



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

MANABÍ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE MANABÍ

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS Y QUÍMICAS
DE ROCAS ÍGNEAS DE LAS CANTERAS “MEGAROK CHORRILLO Y PICOAZÁ”
PARA FINES DE AGREGADOS PÉTREOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO, INFRAESTRUCTURA Y SISTEMA SOCIALES Y AMBIENTALES
PARA UN HÁBITAT SOSTENIBLE

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

AMBIENTE, CIUDAD, TERRITORIO Y SOCIEDAD PARA UN HÁBITAT
SOSTENIBLE, PLANIFICADO, INCLUSIVO Y SEGURO

PREVIO AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

AUTORES

FERNANDO JOSÉ TORO ARGANDOÑA

JEAN CRISTOPHER NAVARRETE ALAVA

TUTOR

MGTR. MAURICIO HENRY COLPARI POZZO

PORTOVIEJO, MARZO 2025

Certificado del trabajo de integración curricular

De:

Mgtr, Mauricio Henry Colpari Pozzo

Para:

Mgtr, Yandri Xavier Vélez Molina

Coordinador de la carrera de Ingeniería Civil

CERTIFICA

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación

(F) _____

Magister, Mauricio Henry Colpari Pozzo

C.I 0965673726

Acta de aprobación del tribunal

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí

(F)_____

Magister, Mauricio Henry Colpari Pozzo

Primer lector

(F)_____

Magister, María Tatiana Ordóñez Zambrano

Segundo lector

(F)_____

Magister, Juan Fernando Quiroz Alonzo

Tercer lector

Declaración de Originalidad

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo.

Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie

(F)_____

Jean Cristopher Navarrete Alava

C.I. 1313699876

Dirección: Km7 Vía Santa Ana

Correo electrónico: navarretejean222@gmail.com

Celular: 0991088262

(F)_____

Fernando José Toro Argandoña

C.I. 1350641831

Dirección: Calle Los Amigos y Avenida Reales Tamarindos

Correo electrónico: ferjosetoro@gmail.com

Celular: 0994079852

Declaración de derechos de autor

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo

(F)_____

Jean Cristopher Navarrete Alava

C.I. 1313699876

(F)_____

Fernando José Toro Argandoña

C.I. 1350641831

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar las propiedades físico-mecánicas y químicas de las rocas ígneas de las canteras “Megarok chorrillo y Picoazá” para determinar sus agregados pétreos en la construcción los informantes principales del estudio fueron los operadores de la cantera y normativas técnicas locales e internacionales aplicamos una metodología no experimental que incluyo un análisis de laboratorio. Entre los ensayos que se realizaron destacan el desgaste por abrasión y en análisis químico mediante el ensayo al sulfato ambas canteras presentaron propiedades físico-mecánicas adecuadas para su uso como agregados cumpliendo con las normativas ASTM para materiales de construcción. Sin embargo, en la cantera Megarok Chorrillo debido a la localización de esta se obtuvieron valores más elevados en los ensayos de laboratorio, especialmente en los ensayos de sulfato, esto se debe a la localización de la cantera en resumen, las rocas de ambas canteras son adecuadas para concreto y pavimentos, pero se requiere un seguimiento adicional en la cantera Chorrillo para asegurar la durabilidad.

¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas y químicas de las rocas ígneas de las canteras “Megarok Chorrillo” y “Picoazá” para su uso como agregados pétreos en la construcción?

El concreto es un material esencial en la construcción moderna, utilizado por su versatilidad, resistencia y capacidad de moldeado. Su composición básica incluye cemento, agua, arena y agregados, siendo estos últimos claves en su desempeño estructural. Sin embargo, factores como la presencia de sulfatos, cloruros y materiales reciclados influyen en su durabilidad y sostenibilidad.

Palabras clave: Sulfato, propiedades físicos- mecánicas y químicas, humedad.

Abstract

Coarse aggregates are fundamental in concrete production, and their quality is essential to ensure safe buildings. This study addresses the question: What are the physical-mechanical and chemical properties of the igneous rocks from the "Megarok Chorrillo" and "Picoazá" quarries for their use as construction aggregates? This study evaluates the physical-mechanical and chemical properties of the igneous rocks from the "Megarok Chorrillo" and "Picoazá" quarries to determine their suitability as construction aggregates. A non-experimental methodology with laboratory analysis was applied, including abrasion wear and sulfate attack tests. The results indicate that both quarries meet ASTM standards for construction materials; however, in the Megarok Chorrillo quarry, higher values were observed in the sulfate tests due to its geographic location. In conclusion, the rocks from both quarries are suitable for use in concrete and pavements, but additional monitoring is recommended for the Chorrillo quarry to ensure the durability of the aggregates.

Keywords: Sulfate, physical-mechanical and chemical properties, moisture.

Tabla de contenido

Certificado del trabajo de integración curricular	i
Acta de aprobación del tribunal	ii
Declaración de Originalidad	iii
Declaración de derechos de autor	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	x
Introducción	1
Objetivos.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Metodología	5
Método de la Investigación.....	5
Enfoque general de la metodología.....	5
Población o muestra.....	5
Muestreo	6
Proceso de la investigación.....	7
Normas.....	7
Normas nacionales e internacionales	25
NTE INEN 872	25

ASTM C33-23	25
EN 1097-6	26
EN 12620	26
Materiales.....	28
Resultados	30
Discusión.....	36
Comparativa de normativa nacional e internacional.....	37
Megarok Picoazá.....	37
Megarok Chorrillo	38
Conclusiones	40
Referencias bibliográficas.....	42

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Tamaño de las muestras en agregado fino</i>	12
Tabla 2 <i>Tamaño de las muestras en agregados gruesos</i>	13
Tabla 3 <i>Requisitos mínimos para masa y legibilidad</i>	19
Tabla 4 <i>Masas mínimas de la muestra inicial</i>	22
Tabla 5 <i>Normativas a comparar</i>	27
Tabla 6 <i>Máximos permisibles según las normas seleccionadas</i>	36

Índice de figuras

Figura 1 <i>Ubicación de las canteras</i>	6
Figura 2 <i>Extracción de material</i>	7
Figura 3 <i>Flujograma del proceso de investigación</i>	7
Figura 4 <i>Tamizado de materiales</i>	8
Figura 5 <i>Peso de las esferas</i>	9
Figura 6 <i>Peso inicial de la muestra e introducción del material a la máquina de Los Ángeles</i>	10
Figura 7 <i>Muestra de material obtenido de la máquina SIN LAVAR y muestra final.</i>	11
Figura 8 <i>Granulometría de las muestras</i>	14
Figura 9 <i>Masas obtenidas a partir de tamizado</i>	14
Figura 10 <i>Conteo de piedras</i>	15
Figura 11 <i>Preparación de la solución de sulfato de sodio</i>	16
Figura 12 <i>Período de inmersión de las muestras a la solución</i>	17
Figura 13 <i>Procesos finales</i>	18
Figura 14 <i>Cuarteo y muestra inicial</i>	20
Figura 15 <i>Masa final</i>	21
Figura 16 <i>Valores obtenidos con la muestra de Chorrillo</i>	21
Figura 17 <i>Obtención de muestra inicial</i>	23
Figura 18 <i>Resultados de la muestra de Picoazá</i>	24
Figura 19 <i>Resultados de la muestra de Chorrillo</i>	25
Figura 20 <i>Mapas de zona de influencia de las canteras</i>	28
Figura 21 <i>Resultados ASTM C131 Cantera Picoazá</i>	31
Figura 22 <i>Resultados ASTM C131 Cantera Chorrillo</i>	31
Figura 23 <i>Resultados ASTM D2216 Cantera Picoazá y Chorrillo</i>	32

Figura 24 <i>Resultados ASTM C127 Cantera Picoazá</i>	33
Figura 25 <i>Resultados ASTM C127 Cantera Chorrillo</i>	34
Figura 26 <i>Resultados ASTM C88 Cantera Picoazá</i>	35
Figura 27 <i>Resultados ASTM C88 Cantera Chorrillo</i>	35

Introducción

El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados globalmente, solo superado por el agua. Está compuesto principalmente por cemento, arena, agua y agregados. El cemento se clasifica en grados 33, 43 y 53 según su finura y resistencia. Los agregados finos y gruesos juegan un papel crucial en la resistencia del concreto, después del cemento. La clasificación del cemento determina la fuerza y finura del material (Bagadiya et al., 2022). El concreto es un material constructivo versátil, ofrece plasticidad, facilidad de moldeado y uso. Su importancia es evidente en proyectos a gran escala como represas, rascacielos, infraestructuras ferroviarias de alta velocidad y puentes marítimos, donde ha demostrado su eficacia y eficiencia en la construcción moderna (Feng et al., 2024). El uso de cemento impermeable y concreto asfáltico en carreteras urbanas obstaculiza la absorción de agua de lluvia, generando problemas como sistemas de drenaje sobrecargados, inundaciones urbanas y efectos de isla de calor urbano. Por ello, el concepto de “ciudades esponja” ha ganado popularidad, buscando soluciones para mejorar la absorción y gestión del agua de lluvia en áreas urbanas (Li et al., 2024). El uso de agregados reciclados en concreto reduce costos y fomenta la sostenibilidad ambiental, ganando popularidad en ingeniería. Sin embargo, el concreto con agregado grueso reciclado suele considerarse de baja calidad y no apto para aplicaciones estructurales debido a sus limitaciones (Liu et al., 2024).

El suelo contiene altos niveles de sulfato, lo que provoca un deterioro severo del concreto en las obras hidráulicas debido al ataque de sulfatos y a los efectos de los ciclos de humedad-sequedad (Bai et al., 2024). Los sulfatos en morteros y concretos pueden provenir del proceso de fabricación del cemento o incorporarse posteriormente. Su exceso puede ser dañino, ya que reacciona con componentes del cemento hidratado, formando ettringita secundaria o taumasita, lo que puede comprometer la integridad estructural del material.

(Chinchón-Payá et al., 2021). Los iones agresivos, como cloruros y sulfatos, presentes en entornos marinos y aguas subterráneas y superficiales, pueden dañar el concreto. La variabilidad de su concentración puede afectar la degradación del material. La presencia de sulfatos puede disminuir la protección de la armadura mediante lixiviación. Estudios demuestran que armaduras galvanizadas son más resistentes que las tradicionales en entornos agresivos y con contaminantes en la mezcla de concreto. (Landa-Sánchez et al., 2020)

La evaluación de las propiedades físico-mecánicas y químicas de las rocas ígneas de las canteras que elegimos como "Megarok Chorrillo y Picoazá," se realizó por varias razones relacionadas con la calidad, seguridad y eficiencia de la construcción.

Para garantizar la calidad de los materiales los agregados pétreos son componentes fundamentales del concreto, asfalto y otros materiales de construcción, la calidad de estos afecta directamente a la resistencia, durabilidad y desempeño de las estructuras.

Se optimiza el diseño de la estructura conociendo las propiedades de los materiales permitiendo a los ingenieros calcular con precisión las dimensiones y refuerzos necesarios para garantizar estructuras seguras y funcionales.

Para prevenir problemas de durabilidad es importante evaluar la composición química de las rocas ya que evaluando esto se puede prevenir daños a largo plazo en estructuras expuestas a ambientes agresivos.

También es importante cumplir normativas y estándares y para ello existen regulaciones nacionales e internacionales como por ejemplo la ASTM que es una norma local que define los requisitos que deben cumplir los materiales de construcción.

La evaluación de las propiedades físico-mecánicas y químicas de las rocas ígneas de las canteras "Megarok Chorrillo" y "Picoazá" permitió determinar que ambas son aptas para su uso como agregados pétreos en la construcción, cumpliendo con los estándares

establecidos en las normativas ASTM. Los resultados evidenciaron que las rocas poseen características físicas y químicas adecuadas para aplicaciones en concreto y pavimentos, aunque en la cantera “Megarok Chorrillo” se observaron valores elevados en los ensayos de sulfato debido a su ubicación geográfica, lo que sugiere la necesidad de monitoreo continuo para garantizar la durabilidad en entornos específicos. En conclusión, el estudio valida la idoneidad de estos recursos para proyectos constructivos, destacando la importancia de evaluaciones periódicas para asegurar la sostenibilidad y el rendimiento de los materiales en diversas condiciones ambientales.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar las propiedades físico-mecánicas y químicas de rocas ígneas de las canteras “Megarok Chorrillo y Picoazá” para fines de agregados pétreos en la construcción.

Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-mecánicas de las rocas ígneas de las canteras Megarok Chorrillo y Picoazá.
- Analizar la interacción entre las rocas ígneas de las canteras Megarok Chorrillo y Picoazá y los sulfatos mediante ensayos de solubilidad.
- Comparar las propiedades físico-mecánicas y la resistencia a los sulfatos de las rocas ígneas con los estándares nacionales e internacionales para agregados pétreos

Metodología

Método de la Investigación

Tanto la investigación experimental y la no experimental son herramientas valiosas y ninguna es mejor que la otra, las dos son utilizadas para el avance y conocimiento y en ocasiones resulta más factible un tipo u otro dependiendo de nuestro problema de investigación, pero la investigación no experimental estamos más cerca de las variables formuladas hipotéticamente como reales y en consecuencia tenemos más valides externa. (Fernández & Baptista, 2014)

El diseño de esta investigación fue no experimental, ya que se basó en la caracterización y análisis de las rocas ígneas de las canteras "Megarok Chorrillo y Picoazá". Se realizaron pruebas de laboratorio para evaluar sus propiedades físico-mecánicas y químicas y se compararon con estándares nacionales e internacionales.

Enfoque general de la metodología

“El enfoque cuantitativo se guía por áreas o temas significativos en la investigación. Estos enfoques pueden realizar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos.”(Fernández & Baptista, 2014)

Este estudio adoptó un enfoque cuantitativo, ya que implicaba la recopilación y análisis numérico de datos obtenidos a través de ensayos estandarizados, con el fin de establecer patrones y comparar resultados con criterios ya establecidos.

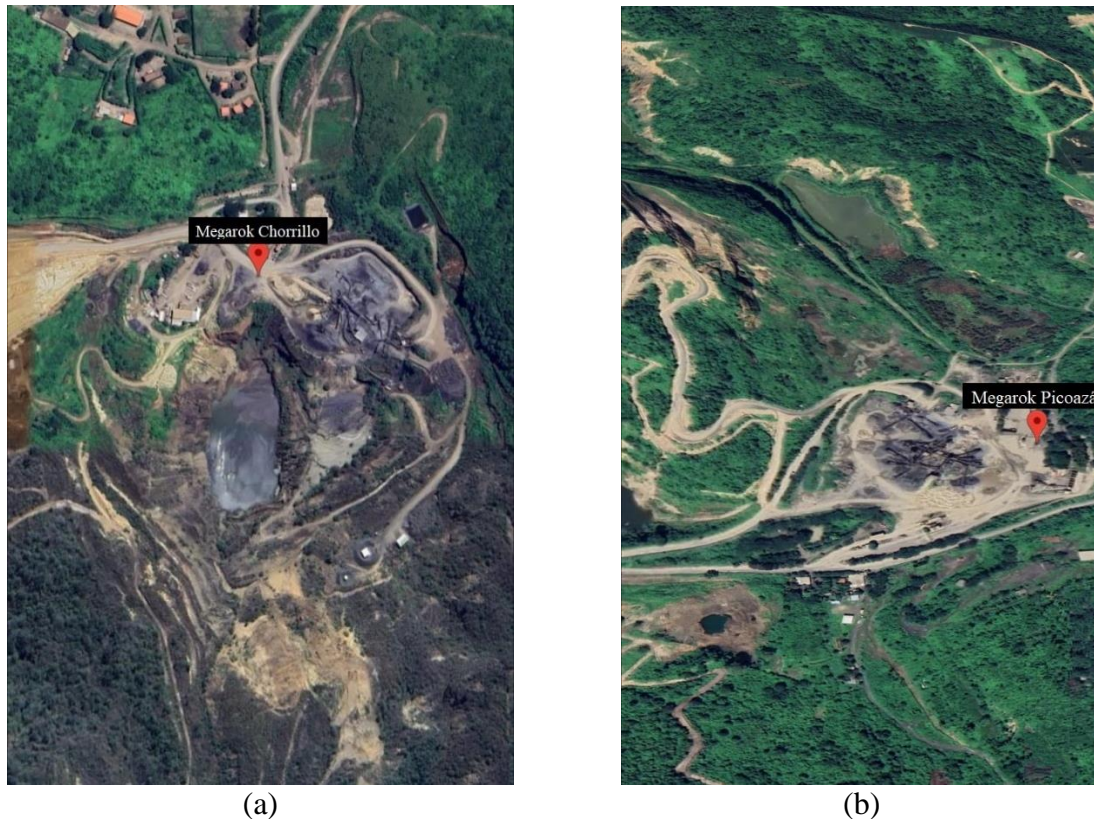
Población o muestra

La muestra es un subgrupo de la población que puede ser tanto probabilística como no probabilística, en el enfoque cuantitativo las muestras probabilísticas son esenciales en diseño

de investigación por encuestas, en los que se pretende generalizar los resultados a una población. (Fernández & Baptista, 2014)

Figura 1

Ubicación de las canteras



Nota. En la figura se observan las canteras (a) Megarok Chorrillo. (b) Megarok Picoazá.

Las muestras consistieron en material grueso de 1 ½ pulgada obtenidas de las canteras "Megarok Chorrillo" y "Megarok Picoazá". Se seleccionó una muestra representativa de rocas para llevar a cabo los ensayos de caracterización.

Muestreo

Las muestras se recogieron de dos canteras pertenecientes a la empresa "Megarok": la que se encuentra en Picoazá y la que está en Chorrillo. Para el muestreo, se basó en la norma ASTM D75M-19 que indica que el material se debe recoger de arriba, en medio y debajo. Para este ensayo se optó por un material grueso de 1 ½ pulg.

Figura 2
Extracción de material



(a)



(b)

Nota. Extracción de material de 1 ½ plg (a) cantera Chorrillo (b) cantera Picoazá

Proceso de la investigación

Figura 3
Flujograma del proceso de investigación



Normas

Método de prueba estándar para la resistencia a la degradación de agregados gruesos de pequeño tamaño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles (ASTM C131/C131M-20).

La prueba consiste en una medida de la degradación de agregados minerales de clasificaciones estándar que se obtienen de la combinación de acciones las cuales incluyen abrasión o desgaste, se realizan una serie de golpes o impactos en un tambor de acero giratorio más conocido como maquina los Ángeles que incluye un conjunto específico de

esferas de acero, cuya cantidad depende de la categoría de la muestra. Mientras el tambor está girando una placa de acero recoge las muestras y las esferas de acero estas caen de lado opuesto y se genera un efecto de impacto aplastante. Luego el contenido de esta rueda en el tambor con una acción de abrasión y trituración hasta que la placa del estanque recoge la muestra y las esferas de acero y se repite el ciclo. Cuando se alcanza el número de revoluciones prescrito, se retira el contenido del tambor y se tamiza la porción agregada para medir la degradación como porcentaje de pérdida, (ASTM International, 2020).

Este método de prueba tiene un procedimiento para probar áridos con un tamaño entre el rango de 19 mm [3/4 pulg] y 37.5 mm [1 ½ pulg]. (ASTM International, 2020)

Este ensayo se empezó con la muestra obtenida de la cantera de Picoazá. Primero se pasó el material por el tamiz ¾ pulg y se pudo observar que todo el material pasaba por el tamiz por lo que no se pudo utilizar el método A que la norma C131 establece por ende se trabajó con el método B. En este método se recogieron las muestras que el tamiz de ½ pulg y de 3/8 pulg retenían alrededor de 2500 gr el material era lavado para que el material fino terminara de pasar por los tamices, se dejó secando el material durante un día para luego empezar con el ensayo en la Máquina de los Ángeles.

Figura 4
Tamizado de materiales



Nota. Se tamizó por los tamices de ½” y 3/8” para utilizar el método B del ensayo de la máquina de Los Ángeles.

Después que el material fue secado se procedió a pesar las esferas que para este método se utilizaron 11 la cuales el peso total de estas esferas tenía que ser 4580 ± 25 gr, en nuestro caso las esferas pesaron 4601.9 gr el cual se encuentra en el rango permitido en la norma C131.

Figura 5
Peso de las esferas



Nota. Se pesaron 11 esferas porque se utilizó el método B.

Luego se extrajo una muestra inicial de 5003.3 gr de los materiales finos y gruesos que se dejaron secando el día anterior. Se colocó el material junto a las 11 esferas en la máquina la cual fue configurada para girar durante 500 revoluciones lo cual está establecido en la norma C131. A partir de este proceso obtuvimos una muestra de material grueso fino y desgastado esta muestra fue tamizada por el tamiz número 12 para separar el material del desgaste obteniendo un peso del material sin desgaste de 4191.6 gr. Este material luego fue lavado y puesto a secar en el horno hasta el siguiente día. La muestra final que se obtuvo después del secado fue de 4164.2 gr.

Figura 6

Peso inicial de la muestra e introducción del material a la máquina de Los Ángeles



(a)

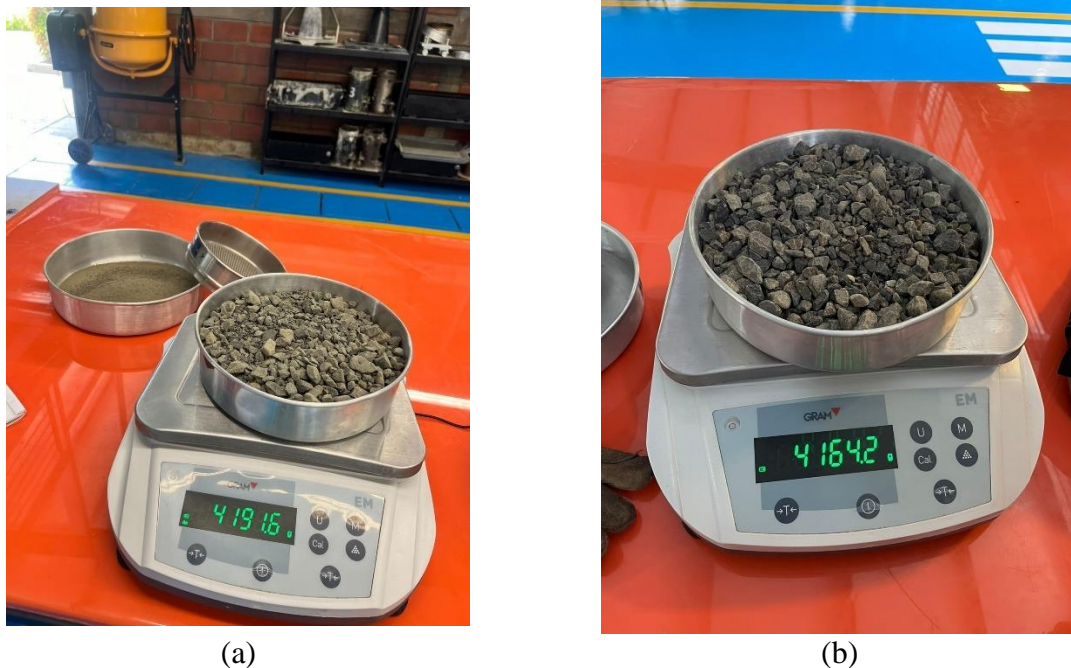


(b)

Nota. Este es el peso inicial de la muestra antes de ser introducido a la máquina y la introducción de ésta a la máquina. (a) Peso inicial de la muestra que se obtuvo a partir del material que retuvieron los tamices y que luego fueron secados. Este es el total de 2 muestras: una de 2501.2 y una de 2502.1. (b) Introducción del material a la máquina de Los Ángeles. Antes de introducir el material junto a las esferas en la máquina, hay que asegurarse de que esté limpia para no afectar la muestra.

Figura 7

Muestra de material obtenido de la máquina SIN LAVAR y muestra final.



Nota. Aquí podemos observar las masas finales obtenidas a partir del ensayo. (a) Este es el peso del material sin el desgaste después de haber realizado el ensayo con la máquina. (b) Se obtuvo esta muestra después de haber dejado el material secando por un día. Se puede observar que hay una pequeña variación con el peso antes de ser secado.

Debido a fallos en la electricidad, la máquina de Los Ángeles perteneciente a la universidad se averió y el ensayo no se pudo realizar dentro del laboratorio. Para esto, se recurrió al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Hormigones y Asfaltos del Ingeniero Orlando Mora.

Método de prueba estándar para determinar la solidez de los agregados mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio (C88/C88M-24).

Este método consiste en un procedimiento para una estimación preliminar de la solidez de los agregados para su uso en concreto u otros fines. La precisión de este método es deficiente, puede no ser adecuado para el rechazo total de agregados sin la confirmación de otras pruebas más estrechamente relacionadas con el servicio específico previsto.

Los valores para el porcentaje de pérdida permitida utilizando este método por lo general son diferentes en los agregados finos y gruesos, por lo tanto, se debe tener cuidado en fijar los límites adecuados en cualquier especificación que incluyan requisitos para estas pruebas. En algunos casos la prueba suele ser más grave cuando se utiliza sulfato de magnesio. Por lo tanto, los límites para el porcentaje de pérdida permitido del sulfato de magnesio suelen ser más alto que cuando se utiliza sulfato de sodio. (ASTM International, 2024)

Según ASTM International (2024) el agregado fino para la prueba será pasado a través de un tamiz de 9.5 mm [3/8 pulg]. La muestra debe ser de un tamaño que al menos 100 g de cada uno de los siguientes tamaños, que estarán disponibles en cantidades del 5% o más:

Tabla 1
Tamaño de las muestras en agregado fino

Pasa el tamiz	Retiene el tamiz
600 μm (No. 30)	300 μm (No. 50)
1.18 mm (No. 16)	600 μm (No. 30)
2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)
9.5 mm (3/8 inch)	4.75 mm (No. 4)

Nota. Esta tabla contiene información de los tamaños que debe cumplir cada muestra al momento de ser tamizado.

ASTM International (2024) también establece que el agregado grueso para la prueba consistirá en material al que se le hayan eliminado los tamaños más finos que el tamiz de 4,75 mm [No.4]. La muestra será de un tamaño tal que produzca las siguientes cantidades de los tamaños indicados que estén disponibles en cantidades del 5 % o más.

Tabla 2*Tamaño de las muestras en agregados gruesos*

Tamaño (tamices de abertura cuadrada)	Masa (gr.)
9,5 mm (3/8 pulg.) a 4,75 mm (No. 4)	300 ± 5
19,0 mm (3/4 pulg.) a 9,5 mm (3/8 pulg.)	1000 ± 10
<i>Compuesto por:</i>	
Material de 12,5 mm (1/2 pulg.) a 9,5 mm (3/8 pulg.)	330 ± 5
Material de 19,0 mm (3/4 pulg.) a 12,5 mm (1/2 pulg.)	670 ± 10
37,5 mm (1 1/2 pulg.) a 19 mm (3/4 pulg.)	1500 ± 50
<i>Compuesto por:</i>	
Material de 25,0 mm (1 pulg.) a 19,0 mm (3/4 pulg.)	500 ± 30
Material de 37,5 mm (1 1/2 pulg.) a 25,0 mm (1 pulg.)	1000 ± 50
63 mm (2 1/2 pulg.) a 37,5 mm (1 1/2 pulg.)	5000 ± 300
<i>Compuesto por:</i>	
Material de 50 mm (2 pulg.) a 37,5 mm (1 1/2 pulg.)	2000 ± 200
Material de 63 mm (2 1/2 pulg.) a 50 mm (2 pulg.)	3000 ± 300
Tamaños más grandes de 12,5 mm (1/2 pulg.) nominales distribuidos en el tamaño del tamiz, cada fracción	
<i>Compuesto por:</i>	
Material de 75 mm (3 pulg.) a 63 mm (2 1/2 pulg.)	7000 ± 1000
Material de 90 mm (3 1/2 pulg.) a 75 mm (3 pulg.)	7000 ± 1000
Material de 100 mm (4 pulg.) a 90 mm (3 1/2 pulg.)	7000 ± 1000

Nota. En esta tabla se pueden observar las diferentes masas que debe cumplir cada muestra al momento de ser tamizado.

Para este ensayo, se solicitó permiso para realizar este proceso en un laboratorio externo ya que no contábamos con los materiales requeridos para realizar el ensayo en nuestra universidad. El laboratorio Consuljoc S.A. en este caso nos recibieron y nos permitieron usar su laboratorio para seguir con nuestros ensayos y también nos guiaron mientras realizábamos el proceso. En este caso, empezamos con las dos muestras al mismo tiempo. Primero, se realizó una granulometría para identificar que tipo de material tenemos y así poder determinar la masa mínima que se necesitaba para empezar. Se determinó que el material era grueso de ¾.

Figura 8
Granulometría de las muestras



(a)



(b)

Nota. Este ensayo se empieza haciendo granulometría al material que se tiene, se observa (a) Granulometría de la muestra de la cantera Chorrillo. (b) Granulometría de la muestra de la cantera de Picoazá. Ambas muestras fueron clasificadas como material grueso de $\frac{3}{4}$ ".

Hecho esto, se procedió a tamizar la muestra por los tamices $\frac{3}{4}$ pulgadas, $\frac{1}{2}$ pulgada, $\frac{3}{8}$ pulgadas, y No. 4 para obtener las masas necesarias que iban a ser sumergidas en la solución de sulfato de sodio.

Figura 9
Masas obtenidas a partir de tamizado

Tamices		Saco Chorrillo			
Pasa	Retiene	Piedras antes	Piedras después	Masa inicial (gr.)	Masa final (gr.)
1 1/2	3/4	39		510,07	
3/4	1/2			670,05	
1/2	3/8			330,81	
3/8	4"			301,05	

(a)

Tamices		Saco Picoazá			
Pasa	Retiene	Piedras antes	Piedras después	Masa inicial (gr.)	Masa final (gr.)
1 1/2	3/4	42		511	
3/4	1/2			670,4	
1/2	3/8			330,21	
3/8	4"			301,85	

(b)

Nota. Estas son las masas iniciales obtenidas al tamizar la muestra por los tamices especificados en la norma. (a) Masas iniciales y número de piedras retenidas en el tamiz No. 4 de la cantera Chorrillo. (b) Masas iniciales y y número de piedras retenidas en el tamiz No. 4 de la cantera Picoazá

También, se contaron las piedras que habían sido retenidas en el tamiz 3/4.

Figura 10

Conteo de piedras

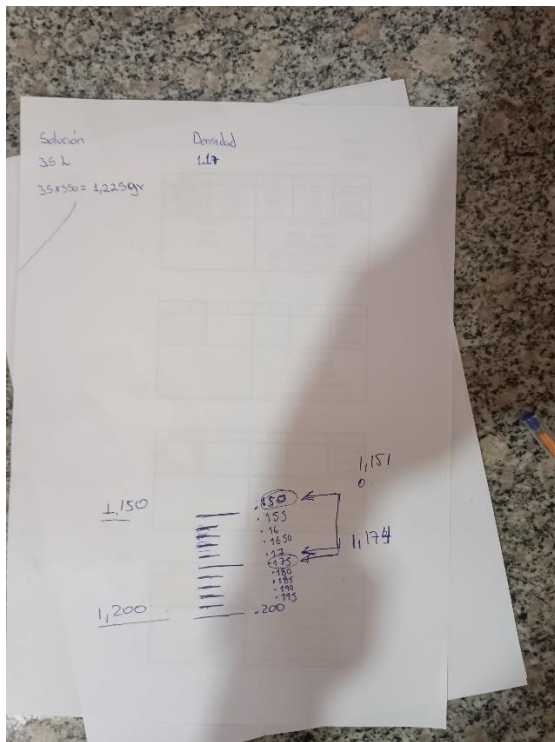


Nota. Solo se contaron las piedras retenidas en el tamiz $\frac{3}{4}$, la norma indica que no es necesario contar las de los tamices que le siguen al $\frac{3}{4}$ ".

La solución de sulfato de sodio fue preparada de acuerdo con lo que se muestra en la norma C88. La norma indica que se necesitan un mínimo de 350 gr de sal anhidra para preparar la solución, para este caso, se hicieron los cálculos: la cantidad de agua que se utilizó era de 3,5 litros, ese valor fue multiplicado por la masa mínima que indica la norma y se determinó que para este caso se iban a necesitar 1225 gr de sal anhidra. La sal fue vertida en el agua y se procedió a mezclar, procurando que no quedara material no disuelto en el fondo del tazón en el que se realizó la mezcla. La norma también indica que dicha solución debe tener una gravedad específica no menor a 1,151 ni mayor a 1,174. Al terminar la mezcla, se procedió a usar el densímetro y se observó que la mezcla tenía una densidad de 1,17 lo cual se encuentra dentro del rango establecido.

Figura 11

Preparación de la solución de sulfato de sodio



(a)



(b)



(c)



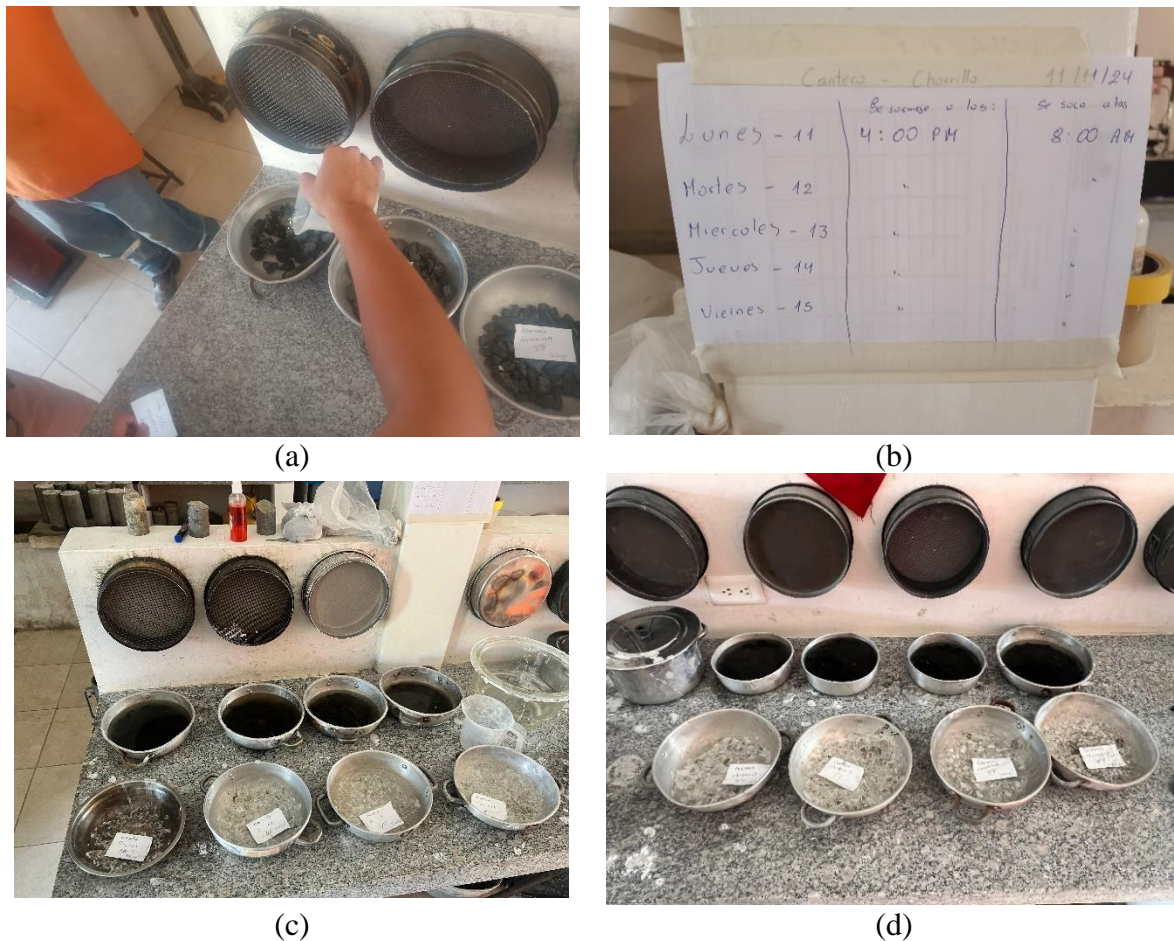
(d)

Nota. En esta figura observamos las diferentes medidas y procesos que se realizan para preparar la solución. (a) Cálculo de la cantidad de sal anhidra requerida, densidad obtenida y escalamiento del densímetro. (b) Masa de la sal anhidra. (c) Proceso de mezcla y preparación de solución. (d) Densímetro marcando la densidad de la solución.

Hecho esto, se dejó que la mezcla se asentara por 48 horas. Después de las 48 horas se procedió a sumergir todas las muestras en la solución en diferentes taras. Después de 16 horas se retiraban y se secaban para luego volver a ser sumergidas en la solución. Este proceso dura 5 días y hay que respetar los rangos de tiempo de sumergimiento y secado los cuales son de entre 16 y 18 horas para el sumergimiento y 4 horas para el secado.

Figura 12

Período de inmersión de las muestras a la solución



Nota. Aquí se observa los procedimientos realizados cuando se empieza el ensayo después de estar preparada la solución. (a) Sumergimiento de las muestras, hay que procurar que la muestra esté totalmente sumergida y que no emerja el material. (b) Horarios de sumergimiento y secado. (c) Muestras de Picoazá sumergidas. (d). Muestras de Chorrillo sumergidas.

Una vez terminado el periodo de 5 días para las muestras, éstas fueron retiradas de la solución y procedieron a ser lavadas y secadas. Las muestras se volvieron a tamizar, pero esta vez en los tamices $5/8$ (para la masa perteneciente al tamiz $3/4$), $5/16$ (para la masa perteneciente a los tamices $1/2$ y $3/8$) y No. 5 (para la masa perteneciente al tamiz No. 4). También se volvieron a contar las piedras que quedaron de la masa retenida en el tamiz $3/4$.

Figura 13
Procesos finales



(a)



(b)



(c)



(d)

Nota. Estos son los procesos finales después del período de 5 días de inmersión y secado. (a) Muestras de Chorrillo después del período de 5 días. (b) Muestras de Picoazá luego del período de 5 días. (c) Tamizado final de muestras de Picoazá. (d) Tamizado final de muestras de Chorrillo.

Métodos de pruebas estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelos y rocas en masa (D2216-19).

En esta norma se nos habla de dos métodos de prueba. Estos métodos difieren en los dígitos significativos reportados y en el tamaño de la muestra (masa) requerida.

En el método A el contenido de agua en masa es registrado con una precisión del 1% más cercana y para el método B el contenido de agua en masa es registrado con una precisión de 0.1%, para casos de disputa el método A será el método utilizado.

Tabla 3
Requisitos mínimos para masa y legibilidad

Tamaño de tamiz	Método A		Método B	
	Masa mínima de muestra (gr)	Legibilidad de la balanza (gr)	Masa mínima de muestra (gr)	Legibilidad de la balanza (gr)
3 pulgadas	5000	10	50000	10
1-1/2 pulgada	1000	10	10000	10
3/4 pulgadas	250	0,1	2500	0,1
3/8 pulgadas	50	0,1	500	0,1
Número 4			100	0,01
Número 10			20	0,01

Nota. Esta tabla especifica la cantidad de masa mínima que se necesitará para el ensayo. Todo esto basándonos en la granulometría del material y el método que se vaya a emplear.

Para realizar el método de prueba se determina la masa de una muestra de prueba húmeda. Luego se seca la muestra en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta alcanzar una masa constante. La pérdida de masa producto del secado es considerado agua. El contenido de agua es calculado comparando la masa de agua con la masa de la muestra seca expresada en porcentaje.

En muchos de los materiales el contenido de agua es una de las propiedades más importantes utilizadas para establecer una correlación entre el comportamiento del suelo y sus propiedades. (ASTM International, 2019)

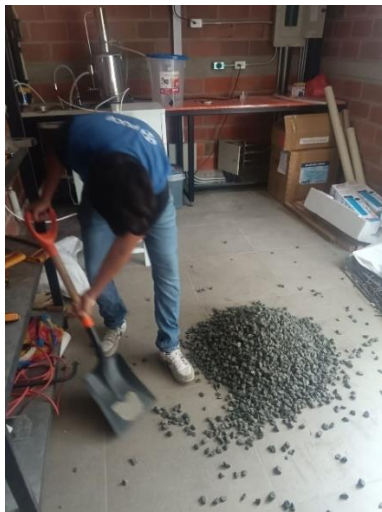
En suelos finos, la consistencia de un tipo de suelo depende de su contenido de agua. El contenido de agua de un suelo, junto con sus límites líquidos y plásticos se utiliza para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez. (ASTM International, 2019)

La muestra que se utilizó primero fue la de Picoazá. Para realizar este ensayo, primero se determinó la granulometría del material para saber la cantidad de masa que hay que utilizar

y también escoger uno de los dos métodos. En este caso, se escogió el método B que corresponde al contenido de agua registrado en $\pm 0,1$ % y nuestro material, por la granulometría, era de $\frac{3}{4}$ pulgadas, por lo que el mínimo de masa necesaria para el ensayo era de 2500 gr como establece la norma. Se realizó un cuarteo para obtener la muestra siguiendo lo establecido en la norma ASTM C702/C702M – 18. De este cuarteo se obtuvo una muestra inicial de 3635,9 gr y se lavaba el material.

Figura 14

Cuarteo y muestra inicial



(a)



(b)

Nota. Este es el proceso inicial a tomar al realizar este ensayo. (a) Cuarteo de la muestra, esto se hace para reducir el material y obtener la cantidad de material deseada. (b) Masa inicial sin contar la tara, si se suma el valor de la tara (181,1 gr) se obtiene un valor inicial de 3817 gr.

Se secó en el horno por 24 horas y luego se retiró para ser pesado. De esto se obtuvo una muestra final de 3670,8 gr (3489,7 gr sin tara). Con estos resultados se aplicó la fórmula establecida por la norma y se obtuvo un desgaste un porcentaje de humedad promedio de 4,19%.

Figura 15
Masa final



Nota. Después de ser secada la muestra se obtiene un nuevo valor de masa ya que la humedad fue retirada gracias al secado del horno.

En el caso de la muestra de Chorrillo, se empezó con una masa de 2708,2 gr y luego del secado se obtuvo una masa final de 2752,7 gr.

Figura 16
Valores obtenidos con la muestra de Chorrillo



(a)



(b)

Nota. Estas son las muestras utilizadas y obtenidas al seguir el mismo proceso empleado con la muestra anterior. (a) Masa inicial obtenida a partir del cuarteo. (b) Masa final después del secado

Método de prueba estándar para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados gruesos (C127-15).

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados gruesos. (ASTM, 2015)

Para el muestreo de este ensayo, ASTM (2015) establece que hay que muestrear el agregado de acuerdo con la Práctica D75. Se mezcla completamente la muestra de agregado y se reduce a la cantidad aproximada necesaria utilizando los procedimientos aplicables en la Práctica C702. Rechazar todo el material que pase por un tamiz de 4,75 mm (N.º 4) tamizándolo en seco y lavando completamente para eliminar el polvo u otros recubrimientos de la superficie. La masa mínima de la muestra de prueba que se utilizará se indica en la tabla a continuación.

Tabla 4
Masas mínimas de la muestra inicial

Tamaño máximo nominal, pulg.	Masa mínima de la muestra de prueba, kg.
1/2 ó menos	2
3/4	3
1	4
1 1/2	5
2	8
2 1/2	12
3	18
3 1/2	25
4	40
5	75

Nota. Esta tabla contiene los valores mínimos de masa que hay que obtener después de la reducción de la muestra.

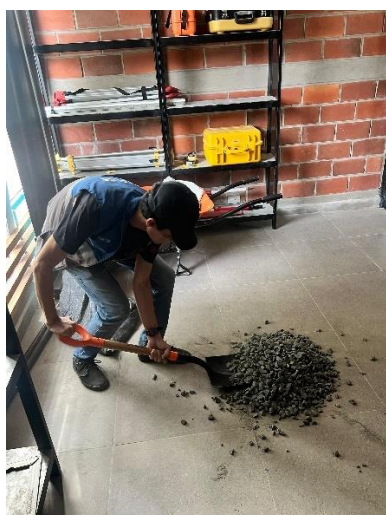
El procedimiento de este ensayo consiste en secar la muestra de ensayo en el horno hasta una masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, enfriar al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 h para muestras de ensayo de tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1

1/2 pulg.), o más tiempo para tamaños mayores hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea cómoda para manipular (aproximadamente 50 °C). Posteriormente, se sumerge el agregado en agua a temperatura ambiente durante un período de 24 ± 4 h. Se retira la muestra de ensayo del agua y con un paño se eliminan las películas visibles de agua y se determina la masa saturada superficialmente seca. Después se vuelve a sumergir la muestra en agua para determinar su masa aparente en agua. El alambre que suspende el recipiente debe ser del tamaño más pequeño posible para minimizar los posibles efectos de una longitud de inmersión variable. Por último, la muestra se seca por 24 horas, se deja que enfríe de 1 a 3 horas y luego se determina la masa final.(ASTM, 2015)

Para este ensayo, se empezó con el material de la cantera de Picoazá. Primero, se realizó un cuarteo siguiendo las especificaciones de la norma. La muestra inicial que obtuvimos se tamizó por el tamiz No. 4 para poder eliminar todo el material fino de la muestra. De esto, se obtuvo una muestra inicial de 3765,9 gr (sin contar la tara la cual pesaba 152 gr).

Figura 17

Obtención de muestra inicial



(a)



(b)



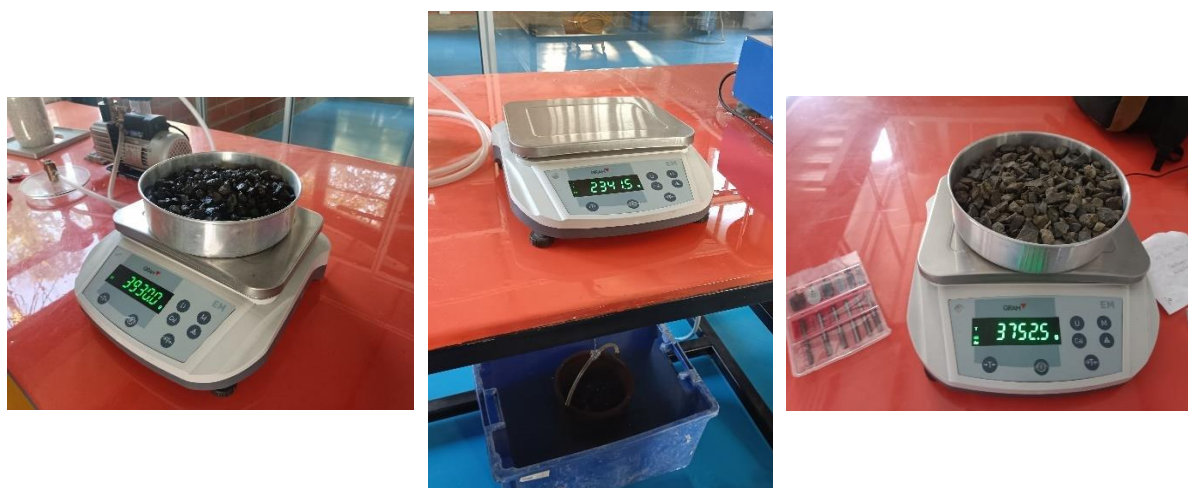
(c)

Nota. Estos son los procesos realizados para empezar con los primeros pasos del ensayo. (a) Reducción de la muestra. (b) Tamizado por tamiz No. 4, rechazando el material que pase por éste. (c) Muestra inicial obtenida con el material de Picoazá.

Se lavó el material y se procedió a secarlo en el horno por 24 horas. Una vez seco, se dejó enfriar el material por alrededor de 1 hora y media y se sumergió la muestra en agua hasta el siguiente día. Se retiró el material del agua y se secó con paños la muestra, obteniendo una masa saturada superficialmente seca de 3930 gr (con tara). Esta muestra se sumergió en un recipiente colgado a la balanza por medio de un alambre. Se procuró que el recipiente estuviera totalmente sumergido para que no hubiera variaciones al momento de pesar la masa. Hecho esto, la masa en agua de la muestra fue de 2341,5 gr. Se volvió a dejar secando la muestra hasta el siguiente día, se enfrió por 1 hora y media y se obtuvo una masa final de 3752,5 gr (con tara).

Figura 18

Resultados de la muestra de Picoazá



(a)

(b)

(c)

Nota. Después de la primera inmersión, se obtienen tres valores de masa. (a) Masa saturada superficialmente seca. (b) Masa en agua. (c) Masa final seca. Todos estos valores (a excepción de la masa en agua) incluyen el peso de la tara de 152 gr.

Por su parte, el ensayo con el material de la cantera Chorrillo se hizo con una masa inicial de 3201,7 gr. Después de los procesos de secado y sumergimiento, se obtuvieron los valores de 3327,3 gr de masa saturada superficialmente seca; 1956,7 gr de masa sumergida en agua y masa final de 3186,2 gr.

Figura 19

Resultados de la muestra de Chorrillo



(a)

(b)

(c)

Nota. A partir del mismo ensayo, se obtienen los tres valores respectivos de la muestra de Chorrillo. Cabe recalcar que la masa inicial de esta muestra fue de 3201,7 gr. (a) Masa saturada superficialmente seca. (b) Masa en agua. (c) Masa final seca. Todos estos valores (a excepción de la masa en agua) incluyen el valor de la tara de 152,2 gr.

Normas nacionales e internacionales

Respecto a las normativas a comparar con respecto a las normas nacionales, en este caso la NTE INEN 872. se escogieron las normativas de la construcción de Estados Unidos y las de Europa, las cuales son la ASTM C33-23 que es la americana y la EN 1097-6 Y EN 12620 que son las europeas.

NTE INEN 872

Esta norma establece los requisitos de granulometría y calidad para los áridos, fino y grueso, para ser usados en el hormigón (exceptuando los áridos de baja y de alta densidad). Los áridos referidos en esta norma pueden ser gravas, piedras naturales, así como otros materiales obtenidos por trituración. (INEN 872, 2011)

ASTM C33-23

Esta especificación establece los requisitos de clasificación y calidad de los agregados finos y gruesos (que no sean livianos o pesados) para ser utilizados en el hormigón. Está destinada a contratistas, proveedores de hormigón y compradores como parte de los documentos de compra y también es utilizada en especificaciones de proyectos para definir la

calidad, el tamaño máximo nominal y otros requisitos de clasificación específicos. (ASTM International, 2023)

EN 1097-6

Esta normativa establece los métodos de referencia para ensayos y, en caso de disputa, para determinar la densidad de partículas y absorción de agua de áridos normales y ligeros. También se pueden utilizar otros métodos para fines específicos, como el control de producción en fábrica, siempre que se haya establecido una relación adecuada con el método de referencia. (CEN, 2013a)

EN 12620

En esta norma se especifican las propiedades de los áridos y áridos de relleno, tanto naturales como manufacturados o reciclados, y sus mezclas para el uso en el hormigón. Esta normativa aplica para áridos con una densidad de partículas por encima de $2,00 \text{ Mg/m}^3$ (2000 kg/m^3) en hormigones, incluidos los conformes con la Norma EN 206-1, para pavimentos y productos prefabricados. Establece un sistema de control de calidad para la producción en fábrica y prevé la evaluación de la conformidad de los productos. Cabe recalcar que esta norma no cubre los agregados de relleno los cuales usan como componentes del cemento o como agregados de relleno distintos de los inertes para el hormigón. (CEN, 2013b)

Tabla 5
Normativas a comparar

Ensayo trabajo de titulación	Ecuador	Normativa Estados Unidos (ASTM)	Normativa Europea (EN)
Desgaste de Los Ángeles (ASTM C131-20)	INEN 872, Áridos para hormigón. Requisitos.	ASTM C33-23, Especificación estándar para agregados de hormigón	EN-12620, Agregados para el concreto
Contenido de Humedad (ASTM D2216-19)	INEN 872, Áridos para hormigón. Requisitos.	ASTM D2216 Determinación del contenido de agua (humedad) del suelo y la roca por masa	EN-12620, Agregados para el concreto
Gravedad específica y Absorción de los materiales gruesos (ASTM C127-15)	INEN 872, Áridos para hormigón. Requisitos.	ASTM C33-23, Especificación estándar para agregados de hormigón	EN 1097-5, Ensayos de propiedades mecánicas y físicas de agregados
Solidez de los agregados mediante el uso de sulfato de sodio o Sulfato de magnesio (ASTM C88-24)	INEN 872, Áridos para hormigón. Requisitos.	ASTM C33-23, Especificación estándar para agregados de hormigón	EN 1097-5, Ensayos de propiedades mecánicas y físicas de agregados

Materiales

Se seleccionó la cantera Megarok ya que esta tiene una buena trayectoria en la extracción de materiales de alta calidad la cual nos garantiza productos duraderos y resistentes ideales para varios proyectos de construcción. Megarok implementa practicas responsables en la gestión de recursos naturales, minimizando el impacto ambiental y también promoviendo la rehabilitación de los terrenos explotados. (MEGAROK, 2024)

Figura 20

Mapas de zona de influencia de las canteras



(a)



(b)

Nota. Mapas de influencia de las dos canteras. (a) Megarok Chorrillo tiene gran influencia en los sectores de Manta, Jaramijó y Montecristi. (b) Megarok Picoazá es la principal distribuidora de materiales de Portoviejo.

Los agregados son materiales que se utilizan principalmente en la construcción para formar la mezcla de concreto, asfalto y otros tipos de materiales de construcción, estos se dividen en: agregados finos y agregados gruesos. Se utilizó material de 1½” ya que este era el tamaño más mínimo que ofrecían en ambas canteras y también este tamaño era el ideal según las normas para los ensayos que se realizaron.

Resultados

A continuación, se presentan las diferentes tablas de resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados para su respectiva interpretación. Cada una de estas tablas se pueden encontrar en la sección de “anexos”.

El objetivo de este trabajo investigativo es “evaluar las propiedades físico-mecánicas y químicas de rocas ígneas de las canteras “Megarok Chorrillo y Picoazá” para fines de agregados pétreos en la construcción”, por lo que los resultados obtenidos son de vital importancia para tener una mejor comprensión de la calidad del material con el que se está trabajando y poder hacer un uso adecuado de éstos en obras de construcción.

En las figuras 21 y 22 se exponen los resultados de los ensayos de resistencia a la abrasión de los áridos obtenidos. Se puede observar que el porcentaje de desgaste obtenido en ambos ensayos están considerablemente por debajo del requisito máximo al desgaste que establecen las normas tanto americanas y ecuatorianas el cual es de 40%, por lo que se puede deducir que el material de ambas canteras es óptimo contra la abrasión.

Figura 21
Resultados ASTM C131 Cantera Picoazá



MANABÍ

Carrera Ingeniería Civil

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE LOS ÁRIDOS ASTM C131/C131M-20

Nº Informe:	1	Nº de muestras:	1	Universidad:	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	28/08/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabí	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Picoaza	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C-131/C131M-20	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Tamices		TIPO DE GRADACIÓN (gr.)			
Pasa	Retiene	A	B	C	D
1 1/2	1	-			
1	3/4	-			
3/4	1/2	-	2502,10		
1/2	3/8	-	2501,20		
3/8	1/4			-	
1/4	Nº 4			-	
Nº4	Nº8				-
Σ		0,00	5003,30	0,00	0,00
ESFERAS		12	11	8	6
ROTACIONES		500	500	500	500
PESO DE LAS ESFERAS (gr.)		5000 ± 25	4580 ± 25	3330 ± 20	2500 ± 15

PESO INICIAL DE LA MUESTRA (C)	5003,30	gr.
--------------------------------	---------	-----

PESO FINAL DE LA MUESTRA (Y)	4164,20	gr.
------------------------------	---------	-----

$$\% \text{ de desgaste} = \left[\frac{C - Y}{C} \right] \cdot 100$$

% DE DESGASTE	16,77	%
---------------	-------	---

Nota. Captura de Anexo del ensayo de abrasión con el material de Picoazá. En este ensayo, se obtuvo un porcentaje de desgaste de 16,77%.

Figura 22
Resultados ASTM C131 Cantera Chorrillo



MANABÍ

Carrera Ingeniería Civil

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE LOS ÁRIDOS ASTM C131/C131M-20

Nº Informe:	8	Nº de muestras:	1	Universidad:	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	2/12/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabí	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Chorrillo	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C-131/C131M-20	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Tamices		TIPO DE GRADACIÓN (gr.)			
Pasa	Retiene	A	B	C	D
1 1/2	1	-			
1	3/4	-			
3/4	1/2	-	2500,00		
1/2	3/8	-	2500,00		
3/8	1/4			-	
1/4	Nº 4			-	
Nº4	Nº8				-
Σ		0,00	5000,00	0,00	0,00
ESFERAS		12	11	8	6
ROTACIONES		500	500	500	500
PESO DE LAS ESFERAS (gr.)		5000 ± 25	4580 ± 25	3330 ± 20	2500 ± 15

PESO INICIAL DE LA MUESTRA (C)	5000,00	gr.
--------------------------------	---------	-----

PESO FINAL DE LA MUESTRA (Y)	4089,00	gr.
------------------------------	---------	-----

$$\% \text{ de desgaste} = \left[\frac{C - Y}{C} \right] \cdot 100$$

% DE DESGASTE	18,22	%
---------------	-------	---

Nota. Captura de Anexo del ensayo de abrasión con el material de Chorrillo. En este ensayo, se obtuvo un porcentaje de desgaste de 18,22%.

En las figuras 23 y 24 se muestran los resultados de los ensayos de humedad. Aunque las normativas no establecen límites específicos, es crucial controlar la humedad para evitar impactos negativos en las propiedades del material, como es la resistencia, durabilidad y adherencia. Una humedad excesiva o baja puede tener consecuencias indeseadas. Por lo tanto, se recomienda realizar mediciones regulares de humedad durante la producción para asegurar la calidad y optimizar el desempeño del material, garantizando su longevidad y confiabilidad.

Figura 23

Resultados ASTM D2216 Cantera Picoazá y Chorrillo



MANABÍ

Carrera Ingeniería Civil

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216-19

Nº Informe:	5	Nº de muestras:	1	Universidad:	PUCE Sede Manabi
Fecha de ensayo:	28/10/24	Laboratorio:	PUCE Sede Manabi	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Chorrillo	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM D2216	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Recipiente Nº	Masa de Muestra Húmeda (M_{cms})	Masa de Muestra Seca (M_{cst})	Masa de Agua	Masa del Recipiente (M_c)	Masa de Muestra Seca	% de Humedad Natural (w)
T#1	2.860,40	2.752,50	107,90	152,00	2.600,50	4,15
% DE HUMEDAD NATURAL=						4,15

$$w = \frac{M_{cms} - M_{cst}}{M_{cst} - M_c} * 100$$

Nº Informe:	2	Nº de muestras:	1	Universidad:	PUCE Sede Manabi
Fecha de ensayo:	23/09/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabi	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Picoaza	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM D2216	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Recipiente Nº	Masa de Muestra Húmeda (M_{cms})	Masa de Muestra Seca (M_{cst})	Masa de Agua	Masa del Recipiente (M_c)	Masa de Muestra Seca	% de Humedad Natural (w)
T#1	3.817,00	3.670,80	146,20	181,10	3.489,70	4,19
% DE HUMEDAD NATURAL=						4,19

$$w = \frac{M_{cms} - M_{cst}}{M_{cst} - M_c} * 100$$

Nota. Captura de Anexo del ensayo de humedad con el material de Picoazá y Chorrillo. En este ensayo, se obtuvo un porcentaje de humedad de 4,19% con el material de Picoazá y 4,15% con el material de Chorrillo.

En las figuras 24 y 25 se presentan los resultados de los ensayos de gravedad específica y absorción. El material supera ligeramente el límite de absorción recomendado para hormigones arquitectónicos (3%), lo que puede afectar su desempeño en condiciones de humedad. Esto podría aumentar el peso del material, reducir su resistencia y durabilidad.

Aunque puede ser adecuado para ciertos usos, es crucial realizar ensayos adicionales para determinar su idoneidad estructural.

Figura 24

Resultados ASTM C127 Cantera Picoazá



MANABÍ

Carrera Ingeniería Civil

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN C127-15

Nº Informe:	3	Nº de muestras:	1	Universidad:	PUCE Sede Manabi
Fecha de ensayo:	16/10/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabi	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Picoazá	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C127-15	Tutor:	Ing. Mauricio Colpani

Material que pasa el tamiz:	3/4	Y retiene en el tamiz:	4
MASA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	3930,00	gr.
MASA EN AGUA DEL AGREGADO SATURADO	C	2341,50	gr.
MASA MUESTRA SECA	A	3752,50	gr.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN	OD	2,36	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN	SSD	2,47	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN APARENTE	Sa	2,66	
ABSORCIÓN	A%	4,73	%

$$OD = \frac{A}{B - C}$$

$$SSD = \frac{B}{B - C}$$

$$Sa = \frac{A}{A - C}$$

$$A\% = \frac{B - A}{A}$$

Nota. Captura de Anexo del ensayo de gravedad específica y absorción con el material de Picoazá. Los resultados obtenidos de este ensayo fueron: 2,36 de gravedad específica (OD), 2,47 de gravedad específica (SSD), 2,66 de gravedad específica aparente y 4,73% de absorción.

Figura 25
Resultados ASTM C127 Cantera Chorrillo



MANABÍ

Carrera Ingeniería Civil

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN C127-15

Nº Informe:	6	Nº de muestras:	1	Universidad:	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	29/10/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabí	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Chorrillo	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C127-15	Tutor:	Ing. Mauricio Colpani

Material que pasa el tamiz:	3/4	Y retiene en el tamiz:	4
MASA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	3327,30	gr.
MASA EN AGUA DEL AGREGADO SATURADO	C	1956,70	gr.
MASA MUESTRA SECA	A	3186,20	gr.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN	OD	2,32	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN	SSD	2,43	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN APARENTE	Sa	2,59	
ABSORCIÓN	A%	4,43	%

$$OD = \frac{A}{B - C}$$

$$SSD = \frac{B}{B - C}$$

$$Sa = \frac{A}{A - C}$$

$$A\% = \frac{B - A}{A}$$

Nota. Captura de Anexo del ensayo de gravedad específica y absorción con el material de Chorrillo. Los resultados obtenidos de este ensayo fueron: 2,32 de gravedad específica (OD), 2,43 de gravedad específica (SSD), 2,59 de gravedad específica aparente y 4,43% de absorción.

Finalmente, en las figuras 26 y 27 se aprecian los resultados obtenidos de los ensayos de solidez de áridos (resistencia a los sulfatos). En el caso del material extraído de la cantera de Picoazá, el resultado obtenido está dentro de el rango permitido por las normas que es de 12%. Se puede deducir que el material de Picoazá, en cuenta a composición química, es adecuado para resistir los efectos negativos de los sulfatos, es decir, tiene una buena estabilidad en ambientes agresivos como en aquellos en los que haya presencia de agua o zonas donde los suelos contiene concentraciones elevadas de sulfatos. Este material puede ser favorable en construcciones de pavimentos, cimientos o estructuras subterráneas.

El material extraído de la cantera Chorrillo, por lo contrario, presenta un porcentaje por encima del límite establecido por la normativa, lo que indica que el material tiene una mayor susceptibilidad a la acción de los sulfatos. Es considerable tener esto en cuenta ya que esto podría comprometer la integridad estructural de las construcciones que utilicen este

material, provocando fallos como grietas y debilitando así las estructuras con el pasar del tiempo.

Figura 26

Resultados ASTM C88 Cantera Picoazá



MANABÍ

Carrera Ingeniería Civil

ENSAYO DE SOLIDEZ DE ARIDOS ASTM C88/C88M-24

Nº Informe:	4	Nº de muestras:	1	Universidad:	PUCE Sede Manabi
Fecha de ensayo:	7/11/2024	Laboratorio:	Consuljoc S.A.	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Picoaza	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C88/C88M	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Tamices		Masa Retenida	%Ret	Pi	Pt	$\%PR = \frac{Pi - Pt}{Pi} * 100$	$\%PC = \frac{\%Ret * \%PR}{100}$
Pasa	Retiene		% Retenido	Peso antes del Ensayo gr.	Peso después del Ensayo gr.	% de pérdida real	% de pérdida Corregida
1 1/2	3/4	968,20	14,37	511,00	495,16	3,10	0,45
3/4	1/2	4938,40	73,29	670,40	616,05	8,11	5,94
1/2	3/8	713,00	10,58	330,21	302,47	8,40	0,89
3/8	4"	118,30	1,76	301,85	280,63	7,03	0,12
Σ		6737,9	100,00			Σ	7,40

% DE PERDIDA TOTAL =	7,40	%
----------------------	------	---

% MAX PERMITIDO ASTM C33M-23	12,00	%
------------------------------	-------	---

VERIFICACIÓN	OK
--------------	----

Nota. Captura de Anexo del ensayo de solidez de los agregados con el material de Picoazá. En este ensayo, se obtuvo un porcentaje de pérdida de 7,40%

Figura 27

Resultados ASTM C88 Cantera Chorrillo



MANABÍ

Carrera Ingeniería Civil

ENSAYO DE SOLIDEZ DE ARIDOS ASTM C88/C88M-24

Nº Informe:	7	Nº de muestras:	1	Universidad:	PUCE Sede Manabi
Fecha de ensayo:	7/11/2024	Laboratorio:	Consuljoc S.A.	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Chorrillo	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C88/C88M	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Tamices		Masa Retenida	%Ret	Pi	Pt	$\%PR = \frac{Pi - Pt}{Pi} * 100$	$\%PC = \frac{\%Ret * \%PR}{100}$
Pasa	Retiene		% Retenido	Peso antes del Ensayo gr.	Peso después del Ensayo gr.	% de pérdida real	% de pérdida Corregida
1 1/2	3/4	2586,10	32,57	510,00	455,35	10,72	3,49
3/4	1/2	4370,10	55,04	670,05	591,33	11,75	6,47
1/2	3/8	482,10	6,07	330,81	269,72	18,47	1,12
3/8	4"	501,80	6,32	301,05	208,19	30,85	1,95
Σ		7940,1	100,00			Σ	13,03

% DE PERDIDA TOTAL =	13,03	%
----------------------	-------	---

% MAX PERMITIDO ASTM C33M-23	12,00	%
------------------------------	-------	---

VERIFICACIÓN	SUPERO LÍMITE
--------------	---------------

Nota. Captura de Anexo del ensayo de solidez de los agregados con el material de Chorrillo. En este ensayo, se obtuvo un porcentaje de pérdida de 13,03%.

Discusión

Tabla 6

Máximos permisibles según las normas seleccionadas

Ensayo	NTE INEN 872	ASTM C33/C33M
Abrasión	Máximo 40% de abrasión	Máximo 50% de abrasión
Humedad	No se establecen límites	No se establecen límites
Absorción	Absorción máxima de 3% para agregados gruesos usados en hormigón arquitectónico	Absorción máxima de 3% para agregados gruesos usados en hormigón arquitectónico
Solidez de los áridos	Máximo 12% de solidez si se usa sulfato de sodio	Máximo 12% de solidez si se usa sulfato de sodio

Nota. Esta tabla presenta los principales límites permisibles establecidos por las normas para los agregados gruesos utilizados en hormigones arquitectónicos.

Como podemos observar, estos límites son muy precisos y exactos para el uso de los agregados gruesos en hormigones convencionales, sin embargo, estos límites pueden variar por poco dependiendo del intemperismo del material que se esté utilizando. Cabe recalcar, que la norma no solo establece límites para hormigones, sino que también establecen límites tanta para obras de cimientos (como zapatas, columnas, vigas), pavimentos, tableros, pisos sin revestimientos, etc; y también se menciona los límites de solidez en el caso de ser utilizado el sulfato de magnesio. En este caso, se utilizó el sulfato de sodio, por lo que la norma establece que el límite de solidez, independientemente de la construcción, es de 12%. Este químico fue elegido ya que en temas de ensayos, éste representa resultados más precisos ya que no actúa de forma tan abrasiva como el sulfato de magnesio el cual deteriora en mayor medida los materiales.

Se puede observar que, a pesar de la diferencia en origen y alcance de las normas NTE y ASTM, éstas comparten similitudes. Esto sucede porque las normas ecuatorianas, se basan o se complementan con las normas americanas, lo que permite una mayor uniformidad en los procesos constructivos a nivel internacional.

En temas de comparación, realmente es complicado comparar los resultados obtenidos en los ensayos realizados con las normas europeas. El Eurocódigo 2 (en el cual se incluyen la EN 12620 y la EN 1097-6), habla sobre los proyectos de construcción que utilizan hormigones y se divide en diferentes partes en las cuales se hablan de los ensayos a realizar y de los límites establecidos para los materiales, en este caso, los áridos. Sin embargo, las normas del masivo continente contemplan un enfoque más estadístico y de coeficientes para clasificar los agregados, y en lugar de establecer límites y requisitos numéricos absolutos, éstas se enfocan más en el comportamiento del agregado a largo plazo y en diferentes condiciones, por lo que comparar los resultados obtenidos usando las normas nacionales y americanas con el Eurocódigo sería inválido ya que estaríamos obviando diferentes factores que se toman en cuenta al momento de realizar los ensayos.

Comparativa de normativa nacional e internacional

Megarok Picoazá

Los resultados obtenidos mediante los ensayos ASTM C131, C127, D2216 y C88 utilizando la muestra obtenida de la cantera Megarok Picoazá fueron:

- Abrasión: 16,77%
- Humedad: 4,19%
- Absorción: 4,73%
- Solidez de áridos (porcentaje de pérdida): 7,40%

En su mayoría, los resultados obtenidos cumplen con los límites establecidos por la norma ASTM C33 e INEN 872. En cuanto a abrasión, se obtuvo un porcentaje de 16,77% el cual es muy menor al límite establecido por cada norma, lo que sugiere que el árido tiene una resistencia adecuada al desgaste; y la pérdida por sulfatos de sodio fue de 7,40%, esto sugiere que el material es considerablemente denso por lo que es adecuado para resistir a la acción de

agentes externos como el agua sin sufrir una degradación excesiva. Sin embargo, se puede observar que en temas de absorción no se cumple por un incremento 1,73% por encima de lo establecido. Este material no cumpliría con los límites de absorción para hormigones arquitectónicos las cuales presentes condiciones de intemperismo moderados y severos, sin embargo, sería recomendado para hormigones cuyas condiciones de intemperismo son nulas ya que en esta categoría ambas normas no presentan límites y en el caso de que sean construcciones menos exigentes en cuanto a durabilidad superficial y resistencia al clima. Otros usos que se le pudieran dar sería obras de pavimentos, muros de fundación sobre el nivel del terreno, zapatas, fundaciones, pisos (como de garaje, sin revestimiento, expuestos). Usar este material para hormigones arquitectónicos quedaría a la consideración del ingeniero y también definir el tipo de construcción en el que vaya a ser utilizado dicho material.

Megarok Chorrillo

Utilizando el material de la cantera de Megarok Chorrillo, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Abrasión: 18,22%
- Humedad: 4,15%
- Absorción: 4,43%
- Solidez de áridos (porcentaje de pérdida): 13,03%

Aquí podemos observar la diferencia que hay entre los dos materiales. Se puede apreciar que valores como el de abrasión aumentan en el material de Chorrillo con respecto al de Picoazá, de igual forma está dentro los límites de establecidos. Sin embargo, una vez más el valor de absorción excede al límite y ahora el porcentaje de pérdida por sulfatos de sodio es mayor a 12%. Un factor que puede ocasionar esto es la localización de la cantera ya que la localización geográfica de una cantera influye en la composición mineralógica de los áridos

extraídos, en este Chorrillo se encuentra más cercano a la ciudad Manta, por lo que la mayor proximidad al mar puede provocar la presencia de sulfatos y cloruros en los áridos, también la humedad. La altura (aunque no es mucha) también puede generar vientos un tanto más fuerte lo que provocaría mayor erosión y desgaste de los materiales.

En este caso, para mejorar las condiciones de este material, se recomendaría emplear el uso de aditivos que protejan contra los sulfatos y/o aditivos impermeabilizantes que ayuden a reducir la permeabilidad, lo que limita la penetración de sulfatos hacia el interior del material.

Otra recomendación pudiera ser el uso de materiales adicionales como pozolana o cenizas volantes los cuales también ayudan a reducir la penetración de agua y sulfatos, además de disminuir la cantidad de hidróxido de calcio disponible para las reacciones con sulfatos.

Conclusiones

Referente al primer objetivo, el estudio reveló que las rocas extraídas de la cantera Megarok Picoazá tienen una mayor resistencia a la abrasión en comparación con las de la cantera Chorrillo. Esto indica que las rocas de Picoazá tienen una estructura más densa lo que las hace ideales para su uso en pavimentos y estructuras sometidas a cargas y tráfico pesados. Las rocas de esta cantera se podrían decir que destacan por su resistencia mecánica y menor absorción de agua y por ende se convierten en una opción fiable y eficiente para proyectos de construcción de alta exigencia.

El segundo objetivo del estudio mostró que las rocas de la cantera Megarok Chorrillo contienen una mayor cantidad de minerales y compuestos químicos, lo que puede deberse en gran medida a su ubicación geográfica. La altitud y la proximidad al mar parecen influir significativamente en la composición del material, ya que estas condiciones ambientales promueven procesos geológicos específicos, como la presencia de agua salada o la interacción con agentes atmosféricos ricos en sulfatos, que moldean la composición natural de las rocas. Con estos factores se puede explicar que en los ensayos realizados se reveló una menor resistencia de las rocas de Chorrillo al contacto con el sulfato, mayor cantidad de compuestos reactivos composición mineralógica puede predisponer al material a reacciones químicas perjudiciales como podrían ser la expansión y desintegración en ambientes agresivos. Podríamos decir que aunque las rocas de la cantera Chorrillo cumplen con ciertos estándares de calidad la composición química requiere un monitoreo constante para garantizar su desempeño y durabilidad en la construcción.

El tercer objetivo del estudio reveló que las características de los materiales evaluados varían en su cumplimiento con las normativas ecuatorianas e internacionales, como las normas ASTM. Aunque los materiales cumplen con algunos requisitos, presentan limitaciones en otros parámetros que podrían afectar su rendimiento en aplicaciones

específicas. Sin embargo, se puede utilizar estos materiales en la construcción si se implementan estrategias correctivas, como el uso de aditivos específicos que mejoren sus propiedades, permitiendo su adaptación a diferentes requerimientos estructurales y ambientales. Implementar estas mejoras y seleccionar los materiales dependerá del criterio de los ingenieros responsables los cuales deberán evaluar las condiciones de proyecto, el tipo de estructura y los requerimientos normativos aplicables.

Referencias bibliográficas

- ASTM. (2015). *Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate*. <https://doi.org/10.1520/C0127-15>
- ASTM International. (2019). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass 1*. <https://doi.org/10.1520/D2216-19>
- ASTM International. (2020). *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine 1*. https://doi.org/10.1520/C0131_C0131M-20
- ASTM International. (2023). *Specification for Concrete Aggregates (C33/C33M)*. https://doi.org/10.1520/C0033_C0033M-23
- ASTM International. (2024). *Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate 1*. https://doi.org/10.1520/C0088_C0088M-24
- Bagadiya, A., Murali Krishna, B., & Sandeep Kumar, G. A. V. S. (2022). Image-Based deterioration assessment of fiber reinforced No Aggregate concrete. *Materials Today: Proceedings*, 60, 724–731. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.02.331>
- Bai, W., Wang, X., Yuan, C., Guan, J., Cao, K., & Xie, C. (2024). Study on mechanical properties and meso-damage mechanism of carbon-polyvinyl alcohol hybrid fiber reinforced recycled coarse aggregate concrete under the coupling action of sodium sulfate and dry-wet cycles. *Engineering Fracture Mechanics*, 307, 110303. <https://doi.org/10.1016/J.ENGFRACTMECH.2024.110303>
- CEN. (2013a). *EN-1097-6*.
- CEN. (2013b). *EN-12620*.

Chinchón-Payá, S., Torres Martín, J. E., Toledo, A. S., & Montero, J. S. (2021).

Quantification of Chlorides and Sulphates on Concrete Surfaces Using Portable X-ray Fluorescence. Optimization of the Measurement Method Using Monte Carlo Simulation. *Materials* 2021, Vol. 14, Page 7892, 14(24), 7892. <https://doi.org/10.3390/MA14247892>

Feng, T., Wen, J., & Tan, Y. (2024). Dynamic damage mechanism of basic magnesium sulfate cement composites: Experiments and 3D mesoscopic modeling study. *Mechanics of Materials*, 194, 105011. <https://doi.org/10.1016/J.MECHMAT.2024.105011>

Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*.

INEN 872. (2011). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN 872)*.

Landa-Sánchez, A., Bosch, J., Baltazar-Zamora, M. A., Croche, R., Landa-Ruiz, L., Santiago-Hurtado, G., Moreno-Landeros, V. M., Olgún-Coca, J., López-Léon, L., Bastidas, J. M., Mendoza-Rangel, J. M., Ressa, J., & Bastidas, D. M. (2020). Corrosion Behavior of Steel-Reinforced Green Concrete Containing Recycled Coarse Aggregate Additions in Sulfate Media. *Materials* 2020, Vol. 13, Page 4345, 13(19), 4345. <https://doi.org/10.3390/MA13194345>

Li, J., Zha, W., Lv, W., Xu, T., Wang, B., & Wang, B. (2024). Mechanical properties and sulfate resistance of basalt fiber-reinforced alkali-activated fly ash-slag-based coal gangue pervious concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 21, e03961. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2024.E03961>

Liu, C., Sun, J., Tang, X., & Ma, Y. (2024). The durability of spray steel fiber-reinforced recycled coarse aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 412, 134731. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.134731>

MEGAROK. (2024). *MEGAROK*.

ANEXOS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE LOS ÁRIDOS ASTM C131/C131M-20

N° Informe:	1	N° de muestras	1	Universidad	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	28/08/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabí	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Picoaza	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C-131/C131M-20	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Tamices TIPO DE GRADACIÓN (gr.)

Pasa	Retiene	A	B	C	D
1 1/2	1	-			
1	3/4	-			
3/4	1/2	-	2502,10		
1/2	3/8	-	2501,20		
3/8	1/4			-	
1/4	N° 4			-	
N°4	N°8				-

Σ	0,00	5003,30	0,00	0,00
ESFERAS	12	11	8	6
ROTACIONES	500	500	500	500
PESO DE LAS ESFERAS (gr.)	5000 ± 25	4580 ± 25	3330 ± 20	2500 ± 15

PESO INICIAL DE LA MUESTRA (C) **5003,30** **gr.**

PESO FINAL DE LA MUESTRA (Y) **4164,20** **gr.**

$\% \text{ de desgaste} = \left[\frac{C - Y}{C} \right] * 100$ **16,77** **%**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE LOS ÁRIDOS ASTM C131/C131M-20

N° Informe:	8	N° de muestras	1	Universidad	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	2/12/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabí	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Chorrillo	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C-131/C131M-20	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Tamices		TIPO DE GRADACIÓN (gr.)			
Pasa	Retiene	A	B	C	D
1 1/2	1	-			
1	3/4	-			
3/4	1/2	-	2500,00		
1/2	3/8	-	2500,00		
3/8	1/4			-	
1/4	N° 4			-	
N°4	N°8				-
Σ		0,00	5000,00	0,00	0,00
ESFERAS		12	11	8	6
ROTACIONES		500	500	500	500
PESO DE LAS ESFERAS (gr.)		5000 ± 25	4580 ± 25	3330 ± 20	2500 ± 15

PESO INICIAL DE LA MUESTRA (C) 5000,00 gr.

PESO FINAL DE LA MUESTRA (Y) 4089,00 gr.

% DE DESGASTE 18,22 %

$$\% \text{ de desgaste} = \left[\frac{C - Y}{C} \right] * 100$$

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216-19

N° Informe:	5	N° de muestras	1	Universidad	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	28/10/24	Laboratorio:	PUCE Sede Manabí	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Chorrillo	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM D2216	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Recipiente N°	Masa de Muestra Húmeda (M_{cms})	Masa de Muestra Seca (M_{cts})	Masa de Agua	Masa del Recipiente (M_c)	Masa de Muestra Seca	% de Humedad Natural (w)
T#1	2.860,40	2.752,50	107,90	152,00	2.600,50	4,15

$$w = \frac{M_{cms} - M_{cts}}{M_{cts} - M_c} * 100$$

% DE HUMEDAD NATURAL= 4,15

%

N° Informe:	2	N° de muestras	1	Universidad	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	23/09/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabí	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Picoaza	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM D2216	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Recipiente N°	Masa de Muestra Húmeda (M_{cms})	Masa de Muestra Seca (M_{cts})	Masa de Agua	Masa del Recipiente (M_c)	Masa de Muestra Seca	% de Humedad Natural (w)
T#1	3.817,00	3.670,80	146,20	181,10	3.489,70	4,19

$$w = \frac{M_{cms} - M_{cts}}{M_{cts} - M_c} * 100$$

% DE HUMEDAD NATURAL= 4,19

%

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN C127-15

N° Informe:	3	N° de muestras	I	Universidad	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	16/10/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabí	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Picoazá	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C127-15	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Material que pasa el tamiz:	3/4	Y retiene en el tamiz:	4
MASA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	3930,00	gr.
MASA EN AGUA DEL AGREGADO SATURADO	C	2341,50	gr.
MASA MUESTRA SECA	A	3752,50	gr.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN	OD	2,36	$OD = \frac{A}{B - C}$
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN	SSD	2,47	$SSD = \frac{B}{B - C}$
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN APARENTE	Sa	2,66	$Sa = \frac{A}{A - C}$
ABSORCIÓN	A%	4,73	$A\% = \frac{B - A}{A}$

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN C127-15

N° Informe:	6	N° de muestras	I	Universidad	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	29/10/2024	Laboratorio:	PUCE Sede Manabí	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Chorrillo	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C127-15	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Material que pasa el tamiz:	3/4	Y retiene en el tamiz:	4
MASA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	3327,30	gr.
MASA EN AGUA DEL AGREGADO SATURADO	C	1956,70	gr.
MASA MUESTRA SECA	A	3186,20	gr.

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN	OD	2,32	$OD = \frac{A}{B - C}$
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN	SSD	2,43	$SSD = \frac{B}{B - C}$
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLUMEN APARENTE	Sa	2,59	$Sa = \frac{A}{A - C}$
ABSORCIÓN	A%	4,43	$A\% = \frac{B - A}{A}$

ENSAYO DE SOLIDEZ DE ARIDOS ASTM C88/C88M-24

N° Informe:	7	N° de muestras	1	Universidad	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	7/11/2024	Laboratorio:	Consuljoc S.A.	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Chorrillo	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C88/C88M	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Pasa	Retiene	Masa Retenida		Pt	Pi	%	%	%	%
		% Retenido	Peso antes del Ensayo gr.						
1 1/2	3/4	2586,10	510,00	455,35	10,72	32,57	10,72	3,49	
3/4	1/2	4370,10	670,05	591,33	11,75	55,04	11,75	6,47	
1/2	3/8	482,10	330,81	269,72	18,47	6,07	18,47	1,12	
3/8	4"	501,80	301,05	208,19	30,85	6,32	30,85	1,95	
Σ		7940,1	100,00		Σ			13,03	

% DE PERDIDA TOTAL = 13,03 %

% MAX PERMITIDO ASTM C33M-23 12,00 %

VERIFICACIÓN SUPERO LÍMITE

ENSAYO DE SOLIDEZ DE ARIDOS ASTM C88/C88M-24

N° Informe:	4	N° de muestras	1	Universidad	PUCE Sede Manabí
Fecha de ensayo:	7/11/2024	Laboratorio:	Consuljoc S.A.	Estudiante:	Fernando Toro
Cantera:	Picoaza	Proyecto:	Trabajo de Titulación	Estudiante:	Jean Navarrete
Descripción Visual:	Agregado grueso	Estándar:	ASTM C88/C88M	Tutor:	Ing. Mauricio Colpari

Pasa	Retiene	Masa Retenida		Pt	Pi	%	%	%	%
		% Retenido	Peso antes del Ensayo gr.						
1 1/2	3/4	968,20	511,00	495,16	511,00	14,37	3,10	0,45	
3/4	1/2	4938,40	670,40	616,05	670,40	73,29	8,11	5,94	
1/2	3/8	713,00	330,21	302,47	330,21	10,58	8,40	0,89	
3/8	4"	118,30	301,85	280,63	301,85	1,76	7,03	0,12	
Σ		6737,9	100,00				Σ	7,40	

% DE PERDIDA TOTAL = 7,40 %

% MAX PERMITIDO ASTM C33M-23 12,00 %

VERIFICACIÓN OK