



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

**COMPARACIÓN DE LOTES DE ADOQUINES ELABORADOS CON DIFERENTES
DOSIFICACIONES Y CUYO MATERIAL PRINCIPAL SEA RESIDUO DE TRITURACIÓN,
PRODUCIDO EN PLANTA DE TRITURACIÓN UBICADA EN EL JOCOTILLO, VILLA
CANALES, GUATEMALA**

Evelyn Valeska Ovalle Portillo

Asesorado por el Ing. Pablo Missael Cox Tuch

Guatemala, septiembre del 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE LOTES DE ADOQUINES ELABORADOS CON DIFERENTES
DOSIFICACIONES Y CUYO MATERIAL PRINCIPAL SEA RESIDUO DE TRITURACIÓN,
PRODUCIDO EN PLANTA DE TRITURACIÓN UBICADA EN EL JOCOTILLO, VILLA
CANALES, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EVELYN VALESKA OVALLE PORTILLO
ASESORADO POR EL ING. PABLO MISSAEL COX TUCH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DEL 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**COMPARACIÓN DE LOTES DE ADOQUINES ELABORADOS CON DIFERENTES
DOSIFICACIONES Y CUYO MATERIAL PRINCIPAL SEA RESIDUO DE TRITURACIÓN,
PRODUCIDO EN PLANTA DE TRITURACIÓN UBICADA EN EL JOCOTILLO, VILLA
CANALES, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 4 de noviembre de 2019.

Evelyn Valeska Ovalle Portillo

Guatemala, mayo de 2020

Ingeniero
Hugo Montenegro
Área de Materiales y Construcciones Civiles
COORDINADOR

Ingeniero Montenegro

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación: **COMPARACIÓN DE LOTES DE ADOQUINES ELABORADOS CON DIFERENTES DOSIFICACIONES, Y CUYO MATERIAL PRINCIPAL SEA RESIDUO DE TRITURACIÓN, PRODUCIDO EN PLANTA DE TRITURACIÓN UBICADA EN EL JOCOTILLO, VILLA CANALES, GUATEMALA**, elaborado con la estudiante universitaria Evelyn Valeska Ovalle Portillo, quien contó con la asesoría del suscrito.

Considerando que el trabajo desarrollado por la estudiante universitaria Ovalle Portillo, satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,



Pablo Missael Cox Tuch
Ingeniero Civil
Colegiado No. 14,665

Ing. Pablo Missael Cox Tuch
Col. 14,665
ASESOR



Guatemala, 7 mayo de 2021

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

Estimado Ingeniero Fuentes,

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **“COMPARACIÓN DE LOTES DE ADOQUINES ELABORADOS CON DIFERENTES DOSIFICACIONES, Y CUYO MATERIAL PRINCIPAL SEA RESIDUO DE TRITURACIÓN, PRODUCIDO EN PLANTA DE TRITURACIÓN UBICADA EN EL JOCOTILLO, VILLA CANALES, GUATEMALA”**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil **Evelyn Valeska Ovalle Portillo**, quién contó con la asesoría del Ing. Pablo Missael Cox Tuch.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Coordinador del área de Materiales de Construcción y obras civiles





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Pablo Missael Cox Tuch y del Coordinador del Departamento de Materiales y Construcciones Civiles Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco al trabajo de graduación de la estudiante Evelyn Valeska Ovalle Portillo **COMPARACIÓN DE LOTES DE ADOQUINES ELABORADOS CON DIFERENTES DOSIFICACIONES Y CUYO MATERIAL PRINCIPAL SEA RESIDUO DE TRITURACIÓN, PRODUCIDO EN PLANTA DE TRITURACIÓN UBICADA EN EL JOCOTILLO, VILLACANALES, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil

Guatemala, septiembre 2021
/mrrm.



DTG.408.2021

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: **COMPARACIÓN DE LOTES DE ADOQUINES ELABORADOS CON DIFERENTES DOSIFICACIONES Y CUYO MATERIAL PRINCIPAL SEA RESIDUO DE TRITURACIÓN, PRODUCIDO EN PLANTA DE TRITURACIÓN UBICADA EN EL JOCOTILLO, VILLA CANALES, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Evelyn Valeska Ovalle Portillo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, septiembre de 2021

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por siempre guiarme por el camino correcto.
- Mis padres** Zoel Ovalle y Dalia Portillo. Porque me dieron todo cuanto pudieron. Su amor, su comprensión, sus sacrificios y su dedicación me han convertido en la persona que hoy soy.
- Mis abuelos** Carlos Ovalle y Eugenia Ramírez. Me amaron desde el principio. Son el mayor ejemplo a seguir, una inspiración que me motiva a mejorar y ser una persona de bien.
- Mi hermana** Valeria Ovalle. Por enseñarme lo que es el verdadero amor desde el día en que naciste, admiro tu resolución y tu calma ante los problemas.
- Mis amigos** Andrea Mazariegos, Miguel Sazo, Celeste Toledo, Rafael García, Luis Navichoque y Jorge Escobar. Cambiaron mi vida por completo. Cada momento en la universidad fue especial porque ustedes estuvieron allí.

AGRADECIMIENTOS

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una estupenda casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por darme los conocimientos necesarios para introducirme en el mundo laboral.
Proequipos, S.A.	En especial a Edwin Rodríguez, José Luis Batz y Albert Hernández por su apoyo en la elaboración de adoquines.
Ing. Pedro Luis Rocco	Por permitirme realizar esta investigación en dicha empresa.
Lic. Allen Krebs	Por brindar el equipo para elaborar dichos adoquines.
Ing. Pablo Cox	Por su paciencia y valiosa colaboración durante la realización de esta investigación.
Planta de trituración PADEGUA, S.A.	Por brindarme los materiales necesarios para llevar a cabo esta investigación.
Sr. Carlos Ovalle	Por inspirarme a seguir esta hermosa carrera y por su apoyo en la obtención de los materiales para la realización de adoquines.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS POR MEDIO DE ENSAYOS DE LABORATORIO	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Ensayos de laboratorio	3
1.2.1. Granulometría.....	3
1.2.2. Módulo de finura	9
1.2.3. Equivalente de arena	11
1.2.4. Gravedad específica.....	14
1.2.5. Absorción.....	19
1.2.6. Peso unitario.....	20
1.2.7. Partículas planas y alargadas.....	23
1.2.8. Ensayo de los ángeles.....	25
1.2.9. Abrasión por sulfatos	28
1.3. Caracterización del residuo de trituración.....	31
2. DISEÑO DE MEZCLAS DE PRUEBA POR MÉTODO ACI.....	35
2.1. Método ACI 211.1 para la elaboración de diseños de mezcla	36

2.2.	Parámetros utilizados para la elaboración de diseños de mezcla teóricos	42
2.3.	Determinación de cantidades en peso a partir de las proporciones seleccionadas.....	46
2.3.1.	Proporciones utilizando residuo de trituración y agregado grueso	47
2.3.2.	Proporciones utilizando solamente residuo de trituración.....	49
2.3.3.	Corrección de las proporciones previamente seleccionadas debido al contenido de humedad.....	52
2.4.	Control de calidad de la mezcla de concreto.....	54
2.4.1.	Ensayo de asentamiento	54
2.4.2.	Desarrollo de la resistencia máxima a compresión del concreto endurecido	55
3.	ADOQUINES	57
3.1.	Tipos	57
3.1.1.	Monocapa.....	57
3.1.2.	Bicapa	57
3.2.	Clasificación	58
3.2.1.	Tipo A – Uso industrial y de tránsito pesado	58
3.2.2.	Tipo B – Uso en tránsito liviano.....	58
3.2.3.	Tipo C – Uso peatonal.....	58
3.3.	Elementos que conforman un adoquín.....	59
3.3.1.	Superficie de rodadura	59
3.3.2.	Bisel	59
3.3.3.	Separador.....	60
3.4.	Características físicas	60
3.4.1.	Forma.....	60

3.4.2.	Apariencia.....	61
3.4.3.	Textura	61
3.4.4.	Color	62
3.5.	Características geométricas	62
3.5.1.	Largo	62
3.5.2.	Ancho	62
3.5.3.	Espesor	63
3.6.	Características mecánicas.....	63
3.6.1.	Módulo de ruptura.....	64
3.6.2.	Absorción.....	64
3.6.3.	Desgaste superficial	65
3.7.	Control de calidad.....	66
3.7.1.	Geometría.....	66
3.7.2.	Módulo de ruptura.....	67
3.7.3.	Absorción.....	68
3.7.4.	Desgaste superficial	69
4.	PROCESO DE FABRICACIÓN DE ADOQUINES UTILIZANDO RESIDUO DE TRITURACIÓN.....	75
4.1.	Control de la humedad de los materiales pétreos a utilizar	75
4.2.	Mezclado de los materiales	76
4.3.	Moldeado de los adoquines.....	77
4.4.	Almacenamiento y curado	78
4.5.	Evaluación del módulo de ruptura a los 7, 14 y 28 días	78
4.6.	Determinación del porcentaje de absorción.....	80
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
5.1.	Módulo de ruptura.....	82
5.2.	Absorción.....	84

5.3.	Ventajas del uso de residuo de trituración en la elaboración de adoquines de concreto.....	85
5.4.	Desventajas del uso de residuo de trituración en la elaboración de adoquines de concreto	86
CONCLUSIONES.....		89
RECOMENDACIONES		91
BIBLIOGRAFÍA.....		93
APÉNDICES.....		97
ANEXOS.....		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Trituración de agregados pétreos en cantera.....	1
2.	Separación del residuo de trituración de los demás agregados triturados	2
3.	Muestreo de materiales en cantera	4
4.	Reducción de la muestra.....	5
5.	Tamizado de materiales en agitador mecánico.....	7
6.	Ensayo equivalente de arena.....	14
7.	Verificación de estado seco saturado del agregado fino	16
8.	Ensayo de gravedad específica	17
9.	Ensayo de peso unitario.....	23
10.	Separación de partículas planas y alargadas.....	23
11.	Medición de partículas pétreas	24
12.	Máquina de los ángeles	27
13.	Tamizado por tamiz núm. 12.....	28
14.	Ensayo de abrasión por sulfatos	30
15.	Gráfica granulométrica correspondiente al residuo de trituración	32
16.	Volumen de un adoquín	46
17.	Formas en las que se pueden encontrar los adoquines.....	61
18.	Geometría del adoquín.....	67
19.	Colocación del adoquín en la máquina	67
20.	Máquina de desgaste	70
21.	Medición de la huella	71

22.	Máquina para ensayo de Böhme	72
23.	Pila de agregado fino	75
24.	Mezclado de los materiales	76
25.	Abatimiento de las partículas debido a mezcla seca	77
26.	Colocación de la muestra en el molde	77
27.	Almacenado de los adoquines	78
28.	Colocación del adoquín en la máquina universal.....	79
29.	Aceptación de la ruptura de los adoquines	79
30.	Rechazo de la ruptura de los adoquines.....	80
31.	Colocación de los adoquines en el horno	80
32.	Apariencia de los adoquines	81
33.	Ruptura de los adoquines en las esquinas inferiores	83

TABLAS

I.	Tamaño mínimo de la muestra de agregado grueso para el ensayo granulométrico	5
II.	Límites granulométricos para arena manufacturada.....	8
III.	Límites granulométricos para agregado grueso con Número de Tamaño “8”	9
IV.	Límites de módulos de finura para agregados finos	9
V.	Clasificación del agregado fino en base al módulo de finura	10
VI.	Graduación y peso en gramos	26
VII.	Tamaños de agregados finos a evaluar.....	29
VIII.	Granulometría	32
IX.	Resultados obtenidos de los ensayos realizados al residuo de trituración	33
X.	Resistencia a los sulfatos del residuo de trituración	33

XI.	Resistencia a la a la compresión promedio.....	36
XII.	Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción.....	37
XIII.	Requerimientos aproximados de agua de mezclado	38
XIV.	Relación agua/cemento.....	39
XV.	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto. (b/bo).....	40
XVI.	Proporciones con Residuo de trituración como agregado fino y 3/8" como agregado grueso.	43
XVII.	Proporciones solamente con residuo de trituración	44
XVIII.	Resultados de laboratorio para el residuo de trituración	45
XIX.	Resultado de laboratorio para agregado de granulometría: 3/8" – Núm. 8	45
XX.	Pesos de los materiales para la elaboración de mezclas con agregado fino y grueso.....	49
XXI.	Pesos de los materiales para la elaboración de mezclas solamente con agregado fino	51
XXII.	Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto	56
XXIII.	Marcado de adoquines según su clasificación	59
XXIV.	Características geométricas de los adoquines.....	63
XXV.	Clasificación de los adoquines según su resistencia a la flexión.	64
XXVI.	Porcentaje de absorción del adoquín según su clasificación.	65
XXVII.	Resistencia a la abrasión	65
XXVIII.	Resultados del valor de módulo de ruptura.....	82
XXIX.	Resultados del valor de absorción de las mezclas.....	84

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm²	Centímetro cuadrado
cm³	Centímetro cúbico
f'c	Esfuerzo máximo a compresión del concreto
f'cr	Esfuerzo requerido de compresión del concreto
°C	Grados Celsius
g	Gramos
kg	Kilogramo
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo por centímetro cúbico
lb	Libra
psi	Libras por pulgada cuadrada
l	Litro
±	Más/menos
Mpa	Megapascal
m³	Metro cúbico
µm	Micrómetro
ml	Mililitro
mm	Milímetro
Núm.	Número
%	Porcentaje
\bar{x}	Promedio
”	Pulgada
Σ	Sumatoria
und.	Unidad

GLOSARIO

Agregado fino	Consisten generalmente de arena natural o piedra triturada cuyas partículas son menores a 5 mm; es decir, que pasan por el tamiz No. 4.
Agregado grueso	Consiste en partículas de suelo o grava triturada cuyas partículas sean mayores de 5 mm, que generalmente se encuentran entre los 9,5 y 38 mm.
Apisonar	Método de compactación del concreto que consiste en someterlo a repetidos golpes aplicados con un pisón.
Consolidación	Proceso de compactación del concreto fresco dentro del encofrado para evitar la concentración de piedras, agujeros y aire atrapado.
Dosificación	Proceso por el cual se establece la proporción de cemento, aditivos, agua y materiales finos y gruesos.
Floculación	Proceso químico en el cual se separan las partículas en fases, líquida y de sólidos

muy pequeños, para así llevar a cabo su medición y análisis.

Pavimento articulado

Tipo de pavimento el cual está compuesto por una capa de rodadura elaborada con bloques de concreto prefabricados llamados adoquines.

Tamaño máximo del agregado

Corresponde a la menor abertura de tamiz a través de la cual se requiere que pase el 100 % de las partículas de la muestra.

Tamaño máximo nominal del agregado

El menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado pudiendo retener entre el 5 % y el 15 % de las partículas.

Tamiz

Utensilio con un cedazo sujetado a un aro cuyas aberturas tienen un tamaño especificado que separan las partículas finas de las gruesas.

Trabajabilidad

Propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad con la que se puede mezclar.

RESUMEN

El concreto es comúnmente fabricado a partir de materiales tales como: cemento, arena triturada o de río, agregados gruesos triturados y agua. Este es usado en diversas actividades constructivas tal como la edificación de viviendas, edificios y fabricación de materiales prefabricados, como los adoquines. Sin embargo, en la trituración de materiales pétreos, se produce cierto residuo que es considerado contaminante a los materiales de interés y, por lo tanto, se acumula indefinidamente en bancos y plantas de trituración.

En la presente investigación se considera hacer uso de dicho residuo como agregado fino en mezclas de concreto para reducir la cantidad presente en plantas de trituración y así reducir la contaminación producida por las partículas transportadas a través del aire.

Dicho material fue muestreado en bancos ubicados en Villa Canales, municipio de Guatemala y evaluados en el laboratorio Proequipos, S.A., ubicado en Petapa, Guatemala. Una vez realizados los ensayos de laboratorio pertinentes se observó que dicho polvo posee partículas menores a 4,75 mm y otras características que lo clasifican con un agregado fino. Posteriormente, se utilizó el dato de cantidad de agua en función a un asentamiento de 4 pulgadas como punto de partida para la evaluación de diferentes diseños de mezcla, los cuales se utilizaron para realizar adoquines cuya efectividad se vio clasificada en función al módulo de ruptura que determina la calidad del adoquín producido, acorde a la norma COGUANOR NTG 41086.

OBJETIVOS

Objetivo general

Encontrar las proporciones adecuadas entre cemento, residuo de trituración, agregado grueso y agua para la elaboración de una mezcla de concreto que permita hacer uso eficiente de este residuo producto de la trituración de agregados pétreos graduados.

Objetivos específicos

1. Hacer uso de la norma COGUANOR NTG 41007 y NTG 41086 para determinar las características físicas y mecánicas de los agregados y adoquines, para así determinar qué ensayos de laboratorio deben ser realizados y llevar a cabo el control de calidad de cada uno de ellos.
2. Determinar si el residuo de trituración cumple con los requerimientos mínimos de agregados finos establecidos en la norma COGUANOR 41007.
3. Realizar diversos diseños de mezclas con distintas proporciones de agregado fino, agregado grueso y relación agua/cemento para llevar a cabo la elaboración de distintos lotes de adoquines los cuales puedan ser evaluados por medio de eficiencia de dicha mezcla en función a su resistencia a la ruptura.

4. Comparar los resultados obtenidos al evaluar cada uno de los adoquines a los 7, 14 y 28 días a partir de su día de producción.
5. Determinar cuál de las mezclas cumple eficientemente con los requerimientos mínimos de resistencia y absorción de la norma NTG 41086 para que estos sean clasificados como tipo A, B o C.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala, el uso de concreto ha ido aumentando con el desarrollo de la industria. Muchas empresas se dedican a la construcción de edificios y carreteras utilizando concreto y acero. Para ello, se llevan a cabo ciertos controles de calidad sobre la construcción que incluyen, principalmente, el análisis de la mezcla de concreto realizada desde la raíz; es decir, desde los materiales que lo componen, que son: agregado fino, agregado grueso, agua y cemento. Muchas empresas se dedican a la producción de estos materiales pétreos.

La producción de agregados pétreos de diferente graduación implica la colocación de zarandas en una máquina trituradora. Este proceso de destrucción de rocas de gran diámetro conlleva que estos sean pasados por diferentes elementos de la máquina que golpean, presionan, agitan y rompen la estructura de la roca de mayor diámetro para obtener la graduación requerida.

Sin embargo, dicho proceso de trituración también produce cierto desperdicio conocido como residuo de trituración o polvo de piedra, el cual es considerado desperdicio, puesto que la finura de este afecta la granulometría del agregado, dejando a este fuera de las curvas especificadas en la norma NTG 41007 o aquella solicitada por la persona de interés.

Es por esto que, para eliminar dicho residuo de las granulometrías graduadas, se incurre en gastos de almacenamiento y transporte con maquinaria de este “polvo” haciendo que el beneficio económico de los agregados que sí se venden se vea reducido.

Por ello, es indispensable determinar si este material puede ser utilizado o se debe buscar un método más eficiente para su disposición. Por tanto, se propone utilizar dicho material para la fabricación de adoquines.

1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS POR MEDIO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

1.1. Antecedentes

Al momento de diseñar, ya sea un edificio o una carretera, el encargado debe especificar la caracterización del agregado necesario y conocer sus propiedades físicas y mecánicas. Dicho esto, es raro saber de materiales que provengan de la naturaleza con el tamaño de partículas que se necesita, por lo que se lleva a cabo la gradación del mismo utilizando trituradoras que poseen ciertas mallas (llamadas zarandas) que, junto con martillos y cortadoras, dan el tamaño y abundancia de las partículas que se solicitan. Sin embargo, al hacer uso de este equipo, así como se produce el material requerido, también se produce cierto residuo el cual podría ser perjudicial para los materiales utilizados en la construcción.

Figura 1. **Trituración de agregados pétreos en cantera**



Fuente: elaboración propia, Planta de Trituración PADEGUA, Villa Canales.

Se conoce como residuo o polvo de trituración aquel material fino producto de la trituración de piedra bola o de cantera que, de no ser separado, puede afectar negativamente la granulometría del agregado que se necesita para llevar a cabo una construcción, e incurrir en un aumento de gastos como uso de adherentes para mantener la resistencia requerida de estos elementos en el proyecto. Este residuo, al no ser parte de la granulometría que se necesita utilizar para elaborar dichos elementos de concreto, es considerado desecho, por lo que es separado del agregado que sí será utilizado, lo que incurre en gastos de transporte y almacenamiento puesto que no existe un control de gradación de este material.

Figura 2. **Separación del residuo de trituración de los demás agregados triturados**



Fuente: elaboración propia, Planta de Trituración PADEGUA, Villa Canales.

Para determinar las características de este material y dar una descripción fidedigna del mismo, es necesario llevar a cabo un estudio de laboratorio el cual está compuesto de ensayos tales como granulometría, equivalente de arena, gravedad específica, entre otros.

1.2. Ensayos de laboratorio

En los ensayos de laboratorio se determinan las características, ya sean físicas o químicas, del producto en análisis, bajo unos procedimientos determinados. Se usan constantemente en la producción y en la industria para asegurar que los productos sean de calidad.

1.2.1. Granulometría

Este ensayo utiliza una secuencia ordenada de mallas metálicas para determinar la distribución de partículas de diferente tamaño que se encuentran en una misma muestra. Su finalidad es determinar la cantidad de agregado pétreo que retiene cada malla para así poder calcular el porcentaje de material que pasa por cada abertura y así, finalmente, graficar estos datos en una escala semilogarítmica, junto con los límites superiores e inferiores permisibles que, para elementos de concreto, ya sean agregados finos o gruesos, se encuentran establecidos en la norma COGUANOR NTG 41007.

1.2.1.1. Procedimiento de ensayo y parámetros a evaluar

- Muestreo

Al estar en una pila de almacenaje, los materiales (especialmente aquellos considerados como agregados gruesos) tienden a segregarse de tal forma que la parte gruesa se encontrará en la base de la pila y la fina en la punta. Por ello, es necesario emplear métodos mecánicos para muestrear apropiadamente estos materiales, tal como se establece en la sección 5.3.3 de la norma COGUANOR

NTG 41009. Para ello es necesario hacer uso de equipo pesado, por ejemplo, un cargador frontal que homogenice la muestra.

Posteriormente, el material se debe verter al centro del contenedor en el que será transportado para asegurar que tanto la parte fina como la gruesa perteneciente a la granulometría del banco, puedan ser apropiadamente analizadas.

Figura 3. **Muestreo de materiales en cantera**



Fuente: elaboración propia, Planta de Trituración PADEGUA, Villa Canales.

- **Reducción de la muestra**

En laboratorio, la muestra obtenida de los bancos se redujo por medio de una cuarteadora tal como está establecido en el método “A” de la norma COGUANOR NTG 41010 h11. Este equipo posee un mínimo de 8 ranuras para agregado grueso y 12 ranuras para agregado fino, las cuales reparten equitativamente las partículas en contenedores diferentes, pero con la característica que dichas muestras reducidas son homogéneas entre sí para que puedan ser utilizadas para los ensayos en que sean requeridas.

Figura 4. **Reducción de la muestra**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

Para que las muestras puedan ser reducidas estas deben estar en condición seco saturada y dependiendo del tamaño máximo del agregado, se establece en esta misma norma que para los agregados finos se debe tener una muestra con un peso mínimo de 300 g después del secado. Así mismo, el tamaño de la muestra del agregado grueso después del secado variará dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado y se establecerá conforme a lo siguiente:

Tabla I. **Tamaño mínimo de la muestra de agregado grueso para el ensayo granulométrico**

Tamaño nominal máximo de aberturas cuadradas		Tamaño mínimo de la muestra de ensayo	
mm	Pulg	Kg	lb
9,50	3/8	1	2
12,50	1/2	2	4
19,00	3/4	5	11
25,00	1	10	22
37,50	1 1/2	15	33
50,00	2	20	44
63,00	2 1/2	35	77

Continuación de la tabla I.

75,00	3	60	130
90,00	3 ½	100	220
100,00	4	150	330
125,00	5	300	660

Fuente: Norma COGUANOR NTG 41010 h1. *Método de ensayo. Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso.* p. 9.

- Secado de la muestra

Para secar la muestra, se hace uso de un horno, el cual debe estar a una temperatura constante entre $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Tamizado

El tamizado del material se lleva a cabo por medio de un agitador mecánico, en donde se coloca una serie de tamices, apilados uno sobre otro en orden de mayor a menor tamaño de abertura y un fondo el cual retiene el material menor a $75\text{ }\mu\text{m}$ (equivalente a un tamiz Núm. 200). Este debe tamizarse por el tiempo necesario hasta que no más del 1 % en masa del material retenido en cualquier tamiz, pueda pasar dicho tamiz. Sin embargo, se recomienda que el tamizado por medios mecánicos no exceda de los 10 minutos, puesto que se expone a que la muestra sufra segregación por ruptura de las partículas al ser golpeadas unas contra otras, aumentando el material fino al fondo de la serie de tamices.¹

¹ Norma técnica guatemalteca 41010 h1. *Método de Ensayo. Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso.* p. 9.

Figura 5. Tamizado de materiales en agitador mecánico



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

- Pesaje del material distribuido en los tamices

Al finalizar el tamizado en el agitador mecánico, los tamices deben ser retirados cuidadosamente para pesar el valor en gramos del material retenido en cada uno de los tamices.

- Graficado del porcentaje que pasa

La gráfica granulométrica debe realizarse sobre una escala semilogarítmica, en ella debe graficarse el porcentaje que pasa cada uno de los tamices utilizados. Para obtener dicho porcentaje se debe llevar a cabo esta ecuación:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \frac{\text{Peso retenido acumulado bruto} - \text{Peso tamiz}}{\text{Peso neto seco total del material}} * 100 [\%]$$

Posterior a graficarlos, también se debe verificar que, para agregados finos, el porcentaje que pase de cualquier tamiz y el retenido en el siguiente no debe exceder del 45 %.²

Así mismo, esta gráfica debe contener los límites inferiores y superiores, dependiendo del material solicitado, estos límites pueden variar. Si la granulometría realizada tiende al límite inferior, quiere decir, que el agregado contiene mayor porcentaje de agregados gruesos; lo contrario si esta tiende a límite superior.

Analizar estos materiales conforme se está triturando el material ayuda a mejorar la calidad y precisión de los agregados.

Tabla II. **Límites granulométricos para arena manufacturada**

Límites granulométricos		
Tamiz núm.	Límite inferior	Límite superior
3/8"	100	
4	95	100
8	90	95
16	45	95
30	25	75
50	10	35
100	8	20

Fuente: Norma técnica guatemalteca 41007. *Agregados para Concreto*. p. 8.

² Norma técnica guatemalteca 41007. *Agregados para concreto*. p. 8.

Tabla III. **Límites granulométricos para agregado grueso con número de tamaño "8"**

Tamiz núm.	Límite inferior	Límite superior
1/2"	100	
3/8"	85	100
4	10	30
8	0	10
16	0	5

Fuente: Norma técnica guatemalteca 41007. *Agregados para Concreto*. p. 13.

1.2.2. Módulo de finura

El módulo de finura es el índice que describe la proporción de finos contenida en las partículas que lo componen. Este valor adimensional indica la finura de un agregado, es decir, cuando este valor es mayor, la presencia de partículas gruesas tiende a ser mayor. Este se calcula, para agregados finos, sumando los porcentajes retenidos acumulados de los tamices 4, 8, 16, 30, 50 y 100 y dividiendo el total de la sumatoria entre 100. Es decir:

$$M.F. = \frac{\sum \% Ret. acumulado (No. 4 + No. 8 + No. 16 + No. 30 + No. 50 + No. 100)}{100}$$

Tabla IV. **Límites de módulos de finura para agregados finos**

Agregados finos	
Límite inferior	Límite superior
2,3	3,2

Fuente: Norma técnica guatemalteca 41007. *Agregados para concreto*. p. 13.

“Para agregados gruesos, se incluye en la sumatoria el porcentaje retenido acumulado de los tamices de 3/8”, 3/4”, 1 1/2” y los tamices mayores, los cuales se van incrementando a razón de dos a uno”³. Es decir, el porcentaje retenido acumulado consecuente a utilizar posterior a 1 1/2” es el de 3” y el consecuente a este sería el de 6”. Se debe tomar en cuenta que, incluso si el 100 % del material se retiene a partir de cualquier tamiz previo al núm. 100, todos los valores deben ser incluidos para obtener un valor de módulo de finura certero. Es decir:

M. F.

$$= \frac{\sum \% \text{ Ret. acumulado (6" + 3" + 1 1/2" + ... + Núm. 30 + Núm. 50 + Núm. 100)}}{100}$$

Tabla V. **Clasificación del agregado fino en base al módulo de finura**

Arena	Módulo de finura
Gruesa	2,9 – 3,2
Mediana	2,2 – 2,9
Fina	1,5 – 2,2
Muy fina	1,5

Fuente: LÓPEZ, Randy. S. *Fabricación de adoquín con adición de escoria de mata de níquel como agregado fino*. p. 22.

³ Norma técnica guatemalteca 41010 h1. *Método de ensayo. Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso*. Sección 9.2.

1.2.3. Equivalente de arena

Este ensayo tiene como objetivo principal definir la calidad del agregado fino determinando el volumen total del material no plástico deseable en la muestra; es decir, indica las proporciones relativas de finos plásticos y polvos en materiales que pasan el tamiz Núm. 4 (4,75 mm). Así mismo, este se define como el cociente multiplicado por 100 de la altura de la parte arenosa sedimentaria y de la altura total de los finos floculados depositados en la probeta.

1.2.3.1. Procedimiento de ensayo

- Elaboración de solución de ensayo

Previo al ensayo, se debe preparar una solución base la cual es compuesta de 240 g de cloruro de calcio, 1,085 g de glicerina farmacéutica y 25 g de una solución al 40 % de volumen/volumen de formaldehído. Para la preparación de esta debe disolverse el cloruro de calcio en un litro de agua destilada y filtrarla. Posterior a ello se agrega la glicerina y el formaldehído a la solución previa, mezclarla y diluirla en dos litros de agua destilada. Finalmente, se toman 22,5 ml de la solución ya preparada y se vuelven a diluir en 1 litro de agua destilada.

- Cuarteado del material

Para realizar este ensayo se necesita solamente el material que pasa por el tamiz núm. 4, posterior a ello se cuarteo el material que pasó por este tamiz en cuatro partes iguales, de las cuales solo utilizará tres. Dichas muestras deben tener un peso aproximado de 120 gr.

- Vertido de la solución en la probeta

Para llevar a cabo este ensayo, se necesitan como mínimo tres probetas. Es ellas, haciendo uso de un sifón, se vierte una cantidad de 102 ± 3 mm o $4 \pm 0,1$ pulgadas de solución en cada una de las probetas, teniendo cuidado de no mojar los bordes de la misma para que al momento de verter el material no se quede pegado a las paredes.

- Transferencia del material a la probeta

Utilizando un embudo, se vierte el material cuarteado dentro de cada una de las probetas, teniendo cuidado que este no se derrame por los bordes. A continuación, se debe golpear la parte inferior de la probeta para eliminar cualquier burbuja de aire que se encuentre dentro del material y que este se humedezca adecuadamente. Posteriormente, se deja reposar la probeta sobre una superficie plana por un tiempo de 10 ± 1 minuto.

- Agitado de la probeta

Después de haber dejado a la probeta reposar por 10 min. Se le coloca un tapón de hule sellando adecuadamente la probeta. Esta se agita lentamente aflojando el material del fondo. Para agitar la probeta se puede hacer uso de dos métodos: mecánico y manual. El método mecánico consiste hacer uso de un agitador programable. El método manual consiste en agitar vigorosamente la probeta en posición horizontal moviendo únicamente los antebrazos. Esta probeta debe agitarse 90 veces (ida y vuelta) en un tiempo aproximado de 30 segundos. Finalmente se coloca la probeta sobre la mesa, se retira el tapón y se lleva a cabo el proceso de irrigación.

- Irrigación de la probeta

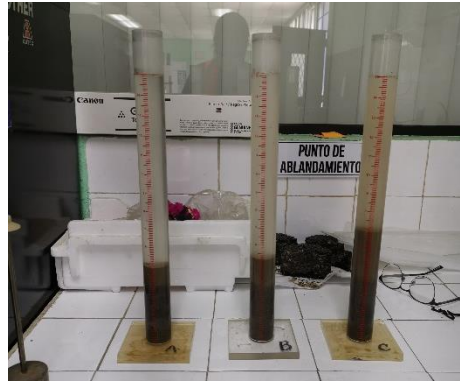
Este proceso consiste en introducir el tubo irrigador nuevamente dentro de la probeta y lavar las paredes de esta con la solución para retirar el material. Así mismo, se introduce el tubo hasta el fondo de la probeta aplicando punzadas y girando el irrigador para que esta solución fluya y separe el material fino para que estas floten sobre las partículas de arena, al extraer el tubo irrigador, se debe hacer lentamente y asegurarse que la solución llegue a una altura de 15 pulgadas y dejar reposar por 20 minutos.

- Lectura de arcilla y arena

La lectura del material arcilloso se hace visualmente, si esta línea no se encuentra definida, se debe dejar reposar más tiempo la probeta hasta un máximo de 30 minutos. Al cabo de estos 30 minutos, si la línea divisoria entre la solución y el contenido de arcilla no es visible, se debe repetir la prueba.

Para la lectura del material arenoso se hace uso de un pisón, el cual se introduce lentamente a la probeta hasta que este descansa sobre la arena, sin golpear las paredes y sin empujarlo hacia abajo, puesto que podría alterar el resultado. Posteriormente, se lee el valor dado, a dicho valor se le resta 10 pulgadas o 25,4 centímetros al valor visto en el indicador del pisón.

Figura 6. **Ensayo equivalente de arena**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

- Obtención del valor del equivalente de arena

El valor del equivalente de arena se obtiene de la siguiente manera:

$$E. A. = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

Este valor debe darse como un entero, presentándose dicho valor como el inmediato superior al calculado con la ecuación anterior.

1.2.4. Gravedad específica

Es la relación entre la densidad de un material y la densidad de agua destilada a una temperatura dada, establecida como una cantidad sin dimensiones. Puede expresarse como seca (S), saturada de superficie seca (SSS) o como densidad relativa aparente.

Esta característica es utilizada generalmente para calcular el volumen que ocupa el agregado en la mezcla que lo vaya a contener y es utilizada tanto para materiales gruesos, como para materiales finos.

Así mismo, por medio de este ensayo se conoce el porcentaje de absorción del material el cual relaciona la cantidad de agua contenida en los poros del agregado, sin contar con la situada superficialmente en las partículas de este.

1.2.4.1. Procedimiento de ensayo y parámetros a evaluar

- Cuarteado del material

Se selecciona por cuarteo una cantidad aproximada de 1 kilogramo, la cual debe ser sometida a secado en horno para asegurarse que sus partículas se encuentren totalmente secas. 24 horas después, se extrae el material del horno, se deja enfriar aproximadamente 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa.

- Sumergido del material

Posterior al pesaje se cubre la muestra con agua, a esta muestra se le deja sumergida durante 24 ± 4 horas. Luego de esto, se decanta cuidadosamente la muestra, para asegurarse de no perder material granular.

- Secado

Una vez eliminado el exceso de agua, se extiende el material sobre una bandeja y a esta se le aplica una corriente de aire para secar la superficie de las

partículas, recordando agitar el material constantemente para que este se seque uniformemente.

- Determinación de la condición seco-saturada del material

Para verificar que el material haya alcanzado la condición seco-saturada requerida, se utiliza un molde cónico. Este molde debe llenarse con el material, luego se le deben aplicar 25 golpes con el apisonador y finalmente se debe levantar cuidadosamente el cono, verificando no tocar las paredes del cono que se formó con el material. Si esta conserva su forma, el material aún posee humedad superficial y se debe continuar con el secado. Si este se desmorona en su totalidad, quiere decir, que el material se secó demasiado y ya no posee la condición seco-saturada que se busca. Por lo tanto, para verificar que el material se encuentra en la condición seco-saturada, solamente la cúspide del cono árido debe derrumbarse.

Figura 7. **Verificación de estado seco saturado del agregado fino**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

- Pesaje del material y equipo

Se pesan 500 g del material seco saturado, así mismo se obtiene el peso del matraz a utilizar, conocido como tara. Así mismo, se pesa el matraz totalmente lleno de agua.

- Aforo de la muestra en el equipo

Se introduce en el matraz los 500 gramos del agregado y se le añade agua hasta aproximadamente un 90 % de su totalidad. A continuación, se agita el matraz para eliminar cualquier burbuja de aire que se encuentre entre el material y se deja reposar en una superficie plana por una hora aproximadamente. Finalmente, se enraza el matraz con agua y se pesa.

Figura 8. **Ensayo de gravedad específica**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

- Secado del material

Se retira el material del matraz vertiéndolo en una tara para ser llevado al horno a una temperatura de 105 ± 5 °C por 24 horas, posterior a ello se mide el peso cada 2 horas aproximadamente hasta que el peso dado no varíe.

- Datos

Los valores que se determinan por medio de este ensayo son la gravedad específica bruta, gravedad específica bruta con superficie seco-saturada y la gravedad específica aparente. Para ello, se utilizan las siguientes ecuaciones:

Gravedad específica bruta (Gsb)

$$Gsb = \frac{D}{A - ((A + B) - C)}$$

Gravedad específica bruta de superficie seco-saturada

$$Gsb (s. s. s.) = \frac{A}{A - ((A + B) - C)}$$

Gravedad específica aparente (Gsa)

$$Gsa = \frac{D}{D - ((A + B) - C)}$$

Donde:

- | | | |
|----|---|-----|
| A: | Peso del espécimen saturado, superficialmente seco | [g] |
| B: | Peso del matraz lleno de agua | [g] |
| C: | Peso del matraz aforado con agua y el material saturado | [g] |
| D: | Peso del espécimen secado a horno | [g] |

1.2.5. Absorción

Es el proceso por el cual un líquido es arrastrado dentro de un cuerpo sólido que tiende a llenar los poros permeables del mismo. La absorción del agua es el incremento en la masa del agregado debido a la penetración de agua entre los poros de las partículas durante un período, pero no incluyendo el agua adherida a la superficie externa de las partículas. Se le expresa como un porcentaje de la masa seca. Esta se obtiene del ensayo de gravedad específica, generalmente después de haber sometido el material a una saturación durante 24 horas, cuando termina se procede a secar superficialmente el material y por diferencias de masa se logra obtener el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material.

$$Abs. = \frac{A - D}{D} * 100 [\%]$$

Donde:

- | | | |
|----|--|-----|
| A: | Peso del espécimen saturado, superficialmente seco | [g] |
| D: | Peso del espécimen secado a horno | [g] |

1.2.6. Peso unitario

Se define como su peso por unidad de volumen. Es la relación de la masa del agregado que ocupa un volumen patrón unitario entre la magnitud de este, incluyendo el volumen de vacíos propio del agregado, que ha de ir a ocupar parte de este volumen unitario patrón. Existen dos valores para el peso unitario de un material granular, dependiendo del sistema que se emplee para acomodarlo; la denominación que se le dará a cada uno de ellos será:

1.2.6.1. Peso unitario suelto

Es utilizado para conocer el consumo del agregado que será utilizado en un metro cúbico de concreto. Es el peso de la unidad de volumen de material a granel en las condiciones de compactación y humedad en que se efectúa el ensayo, expresada en kg/m^3 . Puede realizarse el ensayo sobre agregado fino y agregado grueso. El peso unitario consiste en determinar la densidad total como el resultado de dividir la masa de un agregado en estado seco (en un determinado nivel de consolidación o compactación) y el volumen que éste ocupa incluyendo los vacíos de aire entre partículas y los de absorción, y se expresa en lbf/ft^3 .

1.2.6.2. Peso unitario compactado

Es utilizado para conocer la magnitud del volumen de los materiales apilados, esto se debe a que, al estar apilados sufren un acomodamiento de partículas las cuales se asientan debido a tránsito sobre ellos o debido a la acción del tiempo. Este valor también puede ser utilizado para determinar el porcentaje de vacíos de los materiales.

Procedimiento de ensayo y parámetros a evaluar:

- Secado del material

En ambos casos, el material a utilizar debe primero secarse utilizando un horno a una temperatura aproximada de 110 °C.

- Peso unitario suelto

Previamente, se debe conocer el peso del cilindro vacío, al cual se le conocerá como tara. Así mismo, se conoce el volumen, que para este caso es un cilindro de una décima de pie cúbico. A continuación, con el material secado y a temperatura ambiente, se llena el recipiente y luego se enraza, sin compactar, utilizando la varilla lisa de 5/8" y se limpian los bordes. Se pesa el material y el recipiente en la balanza. Para determinar este valor se utiliza la siguiente ecuación:

$$P.U.S = (A - B) * 10 \left[\frac{lb}{pie^3} \right]$$

Donde:

A:	Peso del cilindro y el material	[lb]
B:	Peso del cilindro (Tara)	[lb]
10:	Factor del cilindro	[pie ⁻³]

- Peso unitario compactado

Para llevar a cabo el ensayo de peso unitario compactado, es necesario varillar el material. El procedimiento para llenar el recipiente debe ser gradual, es decir, por capas.

Se vierte el material suficiente para alcanzar un tercio de volumen del cilindro y se le aplican 25 golpes con la varilla lisa de punta redondeada de 5/8” de diámetro, sin golpear las paredes o el fondo del cilindro. Se lleva a cabo el mismo procedimiento con las dos capas restantes. Se raza y limpian las orillas y se pesa en una balanza. Para determinar este valor se utiliza la siguiente ecuación:

$$P.U.C. = (A - B) * 10 \left[\frac{lb}{pie^3} \right]$$

Donde:

- A: Peso del cilindro y el material [lb]
B: Peso del cilindro (Tara) [lb]

“Este mismo procedimiento debe realizarse como mínimo 3 veces y, al realizar el ensayo un solo operador, los valores no pueden pasar de una desviación estándar de 14 kg/m³ o bien 0,88 lb/pie³”.⁴

⁴ Norma técnica guatemalteca 41010 h2. *Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) e índice de vacíos en los agregados.* Sección 15.3.1.

Figura 9. **Ensayo de peso unitario**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

1.2.7. **Partículas planas y alargadas**

Este es un ensayo que busca determinar el valor porcentual de partículas planas y alargadas dentro de un volumen específico de agregado. Este ensayo comienza meramente visual, puesto que, a partir de una muestra cuarteada del agregado, se observa cuales partículas entran en la categoría de planas y alargadas y cuáles no.

Figura 10. **Separación de partículas planas y alargadas**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

Posterior a ello se verifica por medio de un vernier, midiendo la longitud y el espesor de la partícula. Para saber si es plana o alargada se lleva a cabo el siguiente criterio.

$$C = \frac{L}{E} > 5$$

Donde:

C:	Cociente	[adimensional]
L:	Longitud	[mm]
E:	Espesor	[mm]

Es decir, si el cociente entre la longitud y el espesor es mayor a 5, esta debe ser considerada como una partícula plana y alargada.

Una vez divididas ambas categorías, se pesan las partículas planas y las partículas con caras fracturadas por separado. Para obtener el porcentaje de partículas planas presentes en el agregado se hace de la siguiente manera:

$$\% = \frac{\text{Peso de caras largas y aplanadas}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

Figura 11. **Medición de partículas pétreas**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

1.2.8. Ensayo de los ángeles

Este ensayo es una medida del desgaste de los agregados minerales de graduación estándar, resultante de la combinación de acciones que incluyen abrasión, impacto y trituración, en un tambor rotatorio de acero conocido como máquina de los Ángeles, cuyo contenido será el agregado y diferentes cantidades de bolas de acero la cual dependerá del tipo de agregado a evaluar.

Este ha sido ampliamente usado como un indicador de la calidad relativa o la competencia de varias fuentes de agregados que tienen una composición mineral similar.

1.2.8.1. Procedimiento de ensayo

- Tamizado para obtener el material requerido

Dependiendo de los resultados de la granulometría, sea cual sea el material, por medio del análisis de los porcentajes que pasan, se puede observar que existe una gradación predominante en el agregado evaluado. Con base en esto, se selecciona el tipo de abrasión que se realizará pues, de acuerdo con el diámetro que pasa y el diámetro granular que retiene, se colocará una cantidad de bolas de acero especificadas en la norma.

Tabla VI. **Graduación y peso en gramos**

Tamiz		Cantidad en gramos según tipo (± 10 g)			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
1 ½"	1"	1 250			
1"	¾"	1 250			
¾"	½"	1 250	2 500		
½"	3/8"	1 250	2 500		
3/8"	¼"			2 500	
¼"	Núm. 4			2 500	
Núm. 4	Núm. 8				5 000
Cantidad de bolas		12	11	8	6
Revoluciones		500	500	500	500

Fuente: ASTM C 131-01. *Método de Ensayo para la resistencia a la degradación de los áridos gruesos de tamaño pequeño por el método de abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles.* Sección 6.4.1.

El tamizado debe realizarse con movimientos horarios y antihorarios por aproximadamente un minuto o hasta que no se vean partículas que pasen por los tamices que se estén utilizando en ese momento. Se debe tener especial precaución de no tamizar por tiempos muy prolongados, puesto que puede fisurar el material y aumentar el porcentaje de abrasión que se determinará al final del ensayo. Finalmente se deben pesar las cantidades de material requeridas por el tipo de ensayo a realizar.

- Máquina de los ángeles

Los materiales tamizados se colocan dentro de la máquina de los ángeles, así como las esferas, colocándolas una a una para evitar dañar la máquina. Las roscas de este equipo deben estar debidamente ajustadas para que la máquina

gire sin botar el material. Se le aplican un total de 500 revoluciones a una velocidad aproximada de 30 a 33 revoluciones por minuto.

Figura 12. **Máquina de los ángeles**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

- Uso del tamiz núm. 12

Una vez comprendido el número de vueltas requerido, se abre la máquina y se coloca una bandeja debajo de ella para que el material caiga sobre ella al momento de girarlo. Posteriormente, se colecta el material para llevar a cabo el tamizado del material por la malla núm. 12 con movimientos horarios y antihorarios, como se realizó anteriormente.

Figura 13. **Tamizado por tamiz núm. 12**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

- Porcentaje de desgaste

Cuando el material esté totalmente tamizado, el material retenido por la malla núm. 12 se debe pesar, para obtener el porcentaje de desgaste del material.

$$\% \text{ desgaste} = \frac{A - B}{A} * 100$$

Donde:

A: peso original de la muestra [g]

B: Peso del material retenido en el tamiz núm. 12 [g]

1.2.9. Abrasión por sulfatos

Este método proporciona un procedimiento que sirve para llevar a cabo una estimación de la estabilidad a la disgregación de los agregados para uso en mezclas tales como las de concreto. Así mismo, proporciona información útil para juzgar la estabilidad de los agregados cuando no hay información adecuada

disponible de los registros de comportamiento del material expuesto a las condiciones climáticas reales, presentes en la zona.

1.2.9.1. Procedimiento de ensayo

- Elaboración de la solución

Esta solución puede ser de sulfato de sodio, o bien, de sulfato de magnesio. Su volumen debe ser como mínimo 5 veces el volumen del sólido de las muestras que serán sumergidas. La densidad relativa de esta no debe ser menor de 1,171 ni mayor de 1,174.

- Tamizado del material

Para un agregado fino, se evalúan aquellas partículas que pasen por el tamiz de 3/8" y que estas muestras no sean menores a 100 gramos de cada uno de los tamaños requeridos, los cuales son:

Tabla VII. **Tamaños de agregados finos a evaluar**

Pasa por el tamiz		Retenido en tamiz	
600 μ m	Núm. 30	300 μ m	Núm. 50
1,18 mm	Núm. 16	600 μ m	Núm. 30
2,36 mm	Núm. 8	1,18 mm	Núm. 16
4,75 mm	Núm. 4	2,36 mm	Núm. 8
9,50 mm	3/8"	4,75 mm	Núm. 4

Fuente: Norma técnica guatemalteca 41010 h6. *Método de ensayo. Determinación de la estabilidad a la disgregación de los agregados mediante el uso del sulfato de sodio o del sulfato de magnesio.* Sección 6.2. p. 9.

- Preparación de las muestras

La muestra se debe lavar sobre un tamiz núm. 50, esto con la finalidad de no perder partículas al momento de lavar. Posteriormente, se introduce al horno a una temperatura aproximada de 110 °C hasta que el peso se mantenga constante. Una vez la muestra está seca y a temperatura ambiente, se pesan aproximadamente 100 ± 0,1 g de cada retenido en el tamiz. Finalmente, se colocan por separado en cada una de ellas.

Para llevar a cabo la inmersión del material en la solución, esta debe colocarse a modo que quede como mínimo a media pulgada por encima de la muestra, para permanecer sumergida por un período entre 16 y 18 horas. Estas deben ser mantenidas a una temperatura de 21± 1 °C.

Figura 14. **Ensayo de abrasión por sulfatos**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa.

- Secado de las muestras

Posterior a las 18 horas, las muestras se deben introducir al horno y se deben pesar cada dos horas hasta que el peso no varíe en un 0,1 %. Luego, se dejan enfriar, para posteriormente volver a colocar la solución y así llevar a cabo

un segundo ciclo. Se deben cumplir los ciclos requeridos, que en este caso fueron cinco.

- Lavado final de la muestra

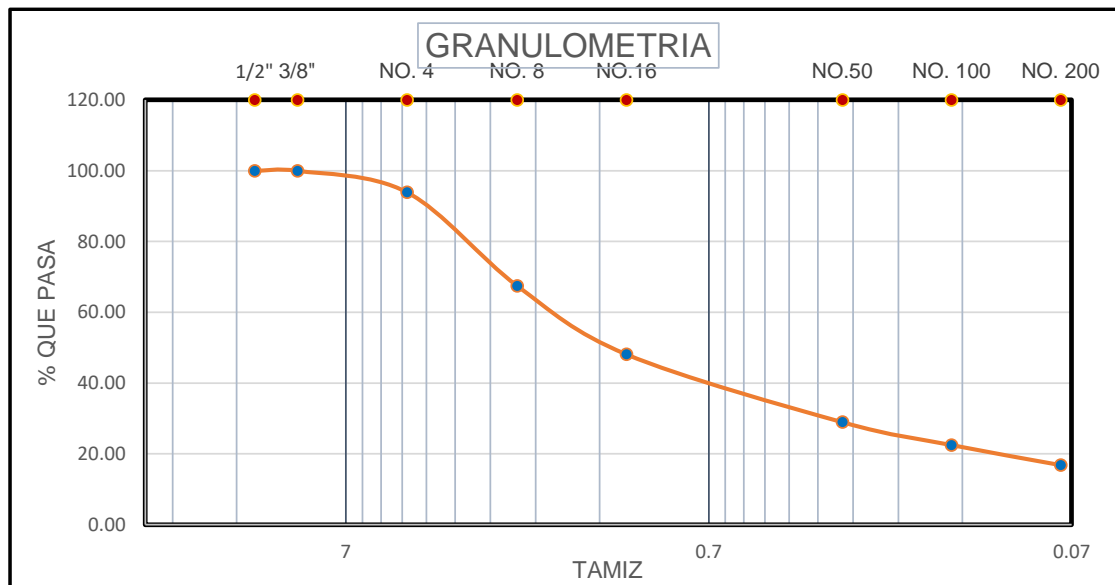
Para ello, se debe utilizar agua a una temperatura de 43 ± 6 °C procurando no dejar ningún residuo de la solución sobre el material de la muestra. Así mismo, estas partículas no deben someterse a ningún tipo de abrasión o impacto que pueda romperlas. Después, se introducen las muestras una vez más en el horno hasta que estas se sequen por completo. Finalmente, el agregado debe volver a tamizarse a través de la malla en que se retuvo originalmente. Estas deben caer por gravedad, en ningún momento debe forzarse una partícula para que atraviese la malla.

1.3. Caracterización del residuo de trituración

Se presentan las características principales del residuo después de realizados los ensayos. En ellos se determinó que el material cumple con las características necesarias para ser utilizada como arena, pero la variación entre los datos debe ser un factor constante de análisis puesto que, durante la realización de los mismos, se observó que dichos valores presentaban variabilidad.

La granulometría observada cumple con las características de una arena fina. Así mismo, su módulo de finura se establece en un valor de 2,39 confirmando lo anterior mencionado.

Figura 15. Gráfica granulométrica correspondiente al residuo de trituración



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

Tabla VIII. Granulometría

Tipo de agregado					Residuo de trituración
Peso bruto:		1 217,68		Peso neto seco:	
Tara:	341,06				
Tamiz	P.b.r.	P.n.r.	% ret.	% rt ac	% pasa
1"	341,06	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	341,06	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	341,06	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	341,06	0,00	0,00	0,00	100,00
Núm. 4	394,20	53,14	6,06	6,06	93,94
Núm. 8	626,09	231,89	26,45	32,51	67,49
Núm. 16	795,74	169,65	19,35	51,87	48,13
Núm. 50	963,70	167,96	19,16	71,03	28,97
Núm. 100	1 020,36	56,66	6,46	77,49	22,51
Núm. 200	1 070,10	49,74	5,67	83,16	16,84

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

Se observa que el residuo de trituración tiene la desventaja de ser un material fácilmente erosionable por lo que presenta un porcentaje alto de erosión sin sobrepasar el límite máximo.

Tabla IX. **Resultados obtenidos de los ensayos realizados al residuo de trituración**

Módulo de finura	2,39	
Equivalente de arena	74,1	%
Gravedad específica	Gsb	2,7995
	Gsb (s.s.s)	2,8366
	Gsa	2,9072
Absorción	1,32	%
Peso unitario suelto	1 787	kg/m ³
Peso unitario compactado	1 851	kg/m ³
Partículas planas y alargadas	2,91	%
Abrasión mecánica	31,2	%

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

Tabla X. **Resistencia a los sulfatos del residuo de trituración**

Abertura tamices		Gradación por Fracción	Pesos		% de desgaste
Pasa	Retenido		Peso inicial	Peso final	
3/8 9,5 mm	Núm. 4 4,76 mm	1,17	100	99,29	0,71
Núm. 4 4,76 mm	Núm. 8 2,36 mm				
Núm. 8 2,36 mm	Núm. 16 1,18 mm	23,69	100	96,81	3,19
Núm. 16 1,18mm	Núm. 30 0,600 mm	14,12	100	96,73	3,27
Núm. 30 0,600 mm	Núm. 50 0,300 mm				
		10,22	100	97,34	2,66

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

2. DISEÑO DE MEZCLAS DE PRUEBA POR MÉTODO ACI

Se conoce como diseño de mezcla al proceso que se lleva a cabo para determinar la selección de ingrediente, así como sus cantidades ya sea en volumen o peso, que compondrán una mezcla de concreto según su uso.

La finalidad de este diseño es obtener la combinación calculada de cada uno de los materiales que componen la mezcla para que este alcance una resistencia requerida al cumplir el tiempo de fraguado de la mezcla y que este elemento soporte las cargas para el cual fue diseñado. Para ello se deben considerar ciertas variables en cada etapa del concreto.

Para el concreto fresco, se busca que tenga una trabajabilidad. Mientras que, una vez el concreto esté endurecido, se busca que cumpla con la resistencia requerida, así como una apariencia uniforme (libre de grietas) y una densidad y durabilidad aceptables.

Para determinar las proporciones adecuadas, existen diversos métodos que calculan de manera teórica las cantidades de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua que componen a la mezcla. Sin embargo, este proceso combina conocimientos teóricos con aquellos basados en la experiencia para determinar qué proporción es la adecuada para utilizar en el proyecto para el que se tiene pensado. Uno de estos métodos, fue ideado por el Instituto del concreto de América (ACI, por sus siglas en inglés).

2.1. Método ACI 211.1 para la elaboración de diseños de mezcla

Este método describe el procedimiento para la dosificación de concretos de cementos hidráulicos hechos con o sin otros materiales cementantes y aditivos químicos. Las dosificaciones elaboradas con este método implican el equilibrio entre la economía y los requisitos de colocación, resistencia, durabilidad, densidad y apariencia del concreto. Así mismo, se basan en un peso estimado de la mezcla de concreto por volumen unitario. Sin embargo, se debe prestar atención al hecho que esta dosificación es meramente teórica y que en campo se deben realizar las correcciones adecuadas, dependiendo de las características del material en sitio, tal es el caso de la humedad.

- Cálculo de la resistencia promedio requerida

Dependiendo del uso que se le vaya a dar al concreto, existen distintas normativas las cuales presentan requerimientos mínimos de resistencia de este material. Sin embargo, al ser un cálculo teórico, no se toma en consideración la calidad de los agregados a utilizar. Es por ello, que se lleva a cabo un aumento de la resistencia requerida originalmente para que, ante cualquier imprevisto, la resistencia requerida se alcance o se sobrepase al cumplirse el tiempo de curado del concreto.

Tabla XI. Resistencia a la a la compresión promedio

$f'c$ [kg/cm ²]	$f'c_r$ [kg/cm ²]
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Más de 350	$f'c + 98$

Fuente: HUANCA, Laura S. *Diseño de mezclas de concreto*. p. 7.7.

- Selección del asentamiento

En cualquier obra, la colocación variará según los requerimientos del elemento. Cuando no se solicita una consistencia específica, es posible utilizar la siguiente tabla como un marco de referencia para seleccionar el asentamiento adecuado.

Tabla XII. **Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción**

Revenimiento recomendado para diversos tipos de construcción		
Tipo	Asentamiento (cm)	
	Mínimo	Máximo
Muro, cimentación y zapatas	2,5	7,5
Zapata, cajones de cimentación y muros subestructura sencillos	2,5	7,5
Vigas y muros reforzados	2,5	10
Columnas para edificios	2,5	10
Pavimentos y losas	2,5	7,5
Concreto masivo	2,5	7,5

Fuente: ACI 211.1. *Proporcionamiento de mezclas para concreto normal, pesado y masivo.*
Sección 6.3. p. 21.

- Selección del tamaño nominal máximo del agregado

Para seleccionar el tamaño máximo nominal del agregado, se deben observar normativas estructurales en donde especifican el tamaño máximo de las partículas:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de los encofrados.
- 1/3 del peralte de la losa.

- “3/4 del espacio mínimo libre entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo”.⁵

Así mismo, es de considerar que, mientras más grande sea el diámetro de la partícula más grande, menor será el contenido de cemento requerido en la mezcla debido a que el área de adherencia entre partículas será menor.

- Estimación de la cantidad de agua y aire en la mezcla

$$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado} \left(\frac{l}{m^3}\right)}{\text{Peso específico del agua} \left(\frac{kg}{m^3}\right)} \quad [m^3]$$

Tabla XIII. **Requerimientos aproximados de agua de mezclado**

Asentamiento o slump	Agua en l/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3 a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	----- -
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3 a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	----- -

Fuente: ACI 211.1. *Proporcionamiento de mezclas para concreto normal, pesado y masivo.*

Sección 6.3.3. p. 23.

⁵ American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural.* Sección. 26.4.2.1.

- Selección de la relación agua cemento de acuerdo con la resistencia requerida

La relación agua/cemento se basa principalmente en los requisitos de resistencia y durabilidad del concreto. Sin embargo, aunque este método presenta una estimación de los datos que pueden ser utilizados para el diseño, las características de los materiales a utilizar pueden afectar el comportamiento de la resistencia en el concreto una vez haya fraguado en su totalidad.

Tabla XIV. **Relación agua/cemento**

Resistencia a la compresión (f'_{cr}) a los 28 días (kg/cm^2)	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0,41	-----
350	0,48	0,40
280	0,57	0,48
210	0,68	0,59
140	0,82	0,74

Fuente: ACI 211.1. *Proporcionamiento de mezclas para concreto normal, pesado y masivo.*
Sección 6.3.4. p. 24.

- Cálculo de contenido de cemento

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado} \left(\frac{l}{m^3}\right)}{\text{Relación } \frac{a}{c}} \quad [kg]$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} \quad [\text{m}^3]$$

- Cálculo del contenido del agregado grueso

Tabla XV. **Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto (b/b_o)**

Tamaño máximo del agregado grueso	Módulo de fineza del agregado fino			
	2,40	2,60	2,80	3
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: ACI 211.1. *Proporcionamiento de mezclas para concreto normal, pesado y masivo.*

Sección 6.3.6. p. 24.

$$\text{Peso seco del A. grueso} = \frac{b}{b_o} * (\text{Peso unitario comp. del A. grueso}) \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$$

$$\text{Vol A. grueso} = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}} \quad [\text{m}^3]$$

- Cálculo del contenido del agregado fino

El cálculo de la estimación de las cantidades del agregado grueso se puede clasificar se la siguiente manera:

$$\text{Vol. del A fino} = 1 - (A + B + C + D) \quad [m^3]$$

Donde:

- A: Volumen de agua [m³]
- B: Volumen de aire [m³]
- C: Volumen de cemento [m³]
- D: Volumen de agregado grueso [m³]

$$\text{Peso del A. fino} = (\text{Vol. del A. fino})(\text{Peso específico del A. fino})$$

Así mismo, este método ofrece una ecuación para determinar el peso del concreto fresco por metro cúbico:

$$U = 10,0(Ga)(100 - A) + C \left(1 - \frac{Ga}{Gc}\right) - W(Ga - 1)$$

Donde:

- U: Peso del concreto fresco por metro cúbico [kg]
- Ga: Promedio pesado del peso específico de la combinación de los agregados fino y grueso en condiciones seco saturadas.
- Gc: Peso específico del cemento (generalmente 3,15)
- A: Porcentaje del contenido de aire [%]
- W: Requerimiento de agua de mezclado [kg/m³]
- C: Requerimiento de cemento [kg/m³]

De esta forma, el contenido de agregado fino puede ser estimado como la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los demás componentes.

- Cálculo de proporciones en peso

Es común encontrar que el valor de las proporciones de materiales se encuentra en una serie de números, esto se realiza para saber qué proporciones corresponden a un metro cúbico de material y así, poder multiplicar dicho valor por la cantidad de metros cúbicos necesarios.

Cemento: Agregado fino: Agregado grueso: Agua

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. fino}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. grueso}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Agua en l}}{\text{Peso cemento}}$$

2.2. Parámetros utilizados para la elaboración de diseños de mezcla teóricos

Durante el proceso de análisis de estas mezclas de concreto, se observó que existen diversas variables que, al evaluarlas en conjunto, pueden presentar distintos resultados unas con otras. Entre las variables que se observaron que podrían ser evaluadas cambiando la proporción de materiales entre cada mezcla están:

- La relación entre agua y cemento de la mezcla de concreto.
- El proporcionamiento entre agregado grueso y agregado fino de las mezclas.

Así mismo, uno de los objetivos de la elaboración de dichos adoquines es observar si el residuo de trituración, al ser un material reciclado y por la tanto con diversas gradaciones contenidas en el mismo, mantiene una correlación entre los resultados que se obtengan al momento de ensayar por compresión los adoquines. Por ello, se tomó la decisión de realizar proporciones cuyo contenido sea meramente este residuo, cemento y agua, para así analizar el comportamiento de estos al exponerlos a cargas de compresión. Por consiguiente, se decidió llevar a cabo las siguientes proporciones:

Tabla XVI. **Proporciones con Residuo de trituración como agregado fino y 3/8" como agregado grueso**

Núm.	Cemento	Residuo de T.	3/8" - Núm.8	A/C
		50 %	50 %	
1	1	1,64	1,64	0,40
2	1	2,18	2,18	0,50
3	1	2,71	2,71	0,60
		70 %	30 %	
4	1	2,30	0,98	0,40
5	1	3,05	1,31	0,50
6	1	3,80	1,63	0,60
		90 %	10 %	
7	1	2,95	0,33	0,40
8	1	3,92	0,44	0,50
9	1	4,88	0,54	0,60

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

Tabla XVII. **Proporciones solamente con residuo de trituración**

Proporciones cuyo contenido pétreo es 100 % Residuo de trituración			
Núm.	Cemento	Residuo de T.	A/C
10	1	3	0,40
11	1	3	0,45
12	1	3	0,50
13	1	3	0,55
14	1	4	0,40
15	1	4	0,45
16	1	4	0,50
17	1	4	0,55
18	1	5	0,40
19	1	5	0,45
20	1	5	0,50
21	1	5	0,55
22	1	6	0,45
23	1	6	0,50
24	1	6	0,55
25	1	6	0,60

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

En las mezclas de concreto, se utilizó cemento de uso general en la construcción. Así mismo, los materiales a utilizar, tanto finos como gruesos, fueron obtenidos de la planta de trituración PADEGUA, S.A. ubicada en el municipio de Villa Canales, Guatemala. Dichas mezclas fueron calculadas, dosificadas y elaboradas en el Laboratorio Proequipos, S.A. ubicado en la Avenida Petapa, Guatemala.

Todos los parámetros necesarios para llevar la obtención de las proporciones para las mezclas de concreto con respecto a los agregados a utilizar, fueron obtenidos a partir de ensayos de laboratorio, estos son:

Tabla XVIII. **Resultados de laboratorio para el residuo de trituración**

Propiedad	Valor
Gravedad específica	2,8366
Peso unitario compactado [kg/m ³]	1 851
Peso unitario suelto [kg/m ³]	1 787
Absorción %	1,32
Módulo de finura	2,39

Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. *Informe de resultado Laboratorio.*

Tabla XIX. **Resultado de laboratorio para agregado de granulometría: 3/8" – Núm. 8**

Propiedad	Valor
Gravedad específica	2,7898
Peso unitario compactado [kg/m ³]	1 697
Peso unitario suelto [kg/m ³]	1 643
Absorción %	1,86

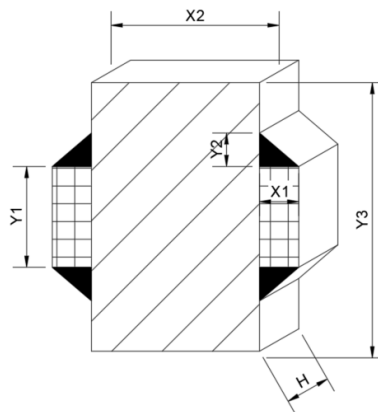
Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. *Informe de resultado Laboratorio.*

Así mismo, se determinó como parámetros iniciales un peso de 2 400 kg/m³ de concreto. Utilizando la tabla 13 se estimó que, para un asentamiento mínimo de entre 1 y 2 pulgadas, se usó un valor de 205 litros por metro cúbico de concreto. También, para el cálculo de las cantidades en peso se tomó un peso de 42,5 kilogramos, que corresponde al peso de un saco de cemento de uso general en la construcción.

2.3. Determinación de cantidades en peso a partir de las proporciones seleccionadas

Para llevar a cabo la realización de los adoquines se necesitó un total de 18 adoquines por mezcla de concreto, por ello, se calculó el volumen del adoquín con la finalidad de obtener el total de materiales necesarios, ya que estos tuvieron que ser transportados desde la planta de trituración hasta el laboratorio en donde serían fabricados y evaluados. Este volumen se determinó de la siguiente manera:

Figura16. Volumen de un adoquín



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD.

Basado en las variables expresadas en la imagen, el volumen se puede escribir:

$$\text{Vol} = x_2 * y_3 * H + 2 * x_1 * y_1 * H + 4 * \frac{1}{2} * x_1 * y_2 * H$$

$$\text{Vol} = 0,15 \text{ m} * 0,24 \text{ m} * 0,11 \text{ m} +$$

$$2 * 0,035 \text{ m} * 0,09 \text{ m} * 0,11 \text{ m} +$$

$$4 * \frac{1}{2} * 0,35 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 0,11 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = \underline{0,00488 \text{ m}^3}$$

2.3.1. Proporciones utilizando residuo de trituración y agregado grueso

Para determinar el peso de las proporciones, se utilizó como parámetro inicial un valor de 205 litros por metro cúbico de concreto, elegido a partir de la tabla 13 que establece la cantidad de agua de mezcla acorde al tamaño nominal máximo del agregado. Una vez establecida la relación agua cemento, se obtiene la cantidad de cemento. Ya que se eligió previamente la relación entre agregado fino y agregado grueso, se obtiene la diferencia del total de kilogramos de la mezcla de concreto y se multiplica por la proporción seleccionada

Agua:	0,40		205 l/m ³
Cemento:	1	205 x 0,40 =	512,5 kg/m ³
Agregados:	2 400 kg/m ³	- (205 l/m ³ + 512,5 kg/m ³) =	1 682,5 kg/m ³
Ag. fino:	50 %	1 682,5 kg/ m ³ x 0,5 =	841,25 kg/m ³
Ag. grueso:	50 %	1 682,5 kg/ m ³ x 0,5 =	841,25 kg/m ³
		Total	<u>2 400 kg/m³</u>

Posterior a ello, se obtienen las cantidades volumétricas de cada uno de los materiales que corresponden a un metro cúbico de concreto:

Cemento	512,5 kg/m ³	÷	42,5 kg/saco =	12,06 S./m ³
Ag. fino	841,25 kg/m ³	÷	1 851 kg/m ³ =	0,45 m ³
Ag. grueso	841,25 kg/m ³	÷	1 697 kg/m ³ =	0,50 m ³
Agua	205 l/m ³	÷	100 l/m ³ =	0,21 m ³

Como siguiente paso, se obtienen las cantidades volumétricas para un adoquín de concreto, tomando en consideración un 5 % de desperdicio:

Volumen de 1 adoquín + desperdicio = $0,00488(1+0,05) = 0,00513 \text{ m}^3$

Cemento	12,06 s/m ³	x	0,00513 m ³	=	0,062 sacos
Ag. fino	0,45 m ³	x	0,00513 m ³	=	0,002 m ³
Ag. grueso	0,50 m ³	x	0,00513 m ³	=	0,003 m ³
Agua	0,21 m ³	x	0,00513 m ³	=	0,001 l

Estos valores se multiplican por el valor de peso de los materiales y por la cantidad de adoquines a fabricar para obtener la totalidad de los materiales necesarios:

Cemento	0,062 sacos	x	42,5 kg/saco	x	18 adoq.	=	47,31 kg
Ag fino	0,002 m ³	x	1 851 kg/m ³	x	18 adoq.	=	77,65 kg
Ag grueso	0,003 m ³	x	1 697 kg/m ³	x	18 adoq.	=	77,65 kg
Agua	0,001 l	x	1 000 l/m ³	x	18 adoq.	=	18,92 l

Finalmente se obtienen los valores numéricos para mostrar la proporción apropiadamente basados en los pesos de los materiales obtenidos:

$$\frac{47,31 \text{ kg}}{47,31 \text{ kg}} : \frac{77,65 \text{ kg}}{47,31 \text{ kg}} : \frac{77,65 \text{ kg}}{47,31 \text{ kg}} : \frac{18,92 \text{ l}}{47,31 \text{ kg}}$$

$$1 : 1,64 : 1,64 : 0,40$$

Tabla XX. **Pesos de los materiales para la elaboración de mezclas con agregado fino y grueso**

Núm.	Proporciones				Pesos de cada material			
	Cem.	R.T.	3/8"	A/C	Cem. (kg)	R.T. (kg)	3/8" (kg)	Agua (l)
1	1	1,64	1,64	0,4	47,31	77,65	77,65	18,92
2	1	2,18	2,18	0,5	37,85	82,38	82,38	18,92
3	1	2,71	2,71	0,6	31,54	85,54	85,54	18,92
4	1	2,3	0,98	0,4	47,31	108,72	46,59	18,92
5	1	3,05	1,31	0,5	37,85	115,34	49,43	18,92
6	1	3,8	1,63	0,6	31,54	119,75	51,32	18,92
7	1	2,95	0,33	0,4	47,31	139,78	15,53	18,92
8	1	3,92	0,44	0,5	37,85	148,29	16,48	18,92
9	1	4,88	0,54	0,6	31,54	153,97	17,11	18,92

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

2.3.2. Proporciones utilizando solamente residuo de trituración

Para determinar el peso de las proporciones se tomó como parámetro inicial el valor en peso de un saco de cemento, es decir, 42,5 kilogramos. Con ello se obtuvo una proporción teórica para un saco de cemento:

Cemento	1	x	42,5 kg	=	42,5 kg
Residuo de T.	4	x	42,5 kg	=	170 kg
Agua	0,40	x	42,5 kg	=	17 l
	Total				<u>229,5 kg</u>

Como siguiente paso, se obtuvo un factor masada, el cual es el resultado de la división entre el peso de los materiales obtenido y el peso del concreto por metro cúbico:

$$\text{F.M} = 229,5 \text{ kg} \div 2\,400 \text{ kg/m}^3 = \underline{0,0956 \text{ m}^3}$$

Una vez obtenido el factor masada de la mezcla teórica, se dividen las cantidades en pesos de los materiales obtenidos anteriormente sobre este factor y se verifica el cálculo sumando los rendimientos de los materiales para que cumplan con un metro cúbico de concreto.

Cemento	42,5 kg	÷	0,0956 m ³	=	444,44 kg/m ³
Residuo de T.	170 kg	÷	0,0956 m ³	=	1 777,78 kg/m ³
Agua	17 kg	÷	0,0956 m ³	=	177,78 kg/m ³
	Total				<u>2 400,00 kg/m³</u>

Una vez obtenidas las cantidades en peso para un metro cúbico de concreto se obtienen las cantidades en volumen a partir del peso unitario compactado de los agregados fino y grueso, y el peso del saco de cemento:

Cemento	444,44 kg/m ³ ÷	42 5 kg/saco	=	10,46 sacos/m ³
Residuo de T.	1 777,78 kg/m ³ ÷	1 851 kg/m ³	=	0,96 m ³
Agua	177,78 kg/m ³ ÷	1 000 kg/m ³	=	0,18 m ³

Estos valores se multiplican por el valor de volumen de los adoquines obtenidos anteriormente, sumado a ello, se aumenta un 5 % al volumen que será considerado como desperdicio:

$$\text{Volumen de 1 adoquín + desperdicio} = 0,00488(1+0,05) = 0,00513 \text{ m}^3$$

Cemento	10,46 S/m ³	x	0,00513 m ³	=	0,054 sacos
Residuo de T.	0,96 m ³	x	0,00513 m ³	=	0,005 m ³
Agua	0,18 m ³	x	0,00513 m ³	=	0,001 m ³

Estos valores se multiplican por el valor de peso de los materiales y por la cantidad de adoquines a fabricar para obtener la totalidad de los materiales necesarios para llevar a cabo la mezcla correspondiente a dicha proporción.

Cemento	0,054 s/adoq.	x	42,5 kg/saco	x	18 adoq.	=	<u>41,03 kg</u>
Residuo de T.	0,005 m ³	x	1 851 kg/m ³	x	18 adoq.	=	<u>164,10 kg</u>
Agua	0,001 m ³	x	1 000 l/m ³	x	18 adoq.	=	<u>16,41 l</u>

Finalmente, estos valores se comprueban regresando a los valores iniciales de la proporción para corroborar su veracidad:

$$\frac{41,03 \text{ kg}}{41,03 \text{ kg}} : \frac{164,10 \text{ kg}}{41,03 \text{ kg}} : \frac{16,41 \text{ l}}{41,03 \text{ kg}}$$

$$1 : 4 : 0,40$$

Tabla XXI. **Pesos de los materiales para la elaboración de mezclas solamente con agregado fino**

Núm.	Cem.	R.T.	A/C	Cem. (kg)	R.T. (kg)	Agua (l)
10	1	3	0,40	50,35	151,05	20,14
11	1	3	0,45	49,78	149,35	22,40
12	1	3	0,50	49,23	147,69	24,61
13	1	3	0,55	48,69	146,07	26,77

Continuación de tabla XXI.

14	1	4	0,40	41,03	164,10	16,41
15	1	4	0,45	40,65	162,60	18,29
16	1	4	0,50	40,28	161,12	20,14
17	1	4	0,55	39,92	159,67	21,95
18	1	5	0,40	34,62	173,08	13,84
19	1	5	0,45	34,35	171,74	15,45
20	1	5	0,50	34,08	170,41	17,04
21	1	5	0,55	33,82	169,11	18,60
22	1	6	0,45	29,74	178,42	13,38
23	1	6	0,50	29,54	177,23	14,76
24	1	6	0,55	29,34	176,06	16,13
25	1	6	0,60	29,15	174,90	17,49

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

2.3.3. Corrección de las proporciones previamente seleccionadas debido al contenido de humedad

Las proporciones calculadas de manera teórica consideran cierta idealización de los materiales utilizados. Sin embargo, en campo, los materiales no siempre se encuentran en dichas condiciones. Una mezcla cuyos agregados se encuentren secos al aire absorberá agua, lo cual disminuirá su relación de agua y cemento, así como la trabajabilidad. Por el contrario, si estos materiales se encuentran en condiciones saturadas, el exceso de agua en los agregados aumentará la relación de agua y cemento, por ende, disminuirá la resistencia a la compresión final.

Por lo tanto, es importante calcular los ajustes por humedad para que la mezcla de concreto sea idónea para la colocación de esta.

Para ello, se debe conocer la humedad contenida en el material y el porcentaje de absorción de los agregados finos y gruesos utilizados en la mezcla.

El primer paso es corregir el peso de los agregados pues, al basarse en este, el contenido de agua se encuentra involucrado en el pesaje, disminuyendo la cantidad de agregado y aumentando la cantidad de agua en la mezcla.

$$\text{Peso del A. grueso húmedo} = (\text{Peso del A.G. seco}) * \left(1 + \frac{\% \text{ humedad}_{A.G.}}{100} \right)$$

$$\text{Peso del A. fino húmedo} = (\text{Peso del A. F. seco}) * \left(1 + \frac{\% \text{ humedad}_{A.F.}}{100} \right)$$

Así como se corrige el peso de los agregados, se recalcula el contenido de agua en la mezcla, este considera tanto la absorción como el contenido de humedad puesto que, el cálculo de las proporciones se basa en materiales seco saturados. Si estos materiales están secos, es decir, con un porcentaje de humedad menor que el porcentaje de absorción, es necesario aumentar el contenido de agua de la mezcla final.

$$\text{Agua en A. grueso} = (\text{Peso A.G. seco}) * \left(\frac{\% \text{ humedad}_{A.G.} - \% \text{ Absorción}_{A.G.}}{100} \right)$$

$$\text{Agua en A. fino} = (\text{Peso A.F. seco}) * \left(\frac{\% \text{ humedad}_{A.F.} - \% \text{ Absorción}_{A.F.}}{100} \right)$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua del diseño} - (\text{Agua en A. fino} + \text{Agua en A. grueso})$$

Finalmente se corrige la proporción encontrada para posteriores documentaciones.

$$\frac{\text{cemento (kg)}}{\text{cemento (kg)}} : \frac{\text{A.F. húmedo (kg)}}{\text{cemento (kg)}} : \frac{\text{A.G. húmedo (kg)}}{\text{cemento (kg)}} : \frac{\text{Agua efectiva (l)}}{\text{cemento (kg)}}$$

2.4. Control de calidad de la mezcla de concreto

Para que el concreto sea considerado de calidad, este debe ser estudiado y evaluado desde su proceso de mezclado, pasando por la colocación y finalizando en el endurecimiento en sitio. Para ello, este debe ser observado cuidadosamente durante su proceso de elaboración, en donde debe observarse que la mezcla tenga apariencia semifluida, libre de grumos provocados por un mezclado pobre, una temperatura adecuada, entre otros.

2.4.1. Ensayo de asentamiento

Este ensayo es utilizado para determinar la resistencia del concreto en estado plástico, basado en el revenimiento o la reducción de la altura de la mezcla producto del retiro de un molde en forma de cono truncado. Este ensayo se encuentra especificado en la norma COGUANOR NTG 41052, la cual especifica el siguiente procedimiento:

- Preparación del molde

El molde consiste en un cono truncado, así mismo este hace uso de una varilla apisonadora de 5/8 de pulgada. Este molde se humedece y se coloca sobre una superficie plana, rígida, no absorbente, comúnmente se utiliza una placa de metal que mantiene el molde firmemente en su lugar.

- Llenado del molde

Una vez realizada la mezcla, se verifica que esta tenga una apariencia homogenizada. Posterior a ello se sujeta firmemente el cono y se llena hasta una altura de $1/3$ del volumen de este.

La mezcla se apisona 25 veces con la varilla de acero, evitando que este toque tanto las paredes del molde como el fondo de la superficie plana en la que se encuentra.

Se realiza el mismo procedimiento con la segunda y tercera capa, teniendo cuidado que las 25 veces que se apisona cada capa solo penetre la capa en sí.

- Medición del asentamiento

El molde debe ser levantado verticalmente hacia arriba en un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos sin ocasionar movimiento lateral o torsión. Después, se coloca el molde de manera invertida a un lado y se coloca la varilla sobre él. Finalmente, se mide la distancia entre la varilla y la cara superior del concreto. Con este valor se verifica que el asentamiento cumpla con lo escrito en la documentación.

2.4.2. Desarrollo de la resistencia máxima a compresión del concreto endurecido

Por medio de la experimentación se ha determinado que, para la mayoría de las mezclas de concreto elaboradas con cemento de uso general en la

construcción, la resistencia a compresión del concreto se desarrolla en su totalidad a una edad de 28 días.⁶

Durante ese período de fraguado, si estos no son propiamente curados, el aumento de temperatura puede provocar agrietamientos, calcinamiento de las partículas que componen el concreto y la reducción de la resistencia, volviéndolo más frágil a las aplicaciones de cargas sobre los elementos.

Tabla XXII. **Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto**

Porcentajes de dureza del concreto	
Días	Porcentaje (%)
1	16
3	40
7	65
14	90
28	99

Fuente: MAHADEVA, K.C. Revista internacional de investigación y tecnología en ingeniería. *Propiedades de la resistencia del concreto al reemplazar el agregado grueso por las rocas de gabro*. Tabla Núm. 3. p. 580.

⁶ KOSMATKA, Stiven; KERKHOFF, Beatrix; PARANESE, William; TANESI, Jussara. *Diseño y control de mezclas de concreto*. p. 3.

3. ADOQUINES

Los adoquines son elementos prefabricados de concreto cuya base tiene forma de prisma recto. Estos son elementos individuales que, unidos entre sí, permiten crear superficies completas conocidas como pavimentos articulados, los cuales se ubican sobre una capa delgada de arena compactada, conocida como subbase, y a su vez sobre una base granular que servirá como drenaje.

3.1. Tipos

Los más utilizados son los rectangulares y están disponibles en gris, amarillo, negro, rojo y naranja. Y los bicapa cuya coloración artificial se aplica únicamente en la superficie, reduciendo el precio de los mismos.

3.1.1. Monocapa

Elemento conformado de una sola capa de concreto. Suelen ser de un solo color y de diferentes formas por motivos estéticos. Se utilizan para decorar los pavimentos, generalmente plazas, paseos y zonas peatonales, así como para colocar señalizaciones en el suelo en el caso de las zonas de paso vehicular.

3.1.2. Bicapa

Este tipo de adoquín está compuesto de dos capas de concreto, una inferior y otra superior (de desgaste) de diferentes características.

La capa de desgaste no deberá tener menos de 8 mm de espesor y en ningún momento debe existir separación entre estas dos capas.

3.2. Clasificación

Existen tres clasificaciones distintas: tipo A, B y C. Estas se basan puramente en la resistencia a la flexión, la absorción del elemento y la resistencia a la abrasión. A continuación, se presenta su clasificación y uso:

3.2.1. Tipo A – Uso industrial y de tránsito pesado

Este puede ser utilizado en zonas sometidas a grandes cargas de tránsito pesado, tales como puestos, aeropuertos, patios industriales, terminales de autobuses, entre otros.

3.2.2. Tipo B – Uso en tránsito liviano

Elemento prefabricado en concreto que se utiliza ampliamente para tránsito de vehículos livianos y espacios públicos como andenes o parques. Es de fácil instalación al no requerir ningún tipo de pegamento, sobre una capa de arena fina, lo que permite la reutilización de los mismos en caso de tener que reafirmar terrenos o instalar tuberías.

3.2.3. Tipo C – Uso peatonal

Como su nombre lo indica, su uso se restringe solamente a zonas peatonales, tales como aceras y otros espacios públicos. Incluye desde tránsito peatonal muy bajo hasta zonas céntricas de la ciudad como centros empresariales, centros de comercio, áreas de mercado, entre otros.

Tabla XXIII. **Marcado de adoquines según su clasificación**

Clase	Color
A	Azul
B	Rojo
C	Verde

Fuente: COGUANOR. *Norma COGUANOR NTG 41086. Adoquines de concreto para pavimento.* p.8.

3.3. Elementos que conforman un adoquín

Los materiales más utilizados para su construcción han sido el granito, por su gran resistencia y facilidad para el tratamiento y, sobre todo, el basalto que a su dureza se le añade la mayor facilidad de corte. Los adoquines son piezas prefabricadas de hormigón en masa, normalmente bicapa, que pueden tener multitud de tamaños y formatos.

3.3.1. Superficie de rodadura

Esta es la capa superficial del adoquín, soporta directamente la carga vehicular y peatonal. Esta es la capa visible que tiende a llevar una capa de color como decoración en áreas urbanas tales como colonias, banquetas, parques, entre otros.

3.3.2. Bisel

Un bisel es el borde que se encuentra inclinado de la cara expuesta de un adoquín. Este limita la superficie de desgaste, evitando que las aristas se rosen entre sí y provoquen desgastes que posteriormente podrían convertirse en fracturas.

3.3.3. Separador

Los elementos separadores son pequeños perfiles salientes situados en las caras laterales de un adoquín. Estos permiten que las caras no se rosen entre sí cuando el pavimento está actuando de manera flexible frente a las cargas aplicadas. El ancho debe estar entre 4 a 15 mm, su espesor debe ser de $2 \pm 1,5$ mm y su longitud debe ser como mínimo tres cuartas partes del espesor total del adoquín.

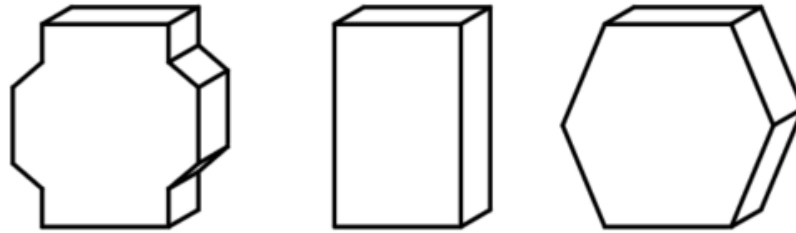
3.4. Características físicas

Son aquellas características palpables las cuales son de suma importancia para el acabado estético. Así mismo, la determinación de características físicas tales como fisuras o deformaciones, brindan parámetros preliminares de las características mecánicas y de la calidad de dicho adoquín.

3.4.1. Forma

Estos tienen diferentes formas geométricas. No importando la forma, estos deben cumplir con la condición de tener un rectángulo inscrito que cumpla con las especificaciones mínimas geométricas establecidas en la norma. Este es el rectángulo de mayor área que se puede inscribir dentro de la cara inferior del adoquín.

Figura 17. **Formas en las que se pueden encontrar los adoquines**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.4.2. Apariencia

Todos los adoquines deben estar sanos y libres de fisuras y otros defectos que interfieran con el proceso de colocación, o que perjudiquen significativamente el comportamiento y estabilidad del pavimento. Si estos presentan fisuras desde el momento de la compra, quiere decir que no fueron curados apropiadamente y que dichos elementos no tendrán la resistencia requerida.

3.4.3. Textura

Esta dependerá del fabricante. Estos pueden ser lisos, teniendo en cuenta que no debe existir deslizamiento entre la llanta del vehículo o la suela del zapato con la capa superficial del pavimento. Así mismo, la superficie no debe presentar desprendimiento de partículas pétreas con el rose, puesto que el constante paso de vehículos y peatones puede desgastar más rápido la superficie y la vida útil del adoquín se vería afectado.

3.4.4. Color

Según el criterio del fabricante, puede colorearse la capa superficial o toda la unidad. Sin embargo, este color no puede diferir entre las muestras entregadas al interesado o incluso entre los adoquines pertenecientes al mismo lote. El color no tiene influencia en la calidad del adoquín, este puede ser meramente estético, ya sea para crear mosaicos o para delimitar terrenos, parqueos, entre otros.

3.5. Características geométricas

La determinación de estas características es de suma importancia. Para ello, se establecen tolerancias en la norma que se deben seguir puesto que estos elementos trabajan en conjunto. Si estos elementos no embonan entre sí pueden crear puntos frágiles que generarán fisuras en el futuro, ya sea producto de la ruptura de uno o más adoquines o del fallo en el suelo compactado.

3.5.1. Largo

Se conoce como largo real a la dimensión de la prolongación del eje mayor del rectángulo inscrito hasta donde intercepta las caras del espécimen. Por el contrario, el largo nominal es igual al largo especificado más un ancho de junta estándar. Esta medida es preferible tomarla con vernier para obtener la mayor cantidad de cifras significativas posible y posteriormente obtener un promedio de largos.

3.5.2. Ancho

El ancho real es igual a la dimensión de la prolongación del eje menor del rectángulo inscrito hasta donde interpreta las caras del espécimen. Así mismo, el

ancho nominal es igual al ancho especificado más un ancho de junta estándar. Este se debe especificar para cada tipo de adoquín según su forma, identificando el rectángulo intrínseco en la superficie del elemento.

3.5.3. Espesor

El espesor real de un adoquín es igual al espesor medido del espécimen perpendicular a la cara de desgaste e igual a la distancia entre la cara de desgaste y la cara de apoyo, mientras que el espesor nominal es la dimensión del adoquín, tal como la especifica el productor, medida en dirección perpendicular a la superficie de desgaste.

Tabla XXIV. **Características geométricas de los adoquines**

Características geométricas	
Espesor	≥ 60 mm
Relación (largo real / ancho nominal)	$\leq 2,5$
Relación (largo real / espesor real)	≤ 4

Fuente: Norma COGUANOR NTG 41086. *Adoquines de concreto para pavimento*. p.8.

3.6. Características mecánicas

Las características mecánicas son aquellas que solo se obtienen a partir de ensayos, en su mayoría destructivos. Para realizarlos, la muestra para ensayo debe incluir como mínimo nueve adoquines por cada día que se vayan a realizar dichas pruebas durante el tiempo de fraguado de la mezcla que compone al elemento. (Tres para el ensayo de resistencia a la compresión, tres para el ensayo de absorción y tres para el ensayo del desgaste).

3.6.1. Módulo de ruptura

El módulo de ruptura es un ensayo destructivo el cual se define como la tensión máxima que un espécimen de prueba rectangular puede soportar en una prueba de flexión de 3 puntos hasta que se rompe, expresado en N/mm² o MPa. En este ensayo el adoquín se introduce en una máquina que aplica fuerza hasta que este se fisure a lo largo del eje central.

Tabla XXV. **Clasificación de los adoquines según su resistencia a la flexión**

Clase	Espesores mínimos del adoquín (mm)	Resistencia mínima a la flexión del adoquín			
		Promedio de 3 adoquines		Mínimo de un adoquín individual	
		MPa	(kg/cm ²)	MPa	(kg/cm ²)
A	80	5,4	5,4	5,4	5,4
B	80	55	55	55	55
C	60	4,6	4,6	4,6	4,6

Fuente: COGUANOR. Norma COGUANOR NTG 41086. *Adoquines de concreto para pavimento*. p.10.

3.6.2. Absorción

En este ensayo, los adoquines deben ser sumergidos por lo menos una pulgada por encima de la superficie con la finalidad de que este llene cada uno de los vacíos internos y se puede determinar cuánta agua absorbe y retiene después de un minuto de estar a la intemperie.

La Norma Guatemalteca COGUANOR NTG 41086 clasifica los adoquines por clase, basándose en la absorción como se indica en la tabla:

Tabla XXVI. **Porcentaje de absorción del adoquín según su clasificación**

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

Fuente: COGUANOR. Norma COGUANOR NTG 41086. *Adoquines de concreto para pavimento*. p.11.

3.6.3. Desgaste superficial

El desgaste superficial en pisos y pavimentos de concretos y adoquines, es la propiedad que tiene una superficie para resistir el desgaste por roce, frotamiento y fricción. Este fenómeno se origina de varias maneras, siendo las más comunes las atribuidas a condiciones de servicio como son el tránsito de peatones y vehículos. Esta puede ser determinada por medio de dos ensayos diferentes:

Tabla XXVII. **Resistencia a la abrasión**

Método de ensayo	Valor
Mediante arena y disco metálico	≤ 23 mm
Ensayo de Böhme	$\leq 20\ 000$ mm ³ / 5 000 mm ²

Fuente: COGUANOR. Norma COGUANOR NTG 41086. *Adoquines de concreto para pavimento*. p. 11.

3.7. Control de calidad

Estas son realizadas por parte del fabricante, el cual deberá demostrar la conformidad de sus productos con las normas establecidas. Estos controles deben incluir inspecciones regulares, comprobaciones y ensayos, y la utilización de los resultados para controlar las materias primas de fabricación y el producto acabado. Se deben realizar ensayos tanto para las características físicas como para las mecánicas.

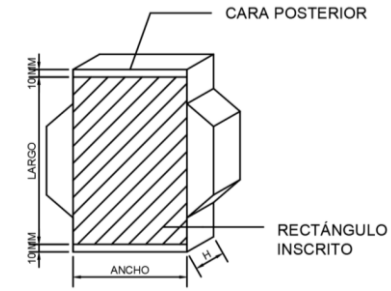
3.7.1. Geometría

Al determinar la geometría, se presta especial atención al rectángulo inscrito, el cual es el rectángulo de mayor área que se puede inscribir dentro de la cara inferior del adoquín. Una vez encontrado, se debe dibujar el eje mayor y menor. Posteriormente, se dibujan dos líneas paralelas al eje menor a una distancia de 10 mm de cada lado.

La medición del largo y ancho real promedio se deben tomar a lo largo del eje mayor y el eje menor del rectángulo. Deben ser como mínimo 2 mediciones en cada eje. Posteriormente, se debe realizar un promedio de los 5 adoquines utilizados como muestra. Esta medida no debe diferir del largo y ancho nominal en más de ± 2 mm.

Para el espesor real, deben tomarse cuatro mediciones por cada adoquín que compone la muestra. Luego de sacar el promedio del mismo, se debe verificar que la diferencia entre el mayor espesor y el menor espesor de los adoquines de la muestra no sea mayor a 2 mm. Así mismo, es necesario verificar que las medidas del espesor real promedio de cada espécimen no varíen ± 3 mm del espesor nominal.

Figura 18. **Geometría del adoquín**

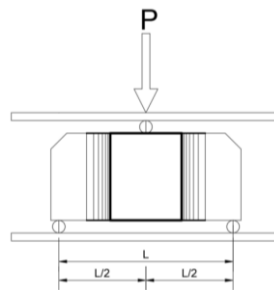


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.7.2. **Módulo de ruptura**

Antes de ensayar el adoquín, los adoquines deben ser marcados y deben permanecer en inmersión de 22 a 26 horas. Posteriormente, se deben dejar escurrir durante un minuto sobre una malla y finalmente secar el agua. El adoquín debe colocarse como una viga simplemente apoyada con la superficie de desgaste hacia arriba de la siguiente forma:

Figura 19. **Colocación del adoquín en la máquina**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Estas barras deben tener un diámetro entre 9,5 y 16 mm. Las barras de acero deben colocarse como mínimo 10 milímetros hacia adentro de los lados de la cara inferior.

La carga aplicada por la máquina universal se transmite a través de la barra superior colocada sobre la superficie de desgaste. Esta carga se debe aplicar a una velocidad aproximada de 0,5 megapascales por segundo hasta que se alcance la ruptura del adoquín.

- Cálculo del módulo de ruptura

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

Donde:

MR:	Módulo de ruptura	[Mpa]
P:	Carga máxima aplicada	[N]
L:	Distancia entre ejes de apoyo	[mm]
B:	Longitud del eje menor del rectángulo inscrito	[mm]
H:	Espesor del adoquín	[mm]

3.7.3. Absorción

Las muestras se sumergen completamente dentro de un recipiente lleno de agua, esta debe estar a una temperatura entre 15 y 27 °C. La superficie del agua debe estar como mínimo una pulgada por encima de la superficie del adoquín durante un período de 24 ± 2 horas.

Transcurrido ese período, se retira la muestra del recipiente lleno, se transporta a la balanza para medir el peso del adoquín en el agua. Posteriormente, se coloca una malla por aproximadamente un minuto, luego se seca con un paño seco para retirar el exceso de agua y se mide el peso seco saturado del adoquín.

Después, se introduce el adoquín dentro del horno a una temperatura aproximada de 105 ± 5 °C las muestras se quedarán en el horno por un tiempo aproximado de 24 ± 2 horas. Luego de ese período, se retira el adoquín cada dos horas y se pesa hasta que este no presente diferencias entre la medición anterior y la última medición tomada.

$$Absorción = \frac{W_{sat} - W_{seco}}{W_{sat} - W_{sum}} \times 1\,000 \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$Absorción = \frac{W_{sat} - W_{seco}}{W_{sat}} \times 100 \quad [\%]$$

Donde:

W_{sat} : Peso saturado [kg]

W_{sum} : Peso sumergido [kg]

W_{seco} : Peso seco después de introducir al horno [kg]

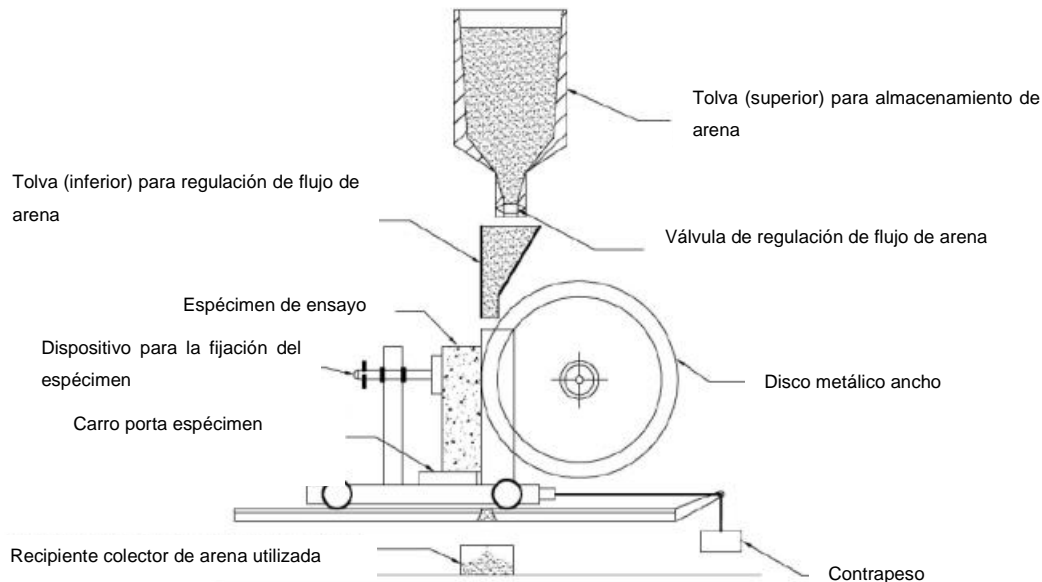
3.7.4. Desgaste superficial

Este ensayo hace referencia a la pérdida de finos en la superficie de un adoquín, creando una textura irregular, depresiones, fracturamiento, escalonamiento entre adoquín y confinamiento, pérdida de arena, abultamiento, entre otros. Para obtener esta información pueden realizarse dos ensayos distintos:

3.7.4.1. Método de arena y disco metálico

Para este ensayo, se debe ensayar una unidad limpia y seca cuya cara superior sea plana. Para determinar esta planicidad, se debe utilizar una regla recta y laminillas calibradas de acero de 1 mm. De no cumplir con esto, se debe pulir hasta alcanzar la planicidad requerida.

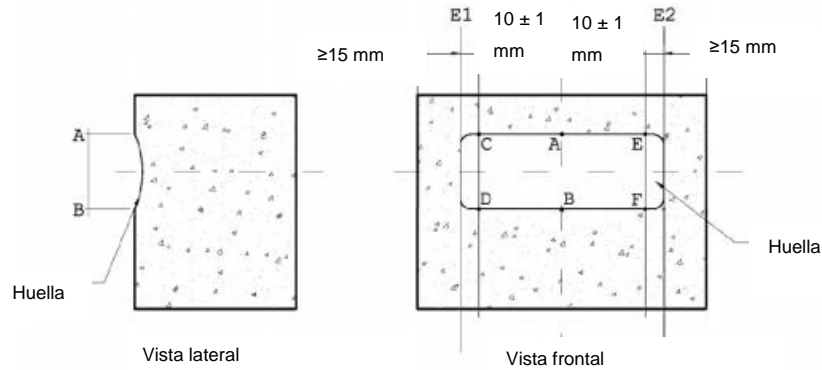
Figura 20. Máquina de desgaste



Fuente: Comité Guatemalteco de Normas. NTG 410087 h2. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto.* Sección 3.2. p. 6.

Se debe colocar el adoquín en el carro de forma que este produzca la huella con una distancia mínima de cualquier borde de 15 mm. Luego, se coloca en contacto con el disco. La máquina debe completar 75 revoluciones en un tiempo aproximado de 57 a 63 segundos.

Figura 21. **Medición de la huella**



Fuente: Comité Guatemalteco de Normas. NTG 410087 h2. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto.* Sección 4.4. p. 11.

Para determinar la longitud de la huella se debe utilizar un calibrador, comúnmente se utiliza un vernier, en los puntos A y B que se encuentran al centro de la huella. Para aceptar o rechazar este valor, se deben realizar dos líneas más, en los puntos C, D, E y F. Estos puntos deben colocarse a 10 ± 1 mm de los extremos de la huella. Si la diferencia entre estas tres líneas es menor a un milímetro, la medición puede ser aceptada. Posteriormente, se mide la longitud de la huella resultante:

$$L.H. = AB + (20 - V_c) \quad [\text{mm}]$$

Donde:

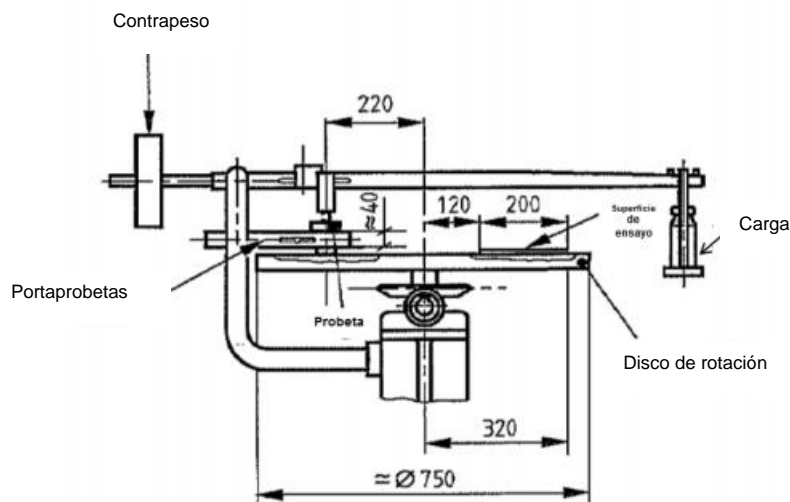
- L.H.: Longitud de la huella resultante [mm]
 V_c: Valor de calibración de la máquina [mm]
 AB: Longitud de la huella medida [mm]

Este valor encontrado se debe presentar con una aproximación de 0,5 mm.

3.7.4.2. Método de Böhme

Para obtener la muestra que se debe colocar en la máquina, se debe dibujar un cuadrado de $70 \times 70 \pm 15$ mm y luego se corta con una sierra para formar un cubo de esas dimensiones en cada uno de sus lados. Este cubo debe colocarse en el horno por un tiempo de 24 ± 2 horas para asegurarse que este esté completamente seco. Después, se miden las caras del cubo, las cuales serán tomadas como lecturas iniciales.

Figura 22. Máquina para ensayo de Böhme



Nota: las medidas están en milímetros

Fuente: Comité Guatemalteco de Normas. NTG 410087 h2. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto.* Sección 10.3.6. p. 16.

Una vez seco, se pesa la muestra y se registra como el peso inicial. Se coloca la probeta en el disco giratorio y se vierten 20 gramos del material abrasivo sobre el disco que girará en contacto con la superficie de la probeta. Luego, se

coloca el soporte con la cara de contacto hacia arriba y se carga centralmente con 294 ± 3 Newtons. Se gira el disco cuidando que el material abrasivo permanezca distribuido uniformemente sobre el área definida.

Esta muestra se expone a 16 ciclos, por cada ciclo finalizado se limpia y se descarta el material abrasivo, colocando 20 gramos nuevos por cada ciclo iniciado. Finalmente, se miden nuevamente los cuatro lados de la superficie de desgaste, se pesa la muestra por segunda vez y se procede a realizar el cálculo del valor de desgaste de Böhme.

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

Donde:

ΔV :	Pérdida de volumen después de 16 ciclos	[mm ³]
Δm :	Pérdida de masa después de 16 ciclos	[g]
ρR :	Densidad de la probeta	[g/mm ³]

Este valor se registra al número completo más cercano a 1 000 mm³ por 5 000 mm².

4. PROCESO DE FABRICACIÓN DE ADOQUINES UTILIZANDO RESIDUO DE TRITURACIÓN

4.1. Control de la humedad de los materiales pétreos a utilizar

Los materiales utilizados fueron colocados sobre superficies impermeables dentro del laboratorio para retener la humedad contenida, así como para evitar que las condiciones climáticas aumentarán el contenido de agua y así obtener el valor del porcentaje de humedad el día que sería utilizado el material para la mezcla. Este valor se determinó por medio de *Speedy*, tanto para el material fino como para el grueso.

Figura 23. Pila de agregado fino



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

4.2. Mezclado de los materiales

Para verificar la calidad de la mezcla, de manera preliminar se realizó una mezcla de prueba en la que se corroboró que esta fuera adecuada para una mayor producción. Se realizó en bandejas metálicas para asegurarse que el contenido de agua permaneciera constante a lo largo del mezclado.

Figura 24. **Mezclado de los materiales**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

Gracias a este procedimiento, se observó que para una mezcla de proporciones 1:6:0,40, el contenido de agua no fue suficiente para mantener la cohesión necesaria y, al momento de retirar el adoquín, las partes frágiles, en este caso las aristas, presentaron desmoronamiento de las partículas. Por lo que, se procedió a continuar con el siguiente punto en relación agua/cemento: 0,45.

Figura 25. **Abatimiento de las partículas debido a mezcla seca**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

4.3. Moldeado de los adoquines

Una vez realizada la mezcla, se colocó dentro del molde para proceder con el apisonado para así compactar las partículas y que, al retirar el molde estas retengan su forma.

Figura 26. **Colocación de la muestra en el molde**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

4.4. Almacenamiento y curado

Los adoquines fueron almacenados dentro del laboratorio para asegurar que los resultados posteriores no se vieran afectados por las condiciones climáticas. El método de curado utilizado fue el riego constante, estos adoquines fueron regados un mínimo de 2 veces al día a lo largo de los 28 días de curado que se aplicó a los adoquines.

Figura 27. **Almacenado de los adoquines**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

4.5. Evaluación del módulo de ruptura a los 7, 14 y 28 días

Para verificar que los valores de módulo de compresión deseados fueran alcanzados, se evaluaron 5 adoquines durante tres periodos de tiempo distintos. Haciendo un total de 15 adoquines ensayados a los 7, 14 y 28 días a partir del desencofrado de estos. Para ello, los adoquines fueron marcados y colocados dentro de la maquina universal como se muestra a continuación:

Figura 28. **Colocación del adoquín en la máquina universal**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

Posteriormente, se le aplicó carga a velocidad constante hasta la ruptura. Para que este ensayo fuera exitoso, la grieta provocada por los puntos de carga se debió transmitir a lo largo del centro del adoquín desde la cara de desgaste hasta la cara inferior del adoquín, de no ser así, se desechó la prueba y se utilizó otro adoquín para obtener los resultados requeridos.

Figura 29. **Aceptación de la ruptura de los adoquines**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

Figura 30. **Rechazo de la ruptura de los adoquines**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

4.6. Determinación del porcentaje de absorción

Una vez cumplidos los 28 días que se le otorgaron a los adoquines de curado, se llevó a cabo el procedimiento para obtener el valor de absorción de estos.

Figura 31. **Colocación de los adoquines en el horno**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A. Petapa. 2020.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de haber obtenido todos los resultados, se procedió al análisis de los mismos, iniciando por la apariencia de estos. Se observó que, para los adoquines cuyas mezclas contenían agregado grueso, así como las proporciones 1:3 y 1:4 los adoquines presentaron superficies de textura lisa, sin fracturas en sus esquinas, biseles y separadores acorde a la normativa.

Sin embargo, al analizar la apariencia de los adoquines con proporciones 1:5 y 1:6, la cantidad de agregado fino, al ser cinco y seis veces mayor que la cantidad cemento en la mezcla, las aristas del adoquín presentaron desmoronamiento en ciertos adoquines posterior al desencofrado y a lo largo de los 28 días de curado, lo que dio un precedente para determinar que la cohesión de las partículas fue insuficiente, es decir, el material adherente, en este caso, el cemento, fue insuficiente.

Figura 32. **Apariencia de los adoquines**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

5.1. Módulo de ruptura

Al evaluar los resultados a los 28 días, se observó que los adoquines cuyas mezclas contenían agregado grueso, así como aquellas con proporción 1:3 y 1:4 obtuvieron un valor de módulo de ruptura que los clasifica como tipo A. de igual manera, los adoquines con relaciones 1:5 y 1:6 fueron clasificados como tipo B. utilizando este y los resultados del análisis de la apariencia, se observó que la calidad de los adoquines cuyo contenido incluía agregado grueso así como una baja proporción entre el cemento y el agregado fino poseen mejores características que aquellos con mayor contenido de agregado fino.

Tabla XXVIII. **Resultados del valor de módulo de ruptura**

Núm.	Cemento : Res. De T. : 3/8" - No. 8 : A/C				M. de ruptura (Mpa)			Adoquín tipo			
					7 días	14 días	28 días				
1	1	:	1,64	:	1,64	:	0,4	5,9	8,2	8,7	A
2	1	:	2,18	:	2,18	:	0,5	5,7	7,9	8,5	A
3	1	:	2,71	:	2,71	:	0,6	5,3	7,3	8,0	A
4	1	:	2,3	:	0,98	:	0,4	5,3	7,2	7,8	A
5	1	:	3,05	:	1,31	:	0,5	4,5	6,4	7,2	A
6	1	:	3,8	:	1,63	:	0,6	4,6	6,3	6,9	A
7	1	:	2,95	:	0,33	:	0,4	4,5	6,2	6,8	A
8	1	:	3,92	:	0,44	:	0,5	4,1	5,5	6,2	A
9	1	:	4,88	:	0,54	:	0,6	3,7	5,1	5,7	A
10	1	:	3	:		:	0,4	5,7	8,0	8,7	A
11	1	:	3	:		:	0,45	5,7	7,7	8,4	A
12	1	:	3	:		:	0,5	5,1	7,2	8,0	A
13	1	:	3	:		:	0,55	4,9	6,5	7,3	A
14	1	:	4	:		:	0,4	5,0	7,0	7,6	A
15	1	:	4	:		:	0,45	4,6	6,4	7,1	A
16	1	:	4	:		:	0,5	4,1	5,8	6,3	A
17	1	:	4	:		:	0,55	4,0	5,6	6,2	A
18	1	:	5	:		:	0,4	4,9	6,9	7,7	A
19	1	:	5	:		:	0,45	4,0	5,5	6,0	A

Continuación de tabla XXVIII.

20	1	:	5	:	:	0,5	3,0	4,2	4,6	B
21	1	:	5	:	:	0,55	2,8	3,9	4,3	B
22	1	:	6	:	:	0,45	3,4	4,8	5,2	B
23	1	:	6	:	:	0,5	3,4	4,7	5,3	B
24	1	:	6	:	:	0,55	2,8	3,8	4,2	B
25	1	:	6	:	:	0,6	2,7	3,8	4,1	B

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

Así mismo, estas mezclas con mayor contenido de agregado fino presentaron aplastamiento en las esquinas al momento del ensayo, principalmente al ser evaluados a los 7 días, reafirmando el análisis que la cohesión de las partículas de la mezcla fue insuficiente en las mezclas con un contenido alto de residuo de trituración. También se observó que para estas mezclas, luego de aplicarle carga a los adoquines, la grieta producida no se mantuvo constante desde la cara superior a la inferior, resaltando los puntos frágiles de estas.

Figura 33. **Ruptura de los adoquines en las esquinas inferiores**



Fuente: elaboración propia, Laboratorio Proequipos, S.A.

5.2. Absorción

Al analizar los resultados obtenidos por medio de este ensayo, se observó que los adoquines cuyas mezclas con contenido de agregado grueso, así como las mezclas con proporción tres a uno de agregado fino y cemento, coinciden con los valores para clasificarlos como tipo A. Sin embargo, se observó que varios de los adoquines evaluados superaron los valores máximos establecidos por la norma para los adoquines tipos B y C. Esto se debe a la cantidad de partículas presentes que tienen la capacidad de absorber y retener agua dentro de las mismas, Así mismo, es indicativo que las partículas, de elegir utilizar estas proporciones deben ser sometidas a mayor compresión durante el proceso de fabricación.

Tabla XXIX. **Resultados del valor de absorción de las mezclas**

Núm.	Cemento	Res. De T.	3/8" - No. 8	A/C	% Absorción	Adoquín tipo
1	1	1,64	1,64	0,4	5,60	A
2	1	2,18	2,18	0,5	4,14	A
3	1	2,71	2,71	0,6	4,78	A
4	1	2,3	0,98	0,4	6,74	A
5	1	3,05	1,31	0,5	6,73	A
6	1	3,8	1,63	0,6	5,74	A
7	1	2,95	0,33	0,4	7,11	A
8	1	3,92	0,44	0,5	6,14	A
9	1	4,88	0,54	0,6	5,80	A
10	1	3		0,4	7,30	A
11	1	3		0,45	6,29	A
12	1	3		0,5	6,26	A
13	1	3		0,55	6,51	A
14	1	4		0,4	9,41	Supera máx.
15	1	4		0,45	9,88	Supera máx.

Continuación de tabla XXIX.

16	1	:	4	:	:	0,5	9,82	Supera máx.
17	1	:	4	:	:	0,55	9,33	Supera máx.
18	1	:	5	:	:	0,4	9,62	Supera máx.
19	1	:	5	:	:	0,45	11,14	Supera máx.
20	1	:	5	:	:	0,5	10,00	Supera máx.
21	1	:	5	:	:	0,55	9,62	Supera máx.
22	1	:	6	:	:	0,45	9,76	Supera máx.
23	1	:	6	:	:	0,5	9,40	Supera máx.
24	1	:	6	:	:	0,55	9,02	B
25	1	:	6	:	:	0,6	8,77	B

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office Excel.

5.3. Ventajas del uso de residuo de trituración en la elaboración de adoquines de concreto

- Al utilizar este material se reduce la contaminación, tanto por la acumulación de este material ocupando espacio físico, como la presencia de partículas finas en el aire ante la exposición al viento.
- Reduce los costos de fabricación al no tener que incurrir en el uso de materiales vírgenes tales como arena de río o arena triturada.
- La fabricación de los adoquines es económica, no requiere grandes cantidades de personal para utilizar la máquina y al almacenarlos de forma

apilada, no requiere grandes espacios para recibir el tiempo de curado necesario.

- Al combinar una cantidad mínima del 10 % de agregado grueso, se evita el inconveniente del desmoronamiento en las aristas del adoquín cumpliendo con lo requerido en norma sobre la apariencia de este y aumentando el uso del residuo de trituración en la mezcla.

5.4. Desventajas del uso de residuo de trituración en la elaboración de adoquines de concreto

- Al utilizar cantidades altas de residuo de trituración, los adoquines presentaban desmoronamiento en las aristas incluso al momento de ser desencofrados. Aunque aquellas mezclas cuyo contenido de residuo era bajo, fue necesario un alto contenido de cemento para mantener la cohesión necesaria para que esto no sucediera. Por lo que, todavía es necesario hacer uso de materiales gruesos vírgenes para la fabricación de estos y que se reduzca la cantidad de cemento que es lo que aumentaría el costo de la mezcla.
- No es conveniente económicamente fabricar los adoquines fuera del predio de donde se obtiene el residuo, puesto los adoquines al ser un elemento que en el mercado se considera económico, el aumento en dicho costo de transporte le reduce factibilidad al uso de este material en comparación a un adoquín fabricado solamente con materiales vírgenes que aseguren alcanzar los valores requeridos por la norma.

- Aunque algunos de estos adoquines fueron clasificados como tipo A. el hecho que se presente tanta variabilidad en el material solicita que este sea solamente utilizado para pasos peatonales o incluso estacionamientos en viviendas donde el transito se vea reducido al mínimo.

CONCLUSIONES

1. Para hacer uso eficiente del residuo de trituración y que la mezcla no requiera el uso de altas cantidades de cemento, se debe utilizar como mínimo una cantidad del 10 % de agregado grueso en base al total de los agregados pertenecientes a la mezcla.
2. Con base en los ensayos de laboratorio, es posible clasificar al residuo de trituración como un agregado fino y ser usado como tal. Sin embargo, aunque este se clasifique como un agregado fino, se observó mediante la granulometría que las partículas más finas, especialmente aquellas que pasan el tamiz núm. 50 aumentan y disminuyen al tomar diferentes muestras de diferentes bancos de origen.
3. Los adoquines fabricados con las mezclas 1 a 9 cumplieron con los requerimientos de la norma NTG 41086. Por lo que es aceptable el uso de residuo de trituración como agregado fino en complemento al cemento, agua y agregado grueso que se decida utilizar.
4. El porcentaje de absorción es aceptable dentro de la norma ASTM C-140 para los diseños cuyo contenido incluía agregado grueso. Por el contrario, debido a las características de absorción del material y a la falta de cohesión entre las partículas, utilizar solamente residuo de trituración es contraproducente para la calidad del adoquín, puesto que aumente la absorción y por lo tanto retención de agua dentro del elemento.

5. Desde los 7 días de evaluación las mezclas que se consideran aceptables dentro de los parámetros de flexión y absorción que son de la mezcla 1 a la 13 se determinó que los valores de flexión ya eran suficientes para ser clasificados como tipo A.

6. Con base en los resultados generales y al proceso de fabricación de los adoquines, el uso de este material es beneficioso, puesto que cumple con la normativa, reduce la contaminación producida por este material y genera un ingreso económico a partir de un material que hasta ahora solo había provocado pérdidas.

RECOMENDACIONES

1. Realizar constantemente ensayos de laboratorio que den resultados para la caracterización del residuo de trituración pues, al ser un material residual sin ningún tipo de gradación al momento de ser producido, la granulometría de este puede variar considerablemente con cada producción de algún otro agregado virgen.
2. Utilizar este material solo como agregado fino y tener el equipo para la fabricación cerca del banco de materiales, puesto que, para que el uso de este sea factible, el costo debe ser menor que al utilizar materiales vírgenes, por lo que mantener el costo de transporte al mínimo reducirían considerablemente dichos costos.
3. Usar un mínimo de 10" de agregado grueso para mantener la homogeneidad de resultados obtenidos, ya que algunas de las mezclas calculadas solo con agregado fino cumplieron con los valores requeridos, pero utilizaron un alto contenido de cemento y en algunas ocasiones la dispersión entre estos valores rozaba lo permitido en los límites establecidos por la norma.
4. Determinar un lugar adecuado para almacenar los adoquines mejorará considerablemente la calidad de los adoquines obtenidos y por lo tanto su aprobación para uso peatonal o de bajo tránsito vehicular, debido a que, un mal curado de los elementos podría incurrir en la baja resistencia a la compresión y flexión de estos adoquines, aun si la mezcla haya sido la ideal para obtener los valores requeridos.

5. Realizar los estudios pertinentes de compactación a la base en la que se colocarán los adoquines puesto que, aunque los adoquines hayan sido aprobados como tipo A, una mala base puede provocar la ruptura del pavimento articulado que se pretendía colocar, así como la disminución de su tiempo de servicio, lo que incurriría en reemplazar la capa de rodadura compuesta por adoquines antes de lo previsto.

6. Estudiar las aplicaciones de este material a otros elementos fabricados de concreto, tales como blocks para muros de división, prefabricados, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM internacional. Norma D-2419. *Método de ensayo estándar para determinar el valor de equivalente de arena de suelos y agregado fino*. EE. UU: 2002. 10 p.
2. ASTM internacional. Norma C-140. *Métodos de prueba estándar para muestreo y prueba de unidades de mampostería de concreto y unidades relacionadas*. EE. UU: 2002. 24 p.
3. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41006. *Terminología referente al concreto y agregados para concreto*. Guatemala: 2010. 15 p.
4. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41007. *Agregados para concreto. Especificaciones*. Guatemala: 2010. 24 p.
5. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41009. *Práctica para el muestreo de los agregados de concreto*. Guatemala: 2010. 11 p.
6. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41010 h1. *Método de ensayo. Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso*. Guatemala: 2010. 17 p.
7. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41010 h11. *Práctica para la reducción de muestras de agregados a tamaños de ensayo*. Guatemala: 2010. 13 p.

8. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41010 h2. *Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) e índice de vacíos en los agregados.* Guatemala: 2010. 12 p.
9. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41010 h20. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37,5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la Máquina de Los Ángeles.* Guatemala: 2010. 12 p.
10. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41010 h6. *Método de ensayo. Determinación de la estabilidad a la disgregación de los agregados mediante el uso del sulfato de sodio o del sulfato de magnesio.* Guatemala: 2010. 15 p.
11. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41010 h8. *Método de ensayo. Determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso.* Guatemala: 2010. 19 p.
12. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41010 h9. *Método de ensayo. Determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino.* Guatemala: 2010. 20 p.
13. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41017 h4. *Método de ensayo. Determinación del asentamiento del concreto hidráulico. Asentamiento del concreto.* Guatemala: 2010. 9 p.
14. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41086. *Especificaciones. Adoquines de concreto para pavimentos.* Guatemala: 2010. 21 p.

15. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41087 H1. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto.* Guatemala: 2010. 7 p.
16. Comisión Guatemalteca de Normas NTG 41087 H2. *Método de Ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto.* Guatemala: 2010. 18 p.
17. HUANCA, S. Laura. *Diseño de mezclas de concreto.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de ingeniería Civil. 2006. 20 p.
18. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. *Manual del constructor. Proporcionamiento de mezclas para concreto Normal, pesado y masivo.* México: 2004. 102 p.
19. KOSMATKA, Steven H.; KERKHOFF, Beatrix; PANARESE, William C.; TANESI, Jussara *Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Portland Cement Association.* 1a ed. EE. UU: Skokie, Illinois, 2004. 459 p.
20. LÓPEZ RAMÍREZ, Randy S. *Fabricación de adoquín con adición de escoria de mata de níquel como agregado fino.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2016. 123 p.
21. MAHADEVA, C.K. Revista internacional de investigación y tecnología de ingeniería (IJERT). *Propiedades de la resistencia del concreto al*

reemplazar el agregado grueso por las rocas de gabro. Volumen 8,
número 12. India. Diciembre, 2019. 4 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Informes de laboratorio para la caracterización del residuo de trituración



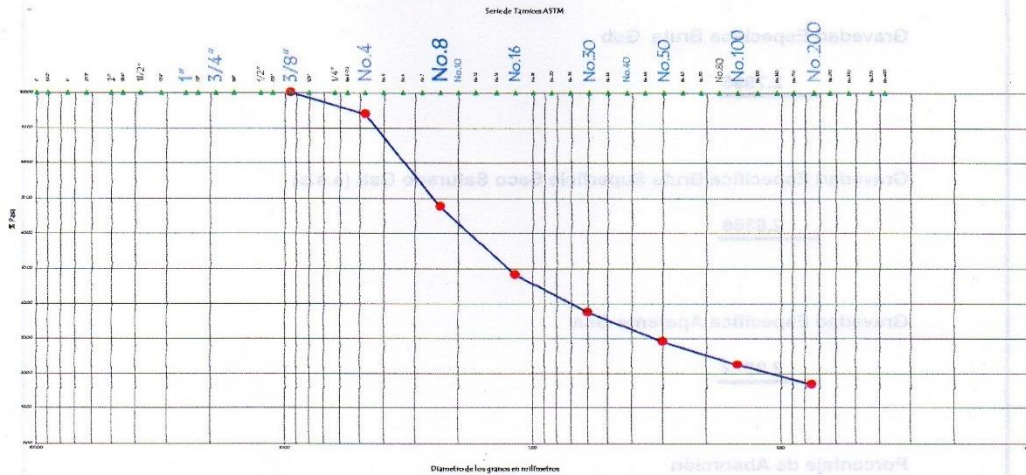
Fecha: 19 de febrero de 2020

Interesado: CONTROL DE CALIDAD

Proyecto: CONTROL DE CALIDAD

Peso Bruto	1217.68
Tara	341.06
Peso Neto	876.62

Tamices AASHTO M 92						Especificaciones
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Bruto Retenido	Peso Neto Retenido	% Retenido	% Pasa	
3/4"	25.00	341.06	0.0	0.00	100.00	
1/2"	12.50	341.06	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.50	341.06	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.75	394.20	53.1	6.06	93.94	
No. 8	2.36	626.09	285.0	32.51	67.49	
No. 16	1.18	795.74	454.7	51.87	48.13	
No. 30	0.60	889.84	548.8	62.60	37.40	
No. 50	0.30	963.70	622.6	71.03	28.97	
No. 100	0.15	1020.36	679.3	77.49	22.51	MODULO DE FINURA
No. 200	0.075	1070.10	729.0	83.16	16.84	2.39%
		1217.68	876.62	100	0	


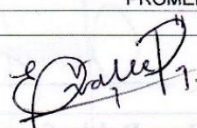
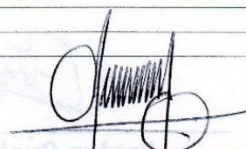


Observaciones: AGREGADO: RESIDUO DE TRITURACIÓN

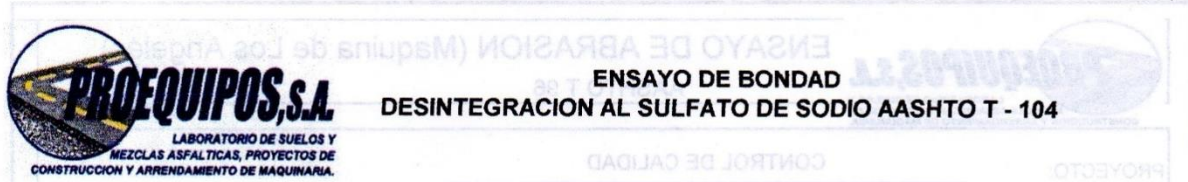
Evelyn Ovalle
Efectuó

Ing. Pablo Cox
Revisó

Continuación de apéndice 1.

		ENSAYO DE ABRASION (Maquina de Los Angeles) AASHTO T 96						
PROYECTO:		CONTROL DE CALIDAD						
INTERESADO:							FECHA: 21 de febrero de 2020	
TIPO DE MATERIAL Y USO:		AGREGADO RESIDUO DE TRITURACIÓN ALPE, S.A.						
MALLA		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr)						
Pasa	Retenido	GRADO "A" (12)	GRADO "B" (11)	GRADO "C" (8)	GRADO "D" (6)	GRADO "E" (12)	GRADO "F" (12)	GRADO "G" (12)
3"	2 1/2"					2500 +/- 50		
2 1/2"	2"					2500 +/- 50		
2"	1 1/2"					5000 +/- 50	5000 +/- 50	
1 1/2"	1"						5000 +/- 25	5000 +/- 25
1"	3/4"							5000 +/- 25
3/4"	1/2"							
1/2"	3/8"							
3/8"	1/4"							
1/4"	Nº 4							
Nº 4	8				5000			
TOTALES					5000	10000 +/- 100	10000 +/- 75	10000 +/- 50
Peso del Material Retenido en el Tamiz Nº 12					3442			
Peso del Material Pasante el Tamiz Nº 12					1558			
DESGASTE (%)					31.2			
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO:								
OBSERVACIONES:		PROMEDIO		31.2				
 Evelyn Ovalle Efectuó				 Ing. Pablo Cox Revisó				

Continuación de apéndice 1.



**ENSAYO DE BONDAD
DESINTEGRACION AL SULFATO DE SODIO AASHTO T - 104**

FECHA: 28 de febrero de 2020
 Proyecto: CONTROL DE CALIDAD
 Interesado: _____
 TIPO DE MATERIAL Y USO: AGREGADO RESIDUO DE TRITURACION ALPE, S.A.

SOLUCION UTILIZADA: SULFATO DE SODIO PESO ESPECIFICO: 1.164
 METODO: AASHTO T 104 TEMPERATURA: 20 °C

AGREGADO GRUESO

ABERTURA TAMICES		GRADACION POR	PESOS		% DE DESGASTE	% DESGASTE POR GRADACION O CORRECCION
PASA	RETENIDO	FRACCION	PESO INICIAL	PESO FINAL		
1"	3/4					
25.4 mm	19.0 m.m.					
3/4	1/2"					
19.0 m.m.	12.5 m.m.					
1/2"	3/8					
12.5 m.m.	9.5 m.m.					
3/8	No. 4					
9.5 m.m.	4.76 m.m.					
No. 4	No. 8					
4.76 m.m.	2.36 m.m.					
FONDO						
TOTALES		0.00	0	0		0.000

AGREGADO FINO


ABERTURA TAMICES		GRADACION POR	PESOS		% DE DESGASTE	% DESGASTE POR GRADACION O CORRECCION
PASA	RETENIDO	FRACCION	PESO INICIAL	PESO FINAL		
3/8	No. 4	1.17	100	99.29	0.71	0.01
9.5 m.m.	4.76 m.m.					
No. 4	No. 8	21.97	100	94.71	5.29	1.16
4.76 m.m.	2.36 m.m.					
No. 8	No. 16	23.69	100	96.81	3.19	0.76
2.36 m.m.	1.18m.m.					
No. 16	No. 30	14.12	100	96.73	3.27	0.46
1.18m.m.	.600 m.m.					
No. 30	No. 50	10.22	100	97.34	2.66	0.27
.600 m.m.	.300 m.m.					
FONDO		28.83				
TOTALES		100.00				2.660

OBSERVACIONES: TOTAL DE DESGASTE SUMA DE GRUESOS Y FINOS **2.66**

Evelyn Ovalle
Efectuó

Ing. Pablo Cox
Revisó

Continuación de apéndice 1.



PROEQUIPOS, S.A.
LABORATORIO DE SUELOS Y
MEZCLAS ASFÁLTICAS, PROYECTOS DE
CONSTRUCCIÓN Y ARRENDAMIENTO DE MAQUINARIA.

EQUIVALENTE DE ARENA

Proyecto: CONTROL DE CALIDAD

Interesado: _____

Fecha: 27 de febrero de 2020

1		2		3	
Min. 00:10	Min. 00:20	Min. 00:10	Min. 00:20	Min. 00:10	Min. 00:20

Prueba No.1

Altura Max.de la Arena	3.4	73.9 %
Altura Max.Material fino	4.6	

Prueba No.2


Altura Max.de la Arena	3.3	75.0 %
Altura Max.Material fino	4.4	

Prueba No.3


Altura Max.de la Arena	3.3	73.3 %
Altura Max.Material fino	4.5	

PROMEDIO **74.1** %

Observaciones: Agregado Residuo de trituración Alpe, S.A



Evelyn Ovalle
Efectuó



Ing. Pablo Cox
Revisó

Continuación de apéndice 1.



GRAVEDADES ESPECIFICAS Y PORCENTAJE DE ABSORCION

AGREGADO RESIDUO DE TRITURACION ALPE, S.A.

Fecha: 17 de febrero de 2020
Interesado: _____

Temp. Agua (°C)	25	Factor Corrección	1
A	493.47	Peso seco al aire	
B	500.00	Seco Saturado al aire	
C	323.73	Seco Saturado en agua	

Gravedad Específica Bruta Gsb

2.7995

Gravedad Específica Bruta Superficie Seco Saturado Gsb (s.s.s)


2.8366

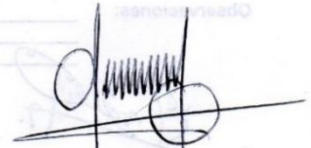
Gravedad Específica Aparente Gsa

2.9072

Porcentaje de Absorción

1.32


Evelyn Ovalle
 Efectuó


Ing. Pablo Cox
 Revisó

Continuación de apéndice 1.



DETERMINACION DE PARTICULAS PLANAS O ALARGADAS ASTM - D4791	
Fecha:	24 de febrero de 2020
Proyecto:	CONTROL DE CALIDAD
Interesado:	
Agregado:	RESIDUO DE TRITURACIÓN, ALPE, S.A.

% Partículas Planas o Alargadas		
Agregado Total		
Peso Bruto Muestra	Tara	Peso Neto Muestra
244.18	94.18	150

Partículas Planas o Alargadas		
Peso Bruto Muestra	Tara	Peso Neto Muestra
98.54	94.18	4.36

% Partículas Planas o Alargadas
2.91

Observaciones

Evelyn Ovalle
Efectuó

Ing. Pablo Cox
Revisó

Continuación de apéndice 1.



PESOS UNITARIOS SUELTOS Y VARILLADOS

FECHA 25 de febrero de 2020

INTERESADO: _____

PROYECTO CONTROL DE CALIDAD

TARA	11.86	Lbs
------	--------------	------------

AGREGADO	3/8" a No.8 ALPE, S.A.		SUELTO
	L/P3	K/M3	
22.13	102.7	1645	
22.11	102.5	1642	102.6 Lbs/Pie3
22.11	102.5	1642	1,643 Kgs/M3

AGREGADO	POLVO DE PIEDRA ALPE, S.A.		SUELTO
	L/P3	K/M3	
23.01	111.5	1786	
23.02	111.6	1788	111.6 Lbs/Pie3
23.02	111.6	1788	1,787 Kgs/M3

AGREGADO	3/8" a No.8 ALPE, S.A.		VARILLADO
	L/P3	K/M3	
22.44	105.8	1695	
22.50	106.4	1705	105.9 Lbs/Pie3
22.42	105.6	1692	1,697 Kgs/M3

AGREGADO	POLVO DE PIEDRA ALPE, S.A.		VARILLADO
	L/P3	K/M3	
23.38	115.2	1846	
23.43	115.7	1854	115.5 Lbs/Pie3
23.43	115.7	1854	1,851 Kgs/M3

Evelyn Ovalle
Efectuó

Ing. Pablo Cox
Revisó

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Resultados individuales de cada una de las mezclas evaluadas



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 1.64 : 1.64 : 0.40
 Fecha: 4 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	47.31	47.31	1
Res. De T.	77.65	78.55	1.66
3/8" - No. 8	77.65	78.55	1.66
Agua	18.92	19.59	0.41

Día	No.	GEOMETRÍA (cm)							
		Largo real		Ancho real		Espesor			
7	1	22.12	22.07	14.96	14.97	10.84	10.85	10.98	10.81
		22.10	14.97	10.87					
	2	21.89	21.99	15.17	15.16	11.11	11.07	11.19	11.20
7	3	21.92	21.97	15.20	15.11	10.81	10.94	10.93	10.88
		21.95	15.16	10.89					
	4	21.80	21.88	14.94	14.96	11.15	11.11	11.10	11.03
7	5	22.09	22.07	15.13	15.18	10.83	10.98	10.98	10.82
		22.08	15.16	10.90					
	6	21.87	21.84	15.03	15.13	11.07	11.12	11.16	11.19
14	7	21.89	21.97	14.80	14.95	10.88	10.94	10.94	10.87
		21.93	14.88	10.91					
	8	22.09	22.06	15.09	15.08	10.90	10.99	10.97	10.85
14	9	21.90	21.99	14.80	14.80	11.12	11.18	11.00	11.17
		21.95	14.80	11.12					
	10	22.10	22.14	14.88	14.97	10.83	10.83	11.00	10.90
28	11	21.98	21.89	15.05	15.08	10.92	11.02	11.15	11.18
		21.94	15.07	11.07					
	12	21.91	21.87	15.01	14.96	11.04	11.18	10.82	11.09
28	13	21.81	21.85	15.14	15.02	11.13	10.94	11.06	11.13
		21.83	15.08	11.07					
	14	21.95	21.82	14.93	14.89	11.19	11.17	11.11	10.85
28	15	22.19	22.14	14.92	15.04	10.80	11.09	10.97	11.11
		22.17	14.98	10.99					

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	1.16
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	% abs A.F. 1.32

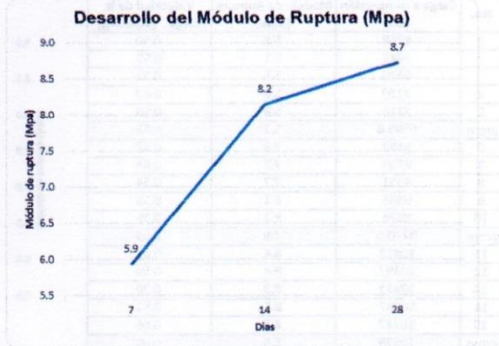
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	21.97	1.86
Ancho	15.01	
Espesor	11.01	

Geometría		
Valor	Norma	
Espesor (mm)	110.08	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.46	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.77	6.61	11.37
2	10.78	6.63	11.38
3	10.67	6.61	11.39

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	5.21	5.60
2	5.28	
3	6.31	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	7539	6.3	0.53
	2	7247	5.6	0.66
	3	7064	5.8	0.54
	4	7413	5.9	0.56
	5	7528	6.2	0.63
	prom.	7358	5.9	0.58
14	6	10016	7.8	0.50
	7	10230	8.5	0.61
	8	9966	8.1	0.49
	9	9743	7.8	0.54
	10	10233	8.5	0.53
	prom.	10038	8.2	0.54
28	11	10745	8.5	0.61
	12	11160	8.9	0.71
	13	10830	8.5	0.66
	14	11136	8.9	0.68
	15	10733	8.8	0.70
	prom.	10921	8.7	0.67



Nota: _____

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 2.18 : 2.18 : 0.50
 Fecha: 5 de mayo de 2020
 Interesado:

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	37.85	37.85	1
Res. De T.	82.38	83.33	2.20
3/8" - No. 8	82.38	83.33	2.20
Agua	18.92	19.65	0.52

GEOMETRÍA							
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor	
7	1	21.94	21.98	14.93	15.03	10.95	10.80
		21.96		14.98		10.90	
	2	21.86	21.87	15.18	15.20	11.03	11.13
		21.87		15.19		11.06	
	3	21.94	22.05	15.02	15.03	10.99	11.04
22.00			15.03		10.99		
4	21.96	22.07	14.91	14.85	10.87	11.17	
	22.02		14.88		10.98		
5	22.01	22.11	14.93	15.07	11.17	10.90	
	22.06		15.00		10.99		
14	6	22.04	21.97	14.98	15.11	10.85	10.92
		22.01		15.05		10.91	
	7	21.96	21.87	14.85	14.88	11.16	11.18
		21.92		14.87		11.16	
	8	21.85	21.97	14.98	14.89	11.17	11.02
21.91			14.94		11.01		
9	22.13	22.11	15.05	15.07	10.84	10.85	
	22.12		15.06		10.96		
28	11	22.11	22.20	14.92	14.86	10.95	11.13
		22.16		14.89		10.99	
	12	22.14	22.18	14.95	15.01	11.07	10.96
		22.16		14.98		11.08	
	13	22.08	21.96	15.19	15.17	10.94	10.86
22.02			15.18		10.96		
14	22.07	21.90	15.03	14.95	10.88	11.17	
	21.99		14.99		11.08		
15	22.18	21.89	14.83	14.91	11.16	11.14	
	22.04		14.87		11.12		
	22.11	22.14	14.99	15.09	11.17	11.16	

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	1.15
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	% abs A.F. 1.32

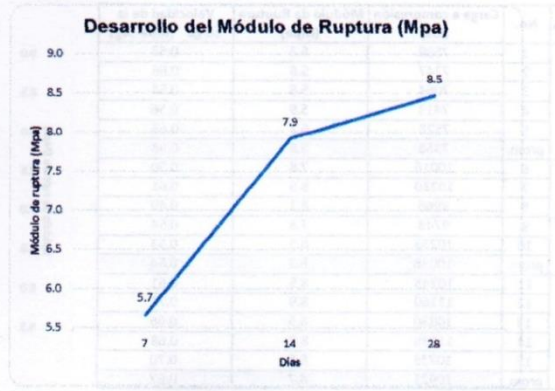
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	22.02	1.86
Ancho	15.00	
Espesor	11.02	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	110.20	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.77	6.94	11.32
2	10.78	6.95	11.31
3	10.97	6.94	11.29

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	4.81	4.14
2	4.70	
3	2.90	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	6768	5.6	0.50
	2	6945	5.5	0.59
	3	6920	5.6	0.51
	4	7130	5.8	0.67
	5	7216	5.9	0.50
	prom.	6995.8	5.7	0.55
14	6	9682	7.9	0.62
	7	9759	7.7	0.64
	8	9551	7.7	0.54
	9	9885	8.1	0.55
	10	9976	8.2	0.59
	prom.	9770.6	7.9	0.59
28	11	10413	8.4	0.62
	12	10397	8.4	0.50
	13	10451	8.3	0.70
	14	10987	8.8	0.51
	15	10727	8.5	0.66
	prom.	10595	8.5	0.60



Nota:

 Evelyn Ovalle
 efectuó

 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 2.71 : 2.71 : 0.60
 Fecha: 6 de mayo de 2020
 Interesado:

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	31.54	31.54	1
Res. De T.	85.54	86.43	2.74
3/8" - No. 8	85.54	86.43	2.74
Agua	18.92	19.86	0.63

GEOMETRÍA									
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor			
7	1	22.05	21.98	14.92	15.00	10.99	10.83	11.02	11.05
		22.02		14.96		10.97			
	2	22.20	22.17	15.17	15.16	11.10	10.99	10.99	11.00
7	3	22.18	22.06	14.85	14.96	10.80	11.01	10.93	10.89
		22.19		15.17		11.02			
	4	22.12		14.91		10.91			
7	4	21.89	22.09	15.12	14.99	11.19	11.15	11.00	10.96
		21.99		15.06		11.08			
	5	21.97	21.86	14.92	15.02	11.02	10.84	10.98	11.20
14	6	21.92		14.97		11.01			
		22.01	21.85	14.98	14.85	11.01	11.01	10.99	11.05
	7	21.93		14.92		11.02			
14	8	21.82	21.81	15.07	15.18	11.17	11.15	10.89	10.82
		21.82		15.13		11.01			
	9	22.00	22.03	14.90	14.91	11.20	11.16	11.17	11.19
14	10	22.02		14.91		11.18			
		21.01	22.03	14.81	14.90	11.01	10.84	10.99	10.98
	11	21.52		14.86		10.96			
28	12	21.84	21.96	15.20	14.85	10.97	11.01	11.08	10.96
		21.90		15.03		11.01			
	13	21.89	21.98	14.92	15.02	10.98	10.82	10.98	10.86
28	14	21.94		14.97		10.91			
		21.88	22.08	14.80	14.99	11.00	11.06	10.94	10.95
	15	21.98		14.90		10.99			
28	15	21.90	22.02	15.12	15.06	11.04	10.99	10.99	11.09
		21.96		15.09		11.03			
	16	22.03	21.83	15.08	14.85	10.92	11.06	11.03	11.09
28	17	21.93		14.97		11.03			
		21.81	22.02	15.07	15.03	11.07	11.09	11.20	11.16
	18	21.92		15.05		11.13			

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	1.04
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	
		% abs A.F.
		1.32

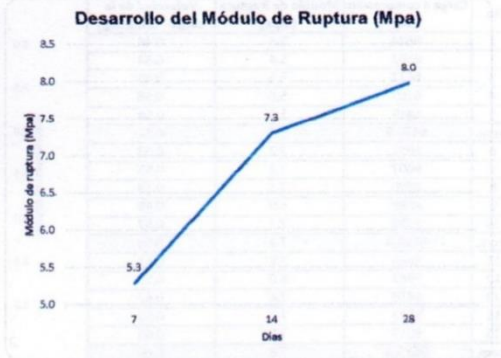
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	21.94	1.86
Ancho	14.99	
Espesor	11.02	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	110.15	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.46	≤ 2.5
Largo real/espesor	1.99	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.89	6.95	11.41
2	10.91	6.94	11.42
3	10.83	6.94	11.43

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	4.61	4.78
2	4.50	
3	5.22	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	6309	5.1	0.68
	2	6465	5.2	0.59
	3	6709	5.6	0.65
	4	6507	5.2	0.69
	5	6646	5.4	0.48
	prom.	6527.2	5.3	0.62
14	6	9222	7.5	0.57
	7	9231	7.3	0.58
	8	8939	7.0	0.70
	9	9072	7.3	0.68
	10	9198	7.4	0.57
	prom.	9132.4	7.3	0.62
28	11	9884	8.1	0.62
	12	9882	8.1	0.59
	13	9936	7.9	0.50
	14	9801	7.9	0.65
	15	10037	7.9	0.64
	prom.	9908	8.0	0.60



Nota:

 Evelyn Ovalle
 efectuó

 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 2.30 : 0.98 : 0.40
 Fecha: 7 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	47.31	47.31	1
Res. De T.	108.72	109.77	2.32
3/8" - No. 8	46.59	47.04	0.99
Agua	18.92	19.72	0.42

		GEOMETRÍA							
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor			
7	1	22.05	21.94	15.17	15.10	10.82	10.80	10.88	10.94
		22.00		15.14		10.86			
		22.15	22.15	15.05	14.95	10.95	10.87	10.99	10.89
7	2	22.15		15.00		10.93			
		21.97	21.89	15.01	15.10	10.94	10.96	11.06	11.01
		21.93		15.06		10.99			
7	3	21.92	22.09	15.03	14.90	11.03	10.82	11.01	10.94
		22.01		14.97		10.95			
		21.90	21.93	15.00	15.09	11.04	11.03	11.10	11.12
7	4	21.92		15.05		11.07			
		21.97	22.09	14.96	15.02	11.08	10.98	11.10	11.13
		22.03		14.99		11.07			
14	6	22.04	22.02	15.06	15.02	10.96	11.03	10.98	11.01
		22.03		15.04		11.00			
		22.13	22.08	15.15	14.86	10.93	11.04	10.93	10.95
14	8	22.11		15.01		10.96			
		21.99	22.05	14.96	14.94	10.91	10.99	11.09	11.20
		22.02		14.95		11.05			
14	9	21.86	22.20	15.06	14.86	11.07	11.07	10.94	10.91
		22.03		14.96		11.00			
		21.95	22.19	15.05	15.03	11.19	11.20	10.97	10.81
14	11	22.07		15.04		11.04			
		22.06	22.17	14.90	14.90	11.04	10.82	11.18	11.12
		22.12		14.90		11.04			
28	12	22.09	22.10	15.14	15.12	10.91	11.10	11.02	11.12
		22.10		15.13		11.04			
		21.99	21.85	15.07	14.96	10.83	11.11	10.90	11.04
28	14	21.92		15.02		10.97			
		22.09	21.12	15.20	15.12	10.97	11.06	11.00	10.98
		21.61		15.16		11.00			

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.97
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	
		% abs A.F.
		1.32

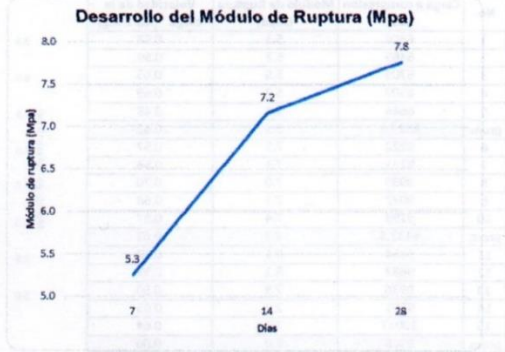
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	22.00	
Ancho	15.03	1.86
Espesor	11.00	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.98	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.80	6.50	11.60
2	10.79	6.48	11.61
3	10.87	6.49	11.60

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	6.91	
2	7.04	6.74
3	6.25	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	6624	5.4	0.48
	2	6592	5.4	0.54
	3	6612	5.3	0.49
	4	6107	5.0	0.56
	5	6419	5.1	0.54
	prom.	6470.8	5.3	0.52
14	6	8951	7.2	0.53
	7	9007	7.3	0.53
	8	8890	7.3	0.59
	9	8596	6.9	0.49
	10	8898	7.2	0.57
	prom.	8868.4	7.2	0.54
28	11	9666	7.8	0.57
	12	9883	8.0	0.53
	13	9459	7.6	0.67
	14	9523	7.7	0.59
	15	9917	7.8	0.65
	prom.	9689.6	7.8	0.60



Nota:

Evelyn Ovalle
 Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Cox
 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 3.05 : 1.31 : 0.50
 Fecha: 8 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	37.85	37.85	1
Res. De T.	115.34	116.33	3.07
3/8" - No. 8	49.43	49.86	1.32
Agua	18.92	19.95	0.53

GEOMETRÍA							
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor	
1		21.92	21.89	15.10	15.01	11.15	11.16
		21.91		15.06		11.09	
2		22.15	22.14	14.80	14.94	11.04	10.85
		22.15		14.87		10.90	
7	3	22.05	21.97	15.14	15.01	11.20	11.09
		22.01		15.08		11.11	
4		22.19	21.91	14.98	15.00	11.08	11.06
		22.05		14.99		11.05	
5		21.81	21.95	15.10	15.08	10.91	11.00
		21.88		15.09		10.98	
6		22.05	21.80	15.10	15.02	10.91	11.01
		21.93		15.06		10.94	
7		22.10	21.99	15.17	15.12	10.96	10.93
		22.05		15.15		10.97	
14	8	21.98	21.84	15.05	15.06	10.94	10.93
		21.91		15.06		10.99	
9		21.86	21.87	14.96	14.80	11.15	11.11
		21.87		14.88		11.12	
10		22.07	21.90	15.07	15.02	11.02	10.83
		21.99		15.05		10.99	
11		21.80	21.84	14.93	14.85	10.91	11.02
		21.82		14.89		11.00	
12		21.97	22.10	14.92	14.92	11.09	11.11
		22.04		14.92		11.08	
28	13	22.04	21.80	14.84	14.87	10.83	10.95
		21.92		14.86		10.93	
14		21.91	22.01	15.11	15.03	10.93	11.03
		21.96		15.07		11.02	
15		22.10	22.14	14.95	14.91	11.20	11.00
		22.12		14.93		11.02	

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.86
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

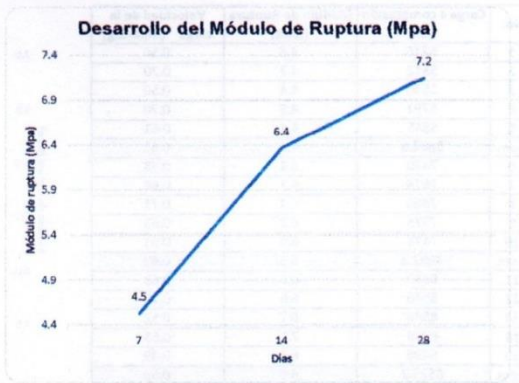
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	21.97	1.86
Ancho	15.00	
Espesor	11.01	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	110.11	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.46	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.51	6.30	11.26
2	10.51	6.31	11.26
3	10.46	6.30	11.25

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	6.59	6.73
2	6.60	
3	6.99	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	5505	4.3	0.50
	2	5504	4.6	0.64
	3	5887	4.7	0.48
	4	5728	4.6	0.57
	5	5534	4.4	0.57
	prom.	5631.6	4.5	0.55
14	6	8169	6.6	0.61
	7	8021	6.5	0.52
	8	7784	6.3	0.64
	9	7756	6.1	0.50
	10	7857	6.3	0.66
	prom.	7917.4	6.4	0.59
28	11	8889	7.2	0.70
	12	8880	7.1	0.50
	13	8958	7.4	0.50
	14	8479	6.8	0.66
	15	8911	7.3	0.49
	prom.	8823.4	7.2	0.57



Nota: _____

E. Ovalle
 Eteyn Ovalle
 efectuó

P. Cox
 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 3.80 : 1.63 : 0.60
 Fecha: 11 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	31.54	31.54	1
Res. De T.	119.75	120.72	3.83
3/8" - No. 8	51.32	51.74	1.64
Agua	18.92	20.07	0.64

Día No.		GEOMETRÍA								
		Largo real			Ancho real			Espesor		
7	1	22.01	22.02	15.09	15.17	11.06	10.96	11.08	10.85	
		22.02			15.13			10.99		
	2	21.87	21.98	15.20	14.94	11.03	11.01	10.90	10.83	
		21.93			15.07			10.94		
	3	21.98	22.00	14.86	14.81	11.12	11.09	11.13	11.14	
21.99			14.84			11.12				
4	21.84	21.86	14.94	15.09	10.93	10.83	10.90	10.81		
	21.85			15.02			10.87			
5	22.04	21.96	14.80	15.14	10.86	10.88	11.03	10.93		
	22.00			14.97			10.93			
6	21.98	21.81	15.02	14.92	10.93	11.03	11.07	10.93		
	21.90			14.97			10.99			
7	22.10	22.00	15.05	15.09	10.91	11.06	11.01	11.03		
	22.05			15.07			11.00			
8	22.14	22.09	15.10	14.97	11.20	10.81	10.97	10.86		
	22.12			15.04			10.96			
9	21.85	21.93	14.98	14.96	10.94	10.86	10.84	10.92		
	21.89			14.97			10.89			
10	22.09	22.17	15.20	15.11	11.00	11.02	10.92	10.97		
	22.13			15.16			10.98			
11	22.16	22.12	15.07	15.13	10.96	11.07	11.03	11.01		
	22.14			15.10			11.02			
12	21.97	21.93	15.12	14.85	11.09	11.08	11.09	11.04		
	21.95			14.99			11.08			
13	22.02	22.06	15.16	15.09	11.18	11.13	11.16	11.09		
	22.04			15.13			11.14			
14	22.09	22.01	15.05	15.03	11.00	10.96	10.83	10.93		
	22.05			15.04			10.93			
15	21.86	21.93	14.84	14.97	10.92	11.00	10.98	11.01		
	21.90			14.91			10.98			

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.81
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

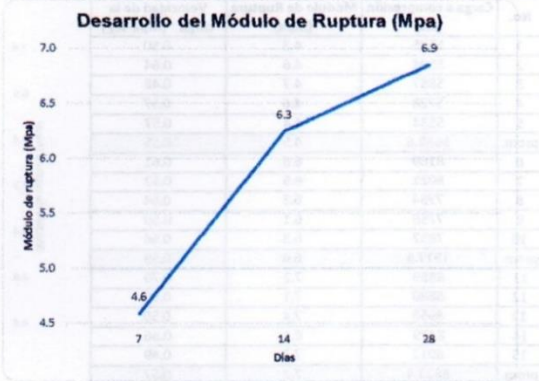
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	22.00	1.32
Ancho	15.03	
Espesor	10.99	

Geometría		
Valor	Norma	
Espesor (mm)	109.87	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.873	7.205	11.523
2	10.881	7.202	11.507
3	10.794	7.186	11.5

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	5.64	5.74
2	5.44	
3	6.14	

Día No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	5776	4.6
	2	5812	4.7
	3	5540	4.4
	4	5791	4.8
	5	5345	4.4
	prom.	5652.8	4.6
14	6	7870	6.4
	7	7674	6.2
	8	7866	6.4
	9	7573	6.2
	10	7478	6.0
	prom.	7692.2	6.3
28	11	8330	6.7
	12	8546	6.8
	13	8546	6.7
	14	8708	7.1
	15	8496	6.9
	prom.	8525.2	6.9



Nota: _____

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 2.95 : 0.33 : 0.40
 Fecha: 12 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	47.31	47.31	1
Res. De T.	139.78	140.85	2.98
3/8" - No. 8	15.53	15.65	0.33
Agua	18.92	19.86	0.42

GEOMETRÍA									
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor			
1	1	22.06	22.02	15.06	15.09	11.11	11.07	11.02	11.01
		22.04		15.08		11.05			
2	2	22.18	22.10	15.01	15.11	10.94	10.95	11.01	10.80
		22.14		15.06		10.93			
7	3	21.85	22.02	14.93	14.86	11.08	10.98	10.91	11.05
		21.94		14.90		11.01			
4	4	21.83	21.97	15.10	15.05	11.03	11.01	11.06	11.08
		21.90		15.08		11.05			
5	5	21.82	21.92	14.84	14.80	11.04	10.94	10.95	10.86
		21.87		14.82		10.95			
6	6	22.02	21.96	15.01	14.86	10.95	10.95	11.03	11.16
		21.99		14.94		11.02			
7	7	21.84	22.04	14.92	15.04	11.05	10.86	10.91	11.07
		21.94		14.98		10.97			
14	8	22.06	21.87	15.01	14.87	10.84	11.01	11.02	10.87
		21.97		14.94		10.94			
9	9	21.99	21.95	15.19	15.16	10.96	10.97	11.01	11.02
		21.97		15.18		10.99			
10	10	22.07	21.99	14.96	15.05	10.85	10.83	10.88	11.02
		22.03		15.01		10.90			
11	11	21.93	21.86	14.95	14.98	10.91	10.96	11.08	11.14
		21.90		14.97		11.02			
12	12	21.99	21.88	14.95	14.92	10.96	10.95	10.96	10.86
		21.94		14.94		10.93			
28	13	22.00	22.00	14.92	15.03	11.16	11.14	11.12	11.18
		22.00		14.98		11.15			
14	14	21.84	21.87	14.91	14.85	10.93	10.99	11.03	11.02
		21.86		14.88		10.99			
15	15	21.86	22.02	15.13	15.10	11.01	10.91	10.99	10.97
		21.94		15.12		10.97			

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.77
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	% abs A.F. 1.32

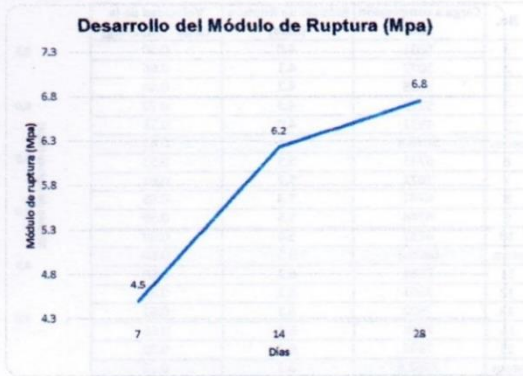
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	21.96	1.86
Ancho	14.99	
Espesor	10.99	

Geometría		
Espesor (mm)	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.91	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.46	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.66	7.14	11.50
2	10.65	7.15	11.50
3	10.74	7.15	11.50

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	7.35	7.11
2	7.34	
3	6.65	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	5560	4.4	0.58
	2	5605	4.6	0.48
	3	5532	4.5	0.54
	4	5690	4.5	0.49
	5	5426	4.5	0.58
	prom.	5562.6	4.5	0.53
14	6	7813	6.3	0.57
	7	7833	6.4	0.60
	8	7714	6.3	0.65
	9	7451	6.0	0.70
	10	7528	6.2	0.54
	prom.	7667.8	6.2	0.61
28	11	8447	6.8	0.50
	12	8488	7.0	0.66
	13	8124	6.4	0.61
	14	8550	6.9	0.56
	15	8307	6.7	0.59
	prom.	8383.2	6.8	0.58



Nota: _____

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES W03

Proporciones: 1 : 3.92 : 0.44 : 0.50
 Fecha: 13 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	37.85	37.85	1
Res. De T.	148.29	149.27	3.94
3/8" - No. 8	16.48	16.59	0.44
Agua	18.92	20.10	0.53

GEOMETRÍA							
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor	
7	1	21.93	22.14	15.12	14.90	11.03	11.14
		22.04		15.01			11.03
	2	22.04	22.15	14.87	14.97	11.06	10.89
		22.10		14.92			11.03
	3	21.99	21.91	15.00	14.97	11.14	10.87
21.95			14.99			10.97	
14	4	21.81	22.00	14.87	14.88	10.87	10.86
		21.91		14.88			10.92
	5	22.07	22.15	15.14	15.20	11.13	10.88
		22.11		15.17			10.99
	6	22.17	22.07	15.13	14.99	10.91	10.90
28	7	22.12		15.06			11.06
		21.90	21.92	14.82	15.10	10.89	11.06
	21.91		14.96			11.11	
	8	22.19	22.12	15.14	14.91	10.96	11.11
		22.16		15.03			11.15
9	22.02	22.11	15.13	14.93	10.87	10.85	
15	10	22.07		15.03			10.95
		21.88	21.92	14.83	15.09	10.80	10.95
	21.90		14.96			10.93	
	11	22.12	21.90	14.96	14.84	11.15	10.91
		22.01		14.90			11.00
12	22.13	22.08	14.95	15.19	10.87	11.15	
28	13	22.11	21.83	15.09	14.87	10.97	11.15
		22.11		15.07			11.04
	22.03	22.02	14.86	15.17	10.87	10.94	
	21.97		14.98			11.18	
	22.03		15.02			11.04	
15	21.86	22.05	15.05	15.04	11.10	10.88	
	21.96		15.05			10.99	
						11.01	

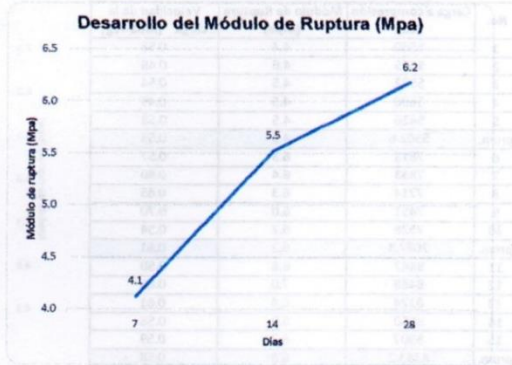
Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.66
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	22.02	1.32
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	1.86

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.95	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.80	6.36	11.56
2	10.79	6.35	11.54
3	10.90	6.33	11.52

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	6.52	6.14
2	6.47	
3	5.42	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	5021	4.0	0.50
	2	5072	4.1	0.66
	3	5138	4.2	0.66
	4	5222	4.3	0.70
	5	4931	4.0	0.58
	prom.	5076.8	4.1	0.62
14	6	6733	5.5	0.51
	7	7072	5.7	0.61
	8	6741	5.4	0.68
	9	6748	5.5	0.59
	10	6732	5.6	0.60
	prom.	6805.2	5.5	0.60
28	11	7584	6.2	0.60
	12	7651	6.1	0.66
	13	7502	6.1	0.61
	14	7738	6.2	0.66
	15	7838	6.3	0.59
	prom.	7662.6	6.2	0.62



Nota: _____

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Coar
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 4.88 : 0.54 : 0.60
 Fecha: 14 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	31.54	31.54	1
Res. De T.	153.97	154.88	4.91
3/8" - No. 8	17.11	17.21	0.55
Agua	18.92	20.26	0.64

GEOMETRÍA							
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor	
7	1	21.92	21.92	15.03	14.96	10.91	11.16
		21.92		15.00		11.01	
7	2	21.94	21.82	15.16	14.81	11.12	10.94
		21.88		14.99		11.06	
7	3	21.90	21.84	14.97	14.80	10.86	10.92
		21.87		14.89		11.01	
7	4	22.14	22.04	14.96	14.81	11.19	11.13
		22.09		14.89		11.08	
7	5	22.04	21.83	14.92	15.02	11.10	11.09
		21.94		14.97		11.06	
14	6	22.18	22.12	15.00	14.96	11.11	11.06
		22.15		14.98		11.01	
14	7	21.83	22.20	15.05	14.98	11.20	10.80
		22.02		15.02		11.02	
14	8	21.94	22.03	15.03	14.97	10.87	10.86
		21.99		15.00		10.87	
14	9	21.94	22.15	15.12	14.97	11.05	10.97
		22.05		15.05		11.04	
14	10	21.82	21.98	15.03	14.97	11.01	10.91
		21.90		15.00		11.04	
28	11	21.85	21.98	14.93	14.99	10.82	10.96
		21.92		14.96		10.98	
28	12	21.90	22.15	14.88	14.89	11.20	10.82
		22.03		14.89		11.00	
28	13	22.11	22.14	15.15	14.92	11.09	11.12
		22.13		15.04		11.07	
28	14	21.92	22.05	14.91	15.13	11.02	11.07
		21.99		15.02		11.00	
28	15	21.81	22.00	15.06	14.94	11.13	11.04
		21.91		15.00		10.99	

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.59
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

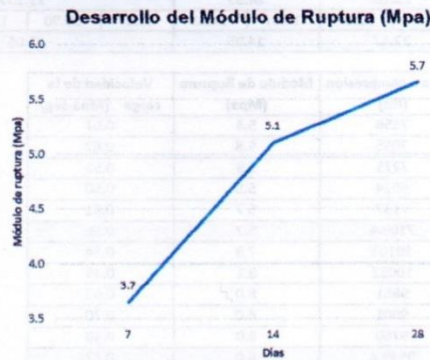
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	21.98	1.86
Ancho	14.98	
Espesor	11.01	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	110.14	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.72	6.65	11.41
2	10.73	6.67	11.43
3	10.83	6.67	11.42

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	6.06	5.80
2	6.14	
3	5.18	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	4569	3.7	0.56
	2	4690	3.7	0.70
	3	4467	3.6	0.68
	4	4359	3.5	0.61
	5	4644	3.7	0.71
	prom.	4545.8	3.7	0.65
14	6	6130	5.0	0.66
	7	6297	5.1	0.63
	8	6234	5.2	0.68
	9	6517	5.2	0.64
	10	6344	5.1	0.50
	prom.	6304.4	5.1	0.62
28	11	7156	5.8	0.53
	12	6857	5.6	0.66
	13	6915	5.5	0.59
	14	7030	5.7	0.70
	15	7005	5.7	0.50
	prom.	6992.6	5.7	0.60



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por fallo en la esquina inferior izquierda de 2 adoquines.

Evelyn Ovalle
 Evelyn Ovalle
 efectuó

Pablo Cox
 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 3 : 0 : 0.40
 Fecha: 15 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	50.35	50.35	1
Res. De T.	151.05	151.92	3.02
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	20.14	21.26	0.42

GEOMETRÍA						
Día	No.	Largo real		Ancho real		Esesor
7	1	21.88	22.08	14.81	14.93	11.09
		21.98		14.87		11.01
	2	21.89	22.03	14.98	15.03	10.84
		21.96		15.01		10.94
	3	22.08	21.96	14.98	14.89	10.98
22.02			14.94		11.02	
4	22.17	21.86	15.11	15.18	11.04	
	22.02		15.15		11.02	
5	21.93	22.11	15.20	15.14	10.82	
	22.02		15.17		10.98	
14	6	21.95	22.09	14.98	14.96	11.19
		22.02		14.97		11.17
	7	22.15	21.90	15.01	14.90	11.02
		22.03		14.96		11.01
	8	22.09	22.06	15.06	14.81	11.04
22.08			14.94		11.01	
9	22.00	22.16	15.06	15.05	11.05	
	22.08		15.06		11.01	
28	11	21.99	22.14	15.07	14.83	11.10
		22.07		14.95		10.99
	12	21.86	22.10	14.95	14.91	10.97
		21.98		14.93		11.01
	13	22.13	22.00	15.20	14.89	10.86
22.07			15.05		10.97	
14	13	22.20	21.86	15.14	14.91	11.16
		22.03		15.03		11.01
	14	22.09	22.11	14.98	14.80	11.05
		22.10		14.89		11.10
15	22.17	22.17	15.07	14.83	11.17	
	22.17		14.95		11.06	

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.58
Ancho	15.00	
Esesor	11.00	% abs A.F. 1.32

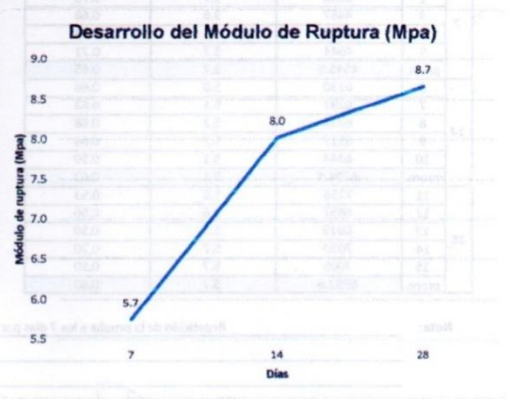
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	22.04	
Ancho	14.99	
Esesor	11.02	

Geometría		
Valor	Norma	
Esesor (mm)	110.20	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/esesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.46	6.49	11.27
2	10.45	6.47	11.27
3	10.42	6.46	11.27

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	7.13	7.30
2	7.23	
3	7.54	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	7156	5.8	0.67
	2	7055	5.8	0.67
	3	7275	5.9	0.52
	4	6924	5.5	0.50
	5	7137	5.7	0.61
	prom.	7109.4	5.7	0.59
14	6	10103	7.9	0.54
	7	10052	8.1	0.49
	8	9881	8.0	0.63
	9	9901	8.0	0.70
	10	9760	8.0	0.48
	prom.	9939.4	8.0	0.57
28	11	10890	8.8	0.61
	12	10950	8.9	0.70
	13	10547	8.5	0.70
	14	10624	8.5	0.58
	15	10549	8.5	0.57
	prom.	10712	8.7	0.63



Nota: _____

Evelyn Ovalle
efectuó

Ing. Pablo Cox
revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 3 : 0 : 0.45
 Fecha: 18 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	49.78	49.78	1
Res. De T.	149.35	150.13	3.02
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	22.40	23.60	0.47

GEOMETRÍA							
Día No.	Largo real		Ancho real		Espesor		
1	21.99	22.06	15.00	14.87	11.04	11.02	11.15
	22.03		14.94		11.06		
2	22.02	22.08	14.86	14.93	10.81	10.91	10.83
	22.05		14.90		10.94		
3	22.15	22.12	15.20	15.14	11.09	10.95	11.08
	22.14		15.17		11.02		
4	21.97	22.12	14.83	14.80	11.07	10.94	11.05
	22.05		14.82		10.97		
5	22.13	22.18	15.01	14.86	11.08	10.86	11.16
	22.16		14.94		11.06		
6	21.87	22.19	15.01	15.15	10.87	11.06	11.15
	22.03		15.08		11.07		
7	21.80	22.17	14.84	15.03	11.09	11.02	10.92
	21.99		14.94		10.99		
8	22.10	22.06	14.84	15.00	10.95	10.98	11.16
	22.08		14.92		10.99		
9	22.05	22.11	14.87	14.87	11.13	11.00	11.00
	22.08		14.87		11.02		
10	21.96	22.00	15.15	14.97	10.89	10.94	11.03
	21.98		15.06		10.97		
11	21.95	21.83	14.82	15.13	11.12	11.12	11.02
	21.89		14.98		11.10		
12	22.02	21.91	14.98	14.87	11.04	10.89	10.83
	21.97		14.93		10.99		
13	22.06	21.92	14.81	14.81	11.04	11.03	11.00
	21.99		14.81		11.06		
14	22.08	21.82	14.96	14.90	10.97	11.11	10.86
	21.95		14.93		10.95		
15	21.85	21.81	14.83	14.87	11.04	10.92	11.17
	21.83		14.85		10.98		

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.52
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

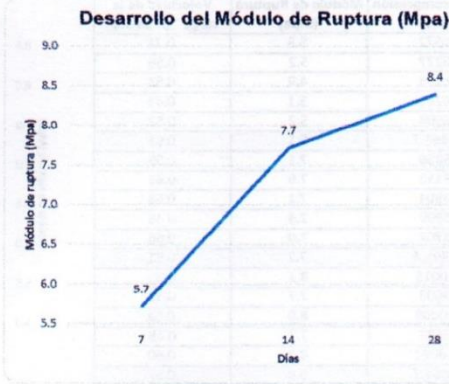
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	22.01	1.32
Ancho	14.94	
Espesor	11.01	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	110.10	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.65	6.18	11.40
2	10.67	6.20	11.40
3	10.72	6.21	11.40

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	6.54	6.29
2	6.40	
3	5.94	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	6904	5.6	0.52
	2	7095	5.9	0.50
	3	7068	5.7	0.58
	4	7020	5.8	0.59
	5	7073	5.7	0.61
	prom.	7032	5.7	0.56
14	6	9254	7.4	0.49
	7	9614	7.8	0.69
	8	9331	7.6	0.59
	9	9654	7.9	0.69
	10	9808	7.9	0.61
	prom.	9532.2	7.7	0.62
28	11	10178	8.1	0.64
	12	10558	8.6	0.70
	13	10147	8.2	0.52
	14	10546	8.6	0.57
	15	10451	8.5	0.61
	prom.	10376	8.4	0.61



Nota: _____

Evelyn Ovalle

Evelyn Ovalle
efectuó

Pablo Cox

Ing. Pablo Cox
revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 3 : 0 : 0.50
 Fecha: 19 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	49.23	49.23	1
Res. De T.	147.69	148.43	3.02
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	24.62	25.83	0.52

GEOMETRÍA									
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor			
7	1	22.07	21.93	15.17	14.93	10.88	11.00	11.10	11.03
		22.00		15.05		11.00			
	2	22.08	22.10	15.17	14.80	11.07	10.81	10.81	10.99
		22.09		14.99		10.92			
	3	22.09	22.03	15.18	15.12	11.04	11.17	11.12	10.89
		22.06		15.15		11.06			
4	22.04	22.10	14.98	14.92	11.05	11.08	10.95	11.08	
	22.07		14.95		11.04				
5	21.87	22.01	15.05	14.83	11.04	11.20	11.15	11.08	
	21.94		14.94		11.12				
14	6	21.99	22.08	15.17	15.05	10.86	11.09	11.16	10.89
		22.04		15.11		11.00			
	7	21.98	22.09	14.93	15.14	10.89	11.02	10.81	10.92
		22.04		15.04		10.91			
	8	21.95	22.20	14.82	15.02	10.93	11.04	11.14	11.18
		22.08		14.92		11.07			
9	22.04	21.96	15.17	14.98	10.81	11.04	11.00	11.08	
	22.00		15.08		10.98				
10	21.84	22.12	15.11	14.86	11.15	11.09	10.90	10.89	
	21.98		14.99		11.01				
28	11	21.85	21.88	15.05	14.80	11.14	10.85	10.85	10.93
		21.87		14.93		10.94			
	12	21.85	21.89	15.12	15.16	10.97	10.95	11.05	10.86
		21.87		15.14		10.96			
	13	21.99	21.89	15.12	15.03	11.12	11.06	11.01	10.92
		21.94		15.08		11.03			
14	22.04	21.95	14.85	15.19	11.14	11.12	11.06	10.82	
	22.00		15.02		11.04				
15	22.14	21.82	15.18	14.93	10.86	10.96	11.09	10.90	
	21.98		15.06		10.95				

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)	
Largo	22.00
Ancho	15.00
Espesor	11.00

% Hum. (speedy)
0.50
% abs A.F.
1.32

Promedios (cm)	
Largo	22.00
Ancho	15.03
Espesor	11.00

% abs A.G.

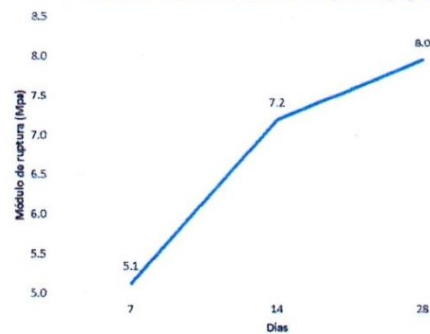
Geometría		
Espeor (mm)	Valor	Norma
	110.02	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espeor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.73	6.43	11.45
2	10.74	6.42	11.47
3	10.78	6.40	11.47

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	6.30	6.26
2	6.42	
3	6.06	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	6572	5.3	0.71
	2	6277	5.2	0.56
	3	6193	4.9	0.63
	4	6295	5.1	0.61
	5	6504	5.2	0.52
	prom.	6368.2	5.1	0.61
14	6	8860	7.1	0.59
	7	9112	7.5	0.63
	8	8804	7.1	0.68
	9	8999	7.3	0.48
	10	8702	7.0	0.66
prom.	8895.4	7.2	0.61	
28	11	10015	8.2	0.55
	12	9603	7.7	0.52
	13	10009	8.0	0.68
	14	9602	7.7	0.48
	15	10092	8.2	0.60
prom.	9864.2	8.0	0.57	

Desarrollo del Módulo de Ruptura (Mpa)



Nota:

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 3 : 0 : 0.55
 Fecha: 20 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	48.69	48.69	1
Res. De T.	146.07	146.74	3.01
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	26.78	28.04	0.58

GEOMETRÍA								
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor		
7	1	22.10	22.18	14.85	15.05	10.99	10.88	10.96
		22.14		14.95		11.00		
	2	22.15	22.02	14.86	14.80	10.82	11.05	11.17
		22.09		14.83		10.97		
	3	22.02	21.98	14.97	15.18	10.97	10.84	11.08
22.00		15.08		11.00				
4	22.20	21.93	14.94	14.82	10.93	10.83	10.90	
	22.07		14.88		10.96			
5	21.81	22.05	14.98	14.92	10.84	10.92	11.11	
	21.93		14.95		11.01			
14	6	22.10	21.85	15.11	15.03	10.82	10.95	11.14
		21.98		15.07		11.00		
	7	21.89	21.95	14.92	14.93	11.15	10.95	11.07
		21.92		14.93		11.02		
	8	22.12	22.03	15.13	14.80	11.04	10.97	11.16
22.08		14.97		11.09				
9	21.97	22.07	14.82	15.03	11.06	10.81	11.10	
	22.02		14.93		11.00			
28	10	21.98	21.86	15.01	15.01	10.89	11.05	10.87
		21.92		15.01		10.99		
	11	22.18	22.20	14.94	14.86	11.16	10.92	11.07
		22.19		14.90		11.09		
	12	22.07	21.90	14.99	15.03	11.02	10.92	10.82
21.99		15.01		10.98				
13	21.91	21.98	14.94	15.07	10.99	10.88	11.18	
	21.95		15.01		10.98			
14	21.94	22.17	14.83	14.81	10.81	11.02	11.15	
	22.06		14.82		11.01			
15	21.87	21.82	15.05	14.94	10.95	10.87	11.15	
	21.85		15.00		11.04			

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)	
Largo	22.00
Ancho	15.00
Espesor	11.00

% Hum. (speedy)
0.46

% abs A.F.
1.32

Promedios (cm)	
Largo	22.01
Ancho	14.95
Espesor	11.01

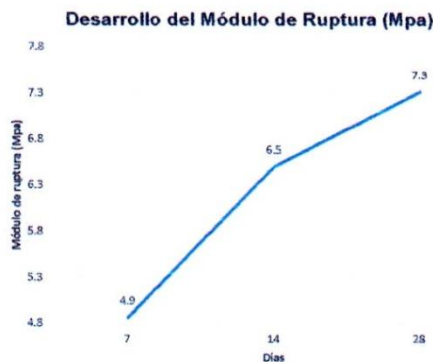
% abs A.G.

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	110.07	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.51	7.08	11.22
2	10.52	7.09	11.22
3	10.41	7.10	11.20

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	6.26	6.51
2	6.22	
3	7.04	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	5779	4.7	0.55
	2	5936	4.9	0.59
	3	6101	4.9	0.48
	4	5908	4.9	0.58
	5	6045	4.9	0.49
	prom.	5953.8	4.9	0.54
14	6	8170	6.6	0.55
	7	8100	6.5	0.61
	8	8045	6.4	0.59
	9	7944	6.5	0.59
	10	8052	6.5	0.48
	prom.	8062.2	6.5	0.56
28	11	8977	7.3	0.53
	12	9151	7.4	0.50
	13	8907	7.2	0.59
	14	9139	7.5	0.57
	15	9028	7.2	0.59
	prom.	9040.4	7.3	0.56



Nota:

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 4 : 0 : 0.40
 Fecha: 21 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	41.03	41.03	1
Res. De T.	164.10	164.74	4.02
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	16.41	17.94	0.44

Día	No.	GEOMETRÍA							
		Largo real		Ancho real		Espesor			
7	1	22.20	22.19	14.91	15.20	10.92	11.20	10.97	11.09
		22.20		15.06		11.05			
	2	22.20	22.00	15.04	14.93	10.81	11.13	11.15	11.14
		22.10		14.99		11.06			
	3	21.85	21.90	15.10	15.19	11.15	10.91	10.87	11.14
21.88		15.15		11.02					
4	21.86	22.00	15.13	15.14	11.20	11.17	10.93	10.85	
	21.93		15.14		11.04				
5	21.85	22.07	14.83	15.07	11.01	10.81	10.87	11.06	
	21.96		14.95		10.94				
14	6	22.02	21.96	15.02	15.15	11.04	11.09	11.09	10.87
		21.99		15.09		11.02			
	7	21.88	21.80	14.93	15.11	11.06	11.00	10.96	10.86
		21.84		15.02		10.97			
	8	22.17	22.03	14.92	15.10	10.94	11.17	10.81	10.87
22.10		15.01		10.95					
9	21.98	22.02	14.90	14.83	10.95	11.14	11.11	11.20	
	22.00		14.87		11.10				
10	21.97	22.00	14.87	14.92	11.18	11.15	11.13	10.94	
	21.99		14.90		11.10				
28	11	21.86	22.18	14.97	14.87	11.05	10.90	10.95	11.11
		22.02		14.92		11.00			
	12	22.06	21.93	14.94	14.95	10.92	11.19	10.81	11.20
		22.00		14.95		11.03			
	13	22.05	22.06	14.80	15.19	11.04	10.98	11.18	11.16
22.06		15.00		11.09					
14	21.86	21.81	14.94	14.89	11.15	10.86	10.92	10.90	
	21.84		14.92		10.96				
15	22.14	21.91	15.19	15.13	10.83	11.02	11.18	11.05	
	22.03		15.16		11.02				

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.39
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	21.99	1.32
Ancho	15.01	
Espesor	11.02	

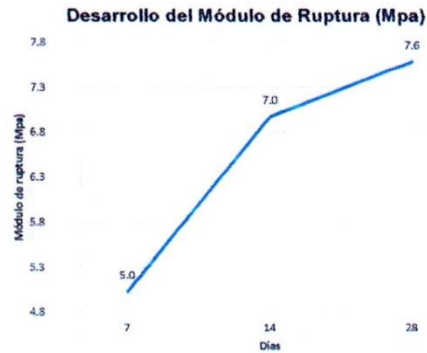
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	21.99	
Ancho	15.01	
Espesor	11.02	

Geometría		
Valor	Norma	
Espesor (mm)	110.22	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.88	7.63	12.04
2	10.88	7.61	12.05
3	10.99	7.63	12.06

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	9.63	9.41
2	9.72	
3	8.86	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	6485	5.2	0.60
	2	6319	5.1	0.61
	3	5988	4.8	0.68
	4	5971	4.7	0.66
	5	6521	5.3	0.67
	prom.	6256.8	5.0	0.64
14	6	8577	6.9	0.60
	7	8849	7.1	0.62
	8	8603	7.1	0.55
	9	8400	6.7	0.65
	10	8891	7.1	0.57
	prom.	8664	7.0	0.60
28	11	9428	7.7	0.63
	12	9639	7.8	0.54
	13	9498	7.6	0.49
	14	9266	7.5	0.68
	15	9237	7.4	0.53
	prom.	9413.6	7.6	0.57



Nota:

[Firma]
 Evelyn Ovalle
 efectuó

[Firma]
 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 4 : 0 : 0.45
 Fecha: 22 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	40.65	40.65	1
Res. De T.	162.60	163.20	4.01
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	18.29	19.84	0.49

GEOMETRÍA								
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor		
1		21.80	22.20	14.99	15.01	11.09	11.09	11.12
		22.00		15.00		11.03		
2		22.00	21.83	14.81	14.91	11.11	11.03	10.88
		21.92		14.86		11.04		
3		21.99	21.82	15.03	15.08	10.96	11.07	10.95
		21.91		15.06		11.01		
4		21.83	22.18	15.02	14.89	11.06	11.03	11.03
		22.01		14.96		11.07		
5		22.20	21.80	14.88	15.07	10.96	10.86	11.01
		22.00		14.98		10.94		
6		21.97	22.03	15.00	15.07	11.00	11.04	11.16
		22.00		15.04		11.09		
7		21.84	22.19	15.11	15.20	10.96	10.82	10.83
		22.02		15.16		10.95		
8		22.14	22.15	14.98	14.98	11.00	10.99	10.96
		22.15		14.98		10.94		
9		21.91	22.18	14.96	14.99	10.81	10.98	11.16
		22.05		14.98		11.01		
10		22.17	22.17	14.87	15.02	10.87	11.16	10.88
		22.17		14.95		11.01		
11		21.81	21.82	15.12	14.92	10.96	11.20	11.12
		21.82		15.02		11.10		
12		21.86	22.19	15.06	15.03	11.07	10.81	11.11
		22.03		15.05		10.95		
13		21.95	22.01	14.84	15.01	10.90	10.97	11.02
		21.98		14.93		10.96		
14		22.00	22.04	14.82	14.92	10.80	10.95	10.97
		22.02		14.87		10.93		
15		22.07	22.02	14.90	15.08	10.91	10.84	11.11
		22.05		14.99		10.92		

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)	
Largo	22.00
Ancho	15.00
Espesor	11.00

% Hum. (speedy)
0.37

% abs A.F.
1.32

Promedios (cm)	
Largo	22.01
Ancho	14.99
Espesor	11.00

% abs A.G.

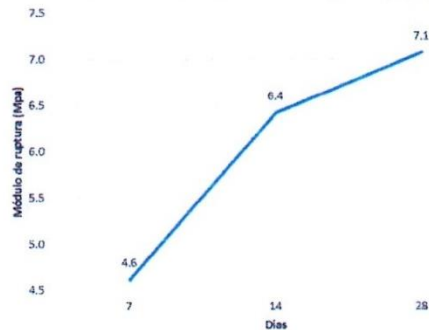
Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.95	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.86	7.55	12.07
2	10.88	7.54	12.08
3	10.93	7.56	12.09

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	10.05	9.88
2	9.97	
3	9.64	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	5583	4.5	0.54
	2	5482	4.4	0.48
	3	5903	4.7	0.71
	4	5779	4.6	0.65
	5	5845	4.8	0.64
	prom.	5718.4	4.6	0.60
14	6	7932	6.3	0.57
	7	8064	6.5	0.63
	8	7813	6.4	0.66
	9	7654	6.2	0.61
	10	8146	6.6	0.57
	prom.	7921.8	6.4	0.61
28	11	8881	7.0	0.55
	12	8868	7.2	0.68
	13	8505	7.0	0.62
	14	8624	7.1	0.68
	15	8592	7.1	0.59
	prom.	8694	7.1	0.62

Desarrollo del Módulo de Ruptura (Mpa)



Nota: _____

Evelyn Ovalle

Evelyn Ovalle
efectuó

Pablo Cox

Ing. Pablo Cox
revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 4 : 0 : 0.50
 Fecha: 25 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	40.28	40.28	1
Res. De T.	161.12	161.67	4.01
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	20.14	21.72	0.54

Día	No.	GEOMETRÍA							
		Largo real		Ancho real		Espesor			
7	1	21.99	22.10	14.83	15.00	11.18	11.07	10.83	11.20
		22.05		14.92				11.07	
	2	21.92	22.15	15.14	15.19	10.90	10.91	10.99	11.12
		22.04		15.17				10.98	
	3	21.84	21.88	15.18	14.86	11.16	10.81	11.00	11.01
21.86			15.02				11.00		
14	4	21.96	21.88	14.95	15.16	11.08	11.18	10.89	11.20
		21.92		15.06				11.09	
	5	22.00	21.95	14.83	14.88	10.88	10.84	11.19	11.19
		21.98		14.86				11.03	
	6	21.92	22.19	14.92	14.98	11.14	11.11	11.20	11.12
22.06			14.95				11.14		
28	7	22.17	22.06	15.01	15.18	11.15	11.17	10.99	11.02
		22.12		15.10				11.08	
	8	22.11	22.00	15.10	14.99	10.96	10.91	11.11	11.00
		22.06		15.05				11.00	
	9	22.16	21.87	15.10	14.81	10.80	10.80	10.87	10.94
22.02			14.96				10.85		
28	10	22.19	21.86	14.99	14.92	11.18	11.18	10.97	11.08
		22.03		14.96				11.10	
	11	21.98	21.99	15.03	14.88	11.06	11.14	11.19	11.08
		21.99		14.96				11.12	
	12	21.84	22.13	15.02	14.80	11.19	10.98	10.90	11.17
21.99			14.91				11.06		
28	13	21.81	22.17	15.00	15.15	10.90	10.87	10.80	11.14
		21.99		15.08				10.93	
	14	21.99	22.12	14.94	14.86	10.92	11.19	10.99	11.11
		22.06		14.90				11.05	
	15	22.00	22.03	15.16	15.04	10.98	11.04	10.85	10.93
22.02			15.10				10.95		

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.34
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

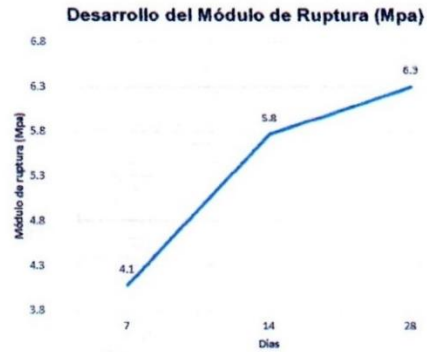
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	22.01	1.32
Ancho	15.00	
Espesor	11.03	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	110.29	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.81	7.09	11.91
2	10.80	7.10	11.93
3	10.63	7.11	11.91

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	9.30	9.82
2	9.46	
3	10.71	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	5263	4.2	0.57
	2	5012	4.0	0.58
	3	5190	4.2	0.52
	4	5039	4.0	0.52
	5	4920	4.0	0.61
	prom.	5084.8	4.1	0.56
14	6	7207	5.7	0.55
	7	7192	5.7	0.70
	8	7299	5.9	0.59
	9	6972	5.8	0.61
	10	7126	5.7	0.69
	prom.	7159.2	5.8	0.63
28	11	7717	6.1	0.64
	12	7790	6.3	0.60
	13	7657	6.2	0.54
	14	7808	6.3	0.70
	15	8079	6.6	0.50
	prom.	7810.2	6.3	0.60



Nota: _____

Evelyn Ovalle
 Evelyn Ovalle
 efectuó

Pablo Cox
 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 4 : 0 : 0.55
 Fecha: 26 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	39.92	39.92	1
Res. De T.	159.67	160.10	4.01
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	21.95	23.63	0.59

		GEOMETRÍA							
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor			
7	1	22.20	22.17	15.13	15.15	11.00	11.06	10.98	10.88
		22.19		15.14		10.98			
	2	22.18	21.94	15.04	15.11	10.95	10.82	11.13	11.00
		22.06		15.08		10.98			
	3	21.81	21.93	15.14	15.04	11.00	11.14	10.95	11.00
14		21.87		15.09		11.02			
	4	21.95	22.17	14.83	14.89	11.01	11.04	11.18	10.85
		22.06		14.86		11.02			
	5	21.92	22.01	15.01	15.10	10.90	10.84	11.20	10.91
		21.97		15.06		10.96			
28	6	22.13	22.03	14.95	15.17	10.89	11.17	10.91	11.13
		22.08		15.06		11.03			
	7	22.06	21.82	14.92	14.93	10.80	11.14	10.82	10.97
		21.94		14.93		10.93			
	8	22.20	22.06	14.96	14.90	10.96	11.20	10.95	10.84
7		22.13		14.93		10.99			
	9	21.87	22.14	15.06	15.08	11.07	11.17	10.87	10.92
		22.01		15.07		11.01			
	10	21.85	21.80	15.08	15.09	10.98	10.96	10.86	10.95
		21.83		15.09		10.94			
28	11	21.82	22.12	14.81	15.07	10.91	11.15	11.18	10.83
		21.97		14.94		11.02			
	12	22.02	21.80	15.08	14.86	10.93	10.95	11.01	11.13
		21.91		14.97		11.01			
	13	22.16	21.98	14.80	14.89	11.05	11.03	10.97	11.01
28		22.07		14.85		11.02			
	14	21.91	21.87	14.91	15.03	11.09	11.08	10.92	11.08
		21.89		14.97		11.04			
15		21.83	21.99	15.06	14.81	10.99	11.15	10.83	11.20
		21.91		14.94		11.04			

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.27
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

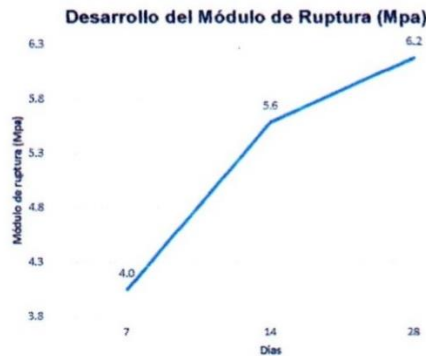
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	21.99	1.32
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.98	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.50	6.70	11.64
2	10.52	6.71	11.65
3	10.68	6.72	11.67

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	9.74	9.33
2	9.75	
3	8.51	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	5190	4.2	0.66
	2	4929	4.0	0.66
	3	4962	3.9	0.57
	4	5029	4.1	0.54
	5	4915	4.0	0.54
	prom.	5005	4.0	0.59
14	6	6756	5.4	0.66
	7	6819	5.6	0.71
	8	7044	5.8	0.52
	9	7057	5.7	0.59
	10	6770	5.5	0.63
	prom.	6889.2	5.6	0.62
28	11	7632	6.2	0.70
	12	7735	6.2	0.54
	13	7709	6.3	0.57
	14	7670	6.1	0.62
	15	7533	6.0	0.68
	prom.	7655.8	6.2	0.62



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por ruptura de la esquina inferior izquierda de 1 adoquín.

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 5 : 0 : 0.40
 Fecha: 27 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	34.62	34.62	1
Res. De T.	173.08	173.41	5.01
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	13.85	15.80	0.46

		GEOMETRÍA							
Día	No.	Largo real		Ancho real		Espesor			
7	1	22.13	22.19	15.07	15.14	11.00	11.15	10.90	11.10
		22.16		15.11		11.04			
	2	22.15	21.88	14.91	14.90	10.88	10.86	10.82	10.97
		22.02		14.91		10.88			
	3	21.88	21.94	14.83	15.11	11.11	10.93	11.10	10.95
14	4	21.91	21.98	15.03	15.03	11.10	10.90	10.95	11.15
		21.95		15.03		11.03			
	5	21.84	21.87	15.17	15.14	10.95	10.97	10.99	10.82
		21.86		15.16		10.93			
	6	22.12	22.08	15.02	15.18	11.04	10.99	10.90	10.84
28	7	22.10		15.10		10.94			
	8	22.19	22.00	14.85	14.80	10.90	11.02	11.07	10.94
		22.10		14.83		10.98			
	9	22.15	22.15	15.18	15.07	10.86	11.14	11.18	10.90
		22.15		15.13		11.02			
14	10	21.99	21.80	15.08	14.93	10.91	10.84	11.15	11.14
		21.90		15.01		11.01			
	11	22.05	22.13	14.82	15.02	10.82	11.16	10.89	10.82
		22.09		14.92		10.92			
	12	22.13	21.96	15.06	14.87	10.99	10.82	11.09	11.06
28		22.05		14.97		10.99			
	13	22.01	21.98	15.10	15.03	11.07	10.84	10.99	11.16
		22.00		15.07		11.02			
	14	21.92	22.18	15.05	14.92	11.00	11.16	10.95	11.01
		22.05		14.99		11.03			
14	15	21.88	21.83	14.85	14.87	11.07	10.83	10.84	10.80
		21.86		14.86		10.89			
	15	21.96	21.87	14.83	14.90	10.82	11.07	11.06	10.88
		21.92		14.87		10.96			

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)	
Largo	22.00
Ancho	15.00
Espesor	11.00

% Hum. (speedy)
0.19

% abs A.F.
1.32

Promedios (cm)	
Largo	22.01
Ancho	14.99
Espesor	10.98

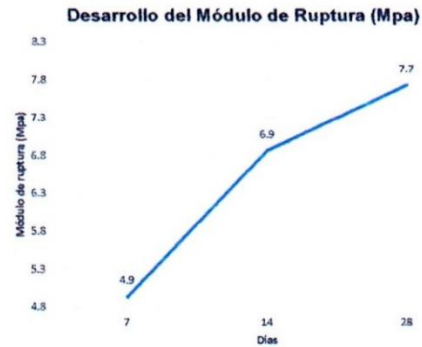
% abs A.G.

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.77	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.82	8.40	12.03
2	10.82	8.39	12.02
3	10.94	8.40	12.00

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	10.00	9.62
2	9.99	
3	8.87	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	6133	4.9	0.65
	2	5903	4.9	0.65
	3	5962	4.8	0.58
	4	6199	5.0	0.50
	5	6316	5.1	0.71
	prom.	6102.6	4.9	0.62
14	6	8441	6.9	0.64
	7	8651	7.1	0.60
	8	8314	6.7	0.67
	9	8258	6.6	0.70
	10	8454	7.0	0.63
	prom.	8423.6	6.9	0.65
28	11	9583	7.8	0.68
	12	9454	7.6	0.50
	13	9315	7.5	0.57
	14	9584	7.9	0.62
	15	9540	7.8	0.54
	prom.	9495.2	7.7	0.58



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por ruptura de la esquina inferior izquierda de 1 adoquín

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 5 : 0 : 0.45
 Fecha: 28 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	34.35	34.35	1
Res. De T.	171.74	172.03	5.01
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	15.46	17.43	0.51

GEOMETRÍA							
Día No.	Largo real		Ancho real		Espesor		
1	22.20	21.80	15.12	14.99	10.92	11.00	11.11
	22.00		15.06		11.02		
2	22.17	21.89	15.10	15.09	11.03	10.88	11.11
	22.03		15.10		11.00		
3	22.05	21.88	14.83	14.84	10.87	10.87	10.92
	21.97		14.84		10.95		
4	21.88	22.02	14.86	15.18	10.84	10.99	10.83
	21.95		15.02		10.93		
5	22.04	21.81	14.99	15.00	10.84	11.03	11.13
	21.93		15.00		11.01		
6	21.86	22.18	15.16	14.82	10.98	11.18	11.11
	22.02		14.99		11.10		
7	22.20	21.85	15.03	15.15	11.18	11.05	11.11
	22.03		15.09		11.09		
8	21.84	22.05	14.86	14.81	10.80	11.04	11.06
	21.95		14.84		11.01		
9	21.82	21.87	15.06	15.09	10.90	10.97	10.84
	21.85		15.08		10.93		
10	22.01	22.10	15.04	14.92	10.93	10.97	10.90
	22.06		14.98		10.94		
11	21.82	21.90	14.81	14.81	11.02	11.20	10.83
	21.86		14.81		11.01		
12	22.02	21.83	15.04	14.97	10.97	11.18	11.11
	21.93		15.01		11.08		
13	21.97	21.98	15.02	15.16	10.81	10.95	11.12
	21.98		15.09		11.01		
14	21.83	22.11	15.16	15.04	10.99	11.15	10.94
	21.97		15.10		11.01		
15	22.15	21.85	15.17	15.09	11.19	11.16	11.18
	22.00		15.13		11.13		

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.17
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

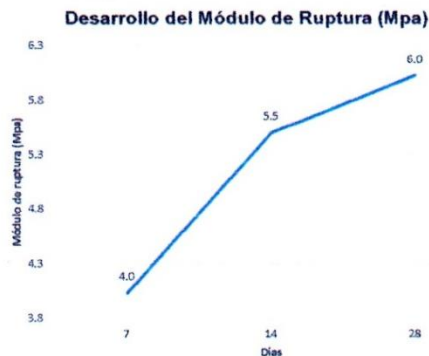
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	21.97	1.32
Ancho	15.01	
Espesor	11.01	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	110.13	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.46	≤ 2.5
Largo real/espesor	1.99	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.64	7.98	11.94
2	10.65	7.99	11.95
3	10.55	7.97	11.94

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	10.88	11.14
2	10.88	
3	11.68	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	4984	4.0	0.50
	2	4852	3.9	0.63
	3	5042	4.2	0.71
	4	4871	4.0	0.61
	5	4805	3.9	0.53
	prom.	4910.8	4.0	0.60
14	6	6634	5.3	0.57
	7	6663	5.3	0.57
	8	6764	5.5	0.48
	9	6786	5.5	0.62
	10	6957	5.7	0.69
	prom.	6760.8	5.5	0.58
28	11	7501	6.1	0.59
	12	7359	5.8	0.50
	13	7485	6.0	0.66
	14	7607	6.1	0.68
	15	7437	5.8	0.65
	prom.	7477.8	6.0	0.62



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por ruptura de la esquina inferior derecha de 1 adoquín.

Evelyn Ovalle
 Evelyn Ovalle
 efectuó

Pablo Cox
 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 5 : 0 : 0.50
 Fecha: 29 de mayo de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	34.08	34.08	1
Res. De T.	170.41	170.69	5.01
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	17.04	19.02	0.56

Día	No.	GEOMETRÍA								
		Largo real			Ancho real			Espesor		
7	1	21.99	22.16	15.09	14.97	11.04	10.85	10.95	10.86	
		22.08		15.03				10.93		
	2	21.87	21.90	14.94	15.17	11.06	10.95	10.98	10.86	
		21.89		15.06				10.96		
	3	22.13	21.92	15.12	15.17	11.06	11.11	11.15	11.15	
22.03			15.15				11.12			
14	4	22.08	22.17	15.08	15.17	11.14	10.96	10.84	11.20	
		22.13		15.13				11.04		
	5	21.80	21.96	14.89	15.02	10.90	10.90	11.13	11.16	
		21.88		14.96				11.02		
	6	21.83	21.93	14.96	14.96	10.92	10.92	11.17	10.92	
21.88			14.96				10.98			
28	7	21.92	22.04	15.20	14.92	10.85	11.14	11.07	10.91	
		21.98		15.06				10.99		
	8	22.06	22.10	15.14	15.17	11.02	10.80	10.90	10.87	
		22.08		15.16				10.90		
	9	21.88	21.87	14.80	15.03	10.83	10.90	11.09	10.96	
21.88			14.92				10.95			
28	10	21.87	22.19	14.91	14.81	11.20	10.86	11.04	11.13	
		22.03		14.86				11.06		
	11	22.04	22.13	14.93	14.84	11.10	10.89	10.88	11.12	
		22.09		14.89				11.00		
	12	21.89	21.90	14.92	15.02	10.80	11.17	11.14	10.95	
21.90			14.97				11.02			
28	13	22.20	22.16	15.18	15.06	11.10	10.83	11.03	10.88	
		22.18		15.12				10.96		
	14	21.88	21.87	15.00	15.02	10.86	10.93	11.07	11.11	
		21.88		15.01				10.99		
	15	22.07	21.83	15.20	14.98	11.06	11.08	11.05	10.84	
21.95			15.09				11.01			

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.16
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

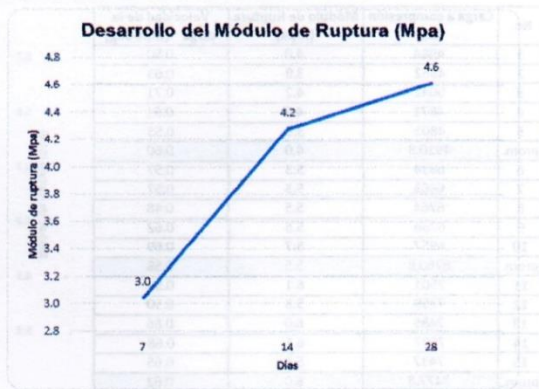
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	21.99	1.32
Ancho	15.02	
Espesor	10.99	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.94	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.752	7.272	11.896
2	10.743	7.292	11.88
3	10.606	7.301	11.891

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	9.62	10.00
2	9.57	
3	10.81	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	3805	3.1	0.66
	2	3724	3.0	0.48
	3	3700	2.9	0.54
	4	3626	2.9	0.64
	5	3775	3.0	0.58
	prom.	3726	3.0	0.58
14	6	5194	4.2	0.50
	7	5263	4.2	0.71
	8	5333	4.4	0.54
	9	5153	4.2	0.56
	10	5111	4.1	0.51
	prom.	5210.8	4.2	0.56
28	11	5596	4.6	0.57
	12	5646	4.5	0.54
	13	5566	4.5	0.63
	14	5824	4.7	0.67
	15	5589	4.5	0.68
	prom.	5644.2	4.6	0.62



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por ruptura de la esquina inferior izquierda de 1 adoquín.

Evelyn Ovalle
 Evelyn Ovalle
 efectuó

Pablo Cox
 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 5 : 0 : 0.55
 Fecha: 1 de junio de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	33.82	33.82	1
Res. De T.	169.11	169.27	5.00
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	18.60	20.68	0.61

Día		GEOMETRÍA								
No.		Largo real			Ancho real			Espesor		
1		22.19	22.15	15.02	15.16	11.04	10.92	11.09	10.99	
		22.17		15.09			11.01			
2		22.12	21.97	14.97	15.10	11.04	10.91	10.96	11.12	
		22.05		15.04			11.01			
3		21.92	22.04	14.98	14.93	10.86	11.11	11.09	10.80	
		21.98		14.96			10.97			
4		21.88	21.93	14.99	15.17	10.82	11.20	10.93	11.20	
		21.91		15.08			11.04			
5		21.98	22.02	15.14	15.03	10.80	10.83	10.99	11.05	
		22.00		15.09			10.92			
6		22.15	22.16	14.85	14.94	11.01	10.91	11.18	10.97	
		22.16		14.90			11.02			
7		21.98	22.15	14.92	15.05	11.13	11.12	10.89	11.17	
		22.07		14.99			11.08			
8		22.10	21.86	15.19	15.02	10.86	10.97	10.93	10.92	
		21.98		15.11			10.92			
9		21.87	22.05	14.88	14.97	10.80	11.08	10.97	11.07	
		21.96		14.93			10.98			
10		21.85	22.16	15.08	14.93	10.81	11.19	10.80	10.88	
		22.01		15.01			10.92			
11		22.09	21.93	14.85	14.90	10.96	11.03	10.84	11.01	
		22.01		14.88			10.96			
12		22.00	22.16	14.98	15.20	11.04	11.14	11.19	10.90	
		22.08		15.09			11.07			
13		21.85	22.04	15.02	14.81	10.99	11.20	11.14	10.83	
		21.95		14.92			11.04			
14		21.90	21.88	14.81	15.05	11.09	10.96	10.88	11.16	
		21.89		14.93			11.02			
15		22.16	21.81	14.84	15.04	10.88	11.18	10.87	11.13	
		21.99		14.94			11.02			

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.09
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	% abs A.F. 1.32

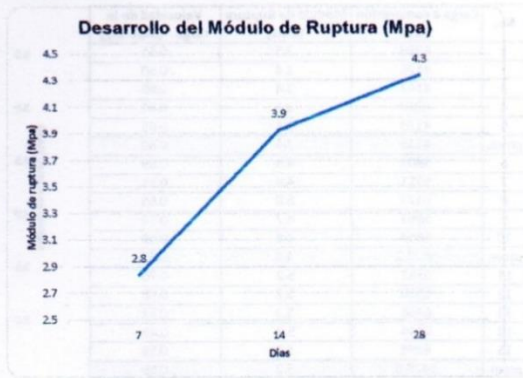
Promedios (cm)		% abs A.G.
Largo	22.01	
Ancho	14.99	
Espesor	11.00	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.97	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.77	6.73	11.90
2	10.79	6.74	11.91
3	10.71	6.72	11.91

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	9.47	9.62
2	9.37	
3	10.04	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	3440	2.8	0.54
	2	3656	3.0	0.54
	3	3408	2.8	0.56
	4	3408	2.7	0.66
	5	3661	3.0	0.54
	prom.	3514.6	2.8	0.57
14	6	4777	3.9	0.58
	7	4917	3.9	0.70
	8	4884	4.0	0.70
	9	4717	3.8	0.52
	10	4885	4.0	0.54
	prom.	4836	3.9	0.61
28	11	5460	4.5	0.70
	12	5327	4.2	0.70
	13	5397	4.3	0.71
	14	5444	4.4	0.51
	15	5266	4.3	0.70
	prom.	5378.8	4.3	0.66



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por ruptura de la esquina inferior derecha de 1 adoquín.

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Corrales
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 6 : 0 : 0.45
 Fecha: 2 de junio de 2020
 Interesado:

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	29.74	29.74	1
Res. De T.	178.42	178.56	6.00
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	13.38	15.59	0.52

Día		GEOMETRÍA											
No.		Largo real			Ancho real			Espesor					
1		22.00	21.83	15.18	14.88	10.83	11.07	10.81	11.19				
		21.92		15.03				10.98					
2		22.02	22.01	15.06	15.18	10.86	11.00	10.98	11.15				
		22.02		15.12				11.00					
3		22.18	21.84	15.01	14.88	11.02	10.84	10.82	11.04				
		22.01		14.95				10.93					
4		22.04	22.14	15.09	15.14	11.02	10.91	11.03	11.00				
		22.09		15.12				10.99					
5		21.82	22.10	14.84	15.04	10.93	10.82	11.16	11.01				
		21.96		14.94				10.98					
6		22.18	22.15	15.16	14.85	10.97	10.87	11.03	10.95				
		22.17		15.01				10.96					
7		22.10	21.92	14.90	15.06	11.04	11.07	10.91	11.08				
		22.01		14.98				11.03					
8		22.10	22.02	14.97	14.97	10.93	11.11	11.13	10.87				
		22.06		14.97				11.01					
9		22.08	21.97	15.08	15.05	10.81	11.07	11.08	11.05				
		22.03		15.07				11.00					
10		21.98	22.17	15.05	14.84	11.03	10.95	10.96	10.96				
		22.08		14.95				10.98					
11		22.10	21.95	14.87	14.99	10.98	10.88	11.09	10.82				
		22.03		14.93				10.94					
12		21.99	22.03	15.05	15.11	11.09	10.98	10.96	11.20				
		22.01		15.08				11.06					
13		22.19	22.14	15.08	15.11	11.01	11.12	11.16	11.00				
		22.17		15.10				11.07					
14		21.94	22.15	15.16	15.19	11.05	11.19	10.97	11.19				
		22.05		15.18				11.10					
15		22.10	21.90	15.02	15.02	10.86	11.03	11.14	10.85				
		22.00		15.02				10.97					

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.08
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

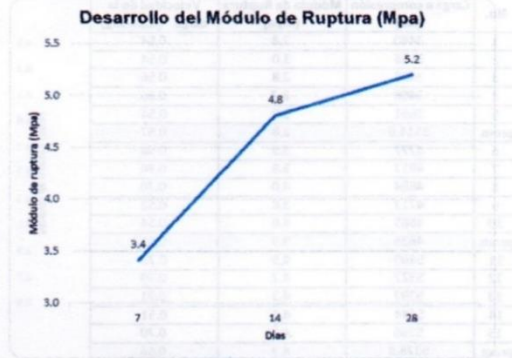
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	22.04	1.32
Ancho	15.03	
Espesor	11.00	

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.99	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.54	6.95	11.63
2	10.53	6.93	11.65
3	10.44	6.95	11.64

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	9.40	9.76
2	9.59	
3	10.28	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	4289	3.5	0.55
	2	4176	3.4	0.50
	3	4147	3.4	0.69
	4	4280	3.5	0.61
	5	4173	3.4	0.65
	prom.	4213	3.4	0.60
14	6	5805	4.8	0.59
	7	5911	4.8	0.51
	8	6173	5.0	0.65
	9	5863	4.7	0.54
	10	5864	4.8	0.56
	prom.	5923.2	4.8	0.57
28	11	6382	5.2	0.70
	12	6510	5.2	0.68
	13	6468	5.2	0.51
	14	6644	5.2	0.48
	15	6394	5.2	0.58
	prom.	6479.6	5.2	0.59



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por ruptura de la esquina inferior izquierda de 1 adoquín.
 Repetición de la prueba a los 14 días por ruptura de la esquina inferior izquierda de 1 adoquín.

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 6 : 0 : 0.50
 Fecha: 3 de junio de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	29.54	29.54	1
Res. De T.	177.23	177.34	6.00
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	14.77	17.00	0.58

Día No.	GEOMETRÍA									
	Largo real		Ancho real		Espesor					
1	22.02	22.00	15.19	15.08	11.14	10.84	11.05	10.84		
	22.01		15.14		10.97					
2	21.92	21.90	14.98	15.11	10.83	11.16	10.91	10.81		
	21.91		15.05		10.93					
3	21.99	22.10	15.04	15.15	10.90	11.09	11.13	10.89		
	22.05		15.10		11.00					
4	21.91	21.87	15.01	15.20	10.87	11.16	11.10	11.20		
	21.89		15.11		11.08					
5	21.84	21.98	14.90	15.12	11.01	10.82	11.14	11.06		
	21.91		15.01		11.01					
6	22.10	22.11	14.81	15.19	11.06	10.99	10.90	11.14		
	22.11		15.00		11.02					
7	21.96	22.20	14.90	15.10	11.07	10.98	11.18	11.02		
	22.08		15.00		11.06					
8	21.89	21.99	15.11	15.11	10.99	10.83	10.85	11.15		
	21.94		15.11		10.96					
9	22.07	21.94	15.12	15.02	11.01	11.19	10.94	11.09		
	22.01		15.07		11.06					
10	21.90	22.16	14.91	14.83	11.00	11.19	11.02	11.20		
	22.03		14.87		11.10					
11	22.12	21.82	15.01	14.89	10.87	10.96	11.03	10.83		
	21.97		14.95		10.92					
12	21.92	21.85	14.84	14.91	10.96	10.88	10.91	10.83		
	21.89		14.88		10.90					
13	21.94	21.85	14.83	15.04	10.83	10.83	10.84	11.18		
	21.90		14.94		10.92					
14	22.20	22.04	15.06	14.93	10.89	10.85	10.93	11.14		
	22.12		15.00		10.95					
15	21.99	21.95	15.14	14.99	11.07	10.93	11.10	11.01		
	21.97		15.07		11.03					

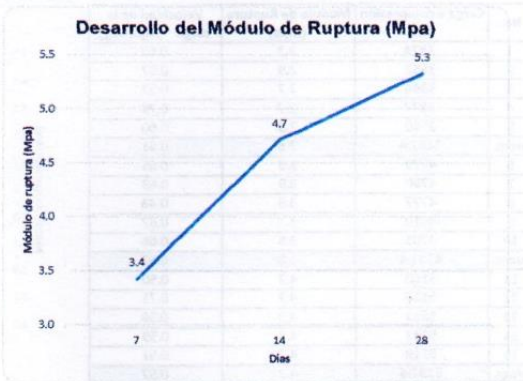
Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.06
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	21.98	1.32
Ancho	15.02	
Espesor	10.99	
		% abs A.G.

Geometría		
	Valor	Norma
Espesor (mm)	109.94	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.47	6.86	11.63
2	10.49	6.84	11.64
3	10.65	6.83	11.63

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	9.92	9.40
2	9.89	
3	8.38	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	4229	3.4	0.66
	2	4451	3.6	0.63
	3	4211	3.4	0.52
	4	4288	3.4	0.51
	5	4140	3.3	0.71
	prom.	4263.8	3.4	0.61
14	6	5829	4.7	0.63
	7	5937	4.8	0.61
	8	5803	4.7	0.64
	9	5753	4.6	0.63
	10	6022	4.8	0.68
	prom.	5868.8	4.7	0.64
28	11	6526	5.4	0.70
	12	6652	5.5	0.68
	13	6562	5.4	0.64
	14	6509	5.3	0.68
	15	6310	5.0	0.69
	prom.	6511.8	5.3	0.68



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por ruptura de la esquina inferior derecha de 1 adoquín.

Evelyn Ovalle
 Evelyn Ovalle
 efectuó

Pablo Cox
 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 6 : 0 : 0.55
 Fecha: 4 de junio de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	29.34	29.34	1
Res. De T.	176.06	176.14	6.00
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	16.14	18.37	0.63

GEOMETRÍA							
Día No.	Largo real		Ancho real		Espesor		
1	22.19	22.03	14.92	14.85	10.92	11.07	11.10
	22.11		14.89		11.07		
2	22.18	22.13	15.02	14.87	11.08	11.20	11.12
	22.16		14.95		11.07		
3	21.86	21.84	15.15	14.92	10.93	10.90	10.95
	21.85		15.04		10.91		
4	21.98	22.11	15.02	15.10	10.93	10.97	11.20
	22.05		15.06		10.99		
5	22.06	22.05	15.15	15.02	10.99	10.96	10.90
	22.06		15.09		11.01		
6	21.94	22.14	15.19	14.94	10.92	11.14	11.02
	22.04		15.07		10.98		
7	22.13	22.05	14.89	14.99	10.88	11.17	11.15
	22.09		14.94		11.08		
8	22.11	22.15	14.95	14.96	10.88	10.90	11.13
	22.13		14.96		10.98		
9	22.12	21.97	15.03	15.17	10.99	11.18	10.85
	22.05		15.10		10.98		
10	21.88	22.00	15.02	15.15	10.95	11.06	10.86
	21.94		15.09		11.00		
11	21.96	21.86	14.90	15.06	11.14	11.04	10.93
	21.91		14.98		11.00		
12	21.99	22.20	15.08	14.81	10.83	10.84	10.92
	22.10		14.95		10.92		
13	22.10	21.87	14.86	15.03	10.90	11.00	10.98
	21.99		14.95		10.98		
14	21.84	22.08	14.93	15.01	10.98	10.99	10.94
	21.96		14.97		10.93		
15	22.16	21.88	14.94	15.19	10.82	10.94	10.94
	22.02		15.07		10.89		

Dimensiones nominales del rect. inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.05
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

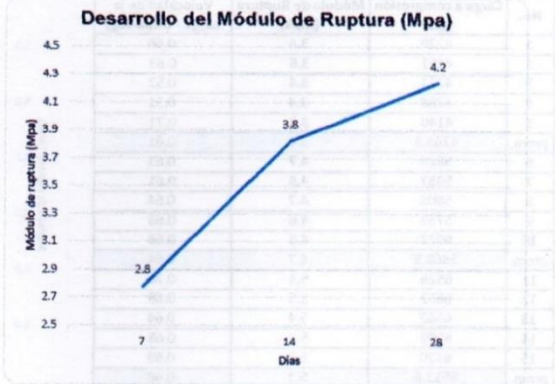
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	22.03	1.32
Ancho	15.00	
Espesor	10.99	

Geometría		
Espesor (mm)	Valor	Norma
Espesor	109.86	≥ 60 mm
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.01	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.87	7.51	11.95
2	10.87	7.52	11.95
3	10.85	7.51	11.93

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	9.00	9.02
2	8.98	
3	9.09	

Día No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	3374	2.7
	2	3552	2.9
	3	3344	2.7
	4	3377	2.7
	5	3540	2.8
prom.	3437.4	2.8	0.61
14	6	4779	3.9
	7	4790	3.9
	8	4777	3.9
	9	4610	3.7
	10	4701	3.8
prom.	4731.4	3.8	0.62
28	11	5160	4.2
	12	5116	4.2
	13	5311	4.3
	14	5232	4.3
	15	5119	4.2
prom.	5187.6	4.2	0.57



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por ruptura de la esquina inferior derecha de 1 adoquín.

Evelyn Ovalle
 Evelyn Ovalle
 efectuó

Pablo Cox
 Ing. Pablo Cox
 revisó

Continuación de apéndice 2.



CONTROL DE CALIDAD DE ADOQUINES

Proporciones: 1 : 6 : 0 : 0.60
 Fecha: 5 de junio de 2020
 Interesado: _____

	Kg	Corrección	Proporción corregida
Cemento	29.15	29.15	1
Res. De T.	0.00	174.97	6.00
3/8" - No. 8	0.00	0.00	0.00
Agua	17.49	19.73	0.68

Día No.	GEOMETRÍA											
	Largo real				Ancho real				Espesor			
1	22.15	22.09	15.08	15.10	10.96	11.20	11.17	10.81				
	22.12				15.09				11.04			
2	22.19	22.17	15.09	15.17	11.07	10.84	11.19	10.85				
	22.18				15.13				10.99			
3	22.14	22.04	15.14	14.95	10.87	11.18	11.15	10.99				
	22.09				15.05				11.05			
4	22.05	22.01	15.00	14.83	10.82	10.89	11.14	11.07				
	22.03				14.92				10.98			
5	21.90	22.01	15.06	14.82	11.08	10.87	11.06	10.90				
	21.96				14.94				10.98			
6	21.81	22.10	14.90	15.16	10.90	11.18	11.18	10.82				
	21.96				15.03				11.02			
7	21.90	22.14	14.87	15.03	10.96	10.99	11.04	10.98				
	22.02				14.95				10.99			
8	21.86	22.01	14.85	15.17	11.17	10.94	10.81	10.80				
	21.94				15.01				10.93			
9	22.12	22.03	14.86	14.99	11.13	11.02	10.87	10.81				
	22.08				14.93				10.96			
10	22.04	22.18	14.90	15.20	11.14	10.98	11.06	10.89				
	22.11				15.05				11.02			
11	22.13	21.98	14.86	14.94	11.01	10.82	10.83	10.98				
	22.06				14.90				10.91			
12	21.85	21.98	14.99	15.00	11.12	10.80	10.93	11.11				
	21.92				15.00				10.99			
13	22.08	21.80	14.84	15.05	11.00	10.93	10.84	10.92				
	21.94				14.95				10.92			
14	22.04	22.06	15.20	15.05	11.15	11.14	10.88	11.09				
	22.05				15.13				11.07			
15	21.88	22.13	14.95	14.80	10.94	11.11	11.11	10.90				
	22.01				14.88				11.02			

Dimensiones nominales del rect. Inscrito (cm)		% Hum. (speedy)
Largo	22.00	0.04
Ancho	15.00	
Espesor	11.00	

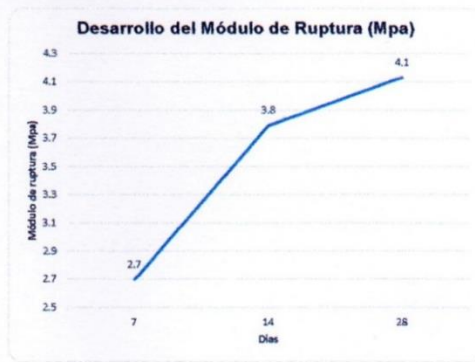
Promedios (cm)		% abs A.F.
Largo	22.03	1.32
Ancho	15.00	
Espesor	10.99	

Geometría	Valor	Norma
	Espesor (mm)	109.90
Largo Real/ancho nominal	1.47	≤ 2.5
Largo real/espesor	2.00	≤ 4

Absorción (kg)			
No.	Peso seco	Peso sumergido	Peso saturado
1	10.88	6.93	11.95
2	10.86	6.92	11.94
3	10.94	6.91	11.93

Porcentaje de absorción		
No.	%	Promedio
1	8.99	8.77
2	9.04	
3	8.27	

Día	No.	Carga a compresión (lbs)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Velocidad de la carga (Mpa-seg)
7	1	3397	2.7	0.64
	2	3344	2.7	0.52
	3	3342	2.7	0.48
	4	3319	2.7	0.70
	5	3277	2.7	0.70
	prom.	3335.8	2.7	0.61
14	6	4766	3.8	0.49
	7	4660	3.8	0.52
	8	4505	3.7	0.57
	9	4764	3.9	0.69
	10	4658	3.8	0.70
	prom.	4670.6	3.8	0.59
28	11	5194	4.3	0.70
	12	4999	4.0	0.62
	13	5133	4.2	0.52
	14	5089	4.0	0.67
	15	4973	4.0	0.66
	prom.	5077.6	4.1	0.63



Nota: Repetición de la prueba a los 7 días por ruptura de la esquina inferior izquierda de 1 adoquín.

Evelyn Ovalle
 efectuó

Ing. Pablo Colón
 revisó

Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. Clasificación de los agregados gruesos según Norma COGUANOR NTG 41007

NTG-41007

Tabla 2 Requisitos de granulometría para agregados gruesos
Cantidades más finas que pasan por un tamiz (abertura cuadrada) en porcentaje en masa

Número de Tamazo	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas)	100 mm (4 in.)	90 mm (3½ in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2½ in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1½ in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (¾ in.)	4.75 mm (Nº 4)	2.36 mm (Nº 8)	1.18 mm (Nº 16)	300 µm (Nº 50)
1	90 a 37.5 mm (3½ a 1½ in.)	100	90 a 100	25 a 60	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
2	63 a 37.5 mm (2½ a 1½ in.)	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
3	50 a 25.0 mm (2 a 1 in.)	100	100	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
357	50 a 4.75 mm (2 in. A N° 4)	100	100	100	95 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
4	37.5 a 19.0 mm (1½ to ¾ in.)	100	100	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
467	37.5 a 4.75 mm (1½ A N° 4)	100	100	100	95 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
5	25.0 a 9.5 mm (1 a ¾ in.)	100	100	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
56	25.0 a 4.75 mm (1 a ¾ in.)	100	100	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 10	0 a 5	0 a 5	0 a 5
57	25.0 a 4.75 mm (1 in. A N° 4)	100	100	100	95 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 10	0 a 5	0 a 5	0 a 5
6	19.0 a 9.5 mm (¾ a ¾ in.)	100	100	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
67	19.0 a 4.75 mm (¾ a ¾ in.)	100	100	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 15	0 a 10	0 a 5	0 a 5	0 a 5
7	12.5 a 4.75 mm (½ in. A N° 4)	100	100	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
8	9.5 a 2.36 mm (¾ in a N° 9)	100	100	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
88	9.5 a 1.18 mm (¾ in a N° 16)	100	100	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5
gA	4.75 a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	100	100	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5	0 a 5

A) El Agregado de número de tamazo 8 está definido en la norma terminología NTG/ASTM C 125 como un agregado fino. Esta incluido como un agregado grueso cuando está combinado con un material de número de tamazo 8 para crear un número de tamazo 89, que es un agregado grueso según está definido por la norma Terminología NTG/ASTM C 125.

Fuente: Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala. Norma técnica 41007.

