



Caracterización física y mecánica de los materiales pétreos en el municipio de Girardot

Cundinamarca

Robinson Mauricio Delgado Urquijo

Carmelo Isaac Percy Hernandez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2022

Caracterización física & mecánica de los materiales pétreos en el municipio de Girardot

Cundinamarca

Robinson Mauricio Delgado Urquijo

Carmelo Isaac Percy Hernandez

Asesor(a)

Heidy Madeleine Arevalo Algarra

Ingeniera civil

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2022

## Dedicatoria

Este trabajo de grado va dedicado de todo corazón a DIOS, a mi esposa, hijos y especialmente a mi madre, que me han acompañado y guiado a lo largo este proceso de formación, donde me han brindaron y he adquirido mucho conocimiento y esto me ha llevado a crecer en lo profesional y personalmente para un mejor mañana.

## **Agradecimiento**

Mi sincero agradecimiento a mi tutora Heidy Madeleine Arevalo Algarra por su colaboración intelectual, sobre todo por ser una guía importante en toda la investigación, a los demás docentes que me han brindado sus conocimientos y recursos lo cual permite que esta meta sea posible, a mis amigos y familiares por brindarme su tiempo, paciencia y apoyo incondicional me animaron a asumir este reto que significa una nueva etapa en mi proceso de formación y en mi proyecto de vida a todos ellos muchas gracias.

## Contenido

Lista de tablas .....	7
Lista de imagen .....	9
Lista de anexos.....	10
Resumen .....	11
Abstract.....	12
Introducción.....	13
1 Planteamiento del problema .....	14
1.1 Descripción del problema .....	14
1.2 Definición del problema.....	15
1.3 Delimitación del problema.....	15
1.4 Justificación.....	16
1.5 Objetivos .....	17
1.5.1 Objetivos generales.....	17
1.5.2 Objetivos específicos .....	17
CAPÍTULO II .....	18
2 Marco teórico.....	18
2.1 Antecedentes .....	18
2.2 Estado del arte .....	21
2.2.1 Caracterización de materiales pétreos .....	22
2.2.2 Análisis físico-mecánicos.....	22
Se clasifican.....	23
2.3 Marco normativo .....	23
CAPÍTULO III .....	26
3 Marco Metodológico .....	26
3.1 Enfoque de investigación .....	26
3.2 Diseño Metodológico .....	26
3.3 Instrumentos usados.....	27
CAPÍTULO IV.....	31

4	Análisis de resultados .....	31
4.1	Equivalencia de arenas INV E-133-13 .....	31
4.2	Granulometría de agregados gruesos y finos a partir del I.N.V. E – 213 – 13 .....	36
4.2.1	Determinación de las partículas disolubles en los agregados INV E-211-1 .....	37
4.2.2	Densidad relativa entre otros ensayos según el I.N.V. E – 223 – 13.....	38
4.2.3	Resistencia a la degradación de los agregados INV E-218-13.....	39
4.2.4	Peso unitario y porcentaje de vacíos de los agregados sueltos y compactos I.N.V. E – 217 – 13 .....	40
4.3	Agregados de muestra frente a la normativa .....	40
	Conclusiones .....	42
	Referencias Bibliográficas .....	44
	Anexos.....	46

### Lista de tablas

Tabla 1. Ensayos de caracterización del suelo.....	21
Tabla 2. Equivalencia de arenas de suelos y agregados finos INV E-133-13.....	31
Tabla 3. Requisitos para materiales granulares tipo BG o SBG.....	32
Tabla 4. Requisitos para arena de rellenos para estructuras.....	32
Tabla 5. Agregado fino para concreto estructural .....	32
Tabla 6. Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino I.N.V. E – 213-13.....	33
Tabla 7. Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados INV E-211-1.....	34
Tabla 8. Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y adsorción del agregado fino I.N.V. E – 222 – 13.....	34
Tabla 9. Requisitos del agregado fino para concreto estructural.....	35
Tabla 10. Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto y compacto I.N.V. E – 217 – 13.....	35
cuadro 11. Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados INV E-211-1.....	38
Tabla 12. Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y adsorción del agregado grueso I.N.V. E – 223 – 13.....	38
Tabla 13. Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5mm (1 ½”) por medio de la máquina de los ángeles INV E-218-13.....	39

Tabla 14. Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto y compacto I.N.V. E – 217 – 13.....	40
Tabla 15. Agregados frente a la normativa.....	41



**Lista de imagen**

Imagen 1. Bascula electrica.....	28
Imagen 2. brocha .....	28
Imagen 3. Recipiente metálico .....	28
Imagen 4.Tamiz.....	29
Imagen 5.Horno .....	29
Imagen 6.Manguera.....	29
Imagen 7.Máquina de prueba de los Ángeles .....	30

**Lista de anexos**

Anexo 1. Registro fotográfico .....	46
-------------------------------------	----

## Resumen

La caracterización del material pétreo en las diferentes canteras del municipio de Girardot que suministran el material grueso y fino, es un proceso de gran importancia en la elaboración de laboratorios que permitan determinar las propiedades físico mecánicas y el uso adecuado en los procesos constructivos de las diferentes obras de ingeniería. Por lo tanto, la investigación tiene por defecto caracterizar los agregados pétreos en sus propiedades físico mecánicas obtenidas a través de procesos extraídos de los ríos Magdalena y Sumapaz para que cumplan con las especificaciones ubicadas en el municipio de Girardot. En la actualidad son conocidas las ventajas de utilizar los materiales resultantes de la explotación de materiales a cielo abierto en la construcción o rehabilitación de obras verticales y horizontales; pero creando la realidad es que el uso de estos materiales no está siendo utilizado adecuadamente, por lo que se optó por la necesidad de una reglamentación donde los colombianos tengan que cumplir con los requisitos y especificaciones técnicas requeridas para darle un excelente uso a las canteras que se encuentran en ella. Con la elaboración de este documento se dará a conocer el cumplimiento de las especificaciones y características físico-mecánicas de los materiales pétreos que se extraen en la región, identificando el buen uso y la calidad en los diferentes procesos constructivos. De acuerdo con el buen uso de los materiales pétreos, el costo económico de los laboratorios especializados que determinan sus propiedades, se propone este documento de investigación con el fin de evaluar los beneficios económicos, ambientales y técnicos del empleo, de los materiales pétreos en los procesos constructivos de las obras de ingeniería en la región, generando un alto impacto ecológico y socioeconómico en la comunidad en general.

*Palabras clave:* Obras, construcción, materiales pétreos, caracterización.

## **Abstract**

The characterization of the stone material in the different quarries of the municipality of Girardot that supply the coarse and fine material, is a process of great importance in the elaboration of laboratories that allow determining the physical-mechanical properties and the adequate use in the construction processes of the different engineering works. Therefore, the purpose of this research is to characterize the physical-mechanical properties of stone aggregates obtained through processes extracted from the Magdalena and Sumapaz rivers in order to comply with the specifications located in the municipality of Girardot. At present, the advantages of using the materials resulting from the exploitation of open pit materials in the construction or rehabilitation of vertical and horizontal works are well known; but creating the reality is that the use of these materials is not being used properly, so the need for a regulation where Colombians have to comply with the requirements and technical specifications required to give an excellent use to the quarries located in it was chosen. With the elaboration of this document, the compliance of the specifications and physical-mechanical characteristics of the stone materials extracted in the region will be made known, identifying the good use and quality in the different construction processes. According to the good use of stone materials, the economic cost of specialized laboratories that determine their properties, this research document is proposed in order to evaluate the economic, environmental and technical benefits of the use of stone materials in the construction processes of engineering works in the region, generating a high ecological and socioeconomic impact on the community in general.

**Keywords:** Works, construction, Stone materials, characterization.

## Introducción

En el municipio de Girardot se está desarrollando proyectos de urbanismo y proyectos viales, por tal razón surge la obligación de examinar la calidad en que se encuentran los materiales – (grava-arena) utilizados en los diferentes tipos de procesos constructivos. La caracterización de los materiales es un proceso muy importante para garantizar la calidad y minimizar el riesgo en la inseguridad de las obras horizontales y verticales en proyección que se están ejecutando en la actualidad. Es primordial percatarse de los estatutos que nos rigen (INVIAS – NTC- NSR10) para determinar las características y comportamientos de las arenas y gravas (agregados pétreos) de acuerdo con los parámetros de dichas normas para tener un mejor desempeño y rendimiento en las construcciones futuras.

La investigación está enfocada en las canteras que venden los agregados en la ciudad de Girardot, se realizaron visitas en los acopios con el propósito de recopilar y analizar información para relacionar los diferentes estudios que se realizaran en los laboratorios (granulometría, humedad, resistencia, prueba de los ángeles) en los cuales se irán determinando los criterios de los que se comercializan, tamaños, forma y volumen. En este proyecto encontraremos los estatutos para los diferentes laboratorios, tablas de datos para personificación físico-mecánica de los agregados pétreos empleados en la ciudad de Girardot, donde se enfocará en una metodología de recolección de datos y muestras para poder conocer las características de dichos materiales.

## CAPÍTULO I

### 1 Planteamiento del problema

#### 1.1 Descripción del problema

No se tiene una caracterización de materiales adecuados que nos garantice que es aElaboración apropiado y nos de la resistencia óptima del concreto, tampoco se tiene establecida la calidad del material pétreo, teniendo en cuenta que es un factor de seguridad importante para la parte estructural y que aún con los diseños correctos e instalación adecuada se muestran fallas de laboratorio en cuanto a la resistencia de este concreto en algunas ocasiones al cual se deriva un gran interrogante ¿Influye el Origen del agregado pétreo en sus características físico mecánicas en la elaboración del concreto? (Alfonso, D., & Cuellar, F. 2010).

El reglamento colombiano está basado en el precepto NSR-10 el cual indica el estatuto que debe tener los concretos para ciertos requisitos y características mínimas. La normativa del INVIAS 2013 nos dan una serie de requerimientos mínimos exigidos para tener en cuenta en nuestro ensayo de laboratorios y saber si estos materiales pétreos cumplen para un diseño optimo para el diseño de mezcla en el concreto.

En Girardot se conoce dos canteras o plantas que venden este tipo de material (grava y arena) para la confección de concreto y su delineación de mezcla, en este trabajo de investigación nos vamos a dar la tarea de examinar la caracterización de una de la planta que comercializan estos materiales para determinar si está efectuando con la estipulación mínima requerida por la normatividad del INVIAS 2013

Teniendo en cuenta que en los alrededores de Girardot se sitúa la cantera (X), nos tomamos el atrevimiento de cuestionar ¿los agregados que se obtienen de las canteras son óptimos para avalar la continuidad del concreto? ¿bajo qué parámetros están fijado la comercialización de agregados? ¿Qué particularidad poseen? Con esta investigación indagamos los interrogantes para recopilar información de campo.

## 1.2 Definición del problema

Los acopios de agregados tienen los parámetros para avalar la seguridad física y mecánica en las edificaciones de obras civiles. Para ello, se debe evaluar si los agregados pétreos usados en la región cumplen con las características para un material usado dentro de la elaboración de concretos y otros materiales constructivos, por tanto, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo determinar si los materiales pétreos que se extraen en el municipio de Girardot son apropiados para su uso dentro de la elaboración de concretos y otros materiales para la construcción?

## 1.3 Delimitación del problema

**Espacio:** los agregados pétreos provienen de la cantera Agregados SAP (Cundinamarca, Ricaurte)

**Contenido:** este documento se realiza con la información de ensayos existentes y prácticos

**Alcance:** debido que en este trabajo es basado en ensayos de laboratorios, sus resultados no siempre son precisos y pueden alterar según la calibración y mantenimiento de algunos instrumentos que se estarán usados.

**Tiempo:** esta monografía se desarrolló en un tiempo de cuatro meses, incluyendo el tiempo empleado para el anteproyecto en la ciudad de Girardot, Cundinamarca con resultados propios.

#### **1.4 Justificación**

De acuerdo con la demanda de material pétreo de la región que se utiliza para obras de vías y concretos, dicho material son fragmentos para el desarrollo de obras de ingeniería

El presente documento describe las variables de elaboración para la durabilidad del concreto donde se enfrenta a grandes factores que afectan directa e indirectamente los agregados pétreos dependiendo de la ubicación, fuente del material (roca) y condiciones climáticas, con el propósito de decretar si los materiales adquiridos cumplen o no con la normatividad vigente.

La investigación es importante ya que podemos determinar si los materiales pétreos autóctonos del río Magdalena del municipio de Girardot Cundinamarca se determinó sus propiedades físicas y mecánicas, el uso, la resistencia y sirve para obras de ingeniería, adicionalmente se determinó que su uso puede ser para utilizarlos en concretos hidráulicos, y estructurales.



La indagación favorecerá al sector constructivo ya que se estudiará a fondo el comportamiento de los agregados para avalar la solidez de los agregados pétreos.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 *Objetivos generales***

Caracterizar los agregados pétreos en sus propiedades físico mecánicas obtenidas mediante procesos extraído de los ríos Magdalena y Sumapaz para que cumplan con las especificaciones ubicados en el municipio de Girardot.

### **1.5.2 *Objetivos específicos***

- Diagnosticar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales pétreos analizar a través de ensayos de laboratorio.
- Comparar propiedades físicas y mecánicas de los materiales frente a la normativa
- Identificar los usos del material pétreo en el municipio de Girardot.

## CAPÍTULO II

### 2 Marco teórico

#### 2.1 Antecedentes

Para entender un poco más al hablar de materiales pétreo y sus características físico – mecánicas, tenemos a Adasme (2010) “materiales a cielo abierto” quien explica que este tipo de abastecimiento se ve reflejado en las ciudades debido que generan un gran desarrollo socioeconómico ya que contraen materiales como (gravas-arenas) con la consecuencia de que afecta directamente a la fauna, y los ecosistemas marítimos, elimina por completo la vegetación ya que cambia la geología y las condiciones climáticas del lugar. Adasme (2010. P .09)

Tenemos la investigación de López (2003) titulada “Propiedades físicas” quien establece que los agregados se someten a varios ensayo en laboratorios de los cuales consiste en pasarlo por una serie de sucesos indicando si el producto está en óptimas condiciones o si por el contrario (defectuoso) no apto para las especificaciones establecidas bajo la normatividad, los ensayos varían dependiendo la necesidad uno de ellos es el ensayo de granulometría la cual se fundamenta en transcurrir la muestra por una serie de tamices, curva granulométrica es el que nos enseña el porcentaje que se obtiene, como la prueba de los ángeles la cual se aprecia la resistencia que tiene el material..... esto se hace para analizar y calificar si el producto que se adquirió es el indicado (López, 2003, p.20)

En esta investigación podemos determinar la procedencia de los materiales tal como nos habla López (2003) “procedencia de los materiales” en la actualidad existen varios tipos de materiales, pero estos provienen del magma (vulcanicas-plutonicas) done se expresar de la

siguiente manera. Naturales, son materiales de arrastre sumamente fuertes comúnmente llamada roca las cuales son primordiales para la edificaciones e intemperies tienen gran resistencia tiende a no desgastarse (plutónicas). Artificiales, son materiales que provienen del magma, pero en este caso son muy débiles podemos referirnos a la piedra pómez la cual es un material sumamente débil, no tiene resistencia. (p.34)

De acuerdo con esta investigación nos habla de la exploración de materiales y sus métodos de recolección en base a Díaz (2010) en Exploración de Materiales. Los materiales provenientes de canteras son sumamente analizados y detallados mediante avances tecnológicos esto para tener información concreta de la resistencia, durabilidad que tiene el producto a comparación de las demás canteras, es un material que es óptimo para el buen desempeño de obras, infraestructura.... cuenta con altos estándares de calidad. Según (Díaz) con estos materiales que han sido sometido a distintas pruebas son los más recomendados para cualquier actividad dentro y fuera del país (Díaz, 2010, p.20).

Para entender un poco más del efecto ambiental con relación a la explotación de canteras tenemos la investigación de Correa (2000) establece “impacto ambiental de explotación en las canteras capitales” uno de los grandes incertidumbre que surgen en la actualidad es el impacto ambiental que pagamos los colombianos por falta de políticas y licencias ya que no obligan a los propietarios a cumplirlas o estar regido a la normativa, sería un punto esencial ya que podemos minimizar los cambios climáticos, deforestación. brindando una mejor calidad y caracterización de los agregados en las grandes cantidades de volúmenes que demandan las construcciones. Es importante desarrollar un cronograma para que las diferentes entidades que

salvaguardan el medio ambiente hagan visitas con el fin de analizar si las canteras están haciendo un buen uso ambiental, procesos limpios y no dañando los ecosistemas (p. 45).

A partir de la investigación de Cuervo y Calderón (2016) denominada “Desgaste de materiales pétreos por compactación”, se dará a conocer cómo se comportan los agregados mediante una serie de pruebas en laboratorio regido por (NTC-INV 2007-2012) para determinar la resistencia al desgaste, y abreactión mediante, análisis granulométrico para determinar la resistencia que se obtiene, que partículas fracturas se analizan mediante el Proctor, sometiéndolo a 500 y 100 rotaciones donde se examina el comportamiento degradable y sus características físicas & mecánicas. Después de dichas pruebas se dio a conocer que los agregados pétreos de las canteras X son óptimas para ser empleados en las distintas ramas de la ingeniería dando gran resistencia a los concretos.

De acuerdo con Ramírez (2009) “extracción de agregados pétreos” esta investigación se basa en la extracción de materiales bien sea de ríos, quebradas, e incluso provenientes de las edificaciones. Todos estos productos se aprovechan para ser llevados a la planta de tratamiento donde se caracterizan por su volumen y este comienza a fracturarlas para convertirlos en materiales clasificados, donde realizan pruebas para garantizar la calidad. Los materiales provenientes de las edificaciones se agregan a máquinas especiales para pulverizarlas o tratarlas dependiendo de la finalidad con que la requieran, estas son aprovechables con el propósito de minimizar el impacto ambiental y darle uso a los materiales que se desperdician en ocasiones llegan a parar a vertederos e incluso al lecho de los ríos (p. 12)

## 2.2 Estado del arte

- **Origen de los materiales pétreo**

Son utilizados a nivel mundial para diversas actividades e incluso como materiales para la construcción, algunos materiales son muy grandes, pequeños y sin forma determinada, esto quiere decir que son inexactas y estas las podemos encontrar en los ríos, lechos rocosos y en la naturaleza en general, como lo es el granito, mármol, piedra pómez y plutónicas las cuales son muy resistentes para las intemperies

Tabla 1. Ensayos de caracterización del suelo

ENSAYO	NORMA INVIAS
Humedad	INV. E-122-07
Granulometría	INV.E-123-07; INV.E-124-07
Limite plástico e índice de plasticidad	INV.E-125-07
Limite Líquido	INV.E-126-07
Gravedad específica	INV.E-128-07; INV.E -222-07; INV.E-223-07
Humedad	INV.E-135-07
Compactación	INV.E-141-07, INV.E-142-07
Resistencia (CBR)	INV.E-148-07, INV.E-169-07

Fuente: HIGUERA SANDOVAL CARLOS. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimento para carreteras vol. I. Tunja: UPTC, 2007 p.140.

Fuente: Norma INVIAS 2013

### 2.2.1 Caracterización de materiales pétreos

Estos agregados son procedentes del magma y en su mayoría son reutilizados para aprovechar su resistencia.

**Artificiales.** Son rocas pómez las cuales se caracterizan por ser porosas y de escasa resistencia.

**Naturales.** son resistentes a la compactación, intemperie, esfuerzos y desgaste.

**Sedimentarias.** son partículas que han sido arrastradas por distintos modos atmosféricos (gravas y arenas).

**Metamórficas.** Padecen de extensas presiones y elevadas temperaturas (mármol y pizarra).

### 2.2.2 Análisis físico-mecánicos

El comportamiento de los agregados nos permite visualizar su índole con respecto a su solidez, ya que serán sometidas a variados argumentos, de los cuales se estudiarán los agregados (arena-grava) una de la prueba es granulometría donde chequearemos que firmeza tiene las arenas de las canteras (X). otra prueba que se vislumbra es “prueba de los ángeles” la cual nos referencia el impacto que tiene los materiales al ser sometidos a (cargas -degradación). Se analiza a fondo cada uno de los laboratorios y así damos nuestra opinión de dichos agregados, (escuela superior de ingenieros de sevilla, 2013).

- **Propiedades**

son materiales muy fuertes utilizados en la construcción ya que tienen gran resistencia al desgaste, inertes, son compuestos no tóxicos, se caracteriza por su fortaleza.

### ***Se clasifican***

Se clasifican en tres tipos diferentes de acuerdo con su composición y características físicas:

- **Ígneas; son procedentes del magma y se clasifican en;**
  - vulcanizadas, pómez las cuales son porosas y poco resistentes.
  - Plutónicas; son resistentes a la compresión, intemperie, esfuerzos y desgaste.
  - **Sedimentarias:** son partículas que han sido arrastradas por distintos modos atmosféricos (gravas y arenas).
  - **Metamórficas:** sufren grandes presiones y elevadas temperaturas (mármol y pizarra).

#### **2.2.2.1 Cantera**

Las canteras son acopios donde podemos obtener compuestos para las diversas funciones que se requiera, estos recursos en su momento son limitados por ende se están optimizando los materiales que provengan de las edificaciones para reutilizar (RAE. Real Academia Española, 2019).

### **2.3 Marco normativo**

El proyecto de regirá por la norma del INVIAS, CODIGO DE MINAS Y LA NTC que son las normativas técnicas que rigen en nuestro país donde nos dan un paso a paso, tipos de ensayos

y características mínimas que deben cumplir dichos agregados para asegurar un correcto uso de los materiales pétreos y poder llegar a unos estándares óptimos en cuanto uso y calidad.

INVE 123-07 análisis de granulométrica porta misados: se basa en los tamaños o números de tamices que pasan los agregados pétreos para clasificar las partículas que componen dicha cantera (INVIAS, 123-13, 2012).

INVE 123-13 Densidad y absorción de agregados gruesos: determinan la densidad del secado al horno cuando ha sido sumergido al agua y lavada para proceder a secar durante un periodo de 24 horas, con el objetivo de resolver el volumen de la muestra (agua y secado al honor). (INVIAS, 123-13, 2012).

INVE 218-13 fuerza al desgaste de los compuestos de tamaños menores de pulgada y media por arbitrio de la máquina de los Ángeles: Esta técnica nos sirve para calcular la resistencia de los agregados pétreos con un numero de revoluciones específicos para posteriormente tamizar para medir la degradación y calcular el porcentaje de pérdidas. (INVIAS, 218-13, 2012).

CODIGO DE MINAS 685-2001 son las ideas y conceptos que se utilizan para exploración, explotación, beneficios, transportes y venta de materiales los cuales son ventajosos para abarcar el desempeño de la industria en nuestro país.(MINAS, 2001).

NTC 32 1991 Tamiz de tejido de alambre (NTC, 1991).

NTC 77 1994 sistema para el análisis por tamizado de los componentes finos y grueso (ASTON C 136) (NTC, 77, 1994).



NTC 93 1995 precisión a la firmeza al desgaste y compuestos de mayor tamaño mayores de 19 mm utilizados en la máquina de los Ángeles. (NTC C. N., 1995).

Esta tabla establece los requisitos mínimos que exige la norma para cada uno de los ensayos requeridos en la investigación, donde podemos observar cada una de sus normativas, sus valores y porcentajes de prueba para que los materiales sean aptos para nuestros futuros proyecto.

## CAPÍTULO III

### 3 Marco Metodológico

#### 3.1 Enfoque de investigación

En esta investigación se expondrán los fundamentos para de las diferentes metodologías que se requirieron en la obtención de datos, tanto investigativo como de resultado. Teniendo en cuenta la estrategia que utilizamos para responder de manera adecuada a las preguntas que guían el estudio. En este capítulo hacemos referencia a los diversos aspectos que se debe tener en cuenta, como lo es la naturaleza ya que juega un papel importante para vida humana. Si los seres humanos no recapacitamos del daño que se está ocasionando muy pronto estaremos en grandes inconvenientes. El otro aspecto es el estudio que se tiene que hacer para salvaguardar la vida y la calidad de los componentes brindando un aval satisfactorio (Mixed Methods Research).

#### 3.2 Diseño Metodológico

Para la presente investigación se tienen las siguientes fases:

Fase 1: Investigación preliminar

En esta fase se recopilará la información pertinente sobre aquellas canteras que son proveedoras de materiales pétreos en el municipio de Girardot (Cundinamarca). Igualmente, se realizará la búsqueda bibliográfica en lo referente a los ensayos de laboratorio a realizar a las muestras y el aspecto teórico que fundamenta una caracterización pétrea. Dentro de esta fase, se realizará también la recopilación de las muestras en las canteras que permitan la recolección

del material necesario para el estudio, donde se obtendrán la mayor cantidad de muestras de gravas y arenas procesadas posibles.

#### Fase 2: Caracterización de las muestras

Para ello, se procede a alistar el material para realizar cada uno de los ensayos que indica la norma INVIAS y NTC principalmente. Los ensayos por realizar serán: granulometría, equivalente de arena, desgaste de los ángeles, micro deval y humedad de las muestras. A partir de la realización de los ensayos, se procederá con la realización de los análisis de estos y así determinar con las normativas vigentes si estos materiales cumplen o no cumplen.

#### Fase 3: Entrega final del proyecto

Por último, se especificará dentro del trabajo escrito o anteproyecto los resultados obtenidos y análisis de este, junto con la consulta de las bases teóricas realizadas. Es importante especificar que se indicara las características que poseen los agregados. Todo esto se mostrará dentro del proyecto final entregado.

### **3.3 Instrumentos usados**

Para estos ensayos se utilizaron diferentes herramientas tales como, brocha, horno, recipientes metálicos, tamiz, máquina de los ángeles, etc. Facilitadas en el laboratorio de la universidad minuto de Dios, sede Girardot también se utilizaron software tales como Word y Excel de Microsoft. Gracias a ello pudimos realizar nuestra investigación.

**Imagen 1. Bascula eléctrica**



Fuente (electrica, s.f.)

**Imagen 2. brocha**



Fuente: (pintuland, s.f.)

**Imagen 3. Recipiente metálico**



Fuente (dentaltix, s.f.)

**Imagen 4. Tamiz**



Fuente: (laboratorio, s.f.)

**Imagen 5. Horno**



Fuente: (laboratorio h. d., s.f.)

**Imagen 6. Manguera**



Fuente: (agua, s.f.)

**Imagen 7. Máquina de prueba de los Ángeles**



Fuente: (laboratorio h. d., s.f.)

## CAPÍTULO IV

### 4 Análisis de resultados

#### 4.1 Equivalencia de arenas INV E-133-13

Durante el proceso de investigación se llevó a cabo ensayos para la recolección de información y así poder determinar las características de los agregados finos usados en la muestra, donde para este caso se obtuvieron los resultados presentados en las tablas 2, 3, 4, 5 ,6.

Proyecto	Caracterización de materiales pétreos
Tipo de material	Arena
Fecha de muestreo	23 de septiembre del 2022
Fuente del material	Cantera X

Tabla 2. Equivalencia de arena y compuestos finos de la muestra según INV E-133-13

PRUEBA No.		1	2	3
LECTURA DE ARCILLA (Pulg.)	<b>A</b>	4,4	4,3	4,3
LECTURA DE ARENA (Pulg.)	<b>B</b>	3,8	3,7	3,7
EQUIVALENTE DE ARENA	<b>C</b>	87,0	87,0	87,0
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO %		<b>87</b>		
EQUIVALENTE ESPECIFICADO (MIN %)		60		

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba determina la lectura de arena y arcilla del agregado fino, dando una equivalencia de arena promedio del 87 %, de acuerdo con estos resultados podemos decir que el material está cumpliendo según las especificaciones técnicas del INVIAS 2013, esto se

observa en el cuadro 4, el cual especifica que para un material arenoso dentro de procesos constructivos el porcentaje debe ser de 60%.

Tabla 3. Condiciones para sustancias granulares de base y subbase

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	
		TIPO SBG	TIPO BG
<b>Dureza (O)</b>			
Desgaste en la máquina de los Angeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50	40
<b>Durabilidad (O)</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
<b>Limpieza (F)</b>			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2
<b>Geometría de las Partículas (F)</b>			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

Fuente: Norma INVIAS 2013

Tabla 4. Requisitos para arenas.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	10 15
<b>Limpieza (F)</b>		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No.200), % máximo	E-214	5
<b>Contenido de materia orgánica (F)</b>		
Color más oscuro permisible	INV E-212	Igual a Muestra patrón

Fuente: Norma INVIAS 2013

Tabla 5. compuesto fino para concreto.



CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	10-15
Limpeza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), máximo (%)	E-214	5
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	INV E-212	Igual a Muestra patrón
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , máximo (%)	INV E-233	1.2
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Fuente: Norma INVIAS 2013

Tabla 6. Granulometría agregado grueso y fino según I.N.V. E – 213-13.

Proyecto	Caracterización de materiales pétreos
Tipo de material	Arena
Fecha de muestreo	23 de septiembre del 2022
Fuente del material	Cantera x

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO INV E – 213 – 13					
RETENIDO No 10			PASA No 10		
PESO INICIAL =		2684,9	INICIAL		2684,9
PESO FINAL =		2633,3	FINAL		2322,6
TAMIZ		PESO, RETENIDO INDIVIDUAL	% RETENIDO INDIVIDUAL	% ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	0,0	0,0	0,0	100,0
Nº4	4,75	70,9	2,6	2,6	97,4
Nº8	2,36	239,8	8,9	11,6	88,4
Nº16	1,18	205,6	7,7	19,2	80,8
Nº30	0,600	1107,9	41,3	60,5	39,5
Nº50	0,300	946,2	35,2	95,7	4,3
Nº100	0,150	47,1	1,8	97,5	2,5
No 200	0,075	15,8	0,6	98,1	1,9
F		51,6			

coeficiente de uniformidad	
D10	0,44
D60	0,85
CU	1,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resolución de terrones de arcilla INV E-211-1

FRACCIÓN FINA		TAMIZ DE REF. PARA LAVADO	1 (g)	2 (g)	3 $((1-2)/1)*100$	4 (%)	5 (3X4)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
N°4	N°16	N°20	100	99,7	0,30	7,7	2,3
SUMATORIA					0,30	7,7	1,1
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES						0,15%	1,0 % Max

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Densidades de agregado fino según I.N.V. E – 222 – 13

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO INV E – 222 – 13	
Peso seco (gr)	495,3
Agua + Mat (gr)	667,8
M:Seca + Recip (gr)+Agua	973,7
M.S.S.S +Recp(gr)	510,3
Vol.Prob (cm <sup>3</sup> )	500,0
D.Relativa (gr/cc)	2,42
D.Aparente (gr/cc)	2,62
ABSORCIÓN (%)	3,03

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las determinaciones dadas por la norma INVIAS 2013, Se concluye que el material fino está cumpliendo para el ensayo de absorción y gravedad específica. Al estar poder despreciable del 4% establecido por la norma como lo indica en la tabla 9 condiciones del agregado fino para el concreto estructural.

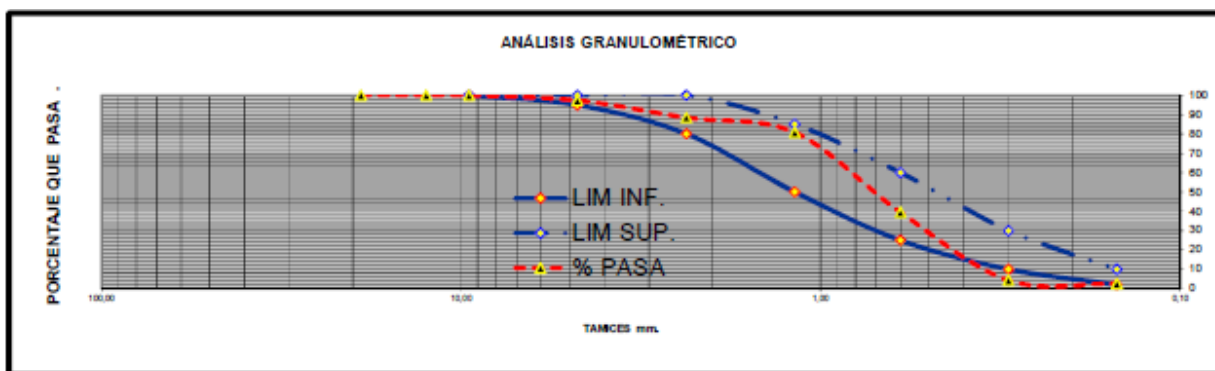
Tabla 9. Características del agregado fino en concreto.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	10-15
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 $\mu\text{m}$ (No. 200), máximo (%)	E-214	5
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	INV E-212	Igual a Muestra patrón
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{2-}$ , máximo (%)	INV E-233	1.2
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Fuente: Norma INVIAS 2013.

Tabla 10. Densidad tipo bulk en suelos compactados según el I.N.V. E – 217 – 13.

DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO Y COMPACTO INV E – 217 – 13								
RECIPIENTE			MATERIAL SUELTO		MAT. COMPACTO		MASAS UNITARIAS	
Volumen	$\text{Cm}^3$	2794,0	Res+Agre	6003,0	Res+Agre	6264,0	Suel Kg/cc	1,572
Peso	Gramos	1812,0	Agregado	4391,0	Agregado	4652,0	Com Kg/cc	1,665
MODULO DE FINURA				2,9				



Fuente: Elaboración propia

Mediante estos diferentes ensayos podemos concluir que la arena vendida en la cantera o planta SAP agregados, está cumpliendo de acuerdo con los estándares de la norma INVIAS 2013.

#### 4.2 Granulometría de agregados gruesos y finos a partir del I.N.V. E – 213 – 13

Para calificar los materiales pétreos se realizaron diferentes tipos de ensayos para determinar las propiedades físico mecánicas de dichos agregados en este caso se tomo como muestra un agregado grueso (grava triturada 1") extraído de la cantera x donde los éxitos de estos ensayos se vieron reflejados en las siguientes tablas 11, 12, 13, 14.

Proyecto	Caracterización de materiales pétreos
Tipo de material	Grava triturada de 1"
Fecha de muestreo	23 de septiembre del 2022
Fuente del material	Cantera x

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO				
INV E – 213 – 13				
RETENIDO No 10		PASA No 10		
PESO INICIAL =		3290,3	INICIAL	3290,3
PESO FINAL =		3260,3	FINAL	4,2
TAMIZ		PESO. RETENIDO INDIVIDUAL	% RETENIDO INDIVIDUAL	% QUE PASA
Pulg	mm			
3-1/2"	77,5	0,0	0,0	100,0
3"	76,2	0,0	0,0	100,0
2-1/2"	63,5	0,0	0,0	100,0
2"	50,8	0,0	0,0	100,0
1-1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0
1"	25,0	89,8	2,7	97,3
3/4"	19,0	1609,8	48,9	48,3
1/2"	12,5	1541,0	46,8	1,5
3/8"	9,5	15,2	0,5	1,0
N°4	4,75	0,3	0,0	1,0
N°8	2,36	0,0	0,0	1,0
N°16	1,18	0,5	0,0	1,0
N°30	0,600	0,5	0,0	1,0
N°50	0,300	0,7	0,0	1,0
N°100	0,150	0,5	0,0	1,0
No 200	0,075	2,0	0,1	0,9

Fuente: Elaboración propia

coeficiente de uniformidad	
D10	14
D60	21
CU	1,5

Podemos observar que le grava en esta cantera o planta tiene una humedad natural del 1,3% y un coeficiente de uniformidad del 1,5 y un coeficiente de curvatura de 0,98, donde se establece o se llega a la conclusión de que está bajo los parámetros que nos índice la normativa del INVIAS 2013

#### 4.2.1 Determinación de las partículas disolubles en los agregados INV E-211-1

En este ensayo determinaremos el porcentaje de terrones de arcillas y partículas deleznales donde nos dio como resultado un 0,15 % y un máximo de 0,25% esto evidenciado en la tabla 11

Tabla 11. Determinación de terrones de arcilla en los agregados INV E-211-1

FRACION GRUESA		TAMIZ DE REF. PARA LAVADO	1 (g)	2 (g)	3 $((1-2)/1)*100$	4 (%)	5 (3X4)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1"	3/4"	N°4	3105	3100,8	0,14	46,8	6,3
3/4"	3/8"	N°4	2050	2015,0	1,71	0,5	0,8
3/8"	N°4	N°8					
SUMATORIA					1,84	47,3	7,1
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES						0,15%	0,25 % Max

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Densidad relativa entre otros ensayos según el I.N.V. E – 223 – 13

Con el fin de determinar el porcentaje de absorción del agregado grueso se realizó este ensayo de acuerdo con las indicaciones del I.N.V.E 223-13 donde los resultados se ven reflejados en la tabla 12.

Tabla 12. En esta tabla podemos verificar el porcentaje que se obtuvo de la densidad relativas de los agregados.

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO INV E – 223 – 13	
C.Seca (gra)	2133,00
C.Mojada (gra)	1344,00
Muestra S:(gra)	4266,00
M.S.S.S smg(gra)	3494,00
M.S.S.S aire(gra)	2688,00
D.Relativa (gr/cc)	2,65
D.Aparente (gr/cc)	2,67
ABSORCIÓN (%)	0,80

Fuente: Elaboración propia

En este ensayo pudimos obtener una absorción de la grava triturada de 1" de 0,8 % cumpliendo los parámetros establecidos por la norma INVIAS 2013

#### **4.2.3 Resistencia a la degradación de los agregados INV E-218-13**

Se realizó la resistencia de degradación de los agregados por medio de la máquina de los ángeles de acuerdo con las indicaciones técnicas del INVE E-218-13, para obtener los resultados del desgaste de 15,9 indicado en la tabla 13.

Tabla 13. Los resultados ilustrados en la tabla hacen referencia a la fortaleza que resalto en la prueba.

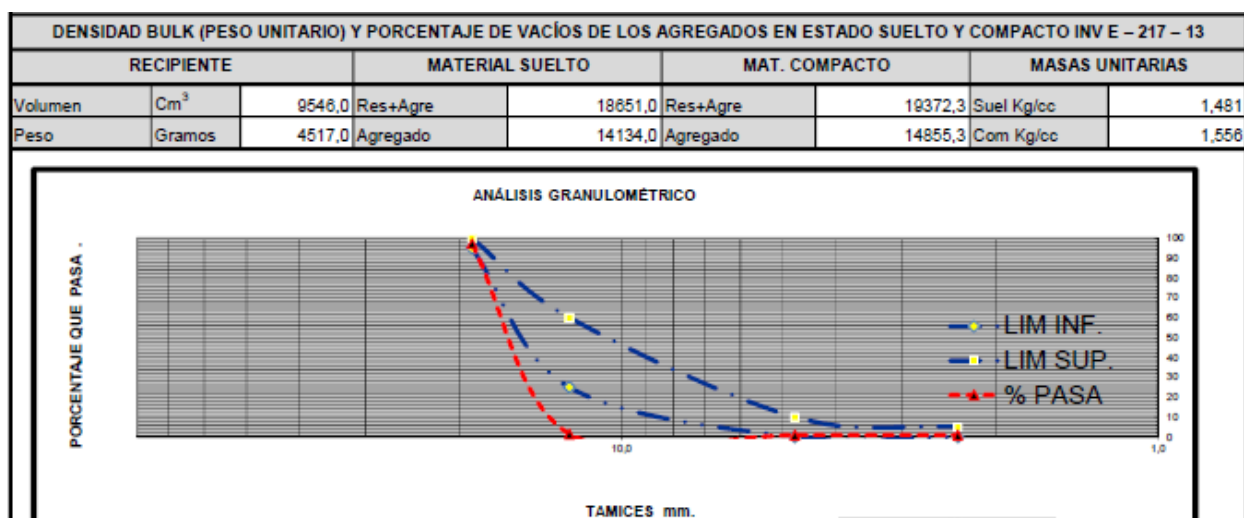
RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1½") POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES INV E – 218 – 13	
GRADACION TIPO B (TABLA 218-1)	
No. Esferas (11) - No. Revoluciones (500)	
TAMIZ	PESO
3/4"	2500,0
1/2"	2500,0
3/8"	
1/4"	
Total Inicial	5000,0
Total Final	4205,0
<b>DESGASTE</b>	<b>15,9</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4 Peso unitario y porcentaje de vacíos de los agregados sueltos y compactos I.N.V. E – 217 – 13

Se realiza el ensayo de densidad bulk para determinar el peso unitario y los porcentajes de vacíos en los agregados en su estado suelto y compactado siguiendo las especificaciones técnicas del INV E-217-17 donde los resultados se ven expresados en la tabla 14.

Tabla 14. Esta tabla nos enseña el porcentaje que se obtuvo en el ensayo de densidad.



Fuente: Elaboración propia

Mediante estos diferentes ensayos podemos concluir que la grava triturada de 1" vendida en la cantera o planta Cantera X, está cumpliendo de acuerdo con los estándares de la norma INVIAS 2013.

#### 4.3 Agregados de muestra frente a la normativa

A partir de la información recabada y encontrada de los ensayos de laboratorio, para las muestras de agregado grueso y fino de la cantera X, se determinó que esta cumple con los



parámetros establecidos por la normativa INVIAS para agregados pétreos gruesos y finos dentro de los concretos. Esto se observa en la tabla 15.

Tabla 15. Agregados frente a la normativa.

Valores establecidos por la norma INVIAS	Cantera X
Granulometría (3/4 a 1/5)	Si cumple
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	Si cumple
Degradación por abrasión en el equipo Micro- Deval máximo (%)	Si cumple
Durabilidad	Si cumple
Limpieza	Si cumple

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

1. El ensayo equivalente de arena nos dio a conocer la calidad de los componentes de agregados para determinar su fortaleza y porcentaje donde obtuvimos un resultado del 87%, para los componentes finos, este resultado nos indica que está cumpliendo con los requisitos que se estipula en la NTC y en las especificaciones INVIAS 2013. Esta normatividad exige que las muestras tienen que tener porcentaje mínimo del 60% por lo tanto es óptimo para ser manipulado en estructuras y en diferente campo de la construcción.

2. El material estudiado es apto para ser manipulado en la industria de la construcción ya que brinda una resistencia en los concretos factible dependiendo del método de manipulación (arena-grava-agua) especificaciones en PSI.

3. Es posible determinar por medio del ensayo realizado para equivalente de arena y grava triturada de 1" (I.N.V. E 133-13), presentes en el material de estudio. Se satisfacen los requisitos de calidad para la construcción de la subbase granular, Base granular, concreto hidráulico y concreto estructural en cualquiera de los niveles de tránsito que se solicite debido al importante porcentaje de equivalencia que beneficia el comportamiento para el cual se le de uso.

4. Se concluye que el material vendido por la planta SAP agregados cumple con los requisitos mínimos exigidos por la norma INVIA 2013, de acuerdo con el cuadro 15 Agregados frente a la normativa. Dando así seguridad a sus clientes en sus diferentes tipos de proyectos de obras civiles.

5. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del ensayo (I.N.V. E-238) Determinación de la resistencia del agregado grueso a la degradación por abrasión utilizando el aparato de Micro Deval, se establece que el nivel de desgaste del material en estudio presenta un adecuado comportamiento siendo posible su utilización para sub-base granular, base granular y concreto hidráulico.

### Referencias Bibliográficas

Alfonso, D., & Cuellar, F. (n.d.). *CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE AGREGADOS PETREOS PARA CONCRETOS CASO: VISTA HERMOSA (MOSQUERA) Y MINA CEMEX (APULO)*. Edu.Co. Retrieved August 20, 2022, from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION.pdf>

De, C., & Consolidantes, P. (n.d.). *CAPÍTULO 2 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO*. Biblus.U.S. Retrieved August 19, 2022, from <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/20224/fichero/CAPITULO2-CARACTERIZACION.pdf>

Ferreira Cuellar, D. A., Torres López, K. M., Agregado, A., Fino, A., & Concreto, T. (n.d.). *CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE AGREGADOS PETREOS PARA CONCRETOS CASO: VISTA HERMOSA (MOSQUERA) Y MINA CEMEX (APULO)*. Edu.Co. Retrieved August 20, 2022, from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/3/ARTICULO.pdf>

Kröner, S., Mas I Barberà, X., Osete, L., Núria, C., & Ferré, G. (n.d.). *IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN PATRIMONIO HISTÓRICO-ARTÍSTICO EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA*. Upv.Es. Retrieved August 20, 2022, from [https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e7592ecd-de50-41d6-a695-3ba949d033b2/TOC\\_0635\\_06\\_01.pdf?guest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e7592ecd-de50-41d6-a695-3ba949d033b2/TOC_0635_06_01.pdf?guest=true)

León, M. P., & Ramírez, F. (2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 25(2), 215–240. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732010000200003>

Luis, J., Yam, C., Solís Carcaño, R., Iván, E., & Resumen, M. (n.d.). *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto*. Uady.Mx. Retrieved August 20, 2022, from <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/influencia.pdf>

Yady, J., Herrera Díaz, L., & Carlos, V. (n.d.). *CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS PROCEDENTES DEL RIO ARIARI DEL MUNICIPIO DE CUBARRAL, PUERTO ARIARI -META*. Edu.Co. Retrieved August 19, 2022, from [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14424/1/2015\\_caracterizaci%C3%B3n\\_materiales\\_p%C3%A9treos.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14424/1/2015_caracterizaci%C3%B3n_materiales_p%C3%A9treos.pdf)

## Anexos

### anexo 1. Registro fotográfico



Fuente Elaboración propia



Fuente Elaboración propia



Fuente Elaboración propia



Fuente Elaboración propia