degradación del agregado por abrasión en la máquina de los ángeles. NTG 41010 h13 se describe el método estándar para reactividad potencial de agregados por el método químico. NTG 41010 h15 utiliza el método acelerado de barra de mortero para determinar la reactividad potencial álcali-sílice de combinaciones de materiales cementantes y agregados y la norma NTG 41088 indica los estándares para el examen petrográfico de agregados para concreto.

Con los resultados de los ensayos mencionados, se concluyó que los agregados de estos bancos no son los idóneos para la fabricación de concreto, ya que no cumplen con todos los parámetros de dichas normas.

OBJETIVOS

General

Evaluar la calidad de agregados fino y grueso para concreto, provenientes de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala.

Específicos

1. Localizar la ubicación de los bancos donde será extraído el material pétreo que se analizará.
2. Definir las propiedades mecánicas de los agregados extraídos del río Villalobos.
3. Realizar ensayos de laboratorio a los agregados provenientes del río Villalobos para definir la granulometría y el contenido de sustancias perjudiciales, basándose en la norma *Agregados para Concreto. Especificaciones*. COGUANOR NTG 41007.
4. Determinar la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados, con los establecidos en la norma Método de ensayo. *Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados. Método químico*. COGUANOR NTG 41010 h13.

5. Examinar los resultados obtenidos de la normativa *Método de ensayo. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice de combinaciones de materiales cementantes y agregados- (Método acelerado de barra de mortero)*. COGUANOR NTG 41010 h15.

6. Precisar las características petrográficas, consideradas en la norma COGUANOR NTG 41088.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en Guatemala se ha desarrollado en los últimos años, siendo cada vez más avanzada la tecnología que es usada en la misma. Este desarrollo trajo consigo, que en Guatemala la producción de materiales aumentara, como el de acero, cemento y los agregados pétreos para uso en construcción.

Cuando se trata de agregados pétreos, estos se clasifican por su procedencia, y pueden ser dos, triturados o natural. Siendo esos; agregados finos y gruesos, sin importar la procedencia de estos, deben cumplir con características físicas y propiedades mecánicas, estas garantizan que son aptos para usarse en una obra de ingeniería civil.

Para poder corroborar que sean adecuados, en Guatemala se estableció la entidad COGUANOR que controla y norma el uso correcto de estos agregados, entre otras. Para esto se realiza un muestreo de material, y es utilizado como referencia para identificar problemas e irregularidades propias del agregado pétreo, se cotejan con las normas correspondientes, en este documento se muestran los resultados con las normas NTG 41007, NTG 41010 h 20 para determinar el desgaste, NTG 41010 h 13 que determina la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados, NTG 41010 h 15.

Hay que mencionar que las normativas se deben aplicar en los agregados si se pretende tener el resultado deseado. La finalidad de esta investigación es la caracterización de los agregados pétreos que provienen del río Villalobos y que

son usados en construcción e interpretar los resultados con las especificaciones de las normas vigentes en Guatemala, COGUANOR NTG.

1. GENERALIDADES

1.1. Justificación

El ámbito de la construcción es muy amplia e importante en el desarrollo del país. Teniendo en cuenta esto, los materiales que se usan en las construcciones deben ser evaluados bajo un estricto control de calidad, porque el riesgo del uso de materiales no adecuados repercute gravemente en el concreto y en los procesos constructivos.

Por eso, es importante que se lleven a cabo los estudios de calidad en los materiales pétreos que se extraen en la zona, estos pueden revelar los químicos que contaminan a los agregados, y con base a esto se puede definir en que afectara al concreto a corto, mediano o largo plazo.

Estos análisis y ensayos brindaran resultados que podrán servir como referente a próximas investigaciones, que tengan como objetivo los agregados pétreos que se extraen del río Villalobos, y las personas que tengan como profesión la extracción y uso de estos.

La presente investigación es una ejemplificación de cómo se deben realizar los ensayos de los materiales que se extraen en los bancos de material pétreo, porque en algunos no se realizan todos los ensayos y estudios necesarios para garantizar la calidad del concreto, todos estos basados en la normativa nacional COGUANOR NTG.

1.2. Antecedentes

El río Villalobos es una de las vertientes que pertenece a la cuenca del lago de Amatitlán. Se encuentra a una altitud de 1,198 metros sobre el nivel del mar. Este es uno de los ríos de la República de Guatemala, que discurre por el departamento de Guatemala y dentro del área urbana de la ciudad del país. Tiene una longitud promedio de 21,8 km. Este río como lo indicó Cardona en el año 2015, que se comienza a formar en la unión de los ríos tributarios Molino y San Lucas a la altura del kilómetro 12,5 que se localiza en la ruta nacional CA-9 al Pacífico, hasta su desembocadura en el Lago de Amatitlán.

Sus aguas registran altísimos índices de contaminación, por las descargas domiciliarias e industrias de la zona metropolitana, que sobre todo en época de invierno arrastran desechos sólidos, lodo, basura domiciliar y ripio. El Gobierno de Guatemala manifestó en el año 2020 que la contaminación intensa del río se empezó a detectar desde 1978, cuando ya presentaba elevada polución de sólidos en suspensión, hedor fétido y concentraciones de plomo, fosforo, potasio, sodio, nitratos, y excretas humanas, con presencia de coliformes fecales, provenientes de aguas negras y drenajes caseros.

1.2.1. Acceso a los bancos

Se realizará un análisis profundo, y así encontrar la ruta óptima para tener acceso a los puntos en donde el material será extraído.

Se tiene en cuenta que la extracción de las muestras, deben estar bajo la norma COGUANOR NTG 41009, debido a que el muestreo es tan importante como los ensayos que se realizarán.

1.2.2. Aspecto geológico del área

La cuenca del lago de Amatitlán está formada por varias subcuentas, las que finalmente convergen en el río Villalobos, en el lado norte del lago y el río Michatoya al sur. Los ríos tributarios principales del río Villalobos son: Platanitos, Pinula, Las Minas, Tuluja, El Bosque, Molino, San Lucas, Parrameno. Los suelos de la cuenca son de origen volcánico de diferentes épocas (consolidados hasta ser rocas), aluvión y del lado norte sedimentos eólicos, flujos de ceniza, sedimentos fluviales y lacustres.

La topografía de la cuenca se caracteriza por un relieve muy fuerte y subsuelo muy suelto, forma un terreno de relieve moderado, al norte de una cadena volcánica de la época cuaternaria con alturas de hasta 4 000 msnm, paralela a la costa pacífica. La predominancia de su climatología es de vientos del noreste-sureste, donde la temperatura media anual de la cuenca es bastante estable. De junio a septiembre es la época más lluviosa, la altura sobre el nivel del mar varía desde 2 400 hasta 1 188 msnm, ambos parámetros ubicados en el municipio de Amatitlán. La cuenca del río Villalobos se encuentra situada dentro el sistema montañoso formado por la faja volcánica el pacífico que atraviesa el país y que se compone de rocas terciarias y cuaternarias. El valle es el resultado de una depresión de origen tectónico de dirección NE-SO en forma de recipiente alargado en una extensión aproximada de 800 km².

1.3. Área de estudio

Esta investigación se centrará en el río Villalobos y los agregados que se extraen del mismo, se extraerán las muestras para que posteriormente sean analizadas en el laboratorio bajo los normativos correspondientes. Se dice

entonces, que las áreas de estudio serán los agregados pétreos que se extraen de dicha vertiente y que son usados para el concreto en obras de infraestructura.

1.3.1. Localización

El río Villalobos es un corto río de la República de Guatemala, que discurre por el departamento de Guatemala y dentro del área urbana de la ciudad capital del país. El río pertenece a la cuenca del lago de Amatitlán, en el cual se drena, siendo así su mayor afluente y a la vez, foco de extrema contaminación.

El río Villalobos se forma de la unión de los ríos tributarios Molino y San Lucas a la altura del kilómetro 12,5 de la ruta CA-9 al Pacífico, complejo de puentes Villalobos, por lo que toma tal nombre desde ese punto hasta su desembocadura en el lago de Amatitlán. La cuenca del río Villalobos se encuentra situada dentro del sistema montañoso, formado por la faja volcánica del Pacífico que atraviesa al país y que se compone de rocas terciarias y cuaternarias.¹

1.3.2. Tipo de banco

Se tiene muy en cuenta el tipo de banco en el que se trabaja, debido a que, dependiendo de esto, el procedimiento será distinto. En este caso se obtiene la muestra de dos pilas de almacenaje, una de cada agregado como recomienda la norma COGUANOR NTG 41009.

¹ CAMO MOLINA, Andrea del Rosario. *Post Lab 1 Química Ambiental*. <https://www.buenastareas.com/ensayos/Post-Lab-1-Quimica-Ambiental/78983056.html>. Consulta: 15 de mayo de 2020.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Análisis de las características físicas de los agregados

Los agregados, como todo material que se usa en la construcción deben estar normados para que no tengan repercusiones negativas en lo que se usarán. Debido a esto, es esencial conocer las características físicas de los agregados pétreos, ya que estas influyen en las propiedades del concreto endurecido.

2.1.1. Interpretación de la norma COGUANOR NTG 41007

La norma COGUANOR NTG 41007 está basada en la norma internacional ASTM C33/C33-08, adecuada a Guatemala. Esa indica cómo realizar ensayos en los agregados finos y gruesos, y especificaciones que los agregados deben cumplir para que su uso sea aceptable en construcción.

2.1.1.1. Análisis completo de los agregados

Cuando se trata del agregado que se le colocara al concreto, se debe de ser cuidadoso en ciertos aspectos que toman en cuenta la forma, componentes químicos y el origen de estos. De esta forma se asegura de tener un agregado que no tenga repercusiones negativas en la mezcla que se realizarán.

Para esto se basan en la norma COGUANOR NTG 41007, esta indica que se necesita realizar un muestreo general de los agregados para que estadísticamente sea de una manera general. Seguidamente de eso se tiene que realizar el cuarteo, para homogenizar la muestra que se obtuvo. Uno de los

primeros ensayos debe ser el de granulometría para separar las partículas que no cumplen con las especificaciones de la norma. Tal y como dice la norma; el agregado fino no debe tener más de 45 % de porcentaje que pase por cualquier tamiz y retenido en el tamiz próximo siguiente (Ver tabla 1), y el módulo de finura debe ser menor a 2,3 ni mayor a 2,1.

Tabla I. **Análisis granulométrico**

Tamiz (Esp. ASTM E11)	Porcentaje que Pasa	
	Arena Natural	Arena manufacturada
9.5 mm (3/8")	100	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100	80 a 95
1.18 mm (N°16)	50 a 85	45 a 95
600 µm N°30)	25 a 60	25 a 75
300 µm (N°50).....	5 a 30.....	10 a 35
150 µm (N°100).....	0 a 10.....	8 a 20

Fuente: COGUANOR. *NTG-41007. Agregados para concreto. Especificaciones.* p. 8.

2.1.1.2. Resistencia a la disgregación a los sulfatos

Para distinguir cual es la resistencia a la disgregación a los sulfatos se deben utilizar cinco ciclos. Derivado de este ensayo el agregado debe tener una pérdida promedio ponderada no mayor a 10 % cuando se utiliza de sodio o de 15 % cuando se utiliza sulfato de magnesio.²

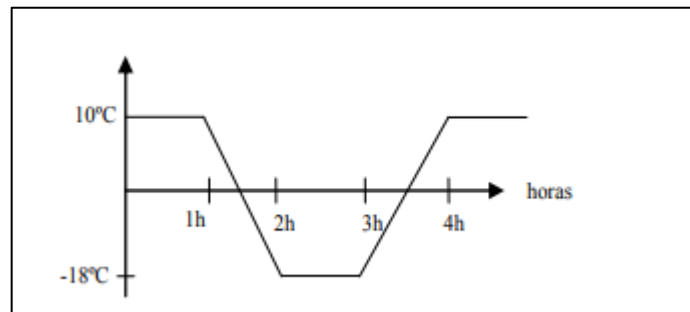
Cuando este requisito no es cumplido, se debe demostrar que se ha experimentado y han tenido resultados favorables con agregado similar al que se está evaluando, o que muestre un resultado satisfactorio en concreto sujeto al ensayo de congelamiento y deshielo, el cual consiste en ensayar seis probetas

² COGUANOR. *NTG-41007. Agregados para concreto. Especificaciones.* p. 11.

cilíndricas de cada resistencia (30 MPa y 45 MPa), dejando una de referencia en la cámara a 20 °C de temperatura y 45-50 % de humedad relativa. A la edad de 28 días las probetas se sumergirán en agua durante 4 días. Se introducirán en la cámara cinemática y se sometieron a 300 ciclos de hielo/deshielo de acuerdo con el diagrama temperatura/tiempo. (Ver figura 1).

Semanalmente se realizan las medidas de longitud, peso y velocidad de pulso ultrasónico, hasta los 300 ciclos, concluidos estos se mide el módulo de elasticidad, la resistencia a tracción y la resistencia a compresión.

Figura 1. **Esquema ciclo hielo/deshielo**



Fuente: AL-ASSADI, Ghaida; CASATI, María Jesús; FERNANDEZ, Jaime; GÁLVEZ, Jaime.

Estudio de los efectos del hielo-deshielo en hormigones para tableros de puentes.

https://www.researchgate.net/publication/45228930_Estudio_de_los_efectos_del_hielo-deshielo_en_hormigones_para_tableros_de_puentes. Consulta: 20 de mayo de 2020.

2.1.1.3. Análisis completo del agregado grueso, norma NTG 41007

El agregado grueso debe conformarse por grava, grava triturada, piedra triturada escoria de alto horno enfriada con aire o concreto de cemento hidráulico

triturado (aunque el concreto triturado puede tener repercusiones negativas en la nueva mezcla de concreto que se realizará).

Al agregado fino se le realiza un análisis granulométrico, para el agregado grueso de la misma manera que se indica en: “Tabla II Requisitos de granulometría para agregados gruesos”³ de la norma COGUANOR NTG 41007.

Como todo lo que se genera naturalmente, el agregado grueso contiene sustancias orgánicas y algunas son perjudiciales, para esto la norma COGUANOR NTG 41007 se muestra en la “Tabla III Límites para sustancias perjudiciales y requisitos de características físicas de agregado grueso para concreto.”⁴ Para todo esto el proveedor del agregado debe indicar la designación de clase para corroborar los porcentajes admisibles de dicho agregado.

De la misma forma, la norma aclara que, se deben considerar las condiciones en las que el concreto será usado, porque, si este estará sujeto a humedad, exposición prolongada a una atmosfera húmeda, o en contacto con suelos húmedos no debe contener ningún material perjudicialmente reactivo con los álcalis en el cemento, debido a que este puede causar una excesiva expansión. “Sin embargo, si tales materiales están presentes en cantidades que son perjudiciales, es aconsejable usar cemento que contenga menos de 0,60 % de álcalis calculados como equivalente de óxido de sodio.”⁵

³ COGUANOR. *NTG-41007. Agregados para concreto. Especificaciones.* p. 13.

⁴ *Ibíd.* p. 14.

⁵ *Ibíd.* p. 15.

2.2. Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados

Como se plantea anteriormente, los agregados deben cumplir con ciertos requisitos para que sean aptos para el concreto. Las propiedades mecánicas, como la resistencia a la abrasión, a los sulfatos, porosidad, entre otros afectan a la resistencia del concreto.

2.2.1. Interpretación de método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37,5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles, norma COGUANOR NTG 41010 h 20

El ensayo con la máquina de Los Ángeles servirá para determinar la tenacidad del agregado grueso. Prueba de abrasión para determinar el porcentaje de masa final, después de que la máquina complete las 500 vueltas con esferas de acero como lo indica la norma.

2.2.1.1. Información de ensayo Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37,5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

El desgaste en la máquina de Los Ángeles es para estimar el efecto perjudicial que origina a los materiales su grado de alteración, su baja resistencia estructural, entre otros. Este método es utilizado para conocer la medida de la degradación de agregados minerales a gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, que incluyen abrasión o desgaste, impacto y

trituration en un tambor de acero en rotación, que contiene un numero especifico de esferas de acero.

Es importante conocer la resistencia a la abrasión, porque con ella se conoce la durabilidad y resistencia que tendrá en el concreto. Para la construcción de losas, estructuras simples o estructuras que requieran que la resistencia del concreto sea la adecuada para ellas. En temas de asfalto también es importante que el agregado sea el adecuado para evitar el aplastamiento, la degradación y desintegración.

2.2.1.2. Resumen del método de ensayo

Se debe lavar y luego secar al horno a una temperatura entre 110 °C ± 5 °C, seguidamente se separan las muestras haciéndolas pesar por tamices y tomando como guía la tabla I para tener los tamaños que la norma solicita, para que de esta manera se obtenga un resultado mucho más preciso.

Tabla II. **Graduaciones de las muestras de ensayo**

Tamaño del tamiz, mm (pulg) (apertura cuadrada)		Masa de los tamaños indicados, g			
		Graduaciones			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
37.5 (1½)-----	-----25 (1)	1250±25	---	---	
25.0 (1)-----	-----19.0 (¾)	1250±25	---	---	
19.0 (¾)-----	-----12.5 (½)	1250±10	2500±10	---	
12.5 (½)-----	-----9.5 (⅜)	1250±10	2500±10	---	
9.5 (⅜)-----	-----6.3 (¼)			2500±10	
6.3 (¼)-----	---4.75 (No.4)			2500±10	
4.75 (No.4)---	---2.36 (No.8)				5000±10
	Total:	5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Fuente: COGUANOR. NTG 41010 h20. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37.5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.* p. 10.

También se usa para conocer el número de esferas que se colocan dentro del cilindro (ver tabla III). Para comprobar las propiedades mecánicas de los agregados, se usa la máquina de Los Ángeles, que es un tambor rotatorio de acero que contiene un número específico de esferas de acero, y determina la abrasión e impacto a la que resisten los agregados.

Tabla III. **Numero de esferas que se colocaran dependiendo de la masa**

Graduación	Número de esferas	Masa de la Carga, g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: COGUANOR. *NTG 41010 h20. Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37.5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.* p. 9.

Cuando el tambor rota, una pestaña recoge la muestra y las esferas de acero, arrastrándolas consigo hasta que ellas caen al lado opuesto del tambor, creando un efecto de impacto y trituración. El contenido es entonces arrastrado dentro del tambor con una acción abrasiva y trituradora hasta que golpea de nuevo la pestaña y el ciclo se repite.⁶

Como último paso, la muestra que sale del cilindro será tamizada, lavada y secada al horno como se realizó al principio, este paso es opcional, pero se recomienda realizarlo para que el agregado quede libre de recubrimientos adherentes.

⁶ COGUANOR. *NTG 41010 h20. Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37.5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.* p. 6.

2.3. Análisis de las propiedades químicas de los agregados

Así como las propiedades mecánicas y características físicas son importantes para la resistencia del concreto, las propiedades químicas tienen la misma importancia, debido a que podría descascarar el concreto, permitiendo que la humedad pueda ingresar y perjudicar tanto al concreto como al acero.

2.3.1. Explicación e interpretación del ensayo Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados. Método Químico, norma COGUANOR NTG 41010 h 13

Los agregados al ser minerales tienden a tener componentes que afectan al concreto endurecido. La norma determina que se realizarán ensayos de reactividad potencial álcali-sílice de una forma química, que cubre a los agregados para el cemento portland o hidráulico. Los resultados de este método pueden obtenerse de manera rápida, y aunque no son del todo confiables en algunos casos, si proporcionan datos útiles para seguir realizando ensayos o emplear los obtenidos.

El ensayo requiere que se cumplan con ciertos reactivos que serán de mucha utilidad. Los químicos que se usarán en el ensayo tienen que estar en el grado de reactivos, deben cumplir con los requerimientos de las especificaciones de la American Chemical Society para químicos reactivos, incluyendo la pureza del agua que se utilizará, la cual se estipula como tipo VI en la norma ASTM D 1193, esta dice que el agua de reactivo de grado tipo IV puede prepararse mediante destilación, intercambio iónico, electrodesionización continua, ósmosis inversa, electrodiálisis o una combinación de los mismos.

Se usará solución de molibdato de amonio, ácido clorhídrico, ácido clorhídrico estándar, ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico (HF), solución de ácido oxálico, solución de indicadores de fenolftaleína, solución estándar de sílice, ácido sulfúrico. Teniendo en cuenta que para usar HF se deben tener precauciones de seguridad, medidas de primeros auxilios para quemaduras y respuesta contra derrames.

Para obtener la muestra del agregado se toma en cuenta la norma NTG 41009, se usan los tamaños de muestra señalados en la tabla IV.

Tabla IV. **Tamaño de las muestras**

Tamaño de las muestras	
Tamaño del agregado ^A	Masa Mínima de Muestra de Campo ^B
Agregado Fino	
No. 8 (2.36 mm)	10 kg. (25 lb)
No. 4 (4.75 mm)	10 kg. (25 lb)
Agregado Grueso	
3/8" (9.5 mm)	10 kg. (25 lb)
1/2" (12.5 mm)	15 kg. (35 lb)
3/4" (19.0 mm)	25 kg. (55 lb)
1" (25.0 mm)	50 kg. (110 lb)
1 1/2" (37.5 mm)	75 kg. (165 lb)
2" (50 mm)	100 kg. (220 lb)
2 1/2" (63 mm)	125 kg. (275 lb)
3" (75 mm)	150 kg. (330 lb)
3 1/2" (90 mm)	175 kg. (385 lb)

Fuente: COGUANOR. *NTG 41009. Práctica para el muestreo de los agregados para concreto.*

p. 7.

Si se tiene un tamaño nominal máximo menor de 19 mm, se divide la muestra, el divisor debe estar equipado con dos receptáculos para recibir las dos mitades de la muestra subdividida. También debe estar equipado con una tolva de alimentación o recipiente de lados rectos que tenga un ancho igual o ligeramente menor que el ancho del conjunto de ranuras, con el objeto de que la muestra sea alimentada a las ranuras a una velocidad controlada.

Para muestras de agregado con un tamaño nominal máximo de 19,00 mm se cuartea de acuerdo con la practica NTG 41010 h11. Seguidamente se tritura un cuarto de la muestra en una trituradora de quijadas, usando pequeñas porciones hasta que pasen por el tamiz de 4,75 mm (No. 4).

Se tamizará la muestra triturada de 300 g, y se descarta todo lo que no pase del tamiz No. 100, lo que no pase se triturará con un pulverizador de disco, molino rotatorio o un mortero con su apisonador. Si la cantidad de material retenido en el tamiz No. 100 es menos a 100 g, después de pulverizar la muestra de 300 g, debe descartarse esa muestra y pulverizar una nueva muestra de 300 g.

Cuando los agregados contienen carbono de calcio, magnesio o hierro ferroso, como la calcita, dolomita, magnesita o siderita; o silicatos de magnesio tales como la antigorita los resultados del ensayo pueden o no estar correctos.

En este ensayo se obtienen diferentes resultados, dependiendo del procedimiento que se realiza con los reactivos. Para el análisis del filtrado se mide la sílice disuelta, ya sea por un método gravimétrico, fotométrico y seguido de eso la reducción de alcalinidad.

Después de todos los procedimientos para realizar la reacción y para obtener los datos, como se establece en la norma, lo que se debe hacer al

interpretar los datos que se obtuvieron y en que afectan los mismos. El contenido de sílice en los agregados, y se ponen en contacto con el cemento y humedad permanente este agregado reaccionan negativamente generando expansión y termina fisurando o agrietando al concreto hidráulico, que incluso en el peor de los casos se terminan desprendiendo porciones de este, el descuido de este interviene directamente en el período de diseño de la estructura, el descuido puede ocasionar patologías en el concreto hidráulico.

De preferencia es evitar el uso de este agregado pétreo, aunque este efecto se puede mitigar, modificando la relación agua/cemento y que esta sea menor a 0,5. Ya cuando el concreto este colocado se puede recubrir el elemento con pintura de asfalto, aunque este no es del todo recomendable.

2.3.2. Explicación e interpretación del ensayo Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice de combinaciones de materiales cementantes y agregados- (Método acelerado de barra de mortero), norma COGUANOR NTG 41010 h 15

Lo que la norma pretende es detectar dentro del rango de 16 días, la relación potencial perjudicial álcali-sílice de la combinación de los materiales cementantes y agregados pétreos en las barras de mortero.

Este método de ensayo proporciona un medio para evaluar la habilidad de las puzolanas y la de escoria de alto horno, para controlar la exiación interna perjudicial debido a la reacción álcali-sílice cuando se usan con un agregado que se pretende usar en el concreto.

Como este es un ensayo que implican reactivos como en la norma NTG 41010 h13, pero a diferencia los reactivos son únicamente hidróxido de sodio (NaOH), pureza del agua que como en la norma pasada se utilizó el tipo IV de la norma ASTM C 1193 y solución de hidróxido de sodio. Hay que recalcar que antes del uso de NaOH deben revisar las precauciones de seguridad, contar con los primeros auxilios para quemaduras, medidas de emergencia de respuesta a derrames porque el NaOH puede causar quemaduras severas y lesiones en cualquier parte del cuerpo.

La norma dicta que la temperatura del cuarto de moldeo y de los materiales secos, temperatura del agua que se usará en la mezcla, la temperatura del horno de almacenaje.

Para entender los resultados y poderlos interpretar de una mejor manera, se debe tener en cuenta que el ensayo proporciona un resultado empírico, que es utilizado para comparación con los criterios de algunas especificaciones, para aceptar o rechazar la combinación de materiales que está siendo evaluada para una aplicación particular.

Los resultados de este pueden no ser precisos y sobreestimar la reactividad cuando se usan con los mismo puzolánicos o escorias y cemento hidráulico. Para tener un resultado mejor, se deben ensayar diferentes niveles de puzolanas y de escoria granulada para poder determinar la cantidad que se requiere para reducirlo a niveles adecuados, incluso se pueden ensayar por separado. El resultado de este ensayo puede subestimar la expansión de sistemas cementicios que contengan puzolanas con un contenido álcalis > de 4,0 % de óxido de sodio equivalente.

2.3.3. Explicación e interpretación de Guía para la evaluación petrográfica de los agregados para el concreto, norma COGUANOR NTG 41088

La norma es una guía que describe los procedimientos para la evaluación petrográfica de muestras representativas de materiales propuestos para su uso como agregados en mezclas cementicias o como materia prima para su uso en la producción de dichos agregados, y está basada en Method of Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.

Para realizar un análisis petrográfico preciso se debe conocer la naturaleza de la muestra y la finalidad por la que se evaluará, usualmente es necesario el uso de un microscopio óptico. Si se pretende hacer una evaluación particular de los agregados se deben analizar por medio de rayos-X (XRD), análisis térmico diferencial (DTA), espectroscopia de infrarrojos y otro microscopio electrónico exploratorio (SEM), o si es posible análisis de rayos-X de energía dispersiva (EDX).

Se comienza el ensayo mencionando sobre la selección de muestra a evaluar, anteriormente se expone el método de la norma NTG 41009 para proporcionar muestras de cada tamaño de tamiz, en el caso de las arenas se toma en cuenta la norma NTG 41010 h3, esta indica que se debe mezclar completamente la muestra a ser ensayada y reducir hasta una cantidad adecuada para el ensayo utilizando los procedimientos descritos en la norma ASTM C702. Los resultados del análisis de tamices para cada muestra realizada de acuerdo con la norma NTG 41010 h1 los debe proporcionar el experto en petrografía, que está a cargo de la evaluación y se debe utilizar para calcular los resultados de la evaluación petrográfica.

Cuando se trata de evaluar grava natural se examinan las partículas para determinar si los recubrimientos exteriores están presentes y determinar si son perjudiciales para el concreto. Después de tamizarse se clasifica en tipos de rocas por medio de una evaluación visual, si la mayoría de los especímenes son del mismo grupo es posible que ya no se necesite alguna identificación adicional. Las rocas de granos finos que no se pueden identificar se toman como perjudiciales para la mezcla de concreto. Pero si se logran identificar, se deben hacer con microscopio o en algunos casos con rayos-X para que la identificación del material sea mucho más rápida.

Los grupos ya separados por tipo, se evalúa si es necesaria la separación por condición física, ya que si no son similares si se debe tomar en cuenta. Las categorías que deben tomarse en cuenta son: fresco, denso; moderadamente meteorizado; muy meteorizado; o denso; poroso (o poroso y quebradizo).

Es muy común que se identifique solamente tres tipos o incluso con un solo tipo es suficiente. Para esto se debe llevar un registro de notas durante la evaluación, cada tipo de roca debe ser descrita; las características relevantes pueden incluir lo siguiente: forma de la partícula; textura superficial de la partícula; tamaño del grano; estructura interna, incluyendo observaciones del espacio entre poros, agrupación de granos, cementación de los granos; color; composición mineral; heterogeneidades significativas; condición física general del tipo de roca en la muestra; recubrimiento o incrustaciones; presencia de algún constituyente conocido que cause una reacción de deterioro químico en el concreto.

La arena natural tiene una forma similar de evaluarla, se debe tamizar con la malla No. 30, y las partículas que se retengan se trituraran con el procedimiento establecido en la norma NTG 41010 h11, que se expuso anteriormente en este documento. Se debe evaluar la muestra reducida de cada fracción de tamiz, y

sus componentes se deben identificar y contar utilizando un microscopio estereoscópico, sobre una placa de vidrio y manejar las partículas con pinzas y una aguja de disección. Los granos que no pueden identificarse utilizando el microscopio estereoscópico, o que se sospecha que contienen o consisten en sustancias que se conocen como perjudiciales en el concreto, se deben separar para evaluarlo con el microscopio petrográfico.

Uno de los objetivos de esta guía es el uso adecuado de la información de los núcleos perforados, para esto se debe seguir un procedimiento sencillo pero estricto, este indica que cada núcleo debe evaluarse (lo cual se dejó claro en los aspectos anteriores), y se debe preparar un registro mostrando la longitud del núcleo recolectado, perdidas en el núcleo y la ubicación. La mayor parte se puede obtener en una evaluación visual, ensayos de ácido o raspado, y golpeando el núcleo con un martillo o en caso de granos fino si se pudiera usar un microscopio.

La guía presenta tres tipos de materiales, los cuales se pueden examinar con este método, para evaluar salientes de roca debe ser el mismo siempre y cuando el tamaño de las piezas lo permitan. Si la roca fue triturada es preferible analizar una muestra más completa, antes de evaluar la piedra triturada, que es similar a la de un núcleo con excepción de que en este caso es necesario que los datos se obtengan por conteo de partículas de las fracciones de tamiz como lo es con la grava natural y arena.

Para la evaluación de la arena manufacturada el procedimiento es similar que, con la arena natural, pero con mayor atención a cantidad de fracturas y naturaleza del polvo de roca que se desarrolla en las operaciones de fresado.

Para una correcta interpretación de la evaluación petrográfica, se debe incluir los datos esenciales para identificar la muestra. Para esto se deben incluir

fotos y cuadros que expliquen de manera clara y simple todos los datos recabados por este ensayo. Si la muestra posee propiedades o componentes que podrían afectar el concreto, estas se deben indicar y los efectos que estas tendrían en el concreto.

Este ensayo se complementa con los ensayos físicos y químicos para poder dar una certeza mayor de que los agregados son de buena calidad y aptos para el uso en mezclas de concreto.

3. MARCO PRÁCTICO

3.1. Metodología

Se realizaron muestreos en tres diferentes puntos del río Villalobos, tanto de agregado fino como de grueso. Fueron transportados hacia el CII para ser evaluados, con base en las normas Coguanor NTG 41010 h 20, NTG 41007, NTG 41010 h1, NTG 41010 h 13, NTG 41010 h 14.

También se enviaron muestras a SERPIN, para ser evaluadas según norma Coguanor NTG 41088.

3.2. Resultados de los agregados, según los requerimientos de la norma COGUANOR NTG 41010 h 20

Se realizaron los ensayos según la norma COGUANOR NTG 41010 h 20, con las tres muestras de agregado grueso extraído, los resultados obtenidos se muestran en la tabla V.

Tabla V. **Porcentaje de desgaste en cada muestra**

REFERENCIA	MUESTRA PUNTO 1	MUESTRA PUNTO 2	MUESTRA PUNTO 3
Graduación	"B"	"B"	"B"
Porcentaje de desgaste	37,00 %	31,00 %	30,00 %

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Porcentaje de desgaste en cada muestra. s/p.*

Según la norma COGUANOR NTG 41007, indica que el porcentaje de abrasión del agregado grueso para concreto no debe ser mayor a 50,00 %. Se entiende entonces, que, las tres muestras están dentro del rango admisible. Según la norma COGUANOR NTG 41010 h 20, se tomó la cantidad de material para ser tamizada, de acuerdo con los porcentajes que se retienen en cada tamiz se determinó el tipo graduación como “B”.

3.2.1. Interpretación de la norma COGUANOR NTG 41007

Los ensayos de laboratorio se realizaron con forme a la norma COGUANOR NTG 41007, la información obtenida por el Centro de Investigaciones de Ingeniería se encuentra adjunta en anexos. En esta parte se analizan los resultados provenientes del ensayo de las características físicas del agregado grueso. Debido a que se examinaron tres puntos distintos de ese mismo río, se presentan en las tablas VI, VII y VIII el porcentaje de partículas que pasan por cada tamiz. En las tablas IX, X y XI se muestran las características físicas de la muestra del río Villalobos.

3.2.1.1. Análisis completo del agregado fino

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por las pruebas de laboratorio, basado en las normas COGUANOR presentadas.

- Granulometría de agregado fino

Tabla VI. **Granulometría del agregado fino para el punto 1**

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
9,50	98,80
4,75	92,70
2,36	83,30
1,18	71,90
0,60	55,50
0,30	33,90
0,15	15,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Granulometría del agregado fino para el punto 2**

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
9,50	98,70
4,75	93,20
2,36	84,10
1,18	70,70
0,60	52,30
0,30	26,70
0,15	7,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Granulometría del agregado fino para el punto 3**

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
9,50	93,70
4,75	85,40
2,36	76,60
1,18	67,30
0,60	53,40
0,30	34,20
0,15	14,30

Fuente: elaboración propia.

- Características físicas del agregado fino

Tabla IX. **Características físicas del agregado fino para el punto 1**

Densidad relativa (sss)	2,39
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 380,00
Masa unitaria, compactada (kg/m ³)	1 430,00
Masa unitaria, suelta (kg/m ³)	1 330,00
Porcentaje de vacíos, compactado	40,00
Porcentaje de vacíos, suelto	44,00
Porcentaje de absorción	2,56
Contenido de materia orgánica	5
Pasa tamiz #200	8,70
Retenido tamiz 6,35	9,60
Módulo de Finura	2,49

Fuente: elaboración propia.

La densidad está dentro de los parámetros normales, el contenido de materia orgánica es muy elevada y eso es perjudicial en mezclas de concreto.

Tabla X. **Características físicas del agregado fino para el punto 2**

Densidad relativa (sss)	1,92
Densidad (sss) (kg/m ³)	1 910,00
Masa unitaria, compactada (kg/m ³)	970,00
Masa unitaria, suelta (kg/m ³)	900,00
Porcentaje de vacíos, compactado	49,00
Porcentaje de vacíos, suelto	53,00
Porcentaje de absorción	7,81
Contenido de materia orgánica	5
Pasa tamiz #200	6,10
Retenido tamiz 6,35	12,30
Módulo de Finura	2,67

Fuente: elaboración propia.

Puede considerarse la densidad como liviana, posiblemente contenga partículas de arena volcánica. El contenido de materia orgánica es muy elevado y eso perjudicial en mezclas de concreto.

Tabla XI. **Características físicas del agregado fino para el punto 3**

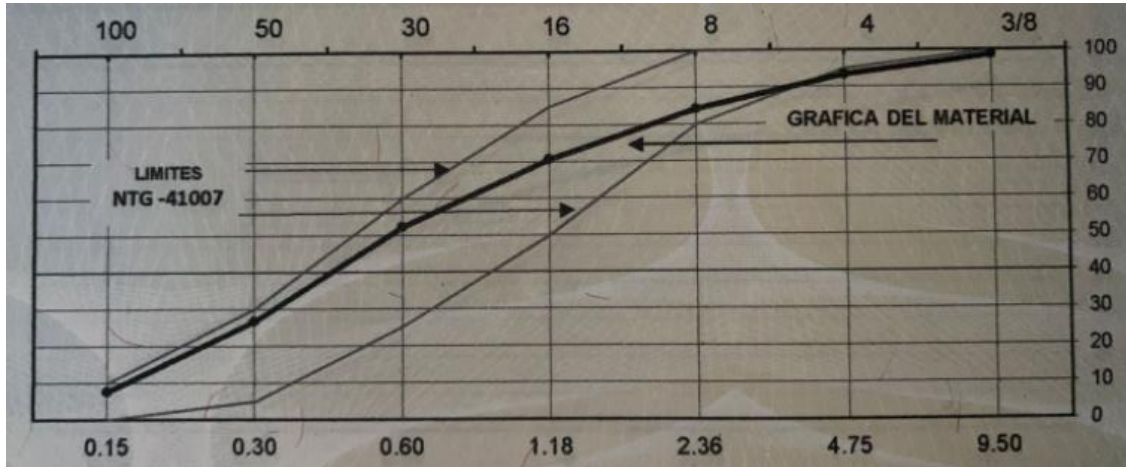
Densidad relativa (sss)	2,13
Densidad (sss) (kg/m3)	2 120,00
Masa unitaria, compactada (kg/m3)	1 110,00
Masa unitaria, suelta (kg/m3)	1 070,00
Porcentaje de vacíos, compactado	48,00
Porcentaje de vacíos, suelto	50,00
Porcentaje de absorción	7,18
Contenido de materia orgánica	4
Pasa tamiz #200	100,00
Retenido tamiz 6,35	23,70
Módulo de Finura	2,75

Fuente: elaboración propia.

La densidad está dentro de los parámetros normales, el contenido de materia orgánica es muy elevada y eso es perjudicial en mezclas de concreto.

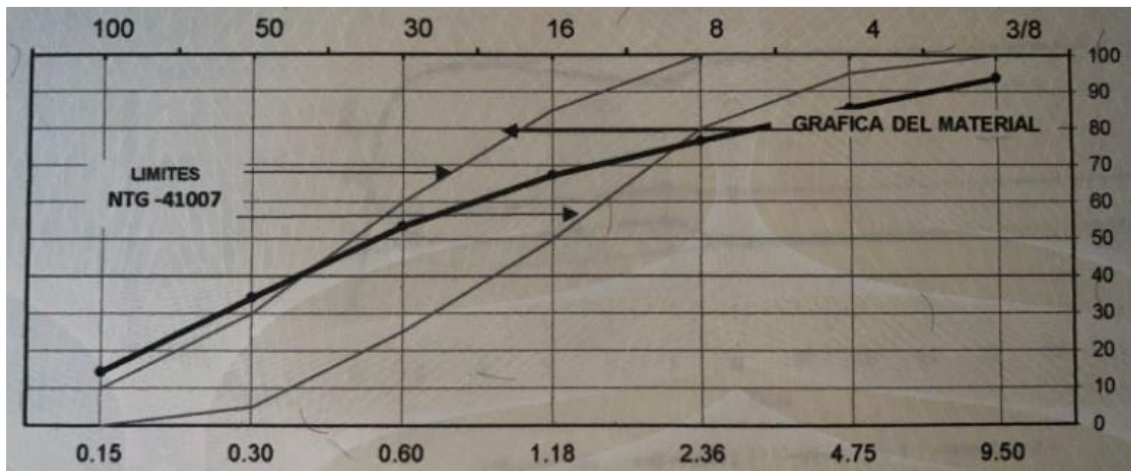
- Curva granulométrica del agregado fino

Figura 2. **Curva granulométrica del agregado fino para el punto 1**



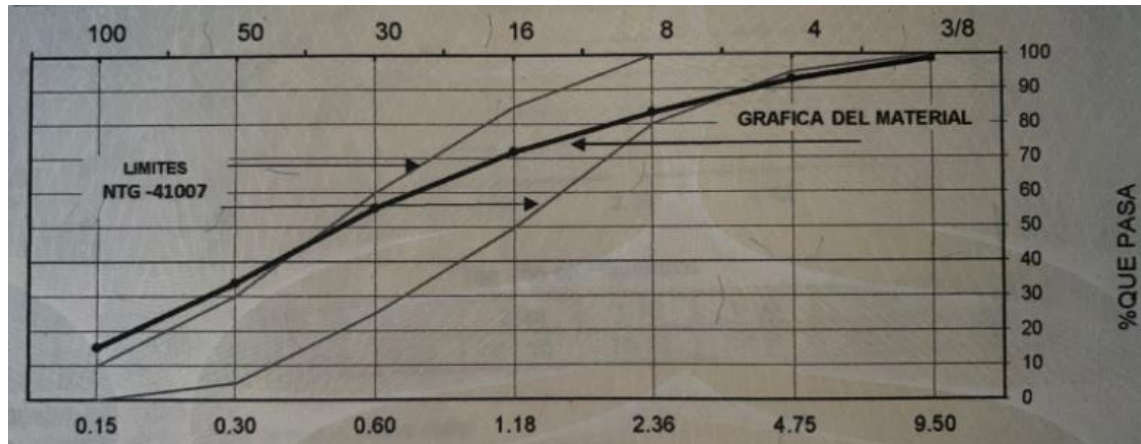
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Granulometría agregado fino. s/p.*

Figura 3. **Curva granulométrica del agregado fino para el punto 2**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Granulometría agregado fino. s/p.*

Figura 4. **Curva granulométrica del agregado fino para el punto 3**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Granulometría agregado fino. s/p.*

Se observa que la granulometría de los tres puntos es adecuada, según normativa.

3.2.1.2. Resistencia a la disgregación a los sulfatos

Según la norma COGUANOR NTG 41007 existen parámetros para considerar al agregado fino aceptable para el uso en el concreto. Para esto se usa el ensayo de resistencia a disgregación a los sulfatos, debe tener una pérdida promedio ponderada no mayor de 10 % cuando se utiliza sulfato de sodio o de 15 % cuando se utiliza sulfato de magnesio.

3.2.1.3. Análisis completo del agregado grueso

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por las pruebas de laboratorio, basado en las normas Coguanor presentadas.

- Granulometría de agregado grueso

Tabla XI. **Granulometría del agregado grueso (punto 1)**

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
1 ½"	100,00
1"	100,00
¾"	61,00
½"	9,00
3/8"	2,00
No.4	1,00
No.8	0,00
No.16	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Granulometría del agregado grueso (punto 2)**

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
1 ½"	100,00
1"	91,00
¾"	60,00
½"	13,00
3/8"	4,00
No.4	2,00
No.8	0,00
No.16	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Granulometría del agregado grueso (punto 3)**

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
1 ½"	100,00
1"	100,00
¾"	75,00
½"	17,00
3/8"	4,00
No.4	3,00
No.8	0,00
No.16	0,00

Fuente: elaboración propia.

- Características físicas del agregado grueso

Tabla XIV. **Características físicas del agregado grueso (punto 1)**

Densidad relativa (sss)	2,34
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 330,00
Masa unitaria, compactada (kg/m ³)	1 260,00
Masa unitaria, suelta (kg/m ³)	1 120,00
Porcentaje de absorción	5,40
Pasa tamiz #200	2,00
Porcentaje de vacíos, compactado	46,00
Porcentaje de vacíos, suelto	52,00
Módulo de Finura	7,36
Pasa tamiz 6,35	1,10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Características físicas del agregado grueso (punto 2)**

Densidad relativa (sss)	2,45
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 440,00
Masa unitaria, compactada (kg/m ³)	1 330,00
Masa unitaria, suelta (kg/m ³)	1 210,00
Porcentaje de absorción	4,70
Pasa tamiz #200	0,40
Porcentaje de vacíos, compactado	46,00
Porcentaje de vacíos, suelto	51,00
Módulo de Finura	7,34
Pasa tamiz 6,35	0,00

Fuente: elaboración propia.

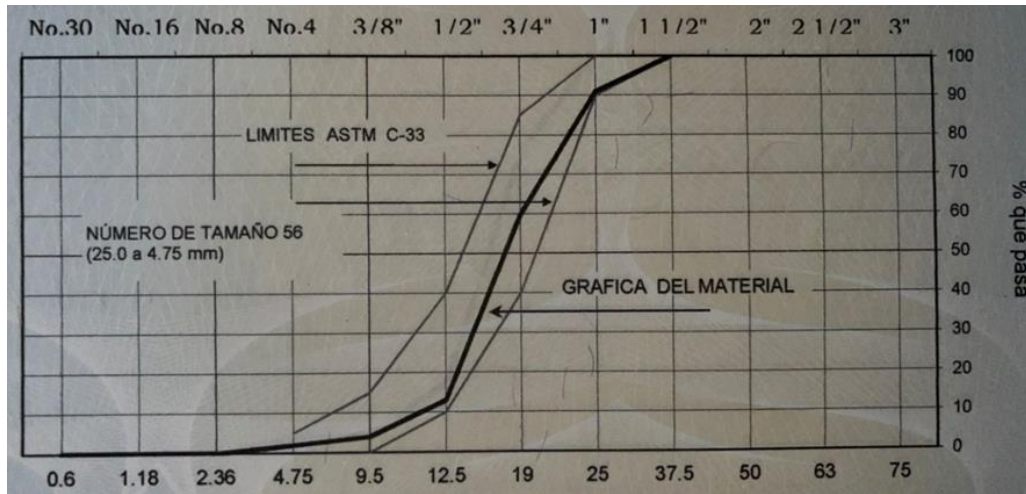
Tabla XVI. **Características físicas del agregado grueso (punto 3)**

Densidad relativa (sss)	2,45
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 440,00
Masa unitaria, compactada (kg/m ³)	1 330,00
Masa unitaria, suelta (kg/m ³)	1 200,00
Porcentaje de absorción	4,90
Pasa tamiz #200	-
Porcentaje de vacíos, compactado	46,00
Porcentaje de vacíos, suelto	51,00
Módulo de Finura	7,18
Pasa tamiz 6,35	1,80

Fuente: elaboración propia.

- Curva granulométrica del agregado grueso

Figura 5. **Curva granulométrica del agregado grueso (punto 1)**



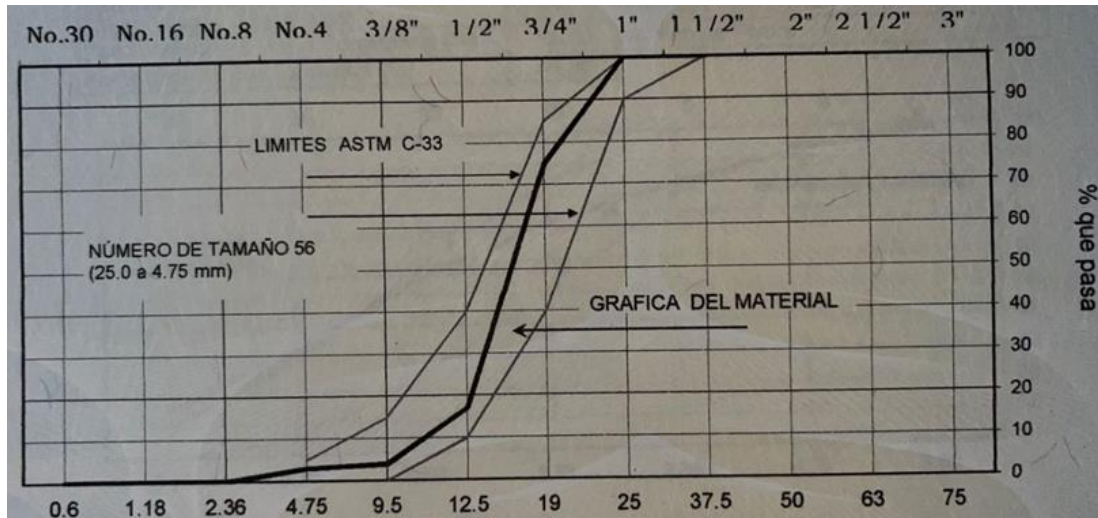
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Granulometría agregado grueso*. s/p.

Figura 6. **Curva granulométrica del agregado grueso (punto 2)**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Granulometría agregado grueso*. s/p.

Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso (punto 3)



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Granulometría agregado grueso*. s/p.

Con las gráficas de granulometrías, se muestra que el material está bien granulado, cumple físicamente.

3.3. Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados

Los agregados tienen diversas propiedades mecánicas, una de ellas es la resistencia a la abrasión, esta es muy importante porque indica la calidad del agregado.

Para determinar la resistencia al desgaste o resistencia a la abrasión, es necesario usar la norma Coguanor NTG 41010 h 20.

3.3.1. Interpretación de la norma COGUANOR 41010 h 20

El ensayo que dicta dicha norma es la de la abrasión por el método de la máquina de los Ángeles.

El agregado que se ensaya no deberá tener una pérdida mayor al 50 por ciento en peso, si así fuese, el agregado igual se podría usar siempre que de una resistencia satisfactoria en el concreto.

3.3.1.1. Información del ensayo

Para realizar un ensayo adecuado, como lo dicta dicha norma, es necesario que la muestra de ensayo sea lavada y luego secada al horno a una temperatura entre $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta obtener una masa constante.

Se usa la máquina de ensayo de desgaste de los Ángeles, que cumpla con las especificaciones de la norma COGUANOR NTG 41010 h20. Se trata de hacer girar un cilindro hueco, cerrado herméticamente. Dicho tambor estará unido a dos ejes a los extremos para que pueda girar de manera libre horizontalmente, una abertura por donde pueda introducir las muestras de ensayo.

Para conocer la cantidad de esferas que se deben introducir al cilindro giratorio, es importante consultar la norma, esta da como instrucción la siguiente tabla:

Tabla XVII. **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" y 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: ASTM. C-131. *Método de Ensayo Normalizado para la resistencia a la degradación de los áridos gruesos de tamaño pequeño por el método de abrasión e impacto en la Máquina Los Ángeles.* p. 2.

3.3.1.2. Resumen del meto del ensayo

Para tener un buen resultado en el ensayo, se debe realizar la granulometría con una cantidad representativa para obtener los porcentajes y cantidades retenidas porque, de acuerdo con la cantidad de material, se sabe cuántas esferas introducir.

El porcentaje de abrasión lo determina la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de ensayo, se expresa en forma de porcentaje y se interpreta como el porcentaje de desgaste.

El agregado que se evaluaron no deberá tener una perdida mayor al 50 % de su pedo inicial, si así fuera, podrá usarse siempre que la resistencia sea satisfactoria en el concreto. Las 3 muestras que se examinaron tienen un

porcentaje de desgaste de 37,00 %, 31,00 % y 30,00 % respectivamente, y tienen un porcentaje de abrasión aceptable.

3.4. Análisis de las propiedades químicas de los agregados

Los agregados que son usados para el concreto deben estar dentro de las especificaciones de normas establecidas, ya que el contenido de sílice o soluciones alcalinas pueden generar reacciones negativas en el concreto.

Estas reacciones pueden ser lentas o espacia, y consisten en la generación de hidróxido de elementos alcalinos cuando estos entran en contacto con el agua y en contacto con sílice hidratada puede aumentar el volumen hasta el 50 por ciento y podría generar fisuras en el concreto por ende un mal desempeño del elemento estructural.

3.4.1. Explicación e interpretación de la norma COGUANOR NTG 41010 h 13

Para considerar los parámetros de la norma COGUANOR NTG 41010 h 13, se toma en cuenta que se consideraran satisfactorios los resultados si los valores de Reducción Alcalina y Sílice Disuelta (en mmol/L), difieren por más de los siguientes valores: (1), Cuando el resultado es de 100 mmol o menos, en 12 mmol/L y (2), el resultado es mayor de 100 mmol/L, en 12 %.

El ensayo de reactividad potencial se le aplicó a la muestra, dando como resultado que el agregado fino contiene ciertas propiedades químicas, que lo hace un material deletéreo.

Tabla XVIII. **Determinación de la reactividad potencial del agregado fino según la norma NTG 41010 h 13**

IDENTIFICACIÓN DEL INTERESADO.	REDUCCIÓN ALCALINA RC (MMOL/L)	SÍLICE DISUELTA SC (MMOL/L)	RESULTADO
Punto 1 – Agregado fino	594,0 ± 36,00	551,7 ± 38,11	Agregado considerado potencialmente deletéreo
Punto 2 – Agregado fino	358,0 ± 31,40	466,7 ± 38,19	Agregado considerado potencialmente deletéreo
Punto 3 – Agregado fino	478,7 ± 48,77	550,0 ± 50,10	Agregado considerado potencialmente deletéreo

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Informe de la reactividad potencial del agregado fino. s/p.*

Comparando los resultados obtenidos del ensayo con los parámetros de la norma, se nota que cumple con una de las especificaciones indicadas, porque el promedio es mayor de 100 mmol/L, en 12 % sin embargo no cumple con las demás especificaciones. Esto indica que el material no es satisfactorio para ser usado en el concreto.

3.4.2. Explicación e interpretación de la norma COGUANOR NTG 41010 h 14

La norma COGUANOR NTG 41010 h 13, indica que es necesario efectuar un segundo análisis, utilizando la norma ASTM C-277 o ASTM C-1260. En este caso se realizó el ensayo con la norma C-1260 o su equivalente la norma COGUANOR NTG 41010 h 14, método de ensayo determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados. Método de la barra de mortero. Dicha norma dice que las expansiones menores que 0,10 % a los 16 días después del moldeo de los especímenes, son indicativas de un comportamiento inocuo en la mayoría de los casos. A continuación, se muestran

los porcentajes de expansión de las barras elaboradas, se realizaron 4 barras de cada punto como lo indica la norma:

Tabla XIX. **Porcentajes de expansión, y expansión promedio de barra ensayada según normativa NTG 41010 h 14**

# DE PUNTO	# DE BARRA	PORCENTAJE DE EXPANSIÓN DE CADA BARRA	PORCENTAJE DE EXPANSIÓN PROMEDIO
Punto 1	Barra 1	-0,0440	0,0130
	Barra 2	0,0040	
	Barra 3	-0,0580	
	Barra 4	0,1500	
Punto 2	Barra 1	-0,0080	-0,0140
	Barra 2	-0,0160	
	Barra 3	-0,0240	
	Barra 4	-0,0080	
Punto 3	Barra 1	0,0120	0,0060
	Barra 2	0,0080	
	Barra 3	0,0200	
	Barra 4	-0,0160	

Fuente: elaboración propia.

La norma indica que la expansión menos a 0,10 % es aceptable, quiere decir que el molde de los especímenes incluye agregados inocuos.

3.4.3. Explicación e interpretación de la norma COGUANOR NTG 41088

- Explicación

La norma es utilizada para determinar la presencia de sustancias o minerales causantes de reacciones perjudiciales al momento de reaccionar con

el cemento Portland. Para esto se utiliza una evaluación petrográfica para advertir sobre componentes potencialmente reactivos, y con eso recomendar ensayos adicionales para corroborar la presencia de dichos componentes.

Cada fracción de tamiz se evalúan de manera separada empezando por el de mayor tamaño, si el caso lo requiere se puede necesitar el uso del microscopio estereoscópico para reconocer las pequeñas partículas de una manera más sencilla, o el uso del microscopio petrográfico.

Deben examinarse muestras por grupos separados según el tipo de grano para determinar si es necesario realizar una separación según su condición física. El registro consta del conteo de partículas para que por medio de cuadros se incluyan en el reporte.

Se utilizó un microscopio estereoscópico proporcionado por la empresa Servicios para industria, ubicada en la ciudad de Guatemala. Se realizó una evaluación tanto del agregado fino como del grueso, dando los siguientes resultados.

- Interpretación del agregado grueso

Para realizar el ensayo petrográfico se usó material tamizado del ensayo de granulometría para cada tamiz, y se usó un mínimo de 150 partículas cuando se disponía de ellas. Se clasificó el tipo de partícula y minerales que contenía la muestra en un microscopio estereoscópico.

A continuación, se muestran los resultados de la clasificación de las partículas, representadas también por una gráfica.

Tabla XX. **Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado grueso del punto 1**

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ		
	No. 3/4	No. 1/2	No. 3/8
Escoria Andesítica	4,00	5,00	50,00
Basalto Andesítico	8,00	15,00	11,00
Brecha Andesítica	2,00	2,00	0,00
Total	14,00	22,00	61,00

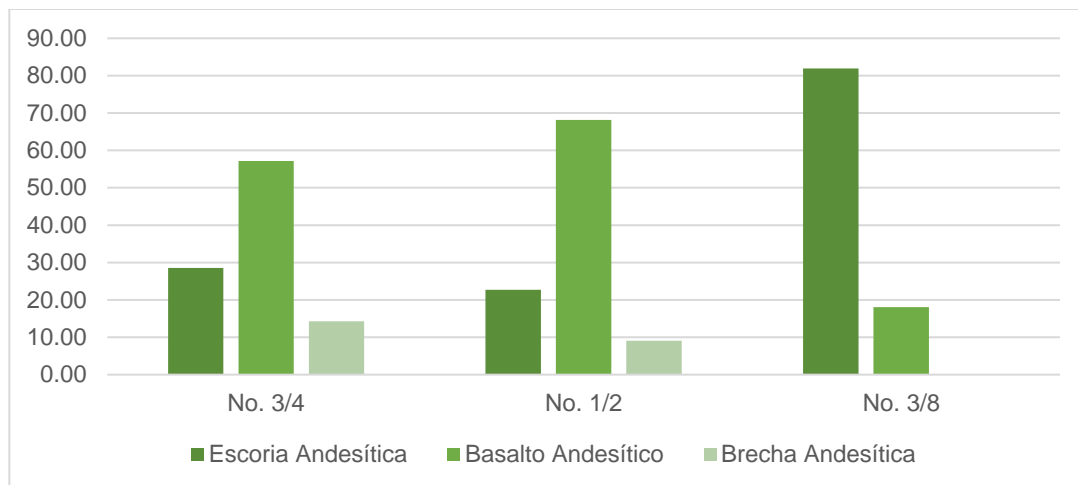
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Porcentaje de partículas que componen el agregado grueso del punto 1**

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ		
	No. 3/4	No. 1/2	No. 3/8
Escoria Andesítica	28,57	22,73	81,97
Basalto Andesítico	57,14	68,18	18,03
Brecha Andesítica	14,29	9,09	0,00
Total	100,00	100,00	100,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Distribución de los componentes del agregado grueso según el número de tamiz del punto 1**



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la figura 8, indica que existe una mayor cantidad de Escoria Andesítica en el tamiz No. 3/8 y existe en gran cantidad Basalto Andesítico en el tamiz No. 3/4 y No. 1/2. Dichos componentes tienen características que afectan al concreto.

Tabla XXII. **Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado grueso del punto 2**

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ		
	No. 3/4	No. 1/2	No. 3/8
Escoria Andesítica	5,00	4,00	38,00
Basalto Andesítico	10,00	19,00	9,00
Brecha Andesítica	1,00	0,00	2,00
Total	16,00	23,00	49,00

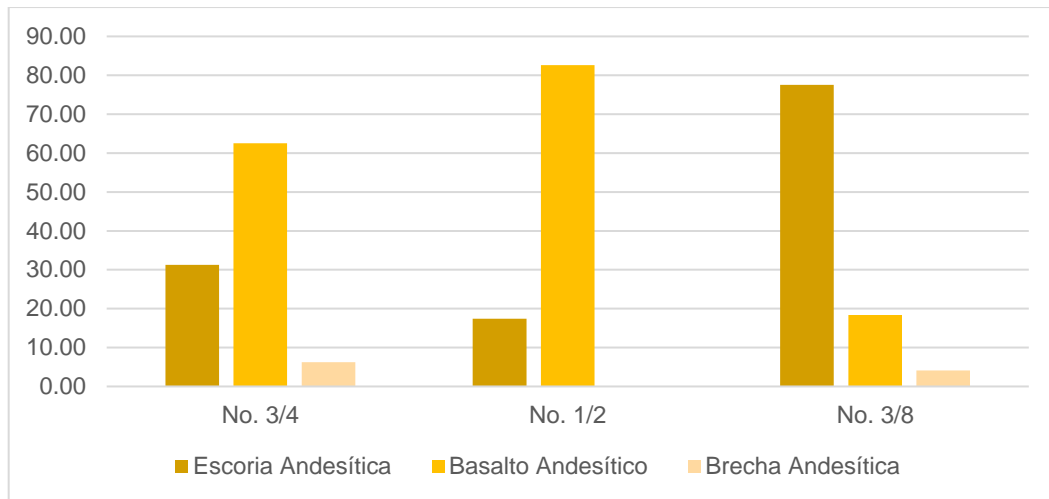
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Porcentaje de partículas que componen el agregado grueso del punto 2**

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ		
	No. 3/4	No. 1/2	No. 3/8
Escoria Andesítica	31,25	17,39	77,55
Basalto Andesítico	62,50	82,61	18,37
Brecha Andesítica	6,25	0,00	4,08
Total	100,00	100,00	100,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Distribución de los componentes del agregado grueso según el número de tamiz del punto 2**



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la figura 9, indica que existe una mayor cantidad de Escoria Andesítica en el tamiz No. 3/8, y existe en gran cantidad Basalto Andesítico en el tamiz No. 3/4 y No. 1/2. Dichos componentes tienen características que afectan al concreto.

Tabla XXIV. **Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado grueso del punto 3**

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ		
	No. 3/4	No. 1/2	No. 3/8
Escoria Andesítica	2,00	7,00	42,00
Basalto Andesítico	6,00	10,00	9,00
Brecha Andesítica	1,00	2,00	1,00
Total	9,00	19,00	52,00

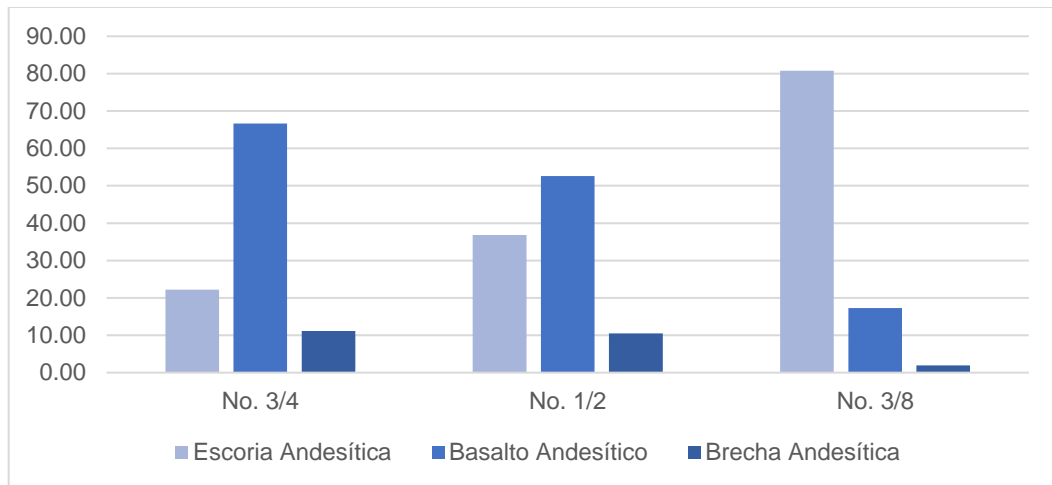
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Porcentaje de partículas que componen el agregado grueso del punto 3**

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ		
	No. 3/4	No. 1/2	No. 3/8
Escoria Andesítica	22,22	36,84	80,77
Basalto Andesítico	66,67	52,63	17,31
Brecha Andesítica	11,11	10,53	1,92
Total	100,00	100,00	100,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Distribución de los componentes del agregado grueso según el número de tamiz del punto 3**



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la figura 10, indica que existe una mayor cantidad de Escoria Andesítica en el tamiz No. 3/8, y existe en gran cantidad Basalto Andesítico en el tamiz No. 3/4 y No. 1/2. Dichos componentes tienen características que afectan al concreto.

- Interpretación del agregado fino

Para realizar el ensayo petrográfico se usó material tamizado del ensayo de granulometría para cada tamiz, se usó un mínimo de 150 partículas cuando se disponían de ellas. Se clasificó el tipo de partícula y minerales que contenía la muestra en un microscopio estereoscópico.

A continuación, se muestran los resultados de la clasificación de las partículas, representadas también por una gráfica.

Tabla XXVI. **Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado fino del punto 1**

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ					
	No.4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Brecha Andesítica	15,00	30,00	15,00	3,00	0,00	0,00
Pómez	3,00	10,00	2,00	1,00	2,00	0,00
Escoria Dacítica	15,00	19,00	25,00	20,00	11,00	0,00
Basalto Andesítico	50,00	289,00	210,00	355,00	166,00	50,00
Escoria volcánica	5,00	1,00	6,00	3,00	0,00	10,00
Andesita	1,00	40,00	11,00	10,00	5,00	0,00
Materia orgánica	3,00	4,00	2,00	2,00	3,00	1,00
Vidrio volcánico	1,00	1,00	10,00	25,00	44,00	180,00
Andesita Vítreo	0,00	0,00	18,00	5,00	4,00	0,00
Dacita	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	94,00	394,00	299,00	424,00	235,00	241,00

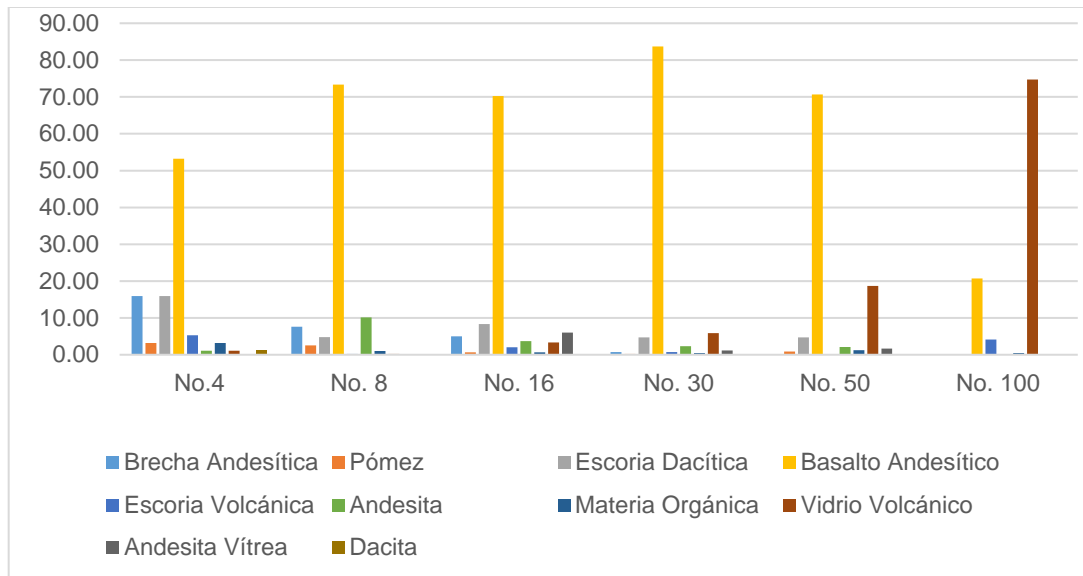
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Porcentaje de partículas que componen cada tamiz del agregado fino del punto 1**

TIPO	PORCENTAJE DE PARTICULAS POR TAMIZ					
	No.4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Brecha Andesítica	15,96	7,61	5,02	0,71	0,00	0,00
Pómez	3,19	2,54	0,67	0,24	0,85	0,00
Escoria Dacítica	15,96	4,82	8,36	4,72	4,68	0,00
Basalto Andesítico	53,19	73,35	70,23	83,73	70,64	20,75
Escoria volcánica	5,32	0,25	2,00	0,71	0,00	4,15
Andesita	1,06	10,15	3,68	2,36	2,13	0,00
Materia orgánica	3,19	1,02	0,67	0,47	1,28	0,41
Vidrio volcánico	1,06	0,25	3,34	5,90	18,72	74,69
Andesita Vítreo	0,00	0,00	6,02	1,18	7,70	0,00
Dacita	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Distribución de los componentes del agregado fino según el número de tamiz del punto 1**



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas XXV y XXVI, indican que la muestra se compone principalmente por Basalto Andesítico, que afecta en la fabricación del concreto.

Tabla XXVIII. **Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado fino del punto 2**

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ					
	No.4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Brecha Andesítica	12,00	25,00	10,00	1,00	0,00	0,00
Pómez	2,00	5,00	3,00	1,00	0,00	0,00
Escoria Dacítica	9,00	20,00	30,00	2500	15,00	0,00
Basalto Andesítico	48,00	210,00	270,00	370,00	150,00	30,00
Escoria volcánica	6,00	3,00	1,00	1,00	0,00	2,00

Continuación de la tabla XXVIII.

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ					
	No.4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Andesita	1,00	30,00	3,00	20,00	3,00	0,00
Materia orgánica	0,00	0,00	2,00	3,00	3,00	5,00
Vidrio volcánico	0,00	0,00	11,00	30,00	90,00	201,00
Andesita Vítreo	0,00	0,00	23,00	9,00	1,00	0,00
Dacita	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00
Total	78,00	293,00	353,00	460,00	272,00	238,00

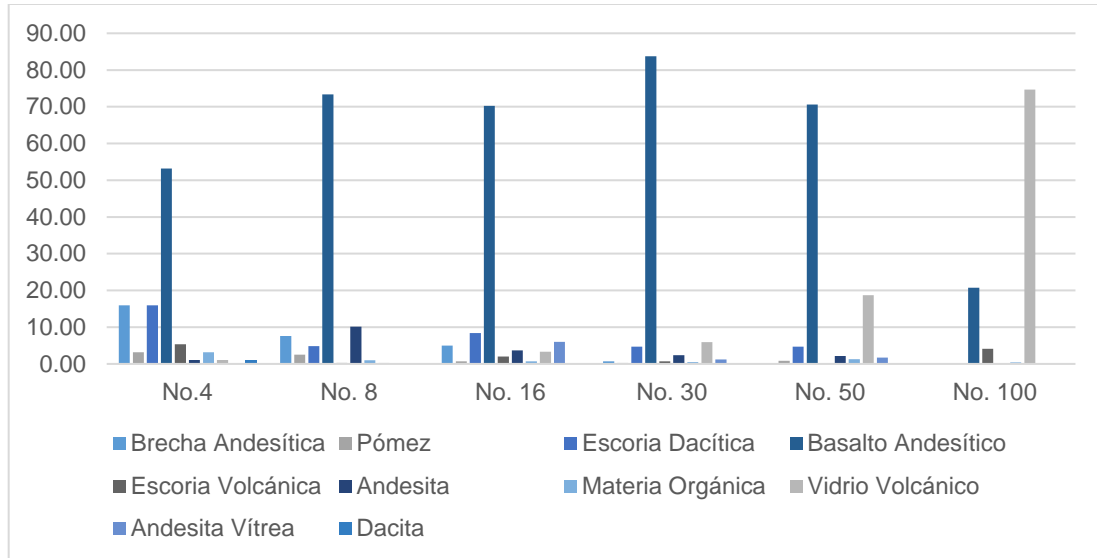
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Porcentaje de partículas que componen cada tamiz del agregado fino del punto 2**

TIPO	PORCENTAJE DE PARTICULAS POR TAMIZ					
	No.4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Brecha Andesítica	15,38	8,53	2,83	0,22	0,00	0,00
Pómez	2,56	1,71	0,85	0,22	0,00	0,00
Escoria Dacítica	11,54	6,83	8,50	5,43	5,51	0,00
Basalto Andesítico	61,54	71,67	76,49	80,43	55,15	12,61
Escoria volcánica	7,69	1,02	0,28	0,22	0,00	0,84
Andesita	1,28	10,24	0,85	4,35	1,10	0,00
Materia orgánica	0,00	0,00	0,57	0,65	1,10	2,10
Vidrio volcánico	0,00	0,00	3,12	6,52	33,09	84,45
Andesita Vítreo	0,00	0,00	6,52	1,96	0,37	0,00
Dacita	0,00	0,00	0,00	0,00	3,68	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Distribución de los componentes del agregado fino según el número de tamiz del punto 2**



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas XXII y XXIII, indican que la muestra se compone principalmente por Basalto Andesítico, que afecta en la fabricación del concreto.

Tabla XXX. **Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado fino del punto 3**

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ					
	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Brecha Andesítica	8,00	28,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Pómez	0,00	5,00	2,00	1,00	0,00	0,00
Escoria Dacítica	13,26	26,00	29,00	17,00	20,00	0,00
Basalto Andesítico	30,00	330,00	380,00	401,00	101,00	66,00
Escoria volcánica	3,00	1,00	1,00	0,00	0,00	8,00

Continuación de la tabla XXX.

TIPO	NUMERO DE PARTICULAS POR TAMIZ					
	No.4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Andesita	5,00	22,00	0,00	10,00	1,00	0,00
Materia orgánica	0,00	0,00	1,00	3,00	3,00	6,00
Vidrio volcánico	0,00	0,00	10,00	20,00	95,00	160,00
Andesita Vítreo	0,00	0,00	20,00	6,00	1,00	0,00
Dacita	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1,00
Total	59,00	412,00	454,00	458,00	223,00	241,00

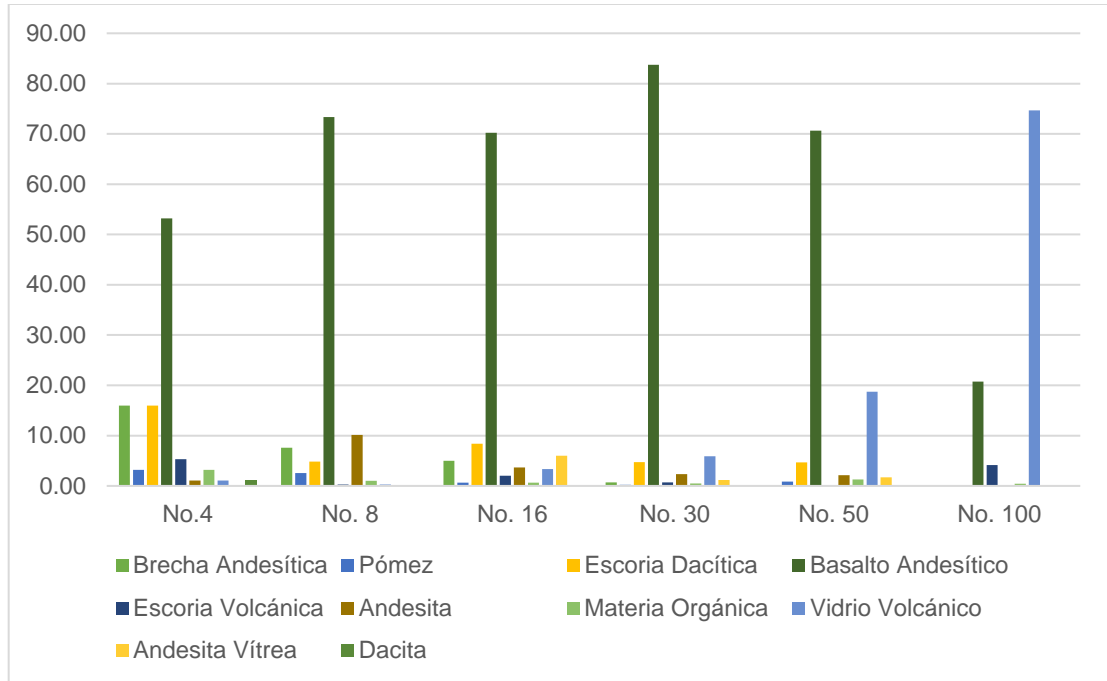
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Porcentaje de partículas que componen cada tamiz del agregado fino del punto 3**

TIPO	PORCENTAJE DE PARTICULAS POR TAMIZ					
	No.4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Brecha Andesítica	13,56	6,80	2,42	0,00	0,00	0,00
Pómez	0,00	1,21	0,44	0,22	0,00	0,00
Escoria Dacítica	22,03	6,31	6,39	3,71	8,97	0,00
Basalto Andesítico	50,85	80,10	83,70	87,55	45,29	27,39
Escoria volcánica	5,08	0,24	0,22	0,00	0,00	3,32
Andesita	8,47	5,34	0,00	2,18	0,45	0,00
Materia orgánica	0,00	0,00	0,22	0,66	1,35	2,49
Vidrio volcánico	0,00	0,00	2,20	4,37	42,60	66,39
Andesita Vítreo	0,00	0,00	4,41	1,31	0,45	0,00
Dacita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,41
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Distribución de los componentes del agregado fino según el número de tamiz (punto 3)**



Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas XXIX y XXX, indican que la muestra se compone principalmente por Basalto Andesítico, y este afecta en la fabricación del concreto.

CONCLUSIONES

1. Se determinó la ubicación de tres bancos a lo largo del cauce del río Villalobos. Los bancos fueron determinados en función a su ubicación geográfica y volumen de extracción.
2. Los agregados pétreos extraídos fueron evaluados bajo la norma Coguanor NTG 41010 h 20 la cual indican las propiedades mecánicas de los agregados. Con base en las especificaciones indicadas en norma se concluye que el agregado cumple con dichos límites.
3. El agregado grueso y fino fueron sometidas a la norma Coguanor NTG 41007, esta evalúa la granulometría de los agregados, así como el contenido de sustancias perjudiciales. Con base en la normativa, se determinó que la granulometría del agregado está dentro de los parámetros aceptables, sin embargo, la cantidad de sustancias perjudiciales rebasan los límites establecidos.
4. Según los resultados obtenidos en el ensayo de reactividad potencial alca-sílico en los agregados, se determinó que excede una de las condiciones establecidas por la norma, por ende, se dice que es un material altamente deletéreo por lo tanto no se recomienda usar para concreto. Aunque la norma también recomienda realizar otro ensayo para poder tener datos más certeros.

5. Con el análisis de los resultados de la reactividad álcali-agregado por el método de la barra de mortero, se determinó que el porcentaje de expansión del agregado fino no es perjudicial para el concreto, según los parámetros establecidos en norma.

6. En el ensayo petrográfico se encontró que tanto el agregado fino como grueso se componen principalmente de una combinación de basalto y andesita, así como la combinación de escoria volcánica y escoria dacítica, que afectan en la fabricación de concreto.

RECOMENDACIONES

1. Conocer la procedencia y características de los agregados pétreos. Esto debido a que los agregados pueden perjudicar el concreto. Es de suma importancia realizar análisis de calidad correspondientes.
2. Saber las características, físicas y propiedades mecánicas de los agregados son esenciales al momento de adquirir materiales pétreos, sobre todo si es para el ámbito de la construcción. Pero no se debe olvidar que las características químicas forman parte importante de los agregados, debido a que dichos daños se generan internamente.
3. Identificar puntos de venta de materiales de construcción que estén bajo los parámetros de las normas necesarias. Con eso poder llevar un mejor control, no solo en obras civiles, sino también en fabricación y calidad de materiales.

BIBLIOGRAFIA

1. AL-ASSADI, Ghaida; CASATI, María Jesús; FERNANDEZ, Jaime; GÁLVEZ, Jaime. *Estudio de los efectos del hielo-deshielo en hormigones para tableros de puentes*. [en línea]. <https://www.researchgate.net/publication/45228930_Estudio_de_los_efectos_del_hielo-deshielo_en_hormigones_para_tableros_de_puentes>. [Consulta: 20 de mayo de 2020].
2. ASTM. C-131. *Método de Ensayo Normalizado para la resistencia a la degradación de los áridos gruesos de tamaño pequeño por el método de abrasión e impacto en la Máquina Los Angeles*. West Conshohocken: American Standar Testing Materials, 2001. 5 p.
3. CAMO MOLINA, Andrea del Rosario. *Post Lab 1 Química Ambiental*. [en línea]. <<https://www.buenastareas.com/ensayos/Post-Lab-1-Quimica-Ambiental/78983056.html>>. [Consulta: 15 de mayo de 2020].
4. Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Granulometría agregado fino*. Guatemala: CII, USAC, 2021. s/p.
5. _____. *Granulometría agregado grueso*. Guatemala: CII, USAC, 2021. s/p.


6. _____. *Informe de la reactividad potencial del agregado fino.* s/p. Guatemala: CII, USAC, 2021. s/p.
7. _____. *Porcentaje de desgaste en cada muestra.* Guatemala: CII, USAC, 2021. s/p.
8. COGUANOR. *NTG 41009. Práctica para el muestreo de los agregados para concreto.* Guatemala: Ministerio de Economía, 2010. 11 p.
9. _____. *NTG- 41010 h14 Método de ensayo. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados. Método de la barra de mortero.* Guatemala: Ministerio de Economía, 2012. 15 p.
10. _____. *NTG 41010 h20. Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37.5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.* Guatemala: Ministerio de Economía, 2014. 12 p.
11. _____. *NTG-41007. Agregados para concreto. Especificaciones.* Guatemala: Ministerio de Economía, 2013. 24 p.
12. _____. *NTG-41007. Agregados para el concreto, Especificaciones.* Guatemala: Ministerio de Economía, 2010. 24 p.
13. _____. *NTG-41010 h13 Método de ensayo. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados. Método químico.* Guatemala: Ministerio de Economía, 2012. 18 p.

14. _____. *NTG-41010 h20. Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37.5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.* Guatemala: Ministerio de Economía, 2014. 12 p.
15. _____. *NTG-41088. Guía para la evaluación petrográfica de los agregados para el concreto.* Guatemala: Ministerio de Economía, 2016. 26 p.
16. MENDOZA CAMEY, Víctor Gabriel Rolando. *Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en el departamento de Totonicapán.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 88 p.


ANEXOS

Se presentan los informes originales de los ensayos de laboratorio entregados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería, estos son: especificaciones generales NTG 41007 (ASTM C-33), para agregado fino y grueso y desgaste por abrasión para el agregado grueso NTG 41010 h20 (ASTM C-131), reactividad potencial de las dos muestras de agregados NTG 41010 h13 (ASTM C-289), reactividad potencial álcali-sílice en los agregados, método de la barra de mortero NTG 41010 h14 (ASTM C-1260-07).

Anexo 1. Informe de ensayos de agregado grueso para concreto, proveniente de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41007 (ASTM C-33), de los 3 puntos respectivamente



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



**USAC
TRICENTENARIA**
Universidad de San Carlos de Guatemala

ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 (ASTM C-33)
 INFORME SACM - 062/2021
 HOJA 1/1

No. 18312

O.T. No. 40698

INTERESADO: Edgar Ronaldo Choxom Aguilar, Carné 201631138

PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Evaluación de la calidad de agregados fino y grueso para concreto, provenientes de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala"

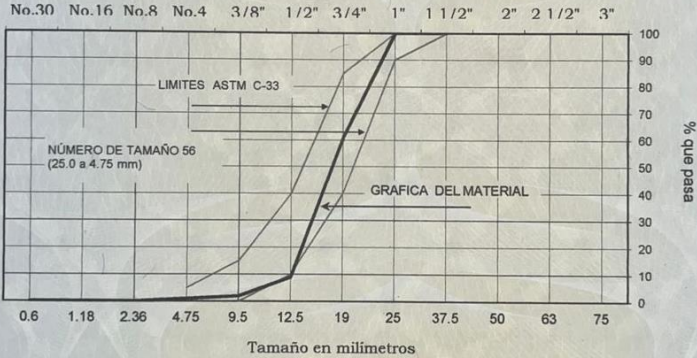
DIRECCIÓN: Campus Universitario zona 12, Ciudad Guatemala

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 23 de abril de 2021

EMISIÓN DE INFORME: 7 de junio de 2021

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sss)	2.34	Pasa Tamiz # 200 (%)	2.00
Densidad (sss) (kg/m ³)	2,330.00	Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	46.00
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	1,260.00	Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	52.00
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	1,120.00	Modulo de Finura	7.36
Porcentaje de Absorción (%)	5.40	Pasa Tamiz 6,35 (%)	1.10



Tamaño en milímetros

Tamiz No.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16
% Que pasa	100.0	100.00	61.00	9.00	2.00	1.00	0.00	0.00

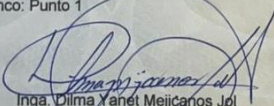
OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado.

b) Tamiz # 200, procedimiento A, lavado con agua potable.

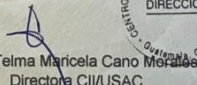
c) Banco: Punto 1

ATENAMENTE,





Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC






SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS


CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltránena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86254
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 1.



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 (ASTM C-33)
INFORME SACM - 0632021
HOJA 1/1

No. 18313

O.T. No. 40698

INTERESADO: Edgar Ronaldo Choxom Aguilar, Carné 201631138

PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Evaluación de la calidad de agregados fino y grueso para concreto, provenientes de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala"

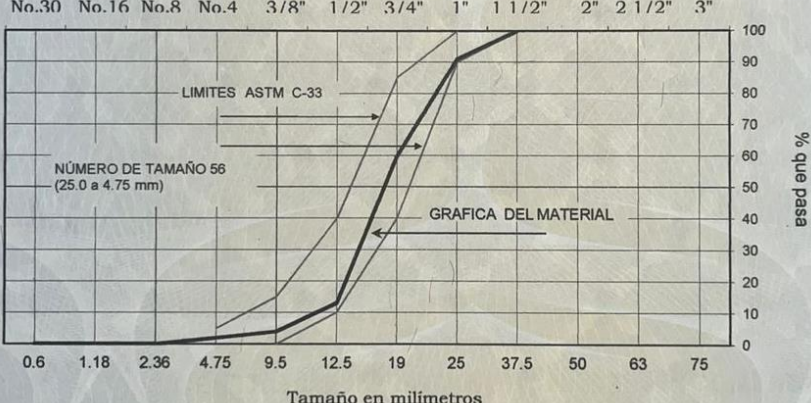
DIRECCIÓN: Campus Universitario zona 12, Ciudad Guatemala

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 23 de abril de 2021

EMISIÓN DE INFORME: 7 de junio de 2021

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sss)	2.45	Pasa Tamiz # 200 (%)	0.40
Densidad (sss) (kg/m ³)	2,440.00	Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	46.00
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	1,330.00	Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	51.00
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	1,210.00	Modulo de Finura	7.34
Porcentaje de Absorción (%)	4.70	Pasa Tamiz 6,35 (%)	0.00



Tamiz No.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16
% Que pasa	100.0	91.00	60.00	13.00	4.00	2.00	0.00	0.00

OBSERVACIONES:


- Muestra proporcionada por el interesado.
- Tamiz # 200, procedimiento A, lavado con agua potable..
- Banco: Punto 2

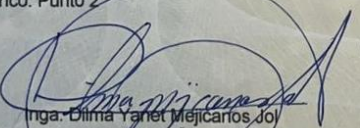
El presente informe representa únicamente la muestra identificada en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENAMENTE,

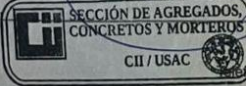
Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



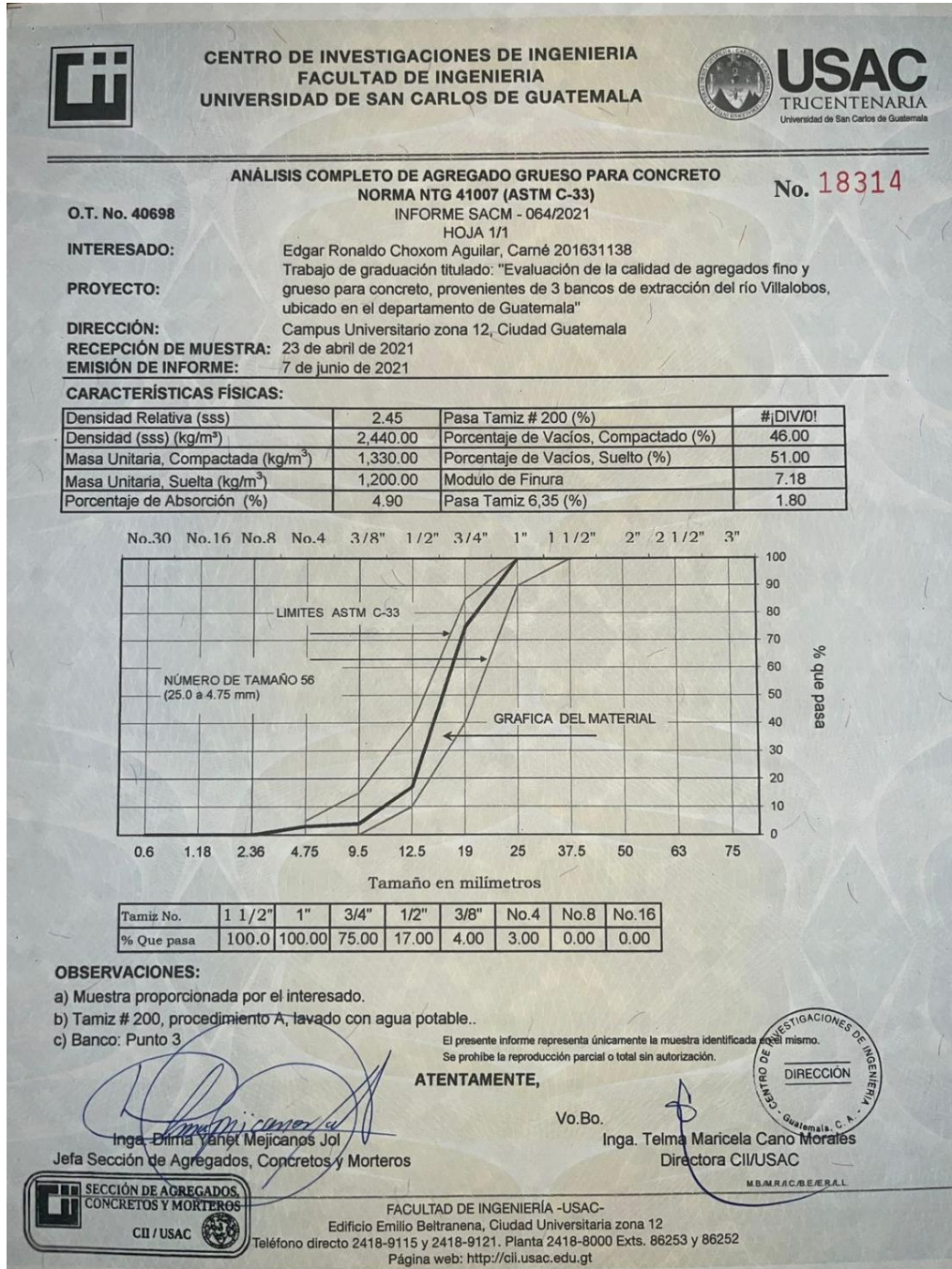


Inga. Dilma Yanet Mejicarios Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros




FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 1.




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Análisis completo de agregado grueso para concreto, norma NTG 41007 (ASTM C-33).* p. 1-3.

Anexo 2. Informe de ensayos de agregado fino para concreto, proveniente de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41007 (ASTM C-33), de los 3 puntos respectivamente



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

No. 18309

ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)
INFORME SACM - 059/2021
HOJA 1/1

O.T. No. 40762

INTERESADO: Edgar Ronaldo Choxom Aguilar, Carné 201631138

PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Evaluación de la calidad de agregados fino y grueso para concreto, provenientes de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala"

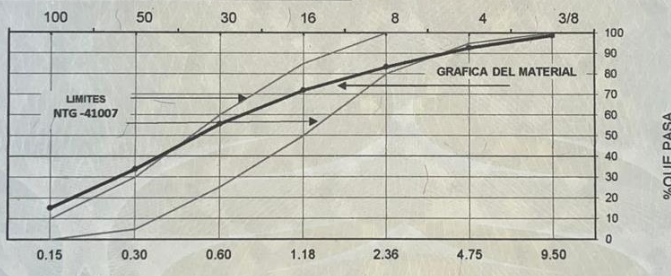
DIRECCIÓN: Campus Universitario zona 12, Ciudad Guatemala

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 23 de abril de 2021

EMISIÓN DE INFORME: 7 de junio de 2021

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sss)	2.39	Porcentaje de Absorción (%)	2.56
Densidad (sss) (kg/m ³)	2,380.00	Contenido de Materia Orgánica	5
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	1,430.00	Pasa Tamiz # 200 (%)	8.70
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	1,330.00	Retenido Tamiz 6,35 (%)	9.60
Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	40.00	Modulo de Finura	2.49
Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	44.00		



Tamiz No.	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
% Que pasa	98.80	92.70	83.30	71.90	55.50	33.90	15.20

OBSERVACIONES:

- Muestra proporcionada por el interesado.
- Tamiz # 200, procedimiento A, lavado con agua potable.
- Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3
- Banco: Punto 1

El presente informe representa únicamente la muestra identificada en el mismo. Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

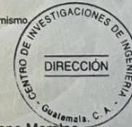
ATENCIÓN,

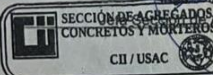
Ingeniero Telma Maricela Cano Morales

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales

Directora CII/USAC





SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS

CII / USAC


FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-

Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12


Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 2.



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

No. 18310

ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)
INFORME SACM - 060/2021
HOJA 1/1

O.T. No. 40762

INTERESADO: Edgar Ronaldo Choxom Aguilar, Carné 201631138

PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Evaluación de la calidad de agregados fino y grueso para concreto, provenientes de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala"

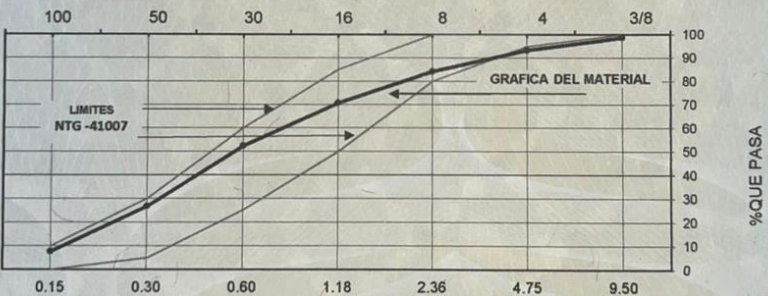
DIRECCIÓN: Campus Universitario zona 12, Ciudad Guatemala

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 23 de abril de 2021

EMISIÓN DE INFORME: 7 de junio de 2021

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sss)	1.92	Porcentaje de Absorción (%)	7.81
Densidad (sss) (kg/m ³)	1,910.00	Contenido de Materia Orgánica	5
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	970.00	Pasa Tamiz # 200 (%)	6.10
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	900.00	Retenido Tamiz 6,35 (%)	12.30
Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	49.00	Modulo de Finura	2.67
Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	53.00		




Tamiz No.	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
% Que pasa	98.70	93.20	84.10	70.70	52.30	26.70	7.60

OBSERVACIONES:

- Muestra proporcionada por el interesado.
- Tamiz # 200, procedimiento A, lavado con agua potable.
- Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3
- Banco: Punto 2

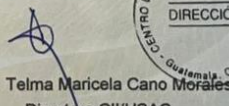
El presente informe representa únicamente la muestra identificada en el mismo. Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,

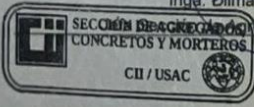



Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jol

Vo.Bo.



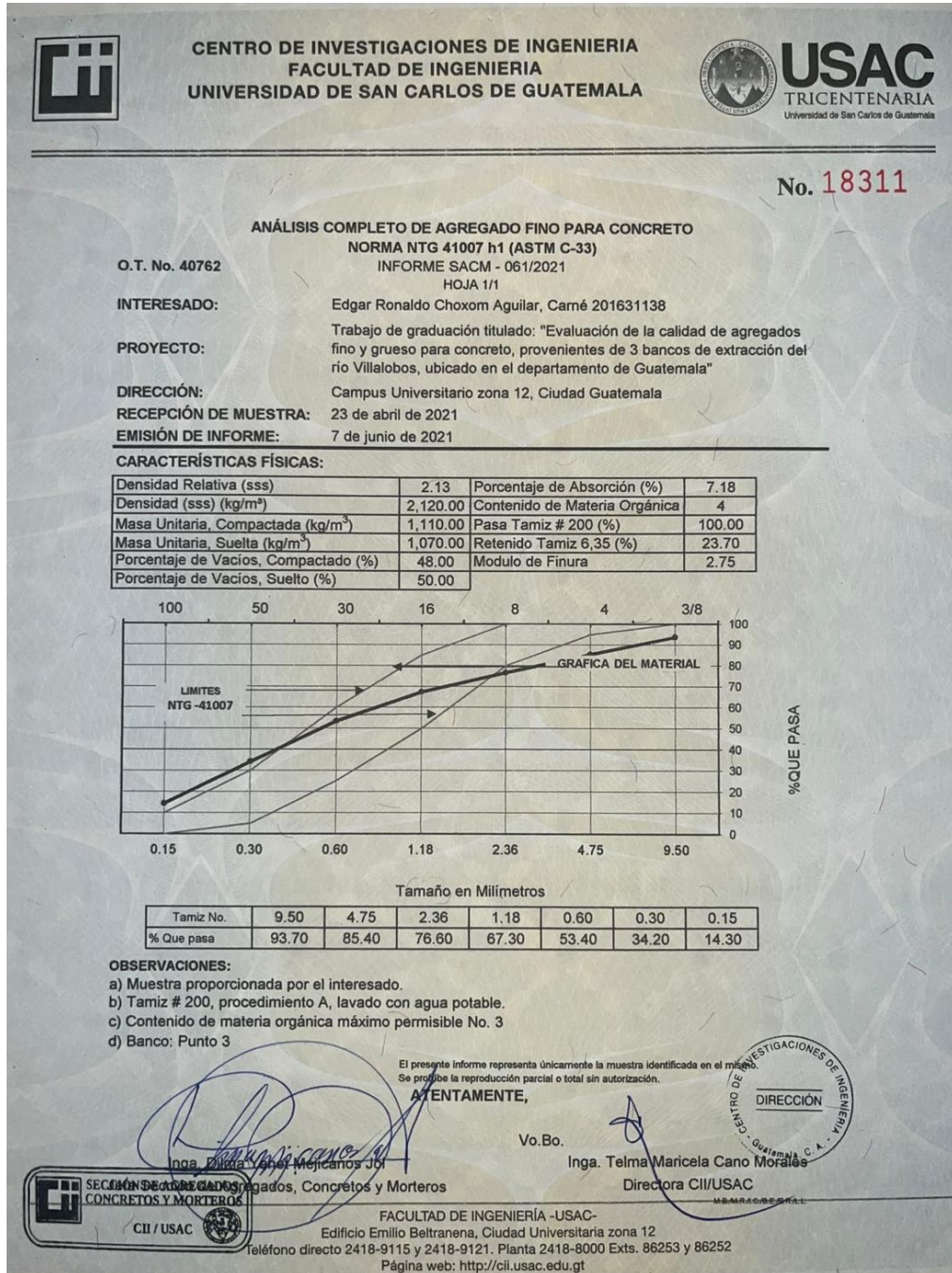
Inga. Telma Maricela Cano Morales





FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 2.



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Análisis completo de agregado fino para concreto, norma NTG 41007 h1 (ASTM C-33)*. p. 1-3.

Anexo 3. **Informe de ensayos de agregado grueso para concreto, proveniente de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41010 h20 (ASTM C-131)**



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



No. 18308

INFORME DE ENSAYO DE ABRASIÓN POR MÁQUINA DE LOS ÁNGELES
NORMA NTG 41010 h 20 (ASTM C-131)
 INFORME SACM - 058/21
 HOJA 1/1

O.T. No. 40762

INTERESADO: Edgar Ronaldo Choxom Aguilar, Carné 201631138

PROYECTO:

Trabajo de graduación titulado: "Evaluación de la calidad de agregados fino y grueso para concreto, provenientes de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala"

DIRECCIÓN:

Campus Universitario zona 12, Ciudad Guatemala.

RECEPCIÓN DE MUESTRA:

23 de abril de 2021

EMISIÓN DE INFORME:

7 de junio de 2021

REFERENCIAS	MUESTRA Punto 1	MUESTRA Punto 2	MUESTRA Punto 3
1. Graduación	" B "	" B "	" B "
2. Porcentaje de desgaste	37.00%	31.00%	30.00%

OBSERVACIONES:

a) Muestras proporcionadas por el interesado.

b) Muestras de material: agregado grueso, río Villalobos, Punto 1,2 y 3

c) La resistencia a la abrasión del agregado grueso para la fabricación de pavimento de concreto no debe ser mayor de 40 %, según Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, de la Dirección General de Caminos, sección 551.04, inciso C.

El presente informe únicamente es para la muestra identificada en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,



Inga Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



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



SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC


FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltrana, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>




M.B.C.L.L.E.R.M.B.E.

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Informe de ensayo de abrasión por máquina de los Ángeles, norma NTG 41010 h20 (ASTM C-131).* p. 1.

Anexo 4. **Informe de ensayos de los agregados para concreto, proveniente de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41010 h13 (ASTM C-289)**



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



O.T. No. 40815
Informe QUINDLAFIQ
RG-358-011-21

Interesado: Edgar Choxom
 Proyecto: Evaluación de la calidad de agregado fino y grueso para concreto proveniente de 3 bancos de Extracción del Río Villalobos.
 Muestra: Agregado fino
 Fecha recepción: 7 de junio de 2021
 Fecha de Informe: 14 de junio de 2021

Determinación de la Reactividad Potencial de agregados según norma ASTM C-289-07

IDENTIFICACIÓN LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DEL INTERESADO	Reducción Alcalina RC (mmol/L)	Silice Disuelta SC (mmol/L)	RESULTADO
RG-360-005-21-F	Punto 1	594,0 ± 36,00	551,7 ± 38,11	Agregado considerado potencialmente deletéreo
RG-360-006-21-F	Punto 2	358,0 ± 31,40	466,7 ± 38,19	Agregado considerado potencialmente deletéreo
RG-360-007-21-F	Punto 3	478,7 ± 48,77	550,0 ± 50,1	Agregado considerado potencialmente deletéreo

Muestra proporcionada por el interesado

Grafica Adjunta.
 Observaciones:
**** Se recomienda efectuar análisis con las Normas ASTM C-277 y/o ASTM C-1260**



Sin otro particular.

Atentamente,

MSc. Lidia Ingrid Echeverri Benítez Pacheco
 Coordinadora LABIQ-01

Ing. César Alfonso García Guzmán
 Jefe de Sección Química Industrial

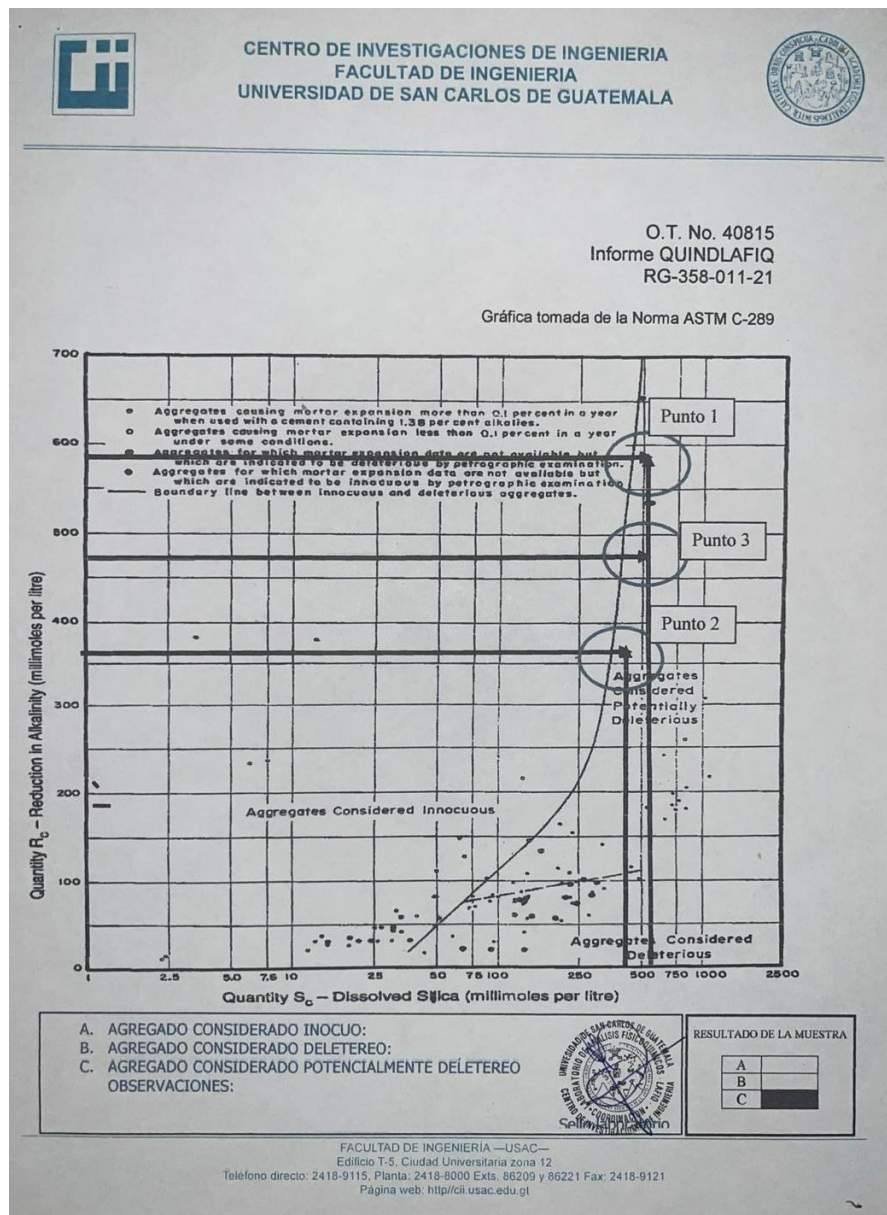
VoBo. Inga Telma Maricela Cano Morales
 Directora
 Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>


Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Determinación de la Reactividad Potencial de agregados según norma ASTM C-289-07.* p. 1.

Anexo 5. Gráfico de ensayos de los agregados para concreto, proveniente de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41010 h13 (ASTM C-289)




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. Informe QUINDLAFIQ. p. 1.

Anexo 6. Informe de ensayos de los agregados para concreto, proveniente de 3 bancos de extracción del río Villalobos, ubicado en el departamento de Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41010 h14 (ASTM C-1260), de 3 puntos respectivamente



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



**USAC
TRICENTENARIA**
Universidad de San Carlos de Guatemala

**INFORME ENSAYO DE REACTIVIDAD ÁLCALI-AGREGADO
MÉTODO DE LA BARRA DE MORTERO
NORMA NTG 41010 h14 (ASTM C-1260)
INFORME SACM - 080/2021
HOJA 1/1**

O.T. No. 40762

INTERESADO: Edgar Rolando Choxom Aguilar, Registro académico: 2016 1138

PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación de la calidad de agregados fino y grueso para concreto, provenientes de 3 bancos de extracción del Río Villalobos, ubicado en el Departamento de Guatemala."

DIRECCIÓN: Campus Universitario Zona 12, Ciudad de Guatemala.

EMISIÓN DE INFORME: 30 de junio de 2021

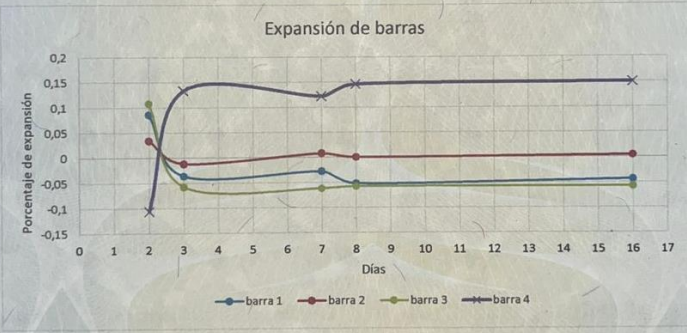
No. 18330

Edad en días

ELABORACIÓN	3/09/2019
LECT. INICIAL	4/09/2019
LECT. CERO	5/09/2019
LECT. FINAL	19/09/2019
% EXPANSIÓN DE CADA BARRA	
% EXPANSIÓN PROMEDIO	

BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3	BARRA 4
5,4650	8,4350	6,0550	7,7000
5,6800	8,5200	6,3250	7,4350
5,5700	8,5300	6,1800	7,8100
-0,0440	0,0040	-0,0580	0,1500
0,0130			

Expansión de barras



OBSERVACIONES:

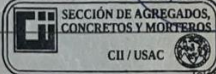
- Las lecturas de expansiones son el promedio de 4 muestras, Punto de Extracción: Punto 1.
- La proporción que se usó para la fabricación de barras es 1 parte de cemento, 2,25 partes de arena proporcionada por el interesado y 0,94 partes de agua.
- Se utilizo Cementos Progreso UGC
- El valor limite permisible según norma ASTM C-1260 es de 0,20 %.

El presente informe únicamente para las muestras identificadas.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,

Inga. Diana Faber Mejicanos Jol
Jefa Sección Agregados, Concretos y Morteros


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




SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
telefono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 6.



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 40762

INTERESADO: Edgar Rolando Choxom Aguilar, Registro académico: 2016 1138

PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación de la calidad de agregados fino y grueso para concreto, provenientes de 3 bancos de extracción del Río Villalobos, ubicado en el Departamento de Guatemala."

DIRECCIÓN: Campus Universitario Zona 12, Ciudad de Guatemala.

EMISIÓN DE INFORME: 30 de junio de 2021

INFORME ENSAYO DE REACTIVIDAD ÁLCALI-AGREGADO

MÉTODO DE LA BARRA DE MORTERO

NORMA NTG 41010 h14 (ASTM C-1260)


INFORME SACM - 081/2021

HOJA 1/1

No. 18331

		Edad en días			
		BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3	BARRA 4
ELABORACIÓN	3/09/2019	8,6500	6,6200	10,4850	9,3100
LECT. INICIAL	4/09/2019 1	8,6900	6,6600	10,5800	9,3200
LECT. CERO	5/09/2019 2	8,6700	6,6200	10,5200	9,3000
LECT. FINAL	19/09/2019 16	-0,0080	-0,0160	-0,0240	-0,0080
% EXPANSIÓN DE CADA BARRA					
% EXPANSIÓN PROMEDIO		-0,0140			

Expansión de barras



OBSERVACIONES:


- Las lecturas de expansiones son el promedio de 4 muestras, Punto de Extracción: Punto 2.
- La proporción que se usó para la fabricación de barras es 1 parte de cemento, 1,63 partes de arena proporcionada por el interesado y 0,47 partes de agua.
- Se utilizó Cementos Progreso UGC
- El valor límite permisible según norma ASTM C-1260 es de 0,20 %.

ATENAMENTE,

Inga. Diana Yaser Mejicanos Jol
Sección de Agregados,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII/USAC

El presente informe únicamente para las muestras identificadas.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

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



LLMRMBRBEAC

FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 6.



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**INFORME ENSAYO DE REACTIVIDAD ÁLCALI-AGREGADO
MÉTODO DE LA BARRA DE MORTERO
NORMA NTG 41010 h14 (ASTM C-1260)
INFORME SACM - 082/2021
HOJA 1/1**

O.T. No. 40762

INTERESADO: Edgar Rolando Choxom Aguilar, Registro académico: 2016 1138

PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación de la calidad de agregados fino y grueso para concreto, provenientes de 3 bancos de extracción del Río Villalobos, ubicado en el Departamento de Guatemala."

DIRECCIÓN: Campus Universitario Zona 12, Ciudad de Guatemala.

EMISIÓN DE INFORME: 30 de junio de 2021

No. 18332

		Edad en días			
ELABORACIÓN	3/09/2019				
LECT. INICIAL	4/09/2019	1			
LECT. CERO	5/09/2019	2			
LECT. FINAL	19/09/2019	16			
% EXPANSIÓN DE CADA BARRA					
% EXPANSIÓN PROMEDIO					0,0060

Expansión de barras



OBSERVACIONES:

- Las lecturas de expansiones son el promedio de 4 muestras, Punto de Extracción: Punto 3.
- La proporción que se usó para la fabricación de barras es 1 parte de cemento, 1,81 partes de arena proporcionada por el interesado y 0,47 partes de agua.
- Se utilizo Cementos Progreso UGC
- El valor limite permisible según norma ASTM C-1260 es de 0,20 %.

El presente informe únicamente para las muestras identificadas.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,


 Inga Dilma Yanet Mejicanos Jol
 Jefa Sección Agregados, Concretos y Morteros

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



SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

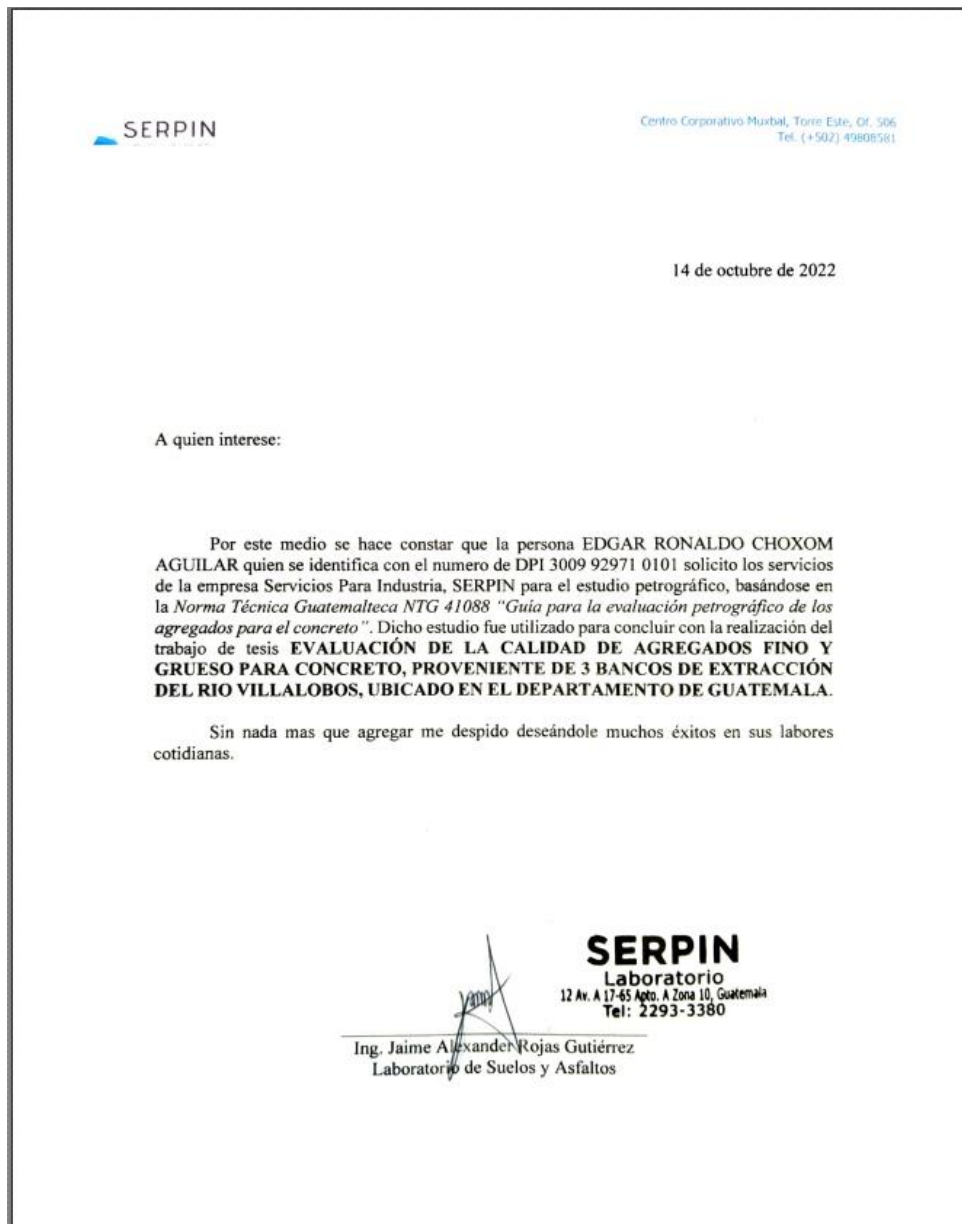
FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltrana, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



DIRECCIÓN
CII/USAC
LLMRMBERBAC

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. *Informe de ensayo de reactividad álcali-agregado método de la barra de mortero norma NTG 41010 h14 (ASTM C-1260)*. p. 1-3.

Anexo 7. **Constancia de realización de ensayos petrográficos, según los requerimientos de la norma NTG 41088. Emitida por la empresa Servicios para la industria, SERPIN**



Fuente: Servicios para la industria, SERPIN, Guatemala 2022. s/p.