



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

**ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO
AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPÁTICA**

Nester Giovanni Ampérez Solíz
Asesorado por el Ing. Julio Roberto Luna Aroche

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO
AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPÁTICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

NESTER GIOVANI AMPÉREZ SOLÍZ

ASESORADO POR EL ING. JULIO ROBERTO LUNA AROCHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	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. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
EXAMINADOR	Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPÁTICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha abril de 2018.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nester Giovanni Ampérez Solíz', with a long, sweeping flourish extending from the end of the signature.

Nester Giovanni Ampérez Solíz



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 15 de julio 2019.

Ingeniero
Wuillian Ricardo Yon Chavarría
Coordinador Área Materiales de Construcción
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería/USAC

Ingeniero Yon:

Atentamente me dirijo a usted para manifestarle que he revisado la tesis del estudiante **NESTER GIOVANI AMPÉREZ SOLÍZ, con número de carné: 201114656** titulado **ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPÁTICA.**

Asimismo le informo que apruebo dicho trabajo de tesis.

Sin otro particular me suscribo, cordialmente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M. Sc. Julio Roberto Luna Aroche
ASESOR

Ingeniero Civil / M. Sc. en Geología
jlunaaroch@yahoo.com



ROBERTO LUNA AROCHE
INGENIERO CIVIL
GEÓLOGO M. Sc.
COLEGIADO # 2,514



USAC
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, 25 de julio de 2019

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPÁTICA**, desarrollado por el estudiante de ingeniería civil Nester Giovani Ampérez Solíz quien contó con la asesoría del Ing. Julio Roberto Luna Aroche.

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



FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

Ing. Civil Wulfian Ricardo Yon Chavarría
Asesor y coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Julio Roberto Luna Aroche y Coordinador del Departamento de Materiales y Construcciones Civiles Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría al trabajo de graduación del estudiante Nester Giovani Ampérez Solíz **ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPÁTICA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, octubre 2019

/mmm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.444.2019

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: **ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPÁTICA**, presentado por el estudiante universitario: **Nester Giovani Ampérez Solíz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, Octubre de 2019

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por regalarme una segunda oportunidad y poder cumplir uno de mis más grandes sueños.
Mis padres	Rodrigo Ampérez Lucero y Marcela Elizabeth Solíz Morales, por su amor, apoyo y comprensión infinita en todo este proceso de estudios.
Mis hermanos	Marisol y Hayron Ampérez Solíz, por ser en mi vida los mejores aliados.
Mis sobrinos	Randy, Angie y Jordy Gonzáles Ampérez, por regalarme su amor y alegrarme los días.
Mi cuñado	Rubén González, por la admiración, apoyo y respeto.
Mis amigos	Por bríndame su apoyo, conocimientos y motivaciones en cada momento de la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la tricentenaria universidad de Guatemala y grande entre las del mundo, donde me forjé como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por formarme académicamente en la carrera de Ingeniería Civil.
Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), USAC	En especial a la sección de Metales y Productos Manufacturados y a la sección de Agregados, Concreto y morteros. Por la colaboración en la realización de los ensayos.
Ing. Pablo de León	Por su apoyo, enseñanzas y amistad incondicional en todo momento.
Ing. Julio Luna	Por la confianza, dedicación y asesoramiento en todo este proceso.
Inga. Dilma Mejicanos	Por la ayuda durante el proceso de investigación.
Empresa SICASA, Cantera San Miguel Pochuta, Chimaltenango	Por la colaboración en la obtención de las muestras de arena cuarzo-feldespática.

Fábrica de adoquines
Súper Girón Linda Vista

Especialmente al señor Pablo Girón, por su colaboración en la elaboración de los adoquines.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GEOGRAFÍA Y GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	1
1.1. Características geográficas	1
1.1.1. Localización y ubicación	1
1.1.2. Vías de acceso	3
1.1.3. Clima	4
1.1.4. Topografía	4
1.2. Características geológicas	6
1.2.1. Minerales	6
1.2.2. Rocas ígneas	10
1.2.3. Fallas geológicas de la zona de estudio	11
1.2.4. Vulcanismo	12
1.2.5. Origen de la arena cuarzo feldespática (cantera)	14
1.2.5.1. Depósitos de almacenamiento de las arenas cuarzo-feldespática	20
1.2.5.1.1. Depósito número 5 (Torres 1)	21

	1.2.5.1.2.	Depósito de lagunas de sedimentación (Borda).....	22
	1.2.5.2.	Arena cuarzo-feldespática	24
	1.2.5.2.1.	Composición mineralógica y química	25
2.	ADOQUÍN		29
2.1.	Definición		29
2.2.	Fabricación de adoquines		29
	2.2.1.	Materiales.....	30
2.3.	Características de los adoquines.....		31
	2.3.1.	Características geométricas	31
		2.3.1.1. Tolerancias	32
		2.3.1.2. Formas y partes del adoquín	32
	2.3.2.	Características físicas	35
		2.3.2.1. Color y acabado.....	35
		2.3.2.2. Biseles y separadores.....	35
2.4.	Clasificación del adoquín según la capa de concreto		36
	2.4.1.	Monocapa.....	37
	2.4.2.	Bicapa	37
2.5.	Clasificación del adoquín según el uso		37
	2.5.1.	Uso industrial y tránsito pesado, (clase A)	38
	2.5.2.	Uso en tránsito liviano, (clase B)	38
	2.5.3.	Uso peatonal, (clase C)	39
2.6.	Clasificación por módulo de ruptura del adoquín.....		40
2.7.	Clasificación por absorción de agua		40
2.8.	Clasificación por resistencia a la abrasión.....		41

2.9.	Toma de las muestras de adoquines	41
2.10.	Marcado	42
2.11.	Normas vigentes.....	43
2.12.	Métodos de ensayo	43
2.12.1.	Ensayo a flexión.....	43
2.12.2.	Ensayo de Böhme.....	45
2.12.3.	Ensayo a compresión.....	46
2.12.4.	Ensayo de absorción.....	47
3.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	49
3.1.	Obtención de las muestras	49
3.1.1.	Muestreo.....	49
3.2.	Características físicas de los agregados.....	50
3.2.1.	Agregado fino (arena cuarzo-feldespática).....	50
3.2.1.1.	Arena cuarzo-feldespática de Borda	51
3.2.1.2.	Arena cuarzo-feldespática de Torres 1.....	57
3.2.2.	Agregado grueso (basalto).....	62
3.3.	Diseño de mezcla	68
3.4.	Elaboración de adoquines	68
3.5.	Proceso de los ensayos a los adoquines	71
3.5.1.	Ensayo a flexión y porcentaje de absorción (Norma COGUANOR NTG 41087 h1).....	71
3.5.2.	Ensayo de abrasión (Norma COGUANOR NTG 41087 h2).....	74
3.5.3.	Ensayo a compresión.....	76
4.	RESULTADOS.....	79
4.1.	Ensayos a flexión.....	79

4.2.	Ensayo a compresión.....	80
4.3.	Ensayos de abrasión.....	81
4.4.	Discusión de resultados	82
4.4.1.	Ensayos a flexión	82
4.4.2.	Ensayo a compresión	83
4.4.3.	Ensayo de abrasión.....	83
CONCLUSIONES		85
RECOMENDACIONES		87
BIBLIOGRAFÍA		89
APÉNDICES		91
ANEXOS		95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de localización	1
2.	Mapa de ubicación	2
3.	Mapa topográfico del área de la cantera Pochuta	5
4.	Roca granito y sus principales minerales	7
5.	Mineral de cuarzo	8
6.	Mineral de feldespato	9
7.	Mineral de anfíbol hornblenda	10
8.	Roca granito de la cantera Pochuta	11
9.	Falla Pochuta	12
10.	Cono volcánico en el departamento de Chimaltenango.....	13
11.	Foco eruptivo de Chimaltenango.....	14
12.	Mapa de la cantera.....	17
13.	Mapa geológico de la cantera	18
14.	Cantera	19
15.	Cantera, desde el depósito 1	19
16.	Depósitos de arena cuarzo-feldespática.....	20
17.	Depósito de arena cuarzo-feldespática, Torres 1	21
18.	Depósito de arena cuarzo-feldespática, Torres 1	22
19.	Depósito de arena cuarzo-feldespática, Borda	23
20.	Extracción de la arena de Borda	23
21.	Arena cuarzo-feldespática.....	24
22.	Vista microscópica de la arena cuarzo-feldespática	25
23.	Características geométricas del adoquín.....	32

24.	Formas de adoquines	33
25.	Partes del adoquín.....	34
26.	Características geométricas y físicas de los adoquines	36
27.	Clase A, uso industrial	38
28.	Clase B, uso en tránsito liviano	39
29.	Clase C, uso peatonal.....	39
30.	Clase de adoquín por flexión	40
31.	Clase de adoquines por absorción	40
32.	Parámetro de abrasión	41
33.	Toma de muestra de adoquines	42
34.	Color según la clase del adoquín	42
35.	Esquema del ensayo a flexión	44
36.	Esquema del ensayo de abrasión	45
37.	Diagrama de ensayo a compresión.....	46
38.	Muestras de arena cuarzo-feldespática	50
39.	Granulometría de agregado fino (Borda).....	52
40.	Tamizado de la muestra	53
41.	Ensayo de peso unitario	54
42.	Ensayo de tamiz 200	54
43.	Ensayo del colorímetro	55
44.	Ensayo de peso específico	55
45.	Ensayo de resistencia a desintegración a los sulfatos	56
46.	Granulometría de agregado fino (Torres 1)	58
47.	Ensayo de peso unitario	59
48.	Ensayo de tamiz 200	60
49.	Ensayo del colorímetro	60
50.	Ensayo de peso específico	61
51.	Ensayo de resistencia a desintegración a los sulfatos	62
52.	Agregado grueso	62

53.	Granulometría de agregado grueso.....	64
54.	Ensayo de tamizado.....	65
55.	Ensayo de peso unitario.....	65
56.	Ensayo de tamiz 200.....	66
57.	Ensayo de peso específico.....	67
58.	Ensayo de desgaste por máquina los Ángeles.....	67
59.	Máquina para la fabricación de los adoquines.....	69
60.	Preparación de la mezcla.....	70
61.	Adoquines recién fabricados.....	70
62.	Adoquines sumergidos en agua.....	72
63.	Adoquín ensayándose a flexión.....	72
64.	Adoquín ensayado a flexión.....	73
65.	Parte del adoquín en el horno.....	73
66.	Corte de las probetas.....	75
67.	Probetas preparadas para abrasión.....	75
68.	Probeta ensayándose.....	76
69.	Corte de los cubos para el ensayo.....	77
70.	Cubos listos para el ensayo.....	78
71.	Cubo ensayándose.....	78

TABLAS

I.	Colindancias generales del área del proyecto.....	3
II.	Composición química de la arena cuarzo-feldespática.....	27
III.	Características físicas del agregado fino (Borda).....	51
IV.	Porcentaje que pasa en los tamices.....	52
V.	Características físicas del agregado fino (Torres 1).....	57
VI.	Porcentaje que pasa en los tamices.....	58
VII.	Características físicas del agregado grueso (basalto).....	63

VIII.	Porcentaje que pasa en los tamices	64
IX.	Resumen de resultado del ensayo a flexión.....	79
X.	Resumen de resultado del ensayo a compresión.....	80
XI.	Resumen de resultado del ensayo de abrasión	81

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Al	Aluminio
CA-2 Occ.	Carretera Centro Americana, Occidente
CA-9 Sur.	Carretera Centro Americana, Sur
cm	Centímetros
cm²	Centímetro cuadrado
∅	Diámetro
Δ	Diferencia
CO₂	Dióxido de carbono
° c	Grados Celsius
Fe	Hierro
h	Hora
kg	Kilogramos
kg/cm²	Kilogramos por centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramos por centímetro cúbico
km²	Kilómetro cuadrado
K	Feldespato
psi	Libras por pulgada cuadrada
±	Más/menos
MPa	Mega pascal
m	Metro
min	Minuto
mm	Milímetro
N	Newton

KAlSi₃O₈	Mineral microclina, variedad de Ortoclasa
SiO₂	Óxido de silicio
%	Porcentaje
”	Pulgada
CO₃	Trióxido de carbono
vcd	Vehículos comerciales por día

GLOSARIO

Aplita	Roca ígnea granítica de textura fina y color claro, compuesta básicamente de cuarzos, ortoclasas y plagioclasas.
ARI	Siglas para el cemento de Alta Resistencia Inicial.
ASTM	Siglas en inglés para American Society of Testing Materials, que en español es Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
Caolinización	Proceso donde los minerales pierden los iones alcalinos en presencia de agua hidrotermal.
Cloritización	Tipo de alteración de la roca producida por fluidos hidrotermales.
COGUANOR	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
Dolerita	Roca ígnea intrusiva, formada de cristales de color gris oscuro o negro, comúnmente conocida como granito negro.
Estratovolcán	Volcán cónico compuesto por varias capas de lava endurecida y depósitos piroclásticos.

Meteorización	Desintegración y descomposición de las rocas y minerales debido a la exposición ante los agentes atmosféricos.
Mohs	Escala de dureza de los materiales a la oposición a la abrasión, rayados y cortadura.
Monoclínico	Sistema cristalino, con un eje binario, centro simétrico y un plano perpendicular.
NAD-27	Sistema de coordenadas geográficas, Datum de América del Norte.
NTG	Singlas de Norma Técnica Guatemalteca.
Pegmatita	Roca ígnea granítica, tiene un tamaño de grano muy grueso, superior a 20 mm, suelen estar formadas por cuarzo, feldespatos y mica.
Piroclastos	Fragmentos sólidos de materiales volcánicos expulsados por una erupción volcánica.
Triclínico	Sistema cristalográfico descrito por tres vectores base.

RESUMEN

El presente informe de investigación contiene una descripción de la arena cuarzo-feldespática y un estudio del uso de la arena como agregado fino en la elaboración de adoquines de concreto, que puede ser un agregado sustituto a los convencionales como lo son la arena de río y arena triturada.

La arena cuarzo-feldespática al ser un desecho de un proceso industrial, no es utilizada y por tal motivo, se implementa en este estudio. Al utilizar esta arena se podrán reducir los depósitos de almacenamiento en la cantera de San Miguel Pochuta, Chimaltenango, y evitar contaminación a los afluentes de aguas abajo de la zona.

Con los resultados de los ensayos de laboratorio de las características físicas y propiedades mecánicas de los agregados; agregado fino (arena cuarzo-feldespática) y agregado grueso (basalto de 3/8”), se realizó el diseño de mezcla para las cuatro muestras, variando los porcentajes de las arenas de los bancos seccionados de la cantera; Torres 1 y Borda. En la muestra A no se utilizó agregado, pero se mantuvo las proporciones de los otros materiales.

Los adoquines se elaboraron por el método de vibro-compactación. A los 28 días, se realizaron los ensayos de laboratorio de; abrasión, absorción de agua y flexión, los cuales establecen las normas COGUANOR para los adoquines, también se realizaron los ensayos a compresión.

OBJETIVOS

General

Utilizar arena cuarzo-feldespática en la elaboración de adoquines de concreto.

Específicos

1. Analizar las características físicas, mineralógicas y químicas de la arena cuarzo-feldespática.
2. Establecer las características físicas y propiedades mecánicas del adoquín, realizando ensayos según la Norma COGUANOR NTG 41086.
3. Obtener la flexibilidad de los adoquines, según la Norma COGUANOR NTG 41087 h1.
4. Determinar la resistencia al desgaste por abrasión de los adoquines, según Norma COGUANOR NTG 41087 h2.
5. Obtener la resistencia a la compresión de los adoquines, con la aplicación de una fuerza perpendicular a la superficie de rodadura del prisma extraído a cada adoquín.

INTRODUCCIÓN

“Las operaciones mineras a gran escala producen inevitablemente grandes cantidades de desechos minerales. El volumen de desechos que produce la mina depende de las características geológicas del yacimiento, del tipo de minería (subterránea o a tajo abierto) y del mineral que es extraído, como también de la escala de la operación”¹. Esto se refleja en la cantera Pochuta, del tipo a tajo abierto, ubicada en el municipio de San Miguel Pochuta departamento de Chimaltenango, que conforme se extrae materia prima de la zona de explotación continúan acumulado desechos minerales.

La materia prima obtenida de la cantera es roca granítica, de ella se aprovecha el feldespato y cuarzo para la fabricación de cerámica y vidrio, el resto se considera desecho mineral, es llamada arena cuarzo-feldespática que es almacenada en diferentes depósitos conforme a su granulometría.

Los adoquines son elementos constructivos, utilizados en la industrial vial y construcciones decorativas a la intemperie por su fácil instalación, en conjunto trabajan como un pavimento flexible. Los adoquines son fabricados por el método de vibro-compactación. “El vibro-compactado se consigue sometiendo la mezcla a vibración mecánica y presión, obligando a las partículas del material a acomodarse dentro de la formaleta”².

¹ Minería, Minerales y Medio Ambiente, *capítulo 10* p.321.

² Revista universidad EAFIT, p.96.

1. GEOGRAFÍA Y GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se describirán las características geográficas y geológicas del área donde se encuentra la cantera Pochuta, de la que se obtuvieron las muestras de arena cuarzo-feldespática.

1.1. Características geográficas

Son determinadas por: la descripción de una región, la topografía, la hidrología, la localización y ubicación entre otras.

1.1.1. Localización y ubicación

El área del proyecto minero cantera Pochuta se encuentra localizada en la región Sur-Central de la República de Guatemala, en jurisdicción del municipio de San Miguel Pochuta, del departamento de Chimaltenango.

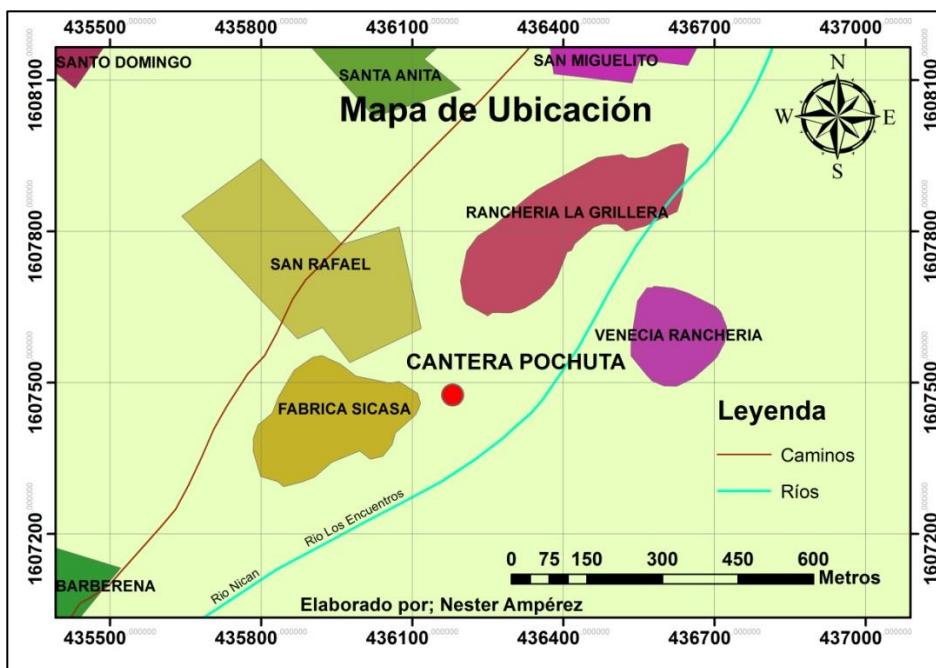
Figura 1. Mapa de localización



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGis 10.4.1.

El proyecto cantera Pochuta se encuentra ubicada en dirección sureste en colindancia de la población de San Miguel Pochuta.

Figura 2. Mapa de ubicación



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGis 10.4.1.

Los colindantes del proyecto se limitan al norte por la finca Las Brisas, al Sur se ubica la finca llamada Venecia, al este por una carretera de terracería y al oeste la población de Pochuta. El río Nicán pasa 800 metros lineales adyacentes al lado oeste del área del polígono.

Tabla I. **Colindancias generales del área del proyecto**

ORIENTACION	COLINDANCIA
NORTE	Finca Las Brisas, Finca Nueva California, Río Nicán, Finca Ceilán, Carretera Pavimentada.
SUR	Finca Venecia, Finca Bacherana, Río La Torre, Finca el Pacayal.
ESTE	Carretera de Terracería
OESTE	San Miguel Pochuta, Río Nicán, Finca Santa Anita, Finca San Rafael, Río Madre Vieja.

Fuente: cantera San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

1.1.2. **Vías de acceso**

El área del proyecto minero posee un fácil acceso, desde la ciudad de Guatemala se logra ingresar por la ruta nacional 3 ó carretera centroamericana CA-9 en dirección hacia el Pacífico, esta conduce hasta la cabecera departamental de Escuintla, haciendo un recorrido de aproximadamente 59 kilómetros. Desde este punto se continúa hacia el occidente a través de la carretera centroamericana CA-2 Occ., pasando por las poblaciones de Siquinalá (Escuintla), Santa Lucía Cotzumalguapa (Escuintla), hasta llegar al cruce de la población de Cocales (Suchitepéquez) en el kilómetro 113. Desde este cruce se gira hacia la derecha, tomando la carretera departamental número 12 y después de recorrer 5 kilómetros se logra arribar a la población de Patulul (Suchitepéquez). En Patulul se toma la carretera pavimentada departamental número 10 que conduce hacia la población de San Miguel Pochuta, sobre dicha carretera después de recorrer 20 kilómetros se logra acceder al área del proyecto minero, haciendo un total de 138 kilómetros de recorrido en una carretera de asfalto en buenas condiciones.

Debido que el área del proyecto limita un poco menos de 800 metros lineales a lo largo del río Nicán, existen otros accesos al área por caminos vecinales de terracería tipo veredas entre la población de San Miguel Pochuta hacia los márgenes del río Nicán. Dentro del río Nicán los accesos son considerables, por veredas que unen las propiedades rurales entre sí, creando de esta manera otros tramos alternos.

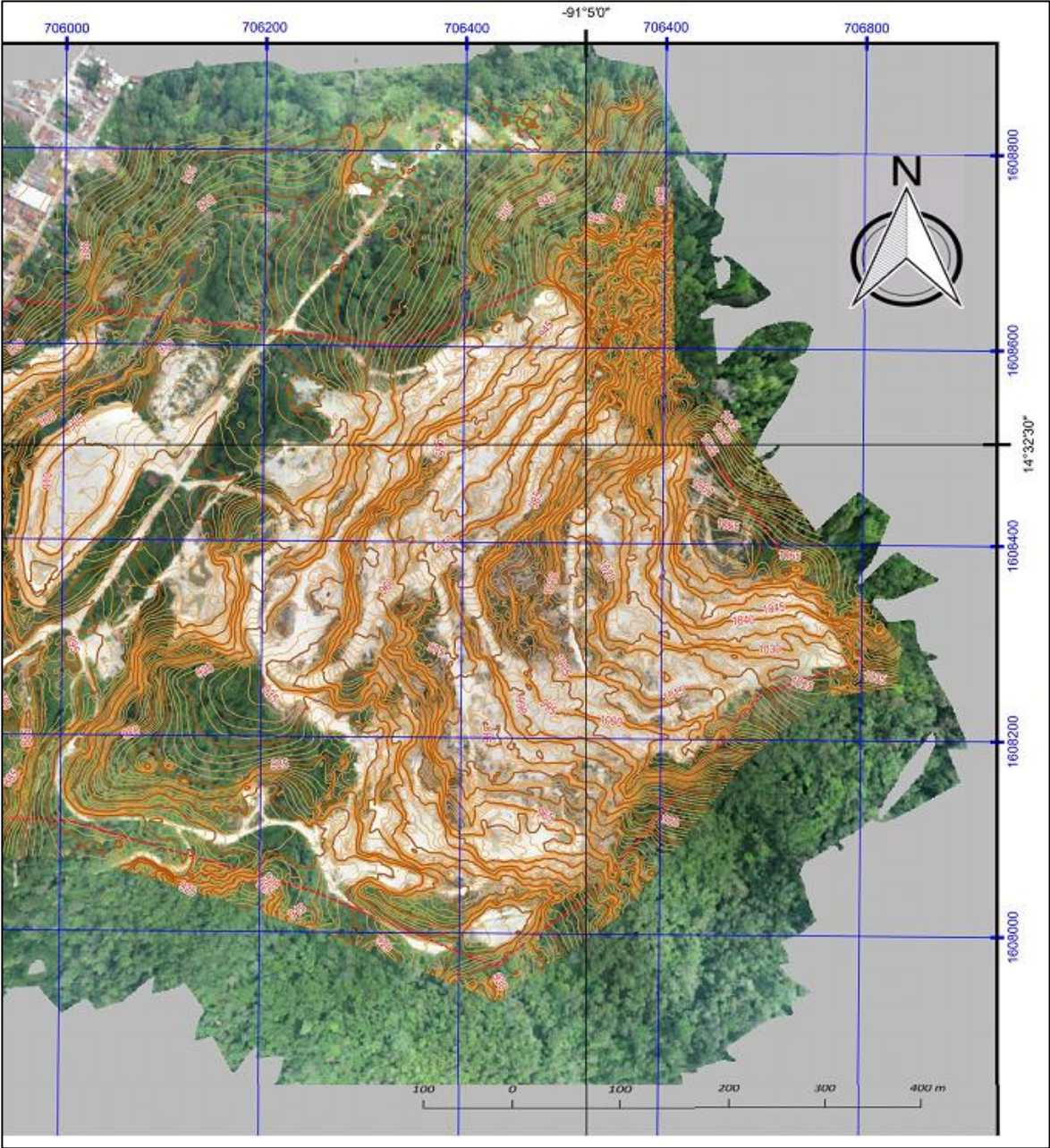
1.1.3. Clima

Por la ubicación de la cantera en el municipio de San Miguel Pochuta cuenta un clima templado, lo que permite una diversidad de flora. Tiene una altitud que oscila entre los 600 m y los 2,550 m sobre el nivel del mar.

1.1.4. Topografía

El área de la cantera se encuentra influenciada por la orografía del municipio de San Miguel Pochuta, pudiéndose considerar como un terreno montañoso que cuenta con imponentes cerros y lomas, los cuales han dado lugar a la cantera, como se presenta en la figura 3.

Figura 3. Mapa topográfico del área de la cantera Pochuta



Fuente: LUNA AROCHE, Julio Roberto. *Informe técnico anual SICASA*, 2018.

1.2. Características geológicas

Son las descripciones de las composiciones, procesos y estructuras internas y superficiales de la tierra y de una zona en específico. Se describirán los minerales y rocas ígneas que se encuentran en el área de estudio.

1.2.1. Minerales

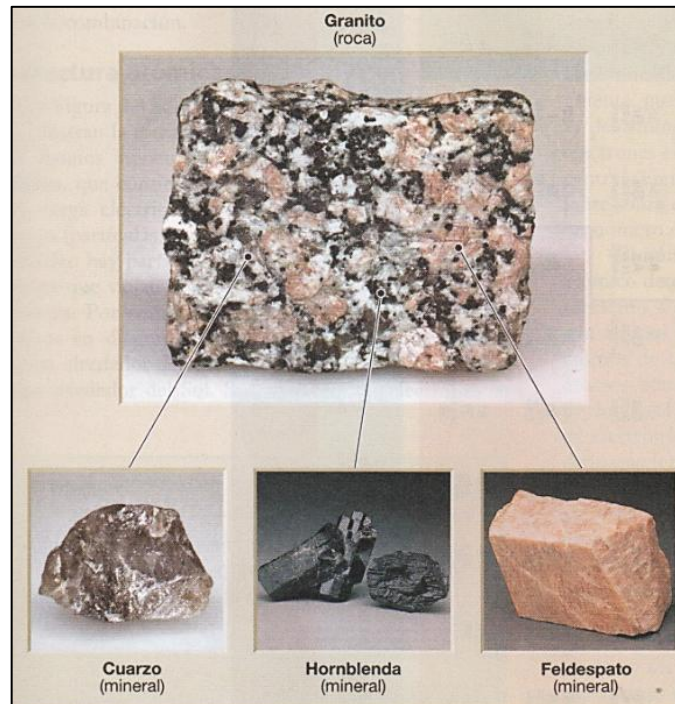
“Un mineral es un sólido homogéneo por naturaleza con una composición química definida (pero generalmente no fija) y una disposición atómica ordenada. Normalmente se forma mediante un proceso inorgánico.”³

Los elementos químicos forman minerales y estos forman rocas, Los principales minerales de la formación de la roca granito son: cuarzo, feldespato y anfíbol hornblenda.

Así como el granito, todas las rocas presentan composiciones mineralógicas particulares.

³ HURLBUT., CORNELIUS S, Jr., CORNELIS, Klein. *Manual de Mineralogía*. p.2.

Figura 4. **Roca granito y sus principales minerales**



Fuente: TARBUCK Edward J.; LUTGENS, Frederick K. *Ciencias de la tierra, una introducción a la geología física*. p. 31.

- **Cuarzo**

El cuarzo es el único mineral común de los silicatos formado completamente por silicio y oxígeno, al cuarzo se le aplica el término de sílice, por la fórmula química que tiene (SiO_2). El cuarzo es transparente y de forma hexagonales y desarrolla extremos en forma piramidal. Las variedades más comunes de cuarzo son el cuarzo lechoso (blanco), el ahumado (gris), el rosa (rosa), la amatista (púrpura) y el cristal de roca (transparente).

Figura 5. **Mineral de cuarzo**



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

- **Feldespato**

Es uno de los grupos más comunes, puede formarse bajo un intervalo muy amplio de temperaturas y presiones, eso explica su abundancia. Los feldespatos son relativamente duros, se encuentran en la posición 6 de la escala de Mohs y son de un brillo que oscila entre vítreo y perlado. Debido al gran tamaño del ion potasio, en comparación de los iones sodio y calcio, existen dos estructuras diferentes de feldespato. La ortosa, contiene iones potasio en su estructura y el otro grupo son las plagioclasas, que contienen iones de sodio y calcio.

Figura 6. **Mineral de feldespato**



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

- **Hornblenda**

Forma parte de un grupo químicamente complejo denominados anfíboles, y es uno de los minerales más comunes. La hornblenda suele tener un color verde oscuro a negro, en la roca forman a menudo cristales alargados. Las hornblendas se encuentran predominantemente en las rocas continentales, que componen la porción oscura.

Figura 7. **Mineral de anfíbol hornblenda**



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

1.2.2. **Rocas ígneas**

“Las rocas ígneas constituyen la mayor parte de la corteza terrestre. De hecho, con la excepción del núcleo exterior líquido, la porción sólida restante de nuestro planeta es básicamente una enorme roca ígnea parcialmente cubierta por una delgada capa de rocas sedimentarias”⁴.

Las rocas ígneas son rocas formadas por la cristalización de roca fundida. Las rocas ígneas se pueden dividir en dos categorías. Las rocas intrusivas o plutónicas que se cristalizan a partir del magma debajo de la superficie terrestre. Las rocas extrusivas o volcánicas que se cristalizan a partir de la lava en la superficie de la tierra.

⁴TARBUCK Edward J.; LUTGENS, Frederick K. *Ciencias de la tierra, una introducción a la geología física*. p.58.

- **Granito**

El granito es la roca más conocida y abundante del grupo ígneo, sin embargo, es común que los geólogos apliquen el término de granito a cualquier roca intrusiva de grano grueso compuesta fundamentalmente de silicatos claros. El granito es una roca fanerítica compuesta por alrededor de 25% a 35% de cuarzo y más del 50% de feldespato potásico y de plagioclasas ricas en sodio. Otros contribuyentes del granito son la moscovita y silicatos oscuros, en particular biotita, y el anfíbol, aunque menos del 20% está formado por componentes oscuros.

Figura 8. Roca granito de la cantera Pochuta

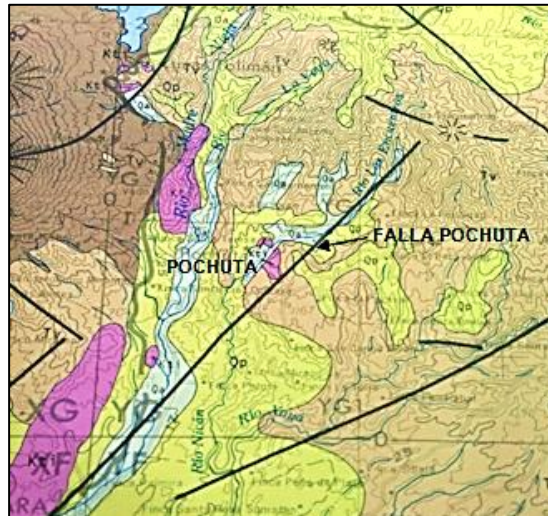


Fuente: cantera San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

1.2.3. Fallas geológicas de la zona de estudio

La falla más cercana a la cantera es la falla Pochuta, y se extiende hasta la costa sur, atravesando parte del territorio de los departamentos de; Chimaltenango, Suchitepéquez y Escuintla.

Figura 9. **Falla Pochuta**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), mapa geológico general de Guatemala (hoja Guatemala, escala 1:250,000), diciembre de 1993.

- **Fracturamiento**

El fracturamiento medido en la cantera es prácticamente con dirección Norte-Sur, de tipo normal, distensiva. Ha incidido tanto en el debilitamiento del granito que a la larga permite la meteorización, así como en permitir la intrusión de los diques de aplita y dolerita.

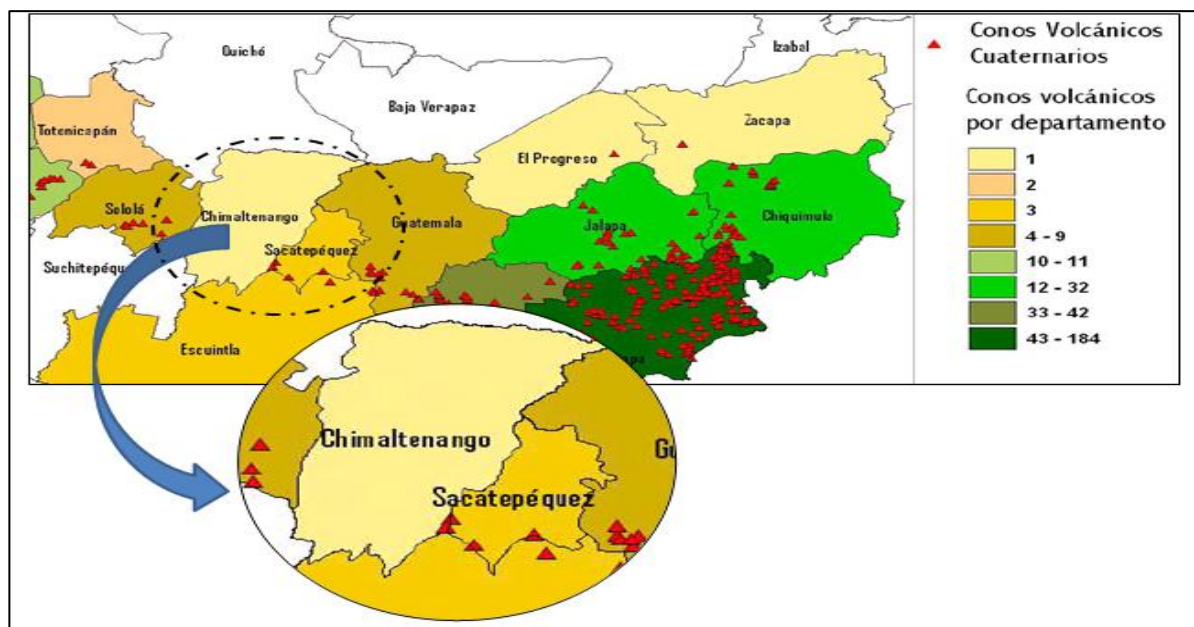
1.2.4. Vulcanismo

Guatemala se encuentra en el cinturón de fuego del Pacífico, y la evidencia de esto es la cantidad de focos eruptivos con que cuenta el país. "Un foco eruptivo es un orificio en la corteza terrestre, a través del cual salieron

materiales magmáticos a la superficie, ya sea en forma de lava o de piroclásticos”⁵.

Guatemala cuenta aproximadamente con 324 focos eruptivos o estructuras de origen volcánico, de los cuales 32 son reconocidos oficialmente como volcanes por el Instituto Geológico Nacional de Guatemala.

Figura 10. **Cono volcánico en el departamento de Chimaltenango**



Fuente: BOHNENBERGER, Otto H. *Los focos eruptivos cuaternarios de Guatemala*. p.3.

El departamento de Chimaltenango cuenta con el volcán de Acatenango de tipo estratovolcán.

⁵BOHNENBERGER, Otto H. *Los focos eruptivos cuaternarios de Guatemala*. p. 2.

Figura 11. Foco eruptivo de Chimaltenango

<p style="text-align: center;">FOCOS ERUPTIVOS CUATERNARIOS DE GUATEMALA</p> <p style="text-align: center;">CHIMALTENANGO</p>						
Nombre	tipo volcán	Petrografía dominante	Latitud N	Longitud W	altura msnm	otros:
Acatenango	Estratovolcán	andesita	14° 30' 02"	90° 52' 32"	3976	Límite con Sacatepéquez. Andesita Piroxénica Cono grande, triple

Fuente: BOHNENBERGER, Otto H. *Los focos eruptivos cuaternarios de Guatemala*. p.6.

1.2.5. Origen de la arena cuarzo feldespática (cantera)

Descripción de las unidades de rocas y de las estructuras presentes en la cantera.

- Aluviones

En sector cercano al río Nicán, se encuentran plataformas de inundación que han formado planicies que son cortadas por el río. Las planicies se extienden a lo largo del río y representan materiales cuaternarios de diferentes granulometrías.

También se han formado varios rellenos provenientes de materiales de la cantera los cuales se han cartografiado por aparte en el mapa geológico.

- Toba

Estos son los materiales que recubrían la cantera y han sido removidos, aún quedan material que es considerado descapote al norte y sur de la cantera. Estos materiales se caracterizan por ser limo-arenoso, y en algunos niveles se observan suelos muy meteorizados. Los piroclastos son de edad cuaternaria, y están relacionados con las explosiones freato-magmáticas de los volcanes cercanos, muy probablemente del volcán Atitlán.

El espesor de estos materiales es variable, hacia el sur de la cantera pueden observarse espesores de entre dos a seis metros. Sin embargo, al norte en la parte más alta de la cantera, este material tiene espesores de hasta 20 a 30 metros de espesor.

- Diques de aplita

Se determinaron dos tipos de diques a los cuales se les ha dado el nombre de diques aplíticos. La aplita, rocas ígneas de una peculiar textura fina uniforme (de menos de 2 mm) y de color tenue, que está compuesto solamente de feldespato alcalino, mica moscovita y cuarzo.

A diferencia de la pegmatita, que es similar pero de granulado más áspero, las aplitas se encuentran en pequeños grupos que rara vez contienen partes de otros minerales.

Ambas rocas pueden hallarse juntas y se asume que se han formado al mismo tiempo a partir de magmas semejantes.

En algunos casos el material que entra como dique dentro del granito tiene una coloración verdosa, y se cree es producido por una incipiente cloritización.

La epidotización ocurre también en rocas de este grupo y consiste en el desarrollo de epidotita desde biotita, hornblenda, augita o plagioclasa de feldespato.

La forma de los diques de aplita, son lentes, que generalmente tienen espesores de no más de 30 cm en la parte superficial, y podría ser que en profundidad sean más anchos).

- Granito

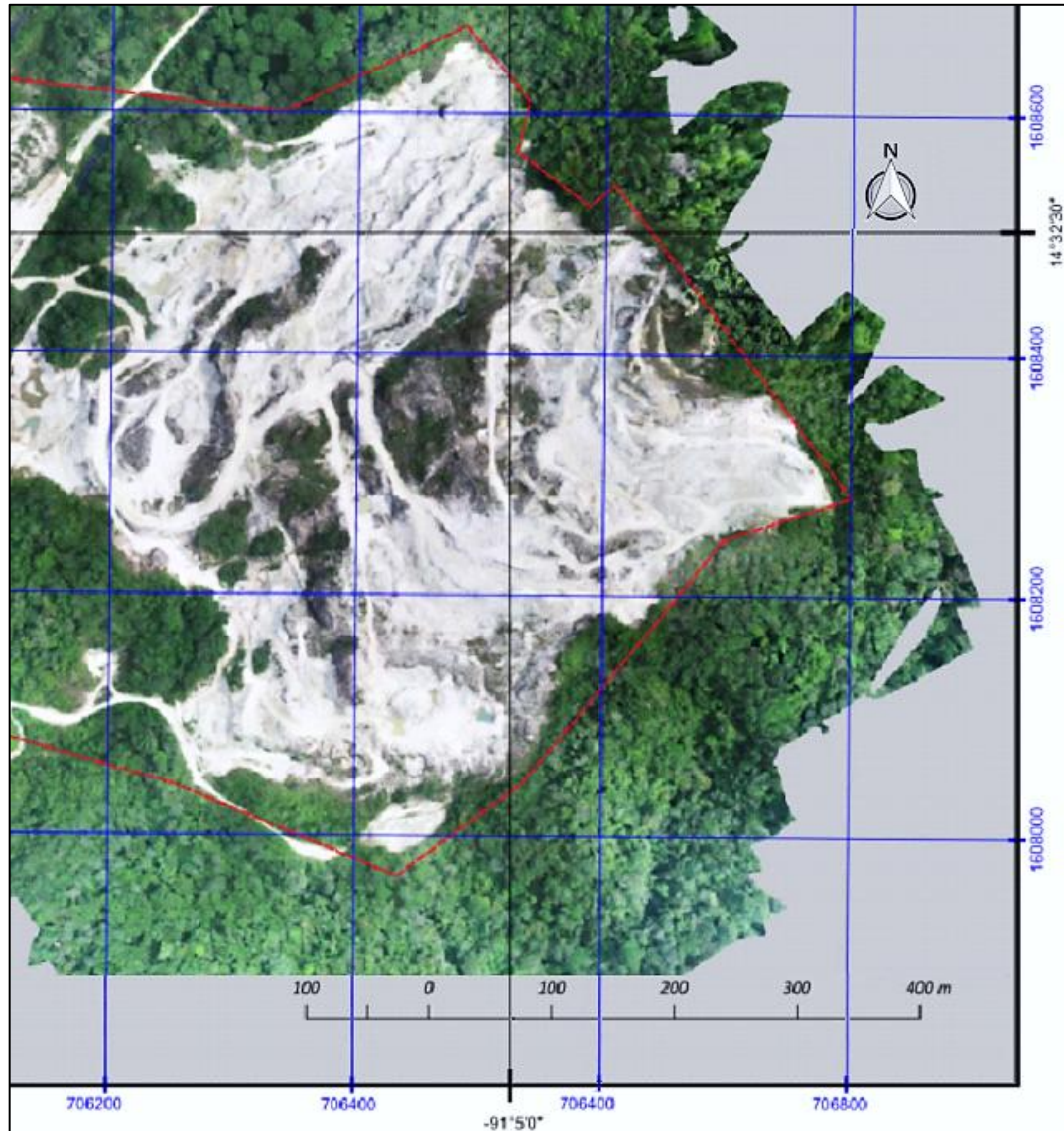
El granito determinado en la cantera es bastante uniforme en composición mineralógica, sin embargo, se encuentran variaciones locales provocadas por la alteración hidrotermal y la meteorización.

La edad del granito se puede considerar como contemporánea con rocas volcánicas de edad terciaria. El granito ha estado expuesto a la meteorización durante mucho tiempo, y se estima que previo a que fuera cubierto por piroclastos, la meteorización afecto al granito hasta degradar los feldespatos.

Producto de la meteorización se han encontrado niveles bastante limpios, donde la abundancia de cuarzo y arcillas provenientes de la caolinización de los feldespatos. La meteorización del feldespato (o caolinización) se produce en ambientes húmedos y cargados de CO_2 . El CO_2 se convierte en CO_3 para unirse con el potasio, calcio o sodio, formando carbonatos, en el caso del calcio se denomina calcita.

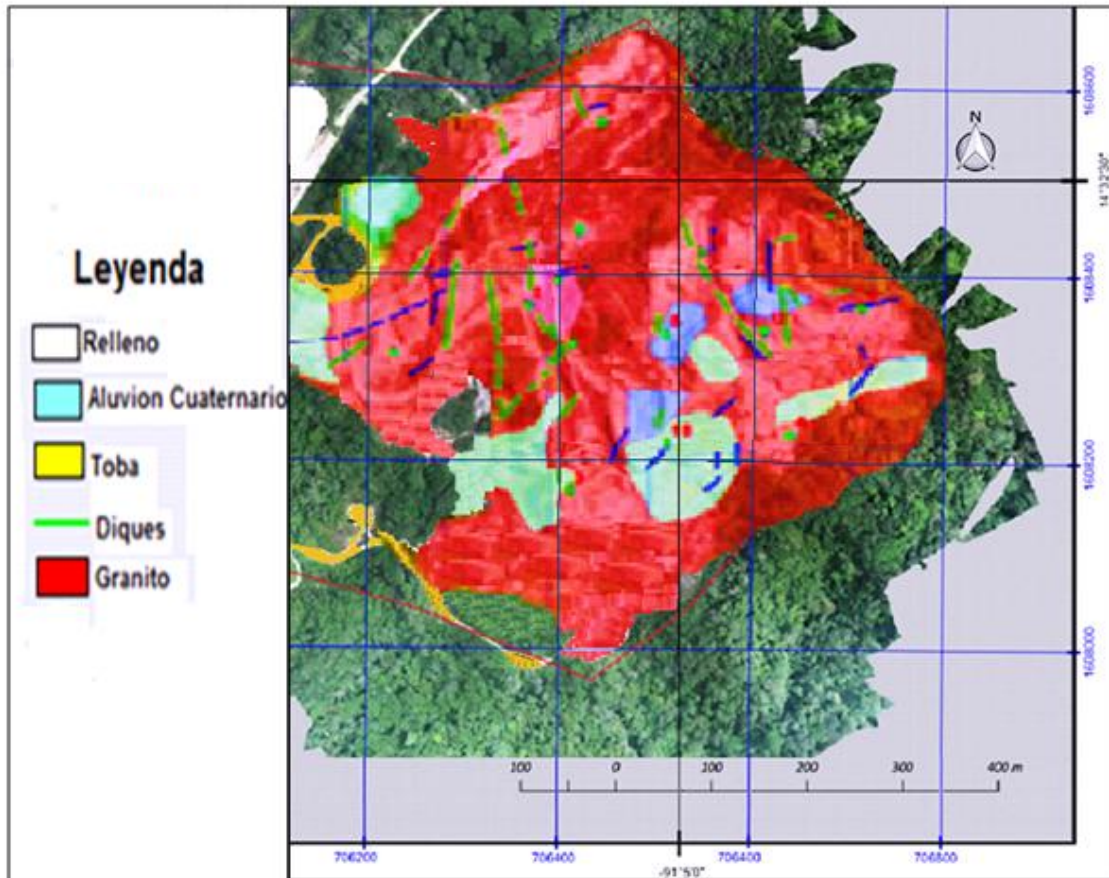
Por su parte, los silicatos dobles forman silicatos alumínicos hidratados, caolín. En los niveles superiores de la cantera se encuentra más abundancia de cuarzo, y feldespatos sumamente caolinizados.

Figura 12. Mapa de la cantera



Fuente: LUNA AROCHE, Julio Roberto. *Informe técnico anual SICASA*, 2018.

Figura 13. Mapa geológico de la cantera



Fuente: LUNA AROCHE, Julio Roberto. *Informe técnico anual SICASA*, 2018.

Figura 14. **Cantera**



Fuente: cantera San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

Figura 15. **Cantera, desde el depósito 1**

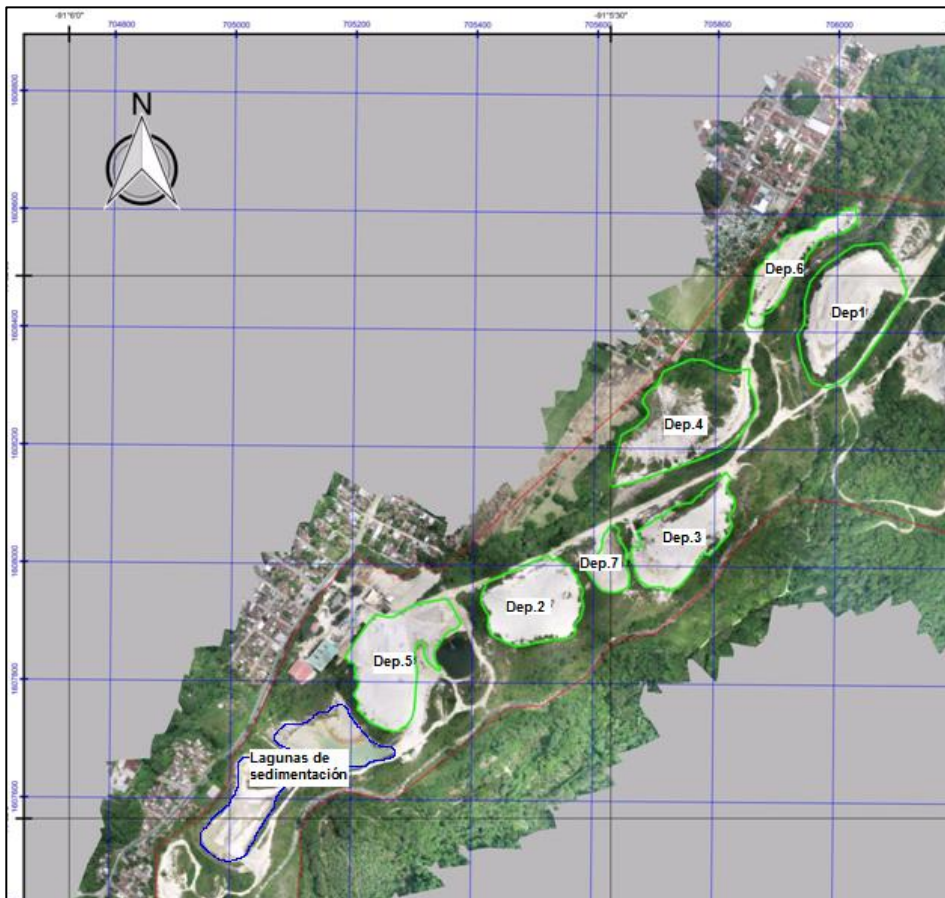


Fuente: cantera San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

1.2.5.1. Depósitos de almacenamiento de las arenas cuarzo-feldespática

Dentro de la propiedad de la empresa SICASA, se encuentran varios depósitos de almacenamiento de arenas cuarzo-feldespáticas, de los depósitos que se tomaron las muestras para la investigación fueron; depósito número 5 (Torres 1) y el depósito en lagunas de sedimentación (Borda).

Figura 16. Depósitos de arena cuarzo-feldespática



Fuente: LUNA AROCHE, Julio Roberto. *Informe técnico anual SICASA*, 2018.

1.2.5.1.1. Depósito número 5 (Torres 1)

La arena del depósito de Torres 1, es el producto del proceso industrial de trituración de la roca granito, esta arena es de una granulometría fina-gruesa.

Figura 17. Depósito de arena cuarzo-feldespática, Torres 1



Fuente: cantera San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

Figura 18. **Depósito de arena cuarzo-feldespática, Torres 1**



Fuente: cantera San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

1.2.5.1.2. Depósito de lagunas de sedimentación (Borda)

El depósito Borda, es una laguna de sedimentación donde se acumula arena proveniente de lavado industrial de la trituración de la roca, de este depósito se obtiene arena de una granulometría fina-fina. Se cuentan con las lagunas de sedimentación.

Figura 19. **Depósito de arena cuarzo-feldespática, Borda**



Fuente: cantera San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

Figura 20. **Extracción de la arena de Borda**



Fuente: cantera San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

1.2.5.2. Arena cuarzo-feldespática

La arena cuarzo-feldespática es un desecho mineral, resultado del proceso industrial de la roca granito de la cantera, para la obtención del sílice como materia prima en la fabricación de cerámica y vidrio.

La arena está compuesta principalmente por minerales félsicos (cuarzo, feldespato K, etc.) son de color claro. Los minerales félsicos tienen los puntos de fusión más bajos (600° C a 750 ° C).

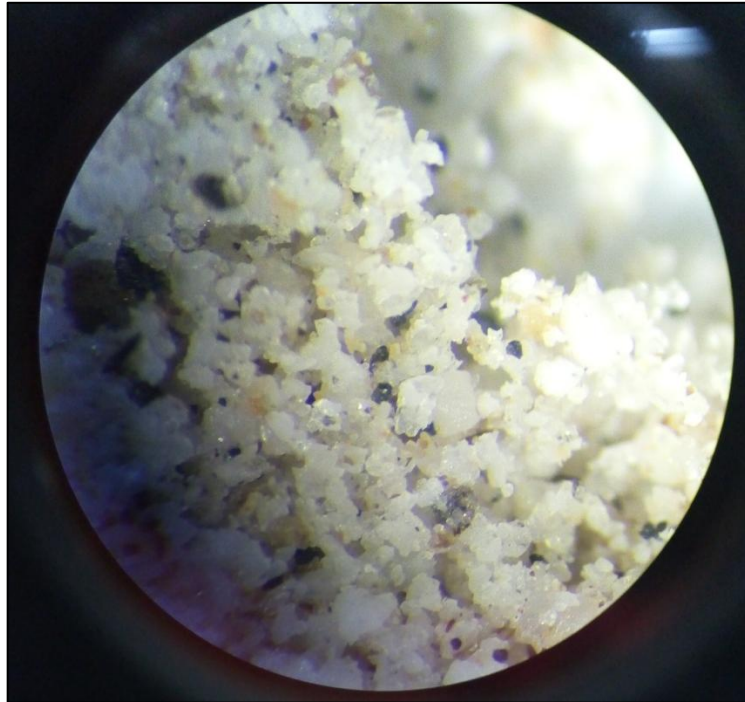
La cantera de San Miguel Pochuta, cuenta con varios bancos de desecho mineral, los bancos más importantes son los bancos de; Torres 1 y de Borda.

Figura 21. **Arena cuarzo-feldespática**



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

Figura 22. **Vista microscópica de la arena cuarzo-feldespática**



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

1.2.5.2.1. Composición mineralógica y química

- Composición mineralógica

El material arena cuarzo-feldespática se compone principalmente de los siguientes minerales: albita, microclina, cuarzo y biotita.

- La albita

Es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo tectosilicatos y dentro de ellos pertenece a los feldespatos denominados plagioclasas. Es un aluminosilicato de sodio, que puede llevar calcio o potasio sustituyendo al sodio en la red cristalina, pero por definición de albita debe tener mucho más sodio (más de 90%) que calcio y potasio juntos (menos de 10%).

Presenta un aspecto de cristales bien formados blancos, casi siempre maclados. La macla de cristales aplanados juntos crea el efecto de estriaciones en la superficie del cristal, siendo tan característica que se designa como macla de albita.

- La microclina

Es un mineral de la clase de los tectosilicatos, grupo de los feldespatos. Fórmula química: KAlSi_3O_8 . Clase: Silicatos. Subclase: Tectosilicatos. Grupo: Feldespatos. Subgrupo: Feldespatos potásicos. La microclina puede ser químicamente similar a la ortosa monoclinica, pero debido a su pertenencia al sistema reticular triclinico, el ángulo del prisma es ligeramente menor que un ángulo recto; por ello, microclino.

- El cuarzo

Es un mineral compuesto de sílice (SiO_2). Tras el feldespato es el mineral más común de la corteza terrestre estando presente en una gran cantidad de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Destaca por su dureza y resistencia a la meteorización en la superficie terrestre.

- La biotita

Es el nombre de un grupo de minerales químicamente es un filosilicato de hierro y aluminio, del grupo de las micas, dando lugar a distintos minerales de este grupo por sustituciones en la fórmula: Lepidomelana (FeO), Mangano-filita (Mn), Wodanita (Ti), Natrobiotita (Na), Hendricksita (Zn).

- Composición química

De acuerdo a los análisis químicos realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería y en otros laboratorios a los que se tuvo acceso, una composición promedio es:

Tabla II. **Composición química de la arena cuarzo-feldespática**

COMPONENTE	(*) PORCENTAJE
OXIDO DE SILICIO	74,23 %
OXIDO DE ALUMINIO	15,07 %
OXIDO DE SODIO	6,45 %
OXIDO DE POTASIO	3,73 %
OXIDO DE MAGNESIO	0,24 %
OXIDO DE CALCIO	0,23 %
HIERRO Y OTROS	0,04 %

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

2. ADOQUÍN

2.1. Definición

Elemento compacto de concreto prefabricado, con la forma de prisma recto, cuyas bases pueden ser polígonos, que permiten conformar superficies completas como componente de un pavimento articulado, estos pueden ser bicapa o monocapa. Los adoquines son fabricados con materiales pétreos, cemento hidráulico y en ocasiones con pigmentos.

Los adoquines se pueden colocar en lugares sometidos a cargas de tránsito pesado, estacionamientos, calles, arterias, zonas peatonales, jardines y en otras aplicaciones arquitectónicas. Tienen gran ventaja sobre otros tipos de pavimentos, debido a su fácil manejo en el transporte y la colocación, porque no requieren de mano de obra especializada.

2.2. Fabricación de adoquines

Los adoquines son fabricados por el método industrial de vibro-compactación, teniendo la mezcla de los diferentes materiales a utilizar por cada volumen que pueda procesar la maquinaria para la fabricación. Se pueden fabricar con diferentes resistencias dependiendo del uso al cual será destinado.

Luego de la vibro-compactación el adoquín se almacenan bajo techo en cuartos de curado durante el proceso de fraguado del concreto, brindándole una humedad óptima, se puede utilizar cemento de alta resistencia inicial para acelerar el proceso de endurecimiento del concreto.

2.2.1. Materiales

En la fabricación de adoquines, se utilizan diferentes materiales para mejorar sus características físicas y propiedades mecánicas, con el fin de obtener un adoquín que cumpla con los requerimientos en la durabilidad y apariencia.

- Cemento hidráulico

El cemento debe cumplir con las especificaciones establecidas en la norma NTG 41095 (ASTM C1157-09). En la norma se establecen los diferentes tipos de cementos que se usan en la construcción a nivel nacional.

Para la fabricación de adoquines el tipo de cemento que es recomendado es el de ARI (Alta Resistencia Inicial), por la capacidad de endurecimiento y desmoldado rápido.

- Agregado grueso

Los agregados gruesos deben de cumplir con las especificaciones de la Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33). El agregado debe consistir en piedra de río triturada, grava, grava triturada, escoria de alto horno enfriada con aire, o una combinación de ellos.

- Agregado fino

Los agregados deben de cumplir con lo establecido en la Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33). El agregado fino puede ser arena

natural, arena manufacturada, o combinación de ambas. En este caso se utilizó una arena residual de un proceso industrial.

- Agua

El agua a utilizar debe de cumplir con lo establecido en la Norma COGUANOR NTG 41073 (ASTM 1602). El agua debe estar libre de grasas, aceite y materia orgánica.

- Pigmentos

Los pigmentos son utilizados para darle color al concreto usado en la elaboración de elementos prefabricados. Los pigmentos que son utilizados en la fabricación de adoquines deben de cumplir con lo establecido en la Norma COGUANOR NTG 3760 (ASTM C-979).

2.3. Características de los adoquines

Los adoquines cuentan con diferentes características de las cuales se puede considerar geométricas y físicas.

2.3.1. Características geométricas

El largo y ancho real de los adoquines de concreto para pavimentos, no debe ser mayor de 250 mm, ni menor de 50mm.

Figura 23. **Características geométricas del adoquín**

Características Geométricas	
Espesor	≥ 60 mm
Relación (largo real /ancho nominal)	≤ 2.5
Relación (largo real/ espesor)	≤ 4

Fuente: Coguanor NTG 41087 h1. p. 8.

2.3.1.1. Tolerancias

Las medidas del espesor real promedio tomadas para cada espécimen de la muestra no debe diferir en más de ± 3 mm del espesor especificado. Las medidas del largo real promedio como del ancho real promedio para cada espécimen de la muestra no debe diferir del largo especificado y el ancho especificado respectivamente, en más de ± 2 mm.

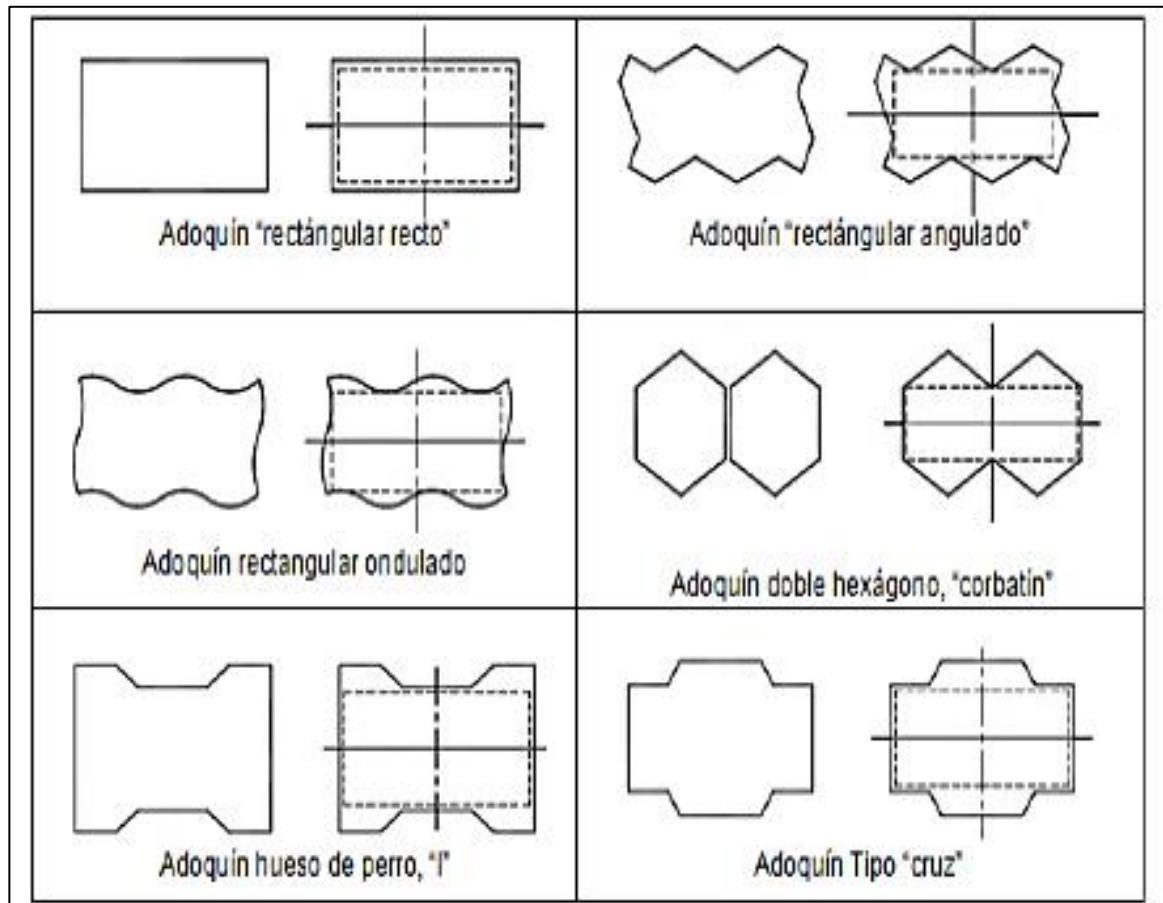
2.3.1.2. Formas y partes del adoquín

Existen diferentes formas geométricas que los adoquines pueden tener: rectangular, cuadrado, poligonales, tipo cruz, entre otras. Las partes de los adoquines se ilustran en la figura 25.

- Formas del adoquín

Está definida por la cara de descaste del adoquín y la cara de apoyo, también por el prisma recto que le da el volumen a los adoquines.

Figura 24. **Formas de adoquines**



Fuente: LÓPEZ RAMÍREZ, Randy Sujej. *Fabricación de adoquín con adición de escoria de mata de níquel como agregado fino*. p. 3.

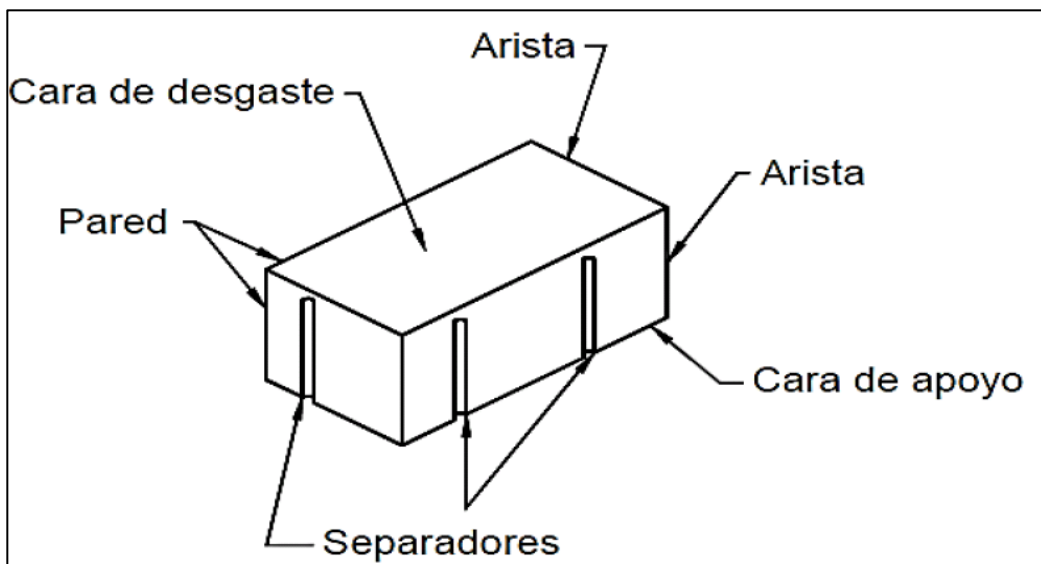
- Partes del adoquín

En general los adoquines poseen las siguientes partes:

Cara de desgaste: cara superior del adoquín, que queda a la vista en el pavimento y soporta directamente el tránsito.

- Arista: línea de intersección entre dos planos o caras. Por lo general, se hace referencia a la que conforman la cara de desgaste y las paredes.
- Cara de apoyo: cara inferior del adoquín que queda en contacto con la capa de arena que lo soporta.
- Separador: garantiza una separación adecuada y uniforme entre adoquines.
- Bisel: en los adoquines biselados o parcialmente biselados es el perfil inclinado (generalmente un plano 45°), que reemplaza la arista que conforma la cara de desgaste y las paredes.

Figura 25. Partes del adoquín



Fuente: LÓPEZ RAMÍREZ, Randy Sujey. *Fabricación de adoquín con adición de escoria de mata de níquel como agregado fino*. p. 4.

2.3.2. Características físicas

Entre las características físicas que un adoquín puede tener son: apariencia, textura, acabado y color. A continuación se describen algunas características.

2.3.2.1. Color y acabado

El color en algunos los adoquines es obtenido de pigmentos de óxidos de hierro o de origen vegetal, en el adoquín estándar el color gris, es por el aglomerante hidráulico. Dependiendo de los acabados arquitectónicos en los adoquines pueden ser clasificados en: primarios y secundarios.

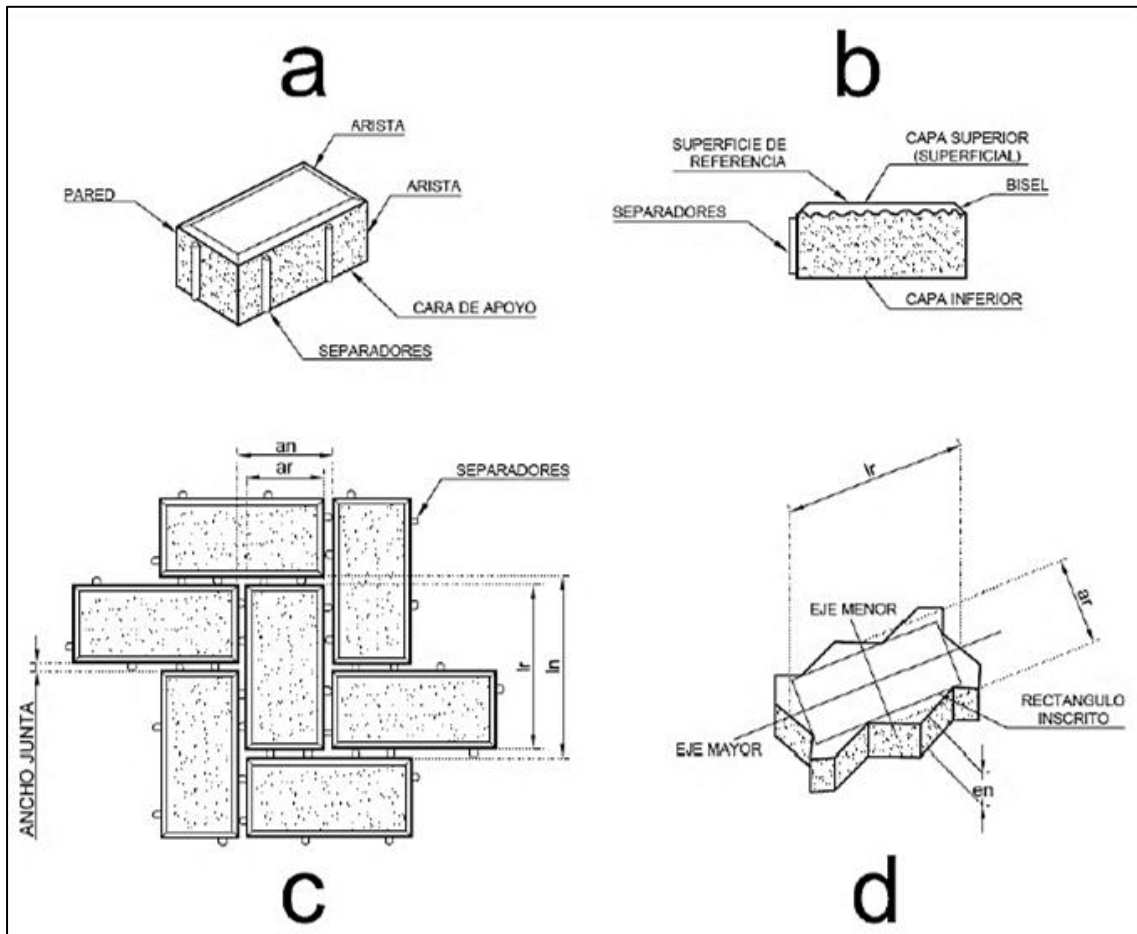
- Los primarios, son estándar y más utilizados, debido a que se obtienen directamente del molde de fabricación sin ningún proceso extra.
- Y los secundarios, posteriormente del proceso de fabricación se les realiza: pulido, chorro de arena, chorro metálico, chorro de agua, martillado y flameado.

2.3.2.2. Biseles y separadores

El bisel debe tener igual forma o perfil en toda su longitud.

El uso de separadores es opcional en los pavimentos articulados con adoquín Clase C y obligatorio para los pavimentos articulados con adoquines Clase A y B. Cada unidad de adoquines puede tener un separador en cada pared que haga contacto directo con las unidades adyacentes.

Figura 26. Características geométricas y físicas de los adoquines



Fuente: Coguanor NTG 41087 h1. p. 9.

2.4. Clasificación del adoquín según la capa de concreto

La clasificación depende de las capas con que sean fabricados los adoquines, pueden ser de una capa (monocapa), o de dos capas (bicapa). Dependiendo de cómo este conformado el adoquín así serán las características del concreto a utilizar en las capas.

2.4.1. Monocapa

Elemento conformado de una sola capa de concreto, también se clasifica como monocapa gris, debido a que la mezcla de concreto se elabora solamente con cemento gris y monocapa coloreado, por la adición de pigmentos parcial o totalmente en el concreto para la mezcla. En general, se trabaja con una masa de concreto gris o coloreada uniformemente y se le adicionan colores distribuidos irregularmente.

2.4.2. Bicapa

Este adoquín está constituido por dos capas de concreto de características diferentes, la inferior contra la cara de apoyo es de concreto gris; y la superior contra la cara de desgaste que es de un concreto con diferentes características a la dosificación y materiales en la mezcla en comparación de la capa inferior. El adoquín se compone de dos capas de concreto de características diferentes, la capa de desgaste no deberá tener menos de 8 mm de espesor. En ningún momento durante el uso de los adoquines ni durante su ensayo a flexión se debe presentar separación o desprendimiento total o parcial de las dos capas de los adoquines bicapa.

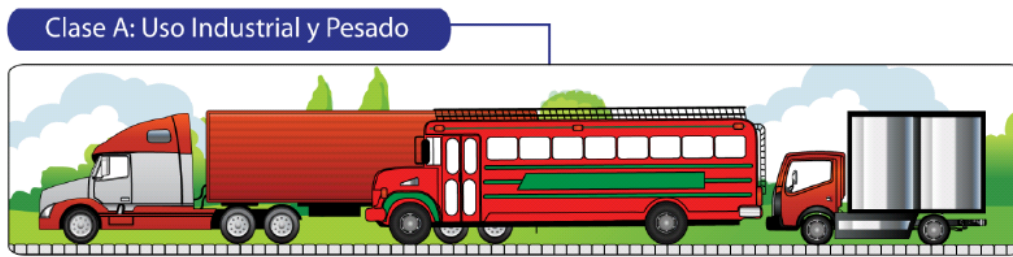
2.5. Clasificación del adoquín según el uso

El uso del adoquín depende de su capacidad de resistencia a flexión, y zonas donde será utilizado.

2.5.1. Uso industrial y tránsito pesado, (clase A)

Para uso en zonas sometidas a grandes cargas de tránsito pesado como puertos, aeropuertos, patios de maniobras en zonas industriales, terminales de autobuses, calles o avenidas principales. Con un tránsito de vehículos comerciales por día $vcd > 20$.

Figura 27. Clase A, uso industrial

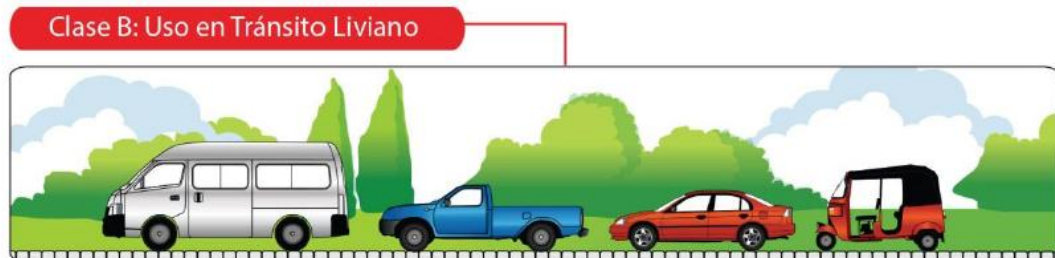


Fuente: Coguanor NTG 41085. p. 17.

2.5.2. Uso en tránsito liviano, (clase B)

Para uso en arterias o calles secundarias con tránsito vehicular liviano, en entradas de garajes de residencias o edificios, en parqueos de centros comerciales, universidades, ciclovías, entre otros. Con un tránsito de vehículos comerciales por día (vcd) entre 1 y 20.

Figura 28. **Clase B, uso en tránsito liviano**

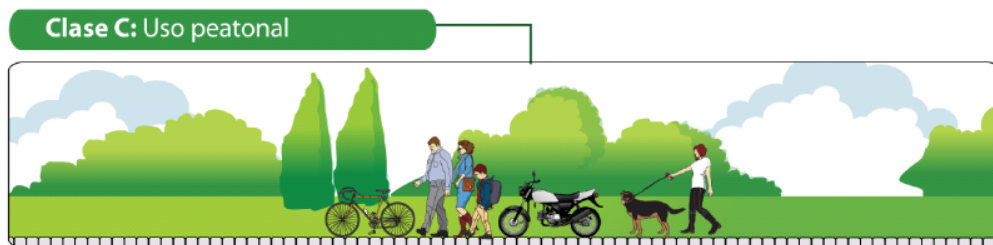


Fuente: Coguanor NTG 41085. p. 17.

2.5.3. **Uso peatonal, (clase C)**

Para uso exclusivo de zonas peatonales, espacios públicos y, de manera eventual, bicicletas y motocicletas. Tránsito peatonal muy bajo y alto, centros comerciales, centros educativos, zonas deportivas, centros empresariales, plazas, etc.

Figura 29. **Clase C, uso peatonal**



Fuente: Coguanor NTG 41085. p. 18.

2.6. Clasificación por módulo de ruptura del adoquín

Los adoquines de concreto deben tener un módulo de ruptura promedio (3 especímenes saturados por 24 horas), como se indica en figura 30. El ensayo se debe realizar según la norma NTG 41087 h1.

Figura 30. Clase de adoquín por flexión

Clase	Espesores mínimos del adoquín (mm)	Resistencia mínima a flexión del adoquín MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 adoquines	Mínimo de un adoquín individual
A	80	5.4 (55)	4.6 (46.8)
B	80	4.1 (42)	3.5 (35.7)
C	60	4.1 (42)	3.5 (35.7)

Fuente: Coguanor NTG 41087 h1. p. 10.

2.7. Clasificación por absorción de agua

La prueba se realizará según la norma (ASTM C140). En el momento de despacho al comprador los adoquines deben cumplir con la absorción como se indica en la figura 31.

Figura 31. Clase de adoquines por absorción

Clase	Absorción (en % de masa)	
	Promedio de 3 adoquines como mínimo	Valor máximo individual
A	≤ 7	7.7
B	≤ 9	9.9
C	≤ 9	9.9

Fuente: Coguanor NTG 41087 h1. p. 11.

2.8. Clasificación por resistencia a la abrasión

El valor promedio de tres especímenes sometidos a los métodos de ensayo escritos en la norma NTG 41087 h2, deben de estar dentro de los límites de los ensayos. En este ensayo no se define una clasificación específica sino que se define si el adoquín cumple con el valor del desgaste.

Figura 32. **Parámetro de abrasión**

Método de Ensayo^A	Valor
Mediante arena y disco metálico ancho	$\leq 23 \text{ mm}$
Ensayo de Böhme	$\leq 20,000 \text{ mm}^3 / 5,000 \text{ mm}^2$

^A Los métodos de ensayo se describen en la norma NTG 41087 h2.

Fuente: Coguanor NTG 41087 h1. p. 11.

2.9. Toma de las muestras de adoquines

Para los ensayos de módulo de ruptura, absorción y abrasión, 9 unidades deben ser seleccionadas por cada lote de 10000 unidades o fracción, y 15 unidades para lotes entre 10000 y 100000 unidades. Para lotes de más de 100000 adoquines, 9 unidades deben ser seleccionadas por cada 50000 unidades adicionales o fracción.

Figura 33. **Toma de muestra de adoquines**

Cantidad fabricada	Muestra mínima (ensayo de módulo de ruptura, % absorción y abrasión)
0 - 10,000	9
10,000 a 100,000	15
>100,000	9 unidades por cada 50,000 (fabricadas)

Fuente: Coguanor NTG 41087 h1. p. 11.

2.10. **Marcado**

Un mínimo del 50 % de los adoquines de concreto deberán marcarse claramente para identificar el uso adecuado de los mismos, de la siguiente manera.

Figura 34. **Color según la clase del adoquín**

Clase	Color
A	Azul
B	Rojo
C	Verde

Fuente: Coguanor NTG 41087 h1. p. 12.

2.11. Normas vigentes

- Norma COCUANOR NTG 41085, Guía Técnica de Instalación de Adoquines de Concreto.
- Norma COGUANOR NTG 41086, Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones.
- Norma COGUANOR NTG 41087 h1, Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.
- Norma COGUANOR NTG 410187 h2, Métodos de ensayos. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto.

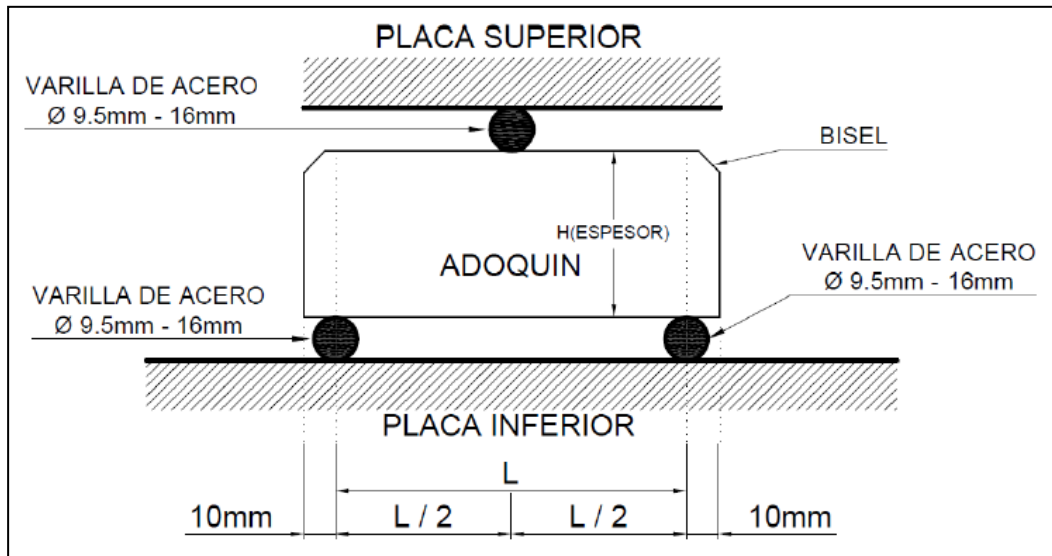
2.12. Métodos de ensayo

Los métodos para realizarle ensayos a los adoquines en Guatemala son definidos por las normas COGUANOR.

2.12.1. Ensayo a flexión

Consiste en la aplicación de carga utilizando la maquina universal con placas cuyo tamaño mínimo sea igual a la superficie del adoquín, para asegurar un soporte de las barras de apoyo y transmisión de carga. El adoquín se debe llevar hasta la ruptura como una viga simplemente apoyada, cuyo eje coincida con el eje mayor del rectángulo inscrito, mediante la aplicación de una carga uniformemente distribuida a lo ancho del adoquín y sobre la proyección, en la superficie de desgaste, del eje menor del rectángulo inscrito.

Figura 35. Esquema del ensayo a flexión



Fuente: Coguanor NTG 41087 h1. p. 6.

- Cálculos

El módulo de ruptura del adoquín debe calcularse según la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Donde:

Mr = Módulo de ruptura, en MPa

P = Carga máxima aplicada, en N

L = Distancia entre los ejes de los apoyos, expresado en mm

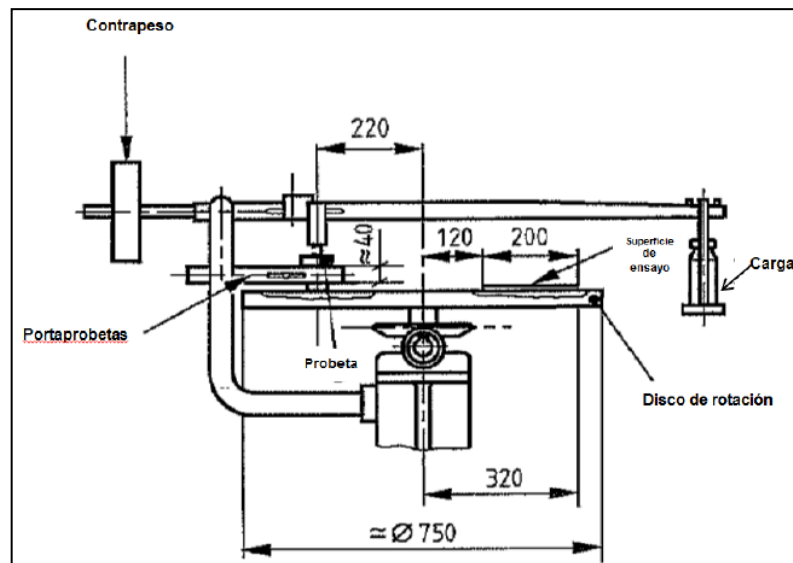
B = Longitud del eje menor del rectángulo inscrito, expresado en mm

H = Espesor del adoquín, expresado en mm

2.12.2. Ensayo de Böhme

Los cubos se colocan en el equipo de ensayo de Böhme, en la superficie en la que se esparce el material abrasivo, se gira el disco y se aplica a la probeta una carga de abrasión de $294 \pm 3 \text{ N}$ (29.98 ± 0.31) kg, para un número dado de ciclos.

Figura 36. Esquema del ensayo de abrasión



Fuente: Coguanor NTG 41087 h2. p. 16.

- Cálculos

El desgaste por abrasión se calcula después de 16 ciclos como pérdida media de volumen de la probeta, con la siguiente fórmula.

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho R}$$

Donde:

ΔV = pérdida de volumen después de 16 ciclos, en mm^3 .

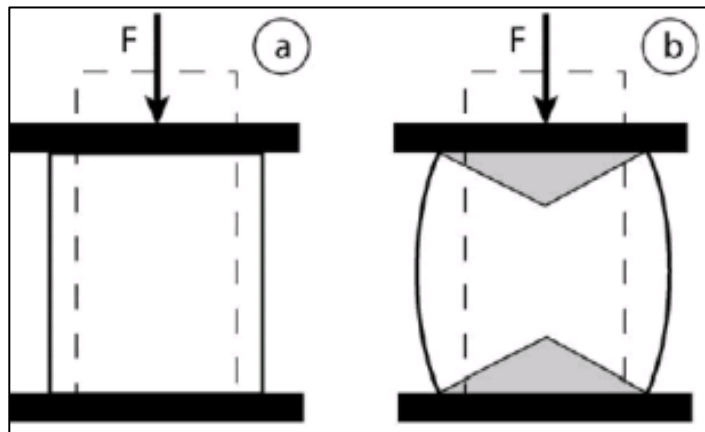
Δm = pérdida de masa después de 16 ciclos, en g.

ρR = densidad de la probeta o en el caso de probetas multicapa, la densidad de la capa desgastada, en g/mm^3

2.12.3. Ensayo a compresión

Para adoquines en Guatemala, no se cuenta con una norma para poder realizarle este ensayo, pero en el laboratorio se realizan los ensayos cortando un cubo del adoquín con dimensiones de 10 cm.

Figura 37. Diagrama de ensayo a compresión



Fuente: BLANGINO, Eugenia. *Apuntes de ensayo a compresión*. https://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/114507/mod_resource/content/1/apunte%20ensayo%20de%20compresi%C3%B3n.pdf Consulta: 15 de enero de 2019.

- Cálculos

El esfuerzo a compresión se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

σ = esfuerzo a compresión kg/cm²

F = fuerza aplicada kg

A = área de la superficie de contacto cm²

2.12.4. Ensayo de absorción

La absorción de agua en porcentaje (%) de masa, se obtiene con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100$$

Donde:

M_1 = Masa seca al horno del espécimen o testigo en kg.

M_2 = Masa saturada de superficie seca del espécimen o testigo en kg.

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1. Obtención de las muestras

Las muestras de las arenas cuarzo-feldespática se obtuvieron de los depósitos de Torres 1 y Borda, de la cantera SICASA, de San Miguel Pochuta, Chimaltenango.

3.1.1. Muestreo

- Muestra A: 50 % arena de Borda y 50 % arena de Torres 1, y aglomerante hidráulico.
- Muestra B: 50 % arena de Borda y 50 % arena de Torres 1, agregado grueso y aglomerante hidráulico.
- Muestra C: 25 % arena de Borda y 75 % arena de Torres 1, agregado grueso y aglomerante hidráulico.
- Muestra D: 75 % arena de Borda y 25 % arena de Torres 1, agregado grueso y aglomerante hidráulico.

3.2. Características físicas de los agregados

Los ensayos se realizaron en la sección de Agregados, Concretos y Morteros del Centro de Investigación de Ingeniería CII, USAC.

3.2.1. Agregado fino (arena cuarzo-feldespática)

La arena cuarzo-feldespática se obtuvo de la cantera de San Miguel Pochuta, Chimaltenango, de los bancos de Borda y Torres 1.

Figura 38. Muestras de arena cuarzo-feldespática



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

3.2.1.1. Arena cuarzo-feldespática de Borda

Las características obtenidas de los ensayos de la arena, se describen en la tabla III.

Tabla III. **Características físicas del agregado fino (Borda)**

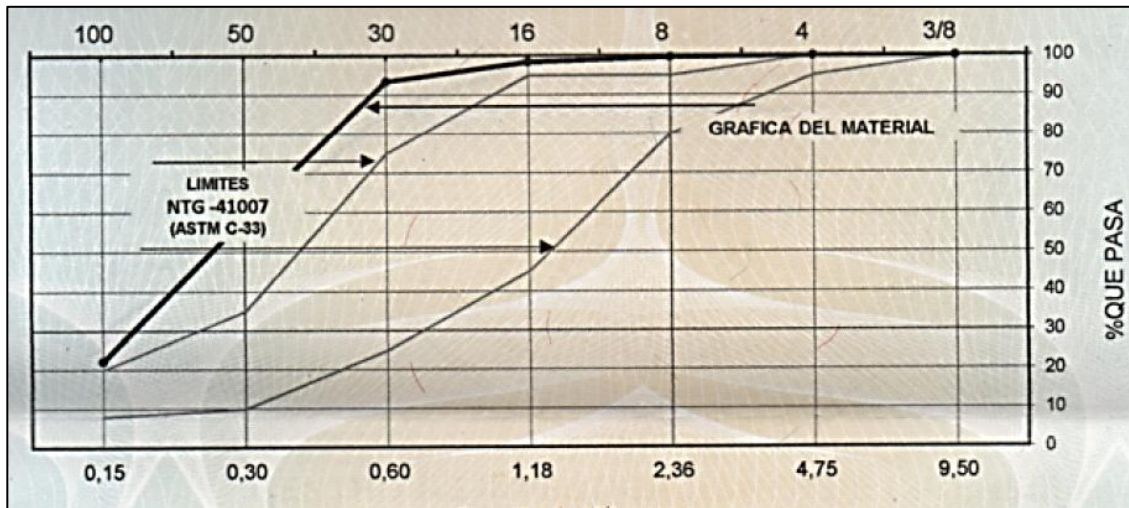
Densidad relativa (sss)	2,46
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 450,00
Masa unitaria, compactada (kg/m ³)	1490,00
Masa unitaria, suelta (kg/m ³)	1340,00
Porcentaje de vacíos, compactado (%)	39,00
Porcentaje de vacíos, suelto (%)	46,00
Porcentaje de absorción (%)	0,80
Contenido de materia orgánica	1
Pasa tamiz # 200 (%)	5,80
Retenido tamiz 6.35 (%)	9,00
Módulo de finura	1,28
Desintegración por Sulfato de Sodio	0,7890

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del informe de análisis completo de agregado fino (arena cuarzo-feldespática) Borda, ver en anexos.

- Norma NTG 41007 h1 (ASTM C-33)

En la gráfica de granulometría, de la figura 39, se observa que la graduación del agregado no cumple con la especificación de la norma. Debido que la gráfica del material se encuentra fuera de los límites estipulados por la norma.

Figura 39. **Granulometría de agregado fino (Borda)**



Fuente: elaboración propia, del informe de análisis completo de agregado fino (arena cuarzo-feldespática) Borda, ver en anexos.

En la tabla IV se muestra el porcentaje que pasa en cada tamiz, la Norma NTG 41007, establece que el porcentaje máximo que puede pasar en cualquier tamiz es de 45 %. En el análisis el más alto es de 36,20 % del tamiz # 0,15, y significa que sí cumple.

Tabla IV. **Porcentaje que pasa en los tamices**

Tamiz #	9,50	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
% Que pasa	100,00	100,00	99,60	98,40	93,40	58,70	22,20

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del informe de análisis completo de agregado fino (arena cuarzo-feldespática) Borda, ver en anexos.

El módulo de finura, debe encontrarse entre 2,30 y 3,10. El resultado obtenido del análisis es de 1,28, por lo que el agregado no cumple con las especificaciones de la norma.

Figura 40. **Tamizado de la muestra**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

El peso unitario del agregado fino utilizado para concreto puede variar de 1 200,00 kg/m³ a 1 750,00 kg/m³; en el análisis se obtuvo un peso unitario de 1 490,00 kg/m³, por lo tanto sí cumple.

El porcentaje de vacíos debe estar entre 40 % y 50 %, el agregado dio 39 %, esto indica una cantidad menor de pasta de cemento para llenar los vacíos.

Figura 41. **Ensayo de peso unitario**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

La norma específica que el porcentaje que debe pasar por el tamiz # 200 no debe ser mayor al 7 %. En la prueba el porcentaje es de 5,8 %, con este resultado sí cumple con la norma.

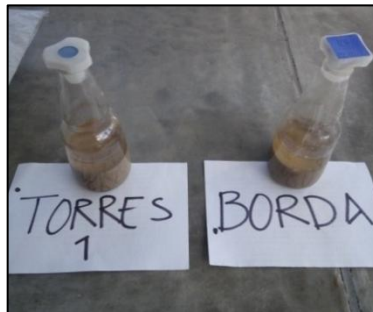
Figura 42. **Ensayo de tamiz 200**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

Para el análisis de contenido de materia orgánica, la norma establece un máximo de No. 3, y el resultado obtenido fue No. 1 por lo tanto es aceptable.

Figura 43. **Ensayo del colorímetro**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

La norma establece los límites del peso específico para agregados finos entre 2,40 y 2,90, en el ensayo se obtuvo 2,46 por lo tanto sí cumple.

Figura 44. **Ensayo de peso específico**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

Se obtuvo un porcentaje de absorción de 0,80, lo que indica que el agregado absorbe poca agua.

La resistencia a disgregación a los sulfatos, debe tener una pérdida promedio ponderada no mayor de 10,00 %, y en el ensayo se obtuvo 0,7890, la arena sí pasó la prueba.

Figura 45. **Ensayo de resistencia a desintegración a los sulfatos**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

3.2.1.2. Arena cuarzo-feldespática de Torres 1

Las características obtenidas de los ensayos de la arena, se describen en la tabla V.

Tabla V. **Características físicas del agregado fino (Torres 1)**

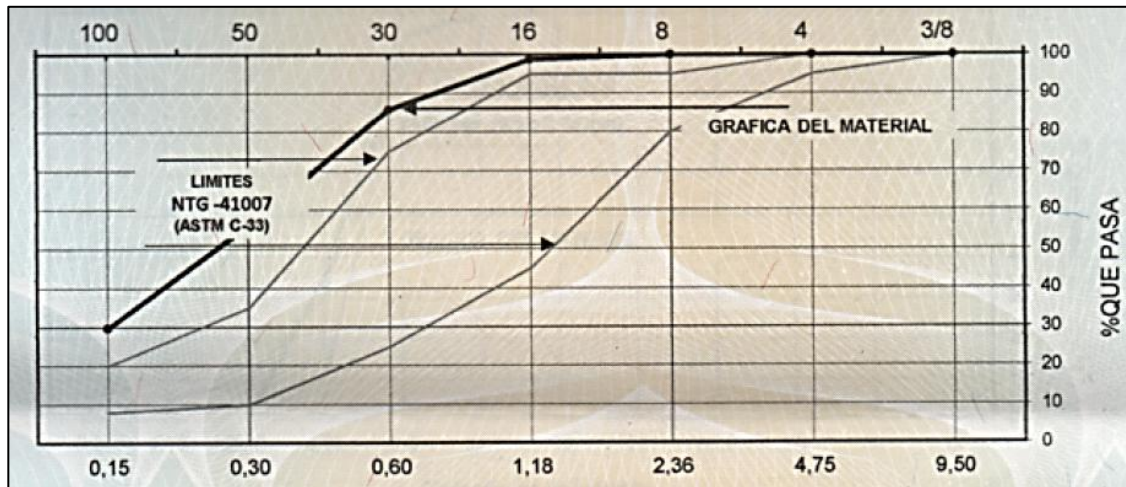
Densidad relativa (sss)	2,35
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 340,00
Masa unitaria, compactada (kg/m ³)	1 540,00
Masa unitaria, suelta (kg/m ³)	1 400,00
Porcentaje de vacíos, compactado (%)	34,00
Porcentaje de vacíos, suelto (%)	40,00
Porcentaje de absorción (%)	13,10
Contenido de materia orgánica	1
Pasa tamiz # 200 (%)	8,00
Retenido tamiz 6.35 (%)	2,40
Módulo de finura	1,30
Desintegración por Sulfato de Sodio	0,2142

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del informe de análisis completo de agregado fino (arena cuarzo-feldespática) Torres 1, ver en anexos.

- Norma NTG 41007 h1 (ASTM C-33) Torres 1

En la gráfica de granulometría, de la figura 46, se observa que la graduación del agregado no cumple con la especificación de la norma. Debido que la gráfica del material se encuentra fuera de los límites estipulados por la norma.

Figura 46. **Granulometría de agregado fino (Torres 1)**



Fuente: elaboración propia, del informe de análisis completo de agregado fino (arena cuarzo-feldespática) Torres 1, ver en anexos.

En la tabla VI se muestra el porcentaje que pasa en cada tamiz, la norma establece que el porcentaje máximo que puede pasar en cualquier tamiz es de 45 %. En el análisis el más alto es de 29,70 % del tamiz # 0,30, por lo tanto sí cumple.

Tabla VI. **Porcentaje que pasa en los tamices**

Tamiz #	9,50	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
% Que pasa	100,00	100,00	99,60	98,80	85,80	56,10	29,70

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del informe de análisis completo de agregado fino (arena cuarzo-feldespática) Torres 1, ver en anexos.

El módulo de finura, debe encontrarse entre 2,30 y 3,10. El resultado obtenido del análisis es de 1,30, por lo que el agregado no cumple con las especificaciones de la norma.

El peso unitario del agregado fino utilizado para concreto puede variar de 1 200,00 kg/m³ a 1 750,00 kg/m³; en el análisis se obtuvo un peso unitario de 1 540,00 kg/m³, el agregado sí cumple.

El porcentaje de vacíos debe estar entre 40 % y 50 %, el agregado dio 34 %, esto indica una cantidad menor de pasta de cemento para llenar los vacíos.

Figura 47. **Ensayo de peso unitario**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

La norma específica que el porcentaje que debe pasar por el tamiz # 200 no debe ser mayor al 7 %. En la prueba el porcentaje es de 8,00 %, esto quiere decir que el agregado contiene material muy fino que lo permitido, debido al resulta no cumple con la norma.

Para el análisis de contenido de materia orgánica, la norma establece un máximo de No. 3, y el resultado obtenido fue No. 1 por lo tanto es aceptable.

Figura 48. **Ensayo de tamiz 200**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

Figura 49. **Ensayo del colorímetro**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

La norma establece los límites del peso específico para agregados finos entre 2,40 y 2,90, en el ensayo se obtuvo 2,35, cerca del valor mínimo, pero no cumple.

Se obtuvo un porcentaje de absorción de 13,10, lo que indica que el agregado absorbe mayor cantidad de agua.

Figura 50. **Ensayo de peso específico**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

La resistencia a disgregación a los sulfatos, debe tener una pérdida promedio ponderada no mayor de 10,00 %, y en el ensayo se obtuvo 0,2142, lo que indica que la arena tiene una alta resistencia al ataque de sulfatos.

Figura 51. **Ensayo de resistencia a desintegración a los sulfatos**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

3.2.2. **Agregado grueso (basalto)**

El agregado grueso es de 3/8" de origen ígneo, del grupo de basalto, uno de los más comunes en los distribuidores de materiales en el país.

Figura 52. **Agregado grueso**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

Tabla VII. **Características físicas del agregado grueso (basalto)**

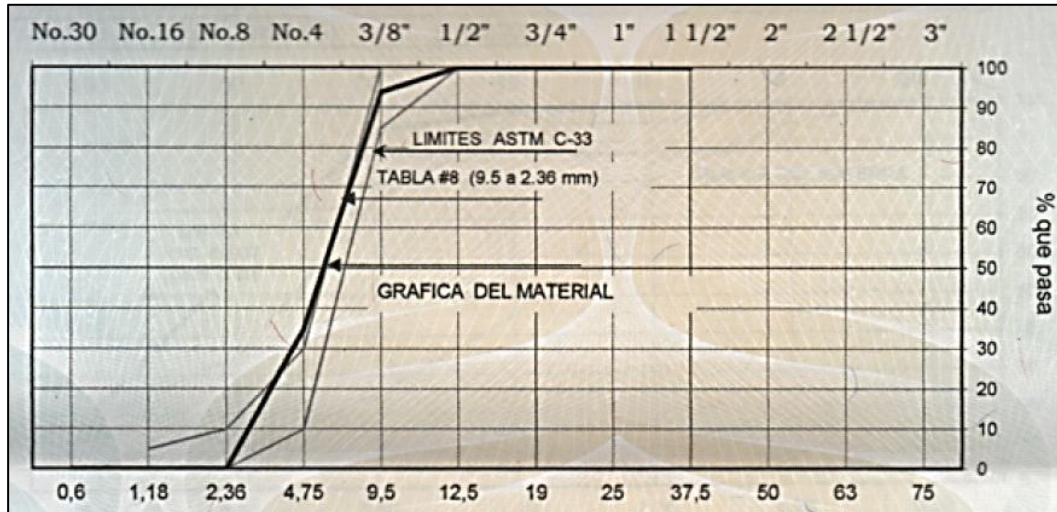
Densidad relativa (sss)	2,67
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 660,00
Masa unitaria, compactada (kg/m ³)	1 550,00
Masa unitaria, suelta (kg/m ³)	1 420,00
Porcentaje de vacíos, compactado (%)	42,00
Porcentaje de vacíos, suelto (%)	47,00
Porcentaje de absorción (%)	0,90
Pasa tamiz # 200 (%)	1,70
Retenido tamiz 6.35 (%)	48,00
Módulo de finura	5,71
Graduación (tipo)	C
Porcentaje de desgaste (%)	34,00

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del informe, ver en anexos.

- Norma NTG 41007 h1 (ASTM C-33)

En la gráfica de granulometría de la figura 53, se observa que la graduación del agregado cumple en su mayoría, solo en el tamiz No.4 la gráfica sale de los límites que especifica la norma.

Figura 53. **Granulometría de agregado grueso**



Fuente: elaboración propia, del informe de análisis completo de agregado grueso, ver en anexos.

En la tabla VIII se muestra el porcentaje que pasa en cada tamiz, esto indica que el tamaño máximo nominal del agregado es de 3/8". El tamaño máximo nominal se encuentra buscando el rango de 5 % a 15 % en el porcentaje retenido. El porcentaje retenido en el tamiz 3/8" es de 6 % y el No. 4 es de 65 %.

Tabla VIII. **Porcentaje que pasa en los tamices**

Tamiz #	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16
% Que pasa	100,00	100,00	100,00	100,00	94,00	35,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del informe de análisis completo de agregado grueso, ver en anexos.

Para el módulo de finura la norma no tiene límites de referencia.

Figura 54. **Ensayo de tamizado**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

El peso unitario del agregado fino utilizado para concreto puede variar de 1 200,00 kg/m³ a 1 750,00 kg/m³; en el análisis se obtuvo un peso unitario de 1 550,00 kg/m³, cumplió.

El porcentaje de vacíos del agregado es de 42 %, que es alto, lo que indica que los vacíos se deben de llenar con agregado fino y pasta de cemento.

Figura 55. **Ensayo de peso unitario**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

Para agregado grueso la norma especifica que el porcentaje que debe pasar por el tamiz # 200 no debe ser mayor al 1 %. En la prueba el porcentaje es de 1,70 %, esto quiere decir que el agregado contiene material muy fino de lo permitido.

Figura 56. **Ensayo de tamiz 200**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

La norma establece los límites del peso específico para agrados gruesos entre 2,40 y 2,90, en el ensayo se obtuvo 2,67, por lo que sí cumple el parámetro.

Para el agregado grueso el porcentaje de absorción se encuentra entre 2 % y 4 %. El porcentaje de absorción del agregado fue de 0,90, esto indica que el agregado absorbe poca agua.

La resistencia a la abrasión del agregado grueso para concreto, debe tener un porcentaje de desgaste máximo admisible de 50 %, el porcentaje de la muestra es de 34 %, por lo que el material es óptimo para su uso en concreto.

Figura 57. **Ensayo de peso específico**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

Figura 58. **Ensayo de desgaste por máquina los Ángeles**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros, CII, USAC.

3.3. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla se realizó por el método del Centro de Investigación de Ingeniera CII, USAC. El diseño de mezcla propuesto es de 280 kg/cm² equivalente a 4 000 psi. Se utilizó agregado grueso de 3/8", cemento de alta resistencia inicial y debido al módulo de finura de la arena cuarzo-feldespática, que no cumplió con los límites de la Norma NTG-41007 (ASTM C-33), se agregó un 12,5 % de factor de seguridad.

Proporción del diseño de mezcla

1: 1.75: 1.90: 0.5

La misma proporción fue utilizada en las cuatro muestras: A, B, C, D y en la muestra A, no se utilizó agregado grueso.

3.4. Elaboración de adoquines

Los adoquines se fabricaron con la colaboración de la empresa Súper Girón Linda Vista, dicha empresa fabrica adoquines, bloques de concreto y también se dedican a la venta de materiales para la construcción. La empresa se encuentra ubicada en el departamento de Chimaltenango, en el kilómetro 57,7 de la carretera Interamericana.

En la elaboración de los adoquines se utilizó cemento de alta resistencia inicial, agregado fino; arena cuarzo-feldespática, agregado grueso de 3/8"; basalto y agua potable y limpia proporcionada por la fábrica.

El adoquín fabricado fue de tipo cruz, una de las formas más comunes en el mercado de productos prefabricados.

La máquina utilizada para la fabricación de adoquines es de motor monofásico de corriente eléctrica de 220 voltios, con un sistema de vibro compactación y es controlada por un operador. La máquina contiene un molde para producir dos adoquines tipo cruz a la vez, con dimensiones de 24 cm de largo, 22 cm de ancho y un espesor de 10 cm.

Figura 59. **Máquina para la fabricación de los adoquines**



Fuente: empresa Súper Girón Linda Vista, Chimaltenango.

Figura 60. **Preparación de la mezcla**



Fuente: empresa Súper Girón Linda Vista, Chimaltenango.

Figura 61. **Adoquines recién fabricados**



Fuente: empresa Súper Girón Linda Vista, Chimaltenango.

3.5. Proceso de los ensayos a los adoquines

Los ensayos se realizaron en la sección de Metales y Productos Manufacturados, del Centro de Investigación de Ingeniería CII, USAC.

3.5.1. Ensayo a flexión y porcentaje de absorción (Norma COGUANOR NTG 41087 h1)

- Equipo

Máquina Universal

Sistema de apoyos para ensayos a flexión

Cinta métrica

Balanza con precisión en gramos

Horno a una temperatura de 110 °C

Varilla de acero de Ø 14.98 mm

- Procedimiento

Los adoquines son identificados, medidos y pesados, luego permanecen sumergidos en agua por 24h ± 2h antes del ensayo. Se dejaron escurrir durante 1 min el exceso de agua sobre una malla metálica.

El sistema de apoyos es colocado sobre la placa inferior de la máquina universal, el adoquín es colocado sobre el sistema de apoyos con la superficie de desgaste hacia arriba, se coloca la varilla de acero de Ø 14.98 mm y se aplica la carga al adoquín hasta su ruptura.

Una mitad del adoquín ensayado se pesa para determinar su peso húmedo, el mismo se coloca en el horno por 24 horas para determinar su peso seco, esto se realiza para obtener el porcentaje de absorción del adoquín.

Figura 62. **Adoquines sumergidos en agua**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

Figura 63. **Adoquín ensayándose a flexión**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

Figura 64. **Adoquín ensayado a flexión**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

Figura 65. **Parte del adoquín en el horno**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

3.5.2. Ensayo de abrasión (Norma COGUANOR NTG 41087 h2)

- Equipo y Materiales

Sierra con disco para corte de concreto

Vernier

Cinta adhesiva de 1/2"

Balanza con precisión en gramos

Disco de abrasión Böhme

Brocha de 2"

Carburo de silicio grado 80, como material abrasivo

- Procedimiento

Los adoquines son cortados para obtener una probeta cubica de 71 ± 1.5 mm. Se realizan dos mediciones de la altura por cada lado de la probeta y sobre la superficie contraria al desgaste se les coloca cinta adhesiva donde se identifican y marca cada ciclo del ensayo.

Las probetas son colocadas en el accesorio porta probetas sobre el disco giratorio de la máquina de Böhme, se vierten 20 gramos de material abrasivo por cada ciclo de 22 revoluciones cada uno. Después de cada ciclo se limpia el disco y la cara de contacto de la probeta y se gira progresivamente la probeta hasta cumplir con 4 ciclos por lado. Y por último se miden las alturas de los lados de la probeta.

Figura 66. **Corte de las probetas**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

Figura 67. **Probetas preparadas para abrasión**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

Figura 68. **Probeta ensayándose**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

3.5.3. Ensayo a compresión

En Guatemala no existe una norma que contemple el ensayo a compresión para un adoquín. Este tipo de ensayo se realiza para poder determinar si el diseño de mezcál teórico realizado, cumple con la resistencia propuesta.

- **Equipo**

Sierra de disco para corte de concreto

Máquina universal

Disco con rótula

Cinta métrica

Olla para preparar azufre

Moldes para azufrar

- Procedimiento

Los adoquines son identificados, medidos y pesados, se corta un cubo con superficie de 10 cm por 10 cm y del espesor del adoquín, una de las porciones sobrantes del corte se sumerge en agua por $24h \pm 2h$, pasadas las horas se pesa para obtener su peso húmedo, luego se coloca en el horno 24h para obtener su peso seco, con esos datos se determina el porcentaje de absorción del adoquín.

Luego los adoquines son colocados en la máquina universal para la realización del ensayo a compresión, donde se obtiene la carga soportada por el cubo.

Figura 69. **Corte de los cubos para el ensayo**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

Figura 70. **Cubos listos para el ensayo**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

Figura 71. **Cubo ensayándose**



Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII, USAC.

4. RESULTADOS

4.1. Ensayos a flexión

Los resultados obtenidos de los adoquines en los ensayo a flexión y absorción de agua, se describen en la tabla IX.

Tabla IX. **Resumen de resultado del ensayo a flexión**

Muestra	Ensayo a Flexión kg/cm ²	Ensayo a flexión Norma NTG 41086 ⁽¹⁾ kg/cm ²	Promedio kg/cm ²	Promedio Norma NTG 41086 ⁽²⁾ kg/cm ²	Absorción de agua en (% de masa)	Absorción de agua Norma NTG 41086 ⁽³⁾ en (% de masa)
A-1	145.03	46.8	160	55	4.55	≤ 7.7
A-2	176.17	46.8			3.74	≤ 7.7
A-3	158.79	46.8			3.72	≤ 7.7
B-1	114.66	46.8	116.45	55	3.66	≤ 7.7
B-2	122.89	46.8			3.97	≤ 7.7
B-3	111.80	46.8			4.22	≤ 7.7
C-1	74.39	46.8	79.91	55	5.12	≤ 7.7
C-2	80.15	46.8			4.73	≤ 7.7
C-3	85.18	46.8			4.81	≤ 7.7
D-1	94.23	46.8	98.82	55	4.52	≤ 7.7
D-2	103.25	46.8			4.26	≤ 7.7
D-3	98.99	46.8			3.99	≤ 7.7

¹ La norma indica que uno de los tres adoquines como mínimo, debe de tener una resistencia a flexión de 46.8 kg/cm².

² El promedio de los tres adoquines deben tener una resistencia a flexión de 55 kg/cm², como mínimo.

³ El valor máximo individual para el porcentaje de absorción de agua debe de ser 7.7, para un adoquín A, y 9.9 para B y C. También el promedio de tres adoquines no debe de superar el 7%, para un adoquín A y 9 para B y C.

Fuente: elaboración propia, con resultados de los informes que se encuentran en anexos.

4.2. Ensayo a compresión

Los resultados obtenidos de los adoquines en los ensayo a compresión y absorción de agua, se describen en la tabla X.

Tabla X. **Resumen de resultado del ensayo a compresión**

Muestra	Esfuerzo a compresión kg/cm ²	Esfuerzo del diseño de mezcla propuesto kg/cm ²	Absorción de agua en (% de masa)	Absorción de agua Norma NTG 41086 en (% de masa)
A-4	532.32	280.00	5.08	≤ 7.7
A-5	488.28	280.00	5.27	≤ 7.7
A-6	543.56	280.00	4.66	≤ 7.7
B-4	424.00	280.00	4.44	≤ 7.7
B-5	377.41	280.00	3.77	≤ 7.7
B-6	490.00	280.00	4.08	≤ 7.7
C-4	358.00	280.00	5.51	≤ 7.7
C-5	352.00	280.00	5.86	≤ 7.7
C-6	358.42	280.00	6.4	≤ 7.7
D-4	420.79	280.00	4.25	≤ 7.7
D-5	383.84	280.00	4.83	≤ 7.7
D-6	406.57	280.00	4.23	≤ 7.7

Fuente: elaboración propia, con resultados de los informes que se encuentran en anexos.

4.3. Ensayos de abrasión

Los resultados obtenidos de los adoquines en los ensayo de abrasión, se describen en la tabla XI.

Tabla XI. **Resumen de resultado del ensayo de abrasión**

Muestra	Ensayo de Abrasión volumen (cm ³)	Ensayo de Abrasión Norma NTG 41086 ⁽¹⁾ volumen (cm ³)
A-7	19.629	20.00
A-8	20.120	20.00
A-9	14.567	20.00
B-7	12.309	20.00
B-8	14.111	20.00
B-9	14.297	20.00
C-7	16.351	20.00
C-8	17.023	20.00
C-9	13.397	20.00
D-7	13.962	20.00
D-8	14.748	20.00
D-9	13.099	20.00

¹ La norma indica que el volumen desgastado del cubo, no debe de ser mayor a 20,000 mm³ (20 cm³).

Fuente: elaboración propia, de resultados de los informes en anexos.

4.4. Discusión de resultados

Con los datos de las tablas IX, X y XI, se realizará una interpretación de los resultados en los ensayos de los adoquines.

4.4.1. Ensayos a flexión

En los ensayos a flexión, los adoquines de las cuatro muestras cumplieron con los valores mínimos que establece la norma COGUANOR NTG 41086, tanto en valores individuales como en promedio de tres. Los valores obtenidos en los ensayos son altos, y se puede determinar que los adoquines están arriba de los valores para un adoquín tipo A, que se tomó como referencia por ser de mayor calidad y resistencia, establecido en la norma.

Las muestras A y B son de la misma proporción en cuanto; cemento, agregado fino (50 % Borda y 50 % Torres 1) y agua. La única diferencia es que la muestra B contiene agregado grueso. Los adoquines de la muestra A, son los de mayor valor, esto se puede interpretar que es debido a la homogeneidad del material. Los de la muestra B bajaron de esfuerzos, se puede considerar que al contener agregado grueso en la mezcla, los agregados no tengan una buena adherencia.

Los valores de los adoquines de la muestra C y D, están muy similares siendo los de la muestra D con mayor valor en esfuerzo a flexión. Entre estas muestras se variaron los porcentajes, de 25 % y 75 % de arenas de Borda y de Torres 1 respectivamente, pero cumpliendo con la proporción del diseño de mezcla. Estas dos muestras a pesar de tener los valores más bajos de las cuatro, si cumplieron con los valores mínimos individuales y promedio de tres según lo establece la norma.

Las cuatro muestras de los adoquines cumplieron con el porcentaje de absorción de agua mínimo individual y promedio de tres, que establece la norma COGUANOR NTG 41086.

4.4.2. Ensayo a compresión

Los adoquines de las cuatro muestras sobre pasaron el esfuerzo a compresión teórico establecido con el diseño de mezcla propuesto de 280 Kg/cm². Los adoquines de la muestra A, fueron los que mayor esfuerzo soportaron en comparación a los adoquines de las demás muestras, a pesar que esta muestra en el diseño de mezcla no contiene agregado grueso. Esto puede atribuirse que las arenas tienen mejor adherencia entre ellas que con el agregado grueso.

4.4.3. Ensayo de abrasión

Los adoquines de la muestra B, contienen las mismas proporciones de materiales con la muestra A, en cuanto a; cemento, porcentaje de arena de Borda y de Torres 1 del 50 % y agua, la diferencia entre estas muestras es el agregado grueso, debido a que la muestra B si contiene. Al comparar los resultados las dos muestras se puede observar que los adoquines de la muestra B sufrieron menor desgaste que los de la muestra A, esto debido a que el agregado grueso le proporciona mayor resistencia a la abrasión.

Los adoquines de las muestra A, fueron los que tuvieron mayor desgaste en comparación de las muestras B, C y D, siendo la muestra A-8 la que no cumplió con el valor mínimo de 20 cm³ que estable la norma COGUANOR NTG 410187 h2. Esto se puede establecer debido a que esta muestra no contiene agregado grueso en su diseño de mezcla.

En las muestras C y D, los adoquines de la muestra C, tuvieron mayor desgaste en comparación con la D, pero cumplieron con los valores mínimos de desgaste que establece la norma.

CONCLUSIONES

1. La arena cuarzo-feldespática, al ser desecho industrial de la roca granito, exclusivo del área de la cantera de San Miguel Pochuta, Chimaltenango, es de un color blanco, esto se debe a la composición química de los minerales que contiene.
2. Con la utilización de la arena cuarzo-feldespática como agregado fino, en la elaboración de adoquines de concreto, una de las características físicas del adoquín fue el color más claro, los adoquines convencionales tradicionales y geoméricamente cumplen con lo establecido en las Normas Técnicas Guatemaltecas NTG, para adoquines.
3. Los adoquines de las cuatro muestras, fueron superiores en los ensayos a flexión a lo establecido en la Norma COGUANOR NTG 41086, para un adoquín tipo A.
4. En el ensayo de abrasión los adoquines de la muestra A, con proporciones de 50 % arena de Borda y 50 % arena de Torres 1, y aglomerante hidráulico, fueron los que tuvieron mayor desgaste, siendo el adoquín A-8 el que no cumplió con lo mínimo de volumen desgastado establecido en la Norma COGUANOR NTG 41086.
5. En los ensayos a compresión, los adoquines de las cuatro muestras cumplieron y sobrepasaron la resistencia de 280 Kg/cm^2 , establecido con el diseño de mezcla teórico, para un adoquín comercialmente tipo A, en Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. Al utilizar arena cuarzo-feldespática como agregado fino, se estaría reduciendo los depósitos de este desecho industrial, en la cantera de San Miguel Pochuta, Chimaltenango, evitando su acumulación y el afectar al medio ambiente de la zona, por sus características físicas, mineralógicas y químicas.
2. Utilizar arena cuarzo-feldespática como agregado fino, en la fabricación de adoquines de los tres tipos de uso que establece la norma COGUANOR 41086. Debido a que, sí cumplieron con las características físicas y geométricas.
3. Con los resultados obtenidos en los ensayos de flexión, abrasión y compresión los adoquines de las cuatro muestras propuestas, se pueden utilizar en lugares peatonales y de tránsito liviano, pero no para tránsito pesado debido a que una probeta de la muestra A, no cumplió con lo mínimo establecido en la norma COGUANOR 41086, para el ensayo de abrasión.
4. Con los valores altos obtenidos del ensayo a flexión de la muestra A, se pueden elaborar y ensayar otros elementos constructivos como lo son las baldosas, debido a que estas son ensayadas también a flexión.

5. Utilizar otras proporciones para un diseño de mezcla, con el que los valores de compresión no sean demasiado elevados y que cumplan con la resistencia de 280 Kg/cm^2 , como mínimo para un adoquín tipo A, en el mercado guatemalteco. También que cumpla con los valores para los ensayos a flexión y abrasión.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOHNENBERGER, Otto H. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial Guatemala. *Los focos eruptivos cuaternarios de Guatemala*. Publicaciones Geológicas del ICAITI. Número II. 1969. [en línea]. <<http://www.insivumeh.gob.gt/folletos/FVQGT.pdf>>. [Consulta 15 de abril de 2018].
2. Comisión Guatemalteca de Normas. COGUANOR NTG 41007. *Agregados para concretos. Especificaciones*. 2012. 24 p.
3. _____ NTG 41085. *Guía técnica de instalación de adoquines de concreto*. 2015. 43 p.
4. _____ NTG 41086. *Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones*. 2012. 21 p.
5. _____ NTG 41087 h1. *Métodos de ensayos. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto*. 2012. 7 p.
6. _____ NTG 41087 h2. *Métodos de ensayo. Determinar la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto*. 2012. 18 p.
7. CORNELIS, Klein; CORNELIUS S, Hurlbut, Jr. *Manual de Mineralogía*. 4a ed. España: REVERTÉ, S.A, 2006. 392 p.

8. Deguate.com. *Geografía de Pochuta*. [en línea]. <<http://www.deguate.com/municipios/pages/chimaltenango/pochuta/geografia.php>>. [Consulta 15 de abril de 2018].
9. LÓPEZ RAMÍREZ, Randy Sujey. *Fabricación de adoquín con adición de escoria de mata de níquel como agregado fino*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016. 94 p.
10. MEJICANOS, Dilma; ALVARADO, Paulino. *Manual de Laboratorio del curso de Materiales de Construcción*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 145 p.
11. Minería, Minerales y Medio Ambiente. *Capítulo 10*. [en línea]. <<http://pubs.iied.org/pdfs/G00684.pdf>>. [Consulta 5 de marzo de 2018].
12. Revista universidad EAFIT, Vol. 41. No. 140. 2005. *La microestructura de los prefabricados de concreto*. [en línea]. <<http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/download/825/735/>>. [Consulta 5 de marzo de 2018].
13. TARBUCK Edward J; LUTGENS Frederick K. *Ciencias de la tierra una introducción a la geología física*. 6a ed. España: Prentice Hall, 1999. ISBN 84-8322-180-2. 616 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Diseño de mezcla

DISEÑO DE MEZCLA

- MÉTODO CII

REQUISITOS

- $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2 = 4,000 \text{ PSI}$
- PAVIMENTO
- $AG = 3/8"$

① PAVIMENTO (ASENTAMIENTO) TABLA 1
ASENTAMIENTO = 8 cm

② ASENTAMIENTO Y AG (AGUA) TABLA 2
 $AGUA = 225 \text{ (t/m}^3 = \text{Kg/m}^3$

③ RELACIÓN AGUA-CEMENTO A/C (RESISTENCIA) TABLA 3

RESISTENCIA NECESARIA = 280 Kg/m^3
" REQUERIDA = $280 \text{ Kg/m}^3 + \text{f.s.}$

DEBIDO AL MÓDULO DE FLEXIÓN DE LA ARENA SE CALCULA UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 35 Kg/m^3 . ENTONCES TENEMOS:

A/C

$$315 \text{ Kg/m}^3 = 0.50$$

④ CEMENTO (A/C)

$$C = \frac{225}{0.50} = 450 \text{ Kg/m}^3$$

⑤ AGREGADOS (A/C, PESO UNIFORME DEL 2300 Kg/m³)

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diseño de mezcla

$AG = 2,300 \text{ Kg/m}^3 - (225 + 450)$
 $AG = 1,625 \text{ Kg/m}^3$

④ AGREGADO FINO (AG) TABLA 4
 $AG = 3/8"$
 $\% \text{ ARENA} = 48$
 $\text{ARENA} = 1625 \times 0.48 = 780 \text{ Kg/m}^3$

⑤ AGREGADO GRUESO (AGUD)
 $AG = 1625 - 780 = 845 \text{ Kg/m}^3$

⑥ CANTIDADES DE MATERIALES

AGUA =	225 Kg/m ³	1 BOTE = 0.019 m ³
CEMENTO =	450 Kg/m ³	5 galones
ARENA =	780 Kg/m ³	
AG 3/8" =	845 Kg/m ³	

⑦ PROPORCIONES DEL DISEÑO

CEMENTO	ARENA	PIEDRIN	AGUD
1	: 1.73	: 1.88	: 0.5
1	: 1.75	: 1.90	: 0.5

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Tablas para el diseño de mezcla

TABLA No. 1

Tipo de Estructura	Asentamiento (cm)
Para cimientos, muros reforzados, vigas, paredes reforzadas y columnas	10
Para pavimentos y losa	8
Para concreto masivo	5

TABLA No. 2

Asentamientos (cm)	Cantidad de agua lt/ metro cúbico				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
10 a 15	240	230	210	205	200

TABLA No. 3

Resistencia Kg/cm ²	Relación A/C
332	0.47
316	0.50
281	0.54
246	0.57
210	0.60
180	0.63
176	0.64


TABLA No. 4

Tamaño máximo del agregado grueso	% de arena sobre agregado total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40


Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Informe de análisis completo de agregado fino (arena cuarzo-feldespática) Borda



**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 FINO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)
INFORME SACM - 467/18
HOJA 1/1

No. 15117

O.T. No. 38736

INTERESADO: Nester Giovani Ampérez Solíz, Carné: 2011 14656

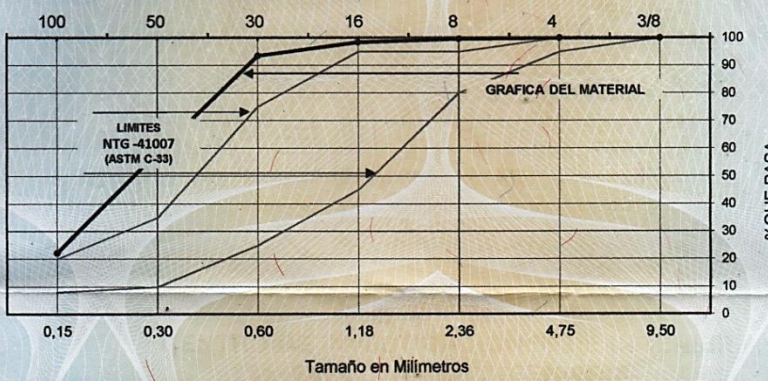
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena cuarzo-feldespática."

DIRECCIÓN: 0 Calle "D" 8-82, Condominio Los Tanques 1, Zona 2, Villa Nueva.

EMISIÓN DE INFORME: 17 de agosto de 2018

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sss)	2,46	Porcentaje de Absorción (%)	0,80
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 450,00	Contenido de Materia Orgánica	1
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	1490,00	Pasa Tamiz # 200 (%)	5,80
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	1340,00	Retenido Tamiz 6,35 (%)	9,00
Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	39,00	Modulo de Finura	1,28
Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	46,00		



Tamaño en Milímetros

Tamiz No.	9,50	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
% Que pesa	100,00	100,00	99,60	98,40	93,40	58,70	22,20


OBSERVACIONES:

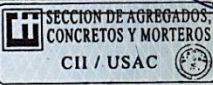
- Muestra proporcionada por el interesado.
- Identificación de la muestra: BORDA
- Tamiz # 200, procedimiento A, lavado con agua corriente.
- Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3

ATENTAMENTE,

[Signature]
Ing. Dilma Yariet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.
Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Director CII/USAC





SECCION DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERIA -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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 2. **Informe de determinación de la estabilidad a la disgregación del agregado fino mediante uso de sulfatos de sodio, Borda**



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



**INFORME DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD A LA DISGREGACIÓN
DEL AGREGADO FINO MEDIANTE EL USO DEL SULFATO DE SODIO** **No. 15120**
NORMA NTG 41010 h6 (ASTM C-88)

O.T. No. 38737 **INFORME SACM - 470/18**

HOJA 1/1

INTERESADO: Nester Giovani Ampérez Solíz, Camé; 2011 - 14656

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena cuarzo-feldespática."

DIRECCIÓN: 0 Calle "D" 8-82, Condominio Los Tanques 1, Zona 2, Villa Nueva.

EMISIÓN DE INFORME: 17 de agosto de 2018

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Peso antes de ensayo (g)	Peso después de ensayo (g)	% de Desgaste	% Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
No. 100 (149 mm)	FONDO	22,20	---	---	0,70	0,1554
No. 50 (297 mm)	No. 100 (149 mm)	36,50	100,00	99,30	0,70	0,2555
No. 30 (595 mm)	No. 50 (297 mm)	34,70	100,00	99,50	0,50	0,1735
No. 16 (1.19 mm)	No. 30 (595 mm)	5,00	100,00	96,70	3,30	0,1650
No. 8 (2.38 mm)	No. 16 (1.19 mm)	1,20	---	---	3,30	0,0396
No. 4 (4.76 mm)	No. 8 (2.38 mm)	0,40	---	---	---	---
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	0,00	---	---	---	---
TOTALES		100,00	---	---	---	0,7890

OBSERVACIONES:

- Muestra proporcionada por el interesado
- Solución utilizada: Sulfato de sodio.
- Muestra de material: BORDA.
- Resistencia a disgregación a los sulfatos, debe tener una pérdida promedio ponderada no mayor de 10%, según Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33).

El presente informe representa únicamente las muestras identificadas en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,



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

Vo.Bo.




Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Director CII/USAC

**SECCION DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS**
CII / USAC


FACULTAD DE INGENIERIA -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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 3. Informe de análisis completo de agregado fino (arena cuarzo-feldespática) Torres 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 FINO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)
INFORME SACM - 468/18
HOJA 1/1**

No. 15118

O.T. No. 38736

INTERESADO: Nester Giovanni Ampérez Solíz, Carné: 2011 14656

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena cuarzo-feldespática."

DIRECCIÓN: 0 Calle "D" 8-82, Condominio Los Tanques 1, Zona 2, Villa Nueva.

EMISIÓN DE INFORME: 17 de agosto de 2018

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sss)	2,35	Porcentaje de Absorción (%)	13,10
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 340,00	Contenido de Materia Orgánica	1
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	1540,00	Pasa Tamiz # 200 (%)	8,00
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	1400,00	Retenido Tamiz 6,35 (%)	2,40
Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	34,00	Modulo de Finura	1,30
Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	40,00		

GRAFICA DEL MATERIAL

Tamiz No.	9,50	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
% Que pasa	100,00	100,00	100,00	98,80	85,80	56,10	29,70

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado.

b) Identificación de la muestra: TORRES 1

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

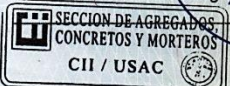
c) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3

ATENTAMENTE,


[Firma]
Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jo
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

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

Vo.Bo.
Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -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>



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 4. Informe de determinación de la estabilidad a la disgregación del agregado fino mediante uso de sulfatos de sodio, Torres 1



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**INFORME DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD A LA DISGREGACIÓN
DEL AGREGADO FINO MEDIANTE EL USO DEL SULFATO DE SODIO
NORMA NTG 41010 h6 (ASTM C-88)**

No. 15121

O.T. No. 38737 **INFORME SACM - 471/18**

HOJA 1/1

INTERESADO: Nester Giovani Ampérez Solíz, Carné; 2011 - 14656

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena cuarzo-feldespática."

DIRECCIÓN: 0 Calle "D" 8-82, Condominio Los Tanques 1, Zona 2, Villa Nueva.

EMISIÓN DE INFORME: 17 de agosto de 2018

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Peso antes de ensayo (g)	Peso después de ensayo (g)	% de Desgaste	% Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
No. 100 (149 mm)	FONDO	29,70	---	---	0,20	0,0594
No. 50 (297 mm)	No. 100 (149 mm)	26,40	100,00	99,80	0,20	0,0528
No. 30 (595 mm)	No. 50 (297 mm)	29,70	100,00	99,80	0,20	0,0594
No. 16 (1.19 mm)	No. 30 (595 mm)	13,00	100,00	99,70	0,30	0,0390
No. 8 (2.38 mm)	No. 16 (1.19 mm)	1,20	---	---	0,30	0,0036
No. 4 (4.76 mm)	No. 8 (2.38 mm)	0,00	---	---	---	---
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	0,00	---	---	---	---
TOTALES		100,00	---	---	---	0,2142

OBSERVACIONES:

- a) Muestra proporcionada por el interesado
- b) Solución utilizada: Sulfato de sodio.
- c) Muestra de material: TORRES 1.
- d) Resistencia a disgregación a los sulfatos, debe tener una pérdida promedio ponderada no mayor de 10%, según Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33).

El presente informe representa únicamente las muestras identificadas en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENAMENTE,



Ing. Dilia Yañez Mejicanos Jol
Jefa Sección Agregados, Concretos y Morteros

V.O.Bo.



Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Director CII/USAC




**SECCION 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 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 5. Informe de análisis completo de agregado grueso



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



ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)
INFORME SACM - 469/18
HOJA 1/1

O.T. No. 38736

INTERESADO: Nester Giovanni Ampérez Solíz, Carné: 2011 14656

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena cuarzo-feldespática."

DIRECCIÓN: 0 Calle "D" 8-82, Condominio Los Tanques 1, Zona 2, Villa Nueva.

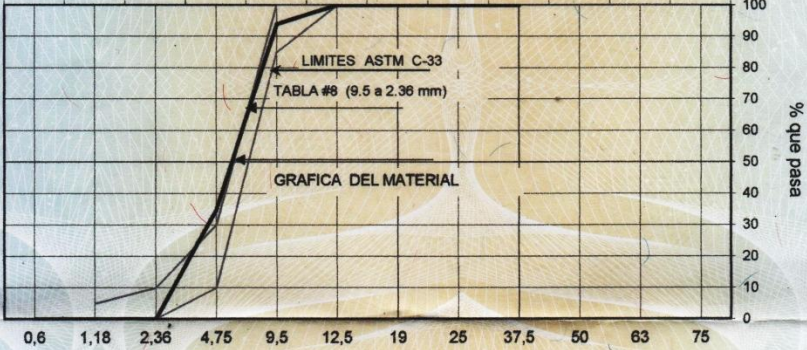
FECHA: 17 de agosto de 2018

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sss)	2,67	Pasa Tamiz # 200 (%)	1,70
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 660,00	Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	42,00
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	1 550,00	Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	47,00
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	1 420,00	Modulo de Finura	5,71
Porcentaje de Absorción (%)	0,90	Pasa Tamiz 6,35 (%)	48,00

No. 15119

No.30 No.16 No.8 No.4 3/8" 1/2" 3/4" 1" 1 1/2" 2" 2 1/2" 3"



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	100,00	100,00	94,00	35,00	0,00	0,00

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado. El presente informe representa únicamente la muestra identificada en el mismo.

b) Tamiz # 200 procedimiento A, lavado con agua corriente. Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

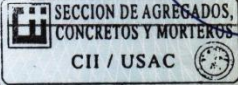
c) Procedencia del material: Triturado de cantera.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

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

Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Director CII/USAC



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 6. **Informe de ensayo de abrasión por máquina los ángeles, agregado grueso**



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



INFORME DE ENSAYO DE ABRASIÓN POR MÁQUINA DE LOS ÁNGELES
NORMA NTG 41010 h 20 (ASTM C-131)
INFORME SACM - 472/18
HOJA 1/1

No. 15122

O.T. No. 38738

INTERESADO: Nester Giovani Ampérez Solíz, Carné: 2011 14656

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena cuarzo-feldespática."

DIRECCIÓN: 0 Calle "D" 8-82, Condominio Los Tanques 1, Zona 2, Villa Nueva.

EMISIÓN DE INFORME: 17 de agosto de 2018

REFERENCIAS	MUESTRA
1. Graduación	" C "
2. Porcentaje de desgaste	34,00%

OBSERVACIONES:

- a) Muestra proporcionada por el interesado.
- b) Muestra de material : Triturado de cantera.
- c) La resistencia a la abrasión del agregado grueso para concreto, debe tener un porcentaje de desgaste máximo admisible de 50%, según norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33).

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

ATENTAMENTE,



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



Vo.Bo.
Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Director CII/USAC






SECCION DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC


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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 7. **Informes de ensayos realizados a los adoquines, ensayo a flexión**



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 38854 INFORME No. 266-M
 INTERESADO: NESTER GIOVANI AMPEREZ SOLIZ
 PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPATICA"
 ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION, COMPRESION Y ABRASION EN ADOQUINES
 FECHA: GUATEMALA, 02/10/2018

ANTECEDENTES

El estudiante **NESTER GIOVANI AMPEREZ SOLIZ**, CARNE No. 2011-14656, de la carrera de Ingeniería civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara, ensayo de Flexión, Compresión, y Abrasión a 36 adoquines. Los ensayos en cuestión son parte del trabajo de tesis, "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPATICA".

RESULTADOS


ENSAYOS A FLEXIÓN

A-1							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.5	9.5	22.1	16.1	9.25	6300	4.55	145.03

A-2							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.4	9.5	22.2	16.2	9.455	7700	3.74	176.17

A-3							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.2	9.8	22.1	16.1	9.67	7340	3.72	158.79

SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS
 MANUFACTURADOS



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 8. Continuación de Informes de ensayos a flexión



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 38854 INFORME No. 266-M
INTERESADO: NESTER GIOVANI AMPEREZ SOLIZ
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO,
UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPATICA"
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION, COMPRESION Y ABRASION EN ADOQUINES
FECHA: GUATEMALA, 02/10/2018

B-1							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.3	9.8	22.2	16.1	9.95	5300	3.66	114.66

B-2							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.4	9.7	22.1	16.2	10.205	5600	3.97	122.89

B-3							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.4	9.8	22.1	16.2	10.095	5200	4.22	111.80

C-1							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.5	9.6	22.2	16.1	9.785	3300	5.12	74.39

C-2							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.5	9.4	22.1	16.2	9.65	3430	4.73	80.15

C-3							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.2	9.5	22.1	16.1	9.94	3700	4.81	85.18

SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS
MANUFACTURADOS



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 9. Continuación de Informes de ensayos realizados a flexión y ensayos a compresión



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 38854 INFORME No. 266-M
INTERESADO: NESTER GIOVANI AMPEREZ SOLIZ
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPATICA"
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION, COMPRESION Y ABRASION EN ADOQUINES
FECHA: GUATEMALA, 02/10/2018

D-1							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.3	9.6	22.1	16.1	10.085	4180	4.52	94.23

D-2							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.1	9.6	22.1	16.1	10.105	4580	4.26	103.25

D-3							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	MODULO RUPTURA
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.3	9.5	22.2	16.1	10.075	4300	3.99	98.99

ENSAYOS A COMPRESIÓN

A-4							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.3	9.4	22.2	16.1	9.385	52700.00	5.08	532.32

A-5							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NAT	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.5	9.3	22.4	16.2	9.28	45000.00	5.27	488.28

A-6							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NAT	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.1	9.5	22	16.1	9.56	54900.00	4.66	543.56

SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS MANUFACTURADOS



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 10. Informe de ensayos a compresión de adoquines



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 38854 INFORME No. 266-M
INTERESADO: NESTER GIOVANI AMPEREZ SOLIZ
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO,
UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPATICA"
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION, COMPRESION Y ABRASION EN ADOQUINES
FECHA: GUATEMALA, 02/10/2018

B-4							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.3	9.5	22.2	16.1	10.03	42400.00	4.44	424.00

B-5							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.4	6.5	22.2	16.1	10.015	38500.00	3.77	377.41

B-6							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.3	9.5	22.2	16.2	10.22	49000.00	4.08	490.00

C-4							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.4	9.4	22.1	16.3	9.805	35800.00	5.51	358.00

C-5							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.5	9.3	22.2	16.3	9.855	35200.00	5.86	352.00

SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS
MANUFACTURADOS



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 11. Informe de ensayos a compresión de adoquines



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 38854	INFORME No. 266-M
INTERESADO: NESTER GIOVANI AMPEREZ SOLIZ	
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPATICA"	
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION, COMPRESION Y ABRASION EN ADOQUINES	
FECHA: GUATEMALA, 02/10/2018	

C-6							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.5	9.4	22.2	16.3	9.78	36200.00	6.40	358.42

D-4							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.2	9.5	22.2	16.2	10.005	42500.00	4.25	420.79

D-5							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.1	9.5	22	16.1	10.25	38000.00	4.83	383.84

D-6							
LARGO	GROSOR	BASE	ANCHO	PESO NATURAL	CARGA	%ABS	ESFUERZO
cm	cm	cm	cm	kg	kg		kg/cm ²
24.1	9.7	22.2	16.1	10.095	40250.00	4.23	406.57

SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS
MANUFACTURADOS



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 12. Informe de ensayos de abrasión de adoquines



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 38854 INFORME No. 266-M
INTERESADO: NESTER GIOVANI AMPEREZ SOLIZ
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO,
UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPATICA"
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION, COMPRESION Y ABRASION EN ADOQUINES
FECHA: GUATEMALA, 02/10/2018

ENSAYOS DE ABRASIÓN

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
A-7			
altura (cm)	6.937	6.538	0.400
Área (cm ²)	49.12	49.12	0
volumen (cm ³)	340.75	321.12	19.629

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
A-8			
altura (cm)	6.863	6.432	0.432
Área (cm ²)	46.63	46.63	0
volumen (cm ³)	320.03	299.91	20.120

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
A-9			
altura (cm)	7.055	6.758	0.297
Área (cm ²)	49.05	49.05	0
volumen (cm ³)	346.04	331.47	14.567

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
B-7			
altura (cm)	6.954	6.700	0.254
Área (cm ²)	48.53	48.53	0
volumen (cm ³)	337.47	325.16	12.309

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
B-8			
altura (cm)	6.937	6.642	0.294
Área (cm ²)	47.93	47.93	0
volumen (cm ³)	332.50	318.39	14.111

SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS
MANUFACTURADOS



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 13. Informe de ensayos de abrasión de adoquines



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 38854 INFORME No. 266-M
INTERESADO: NESTER GIOVANI AMPEREZ SOLIZ
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO,
UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPATICA"
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION, COMPRESION Y ABRASION EN ADOQUINES
FECHA: GUATEMALA, 02/10/2018

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
B-9			
altura (cm)	6.896	6.597	0.299
Área (cm ²)	47.82	47.82	0
volumen (cm ³)	329.72	315.42	14.297

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
C-7			
altura (cm)	6.953	6.614	0.338
Área (cm ²)	48.32	48.32	0
volumen (cm ³)	335.97	319.62	16.351

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
C-8			
altura (cm)	6.904	6.546	0.357
Área (cm ²)	47.65	47.65	0
volumen (cm ³)	328.96	311.93	17.023

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
C-9			
altura (cm)	7.004	6.734	0.270
Área (cm ²)	49.60	49.60	0
volumen (cm ³)	347.37	333.97	13.397

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
D-7			
altura (cm)	6.924	6.631	0.293
Área (cm ²)	47.71	47.71	0
volumen (cm ³)	330.35	316.39	13.962

SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS
MANUFACTURADOS



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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.

Anexo 14. Informe de ensayos de abrasión de adoquines



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 38854 INFORME No. 266-M
INTERESADO: NESTER GIOVANI AMPEREZ SOLIZ
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "ELABORACION DE ADOQUINES DE CONCRETO,
UTILIZANDO COMO AGREGADO FINO ARENA CUARZO-FELDESPATICA"
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION, COMPRESION Y ABRASION EN ADOQUINES
FECHA: GUATEMALA, 02/10/2018

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
D-8			
altura (cm)	6.883	6.573	0.310
Área (cm ²)	47.65	47.65	0
volumen (cm ³)	327.96	313.22	14.748

Identificación	Inicial	Ensayado	Diferencia Δ desgaste
D-9			
altura (cm)	6.870	6.600	0.270
Área (cm ²)	48.56	48.56	0
volumen (cm ³)	333.59	320.49	13.099

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


SECCION METALES Y PRODUCTOS
MANUFACTURADOS
Ing. Emerson V. M. Pérez
Jefe de Metales y Productos
Manufacturados



Atentamente,

Vo.Bo.
M.Sc. Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
DIRECTOR C.I.I.



/cbr

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>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, USAC 2018.