



**Título:**

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial.**

**Subtítulo:**

**Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

Juliana Salazar Ríos

Proyecto presentado para optar al título de Ingeniero Civil.

Asesor

Alba Nury Gallego Hernández,

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

---

<b>Cita</b>	(Salazar Ríos, 2024)
<b>Referencia</b>	(Salazar Ríos, 2024). <i>Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial</i> . [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	

---



Centro de documentación de ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

A mis padres, por su amor, su apoyo incondicional y por enseñarme el valor de la perseverancia. A mi hermano por ser un ejemplo de resiliencia. A mi esposo por ser mi compañero incondicional. A mis profesores y asesores, por sus enseñanzas y ser una guía en el camino. Y, finalmente, a mis compañeros de estudio, por compartir conmigo este camino de aprendizajes y desafíos.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a mis padres, hermano y esposo por su constante apoyo emocional y financiero, y por creer en mí desde un inicio.

Agradezco a mis profesores y asesores de la Universidad de Antioquia, en especial a mi asesora de prácticas, por su orientación y consejos valiosos que han enriquecido este proyecto.

A la empresa Grupo San Pio S.A.S donde realicé mis prácticas, por brindarme la oportunidad de aplicar mis conocimientos.

A mis compañeros de estudio y amigos, por su colaboración y apoyo que han hecho de este proceso una experiencia enriquecedora.

Finalmente, agradezco a todas las fuentes de información y a los autores cuyos trabajos fueron consultados. Su investigación ha sido la base sobre la cual he podido construir este proyecto.

Gracias a todos por ser parte de este viaje y por contribuir de diversas maneras a mi formación y desarrollo profesional.

## Tabla de contenido

### Contenido

Resumen .....	7
Abstract .....	8
Introducción .....	9
1 Planteamiento del problema.....	11
1.1 Antecedentes .....	12
2 Justificación.....	14
3 objetivos .....	15
3.1 Objetivo general .....	15
3.2 Objetivos específicos.....	15
4 Marco teórico .....	16
5 Metodología .....	22
5.1 Algoritmo de búsqueda .....	23
5.2 Título, Objetivos, principal y secundarios.....	23
5.3 Recolección de datos y procedimientos .....	24
5.4 Análisis de resultados.....	25
5.5 Discusión y conclusiones .....	25
6 Resultados .....	26
6.1 Arena de origen aluvial .....	27
6.2 Arena de peña o montaña (arena de explotación) .....	33
6.3 Mineralogía .....	37
7 discusión.....	41
8 conclusiones .....	46
Referencias .....	48

## Lista de Tablas

Tabla 1. Resultados de la granulometría de la arena de origen aluvial. ....	27
Tabla 2. Resultados de las masas unitarias de la arena de origen aluvial. ....	30
Tabla 3. Resultados de las densidades de la arena de origen aluvial. ....	30
Tabla 4. Resultados de la absorción de la arena de origen aluvial. ....	31
Tabla 5. Resultados de la granulometría de arena de peña o montaña. ....	33
Tabla 6. Resultados de las masas unitarias de la arena de peña o montaña. ....	35
Tabla 7. Resultados de las densidades de la arena de peña o montaña. ....	35
Tabla 8. Resultados de la absorción de la arena de peña o montaña. ....	35
Tabla 9. Resumen de resultados de la arena de origen aluvial. ....	41
Tabla 10. Resumen de resultados de la arena de peña o montaña (trituración). ....	42

## Lista de Figuras

Figura 1. Metodología .....	22
Figura 2. Colorimetría muestra 1, semana 1, arena de origen aluvial. ....	31
Figura 3. Colorimetría muestra 2, semana 2, arena de origen aluvial. ....	31
Figura 4. Colorimetría muestra 3, semana 3, arena de origen aluvial. ....	31
Figura 5. Colorimetría muestra 4, semana 4, arena de origen aluvial. ....	32
Figura 6. Tabla de colores NTC 127. ....	32
Figura 7. Colorimetría muestra 1, semana 1, arena de peña o montaña. ....	36
Figura 8. Colorimetría muestra 2, semana 2, arena de peña o montaña. ....	36
Figura 9. Colorimetría muestra 3, semana 3, arena de peña o montaña. ....	37
Figura 10. Colorimetría muestra 4, semana 4, arena de peña o montaña. ....	37
Figura 11. Mineralogía Cuarzo y Moscovita muestra de cantera. ....	37

Figura 12. Cuarzo, Moscovita y minerales Ferromagnesianos. ....	38
Figura 13. Fragmentos de roca, muestra de origen aluvial. ....	38
Figura 14. Ferromagnesianos (hornblenda), muestra de origen aluvial. ....	39
Figura 15. Biotita, muestra de origen aluvial. ....	39
Figura 16. Plagioclasa, muestra de origen aluvial. ....	40
Figura 17. Biotita, Moscovita, Plagioclasa y Cuarzo, muestra de cantera. ....	40

### **Lista de gráficas**

Gráfica 1. Distribución granulométrica de la arena de origen aluvial. ....	29
Gráfica 2. Distribución granulométrica de la arena de peña o montaña. ....	34

### **Resumen**

La propuesta de investigación está centrada en la caracterización física y mineralógica de dos tipos de arena, una proveniente de Amagá y otra de Sinifaná. Ambas de dos fuentes de extracción distinta; una de peña o montaña y la otra proveniente de río. El objetivo principal es evaluar y comparar las características de dos arenas con diferentes tipos de extracción y provenientes de dos lugares distintos, según los estándares de calidad establecidos por la norma NTC 174.

A través del tiempo se ha consolidado más y más, gracias a investigaciones y estudios de la importancia de la elección de los agregados para obtener un buen concreto. La calidad de dichos agregados está orientada bajo los requisitos de la NTC 174 Especificaciones De Los Agregados Para Concreto. Dicha norma contempla especificaciones como:

- NTC 77: Método para determinar por tamizado los agregados finos y gruesos.
- NTC 92: Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre la partícula de agregados.
- NTC 78: método para determinar por lavado el material que pasa por tamiz 200 en agregados minerales.
- NTC 127. Método para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto.
- NTC. 579. Efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia.
- NTC. 126. Solidez (sanidad).
- NTC. 589. Terrones de arcilla y partículas deleznable.
- NTC. 130. Carbón y Lignito.
- NTC 98 O NTC 93. Abrasión del agregado grueso.
- 

Además de otras especificaciones; para concretos con requisitos por aspectos de durabilidad.

*Palabras clave:* Caracterización, física, mineralógica de agregados, arenas, ensayos.

### **Abstract**

The research proposal is focused on the physical and mineralogical characterization of two types of sand, one from Amagá and the other from Sinifaná. Both from two different extraction sources; one from rock or mountain and the other from river. The main objective is to evaluate and compare the characteristics of two sands with different types of extraction and coming from two different places, according to the quality standards established by the NTC 174 standard.

Over time it has become more and more consolidated, thanks to research and studies of the importance of the choice of aggregates to obtain a good concrete. The quality of such aggregates is oriented under the requirements of NTC 174 Specifications of Concrete Aggregates. This standard includes specifications such as:

- NTC 77: Method for determining fine and coarse aggregates by sieve.
- NTC 92: Determination of the unit mass and voids between the aggregate particle.
- NTC 78: Method for determining by washing the material that passes through sieve 200 in mineral aggregates.
- NTC 127. Method for determining impurities organized in fine concrete aggregate.
- NTC. 579. Effect of organic impurities on resistance.
- NTC. 126. Solidity (health).
- NTC. 589. Lumps of clay and despicable particles.
- NTC. 130. Coal and Lignite.
- NTC 98 or NTC 93. Abrasion of coarse aggregate.

In addition to other specifications; for concrete with requirements for durability aspects.

*Keywords:* Characterization, physics, mineralogical of aggregates, sands, assays.

## **Introducción**

Como parte de mi formación profesional me encuentro realizando práctica académica en Grupo San Pio S.A.S, una empresa con más de 60 años de experiencia en el sector de la construcción El objetivo principal de esta práctica es afianzar conocimientos en la evaluación de materias primas, ensayos de liberación de producto y evaluación de resistencias de los concretos.

He tenido la oportunidad de involucrarme en actividades que contribuyen al proceso de producción del concreto premezclado como apoyo en la realización de ensayos de los materiales (granulometría, densidad, masa unitaria, colorimetría) para garantizar la calidad de estos. Además, he colaborado en la realización de muestras en estado fresco del concreto y evaluación de estas muestras después de un proceso de curado, donde se llevan a cabo ensayos de resistencia a la compresión o en algunos casos, resistencia a la flexión. Estos ensayos permiten comprobar que el concreto cumple o no con los estándares de resistencia especificados.

En esta propuesta de proyecto de práctica sobre la caracterización física y mineralógica de las arenas de Amagá y Sinifaná, es de gran importancia; porque no solo considera las propiedades intrínsecas de los materiales, sino también el contexto geográfico y geológico de los lugares de origen. La mineralogía de suelos proporciona la base para comprender la evolución de la fase sólida inorgánica de los suelos y sus principios se aplican para identificar las características y la presencia de los distintos conjuntos mineralógicos que pueden ser estudiados mediante fracciones granulométricas o haciendo una integración de la masa del suelo en análisis micro morfológicos. (Imbellone, 2017)

Amagá es conocida por componerse de una unidad de sedimentos continentales terciarios y que fue subdividida en miembro inferior, miembro medio y miembro superior. La primera

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

compuesta por conglomerado, areniscas y arcillolitas con escasos bancos de carbón. La segunda, compuesta por areniscas y arcillolitas con bancos de carbón y la tercera, por areniscas y arcillolitas sin conglomerado. (Restrepo). Esta unidad es conocida como la formación Amagá, anteriormente llamado Terciario Carbonífero de Antioquia y tiene un espesor de aproximadamente 1500 m.

En la carretera Albania- Bolombolo hace parte de una faja aproximadamente de 50 km de largo, que se extiende desde la quebrada Sinifaná hasta Santa Fe de Antioquia. En ella predominan los esquistos verdes, compuestos por actinolita, albita, mica blanca, epidota, calcita y clorita. (citar). También, en el borde oriental del Stock de Amagá, aflora una faja de rocas metamórficas poco recrystalizadas. Este tiene una extensión de 45 *km*<sup>2</sup> y está compuesto por ortociasa, plagiociasa, cuarzo y biotita.

La localización geográfica de los sitios de extracción se sitúa en la subregión suroeste del departamento de Antioquia. Amagá limita al norte con el Municipio de Angelópolis, al sur con los municipios de Fredonia y Venecia, su cabecera municipal está a 36 kilómetros del municipio de Medellín. Amagá está situada a 6 km al noreste de la quebrada Sinifaná. Por otro lado, el sector sinifaná es una zona ubicada en la vía que conduce Medellín al Eje Cafetero, próximo a la quebrada Sinifaná, cuya desembocadura se encuentra en el río Cauca.

## **1 Planteamiento del problema**

Para la producción del concreto es necesario realizar una selección y evaluación estricta de los materiales de los que se compone, especialmente la arena, ya que es uno de los principales componentes del concreto y que, por norma, deben cumplir con unos requerimientos específicos de granulometría, módulo de finura, entre otros, debido a que sus características físicas y mineralógicas inciden directamente en las propiedades mecánicas del concreto. Al hacer una correcta selección de estos materiales, se puede garantizar la resistencia y durabilidad del concreto.

El no centrarse en las propiedades granulométricas, la colorimetría, la densidad, la composición mineralógica, entre otras, podría llegar a alterar el proceso de producción y, por ende, la calidad del producto final. Por esta razón es primordial enfocarse en la Norma Técnica Colombiana (NTC 174), encargada de establecer los parámetros de calidad de los agregados, en este caso la arena.

Sin embargo, existen diversas fuentes de arena, como las mencionadas en este proyecto, de origen aluvial o de peña. Al ser arenas de dos fuentes de extracción distintas, presentan desemejanzas en sus características físicas y mineralógicas debido a los diferentes procesos de formación y extracción.

Por esta razón, surge la necesidad de realizar una comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial, mediante su caracterización granulométrica y mineralógica según los estándares de la norma.

## **1.1 Antecedentes**

Los agregados finos, en este caso las arenas, son de gran importancia debido a su alto impacto en las propiedades mecánicas, ya sea del concreto o del material final en el que se va a utilizar como agregado. Como se ha mencionado anteriormente, las arenas que se utilizan en la construcción pueden derivarse de diferentes fuentes. Para este caso en particular, las arenas estudiadas provienen de una fuente aluvial y de trituración, ambas con características físicas y mineralógicas específicas y que influyen en su comportamiento como agregado en un producto final.

Por tal motivo, es necesario revisar estudios previos que inspeccionan las propiedades de estos materiales, en este caso, de la arena, y considerando también su fuente de origen. Los dos estudios presentados a continuación, destacan la importancia de los agregados, particularmente de la arena, y para esto, investigan las propiedades físicas y mineralógicas de ella.

El primer artículo, (Rolny, 2014). Estudio de arenas de trituración para el reemplazo de arenas naturales en la elaboración de morteros y hormigones. Consejo Nacional de Investigaciones científicas y tecnológicas, centrado en la provincia de Argentina, analiza las arenas de trituración como subproducto de la explotación de la roca. La investigación revela que estas arenas de trituración tienen una buena distribución granulométrica y como estas muestras pueden ser evaluadas en las propiedades como su forma, la textura y la granulometría, y que son características fundamentales para seleccionar un agregado apto para su utilización.

El segundo artículo, (Conde, 2008). Características mineralógicas de suelos erosionados en la cuenta del río Tolomosa (Tarija, Sur de Bolivia). Departamento Geología y Geoquímica 5-14, diferente al artículo anterior, aborda la mineralogía de las arenas de origen aluvial e identifican

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

minerales como el cuarzo, feldespatos, micas, biotitas, entre otros minerales mencionados en este proyecto de investigación.

La relación de estos dos artículos con este proyecto de investigación radica en que, al evaluar aspectos fundamentales de las arenas de dos fuentes de extracción, proporcionan una base sólida para evaluar, tanto las características físicas de las arenas, sino también, sus componentes mineralógicos y como la fuente de origen de las arenas influye en sus propiedades y el uso que desea darse.

## **2 Justificación**

Debido a la importancia de evaluar los agregados utilizados en la producción del concreto, radica la importancia de la caracterización granulométrica y mineralógica de las arenas, para este caso, las arenas de Amagá y Sinifaná. Comprender estas propiedades es esencial, ya que afectan directamente la calidad, la trabajabilidad y la resistencia del concreto, lo que podría ocasionar, más adelante, implicaciones técnicas y económicas en obras de ingeniería.

Al realizar la comparativa entre estos dos tipos de arenas, puede exponer diferencias considerables en cuanto a la granulometría, la absorción, las impurezas, la mineralogía, entre otras, que influyen en otras propiedades y también, permite evaluar el cumplimiento o no con los estándares de calidad determinados por la norma.

De acuerdo con lo anterior, este proyecto de práctica, al tener un análisis detallado de estos dos agregados, permite afinar a la hora de hacer una selección de los materiales según las propiedades y garantizar la calidad de ellos y, por ende, la calidad del resultado esperado en los proyectos de ingeniería.

### **3 objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Caracterizar de forma física y mineralógica las arenas provenientes de Amagá y Sinifaná, con el fin de comparar sus características y propiedades.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Evaluar la granulometría de las arenas de Amagá y Sinifaná mediante análisis detallado de su distribución de los diferentes tamaños de partículas.

Reconocer la composición mineralógica de las arenas de Amagá y Sinifaná, con el propósito de identificar los minerales presentes.

Comparar las características mineralógicas y granulométricas de ambas arenas.

Integrar la información recopilada sobre la granulometría y composición mineralógica de las arenas de Amagá y Sinifaná, con el fin de proporcionar una evaluación integral.

#### **4 Marco teórico**

Las arenas son materiales fundamentales en la construcción y su correcta selección es esencial para garantizar la calidad final del proyecto. Seleccionar el tipo de arena adecuado según su función en la obra es clave para optimizar las propiedades del material y asegurar la durabilidad y resistencia de las construcciones. (Espinales, 2023)

Las rocas pueden clasificarse en tres tipos: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Los agregados se dividen en finos (partículas entre 60  $\mu\text{m}$  y 5 mm) o gruesos (partículas entre 5 mm y 125 mm) según su tamaño. (Chan, 2003). Su peso determina si son ligeros, regulares o pesados, lo que puede influir en la densidad del hormigón. Las características físicas esenciales abarcan la forma, la textura, la porosidad, la absorción, la densidad, la adherencia y la resistencia, además de la clasificación y el tamaño máximo.

En el caso del agregado fino, es importante examinar el módulo de finura (MF) y la uniformidad de los tamaños de las partículas. Sin embargo, algunas arenas pueden tener MF dentro de los parámetros (entre 2.2 y 3.1), pero podrían tener una clasificación granulométrica inadecuada. Si únicamente se tiene en cuenta el MF, pueden generarse dos foros de discusión: si el MF es mayor a 3.1 (arena gruesa), las mezclas pueden ser poco trabajables, faltando cohesión y requiriendo más cemento para mejorar la trabajabilidad; si el MF es menor a 2.2 (arena fina), los concretos pueden ser pastosos, pero podrían generar una mayor demanda de agua para lograr la trabajabilidad deseada; lo que puede afectar la resistencia y presentando una mayor probabilidad de agrietamiento por contracción al secarse. (Chan, 2003).

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

La historia geológica de la región da cuenta de la calidad de los depósitos de agregados, lo cual influye directamente en la importancia y potencial de los agregados extraídos de esta zona, por ende, estudios relacionados con la granulometría y mineralogía se debe conocer ya que aportan para su óptima utilización en la construcción. Desde este enfoque, se muestra la necesidad de considerar variables como el tamaño, la forma y la ubicación del depósito, así como las características de la roca y la granulometría de las partículas para la correcta selección de agregados. (Cuellar Ferreira & Torres Lopez, 2014)

Los minerales se pueden clasificar según su composición química y estructura cristalina o respecto a su origen. Con respecto a la estructura cristalina, se pueden agrupar los minerales en: silicatos cristalinos no arcillosos y arcillosos, silicatos amorfos, sulfatos, óxidos e hidróxidos. Estos componentes minerales de los suelos pueden ser heredados del mismo suelo o formados en el curso de la meteorización. Se componen de minerales primarios y secundarios. Los primarios son aquellos que se forman en las rocas ígneas y metamórficas y los secundarios, formados en rocas sedimentarias y suelos. Respecto a la distribución de los minerales en las distintas fracciones granulométricas de los suelos, las fracciones de arena y limo (2000-50 $\mu$ m; 50-2  $\mu$ m) predominan en los minerales primarios. Y los minerales secundarios predominan en la fracción arcilla. (<2  $\mu$ m). (Imbellone, 2017)

Realizar un análisis mineralógico de los materiales que se extraen para la construcción permite tener un panorama mucho más amplio del origen de estos y así, determinar de acuerdo con sus características cual será la mejor función del material en cada caso específico. En el río portuguesa en Venezuela se realizó un análisis mineralógico de los sedimentos revelando que el cuarzo es el mineral predominante tanto en la fracción arenosa como en la arcillosa, debido a su resistencia al desgaste físico y a la meteorización química durante el transporte y el almacenamiento en la planicie aluvial. Otros minerales presentes, como la muscovita, calcita, y

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

feldespatos, se encuentran en menores cantidades. Estos minerales tienen su origen en las rocas sedimentarias, metamórficas y máficas de las áreas fuente, y su alteración química durante el Holoceno contribuyó a la formación de sedimentos más maduros, principalmente arenas cuarzosas y arcillas. (Gonzalez Clemente, 2014)

Existen normas para la realización de ensayos donde se establecen ciertos requisitos que deben de cumplir los agregados. El análisis granulométrico según la norma NTC 77, se realiza con el fin de determinar la gradación, en este caso de las arenas, y que van a ser utilizados como agregados. Una vez obtenidos los resultados, se determina la concordancia entre la distribución de los tamaños de las partículas y los requisitos existentes según la aplicación que se le va a dar al material. El ensayo consiste en tomar una muestra de este agregado seco, previamente pesado y se separa a través de una serie de tamices progresivamente reducidos para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

Además, el ensayo determinado según la norma NTC 92, masa unitaria suelta y compacta de los agregados, es fundamental. La diferencia entre ambas radica en que la masa unitaria suelta del material se encuentra en estado normal de reposo. Mientras que la masa unitaria compacta se entiende por el grado de acomodamiento de las partículas cuando son sometidas a vibración. El ensayo consiste en llenar un recipiente con el agregado, en este caso con arena. Para la masa suelta, se llena un molde metálico sin compactar el material. Y para determinar la masa unitaria compactada, se divide en tres capas y se compacta cada capa del material con una varilla, 25 golpes por capa. Esta norma determina la masa unitaria en condición compactada suelta y el cálculo de los vacíos entre las partículas de agregados finos, gruesos o mezclados. (NTC 92, 1995).

En cuanto a la determinación de las impurezas que pueden contener los agregados, la NTC 127 permite advertir la presencia de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Consiste en

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

agregar una fracción de arena previamente secada en horno, en un recipiente de vidrio, con otra fracción de hidróxido de sodio (NaOH) disuelto en agua. Se disuelven 3 partes por peso de NaOH en 97 partes de agua. (NTC 127, 2000). Después de tapar el recipiente, se agita y se deja reposar por 24 horas. El método que está descrito en la norma, incluye soluciones estándar de color para evaluar si hay presencia o no de impurezas. En caso de detectar la presencia de ellas, se requieren más ensayos para la idoneidad del agregado y dependiendo del uso que se le va a dar a este.

También, al ser de gran importancia conocer las características propias de cada material, es fundamental incluir entre ellas la densidad, el peso específico y la absorción determinados por la norma NTC 237. La absorción en los agregados es el aumento en la masa debido a la penetración de agua en los poros y la densidad varía dependiendo de la condición del agregado; secado al horno o saturado superficialmente seco (sss). Esta norma define varios tipos de densidades y los métodos para determinar la densidad como la densidad relativa y la densidad aparente.

La densidad relativa, o conocida también como gravedad específica, es indispensable para calcular el volumen ocupado por el agregado en mezclas de concreto o con otros materiales y para determinar la humedad superficial de la arena. Los valores de absorción se usan para establecer el cambio en la masa del agregado por el agua absorbida y compararla con su estado seco.

En cualquier ciudad del mundo es importante tener una buena caracterización física de los agregados ya que de esto depende la calidad de sus construcciones. Por ejemplo, en la zona norte de Bogotá se realizó un estudio, donde, se destaca la importancia de la selección adecuada de agregados para garantizar la resistencia y durabilidad del concreto, siguiendo normativas como la NTC 174. Se evidencia la importancia de los criterios de selección empleados por los distribuidores locales y se subraya la influencia de la morfología de la zona en la procedencia de los agregados. (López & Sepúlveda).

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

Una buena caracterización, además permite identificar que zonas serán importantes para la extracción de material con el fin de dar un uso específico a este, como el caso de las llanuras aluviales del Río Ariari, donde se revela que la arena de la playa del río, en Puerto Lleras, es de alta calidad y cumple con las normas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), lo que la hace adecuada para diversos usos en construcción. Es apta para la elaboración de concreto estructural, mortero y pañete debido a su bajo contenido de impurezas y características físicas. En resumen, esta arena es idónea para su uso en obras civiles. (Rodríguez Ayala & Sandoval Pachón, 2015)

Por otra parte, se pueden utilizar diferentes herramientas tecnológicas para encontrar lugares óptimos que permitan la extracción del material. Por ejemplo, en el municipio de Tocancipá se utilizó un Sistema de Información Geográfica para optimizar la consulta y el uso eficiente de los materiales de construcción en la zona franca. Se resalta el beneficio ambiental y económico de esta herramienta, así como su potencial para ampliarse y aplicarse en otros contextos de ingeniería, lo que muestra la importancia del uso de avances tecnológicos en todos los ámbitos de la construcción civil y en este sentido para la obtención y posterior caracterización de los agregados pétreos. (Sotelo, 2017)

Ahora, si bien, las nuevas tecnologías pueden facilitar la obtención y caracterización de agregados, existen muchos lugares, donde no se cuenta con la facilidad para obtener estos avances, o que por su condición geológica tampoco es fácil la extracción del material. Según un estudio realizado en el departamento de Sucre, en Colombia, se identifican desafíos en la producción de concreto y se propone una recopilación de la formación geológica de Toluviejo, municipio de este departamento, como fuente de agregados pétreos. (Miranda, 2013)

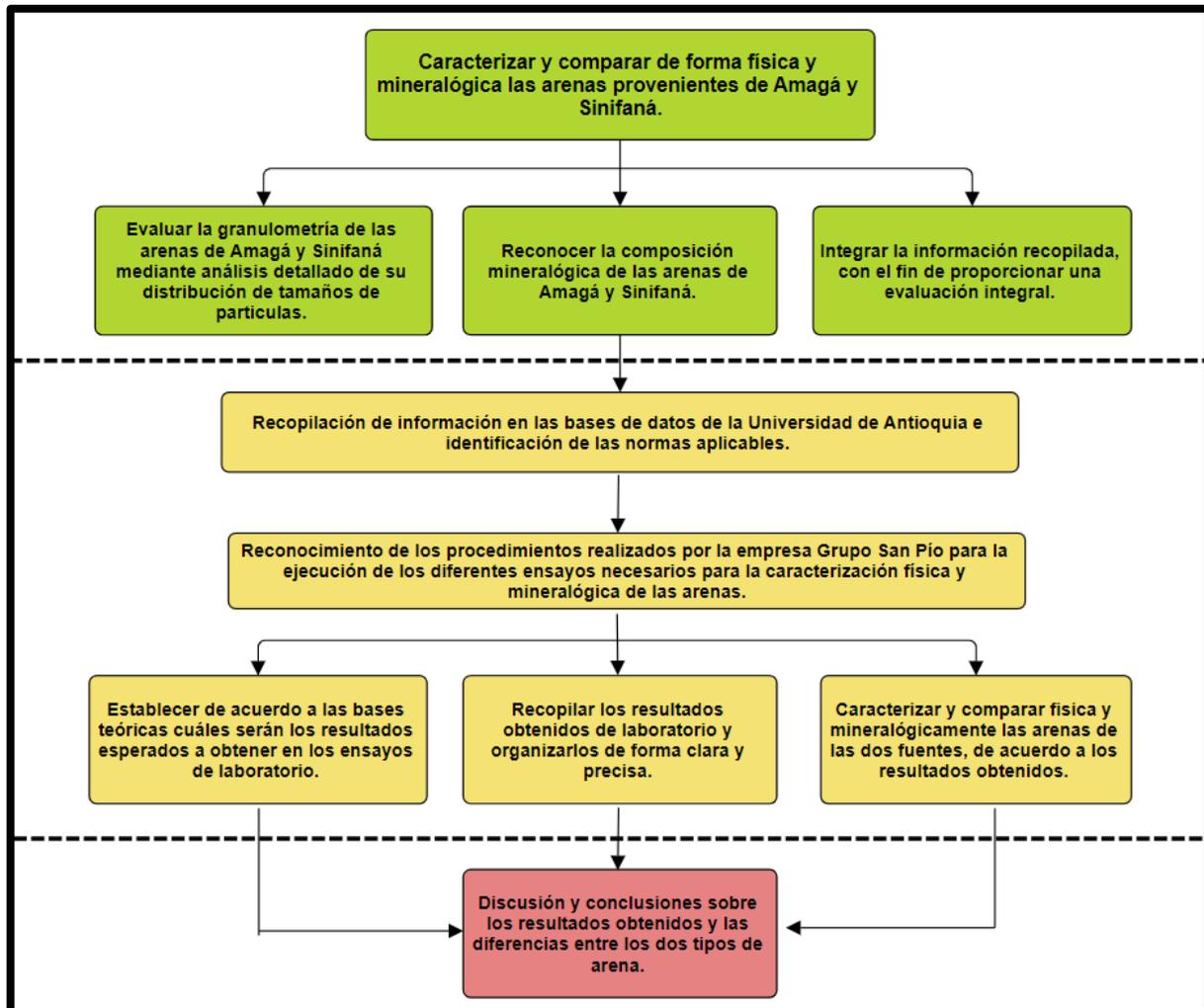
**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

Si bien es muy importante todo lo mencionado anteriormente, es fundamental tener en cuenta que una buena fuente de agregados y una correcta caracterización física, química y mineralógica de estos agregados finos, no es suficiente para garantizar la calidad final de un proyecto de construcción. En Colombia la norma técnica NTC 174 establece cuales son los requisitos y procedimientos para el uso de los agregados finos, incluyendo todos los criterios de caracterización mencionados como granulometría, colorimetría, masa unitaria, entre otros.

En ese sentido, hacer una buena caracterización física, granulométrica y mineralógica de los agregados como la arena es fundamental, porque permite determinar sus aplicaciones en la industria, como el caso de la caracterización de las arenas en la cuenca del Nilo Azul en Etiopia central, donde se logró identificar que la arena de sílice de Lemi, tras un análisis físico-químico y mineralógico exhaustivo, es de alta calidad y apta para diversas aplicaciones industriales, como la fabricación de vidrio ámbar, fibra de vidrio, cemento, materiales de fundición, tratamiento de agua y materiales abrasivos. Sin embargo, no es adecuada para la producción de vidrio de alta gama, como el vidrio de borosilicato o vidrio de color. (Wuletaw & Mihret, 2024)

## 5 Metodología

Figura 1. Metodología



Nota. Descripción general de la metodología utilizada.

## **5.1 Algoritmo de búsqueda**

Se siguieron diferentes pasos para la búsqueda de la información, con el fin de llevar a cabo el trabajo expuesto en este informe. Primero, se realizó una elección de bases de datos provistas por la UdeA tales como Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore, Scielo, entre otras. Una vez se seleccionaron las que contenían más información sobre el tema, se definieron una serie de frases y palabras clave relevantes para lograr una búsqueda efectiva de la información mas relevante. Para limitar la búsqueda se definieron filtros como publicaciones no superiores a cinco años de antigüedad y artículos tanto en ingles como en español.

Se revisaron los resúmenes y las conclusiones de los artículos para seleccionar los que más se asemejaban al propósito de la investigación y los que iban a brindar mas información. Esto permitió construir una base sólida de información para estructurar el informe. Además, se escogieron más de 20 artículos de estas bases de datos, con los cuales se logró dar un fundamento teórico al trabajo.

## **5.2 Título, Objetivos, principal y secundarios.**

Una vez seleccionado el tema y los artículos compatibles a ese tema, se procede a escoger el titulo que más se asemeje al propósito del trabajo. Para este caso en particular, caracterizar y comparar de forma física (granulometría) y mineralógica las arenas provenientes de Amagá y Sinifaná y que pertenecen a dos fuentes de extracción distintas.

Al tener seleccionado el titulo y subtítulo se escoge el objetivo principal del proyecto y de ahí se desglosan los objetivos secundarios. El objetivo principal, como se determina en el título, busca caracterizar de forma física y mineralógica estas dos arenas, pero con el fin de comparar sus

características y propiedades. Para poder lograr el objetivo principal, se necesitó definir unos objetivos secundarios como el análisis granulométrico de ambas arenas, reconocer mediante un análisis mineralógico los diferentes minerales presentes en los dos tipos de arena, comparar los resultados obtenidos y finalmente, unificar la información para obtener una evaluación más detallada.

### **5.3 Recolección de datos y procedimientos**

Al tener tema, título, subtítulo y objetivos principales y secundarios más concretamente, a través de las bases de datos proporcionadas por la institución académica, se realiza una recopilación de información más detallada de lo anterior y la identificación de las normas aplicables respecto a las propiedades y estándares de calidad relacionados con los materiales, más específicamente de las arenas (agregados finos).

Posteriormente, es necesario hacer un reconocimiento de los procedimientos para la ejecución de los diferentes ensayos de laboratorio para lograr una caracterización física y mineralógica de las arenas, específicamente, por la empresa Grupo San Pio S.A.S. Teniendo en cuenta lo anterior, respecto a la caracterización física, se definieron los ensayos realizados en la empresa tales como ensayos de granulometría, densidad y absorción, contenido de materia orgánica, masa unitaria compacta y que fueron los que se utilizaron para este proyecto.

Concretamente, se realizaron ocho repeticiones de cada ensayo, cuatro para cada arena y la información obtenida se almacenó en un documento de Excel. En cuanto a la caracterización mineralógica, se tomaron seis muestras de arena de diferentes momentos, tres provenientes de río y tres provenientes de peña y en conjunto con el laboratorio de la Universidad de Antioquia, se

pudo realizar la inspección detallada de las dos arenas ya que el laboratorio del Grupo San Pio no cuenta con los instrumentos especializados para hacer este tipo de análisis.

#### **5.4 Análisis de resultados**

Seguidamente, al tener recopilada toda la información, lo primero es establecer, de acuerdo con las bases teóricas obtenidas anteriormente, cuales serian los resultados esperados obtenidos en el laboratorio. Luego, registrar estos resultados de una forma clara y finalmente, realizar la comparación entre las propiedades físicas y mineralógicas de las dos arenas.

#### **5.5 Discusión y conclusiones**

En último lugar, después del análisis de los resultados, se genera una discusión sobre los resultados obtenidos de los ensayos y las conclusiones sobre las diferencias físicas y mineralógicas encontradas entre la arena de Amagá y la de Sinifaná.

## **6 Resultados**

Para este proyecto se ha realizado una caracterización física y mineralógica detallada de dos tipos de arenas de diferentes orígenes: una arena es proveniente de depósitos aluviales y la otra arena extraída de formaciones de peña y en su defecto, de procesos de explotación.

Las arenas de origen aluvial son formadas debido a la erosión y el transporte de materiales a través de corrientes de agua y que hace que su granulometría sea más uniforme, redondeada y con menor presencia de partículas finas (limos o arcillas). Por el contrario, las arenas de fuentes de peña o montaña, al obtenerse de la fragmentación de la roca sólida (explotación), tienen una granulometría más angular debido a los procesos de trituración a las que es sometida.

Estos resultados obtenidos de los ensayos (granulometría, masas unitarias, densidades, absorción, colorimetría), permiten obtener las diferencias existentes entre estos dos tipos de arenas provenientes de dos orígenes geológicos distintos.

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

**6.1 Arena de origen aluvial**

*Tabla 1. Resultados de la granulometría de la arena de origen aluvial.*

Muestra		MS2- Febrero/2024	MS3- Febrero/2024	MS4- Febrero/2024	MS5- Febrero/2024
Masa Inicial (g)		739.9	739.5	744.6	726.5
Abertura Tamiz					
Mm	Pulg (No)				
100.00	4"	0.0	0.0	0.0	0.0
90.00	3 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0
75.00	3"	0.0	0.0	0.0	0.0
63.00	2 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0
50.00	2"	0.0	0.0	0.0	0.0
37.50	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0
25.00	1"	0.0	0.0	0.0	0.0
19.00	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0
12.50	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0
9.50	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0
4.75	No 4	44.5	27.2	58.3	30.5
2.36	No 8	149.8	169.1	183.6	161.0
1.18	No 16	99.3	112.4	116.0	113.3
0.60	No 30	89.0	37.9	89.1	102.1
0.30	No 50	119.6	125.2	83.60	119.90
0.15	No 100	136.6	102.3	99.0	101.6
0.08	No 200	25.6	19.9	27.1	18.8
FONDO	FONDO	0.9	1.4	2.1	0.5
Masa Seca		681.6	675.9	676.1	669.7
Masa Final		665.3	595.4	658.8	647.7
Pasa 200		0.02	0.12	0.03	0.03
Indicador Pasa 200		VERY GOOD	VERY GOOD	VERY GOOD	VERY GOOD

Fuente. (Salazar Ríos, 2024).

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

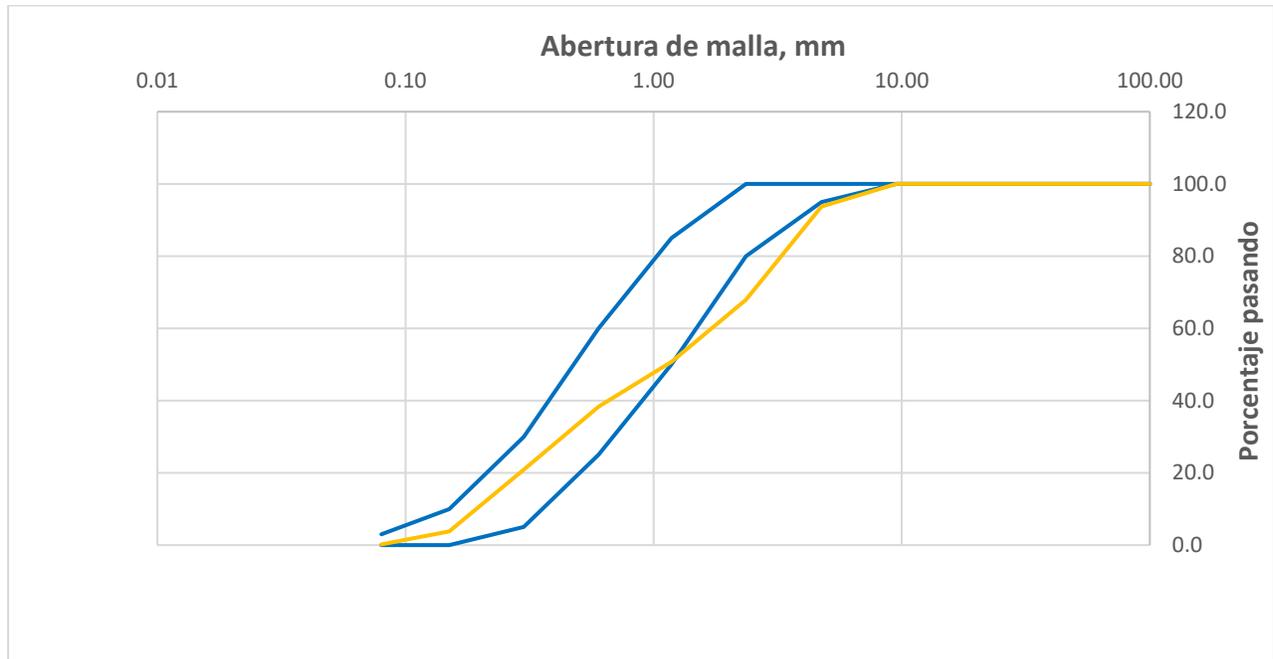
De las cuatro muestras tomadas cada semana durante cuatro semanas, una vez realizada la granulometría para cada muestra se puede inferir de la **Tabla 1** que las masas retenidas en los tamices No 4, No 8 y No 16, tienen una distribución variada, con mayor porcentaje en los tamices No 8 y No 16 y las cuatro muestras con características granulométricas similares, con pequeñas variaciones.

El contenido de material fino es bajo (pasa 200), esto se debe a que la muestra, una vez se seca en el horno para eliminar la humedad, se compara con la masa total después de lavarla y secarla nuevamente en el horno. Se utiliza una ecuación para sacar los valores del pasa 200; la masa seca menos la masa final obtenida de la suma de todas las masas retenidas en los tamices, sobre la masa seca. Estos valores indican que las muestras tienen pocas partículas finas (limos y arcillas).

El indicador pasa 200 clasifica las muestras según unos rangos estandarizados por la norma NTC 174; si el pasa doscientos son mayores a 3.1 y menores a 5.1, la muestra se clasifica como “GOOD” y si es menor a 3 “VERY GOOD”, para diferentes usos constructivos, siendo “GOOD” una arena aceptable y “VERY GOOD” un agregado fino para uso en concretos.

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

*Gráfica 1. Distribución granulométrica de la arena de origen aluvial.*



*Fuente.* (Salazar Ríos, 2024).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Gráfica 1, distribución granulométrica del agregado fino, obtenido de la fuente aluvial, se observa que el comportamiento de la curva granulométrica evidencia que más del 50% del material obtenido pasa del tamiz No 16 (abertura de la malla 1,18 mm).

En el tamiz No 4 los tamaños de partículas obtenidos en la granulometría son levemente inferiores al mínimo definido por la NTC 174, evidenciando un tamaño de partículas inferior al requerido, sin ser un porcentaje considerable para descalificar el uso de este tipo de arena en obras civiles o fabricación de concreto. Sin embargo, es importante precisar que se debe tomar como referencia, registros de comportamientos aceptables de resultados granulométricos similares para usos constructivos ya utilizados.

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

*Tabla 2. Resultados de las masas unitarias de la arena de origen aluvial.*

<b>U.M.U (Suel)</b>	1687.2	1676.2	1654.9	1542.6
<b>U.M.U (Com)</b>	1802.2	1856.2	1834.4	1671.3

*Fuente.* (Salazar Ríos, 2024).

Los valores de masa unitaria permiten determinar qué cantidad de material será necesario para ocupar un volumen específico, siendo importante en diferentes aspectos de cualquier tipo de obra civil, como la dosificación de concretos, acarreo de materiales para vías, entre otros. Los valores de la masa unitaria suelta indican que el agregado no ha sido compactado, por lo que las partículas tienen más vacíos entre ellas.

La masa compactada, por su lado, es importante para definir las características del agregado bajo compactación, siendo significativa en pavimentos, rellenos, cimentaciones, entre otros. Al contrario de la masa unitaria suelta, los valores de la masa unitaria compactada son mayores, lo que es un resultado esperado, dado que, al compactar el agregado, se reducen los espacios vacíos entre las partículas.

*Tabla 3. Resultados de las densidades de la arena de origen aluvial.*

<b>M. seca al Horno</b>	493.5	492.4	494.4	491.8
<b>Muestra SSS</b>	500	500	500	500
<b>M. pigno. más agua</b>	679.17	697.4	697.4	697.4
<b>M. Pig+Are+Agua</b>	992.5	1015.2	1017.2	1014.6

*Fuente.* (Salazar Ríos, 2024).

Las densidades en las arenas son un factor clave que permite diferenciar la influencia en varias propiedades de los materiales y en obra se utiliza en aspectos importantes como, proporción correcta para mezclas, dosificaciones, trabajabilidad de las mezclas, durabilidad y desempeño. Es por esto por lo que es fundamental en los agregados determinar cuál va a ser su función y de acuerdo con esto, garantizar que se cumpla con las especificaciones particulares de cada caso.

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

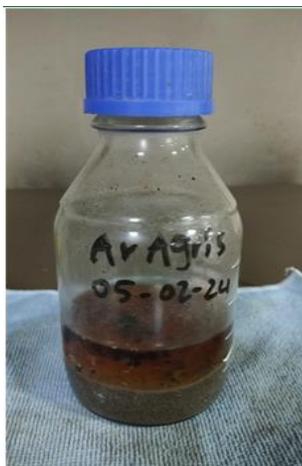
*Tabla 4. Resultados de la absorción de la arena de origen aluvial.*

<b>D. Aparente</b>	2.644	2.703	2.744	2.690
<b>D. SSS</b>	2.679	2.744	2.775	2.735
<b>D. Nominal</b>	2.644	2.703	2.744	2.690
<b>Absorción</b>	1.32%	1.54%	1.13%	1.67%

*Fuente.* (Salazar Ríos, 2024).

Conocer la absorción es crucial para tener una buena caracterización física de los agregados ya que dependiendo del uso que se le vaya a dar, tendrá impacto directo en diferentes propiedades del material. Por ejemplo, una absorción alta es un indicador de la calidad del agregado. Cuando las arenas tienen alta absorción, suelen tener mayor porosidad, y particularmente en los concretos, puede señalar la presencia de impurezas o materiales de baja calidad. Además, la absorción tiene influencia directa en las dosificaciones, resistencia, trabajabilidad y durabilidad de la obra en la que se esté utilizando el agregado.

*Figura 2. Colorimetría muestra 1, semana 1, arena de origen aluvial.*



*Nota.* Fuente elaboración propia.

*Figura 3. Colorimetría muestra 2, semana 2, arena de origen aluvial.*



*Nota.* Fuente elaboración propia.

*Figura 4. Colorimetría muestra 3, semana 3, arena de origen aluvial.*

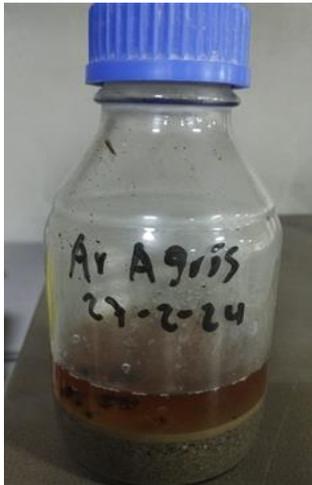


*Nota.* Fuente elaboración propia.

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

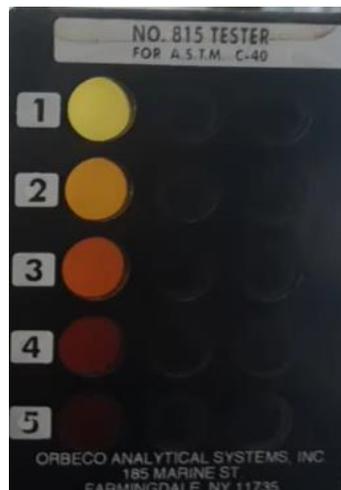
32

*Figura 5. Colorimetría muestra 4, semana 4, arena de origen aluvial.*



*Nota.* Fuente elaboración propia.

*Figura 6. Tabla de colores NTC 127.*



*Nota. Nota.* Fuente [https://www.youtube.com/watch?v=-6ZdbAioLTM&ab\\_channel=FacultadIngenier%C3%ADaDaBUAP](https://www.youtube.com/watch?v=-6ZdbAioLTM&ab_channel=FacultadIngenier%C3%ADaDaBUAP)

Las colorimetrías de las muestras de la Figura 2, Figura 3, Figura 4 y Figura 5 indican el contenido de impurezas de materia orgánica que pueden afectar negativamente el desempeño de los materiales en los que se utiliza el agregado. Para este caso en particular, se observa, que la Figura 2, Figura 3 y Figura 5 contienen una alta cantidad de impurezas orgánicas que podrían afectar significativamente el concreto u otros materiales de construcción en las que se utilice.

De acuerdo con la NTC 127 se tiene una tabla de colores (Figura 6) la cual permite determinar el grado de contenido de impurezas en el agregado. Si la colorimetría está entre uno, dos o tres, según la tabla de colores, se considera óptimo. Si está en el rango cuatro o cinco, se debe considerar un tratamiento alternativo para disminuir la cantidad de materia orgánica.

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

**6.2 Arena de peña o montaña (arena de explotación)**

*Tabla 5. Resultados de la granulometría de arena de peña o montaña.*

Abertura Tamiz		Masa retenida (g)				
mm	Pulg (No)					
100.00	4"		0.0	0.0	0.0	0.0
90.00	3 1/2"		0.0	0.0	0.0	0.0
75.00	3"		0.0	0.0	0.0	0.0
63.00	2 1/2"		0.0	0.0	0.0	0.0
50.00	2"		0.0	0.0	0.0	0.0
37.50	1 1/2"		0.0	0.0	0.0	0.0
25.00	1"		0.0	0.0	0.0	0.0
19.00	3/4"		0.0	0.0	0.0	0.0
12.50	1/2"		0.0	0.0	0.0	0.0
9.50	3/8"		0.0	0.0	0.0	0.0
4.75	No 4		0.2	0.0	0.6	0.0
2.36	No 8		83.9	92.5	94.4	97.9
1.18	No 16		174.0	177.6	171.1	172.6
0.60	No 30		147.3	167.1	150.0	140.8
0.30	No 50		114.6	128.9	118.3	106.1
0.15	No 100		91.4	79.7	102.8	79.2
0.08	No 200		24.6	21.0	36.4	21.2
FONDO	FONDO		2.4	1.6	5.8	0.9
Masa Seca			654.4	687.0	690.6	634.7
Masa Final			638.4	668.4	679.4	618.7
Pasa 200			0.024	0.027	0.016	0.025
Indicador Pasa 200			EXCELLENT	EXCELLENT	EXCELLENT	EXCELLENT

*Fuente.* (Salazar Ríos, 2024).

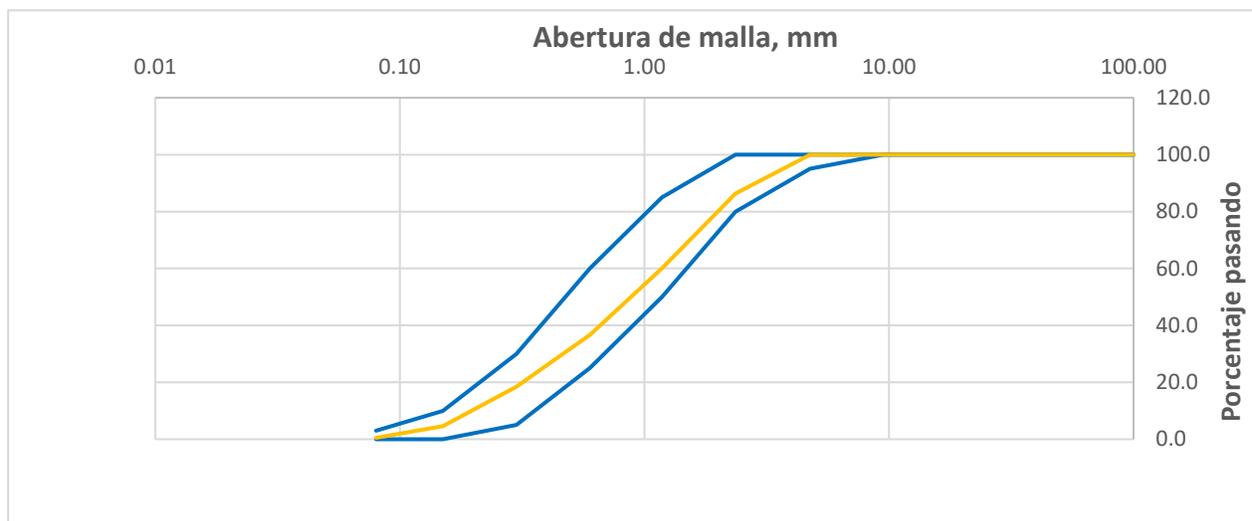
De la Tabla 5 se puede inferir que en los tamices No 4 no se retuvo una cantidad significativa, lo que podría indicar que el material no tiene partículas gruesas y su mayor distribución esta en los tamices No 8, No 16 y No 30, siendo el último, el tamiz con mayor masa

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

retenida. A partir del tamiz No 50 disminuye notablemente el material retenido en cada tamiz hasta el No 200.

Al tener el pasa 200 valores tan bajos podría inferirse que la cantidad de partículas ultrafinas es casi nula, y es una arena que cuenta con una distribución de partículas de medias a finas.

*Gráfica 2. Distribución granulométrica de la arena de peña o montaña.*



*Fuente.* (Salazar Ríos, 2024).

La Gráfica 2 muestra una distribución granulométrica dentro de los límites aceptables para la mayoría de los tamices, según la norma NTC 174 lo que sugiere que es una arena adecuada para ser utilizada en la producción de concreto y realizar ajustes específicos según las condiciones de uso final.

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

*Tabla 6. Resultados de las masas unitarias de la arena de peña o montaña.*

U.M.U (Suel)	1364.28	1494.26	1488.81	1411.76
U.M.U (Com)	1540.17	1637.30	1621.95	1602.73

*Fuente.* (Salazar Ríos, 2024).

*Tabla 7. Resultados de las densidades de la arena de peña o montaña.*

M. seca al Horno	493.3	495.6	495.2	494.9
Muestra SSS	500	500	500	500
M. pigno. más agua	679.17	679.17	679.17	679.17
M. Pig+Are+Agua	999.2	994.7	987	987

*Fuente.* (Salazar Ríos, 2024).

Los valores de la **Tabla 7** de las masas secas al horno son consistentes y sugieren uniformidad en términos de contenido de material. La variación entre las masas del picnómetro + arena + agua puede sugerir que hay diferenciación en la capacidad de absorción de agua, ya que las muestras que presentan un valor menor pueden indicar que poseen una mayor porosidad o una menor densidad aparente.

*Tabla 8. Resultados de la absorción de la arena de peña o montaña.*

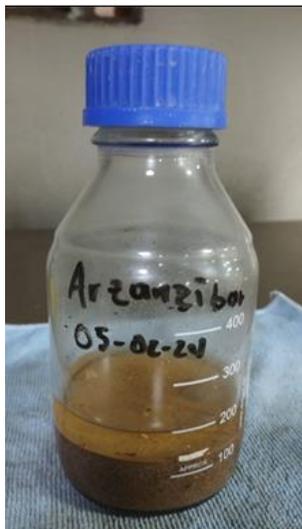
D. Aparente	2.741	2.687	2.577	2.575
D. SSS	2.778	2.710	2.602	2.602
D. Nominal	2.741	2.687	2.577	2.575
Absorción	1.36%	0.89%	0.97%	1.03%

*Fuente.* (Salazar Ríos, 2024).

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

De la **Tabla 8** se puede ratificar lo anterior, ya que las muestras con menor valor en la masa del picnómetro + agua + arena, son las que poseen una menor densidad aparente. Los valores tienen coherencia pues la densidad saturada, superficialmente seca, es superior a la densidad aparente, lo cual es esperado al incluir el peso del agua absorbida en los poros.

*Figura 7. Colorimetría muestra 1, semana 1, arena de peña o montaña.*



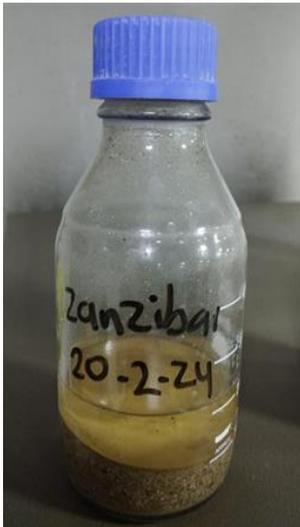
*Nota. Fuente elaboración propia.*

*Figura 8. Colorimetría muestra 2, semana 2, arena de peña o montaña.*



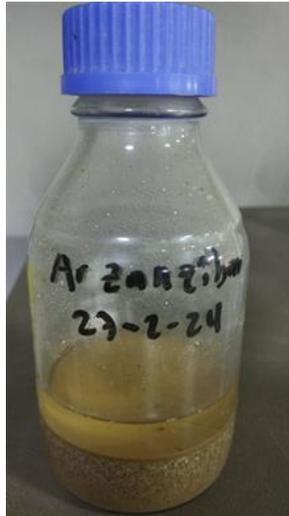
*Nota. Fuente elaboración propia.*

Figura 9. Colorimetría muestra 3, semana 3, arena de peña o montaña.



Nota. Fuente elaboración propia.

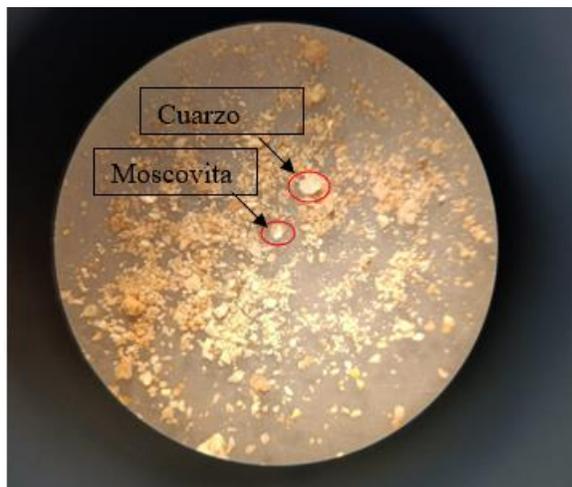
Figura 10. Colorimetría muestra 4, semana 4, arena de peña o montaña.



Nota. Fuente elaboración propia.

### 6.3 Mineralogía

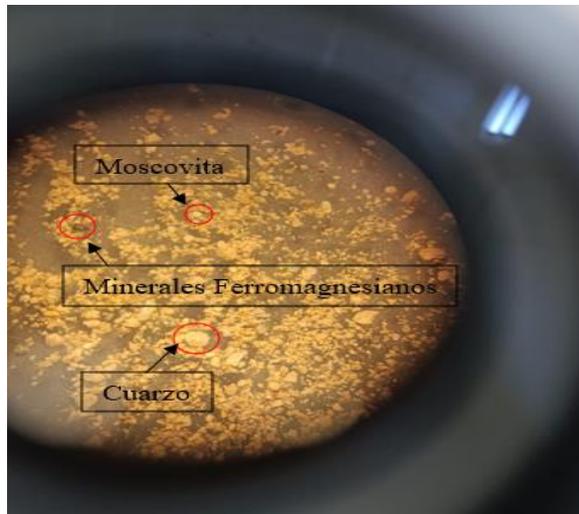
Figura 11. Mineralogía Cuarzo y Moscovita muestra de cantera.



Nota. Fuente elaboración propia.

La **Figura 11** muestra dos minerales distintos. La moscovita es un mineral que pertenece al grupo de las micas. Su estructura es plana, en forma de láminas o capas, y cuya forma es una propiedad característica de las micas como su color dorado. Por el contrario, el cuarzo es un mineral compuesto de dióxido de silicio, sus extremos son angulares lo que le otorga una gran dureza y resistencia y su color puede ser comúnmente incoloro o blanco.

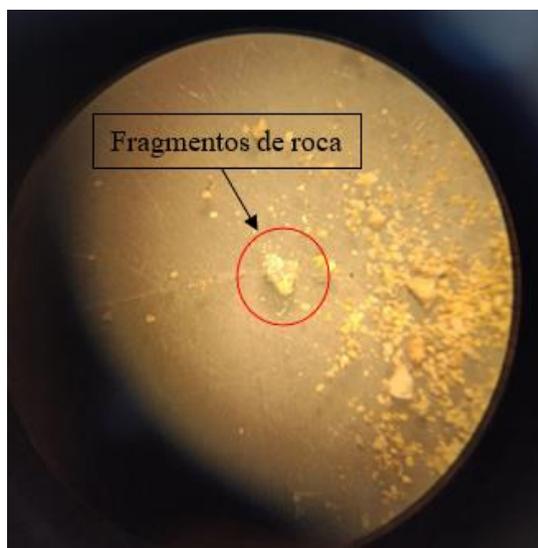
*Figura 12. Cuarzo, Moscovita y minerales Ferromagnesianos.*



Los minerales ferromagnesianos mostrados en la **Figura 12** son un grupo de minerales que están compuestos de hierro y magnesio. Al estar compuesto de estos dos elementos principales, su color puede variar entre negro, verde oscuro o marrón debido a la presencia de hierro. Se pueden encontrar principalmente en rocas ígneas y metamórficas.

*Nota.* Fuente elaboración propia.

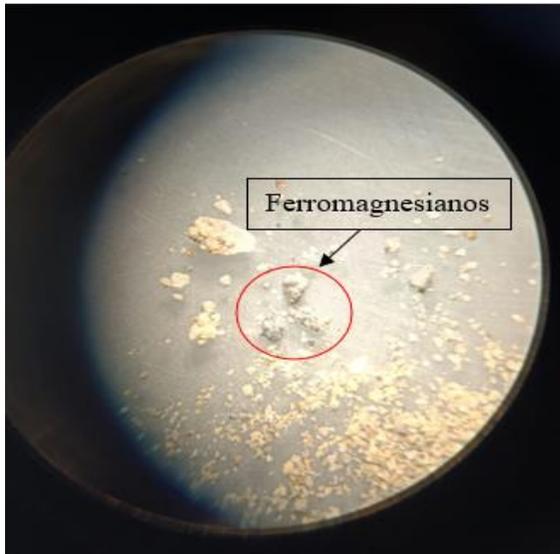
*Figura 13. Fragmentos de roca, muestra de origen aluvial.*



Por otro lado, los fragmentos de roca que se ven en la **Figura 13** están derivados de la descomposición o fractura de rocas más grandes y una de sus características principales es que se componen de varias fases minerales, lo que puede influir directamente en sus propiedades físicas y mecánicas. Dependiendo del origen del fragmento de roca varía su composición mineralógica.

*Nota.* Fuente elaboración propia.

Figura 14. Ferromagnesianos (hornblenda), muestra de origen aluvial.



La hornblenda, como se observa en la **Figura 14**, se caracteriza por su color oscuro y está compuesto principalmente de silicato de calcio, sodio, magnesio y también se encuentra principalmente en rocas ígneas y metamórficas.

Nota. Fuente elaboración propia.

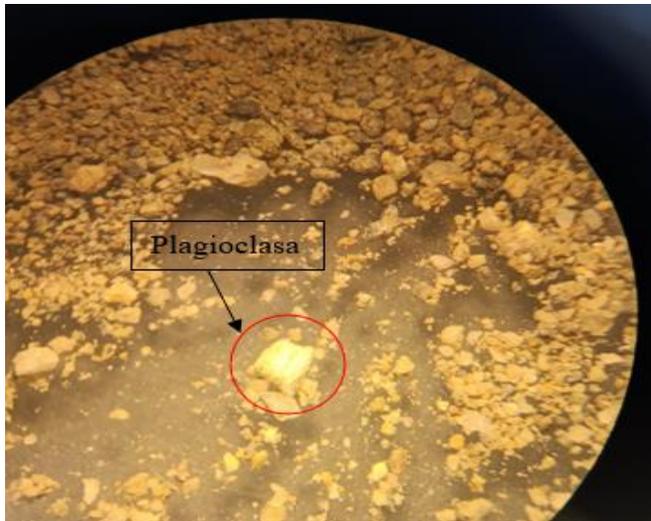
Figura 15. Biotita, muestra de origen aluvial.



En la **Figura 15** se observa la biotita, un mineral que pertenece al grupo de las micas, se caracteriza por su color oscuro y por su estructura laminar, partidas en capas muy delgadas lo que hace que su estructura sea frágil.

Nota. Fuente elaboración propia.

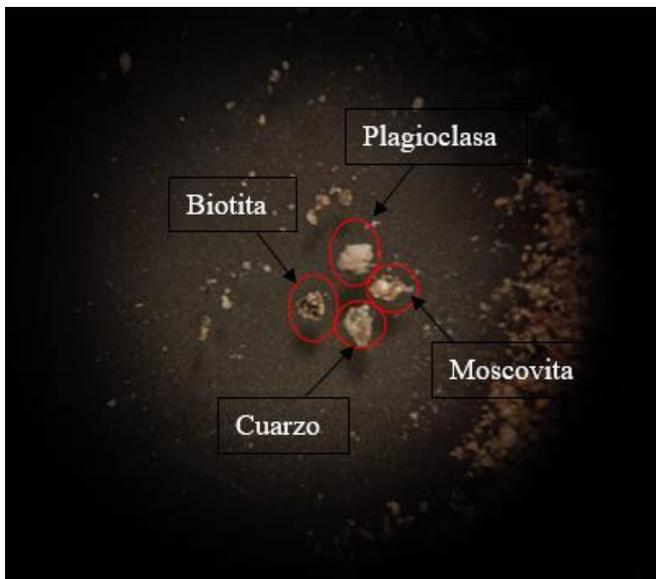
Figura 16. Plagioclasa, muestra de origen aluvial.



La plagioclasa observada en la **Figura 16** es un grupo de minerales entre albita y anortita. También son muy común encontrarlas en rocas ígneas y metamórficas y su color, muy similar al cuarzo, puede variar entre blanco y gris.

Nota. Fuente elaboración propia.

Figura 17. Biotita, Moscovita, Plagioclasa y Cuarzo, muestra de cantera.



Nota. Fuente elaboración propia.

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

**7 discusión**

*Tabla 9. Resumen de resultados de la arena de origen aluvial.*

ABERTURA DEL TAMIZ		Masa retenida (g)	(%) Retenido	(%) Ret. Acumulad o	% Pasa		
mm	Pulg (No)				Máximo	Obtenido	Mínimo
100.00	4"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
90.00	3 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
75.00	3"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
63.00	2 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
50.00	2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
37.50	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
25.00	1"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
19.00	3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
12.50	1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
9.50	3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
4.75	No 4	40.1	6.3	6.3	100.0	93.7	95.0
2.36	No 8	165.9	25.8	32.1	100.0	67.9	80.0
1.18	No 16	110.3	17.2	49.3	85.0	50.7	50.0
0.60	No 30	79.5	12.4	61.7	60.0	38.3	25.0
0.30	No 50	112.1	17.5	79.1	30.0	20.9	5.0
0.15	No 100	109.9	17.1	96.2	10.0	3.8	0.0
0.08	No 200	22.9	3.6	99.8	3.0	0.2	0.0
FONDO	FONDO	1.2	0.2	100.0	0.0	0.0	0.0
Humedad (%)	8.56%	U.M.U (Com)	DENSIDAD Y ABSORCION				
		1830.9					
Masa inicial	741.33		M. seca al Horno		493.43	D. Aparente	2.696
Masa seca	677.9	U.M.U (Suel)	Muestra SSS		500.00	D. SSS	2.732
Masa final	641.8	1672.8	M. pigno. más agua		691.32	D. Nominal	2.70
Pasa 200	5.32%	ACEPTABLE	M. Pig+Are+Agua		1008.30	Absorcion	1.33%
M.F	3.25	ACEPTABLE	M. Organica		DAÑINA		

Fuente. (Salazar Ríos, 2024).

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

*Tabla 10. Resumen de resultados de la arena de peña o montaña (trituración).*

ABERTURA TAMIZ mm	DEL Pulg (No)	Masa retenida (g)	(% Retenido)	(% Ret. Acumulad o	% Pasa			
					Maximo	Obtenido	Minimo	
100.00	4"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
90.00	3 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
75.00	3"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
63.00	2 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
50.00	2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
37.50	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
25.00	1"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
19.00	3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
12.50	1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
9.50	3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
4.75	No 4	0.3	0.0	0.0	100.0	100.0	95.0	
2.36	No 8	90.3	13.6	13.7	100.0	86.3	80.0	
1.18	No 16	174.2	26.3	40.0	85.0	60.0	50.0	
0.60	No 30	154.8	23.4	63.4	60.0	36.6	25.0	
0.30	No 50	120.6	18.2	81.6	30.0	18.4	5.0	
0.15	No 100	91.3	13.8	95.4	10.0	4.6	0.0	
0.08	No 200	27.3	4.1	99.5	3.0	0.5	0.0	
FONDO	FOND O	3.3	0.5	100.0	0.0	0.0	0.0	
Humedad (%)	9.42%	U.M.U (Com)	DENSIDAD Y ABSORCION					
		1599.81						
Masa inicial	747.77		M. seca al Horno		494.70	D. Aparente	2.666	
Masa seca	677.33	U.M.U (Suel)	Muestra SSS		500.00	D. SSS	2.695	
Masa final	662.1	1449.12	M. pigno. mas agua		679.17	D. Nominal	2.67	
Pasa 200	2.26%	EXCELLEN T	M. Pig+Are+Agu a		993.63	Absorcion	1.07%	
M.F	2.94	ACEPTABL E	M. Organica		NO DAÑINA			

Fuente. (Salazar Ríos, 2024).

De acuerdo con los resultados obtenidos y sintetizados en la **Tabla 9** y **Tabla 10**, de los diferentes ensayos realizados a las dos muestras de arenas de origen distinto, se logran apreciar

diferencias fundamentales para tener en cuenta a la hora de la escogencia del material para las diferentes aplicaciones constructivas.

Respecto a la granulometría, se evidencia una mejor distribución granulométrica en la arena de trituración (**Tabla 10**), presentando un M.F relativamente más bajo, lo que sugiere que es una arena más fina, y de acuerdo con esto, varía sus características en las obras de tipo civil. Por ejemplo, cuando es utilizada para concreto, sería necesario una mayor demanda de cemento y agua en la dosificación.

Por otro lado, en el uso de morteros, puede ser más adecuada que la arena de origen aluvial (**Tabla 9**), esto debido a los tamaños de partículas obtenida. Además, es importante precisar que contiene en porcentaje, una menor cantidad de finos, lo que sugiere una favorable durabilidad cuando es utilizada en la fabricación de concretos y morteros.

En contraste, la arena de origen aluvial presenta un M.F que indica unas partículas más gruesas, donde teóricamente, si se toma en cuenta sólo este aspecto, podría ser más favorable para mezclas de concreto. Sin embargo, al contener un grado relativamente alto de finos, podría afectar la demanda de agua en el concreto y propiedades como la trabajabilidad.

Así mismo, los resultados de densidad y absorción, **Tabla 3 y Tabla 4** para arena de origen aluvial, **Tabla 7 y Tabla 8** para arena de peña, sugieren que ambas arenas contienen propiedades aceptables para el uso en concreto, bases o subbases granulares, entre otros. No obstante, la arena de montaña o trituración presenta una menor capacidad de absorción y una densidad ligeramente menor, lo que podría representar una mayor resistencia cuando se utilice en concretos, por la menor demanda de agua que la mezcla requeriría. La arena de fuente aluvial, de acuerdo con estas características, podría ser mas beneficiosa en los concretos que requieran mayor trabajabilidad.

Los resultados de las masas unitarias (Tabla 2 y Tabla 3) están acorde a las características de cada arena, mostrando que, desde la teoría, las partículas de fuente aluvial, al estar sometidas al transporte y erosión propios del agua, generando desgaste en ellas, mostrarían formas físicas redondeadas, favoreciendo a la mejor acomodación cuando el material es compactado, por tanto, se disminuye la relación de vacíos.

La colorimetría en cada una de las arenas, evidencia mayor presencia de partículas dañinas en la de origen aluvial (Figura 2, Figura 3 y Figura 5) y esto podría adjudicarse a la exposición de procesos naturales de transporte y deposición. Por tanto, según esta característica, es mas indicada la arena de origen de peña cuando se usa el agregado en concreto sin afirmar que la arena de origen aluvial no sea adecuada para este mismo uso, solo que requeriría un mayor control de estas impurezas.

De acuerdo con todas las características anteriormente mencionadas y a los resultados obtenidos, es preciso mencionar que ambas arenas pueden utilizarse en diferentes tipos de obras civiles. Sin embargo, la escogencia de una sobre la otra va a depender de diversos factores, principalmente, la necesidad particular de cada proyecto en específico.

En lo que concierne a la mineralogía, cabe mencionar que minerales como la moscovita y el cuarzo (**Figura 11**) tienen aplicabilidad en la construcción. La primera, se puede encontrar en aislantes térmicos, revestimientos especiales, entre otros. El cuarzo, debido a su dureza y resistencia al desgaste, es más común como agregado en concreto. La hornblenda (**Figura 14**) también es componente en agregados para la fabricación del concreto debido a que contribuyen a la durabilidad y la resistencia. Al tener presencia de félsicas claras puede incurrir a una reacción alcalí-sílice si las arenas utilizadas para el concreto contienen una cantidad significativa de éstas. A largo plazo puede causar a largo plazo expansión del concreto, fisuraciones internas, disminución

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

de la resistencia, entre otros. Como la hornblenda, la biotita (**Figura 15**) en cantidades significativas en los agregados finos para el concreto, pueden afectar negativamente la resistencia y la durabilidad de éste.

Al comparar las dos muestras de los dos diferentes orígenes, puede determinarse que en la muestra de origen aluvial hay más presencia de fragmentos de roca (**Figura 13**) que, en la muestra de cantera, esto debido al proceso de erosión y transporte en el agua. También, se nota la presencia de anfíboles pertenecientes al grupo de los ferromagnesianos (**Figura 14**). Las muestras de cantera están compuestas principalmente por fases minerales como cuarzo, plagioclasa y micas y no se reconocen casi fragmentos de roca.

## **8 conclusiones**

La caracterización física de los dos tipos de arena evidencia el porque ambas fuentes son utilizadas en la ingeniería civil, si bien se cuentan con diferencias importantes y para las cuales se tiene que contemplar detalladamente estos contrastes. Estos dos tipos de arenas estudiadas, con un buen procesamiento, cumplen la normativa y necesidad para la fabricación de materiales en construcción.

La granulometría muestra que las partículas de origen aluvial poseen un tamaño más grande que las arenas de trituración. Esto puede deberse al tipo de extracción utilizado para la arena de trituración, donde en muchas ocasiones, el método utilizado define el tamaño de partícula resultante. Y entendiendo el contexto de estas dos muestras, la necesidad para la arena de montaña es un tamaño de partícula eficiente y adecuado para el uso en concreto.

De acuerdo con lo anterior, la granulometría arrojada en las muestras de arenas puede variar según el tipo de extracción y procesamiento para cada una de ellas. Empero, su forma esta arraigada a la historia geológica y origen de estas, esto comprobándose con los resultados obtenidos.

Por otra parte, centrándonos en las propiedades físicas encontradas, la arena de origen aluvial presenta características de absorción donde se evidencia una mayor porosidad y, por tanto, una capacidad de retención de agua mayor, siendo esta una característica significativa para tener en cuenta, cuando se deba decidir que tipo de arena implementar en una obra civil.

Las densidades y masas unitarias hablan de que cantidad de material será necesario para ocupar un volumen establecido. En ese sentido, se requeriría mayor cantidad de material de origen

**Caracterización granulométrica y mineralógica de dos tipos de arenas: Comparación entre una arena proveniente de una fuente de peña y otra de origen aluvial. Comparación de las Propiedades Físicas y Mineralógicas entre las Arenas de Amagá y Sinifaná.**

aluvial que de montaña para ocupar un mismo volumen. Esto se debe a que los valores de masa unitaria compactada y densidades son mayores para la arena de origen aluvial.

Por otro lado, debido a su naturaleza, el agregado de origen aluvial tiene mayor contenido de partículas dañinas a la hora de evaluar su potencial funcionamiento en el uso de concretos, morteros, bases y subbases granulares.

Con base a la información suministrada por la mineralogía se puede establecer que la arena de origen aluvial presenta una mayor diversidad de minerales con una mayor presencia de fragmentos de roca y anfíboles. Por otro lado, la arena de cantera predomina minerales como el cuarzo, plagioclasa y micas, con poca presencia de fragmentos de roca debido a su proceso de extracción.

## **Referencias**

- Chan, J. L. (2003). *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto*. Mérida, México: Ingeniería .
- Conde, P. (2008). *Características mineralógicas de suelos erosionados en la cuenca del río Tolomosa (Tarija, sur de Bolivia)*. Tarija, Bolivia : Departamento Geología y Geoquímica .
- Cuellar Ferreira, D., & Torres Lopez, K. (2014). *Caracterización física de agregados petreos para concretos caso: Vista Hermosa (Mosquera) y Mina Cemex (Apulo)*. Bogotá D.C: Universidad Catolica de Colombia.
- Espinales, J. (2023). *Composición de mezclas de agregados gruesos y finos en la resistencia a la compresión y porosidad del hormigón*. Porto Viejo, Ecuador: Polo del conocimiento: Revista Científica .
- Gonzalez Clemente, O. J. (2014). *Caracterización de las arenas y arcillas minerales de los depósitos de canal y planicie de inundación del río Portuguesa, Venezuela Caracterización de las arenas y arcillas minerales en depósitos de cauce y llanura de inundación del río Portuguesa, Venezue*. Caracas : Boletín del Instituto de Geografía.
- Hibbeler, R. (2012). *Analisis estructural*. Mexico.
- Imbellone, P. A. (2017). *Mineralogia de suelos*. Argentina: Martin Torres Duggan.
- Lima Barreto, J. M., Nogueira da Costa, H., & Cândido, L. F. (2019). Análise das propriedades físicas e mecânicas de blocos de concreto prensados sem função estrutural com incorporação de PET reciclado. *Revista Materia*.
- López, L. J., & Sepúlveda, D. (s.f.). *Caracterización física de diferentes muestras de agregados pétreos para el concreto- Zona Norte de Bogotá*. Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia .

- Marcuta, L., Tindeche, C., & Nuta, A. C. (2023). Estudio sobre la importancia del uso de sistemas agrovoltaicos para reducir los efectos del cambio climático. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*.
- Miranda, A. J. (2013). *Caracterización físico- mecánica de agregados pétreos de la formación geológica Toluviejo (Sucre) para la producción de concreto*. Sucre: Universidad Tecnológica de Pereira .
- Muñoz-García, M. A., & Hernández-Callejo, L. (2021 ). Fotovoltaica y electrificación en la agricultura . *Agronomy* .
- Ramos, L. M. (Agosto de 2022). Clase analisis de estructuras. *Analisis Matricial*. Medellin, Antioquia, Colombia.
- Ramos, L. M. (30 de 08 de 2022). Columnas. Medellin, Antioquia, Colombia.
- Restrepo, J. (s.f.). *Guía para la geología del flanco noroccidental de la cordilera central: carretera Medellin - Amagá - Albania - Bolombolo* . Colombia .
- Rodriguez Ayala, M. A., & Sandoval Pachón, C. D. (2015). *Caracterización de arenas como material para construcción de obras civiles, procedentes de la playa del río Ariari en el municipio de Puerto Lleras- Meta* . Villavicencio : Universidad Cooperativa de Colombia .
- Rolny, D. (2014). *Estudio de arenas de trituración para el reemplazo de arenas naturales en la elaboración de morteros y hormigones*. . La Plata, Buenos Aires Argentina: Consejo Nacional de Investigaciones Cientificas y Tecnológicas .
- Ruth, S. B., Jeannette, P. C., Danitza, G. V., & Andrés, H. V. (2019 ). Analysis of Organic Solid Waste Mixtures Used in the Manufacture of Non-structural Ecological Bricks. *Revista de Ciencias Ambientales* .
- Shepard, L. A., Higgins, C. W., & Proctor, K. W. (2022 ). Agrivoltaica: Modelización de la importancia relativa de la radiación de onda larga de los paneles solares. *National Center for Biotechnology Information* .

- Sotelo, D. E. (2017). *Sistema de información geográfica aplicado a la caracterización fisico-mecánica, petrográfica y mineralógica de agregados para materiales de construcción* . Bogotá D.C : Universidad Santo Tomás .
- Tchapga Gnamsi, G. M. (2019). Prestaciones mecánicas y físicas de hormigones a partir de arenas trituradas de diferente naturaleza geológica sometidas a altas temperaturas. *Engineering Science and Technology* , 1116-1124.
- Warmann, E., Jenerette, D., & Barron-Gafford, G. A. (2024 ). Herramientas de diseño de sistemas agrovoltaicos para gestionar las compensaciones entre la producción de energía, la productividad de los cultivos y el consumo del agua . *Environmental Research Letters*.
- Wuletaw, A., & Mihret, B. (2024). *Caracterización fisicoquímica y mineralógica de arena de sílice de la región de Lemi, cuenca del Nilo Azul, Etiopía central: evaluación de aplicaciones industriales y potencial de recursos*. Etiopia: Helyon .
- Zheng, J., & Meng, S. (2021). Aumento de los beneficios económicos integrales de las tierras de cultivo con sistemas agrivoltaicos de iluminación uniforme. *National Center for Biotechnology Information*.