

CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DEL MATERIAL SEDIMENTARIO DEL RIO SANGOYACO EN EL
MUNICIPIO DE MOCOA, PUTUMAYO

KAREN YESENIA PACHONGO IDROBO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

MOCOA PUTUMAYO

2023

CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DEL MATERIAL SEDIMENTARIO DEL RIO SANGOYACO EN EL
MUNICIPIO DE MOCOA, PUTUMAYO

KAREN YESENIA PACHONGO IDROBO

ASESOR TÉCNICO

ING. PEDRO ANDRES VERDUGO DAZA

Trabajo de investigación aplicado como requisito de grado para optar al título de Ingeniero Civil

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

MOCOA PUTUMAYO

2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a Dios por guiar mi camino, por otorgarme sabiduría e iluminar mi vida, permitiéndome avanzar constantemente hacia metas previamente establecidas.

A mi familia, a quienes les debo todo, les agradezco profundamente por su amor incondicional, apoyo constante y comprensión durante este exigente proceso. Su aliento ha sido mi mayor fuente de inspiración.

Quiero extender mi reconocimiento al director de tesis, el Ing. Pedro Andrés Verdugo, por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso. Su sabiduría y dirección han sido fundamentales para dar forma y mejorar este trabajo.

Expreso mi sincero agradecimiento a todos mis profesores y miembros del comité evaluador, por sus valiosas sugerencias, críticas constructivas y compromiso por mi desarrollo académico. Sus comentarios han sido esenciales para mejorar la calidad de este trabajo.

Agradezco a mis compañeros de clase y amigos que me han compartido sus ideas, brindando apoyo moral y compartido sus conocimientos a lo largo de este viaje académico. Todas sus contribuciones han enriquecido enormemente mi experiencia.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas que, de una u otra manera, han influido en mi trayectoria académica. Cada interacción, consejo y experiencia han dejado una huella imborrable en mi crecimiento personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
2.1.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	9
3.	JUSTIFICACIÓN	9
4.	OBJETIVOS.....	10
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	10
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
5.	MARCO REFERENCIAL	11
5.1.	MARCO CONCEPTUAL.....	11
5.2.	MARCO CONTEXTUAL	13
5.2.1.	Localización general del proyecto.....	13
5.2.2.	Geología del rio Sangoyaco.....	15
5.3.	MARCO TEÓRICO	15
5.4.	MARCO LEGAL.....	22
6.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
6.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
6.2.	NIVEL DE CONFIANZA, POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	23
6.2.1.	Nivel de confianza de la investigación:	23
6.2.3.	Muestra: Se trabajará 60 kg de material sedimentario por muestra de laboratorio de la cual se deben extraer 6 muestras por ensayo para obtener un nivel de confianza del 94%.	27
6.2.4.	Muestreo: Las muestras corresponden al material sedimentario son procedentes de la cuenca media del rio Sangoyaco, para llevar a cabo la recolección de las muestras se realiza un muestreo al azar en los bancos de arena que se encuentren en los diferentes puntos de extracción de la cuenca del rio Sangoyaco, los cuales se encuentran ubicados:	27
7.	ANÁLISIS DE LABORATORIO	28
7.1.	PRUEBAS DE LABORATORIO.....	28
7.1.1.	I.N.V.E. 133 - Equivalente de arena:	28
7.1.2.	I.N.V.E. 122 – Contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo - Agregado:	31
7.1.3.	I.N.V.E. 202 - Reducción de muestras de agregados por cuarteo:	33
7.1.4.	I.N.V.E 211 – Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados:.....	37
7.1.5.	I.N.V.E 212 – Presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos:.....	46

7.1.6.	I.N.V.E 213 – Análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos:.....	53
7.1.7.	I.N.V.E 214 – Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75mm (No.200) en los agregados pétreos mediante lavado:.....	59
7.1.8.	I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto en agregado fino:	63
7.1.9.	I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado compacto en agregado fino:	67
7.1.10.	I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto en agregado grueso:.....	72
7.1.11.	I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado compacto en agregado grueso:	76
7.1.12.	I.N.V.E 222 – Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino: 80	
7.1.13.	I.N.V.E 223 – Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso: 90	
7.1.14.	I.N.V.E 227 – Porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso:.....	95
7.1.15.	I.N.V.E 230 – Índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados:	97
7.1.16.	I.N.V.E 218 – Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores a 37.5 mm (1 ½”) por medio de la máquina de los ángeles:	101
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	105
8.1.	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	105
8.1.1.	I.N.V.E 122 – Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo:	105
8.1.2.	I.N.V.E. 133 - Equivalente de arena:	109
8.1.3.	I.N.V.E 211 – Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados:.....	112
8.1.4.	I.N.V.E 212 – Presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos:.....	117
8.1.5.	I.N.V.E 213 – Análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos:.....	120
8.1.6.	I.N.V.E 214 – Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75mm (No.200) en los agregados pétreos mediante lavado:.....	129
8.1.7.	I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto en agregado fino:	133
8.1.8.	I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado compacto en agregado fino:	141
8.1.9.	I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto en agregado grueso:.....	148

8.1.10.	I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado compacto en agregado grueso:	155
8.1.11.	I.N.V.E 222 – Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción agregado fino:	162
8.1.12.	I.N.V.E 223 – Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso:	166
8.1.13.	I.N.V.E 227 – Porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso:.....	170
8.1.14.	I.N.V.E 230 – Índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados:	174
8.1.15.	I.N.V.E 218 – Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores a 37.5 mm (1 ½”) por medio de la máquina de los ángeles:	178
8.2.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	181
8.2.1.	Agregados gruesos.....	181
8.2.2.	Agregado fino.....	191
9.	CONCLUSIONES.....	197
10.	RECOMENDACIONES.....	199
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	200
12.	ANEXOS	204
12.1.	ANEXO A – GRANULOMETRÍA PUNTO DE EXTRACCIÓN 1	204
12.2.	ANEXO B – GRANULOMETRÍA PUNTO DE EXTRACCIÓN 2	208
12.3.	ANEXO C – GRANULOMETRÍA PUNTO DE EXTRACCIÓN 3	211

1. INTRODUCCIÓN

Los agregados sedimentarios desempeñan un papel crucial en la fabricación de concretos, están compuestos por agregados gruesos y agregados finos, estos influyen significativamente en la calidad, resistencia y durabilidad de las estructuras fabricadas con hormigón. Estos pueden ser provenientes de procesos naturales como la erosión y la sedimentación, sus características físicas y mecánicas influyen directamente en el comportamiento de la mezcla.

La investigación se centra en la caracterización físico-mecánica del material sedimentario procedente del río Sangoyaco del Municipio de Mocoa Putumayo, permite conocer las características físicas y mecánicas del material extraído de tres diferentes puntos de extracción de la cuenca media del río Sangoyaco, por medio de ensayos de laboratorio. Los resultados obtenidos se analizan teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana que establece los parámetros y criterios para determinar si el material es óptimo para fabricar concretos.

Los ensayos se enfocan en examinar las características de los agregados gruesos y los agregados finos que influyen en la calidad y desempeño del concreto, considerando propiedades como granulometría, resistencia a la compresión, absorción del agua, equivalente de arena, impurezas orgánicas, porcentaje de vacíos, resistencia a la degradación y otras propiedades importantes para la evaluación de los agregados bajo diversas condiciones de cargas y ambientales en los diferentes puntos de extracción. Esta información es esencial para garantizar que el material cumpla con los parámetros necesarios para el uso en la fabricación de concretos, de acuerdo con las normativas colombianas aplicables.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Municipio de Mocoa, departamento del Putumayo se encuentra en constante desarrollo, donde cada vez la construcción de diferentes infraestructuras es mayor. De acuerdo a la información suministrada por la Unidad de Planeación, Gestión y Evaluación de la Alcaldía Municipal de Mocoa, durante el periodo comprendido entre el 2018 y 2022, la resistencia del concreto más frecuente empleada para las licencias de construcción de edificaciones ha sido de 21 Mpa (3000psi). Esta elección se fundamenta en el hecho que la mayoría de licencias son otorgadas para uso residencial y entidades gubernamentales.

Por otro lado, la demanda de materiales sedimentarios (agregado fino y grueso) los cuales comúnmente se obtienen de canteras legalmente constituidas, consideradas como las fuentes convencionales para proveer estos materiales, que son obtenidos de depósitos naturales como ríos de la región. La información detallada acerca de la caracterización de los materiales sedimentarios provenientes de las diferentes cuencas del Municipio es de uso privado. La falta de acceso a datos sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de sedimentación en las distintas cuencas municipales representa un obstáculo significativo. Esta carencia de información pública dificulta la planificación y ejecución de construcción en la región. Para abordar este desafío es necesario buscar fuentes alternativas que suplan la limitación de información impuesta por las canteras tradicionales.

En este contexto, se propone una solución que consiste en explorar la extracción de materiales de cuencas hídricas como una alternativa viable. Se destaca la importancia de caracterizar el material proveniente del río Sangoyaco para determinar sus propiedades y con ello la calidad de los agregados para conocer si puede ser utilizado en la elaboración de concretos.

La construcción de infraestructuras es fundamental para el desarrollo socioeconómico de una región, pero la calidad del material utilizado en las obras es un factor crítico que pueden determinar su durabilidad y seguridad. El material sedimentario del río Sangoyaco puede ser una fuente potencial de agregados para la producción de concreto.

2.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿El material de sedimentación del río Sangoyaco, posee las características físico-mecánicas adecuadas para el diseño de concreto?

3. JUSTIFICACIÓN

Frente a la carencia de información pública acerca de las propiedades de los agregados gruesos y finos provenientes de las diferentes cuencas del Municipio de Mocoa, Putumayo, los cuales desempeñan un papel crucial en la producción de concretos, surge la necesidad de caracterizar los materiales sedimentarios del río Sangoyaco para poder determinar sus propiedades físico mecánicas, debido a que dicha cuenca cuenta con una fuente importante de agregados para la ejecución de obras de ingeniería. El propósito fundamental de esta investigación es llenar ese vacío de conocimiento existente al determinar si los materiales de sedimentación del río Sangoyaco pueden ser empleados en la fabricación de concretos de manera efectiva y segura.

Mas allá de sus implicaciones técnicas, esta investigación también tiene el potencial de generar beneficios económicos y sociales significativos para la región. La creciente demanda de estos materiales podría traducirse en la creación de empleos locales y un aumento de los ingresos en la comunidad, contribuyendo así al fortalecimiento de la economía de la zona.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las propiedades físico-mecánicas del material sedimentación en tres diferentes puntos de extracción para determinar si las características son adecuadas en la elaboración de concretos.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar la toma de muestras de material de sedimentación de la parte media del río Sangoyaco.
- Determinar la calidad de los materiales sedimentarios, mediante los ensayos de laboratorio correspondientes para conocer las propiedades físico-mecánicas.
- Interpretar los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de las muestras del material de sedimentación según las especificaciones de la norma NTC 174 del 2000 y las especificaciones del artículo 630.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO CONCEPTUAL

El concreto es un material de construcción esencial, se utiliza para la fabricación de edificios, puentes, carreteras y otras estructuras importantes. El desempeño del hormigón depende en gran medida de las cualidades del material utilizado. En este sentido, el análisis de las propiedades físicas mecánicas del material de sedimentación del río Sangoyaco en el Municipio de Mocoa departamento del Putumayo, puede ayudar en la fabricación de concretos.

El río Sangoyaco es un afluente del Municipio de Mocoa, ubicado en el departamento del Putumayo, Colombia, es ahí donde se realizará la toma de las muestras para la caracterización del material de sedimentación, para determinar si se pueden utilizar como insumo en la fabricación del hormigón es importante conocer las cualidades del material a utilizar. Por lo tanto, el análisis de las propiedades físico mecánicas para garantizar la calidad del concreto producido, asegurando que tenga las características adecuadas para la construcción, es así que se debe realizar ensayos de laboratorio en las muestras tomadas.

La toma de muestras de material de sedimentación del río Sangoyaco se deben realizar siguiendo los procedimientos establecidos por las normas I.N.V.E (201:230 y NTC (174), en los cuales se toma muestras de tres diferentes puntos de extracción del río y luego se procede a hacer un análisis en el laboratorio. Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las muestras del material de sedimentación se analizan para determinar si se cumplió con los requisitos establecidos en las normas NTC- 174 para el diseño de concreto.

En primer lugar, se analizan las propiedades físicas del material de sedimentación del río Sangoyaco puesto que de esto depende la durabilidad del concreto, sus capacidades para resistir los efectos del clima y entre otros factores ambientales.

En segundo lugar, se analizan las propiedades mecánicas del material de sedimentación del río Sangoyaco, en las cuales se incluyen la resistencia a la abrasión porque es una propiedad importante para la fabricación de hormigón ya que es la medida de la capacidad del material al estar sometido al impacto. Una vez que se han analizado las propiedades físicas y mecánicas del material de sedimentación del río Sangoyaco, es posible utilizar esta información para determinar si se puede producir concretos. Al seleccionar y mezclar los materiales adecuados, se puede fabricar concretos que cumplan con los estándares de calidad para la construcción de edificaciones estructurales.

5.2. MARCO CONTEXTUAL

La presente investigación se enfoca principalmente en la identificación y caracterización de las propiedades de los materiales. El propósito conocer si se puede emplear estos materiales como insumos en la fabricación de concretos. En este contexto, resulta esencial conocer el área d estudio en la que se lleva a cabo la investigación.

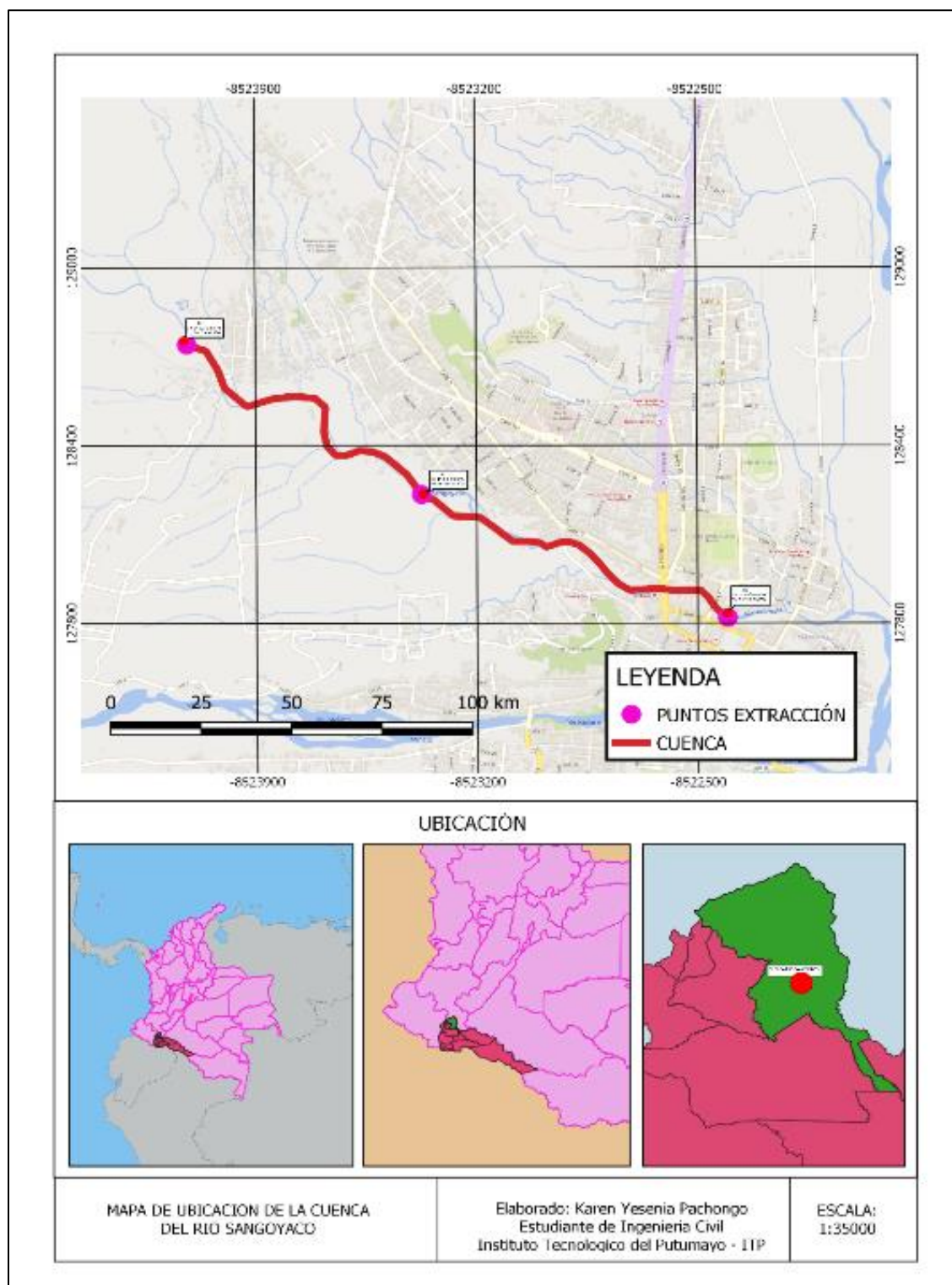
5.2.1. Localización general del proyecto

La cuenca que se utiliza en esta investigación es el rio Sangoyaco, ubicado en el Municipio de Mocoa, departamento del Putumayo. En la zona media de la cuenca, se lleva a cabo la extracción de material proveniente de bancos de arena y depósitos de grava, en tres puntos distintos de extracción. Estos puntos se encuentran ubicados en las siguientes coordenadas geográficas:

- Primer punto de extracción de la cuenca del rio Sangoyaco está ubicado en las coordenadas **(1.1527318336187993N – 76.65597681678025W)**
- Segundo punto de la cuenca de la cuenca del rio Sangoyaco está ubicado en las coordenadas **(1.148155041756848N – 76.64435170214007W)**
- Tercer punto de extracción de la cuenca del rio Sangoyaco está ubicado en las coordenadas **(1.156762874959671N – 76.66190633738663W)**

Figura 1

Ubicación del tramo de estudio del río Sangoyaco.



Fuente. Propia, 2023.

5.2.2. Geología del río Sangoyaco

La microcuenca del río Sangoyaco se caracteriza por nacer y disminuir en el Piamonte amazónico, ubicado en el borde de la cordillera oriental, desembocando finalmente en el río Mocoa. Esta cuenca presenta características distintivas al ubicarse en la zona alta, con terrenos montañosos de pendientes pronunciadas en la zona media, y transformarse en terrazas aluviales de baja pendiente en las áreas bajas, donde se encuentra la zona urbana del Municipio. La cuenca del río Sangoyaco tiene una extensión total de 715, 27 ha, una longitud de corriente principal de 6,92 km. Dentro de la jurisdicción del área urbana, abarca 63.50 ha, con una longitud de corriente de 1.84 km y una pendiente media de la corriente principal de 13.61% (DEASTRES, 2018).

5.3. MARCO TEÓRICO

El uso de los materiales de construcción se ha enfocado básicamente en la utilización de agregados finos y gruesos de canteras tradicionales, debido a que la demanda de construcción y mejoramiento en el Municipio está en aumento, por ello a la hora de fabricar concreto, los agregados deben contar con las propiedades físico mecánicas adecuadas para poder tener la calidad y la resistencia suficiente.

En esta investigación se estudia las propiedades de los materiales de sedimentación del río Sangoyaco del Municipio de Mocoa Putumayo, con ello se puede identificar si el material del río cuenta con las propiedades necesarias para ser utilizado en la construcción.

Dentro de la información bibliográfica se encontró información de temas relacionados sobre la clasificación de materias de sedimentación para la utilización de concreto.

Gonzales y Hernández (2012). Evalúan las propiedades físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de los agregados pétreos para determinar su calidad para la preparación del concreto. En este sentido la caracterización de los agregados de la cantera Tritupisvar ubicada en Santa Marta, Colombia, las propiedades físicas de los agregados afectan la trabajabilidad y la resistencia del concreto, las

propiedades mecánicas, incluidas las resistencias, la elasticidad y la tenacidad, son fundamentales para determinar la durabilidad y el rendimiento del hormigón.

También mencionan que las propiedades químicas, como la presencia de sulfatos o cloruros, pueden causar deterioro y afectar la integridad de las estructuras de concreto, finalmente las propiedades mineralógicas de los agregados, como el tipo de roca, afectan su comportamiento durante el proceso de hidratación del concreto. Los ensayos realizados en relación con las propiedades físicas presentan partículas gruesas y finas en exceso, pero están dentro de los límites de la norma, los porcentajes de la humedad son bajos inferiores al 1%, esto sucede porque los agregados estaban parcialmente secos, por ello se analiza que las propiedades de los materiales son óptimas para la elaboración de concretos.

Prado y Pariona (2013), La calidad del agregado es un factor esencial en la producción de concreto de alta calidad. En esta investigación se analizó la calidad de los agregados de la cantera Guayacondo en Tambillo – Huamanga Ayacucho, con el objetivo de determinar si son aptos para la elaboración de concreto.

Los hallazgos del estudio revelaron que los agregados de la cantera de Guayacondo eran de buena calidad y aptos para la elaboración del concreto. Los resultados de las pruebas físicas, mecánicas y químicas realizadas indican que los agregados cumplen con las especificaciones requerida para el uso en proyectos de construcción. Este estudio tiene implicaciones significativas para la construcción, la disponibilidad de agregados de alta calidad de la cantera Guayacondo puede ayudar a reducir el costo en la producción del concreto y mejorar la calidad de los proyectos de construcción.

Ferreira Y Torres (2014), proponen conocer las propiedades físicas de los agregados pétreos de las canteras vista hermosa y mina Cemex de Bogotá, para la fabricación de concretos, donde se pueda hacer controles rigurosos a las canteras que realizan la explotación de material sedimentario porque los

agregados que no cuentan con la calidad y las propiedades adecuadas generan modificaciones en la mezcla de concreto que afectan de cierta manera la seguridad de la estructura.

Con los ensayos realizados revela que en la cantera vista hermosa los agregados gruesos presentan una gradación que permiten la manejabilidad adecuada, también que no tiene buena resistencia a la abrasión, los agregados finos cuentan con presencia de arcilla lo que perjudica la mezcla de concreto y en la caracterización de la cantera mina Cemex se obtuvo que la granulometría cuenta con una uniformidad en cada material, pero hay un pequeño porcentaje de arcilla en el agregado fino que puede inferir en la resistencia del concreto.

López y Sepúlveda (2014), Las características físicas de los agregados juegan un papel vital en la determinación del desempeño futuro de las estructuras de concreto. La intención de esta investigación es identificar el comportamiento potencial de los materiales mediante análisis de su composición, morfología y origen, de la caracterización física de los agregados pétreos para la elaboración de concreto en la zona norte de Bogotá. Por ello se realizó una caracterización exhaustiva de los áridos antes de usarlos en la elaboración de concretos. Luego de analizar los resultados de las muestras que la muestra que se puede incluir para las mezclas son las de la zona norte de Bogotá.

Townley y Ortiz (2015), La caracterización mineralógica de un proceso metalúrgico es fundamental para comprender el comportamiento de los minerales para la producción de concretos en Santiago de Chile, además el análisis de minerales y elementos en conjunto es crucial ya que algunos elementos pueden afectar el comportamiento de los minerales y viceversa. Por lo tanto, es esencial realizar el análisis integrado para comprender el panorama completo del proceso, luego de realizar todos los ensayos se puede mencionar que la caracterización mineralógica del proceso metalúrgico es fundamental para optimizar la producción y así asegurar la calidad del producto final.

Herrera y Vargas (2015), En la realización de la caracterización de los materiales pétreos del río Ariari del Municipio de Cubarral Meta, se identificaron algunas características importantes como la granulometría, la forma de los agregados, el tipo de roca y su resistencia a la compresión, estos datos son de gran utilidad para los ingenieros y arquitectos que trabajan en la construcción de estructuras en la zona, ya que permite seleccionar los materiales adecuados para cada proyecto.

Además, teniendo en cuenta los ensayos del laboratorio, se concluyó que los materiales pétreos cumplen con las especificaciones técnicas que establece la NTC 174 para agregados gruesos y finos para la elaboración de concretos estructurales utilizados en la construcción de obras civiles, este análisis también es importante para la conservación del medio ambiente, puesto que permite identificar los sitios de extracción de estos materiales y evaluar su impacto en el ecosistema.

Mosquera Y Trujillo (2015), Exponen que en el Municipio de Villavicencio la gran mayoría de las construcciones que se llevan a cabo son con materiales extraídos de cuencas del Municipio o aledañas a este, a las cuales no se les ha hecho una caracterización adecuada para conocer las propiedades físico mecánicas de los agregados y con ello poder hacer un mejor aprovechamiento de los materiales ya también brindar mayor seguridad a las estructuras y por ende a la población, por ello se realizó una caracterización de la cuenca del río Guatiquia donde se puedan conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales.

Luego de realizar los ensayos de laboratorio se obtuvo que los materiales sedimentarios cumplen con las especificaciones técnicas requeridas de las propiedades de los materiales para la elaboración del diseño de concreto estructural ya que los agregados no representan ningún problema a la mezcla.

Rodríguez y Sandoval (2015). En esta investigación sobre la caracterización de arenas para la construcción de obras civiles, de la playa del río Aríari en el Municipio de Puerto Ileras del Meta, se

puede decir que las arenas son esenciales como material para la construcción de obras civiles, puesto que es crucial en la industria de la construcción.

Se puede identificar el comportamiento que presenta el material frente al concreto mediante la determinación de sus propiedades físicas a través de ensayos de laboratorio, estos ensayos incluyen la presencia de impurezas orgánicas de los limos y arcillas, también el análisis granulométrico de los agregados. Los resultados obtenidos indican que el material cumple con las especificaciones técnicas necesarias para el uso de obras civiles y presenta una alta resistencia,

Orozco (2017). Menciona la importancia de conocer las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los materiales pétreos de la cuenca que son extraídos de río Chinchiná Caldas, puesto que al momento de realizar un diseño de concreto se pueden conocer las cantidades adecuadas de los agregados que se deben utilizar en la mezcla y si cuentan con las propiedades óptimas para su uso. Con el análisis de los materiales extraídos de la cuenca se obtuvo que hay presencia de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que oscilan entre los 5 y 15 cm, por ende, la trituración de estas ayuda con la adherencia en la mezcla del concreto ya que según el análisis son aptas para la fabricación de hormigón estructural.

García, Morales y Tapasco (2017). Realizan el análisis de la caracterización físico-química de los agregados pétreos del río Negro en la ciudad de Villavicencio Meta, el material que proviene del río Negro están compuestas por rocas sedimentarias, lo que esto le otorga alta resistencia y buena durabilidad. Además, se trata de un material de granulometría media, lo que hace ideal para la producción de concretos, sin embargo, para garantizar la calidad de este material fue necesario realizar una serie de pruebas y análisis de los resultados en los que se obtuvieron que los agregados de la cuenca presentan un 94.49% libre de contaminación por limos y arcillas esto indica que los materiales pueden ser utilizados en la fabricación de concretos.

Huamani y Paucar (2018). Mencionaron la importancia de evaluar el comportamiento de los agregados, en el estudio de influencia de los agregados para el diseño de mezcla sobre la resistencia del concreto en Huancavelica Perú de los ríos Mantaro y Ichu, para ello se llevaron a cabo las pruebas para determinar sus características físicas y mecánicas, a partir de esos análisis, se pudo observar que los agregados provenientes de la cuenca del río Mantaro presentaron una mayor densidad y menor absorción de agua en comparación con los provenientes de la cuenca del río Ichu.

Culma y Rojas (2018). El análisis mineralógico de los áridos de las canteras de Rodeb y Acopios en Cundinamarca, permitió identificar su composición mineral, la cual es importante para determinar sus propiedades físicas y químicas. Las características físicas de estos agregados incluyen la distribución de tamaño de las partículas, la forma, la textura superficial y la densidad. El agregado ideal debe tener una textura superficial densa y suave para minimizar la absorción del agua y aumentar la unión con el cemento.

Según Vergara (2020). Los agregados son el factor determinante en el diseño del hormigón puesto que estas inciden en el concreto porque constituyen el mayor porcentaje de la mezcla ya que si el material no cuenta con las propiedades físico mecánicas adecuadas afectan el diseño de este, en esta investigación se desea determinar las características de los agregados pétreos del depósito arenas el Palmar del río del Cauca para la fabricación de concreto hidráulico.

Lavio y Guadalupe (2020). Mencionan que en Cañete Perú se realizó la caracterización de los agregados para determinar su idoneidad para su uso en concretos, es importante mencionar que el contenido de humedad y pruebas de absorción ayudan a estimar la cantidad de agua requerida en las mezclas de concreto. Esta información es de suma importancia para lograr la trabajabilidad y la resistencia deseadas del concreto. Con las pruebas pertinentes se pudo demostrar que el material cumple con las

propiedades físicas y mecánicas según las especificaciones técnicas para hacer el diseño de la mezcla de concreto.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los ensayos del material se puede decir que los agregados finos cuentan con propiedades físicas adecuadas para el diseño y que las gravas presentan una buena relación y tamaños, alargamientos que pueden garantizar resistencia a los concretos hidráulico.

Martínez (2021). El comportamiento físico mecánico del mortero es un aspecto crítico de su uso en construcción estructural. En esta investigación se explorará las características físicas y mecánicas del mortero con agregados pétreos del estado de Michoacán México, ya que las propiedades físicas y mecánicas del mortero son fundamentales para asegurar su integridad estructural. Los ensayos ayudan a determinar la resistencia del mortero y su capacidad para soportar el peso y la presión de una estructura.

Además, las propiedades del agregado fino utilizado en la mezcla también pueden generar afectaciones al comportamiento físico y mecánico de este. Se realizaron pruebas de laboratorio para medir la resistividad y compresión simple, donde los resultados indicaron que las propiedades del agregado fino variaban considerablemente dependiendo del lugar y la región donde procedan los materiales.

5.4. MARCO LEGAL

Tabla 1

Leyes y normas a utilizar para la realización de los ensayos del laboratorio.

Descripción	Ley/Norma	Año
CÓDIGOS Y LEYES COLOMBIANAS		
Establece los principios ambientales, sobre los elementos de la política ambiental colombiana, la estructura del ministerio de ambiente, entre otros.	Ley 99 de 1993 (Ley general ambiental de Colombia)	1993
El Plan de Ordenamiento Territorial es un instrumento técnico que integra la planeación física, socioeconómica y ambiental para ordenar su territorio.	Acuerdo No.006 (POT Municipio de Mocoa Putumayo)	2020
NORMAS I.N.V.E Y NTC		
Equivalente de arena de suelos y agregados finos.	Norma I.N.V.E 133 – 13	2012
Reducción de las muestras de agregados por cuarteos	Normas I.N.V.E 202 – 13	2012
Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz N°200 en los agregados pétreos mediante el lavado.	Norma I.N.V.E 214 – 13	2012
Gravedad específica y absorción de agregados finos.	Norma I.N.V.E 222 – 13	2013
Gravedad específica y absorción de agregados gruesos.	Norma I.N.V.E 223 - 13	2013
Porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso.	Norma I.N.V.E 227 – 13	2013
Permite determinar la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión.	Norma I.N.V.E 218 – 13	2013
Índice de alargamiento y aplanamiento.	Norma I.N.V.E 230 – 13	2013
Concreto estructural	Norma I.N.V- Artículo 630-13	2012
Especificaciones de agregados para Concretos.	Norma Técnica NTC - 174	2000

Fuente. Autor, 2023.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación en cuestión se desarrolla mediante una metodología que se clasifica en un grupo de tres etapas de estudios descriptivos. La primera es la toma de muestras del material de sedimentación en la cuenca media de los tres puntos de la extracción de material, la segunda es realizar los ensayos de laboratorio correspondientes para conocer las propiedades del material y la última es el análisis de resultados de los ensayos de laboratorio para saber si cuentan con las propiedades adecuadas para ser utilizados como insumo en la elaboración de concretos, las cuales darán cumplimiento al objetivo del estudio el cual consiste en analizar las propiedades físico-mecánicas del material de sedimentación para determinar si las características son adecuadas en la elaboración de concretos, de la investigación experimental, teniendo en cuenta las distintas variables cualitativas y cuantitativas, con sus respectivas dimensiones de la investigación a desarrollar.

6.2. NIVEL DE CONFIANZA, POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

6.2.1. Nivel de confianza de la investigación: Con el propósito de optimizar el desarrollo metodológico y alcanzar soluciones efectivas para los objetivos planteados, se ha decidido emplear un nivel de confianza del 94% en esta investigación. Esta elección se fundamenta en la búsqueda de un equilibrio entre la precisión de los resultados obtenidos y la amplitud del intervalo de confianza asociado. Al seleccionar este nivel de confianza, se persigue ofrecer un grado significativo de certeza en la generación de los resultados de la muestra a la población total, garantizando una evaluación confiable de los hallazgos. Esta decisión se alinea con la intención de obtener conclusiones respaldadas estadísticamente.

6.2.1.1. Cálculo del intervalo de confianza para la muestra de datos utilizando la distribución

normal o campana de Gauss:

Media= Es el conjunto de n , sumadas y divididas entre n .

Moda= Es el valor que más ocurre en el conjunto.

Mediana= Es el centro del conjunto ordenadas en forma creciente.

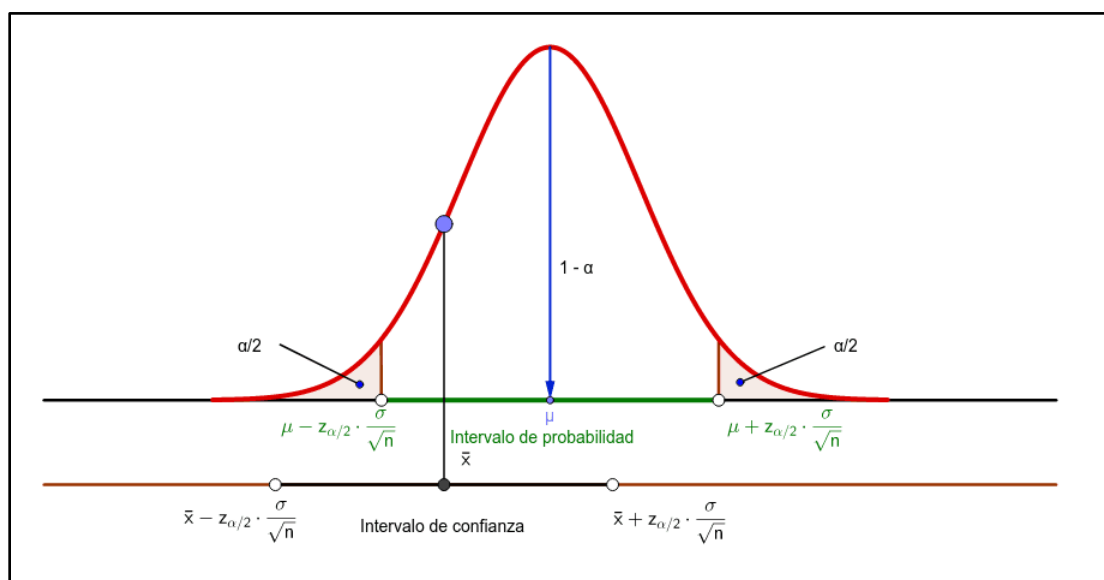
Nivel de confianza= $(1 - \alpha)$ donde α es el nivel de significación que queremos.

Z= Por medio de la tabla de Desviación normal se encuentre el valor de Z

La construcción de la campana de Gauss se utiliza con el propósito de proporcionar una representación matemática precisa de la construcción de dichos datos, permitiendo a los investigadores comprender y describir la variedad de diversos fenómenos.

Figura 2

Gráfica del intervalo de confianza por medio de la campana de Gauss



Nota. Intervalo de confianza en la campana de Gauss expresado en porcentaje. Tomado de GeoGebra, por Pedro José, 2023.

6.2.1.2. Cálculo del tamaño de la muestra infinita (cantidad de ensayos a realizar en ellos tres diferentes puntos teniendo el nivel de confianza del 94%:

Tabla 2

Nivel de confianza de la investigación.

Nivel de confianza - Z	Z	Z^2	E=error	E=error	P	P	Q	q
94%	1.88	3.5344	6%	0.06	50%	0.5	50%	0.5

Fuente. Ruiz Diaz, Francisca (intervalo para una proporción de universidad Málaga). Elaboración. Autor.

➤ **Fórmula para calcular el tamaño de muestra infinita**

$$n = \frac{z^2 * P * q}{e^2}$$

n: tamaño de la muestra

z: nivel de confianza

p: probabilidad de que ocurra el evento

q: probabilidad de que no ocurra el evento

➤ **Datos:**

Nivel de confianza: 94%

Puntos de extracción: 3

Numero de ensayos por norma INVIAS: 15

TAMAÑO DE LA MUESTRA	
n	245.44
nTotal	246

Cantidad de ensayos por punto de extracción

CANTIDAD DE ENSAYOS	
n	246
Puntos de extracción	3
$246/3$	82

La cantidad de ensayos por punto de extracción se calcula dividiendo la cantidad de ensayos entre la cantidad de puntos de extracción.

Repeticiones de ensayos a realizar por punto, para agregados gruesos como para finos.

REPETICIONES POR ENSAYO	
Cantidad de ensayos por punto de extracción	82
No. de ensayos según INVIAS	15
Repeticiones por ensayo	6

La cantidad de repeticiones que se deben realizar para garantizar el nivel de confianza son 6 y se calcula dividiendo la cantidad de ensayos por puntos de extracción entre los ensayos que se van a realizar según el INVIAS 200.

6.2.2. Población: Se trabajar con una población según la I.N.V.E 201 60 kg por muestra:

- 10 kg para agregado fino
- 50 kg para agregado grueso

La I.N.V.E 201 menciona que hay un número mínimo y masas de las muestras que se deben tomar en campo, a continuación, se indicara una tabla con el tamaño de las muestras por extraer:

Tabla 3

Tamaño de las muestras de agregado fino y agregado grueso.

Tamaño máximo nominal de agregados (*) (mm)	Masa mínima aproximada de las muestras de yacimiento (**) (Kg)
Agregado fino	
2,36 (No 8)	10
4,75 (No 4)	10
Agregado grueso	
9,5 (3/8")	10
12,5 (1/2")	15
19,0 (3/4")	25
25,0 (1")	50
37,5 (1 ½")	75
50,0 (2")	100

Fuente. I.N.V.E 201, 2013.

La I.N.V.E 201 menciona que las muestras citadas anteriormente son tentativas puesto que las masas que se deben tomar dependen de la cantidad de ensayos que se van a realizar y se debe proveer la cantidad suficiente para ejecutar estas pruebas de laboratorio.

6.2.3. Muestra: Se trabajará 60 kg de material sedimentario por muestra de laboratorio de la cual se deben extraer 6 muestras por ensayo para obtener un nivel de confianza del 94%.

6.2.4. Muestreo: Las muestras corresponden al material sedimentario son procedentes de la cuenca media del río Sangoyaco, para llevar a cabo la recolección de las muestras se realiza un muestreo al azar en los bancos de arena que se encuentren en los diferentes puntos de extracción de la cuenca del río Sangoyaco, los cuales se encuentran ubicados:

- Primer punto de extracción: **(1.1527318336187993N – 76.65597681678025W)**
- Segundo punto de extracción: **(1.148155041756848N – 76.64435170214007W)**
- Tercer punto de extracción: **(1.156762874959671N – 76.66190633738663W)**

Estos puntos de extracción cuentan con agregados gruesos y agregados finos en su estado natural, los cuales han sido depositados por las corrientes de agua en la cuenca del río Sangoyaco.

7. ANÁLISIS DE LABORATORIO

7.1. PRUEBAS DE LABORATORIO

7.1.1. I.N.V.E. 133 - Equivalente de arena:

Para la elaboración de este ensayo, se emplearon muestras con agregado fino que pasen el tamiz N4 de los tres diferentes puntos de extracción de la cuenca del río Sangoyaco. Estas muestras fueron sometidas a una reducción mediante el método del cuarteo, siguiendo las recomendaciones de la norma I.N.V.E 202, logrando así obtener aproximadamente 1500g del agregado.

A continuación, se procedió con la preparación de las muestras destinadas a la ejecución de este ensayo, siguiendo el procedimiento B descrito en la norma I.N.V.E 133. Este procedimiento implica el uso de las muestras mencionadas anteriormente, las cuales consisten en masas que oscilan entre 1000 a 1500g.

Para verificar el estado de cada muestra, estas se extendieron en un recipiente y se mezclaron de manera exhaustiva. Posteriormente, se tomó una pequeña cantidad en la palma de la mano para verificar si se forma una masilla que puede ser manejable sin romperse y con ello lograr el nivel adecuado de humedad, como no cumplió con este criterio en el primer intento, se humedeció la muestra y se repitieron los pasos las veces necesarias hasta alcanzar el nivel adecuado de humedad.

Luego de este proceso, se extrajo la muestra de este material con un recipiente para medir el espécimen descrito por la normativa, la cual se introdujo en el horno para alcanzar una masa constante. Estos procedimientos se repitieron para cada muestra, asegurando la consistencia adecuada en el proceso de preparación y evaluación.

Para continuar con el desarrollo del ensayo, se vertió la solución de trabajo de cloruro de calcio en el cilindro graduado hasta una altura de 4 pulgadas. Luego utilizando un embudo, se incorporó en el cilindro el espécimen de ensayo evaluado anteriormente. Se golpeó el fondo del cilindro varias veces con la palma de la mano para liberar los vacíos presentes en la muestra, y se dejó reposar durante 10

minutos. Después de este periodo, se tapó el cilindro para aflojar el material del fondo con movimientos suaves y se inició la acción de agitación de manera manual, agitando el cilindro aproximadamente 90 ciclos en 30 segundos. inmediatamente después de este paso, se colocó el cilindro verticalmente y se llenó de solución utilizando el tubo irrigador hasta llegar al fondo, con el propósito de que se liberen las partículas más livianas y se decanten, se dejó en reposo por 20 minutos y finalmente se determinó el nivel de arcilla y arena presentes en el cilindro.

- **Procedimiento Fotográfico del ensayo Equivalente de arena en los tres diferentes puntos de extracción:**

Figura 3

Preparación de las muestras



Fuente. Propia, 2023.

Figura 4

Toma de especímenes



Fuente. Propia, 2023.

Figura 5*Introducción muestra Y liberación burbujas de aire.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 6*Agitación por método manual 90 ciclos.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 7*Muestra en estado de reposo (20 min).*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 8*Lectura de Arena y Arcilla.*

Fuente. Propia, 2023.

7.1.2. I.N.V.E. 122 – Contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo

- Agregado:

El análisis de contenidos de humedad, conforme al instituto nacional de Vías (INVIAS), menciona la importancia fundamental en la evaluación de los materiales empleados en proyectos de infraestructura. Este procedimiento se ejecuta con el propósito de determinar la presencia de la cantidad de agua en una muestra o material, lo que permite comprender su comportamiento y propiedades físicas.

La metodología del INVIAS establece las pautas necesarias para la toma de muestras, secado, pesaje y cálculos de contenidos de humedad, asegurando resultados confiables. El procedimiento para realizar este ensayo implica la extracción y cuarteo en sitio del material, seguido por la pesada en estado húmedo en el laboratorio, posteriormente se somete la muestra a un proceso de secado en un horno a una temperatura de 110° hasta alcanzar masa constante. Estos pasos permiten realizar los cálculos necesarios para conocer el contenido de humedad del material en cuestión.

➤ Primer punto de extracción:

Figura 9

Muestras húmedas P1.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 10

Muestras secas P1.



Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 11

Muestras húmedas P2.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 12

Muestras secas P2.



Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 13

Muestras húmedas P3.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 14

Muestras secas P3.



Fuente. Propia, 2023.

7.1.3. I.N.V.E. 202 - Reducción de muestras de agregados por cuarteo:

El procedimiento de reducir muestras volumétricas de agregados sedimentarios se realizó en campo de forma manual con el fin de ajustar las muestras tomadas a un tamaño apropiado para los diferentes ensayos que se realizan en laboratorio. Se empleó el método B del I.N.V.E 202, en el cual se utiliza una pala común, pala de borde recto, pesa de mano y 3 x 3 metros de plástico.

Para llevar a cabo este proceso, se extrajo material de los bancos de arena correspondientes de las diferentes muestras, y se procedió a pesarlas conforme a las dimensiones estipuladas por la norma I.N.V.E 201 (Figura 7 y 8). Posteriormente, se colocó la muestra sobre una lámina de plástico en una superficie plana y limpia, donde se mezcló completamente la muestra para poner el material en forma de cono (Figura 9) y finalmente se aplano el cono para llevar a cabo el cuarteo las veces que sea necesario (Figura 10, 11 y 12). Este método garantiza la obtención de muestras representativas y homogéneas, esenciales para la realización de los ensayos de laboratorio.

➤ Primer punto de extracción:

Figura 15

Banco de arena P1.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 16

Pesaje de la muestra en campo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 17*Material sobre plástico y forma de cono.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 18*Material aplanado.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 19*Cuarteo de la muestra.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 20*Retiro de 2 cuartos opuestos.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 21

Banco de arena P2.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 22

Recolección de las muestras.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 23

Pesaje del material.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 24

Material sobre plástico.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 25*Cuarteo de la muestra.*

Fuente. Propia, 2023

Figura 26*Retiro de 2 cuartos opuestos.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ **Tercer punto de extracción:****Figura 27***Bancos de arena P3.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 28*Pesaje del material.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 29*Muestra aplanado.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 30*Cuarteo de la muestra.*

Fuente. Propia, 2023.

7.1.4. I.N.V.E 211 – Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados:

Para realizar este ensayo se utilizaron los siguientes materiales; la balanza, recipientes, tamices de diversos tamaños (1", ¾", ½", 3/8", N4, N16, N200), agua destilada y horno. La muestra que se utilizó para este ensayo es la que queda después de lavarla, estar libre del material que pasa a través del tamiz No.200 y seca hasta alcanzar masa constante.

Las muestras que se utilizaron fueron de tamaños mayores a N16 y deberán ser separadas en diferentes tamaños y las masas de las muestras no pueden ser inferiores a las que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 4

Masa mínima de las muestras de ensayo.

TAMAÑO DE PARTÍCULAS ENTRE TAMICES DE	MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO, g
(No.4 -3/8")	1000
(3/8" - 3/4")	2000
(3/4"-1 ½")	3000
N16	>25

Fuente. I.N.V.E 211, 2013.

Es importante mencionar que como nuestro tamaño máximo nominal es de 1" los ensayos fueron llevados a cabo hasta dicho tamaño de material para los tres diferentes puntos de extracción, teniendo siempre en cuenta la norma I.N.V.E. En cada punto de extracción, se ejecutarán un total de 6 ensayos para la determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales, teniendo en cuenta el nivel de confianza. Es importante mencionar que es fundamental la realización de este ensayo puesto que es un factor importante al momento de conocer si los materiales son aptos para elaborar concretos.

Una vez que las masas de las muestras están preparadas, se procede a dejarlas en inmersión con agua destilada durante 24 ± 4 horas en una capa delgada sobre el fondo del recipiente. Al concluir el tiempo de inmersión, se aprietan individualmente las partículas, entre el pulgar y el índice, donde se trataban de romperlas en tamaños más pequeños sin utilizar las uñas.

Luego de desintegrar todas las partículas de terrones de arcilla y partículas deleznales, se procede a realizar un tamizado en húmedo utilizando diferentes tamices (N4, N8, N20), dependiendo el tamaño de la muestra se utiliza el tamiz para lavar, finalmente se retiran las partículas retenidas en el tamiz, se someten a un proceso de secado hasta alcanzar masa constante para pesar y sacar el porcentaje de terrones de arcillas y partículas deleznales.

Tabla 5

Masa mínima de las muestras de ensayo.

TAMAÑO DE PARTÍCULAS ENTRE TAMICES DE	TAMAÑO DEL TAMIZ PARA REMOVER EL RESIDUO DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES DE LOS AGREGADOS
(No.4 -3/8")	N8
(3/8" - 3/4")	N4
(3/4"-1")	N4
N16	N20

Fuente. I.N.V.E 211, 2023.

➤ **Primer punto de extracción:**

Figura 31

Lavado del material.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 32

Secado de material.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 33

Pesaje de la muestra P1.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 34

Muestras listas para dejar en inmersión.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 35

Muestras en inmersión por 24±4 horas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 36

Partículas apretadas individualmente.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 37*Tamizado en húmedo.*

Fuente. Propia. 2023.

Figura 38*Terrones de arcilla.*

Fuente: Propia. 2023.

Figura 39*Muestras tamizadas en húmedo.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 40*Secado de material.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 41

Pesaje de material P2.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 42

Muestras listas para dejar en inmersión.



Fuente. Propio, 2023.

Figura 43

Muestras en inmersión por 24±4 horas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 44

Partículas apretadas individualmente.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 45*Tamizado en húmedo.*

Fuente. Propio, 2023.

Figura 46*Tamiz estipulado por la norma.*

Fuente. Propio, 2023.

Figura 47*Muestras tamizadas en húmedo.*

Fuente. Propia, 2023.

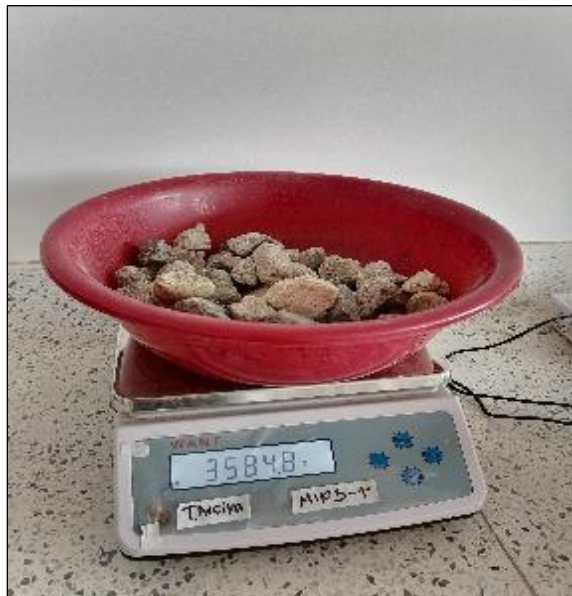
Figura 48*Secado de las muestras.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción

Figura 49

Pesaje de muestras P3.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 50

Muestras listas para dejar en inmersión.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 51

Agua destilada utilizada en el ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 52

Muestras en inmersión por 24±4 horas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 53*Partículas apretadas individualmente*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 54*Tamizado en húmedo.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 55*Partículas deleznales.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 56*Muestras tamizadas en húmedo.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 57*Secado de las muestras.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 58*Pesaje muestra lavada y seca.*

Fuente. Propia, 2023.

7.1.5. I.N.V.E 212 – Presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos:

Se obtiene muestras de los tres diferentes puntos de extracción de la cuenca media del río Sangoyaco, las cuales están sometidas a un proceso de secado al aire. Con el propósito de evaluar la presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos, se requiere realizar un ensayo que incluye la determinación del color de referencia y la solución de hidróxido de sodio (disolviendo 194 partes de agua destilada en 6 partes de hidróxido de sodio). El procedimiento para llevar a cabo este ensayo comienza con la utilización de una botella de vidrio incoloro en la cual se vierten 130 ml de agregado fino, luego se añade la solución de hidróxido de sodio, hasta que el volumen de arena y líquido, después de agitado sea aproximadamente igual a 200 ml y por último se deja reposar por 24 horas para realizar una comparación del color de la muestra y el color de referencia preparado anteriormente. Se realizan 6 muestras por punto de extracción.

➤ **Primer punto de extracción:**

Figura 59

Cuarteo de la muestra P1.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 60

Pesaje de 450g de arena seca.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 61

Materiales utilizados en el ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 62

Preparación de hidróxido de sodio.



Fuente. Propio, 2023.

Figura 63*130 ml de arena en la botella.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 64*Arena más hidróxido de sodio.*

Fuente. Propio, 2023.

Figura 65*Muestras en reposo por 24 horas.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 66*Muestras después del reposo.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 67

Cuarteo de muestras P2.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 68

Pesaje de 450g de arena seca.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 69

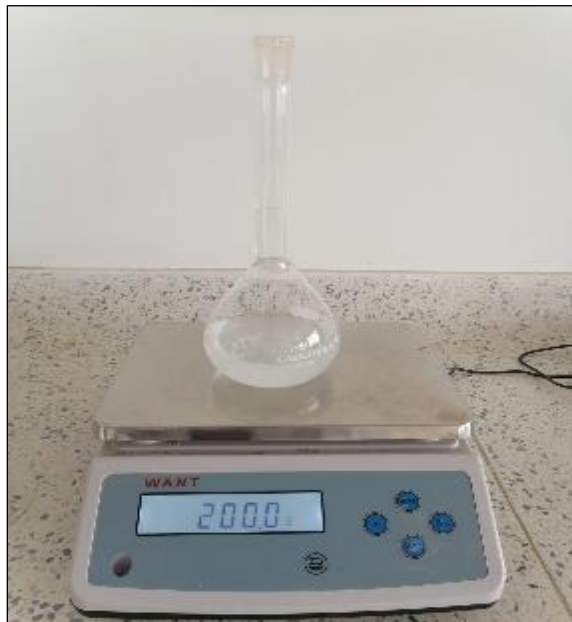
Materiales utilizados.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 70

Preparación de hidróxido de sodio.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 71

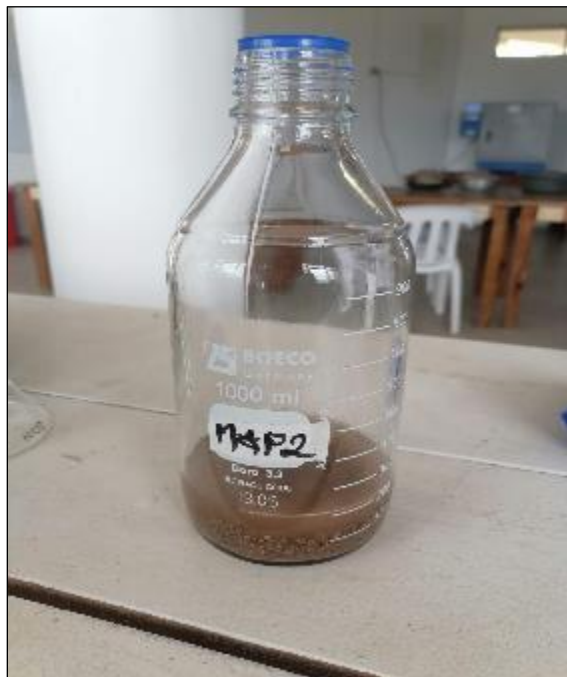
130 ml de arena en la botella.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 72

Arena más hidróxido de sodio.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 73

Muestras en inmersión.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 74

Muestras en reposo por 24 horas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 75

Muestras después del reposo.



Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 76

Muestra de fino seca al aire P3.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 77

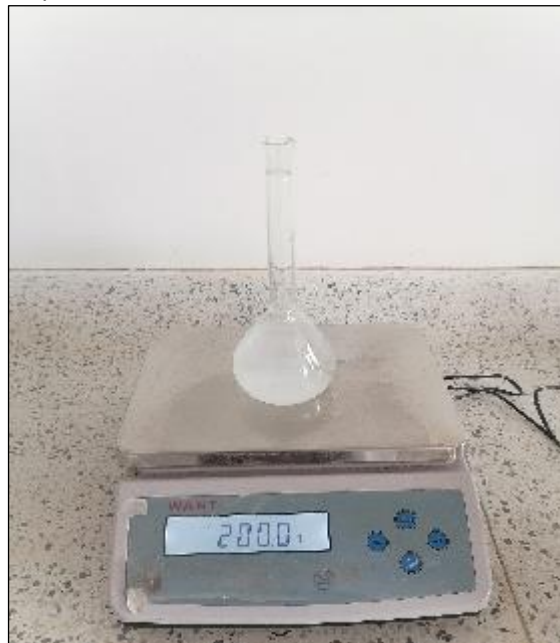
Pesaje de 450g de arena seca.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 78*Materiales utilizados.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 79*Preparación de hidróxido de sodio.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 80*130 ml de arena para el ensayo.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 81*130 ml de arena en la botella.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 82*Arena más hidróxido de sodio.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 83*Muestras después del reposo.*

Fuente. Propia, 2023.

7.1.6. I.N.V.E 213 – Análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos:

Las muestras utilizadas en este ensayo fueron tomadas de los tres diferentes puntos de extracción presentes en la cuenca media del río Sangoyaco, posteriormente a su extracción fueron cuartadas en sitio para ser llevado al laboratorio únicamente el material esencial para la realización de este ensayo. Es importantes mencionar que las muestras antes de ser utilizadas en este ensayo han sido depuradas de cualquier material que pasa el tamiz No.200 y también han sido sometidas a un proceso de secado hasta alcanzar masa constante.

Muestras de finos y gruesos: Se toma muestras de aproximadamente 60kg (50kg gruesos y 10kg finos), se mezclan completamente y se realiza el cuarteo en sitio para llevar al laboratorio muestras aproximadas de 15kg, son sometidas a un proceso de lavado y secado, para realizar el proceso de tamizado con los siguientes tamices No. 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N4, N8, N16, N30, N50, N100, N200 y fondo.

➤ Primer punto de extracción:

Figura 84

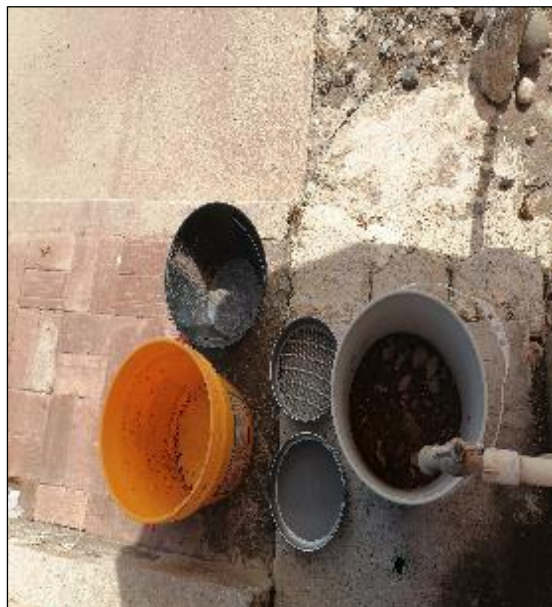
Muestras de finos y gruesos seca-sucia.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 85

Lavado de material.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 86

Muestra lavada y seca.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 87

Juego de Tamices.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 88

Material retenido en los tamices.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 89

Material retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ ".



Fuente. Propia, 2023.

Figura 90

Limpieza de los tamices.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 91

Pesaje de material retenido.



Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 92

Muestras de finos y gruesos seca-sucia.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 93

Lavado de muestras.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 94

Muestra en los tamices.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 95

Juego de tamices.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 96*Material retenido en los tamices.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 97*La prueba del minuto.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ **Tercer punto de extracción:**

Figura 98*Lavado de material.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 99*Secado de material.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 100*Muestra de finos y gruesos limpia-seca.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 101*Juego de tamices.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 102*Material retenido en los tamices.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 103*Material retenido separado.*

Fuente. Propia, 2023.

7.1.7. I.N.V.E 214 – Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75mm

(No.200) en los agregados pétreos mediante lavado:

Para la realización de este ensayo se realiza la extracción del material sedimentario del río Sangoyaco al cual se le hace una reducción por cuarteo, por lo tanto, no se cuenta con una masa precisa y predefinida para este ensayo. En este proceso se utilizan dos tamices (No. 200 y No.16), balanza, recipientes, horno. El procedimiento empleado es el siguiente:

En la primera etapa, la muestra de ensayo es sometida a un proceso de secado hasta alcanzar masa constante, luego se registra su peso y se depositado en un recipiente, donde se incorpora agua pura para cubrir completamente la muestra, a continuación, se mezcla energéticamente el contenido del recipiente para separar las partículas finas de las de mayor tamaño mediante tamizado por vía humada. Posteriormente, se vierte de inmediato al agua de lavado sobre el conjunto de tamices mencionados previamente, las veces necesarias hasta que el agua que se deposite en el recipiente sea clara.

En la última etapa, se seca el material lavado anteriormente hasta obtener masa constante, permitiendo así la determinación de su peso.

➤ Primer punto de extracción:

Figura 104

Muestras sucias secas del P1.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 105

Llenado del recipiente con agua.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 106*Lavado de material.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 107*Muestras limpias.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 108*Secado de material.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 109*Muestras limpias y secas.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 110: *Muestras sucias secas P2.*



Fuente: Propia. 2023.

Figura 111: *Lavado de material.*



Fuente: Propia. 2023.

Figura 112: *Muestras lavadas.*



Fuente. Propia, 2023.

Figura 113: *Muestras limpias y secas.*



Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 114

Muestras secas sucias P3.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 115

Lavado de muestras.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 116

Muestras lavadas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 117

Muestras limpias y secas.



Fuente. Propia, 2023.

7.1.8. I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto en agregado fino:

Las muestras de agregado fino para efectuar este ensayo se obtienen respecto a la I.N.V.E 201 y se les debe realizar el cuarteo con la I.N.V.E 202. Estas muestras son sometidas a un proceso de secado en horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ hasta obtener masa constante. Se utiliza una camisa de encofrado de concreto de 10.16 cm de diámetro por 20.32 cm de alto, cucharón, balanza. Para determinar la densidad bulk del agregado fino en estado suelto se llena el recipiente con un cucharón, desde una altura no mayor de 2 pulgadas del borde de la camisa de concreto hasta llenarlo en su totalidad, luego de que el recipiente está lleno se enrasa el recipiente con la varilla compactadora de acero, este procedimiento se lo realiza con el propósito de que compensen todos los vacíos del recipiente que contiene el material uniformemente con el plano de enrase, por último se determina la masa de la camisa de concreto llena del material de la muestra de agregado fino y se anotan los valores dados.

➤ **Primer punto de extracción:**

Figura 118

Muestras secas de ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 119

Muestra para ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 120*Camisa cilíndrica de concreto.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 121*Vaciado del material.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 122*Enrasado de la superficie.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 123*Determinación de la masa.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 124

Muestra lista para ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 125

Peso de camisa de concreto vacía.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 126

Vaciado del material a camisa.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 127

Enrasado de la superficie.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 128*Muestras resanadas.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 129*Pesaje de la muestra.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 130*Muestra lista para ensayo.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 131*Vaciado del material a camisa.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 132*Enrasado de la muestra.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 133*Pesaje de material.*

Fuente. Propia, 2023.

7.1.9. I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado compacto en agregado fino:

Las muestras de agregado fino para efectuar este ensayo se obtienen respecto a la I.N.V.E 201 y se les debe realizar el cuarteo con la I.N.V.E 202. Estas muestras son sometidas a un proceso de secado en horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ hasta obtener masa constante. Se utiliza una camisa de encofrado de concreto de 10.16 cm de diámetro por 20.32 cm de alto, cucharón, balanza. Para determinar la densidad bulk del agregado varillado o apisonado, se llena el recipiente en tres capas aproximadamente igual medida hasta llenarlo en su totalidad. A continuación, se apisona cada capa con 25 golpes con la varilla distribuida sobre la capa. Después de compactar la capa final se enrasa la superficie del recipiente con el agregado al pasar la varilla de acero, logrando que se compensen todos los vacíos del recipiente que contiene el material uniformemente con el plano de enrase, por último, se determina la masa de la camisa de concreto llena del material de la muestra de agregado fino y se anotan los valores dados.

➤ **Primer punto de extracción:**

Figura 134

Material pasante del tamiz N4.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 135

Muestra para ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 136

Vaciado del material.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 137

Apisonamiento de las capas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 138*Apisonamiento de ultima capa.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 139*Pesaje de las muestras apisonadas.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 140*Muestra lista para ensayo.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 141*Camisa de concreto.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 142*Apisonamiento de las capas.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 143*Pesaje de las muestras.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 144*Muestras para el ensayo.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 145*Camisa de concreto.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 146

Apisonamiento de primera capa.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 147

Apisonamiento de todas las capas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 148

Enrasado de la muestra.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 149

Pesaje de las muestras.



Fuente. Propia, 2023.

7.1.10. I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto en agregado grueso:

Las muestras de agregado grueso para efectuar este ensayo se obtienen respecto a la I.N.V.E 201 y se les realiza un cuarteo con la I.N.V.E 202 en sitio. Estas muestras son sometidas a un proceso de secado en horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ hasta obtener masa constante. Se utiliza un molde cilíndrico de 20.5 cm de diámetro por 31.6 cm de alto, un cucharon, balanza. Para determinar la densidad bulk del agregado grueso en estado suelto se llena el recipiente con un cucharon, desde una altura no mayor de 2 pulgadas del borde de la camisa de concreto hasta llenarlo en su totalidad, luego de que el recipiente está lleno se enrasa el recipiente con la varilla compactadora de acero, este procedimiento se lo realiza con el propósito de que compensen todos los vacíos del recipiente que contiene el material uniformemente con el plano de enrase, por último se determina la masa de la camisa de concreto llena del material de la muestra de agregado grueso y se anotan los valores dados.

➤ **Primer punto de extracción:**

Figura 150

Muestra para ensayo P1.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 151

Molde cilíndrico de 20.5 cm diámetro.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 152

Vaciado de material al molde.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 153

Pesaje de molde cilíndrico vacío.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 154

Enrasado de material en el molde.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 155

Pesaje de material con el molde.



Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 156

Muestras de ensayo P2.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 157

Vaciado de material a molde.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 158

Enrasado del material en el molde.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 159

Pesaje de material con molde.



Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 160

Muestra para ensayo P3.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 161

Molde cilíndrico vacío.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 162

Medición de la muestra en el molde.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 163

Pesaje de material con molde.



Fuente. Propia, 2023.

7.1.11. I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado compacto en agregado grueso:

Las muestras de agregado grueso para efectuar este ensayo se obtienen respecto a la I.N.V.E 201 y se les debe realizar el cuarteo con la I.N.V.E 202. Estas muestras son sometidas a un proceso de secado en horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ hasta obtener masa constante. Se utiliza una camisa de encofrado de concreto de 20.5 cm de diámetro por 31.6 cm de alto, cucharón, balanza. Para determinar la densidad bulk del agregado varillado o apisonado, se llena el recipiente en tres capas aproximadamente igual medida hasta llenarlo en su totalidad. A continuación, se apisona cada capa con 25 golpes con la varilla distribuida sobre la capa. Después de compactar la capa final se enrasa la superficie del recipiente con el agregado al pasar la varilla de acero, logrando que se compensen todos los vacíos del recipiente que contiene el material uniformemente con el plano de enrase, por último, se determina la masa de la camisa de concreto llena del material de la muestra de agregado grueso y se anotan los valores dados.

➤ **Primer punto de extracción:**

Figura 164

Material retenido tamiz N4.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 165

Vaciado de material.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 166*Apisonado material por capas.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 167*Enrasado de muestra de gruesos.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 168*Muestras listas para pesaje.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 169*Pesaje de las muestras.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 170

Material retenido tamiz N4.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 171

Apisonado de las capas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 172

Enrasado de la muestra.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 173

Pesaje de las muestras.



Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 174

Muestra y molde cónico para ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 175

Apisonada de todas las capas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 176

Enrasado de la muestra.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 177

Pesaje de las muestras.



Fuente. Propia, 2023.

7.1.12. I.N.V.E 222 – Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado**fino:**

Las muestras que se utilizan para realizar este ensayo se toman de los tres diferentes puntos de extracción con la norma I.N.V.E – 201, luego se procede a realizar la reducción de la muestra hasta alcanzar la fracción requerida para el ensayo que en este caso es aproximadamente 1000 gramos de agregado fino pasante del tamiz N4, esta muestra es sumergida en agua durante un periodo de tiempo de 24 ± 4 horas esto se realiza con el fin de saturar todos los poros permeables.

Después de este proceso, se procede a decantar cuidadosamente las muestras para evitar la pérdida de finos. A continuación, las muestras se someten a un secado superficial utilizando un secador de cabello. Este paso tiene como objetivo determinar si las partículas de finos alcanzan el nivel óptimo de sequedad, sin quedar muy húmedas o muy secas. Se emplea un cono en el cual se introduce parte de la muestra hasta rebosarlo, y posteriormente se apisona con el pisón mediante 25 golpes. Acto seguido se retira el cono suavemente en posición vertical para observar si la muestra se derrumba parcialmente, buscando alcanzar su punto ideal. En caso de no lograrlo en el primer intento, se repite el proceso las veces que sea necesario hasta alcanzar dicho punto.

Posteriormente, se llena parcialmente el picnómetro con agua y a introducir en el agua una cantidad de 500 ± 10 g del agregado fino saturado superficialmente seco, que fu ensayado previamente, acto seguido, se agrega agua hasta alcanzar aproximadamente el 90% de la capacidad del picnómetro. Posteriormente se emplea el uso de la máquina de vacíos para lograr eliminar de manera efectiva las burbujas de aire visibles y con ello los vacíos presentes en la muestra.

Finalmente, se retira la muestra del picnómetro y se coloca en un recipiente, el cual se introduce en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$. La muestra se mantiene en el horno hasta alcanzar masa constante para luego determinar su masa.

➤ Primer punto de extracción:

Figura 178

Pesaje de muestras para inmersión.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 179

Inmersión de las muestras.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 180

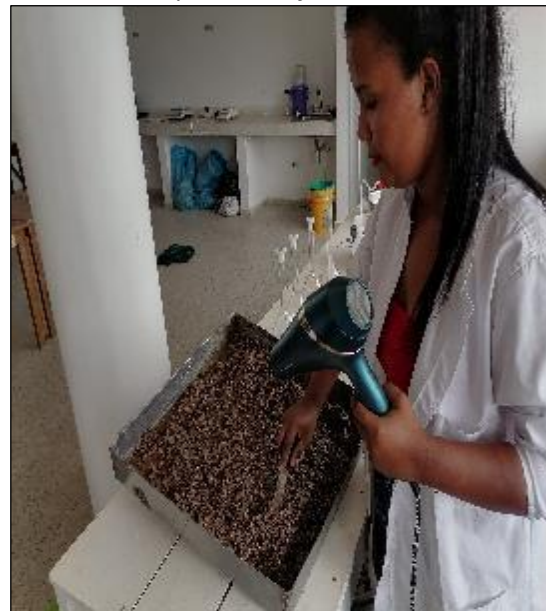
Decantación de la muestra.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 181

Secado de las partículas finas.



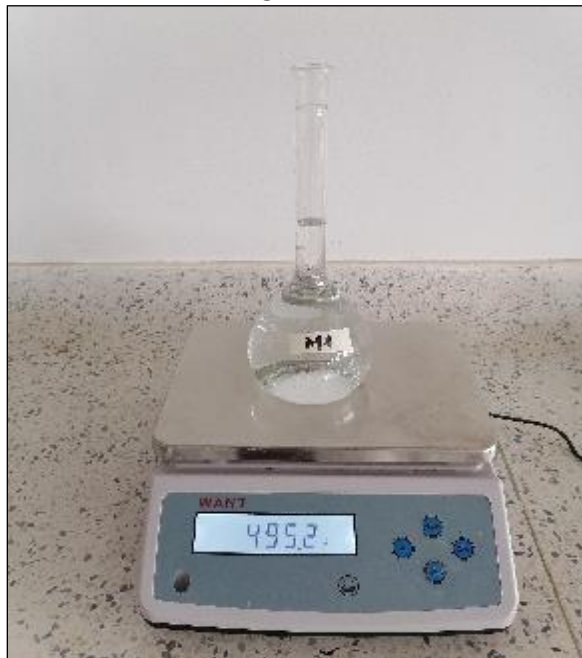
Fuente. Propia, 2023.

Figura 182*Ensayo del cono del agregado sin éxito.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 183*Muestra de agregado fino SSS.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 184*Picnómetro lleno de agua.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 185*Vaciado de la muestra al picnómetro.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 186*Eliminación de vacíos.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 187*Toma de temperatura de la muestra.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 188*Retiro de la muestra del picnómetro.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 189*Muestra seca al horno P1.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 190

Reducción de muestras.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 191

Pesaje de muestras para inmersión.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 192

Inmersión de las muestras.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 193

Decantación de las muestras.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 194*Secado de las partículas finas.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 195*Muestra de agregado fino SSS.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 196*Picnómetro lleno de agua.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 197*Vaciado de la muestra al picnómetro.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 198*Eliminación de vacíos.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 199*Toma de temperatura de la muestra.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 200*Retiro de muestra del picnómetro.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 201*Muestra seca al horno del P2.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 202

Material pasante tamiz N4.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 203

Pesaje de muestras para inmersión.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 204

Inmersión de las muestras P3.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 205

Decantación de las muestras P3.



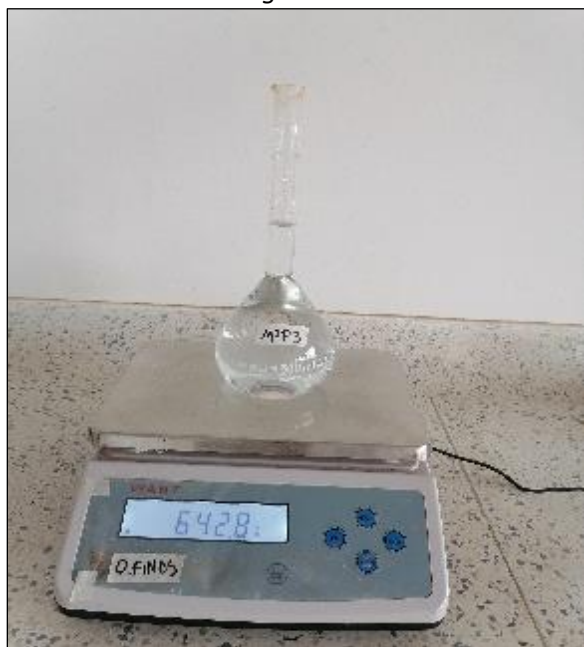
Fuente. Propia, 2023.

Figura 206*Secado de las partículas finas P3.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 207*Muestra de agregado fino SSS.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 208*Picnómetro lleno de agua P3.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 209*Vaciado de muestra al picnómetro.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 210*Eliminación de vacíos P3.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 211*Muestras libres de vacíos P3.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 212*Toma de temperatura de la muestra.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 213*Muestras retiradas del picnómetro.*

Fuente. Propia, 2023.

7.1.13. I.N.V.E 223 – Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado**grueso:**

Las muestras empleadas en este ensayo fueron inicialmente extraídas de la cuenca del río Sangoyaco siguiendo las pautas establecidas por la norma I.N.V.E – 201, en los tres diferentes puntos de extracción. Posteriormente, se reducidas al tamaño óptimo para el ensayo según la norma I.N.V.E – 202, también se eliminaron todos los finos pasantes del tamiz N4, tanto en el tamizado seco como en el lavado, con el objetivo de remover para remover cualquier fino adheridos a las partículas gruesas de las diferentes muestras. Luego, las muestras fueron sometidas a un proceso de secado al horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ hasta obtener masa constante.

Para el ensayo de Absorción: Las muestras, previamente pesadas según la normatividad vigente del INVIAS, se sumergieron en agua por 24 ± 4 horas. Luego se retiró el agua, las muestras se secaron superficialmente con una toalla adsorbente y se determina la masa de cada una.

En cuanto a Gravedad específica: Se utilizó el mismo material empleado en el ensayo de absorción para llevar a cabo este procedimiento, se empleó un tanque lleno de agua suficiente para sumergir una canastilla metálica cargada de material sedimentario grueso mediante un dispositivo de suspensión, con el fin de obtener el peso de las muestras en estado superficialmente saturado. Finalmente, las muestras se secaron a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ hasta obtener masa constante y se determinó su masa.

➤ Primer punto de extracción:

Figura 214

Muestras de ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 215

Inmersión de las muestras P1.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 216

Secado superficial de la muestra.



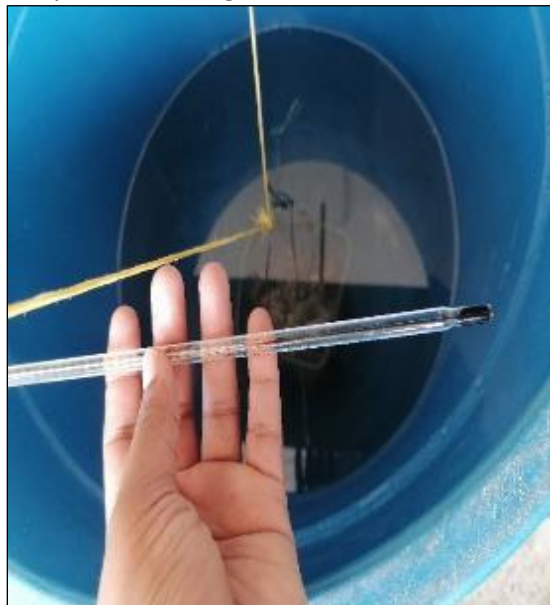
Fuente. Propia, 2023.

Figura 217

Muestra saturada superficie seca P1.



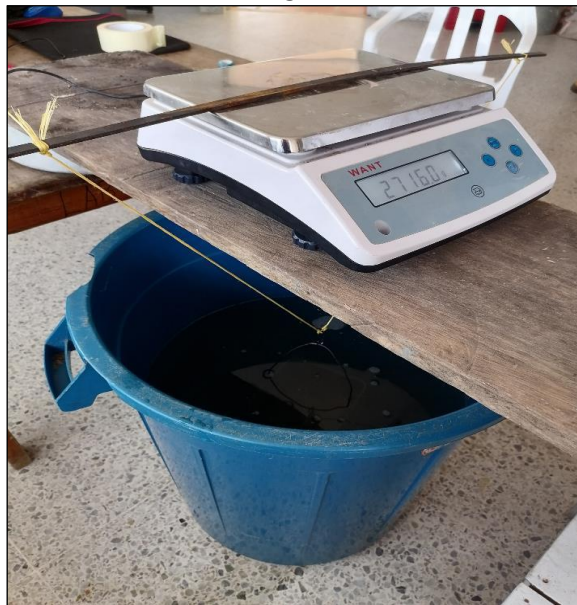
Fuente. Propia, 2023.

Figura 218*Temperatura del agua.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ **Segundo punto de extracción:****Figura 220: Muestras de ensayo.***Muestras de ensayo.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 219*Masa de muestra sumergida P1.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 221*Inmersión de las muestras P2.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 222*Secado superficial de la muestra.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 223*Muestra saturada superficie seca P2.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 224*Temperatura del agua.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 231*Masa de muestra sumergida P2.*

Fuente. Propia, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 225

Muestras de ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 226

Inmersión de las muestras P1.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 227

Secado superficial de la muestra.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 228

Muestra saturada superficie seca P3.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 229*Temperatura del agua P3.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 230*Masa de muestra sumergida P3.*

Fuente. Propia, 2023.

7.1.14. I.N.V.E 227 – Porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso:

En este ensayo se utilizaron muestras de tamaños superiores a 3000g, ya que el tamaño máximo nominal es de 1". Se llevo a cabo la extracción de material sedimentario de la cuenca del rio Sangoyaco desde los tres diferentes, siguiendo los protocolos establecidos por la norma I.N.V.E 201, posteriormente se realizó una reducción de la muestra de acuerdo con lo especificado en la norma I.N.V.E 202. A continuación, se procedió a lavar el material con el objetivo de eliminar los finos adheridos a los agregados gruesos. Una vez que el material estuvo completamente seco, se dispersó sobre una superficie plana y limpia para llevar a cabo un análisis detallado de cada partícula de la muestra, donde el análisis tenía como finalidad determinar la presencia de caras fracturadas en las partículas, lo que permitió clasificar las muestras en tres categorías: partículas con 1 cara fracturadas, partículas con 2 o más caras fracturadas, partículas sin caras fracturadas, finalmente se pesa la masa de cada categoría para obtener datos cuantificativos sobre la distribución de las características fracturadas de las muestras.

- Registro gráfico del procedimiento de las muestras en los tres diferentes puntos de extracción:

Figura 231

Separación categorías en diferentes tamaños



Fuente. Propia, 2023.

Figura 232

Partículas de 1 cara fracturada.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 233

Partículas de 2+ caras fracturadas.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 234

Partículas sin caras fracturadas.



Fuente. Propia, 2023.

7.1.15. I.N.V.E 230 – Índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados:

El material ingresado al laboratorio para este ensayo, fue extraído y reducido por cuarteo hasta obtener una muestra representativa para el ensayo dependiendo del tamaño nominal del agregado, posteriormente lavado para eliminar los finos adheridos y seco hasta alcanzar masa constante.

Para el ensayo de alargamiento: Haciendo el uso de los tamices ($1''$, $\frac{3}{4}''$, $\frac{1}{2}''$, $\frac{3}{8}''$) se divide la muestra de cada tamiz retenido para obtener la masa de cada diámetro, luego se utiliza el calibrador de alargamiento donde se pasa partícula por partícula para conocer la masa de las partículas que quedan retenidas entre cada par de barras y así determinar las partículas alargadas presentes en la muestra.

En cuanto al ensayo de aplanamiento: Haciendo el uso de la misma muestra utilizada para realizar el ensayo de alargamiento donde la muestra está separada por diámetros, posteriormente se hace uso al calibrador de aplanamiento donde se intentan hacer pasar a mano una por una las partículas de la muestra este proceso se lo realiza con cada abertura del calibrador dependiendo del diámetro, donde por último se conoce las partículas aplanadas presentes en la muestra.

- Procedimiento grafico del ensayo de alargamiento de los agregados en los tres puntos de extracción:

Figura 235

Material retenido tamiz 1".



Fuente. Propia, 2023.

Figura 236

Material retenido tamiz 3/4 ".



Fuente. Propia, 2023.

Figura 237

Material retenido tamiz 1/2".



Fuente. Propia, 2023.

Figura 238

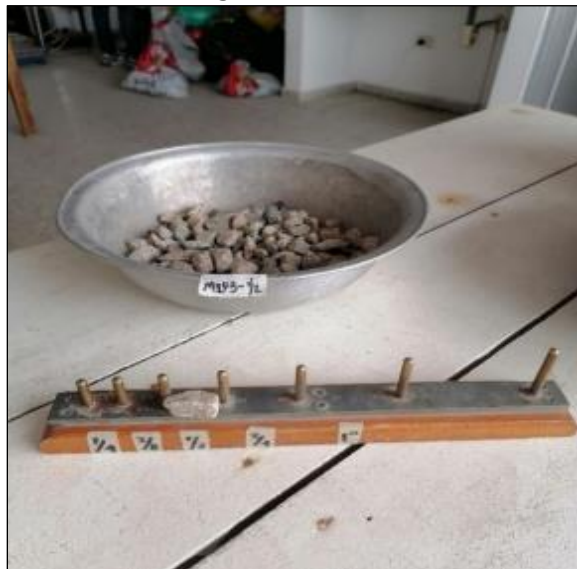
Material retenido tamiz 3/8".



Fuente. Propia, 2023.

Figura 239

Calibrador de alargamiento.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 240

Partículas retenidas en el calibrador.



Fuente. Propia, 2023.

- **Procedimiento grafico del ensayo de aplanamiento de las muestras de agregados en los diferentes puntos de extracción:**

Figura 241

Material retenido tamiz 1".



Fuente. Propia, 2023.

Figura 242

Material retenido tamiz 3/4".



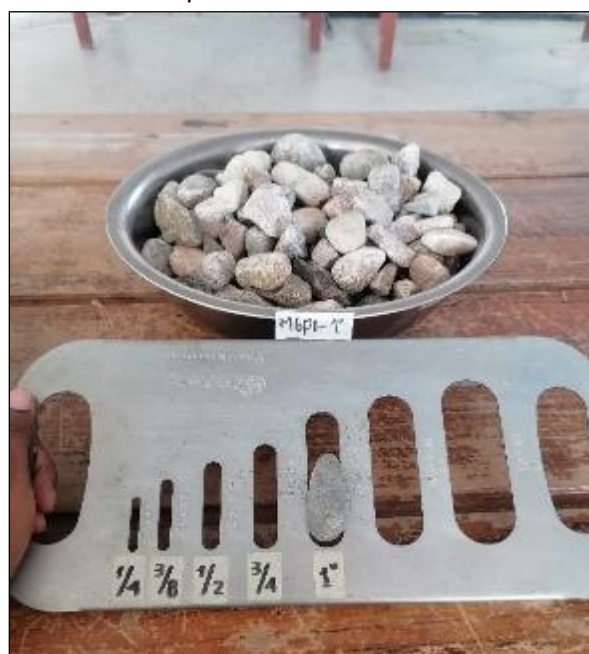
Fuente. Propia, 2023.

Figura 243*Material retenido 1/2".*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 244*Material retenido 3/8".*

Figura. Propia, 2023.

Figura 245*Calibrador de aplanamiento.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 246*Partículas pasantes del calibrador.*

Fuente. Propia, 2023.

7.1.16. I.N.V.E 218 – Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores a 37.5 mm (1 ½”) por medio de la máquina de los ángeles:

Para llevar a cabo la ejecución de este ensayo se tomaron muestras de aproximadamente de $5000 \pm 10g$. Las muestras empleadas fueron previamente extraídas de la cuenca del río Sangoyaco, siguiendo las indicaciones de la norma I.N.V.E 201. Posteriormente se reducen a un tamaño óptimo conforme a la norma I.N.V.E 202, las cuales se sometieron a un proceso de lavado y secado en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ hasta alcanzar masa constante. Es de suma importancia mencionar que por el tipo de granulometría que se obtuvo en las masas de las muestras de los tres diferentes puntos de extracción se tomó la granulometría tipo A ya que es la que más se asemeja a las masas de las muestras, consiste en tomar masas de retenido en los tamices (1”, 3/4”, 1/2”, 3/8”) para completar una masa final aproximada de $5000 \pm 10g$.

Una vez completada esta preparación de las muestras, se verificó la limpieza del tambor de la máquina de los ángeles. Luego, se procedió a cargar la carga abrasiva (12 esferas) y las muestras dentro del tambor. El tambor se hizo girar a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/minutos hasta completar 500 revoluciones. Finalmente, se retiraron las muestras de la máquina y se sometieron a un proceso de lavado sobre el tamiz N12. Posteriormente, se secaron en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ hasta masa constante, para determinar la masa final de las muestras después de la degradación en la máquina.

- Procedimiento grafico del ensayo resistencia a la degradación de los agregados en los tres diferentes puntos de extracción:

Figura 247

Preparación de muestras para el ensayo.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 248

Máquina de los ángeles.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 249

Cargar el tambor de la máquina.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 250

Carga abrasiva y muestra en el tambor.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 251*Retiro de muestras de la máquina.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 252*Muestras después de la degradación.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 253*Lavado de las muestras.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 254*Muestras limpias.*

Fuente. Propia, 2023.

Figura 255

Proceso de secado de las muestras.



Fuente. Propia, 2023.

Figura 256

Pesaje después del secado.



Fuente. Propia, 2023.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

8.1.RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

Según los resultados llevados a cabo en el laboratorio sobre los materiales sedimentarios del río

Sangoyaco, se han obtenido los siguientes resultados:

8.1.1. I.N.V.E 122 – Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo:

A = Peso tara

B = Muestra húmeda

C = Muestra seca

D = Contenido de humedad

➤ Primer punto de extracción:

Tabla 6

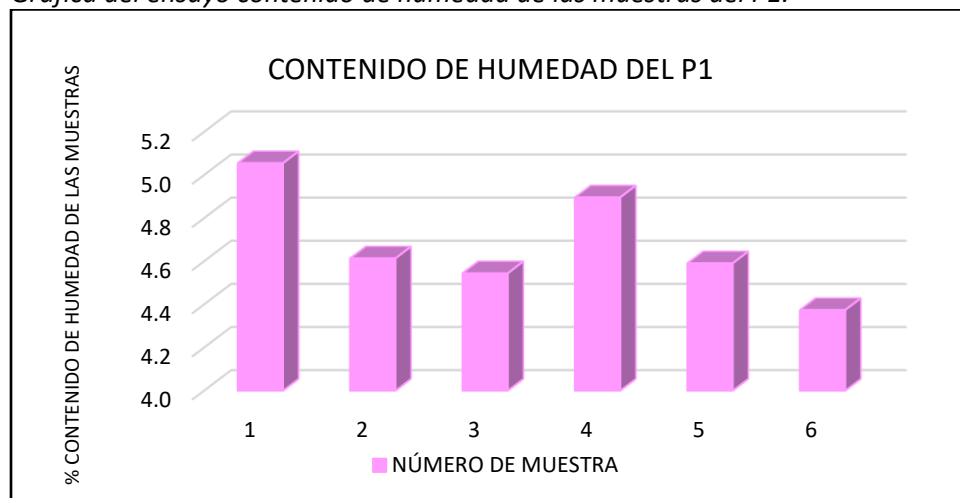
Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del P1.

NUMERO MUESTRA	A=Peso tara(gr)	B=Muestra húmeda(gr)	A + B	A + C	C=Muestra seca(gr)	PESO DEL AGUA (gr)	Contenido de humedad (%)
1	185.4	18496.0	18681.4	17791.5	17606.1	889.9	5.1
2	201.8	17826.3	18028.1	17242.1	17040.3	786.0	4.6
3	145.9	17534.8	17680.7	16918.6	16772.7	762.1	4.5
4	208.0	18958.9	19166.9	18282.1	18074.1	884.8	4.9
5	255.7	16447.5	16703.2	15981.4	15725.7	721.8	4.6
6	308.0	17308.0	176166.0	16890.8	16582.8	725.2	4.4
MEDIA ARITMÉTICA					Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		4.68
MEDIANA							4.60
DESVIACIÓN ESTÁNDAR							0.26
VALOR MÍNIMO							4.40
VALOR MÁXIMO							5.10

Fuente. Autor, 2023.

Figura 257

Grafica del ensayo contenido de humedad de las muestras del P1.



Fuente. Autor, 2023.

➤ **Segundo punto de extracción:**

Tabla 7

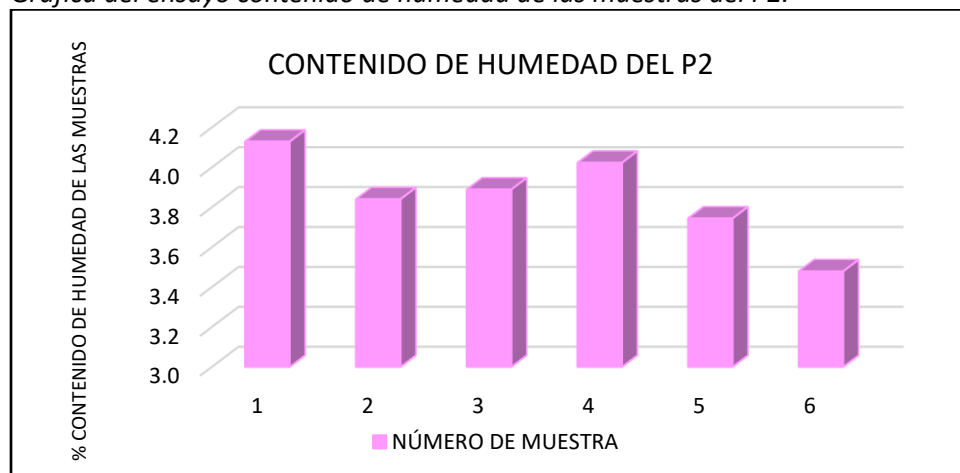
Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del P2.

Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del P.E.							
NUMERO MUESTRA	A=Peso tara(gr)	B=Muestra húmeda(gr)	A + B	A + C	C=Muestra seca(gr)	PESO DEL AGUA (gr)	Contenido de humedad (%)
1	352.3	15226.0	15578.3	14974.6	14622.3	603.7	4.1
2	352.3	15999.3	16351.6	15760.0	15407.7	591.6	3.8
3	352.3	16020.4	16372.7	15773.1	15420.8	599.6	3.9
4	308.0	15779.3	16087.3	15477.1	15169.1	610.2	4.0
5	308.0	15521.7	15829.7	15269.6	14961.6	560.1	3.7
6	352.6	16068.5	16421.1	16190.2	15837.6	230.9	3.5
MEDIA ARITMÉTICA					Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		3.83
MEDIANA							3.85
DESVIACIÓN ESTÁNDAR							0.22
VALOR MÍNIMO							3.50
VALOR MÁXIMO							4.10

Fuente. Autor, 2023.

Figura 258

Grafica del ensayo contenido de humedad de las muestras del P2.



Fuente. Autor, 2023.

➤ **Tercer punto de extracción:**

Tabla 8

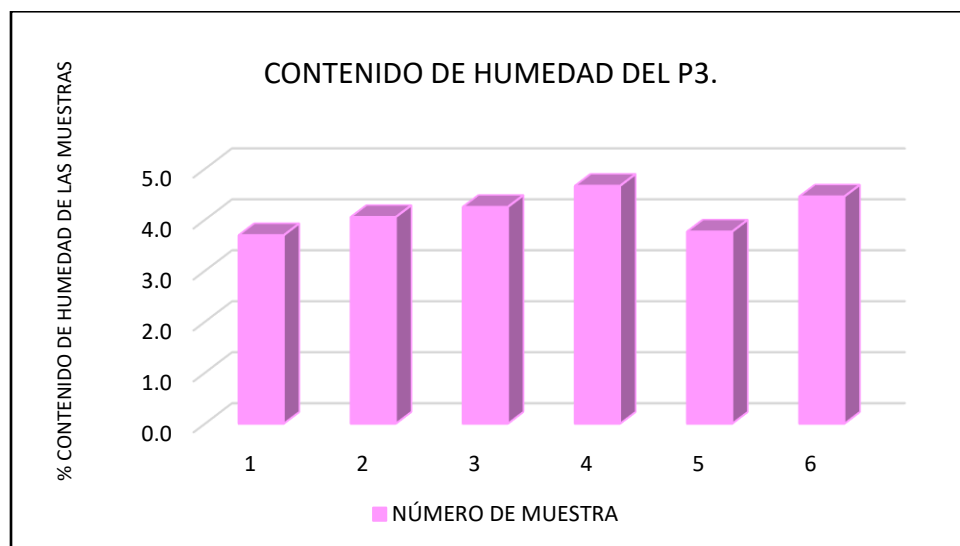
Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del P3.

NUMERO MUESTRA	A=Peso tara(gr)	B=Muestra húmeda(gr)	A + B	A + C	C=Muestra seca(gr)	PESO DEL AGUA (gr)	Contenido de humedad (%)
1	308.0	15957.4	16265.4	15754.8	15446.8	510.6	3.3
2	308.0	16201.9	16509.9	16071.5	15763.5	438.4	2.8
3	308.0	16260.9	16568.9	15906.1	15598.1	662.8	4.2
4	308.0	16293.7	16601.7	15875.8	15567.8	725.9	4.7
5	308.0	16249.1	16557.1	15967.5	15659.5	589.6	3.8
6	352.6	16176.0	16528.6	15839.0	15486.4	689.6	4.5
MEDIA ARITMÉTICA					Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		4.15
MEDIANA							4.10
DESVIACIÓN ESTÁNDAR							0.39
VALOR MÍNIMO							3.70
VALOR MÁXIMO							4.70

Fuente. Autor, 2023.

Figura 259

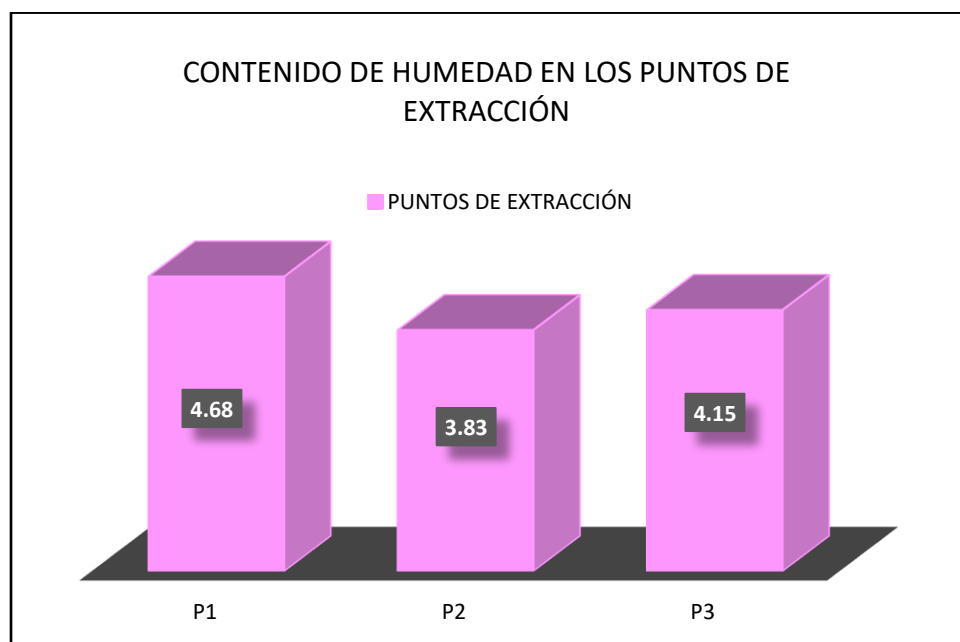
Grafica del ensayo contenido de humedad de las muestras del P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 260

Grafica del ensayo contenido de humedad de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.2. I.N.V.E. 133 - Equivalente de arena:

$$\text{EQUIVALENTE DE ARENA (EA)} = \frac{\text{LECTURA DE ARENA}}{\text{LECTURA DE ARCILLA}} \times 100$$

➤ Primer punto de extracción:

Tabla 9

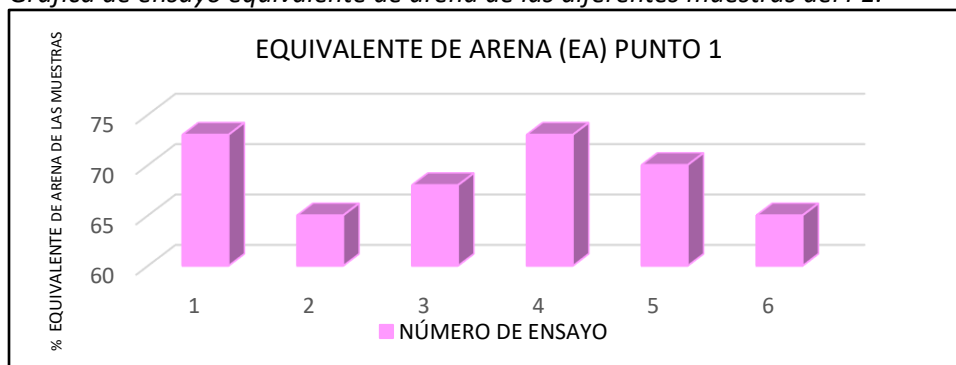
Equivalente de arena de suelos y agregados finos I.N.V.E 133 del P1.

EQUIVALENTE DE ARENA DE AGREGADOS FINOS						
FUENTE DE MATERIAL			Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo			
ENSAYOS	NUMERO DE MUESTRA					
	1	2	3	4	5	6
TIEMPO	20 min.	20 min.	20 min.	20 min.	20 min.	20 min.
SOLUCIÓN DE TRABAJO DE CLORURO DE CALCIO	(85 ± 5 ml) de la solución stock de cloruro de calcio y se completa 3.78 litros, con agua destilada.					
LECTURA DE ARCILLA (in)	4.7	5.1	5.0	4.8	4.9	5.3
LECTURA DE ARENA (10")	13.4	13.3	13.4	13.5	13.4	13.4
LECTURA DE ARENA (in)	3.4	3.3	3.4	3.5	3.4	3.4
EQUIVALENTE ARENA (%)	72.340	64.706	68.000	72.917	69.388	64.151
(EA) REDONDEADA (%)	73	65	68	73	70	65
MEDIA ARITMÉTICA	69.0				Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.	
MEDIANA	69.0					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3.63					
VALOR MÍNIMO	65					
VALOR MÁXIMO	73					

Fuente. Autor, 2023.

Figura 261

Grafica de ensayo equivalente de arena de las diferentes muestras del P1.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 10

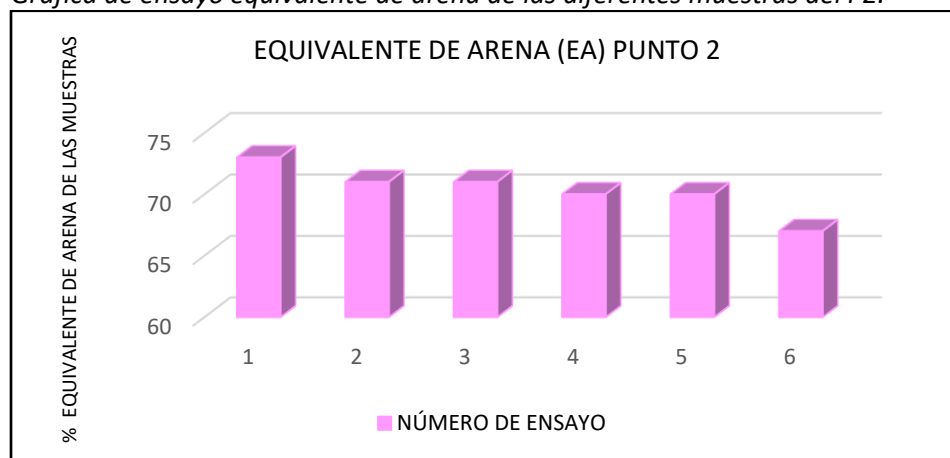
Equivalente de arena de suelos y agregados finos I.N.V.E 133 del P2.

EQUIVALENTE DE ARENA DE AGREGADOS FINOS						
FUENTE DE MATERIAL			Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo			
ENSAYOS	NUMERO DE MUESTRA					
	1	2	3	4	5	6
TIEMPO	20 min.	20 min.	20 min.	20 min.	20 min.	20 min.
SOLUCIÓN DE TRABAJO DE CLORURO DE CALCIO	(85 ± 5 ml) de la solución stock de cloruro de calcio y se completa 3.78 litros, con agua destilada.					
LECTURA DE ARCILLA (in)	4.7	4.7	4.8	5	4.9	5.1
LECTURA DE ARENA (in)	3.4	3.3	3.4	3.5	3.4	3.4
EQUIVALENTE ARENA (%)	72.340	70.213	70.833	70.000	69.388	66.667
(EA) REDONDEADA (%)	73	71	71	70	70	67
MEDIA ARITMÉTICA	70.33				Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.	
MEDIANA	70.50					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.97					
VALOR MÍNIMO	67					
VALOR MÁXIMO	73					

Fuente. Autor, 2023.

Figura 262

Grafica de ensayo equivalente de arena de las diferentes muestras del P2.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 11

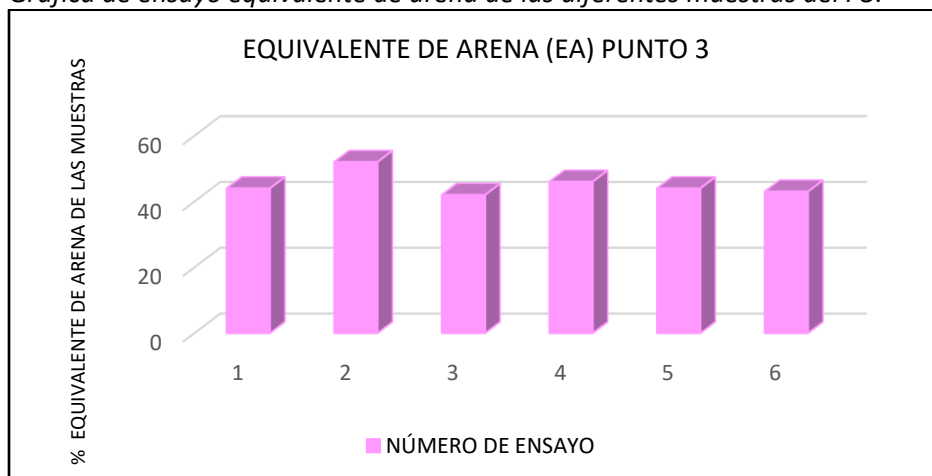
Equivalente de arena de suelos y agregados finos I.N.V.E 133 del P3.

EQUIVALENTE DE ARENA DE AGREGADOS FINOS						
FUENTE DE MATERIAL			Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo			
ENSAYOS	NUMERO DE MUESTRA					
	1	2	3	4	5	6
TIEMPO	20 min.	20 min.	20 min.	20 min.	20 min.	20 min.
SOLUCIÓN DE TRABAJO DE CLORURO DE CALCIO	(85 ± 5 ml) de la solución stock de cloruro de calcio y se completa 3.78 litros, con agua destilada.					
LECTURA DE ARCILLA (in)	7.5	6.2	7.9	7.7	7.6	8.5
LECTURA DE ARENA (in)	3.3	3.2	3.3	3.5	3.3	3.6
EQUIVALENTE ARENA (%)	44.000	51.613	41.772	45.455	43.421	42.353
(EA) REDONDEADA (%)	44	52	42	46	44	43
MEDIA ARITMÉTICA	45.17				Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.	
MEDIANA	44					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3.60					
VALOR MÍNIMO	42					
VALOR MÁXIMO	52					

Fuente. Autor, 2023.

Figura 263

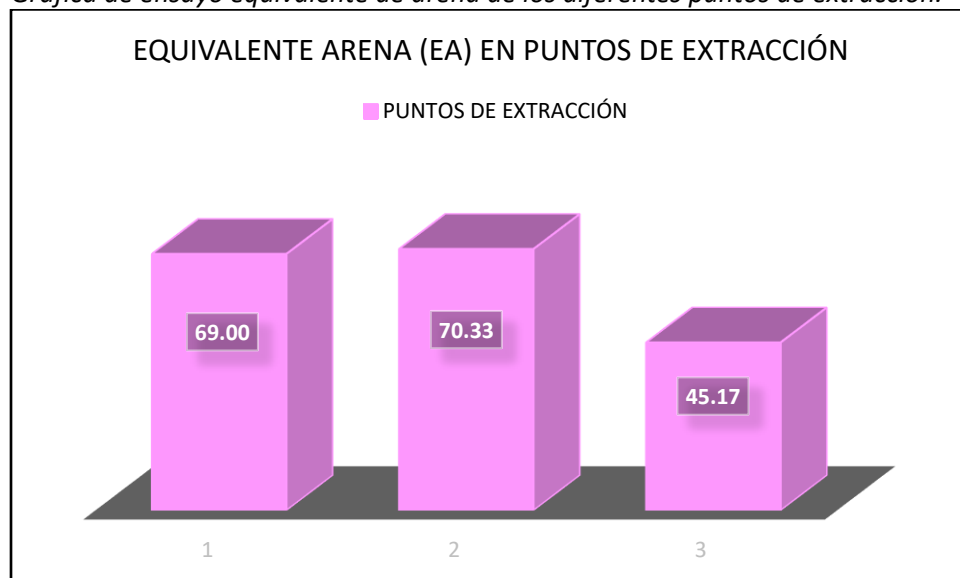
Grafica de ensayo equivalente de arena de las diferentes muestras del P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 264

Grafica de ensayo equivalente de arena de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.3. I.N.V.E 211 – Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados:

$$\text{PORCENTAJE DE T.A Y P.D} = \frac{M - R}{M} \times 100$$

M= masa de la muestra de ensayo inicial.

R = masa de la muestra de ensayo retenida sobre el tamiz designado en el proceso de lavado y después de seca.

➤ **Primer punto de extracción:**

Tabla 12

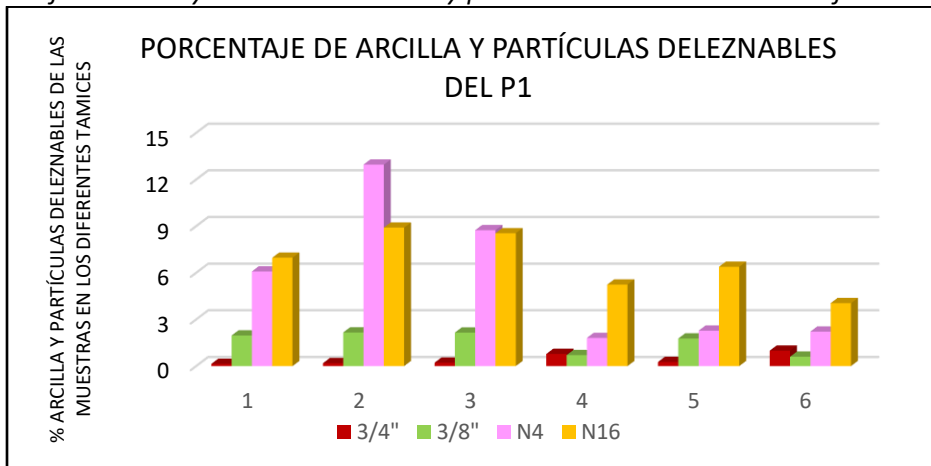
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales I.N.V.E 211 del P1.

Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales									
FUENTE DE MATERIAL				Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo					
DESCRIPCIÓN	UND	MASA DE PARTÍCULAS ENTRE LOS TAMICES		NUMERO DE MUESTRA					
				1	2	3	4	5	6
Masa de la muestra seca antes del ensayo	gr	1"	3/4"	3240.5	3497.100	3079.9	3778.9	3403.6	3723.6
	gr	3/4"	3/8"	2966.0	3550.3	3134.8	2110.7	2072.5	2278.7
	gr	3/8"	N4	2003.7	2284	1702.0	1192.7	1369.2	1457.8
	gr	N8	N16	1961.9	2068.9	1840.9	953.1	707.5	847.1
masa de la muestra seca después del ensayo	gr	1"	3/4"	3235.8	3490.5	3073.1	3749.3	3394.6	3686.5
	gr	3/4"	3/8"	2907.5	3473.4	3067.2	2095.7	2035.7	2264.9
	gr	3/8"	N4	1881.7	1988.0	1553.2	1171.1	1338.0	1425.5
	gr	N8	N16	1825.1	1884.6	1683.6	903.1	662.3	812.8
Porcentaje de arcilla y partículas deleznales	%	1"	3/4"	0.145	0.189	0.221	0.783	0.264	0.996
	%	3/4"	3/8"	1.972	2.166	2.156	0.711	1.776	0.606
	%	3/8"	N4	6.089	12.960	8.743	1.811	2.279	2.216
	%	N8	N16	6.973	8.908	8.545	5.246	6.389	4.049
MEDIA ARITMÉTICA									0.43
									1.56
									5.68
									6.69

Fuente. Autor, 2023.

Figura 265

Grafica de ensayo terrones de arcilla y partículas deleznales de las diferentes muestras P1.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 13

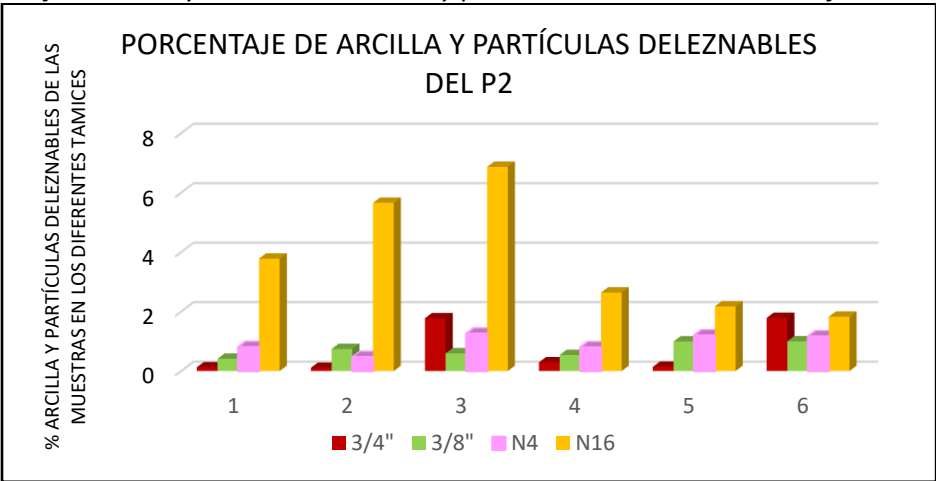
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales I.N.V.E 211 del P2.

DESCRIPCIÓN	UND	MASA DE PARTÍCULAS ENTRE LOS TAMICES		NUMERO DE MUESTRA						
				1	2	3	4	5	6	
Masa de la muestra seca antes del ensayo	gr	1"	3/4"	3447.3	4160.4	3518.9	3037.9	3034.3	3200.4	MEDIA ARITMÉTICA
	gr	3/4"	3/8"	2037.9	2106.6	2049.9	2025.0	2094.0	2080.4	
	gr	3/8"	N4	1130.6	1188.4	1209.6	1018.1	1061	1021.3	
	gr	N8	N16	994.9	1665.2	1395.6	591.1	580	542.6	
masa de la muestra seca después del ensayo	gr	1"	3/4"	3443	4155.9	3456.5	3029	3030	3143.2	MEDIA ARITMÉTICA
	gr	3/4"	3/8"	2029.5	2091	2037.7	2014.1	2073.2	2059.6	
	gr	3/8"	N4	1121.5	1182.8	1194.4	1010	1048.3	1009.4	
	gr	N8	N16	957.3	1571	1299.8	575.5	567.4	532.7	
Porcentaje de arcilla y partículas deleznales	%	1"	3/4"	0.125	0.108	1.773	0.293	0.142	1.787	0.705
	%	3/4"	3/8"	0.412	0.741	0.595	0.538	0.993	1.000	0.713
	%	3/8"	N4	0.805	0.471	1.257	0.796	1.197	1.165	0.948
	%	N8	N16	3.779	5.657	6.864	2.639	2.172	1.825	3.823

Fuente. Autor, 2023.

Figura 266

Grafica de ensayo terrones de arcilla y partículas deleznales de las diferentes muestras P2.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 14

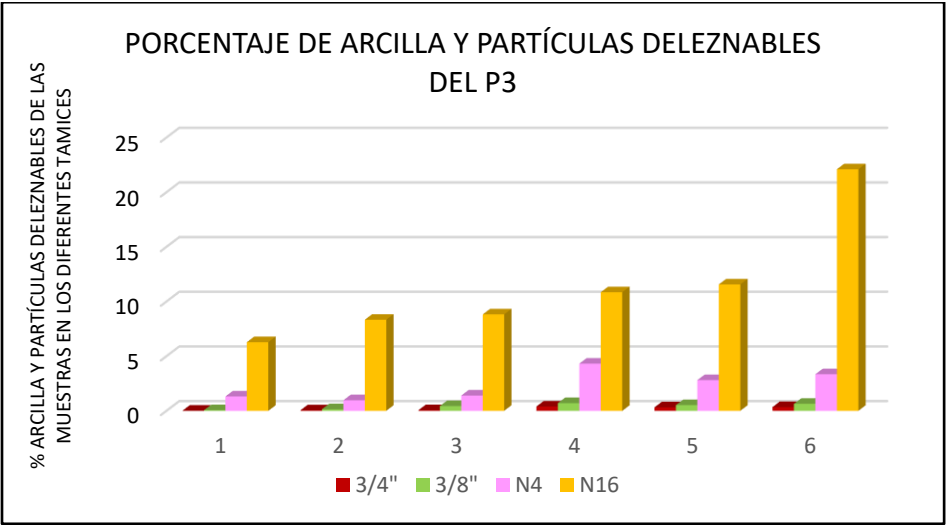
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales I.N.V.E 211 del P3.

DESCRIPCIÓN	UND	MASA DE PARTÍCULAS ENTRE LOS TAMICES		NUMERO DE MUESTRA						
				1	2	3	4	5	6	
Masa de la muestra seca antes del ensayo	gr	1"	3/4"	3584.8	3756.8	3705.2	3675	3622.2	3587.6	MEDIA ARITMÉTICA
	gr	3/4"	3/8"	2903.3	2453.1	2660.0	2649.2	2691.4	2418.4	
	gr	3/8"	N4	1042.4	1062	1037.6	1128.1	1038.1	1077.7	
	gr	N8	N16	511.2	604.9	653.7	739.2	761.1	884.2	
masa de la muestra seca después del ensayo	gr	1"	3/4"	3584.1	3754.9	3703	3660.6	3610.6	3575.4	
	gr	3/4"	3/8"	2901.6	2449.6	2648.4	2630.5	2677.4	2402.9	
	gr	3/8"	N4	1028.7	1051.7	1023.1	1079.4	1008.9	1041.6	
	gr	N8	N16	479.1	554.5	596	659	673.1	688.8	
Porcentaje de arcilla y partículas deleznales	%	1"	3/4"	0.020	0.051	0.059	0.392	0.320	0.340	0.197
	%	3/4"	3/8"	0.059	0.143	0.436	0.706	0.520	0.641	0.417
	%	3/8"	N4	1.314	0.970	1.397	4.317	2.813	3.350	2.360
	%	N8	N16	6.279	8.332	8.827	10.850	11.562	22.099	11.33

Fuente. Autor, 2023.

Figura 267

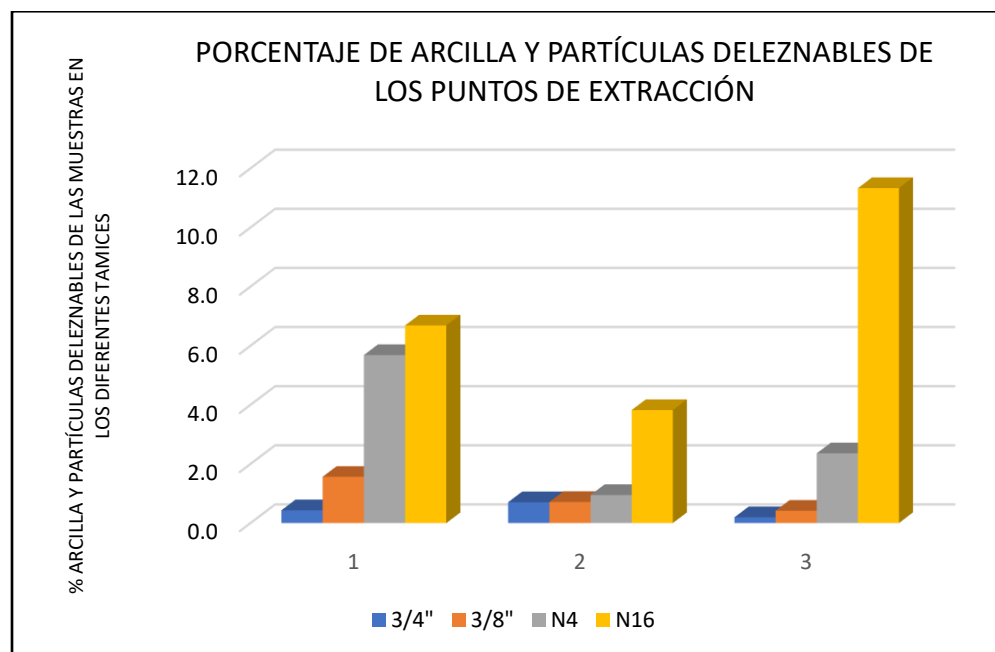
Grafica de ensayo terrones de arcilla y partículas deleznales de las diferentes muestras P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 268

Grafica de ensayo porcentaje de arcilla y partículas deleznales de los diferentes puntos de extracción.



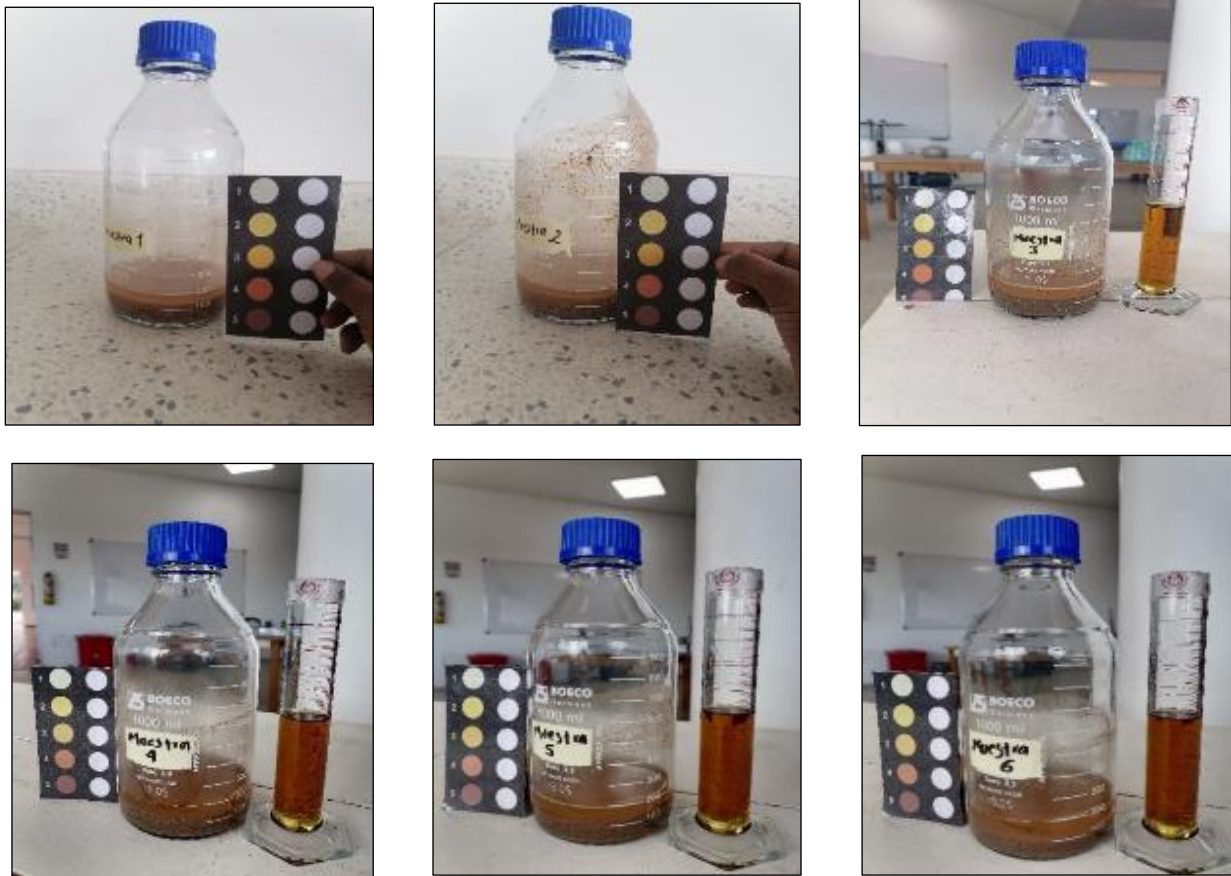
Fuente. Autor, 2023.

8.1.4. I.N.V.E 212 – Presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos:

➤ Primer punto de extracción:

Figura 269

Resultados de ensayo presencia de impurezas orgánicas I.N.V.E 212 del P1.



Fuente. Propia, 2023.

Tabla 15

Escala de vidrios de colores de referencia según el INVIAS del P1.

IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS		NUMERO DE ENSAYO					
Color Gardner de referencia No.	Placa orgánica No.	1	2	3	4	5	6
5	1						
8	2						
11	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)
14	4						

Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Figura 270

Resultados de ensayos de presencia de impurezas orgánicas I.N.V.E 212 del P2.



Fuente. Propia, 2023.

Tabla 16

Escala de vidrios de colores de referencia según el INVIAS del P2.

IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS		NUMERO DE ENSAYO					
Color Gardner de referencia No.	Placa orgánica No.	1	2	3	4	5	6
5	1						
8	2						
11	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)	3 (ref.)
14	4						
16	5						

Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Figura 271

Resultados de ensayos de presencia de impurezas orgánicas I.N.V.E 212 del P3.



Fuente. Propia, 2023.

Tabla 17

Escala de vidrios de colores de referencia según el INVIAS del P3.

IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS		NUMERO DE ENSAYO					
Color Gardner de referencia No.	Placa orgánica No.	1	2	3	4	5	6
5	1						
8	2	2	2	2	2	2	2
11	3 (ref.)						
14	4						
16	5						

Fuente. Autor, 2023.

8.1.5. I.N.V.E 213 – Análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos:

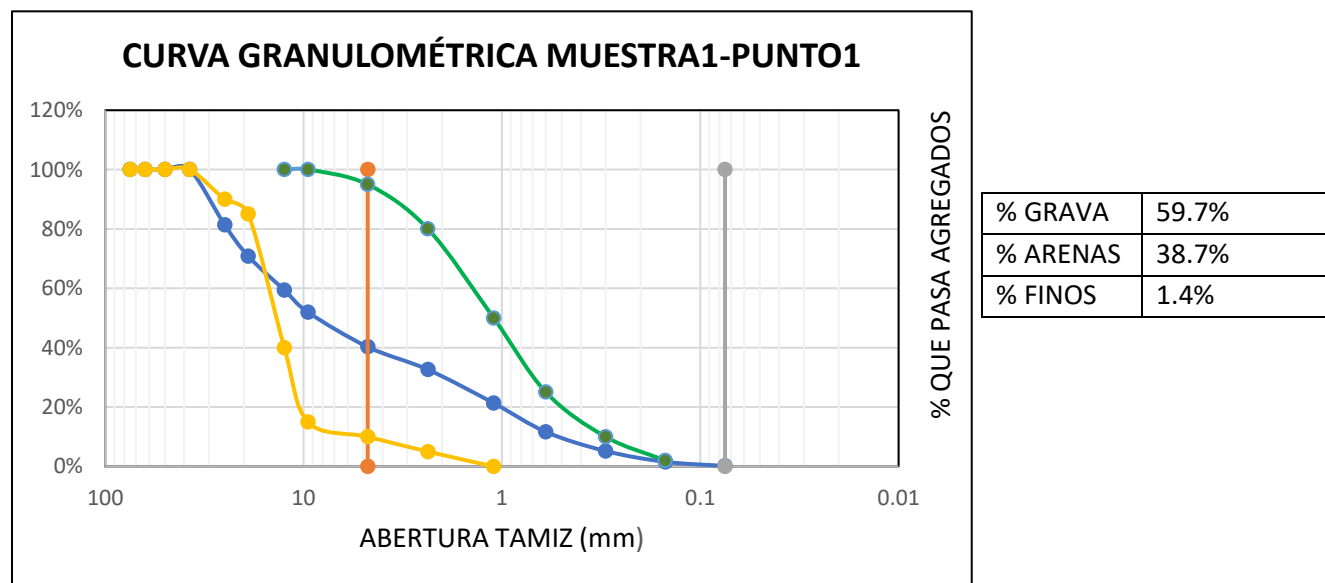
A continuación, se presentan los resultados de las granulometrías mediante las gráficas correspondientes a los tres puntos de extracción. Se realizaron seis muestras las seis por punto a lo largo del río Sangoyaco. En los anexos A, B y C, se pueden visualizar las tablas de Excel que muestran detalladamente la información correspondiente a este ensayo en cada uno de los puntos mencionados.

➤ Primer punto de extracción:

• Muestra 1 del primer punto de extracción:

Figura 272:

Curva granulométrica de la muestra 1 del primer punto de extracción.

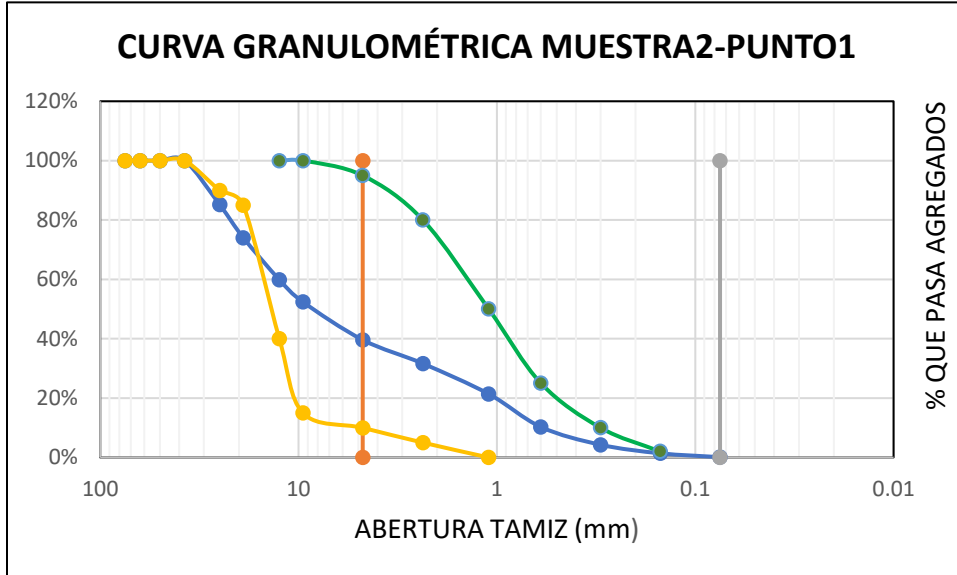


Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 2 del primer punto de extracción:

Figura 273

Curva granulométrica de la muestra 2 del primer punto de extracción.



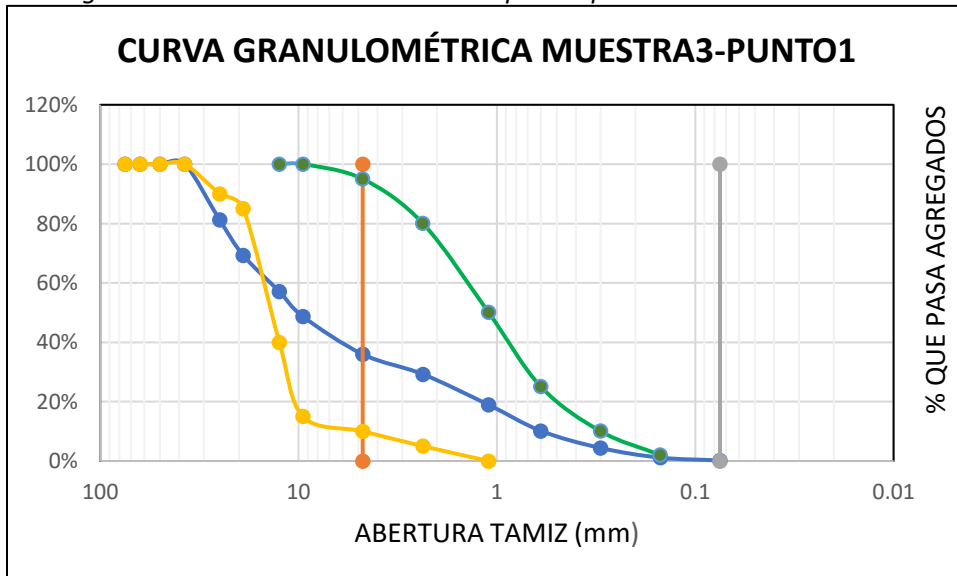
% GRAVA	60.4%
% ARENAS	38.2%
% FINOS	1.3%

Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 3 del primer punto de extracción:

Figura 274

Curva granulométrica de la muestra 3 del primer punto de extracción.



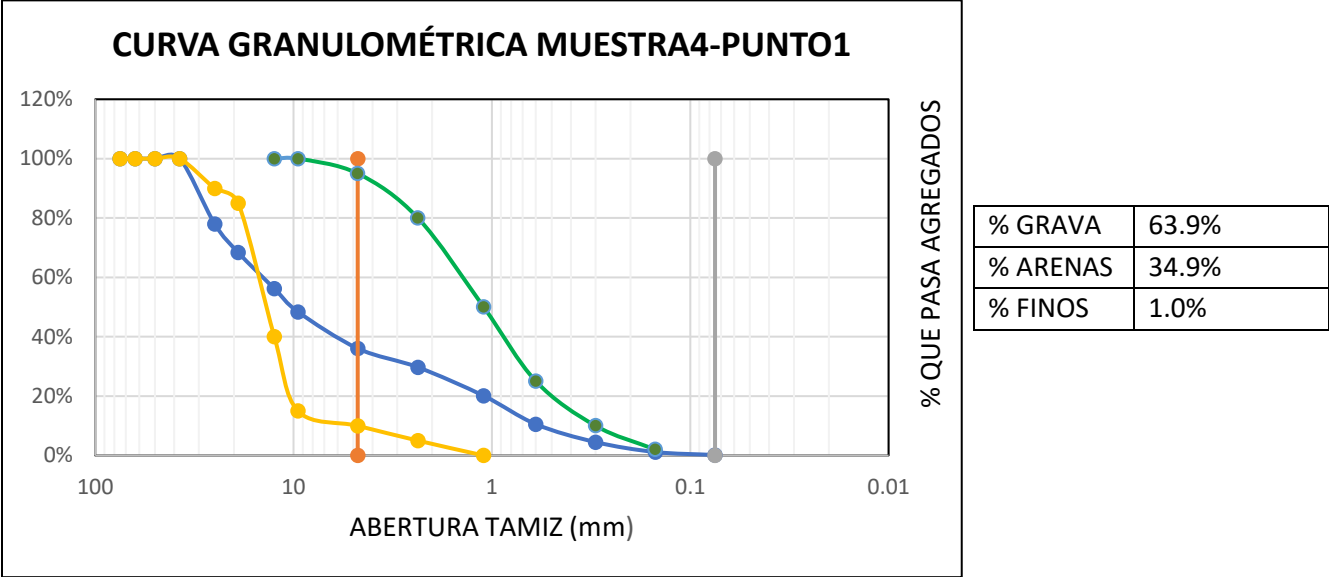
% GRAVA	64.0%
% ARENAS	34.8%
% FINOS	1.0%

Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 4 del primer punto de extracción:

Figura 275

Curva granulométrica de la muestra 4 del primer punto de extracción.

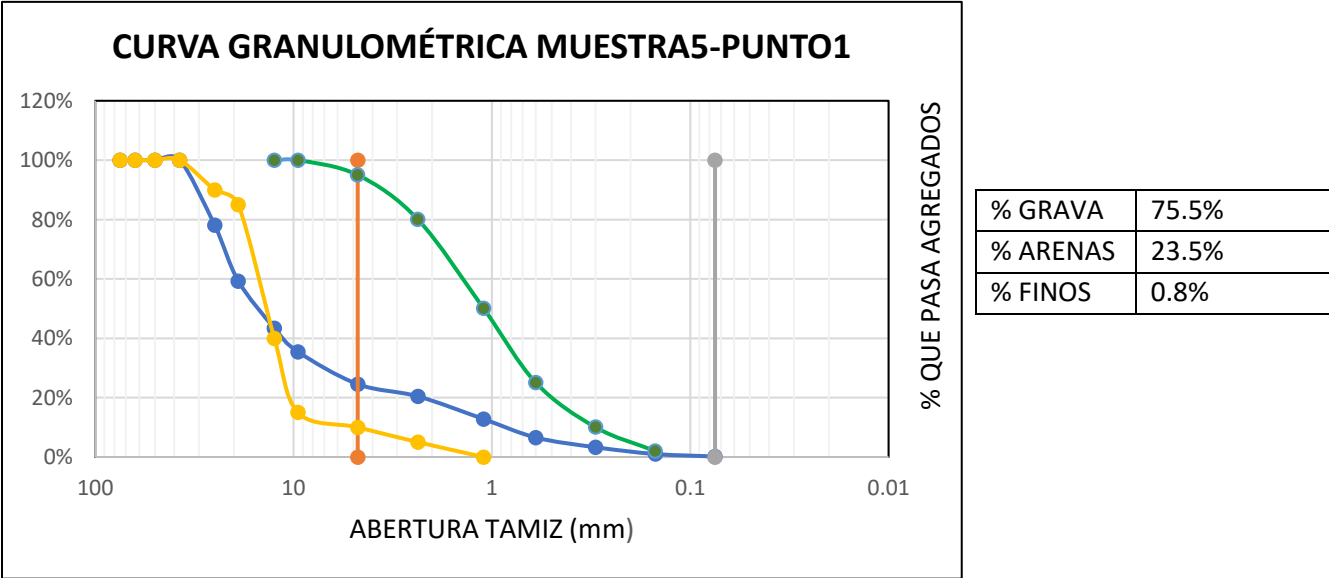


Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 5 del primer punto de extracción.

Figura 276

Curva granulométrica de la muestra 5 del primer punto de extracción.

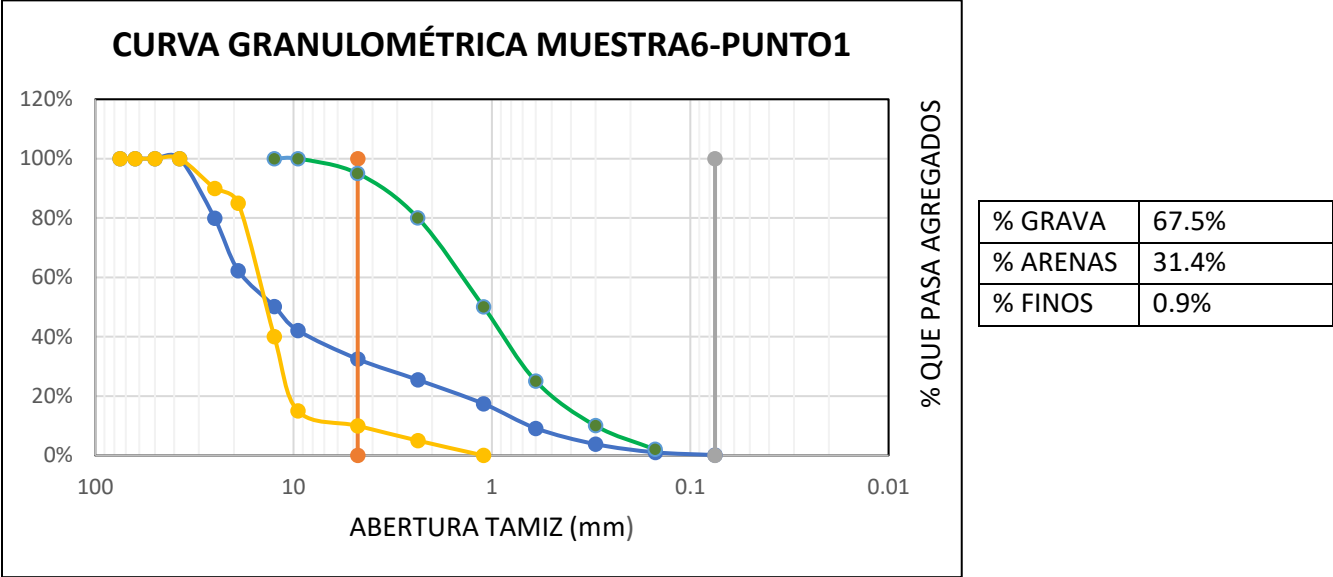


Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 6 del primer punto de extracción:

Figura 277:

Curva granulométrica de la muestra 6 del primer punto de extracción.



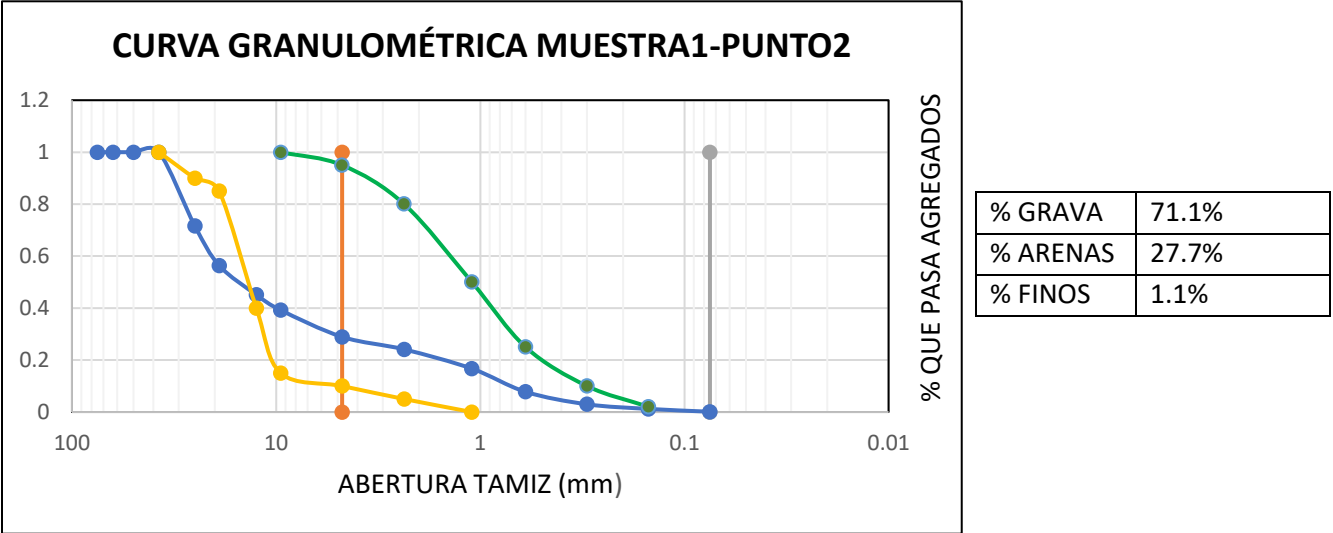
Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

❖ Muestra 1 del segundo punto de extracción:

Figura 278

Curva granulométrica de la muestra 1 del segundo punto de extracción.

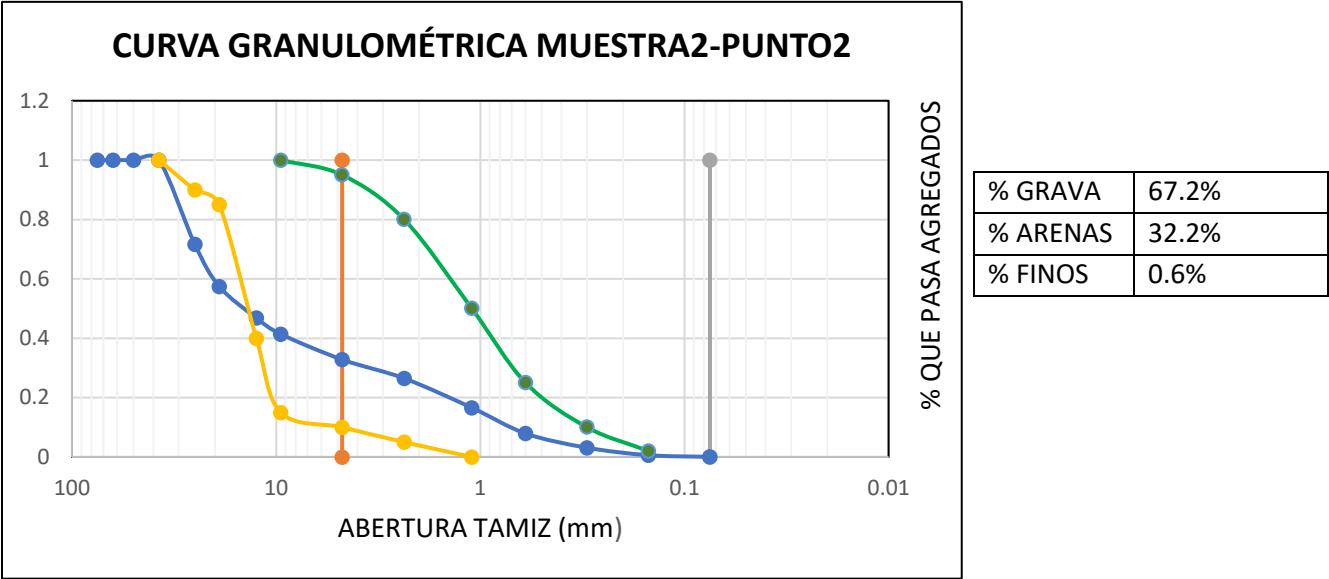


Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 2 del segundo punto de extracción:

Figura 279

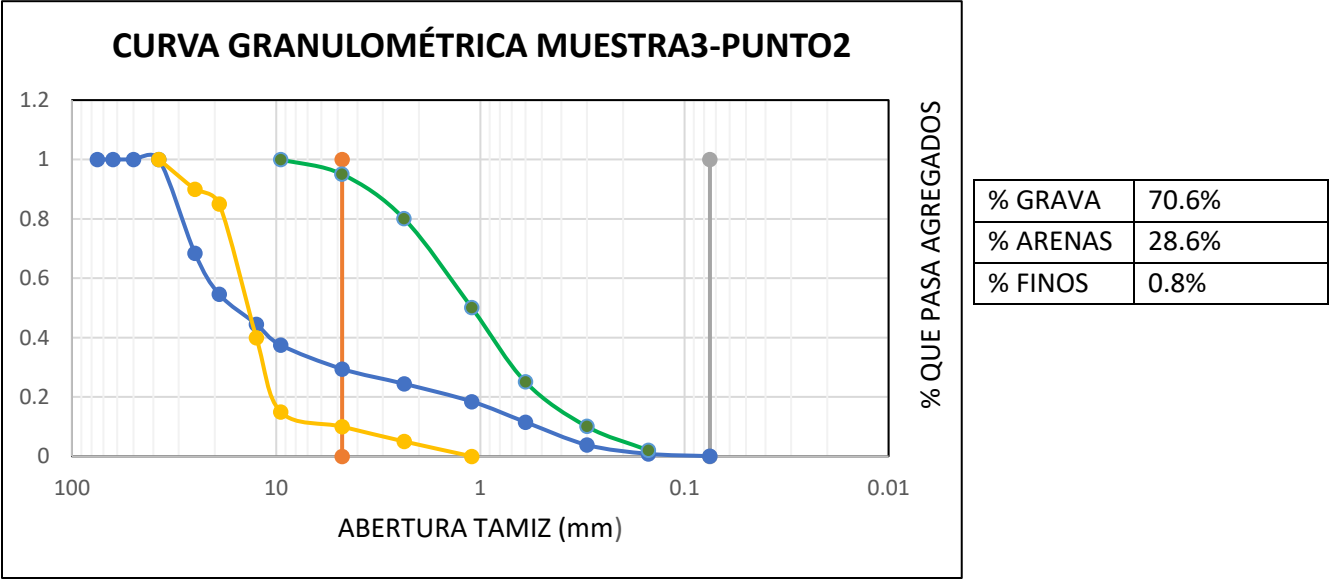
Curva granulométrica de la muestra 2 del segundo punto de extracción.



❖ Muestra 3 del segundo punto de extracción.

Figura 280

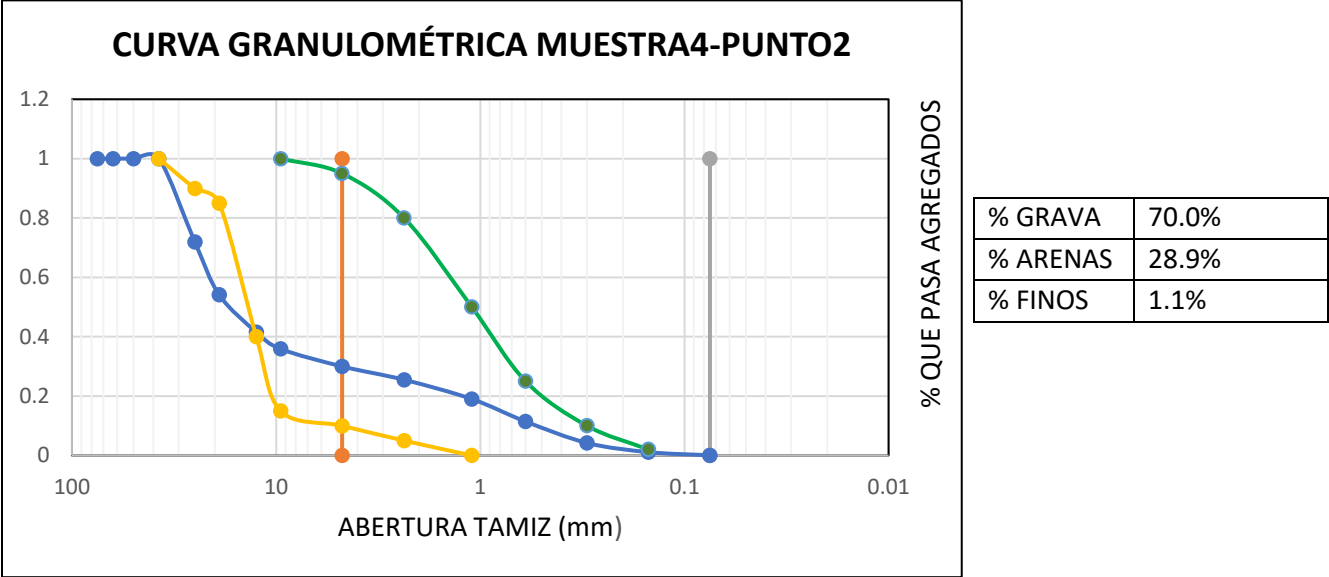
Curva granulométrica de la muestra 3 del segundo punto de extracción.



❖ Muestra 4 del segundo punto de extracción.

Figura 281

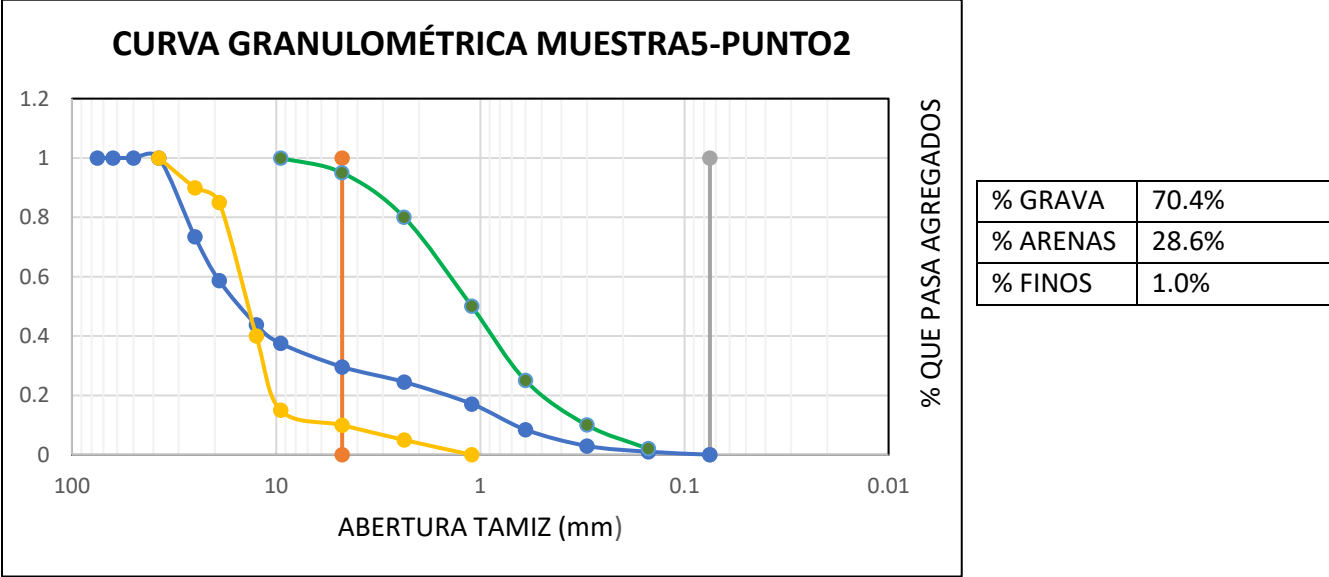
Curva granulométrica de la muestra 4 del segundo punto de extracción.



❖ Muestra 5 del segundo punto de extracción.

Figura 282

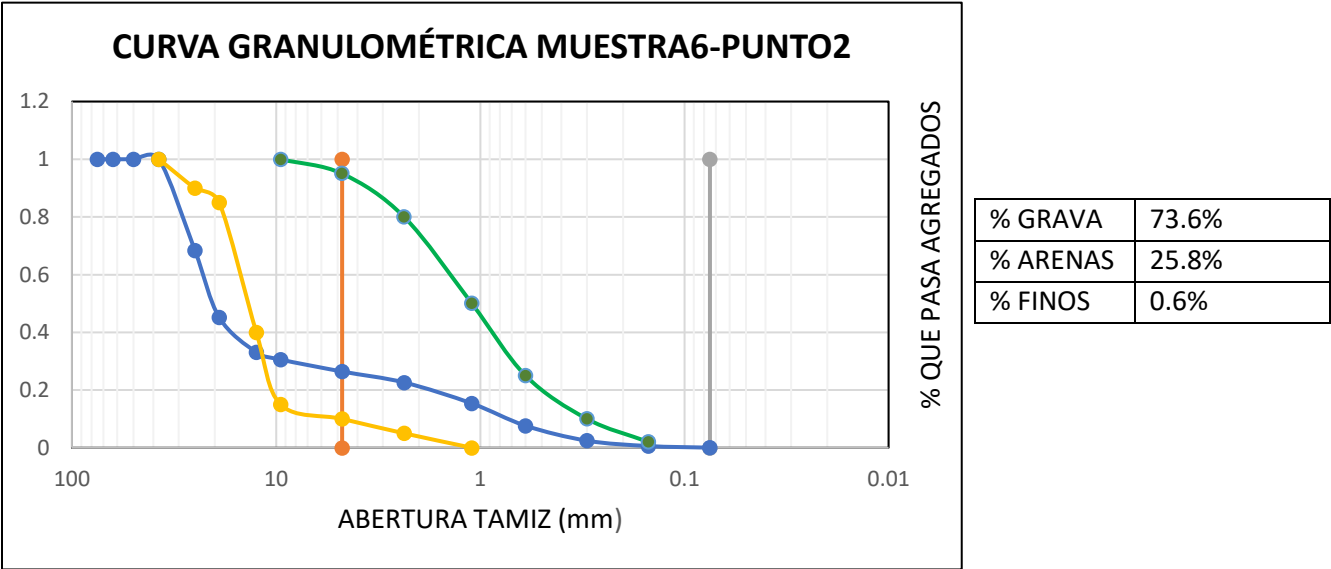
Curva granulométrica de la muestra 5 del segundo punto de extracción.



❖ Muestra 6 del segundo punto de extracción.

Figura 283

Curva granulométrica de la muestra 6 del segundo punto de extracción.



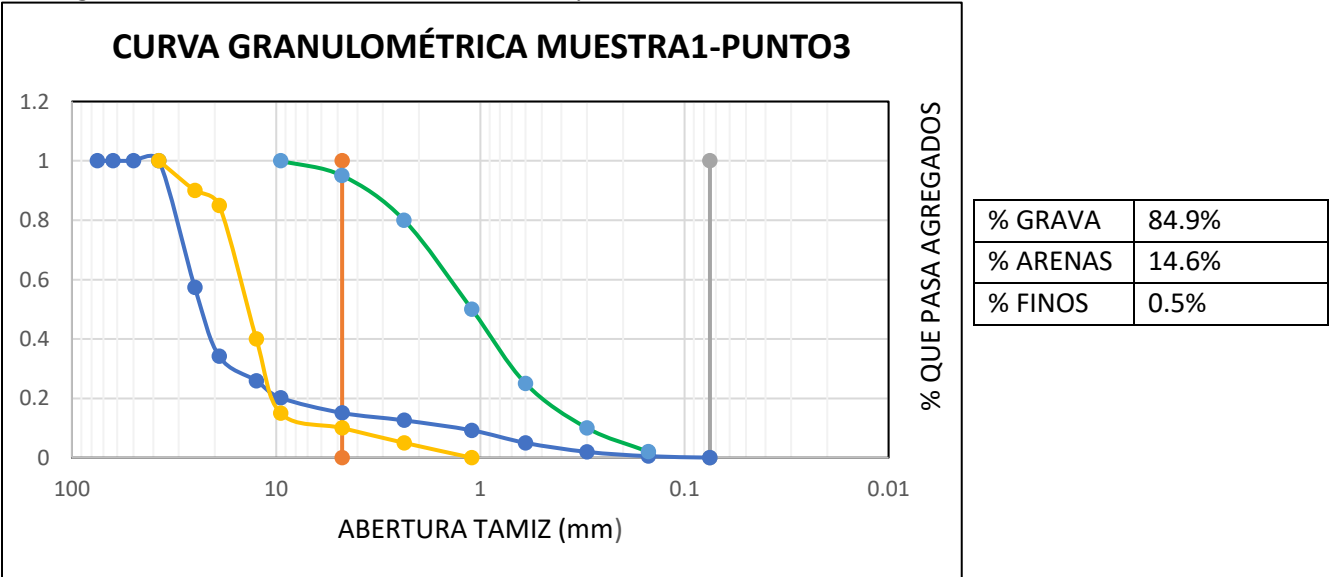
Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

❖ Muestra 1 del tercer punto de extracción.

Figura 284

Curva granulométrica de la muestra 1 del tercer punto de extracción.

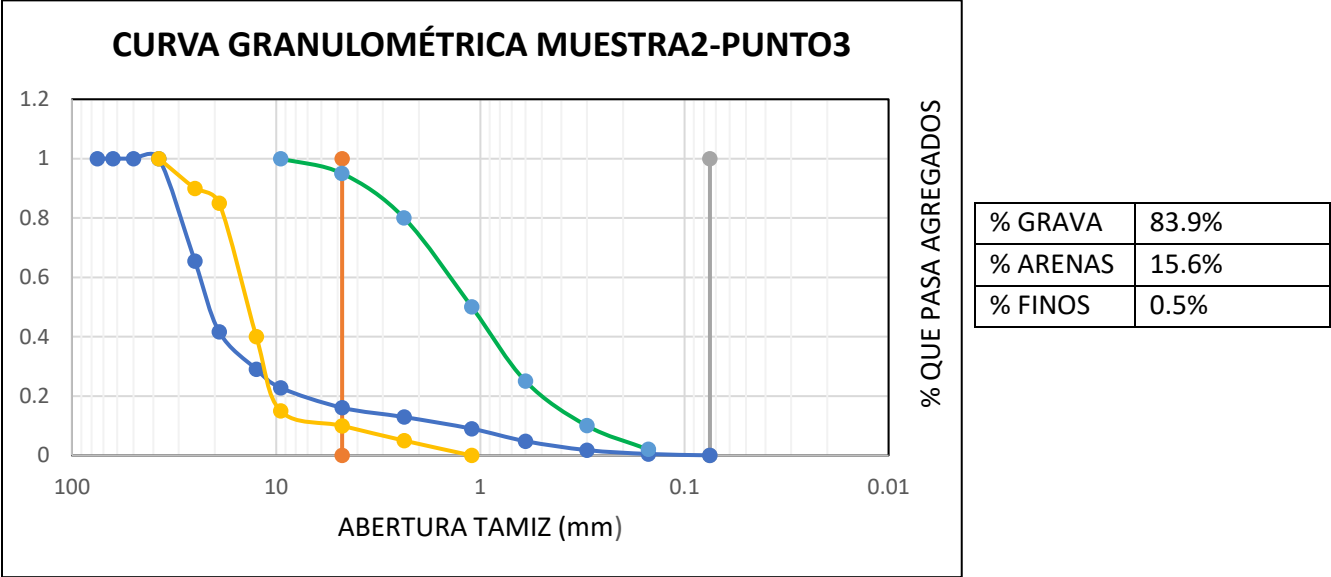


Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 2 del tercer punto de extracción.

Figura 285

Curva granulométrica de la muestra 2 del tercer punto de extracción.

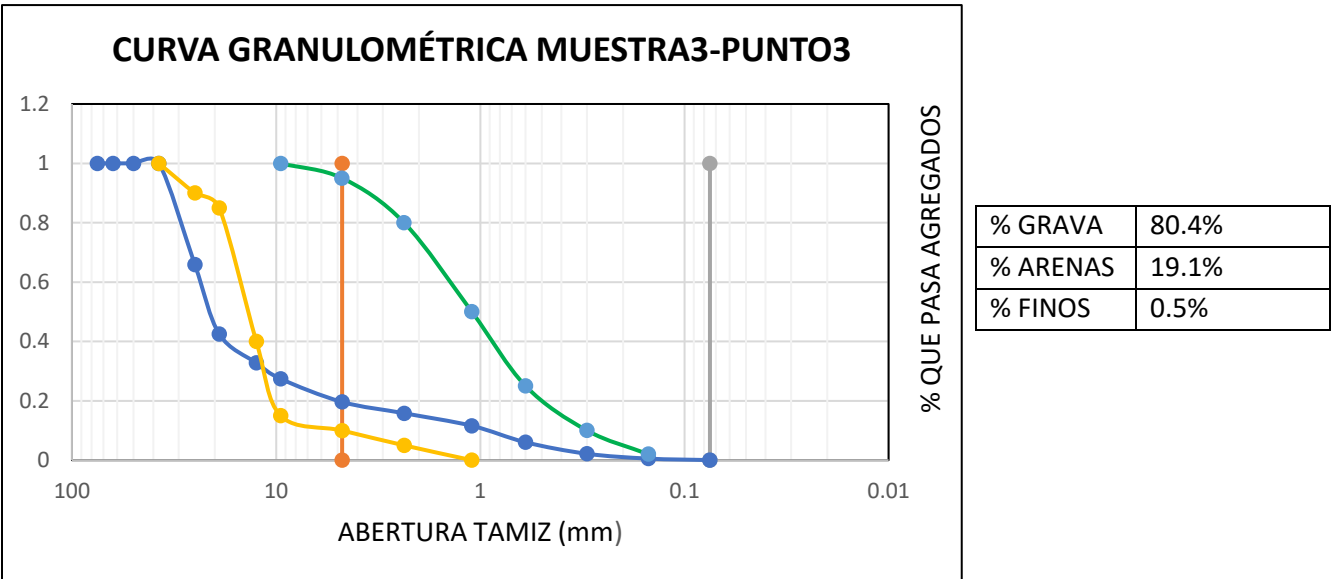


Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 3 del tercer punto de extracción.

Figura 286

Curva granulométrica de la muestra 3 del tercer punto de extracción.

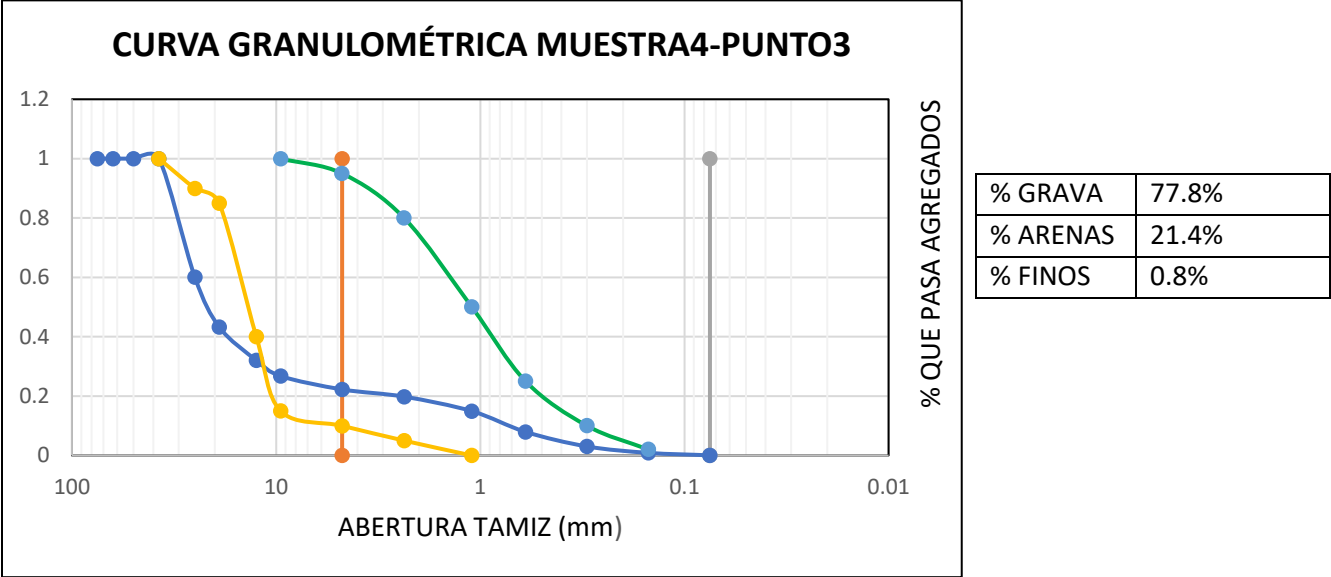


Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 4 del tercer punto de extracción.

Figura 287

Curva granulométrica de muestra 4 del tercer punto de extracción.

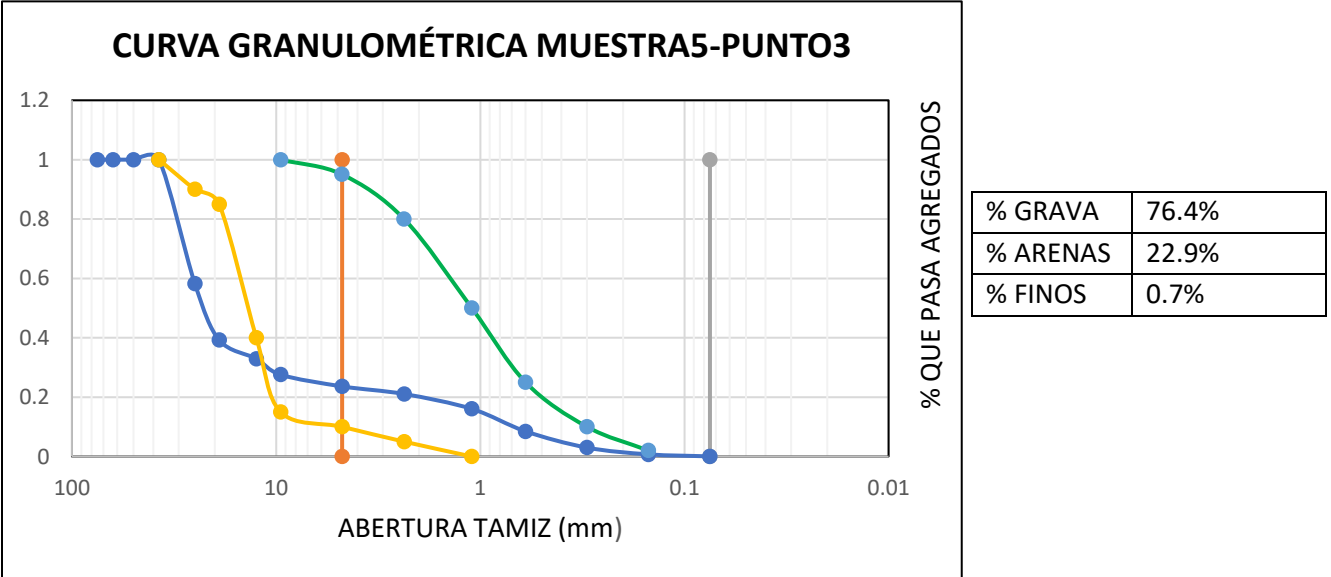


Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 5 del tercer punto de extracción.

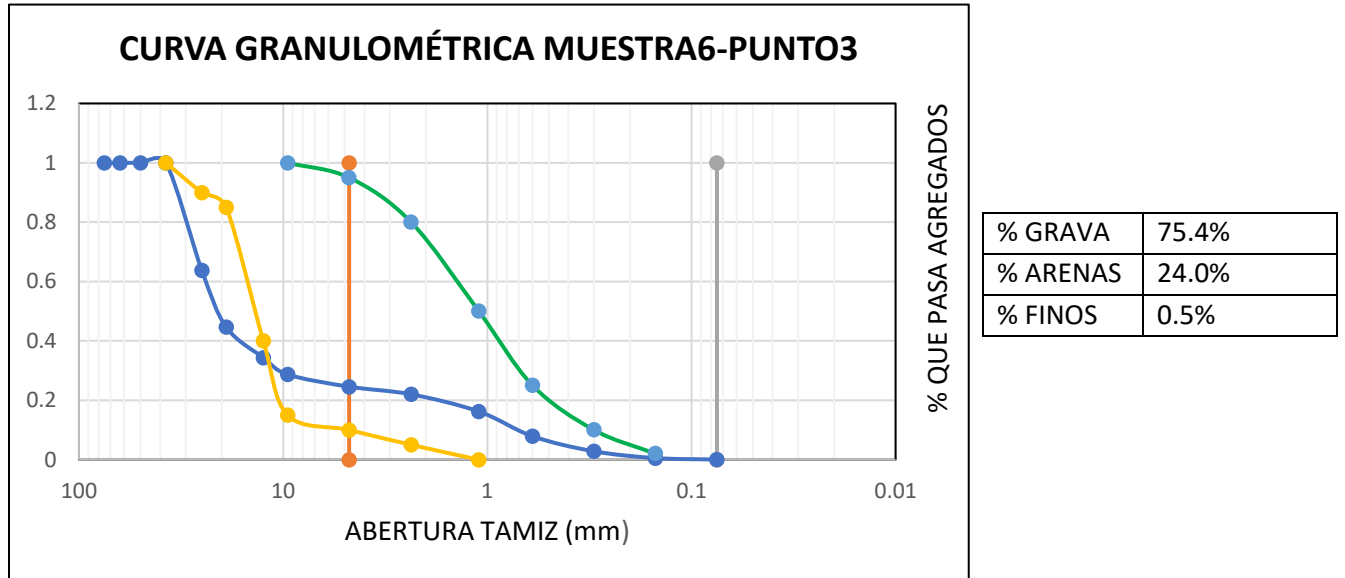
Figura 288

Curva granulométrica de la muestra 5 del tercer punto de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

❖ Muestra 6 del tercer punto de extracción.

Figura 289: Curva granulométrica de la muestra 6 del tercer punto de extracción.

Fuente. Autor, 2023.

8.1.6. I.N.V.E 214 – Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75mm**(No.200) en los agregados pétreos mediante lavado:**

$$\% \text{ MATERIAL QUE PASA TAMIZ N200} = \frac{\text{Masa original seca} - \text{Masa lavada seca}}{\text{Masa original seca}} \times 100$$

Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N.200. (A)

Masa original seca (B)

Masa lavada seca (C)

➤ **Primer punto de extracción:**

Tabla 18

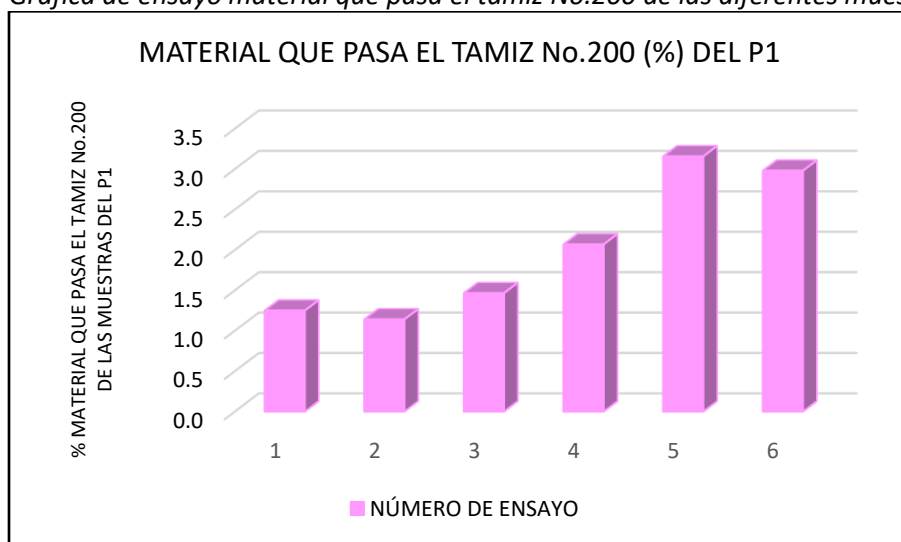
Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz No.200 de las 6 muestras del P1.

DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ No.200.						
FUENTE DE MATERIAL			Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo			
ENSAYO I.N.V.E 214	NUMERO ENSAYO P1					
	1	2	3	4	5	6
MUESTRA SUCIA SECA	17606.1	17040.3	16772.7	18074.1	15725.7	16582.8
MUESTRA LAVADA SECA	17386.40	16846.3	16527.2	17700.6	15229.5	16088.9
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No.200 (gr)	219.70	194.00	245.50	373.50	496.20	493.90
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No.200 (%)	1.25	1.14	1.46	2.07	3.16	2.98
MEDIA ARITMÉTICA	2.01			Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	3.16					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.88					
VALOR MÍNIMO	1.14					
VALOR MÁXIMO	3.16					

Fuente. Autor, 2023.

Figura 290

Grafica de ensayo material que pasa el tamiz No.200 de las diferentes muestras del P1.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 19

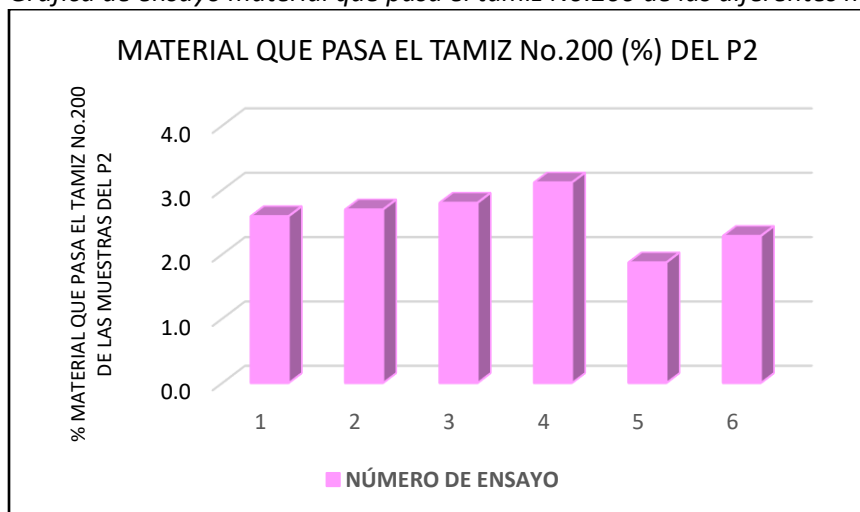
Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz No.200 de las 6 muestras del P2.

ENSAYO I.N.V.E 214	NUMERO ENSAYO P2					
	1	2	3	4	5	6
MUESTRA SUCIA SECA	14622.3	15407.7	15420.8	15169.1	14961.6	15837.6
MUESTRA LAVADA SECA	14243.6	14992.5	14989.2	14696.7	14681.6	15476.1
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No.200 (gr)	378.7	415.2	431.6	472.4	280.0	361.5
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No.200 (%)	2.6	2.7	2.8	3.1	1.9	2.3
MEDIA ARITMÉTICA	2.57			Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	3.10					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.42					
VALOR MÍNIMO	1.90					
VALOR MÁXIMO	3.10					

Fuente. Autor, 2023.

Figura 291

Grafica de ensayo material que pasa el tamiz No.200 de las diferentes muestras del P2.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 20

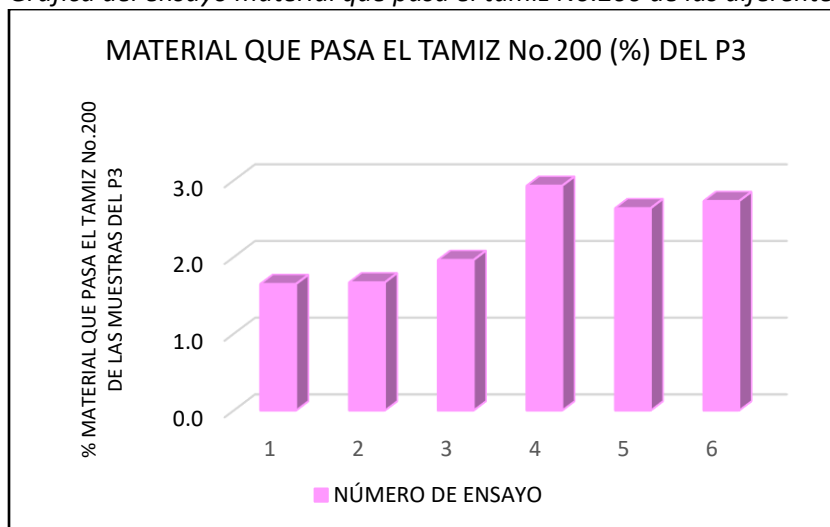
Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz No.200 de las 6 muestras del P3.

ENSAYO I.N.V.E 214	NUMERO ENSAYO P3					
	1	2	3	4	5	6
MUESTRA SUCIA SECA	15446.8	15584.7	15763.5	15598.1	15567.8	15659.5
MUESTRA LAVADA SECA	15192.2	15324.5	15454.3	15141.2	15157.3	15232.0
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No.200 (gr)	254.6	260.2	309.2	456.9	410.5	427.5
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No.200 (%)	1.65	1.67	1.96	2.93	2.64	2.73
MEDIA ARITMÉTICA	2.26			Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	2.93					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.57					
VALOR MÍNIMO	1.65					
VALOR MÁXIMO	2.93					

Fuente. Autor, 2023.

Figura 292

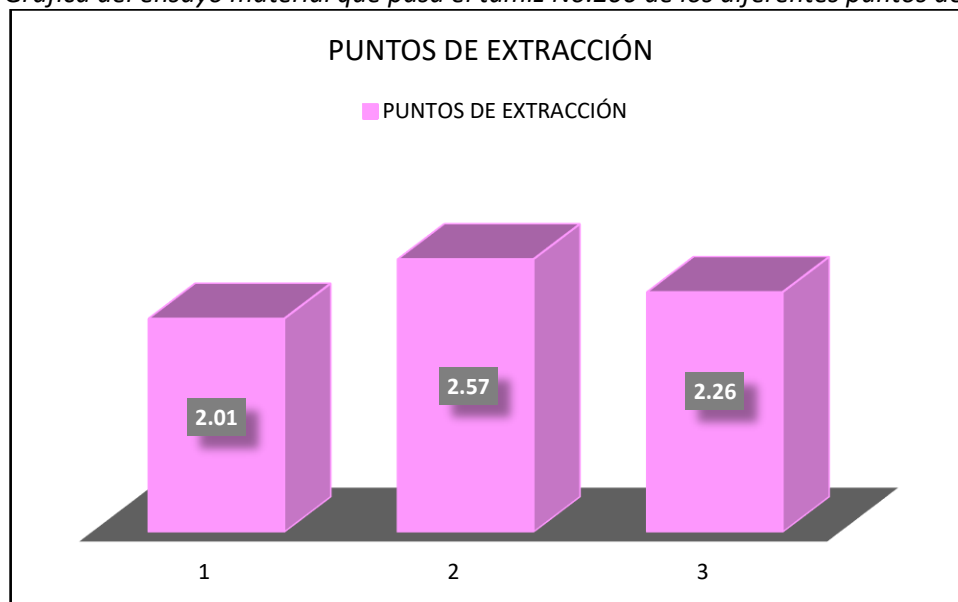
Grafica del ensayo material que pasa el tamiz No.200 de las diferentes muestras P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 293

Grafica del ensayo material que pasa el tamiz No.200 de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.7. I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto en agregado fino:

las fórmulas mencionadas posteriormente se utilizan en todos los cálculos de densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados finos y gruesos en estado suelto y compacto:

$$\text{DENSIDAD BULK} = \frac{G - T}{V}$$

G = Masa del agregado más el recipiente de medida, Kg

T = Masa del recipiente de medida, Kg

V = Volumen del recipiente de medida, m³

$$\% \text{ VACIOS} = \frac{(S \times P_w) - M}{(S \times P_w)} \times 100$$

S x Pw = Gravedad específica por Densidad del agua, 998 Kg/m³

M = Densidad bulk de los agregados

➤ **Primer punto de extracción:**

Tabla 21

Densidad bulk y porcentajes de vacíos de los agregados finos en estado suelto del P1.

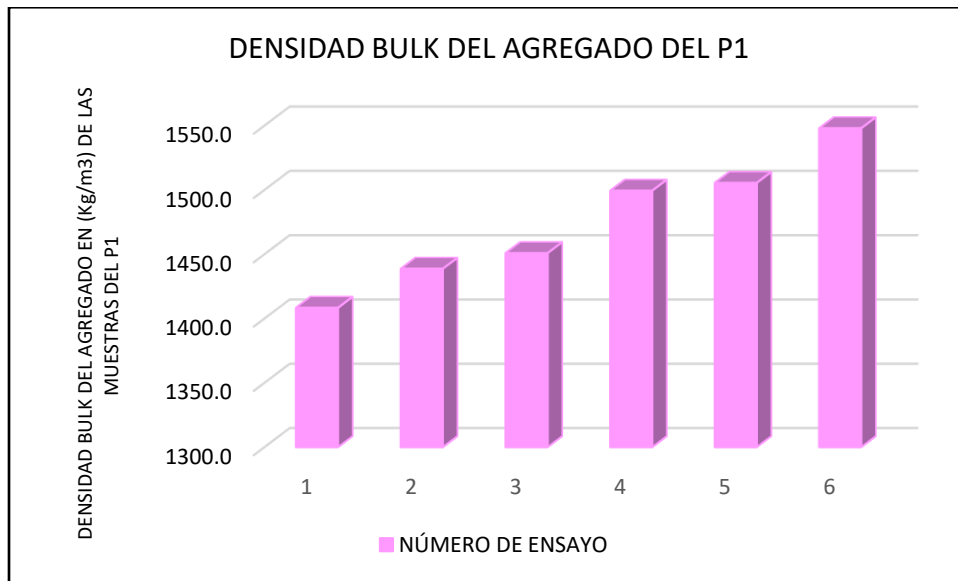
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO EN AGREGADO FINO DEL PRIMER PUNTO DE EXTRACCIÓN.	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P1						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	7.27	7.32	7.34	7.420	7.300	7.50	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	2.320	2.370	2.390	2.470	2.350	2.550	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1408.3	1438.6	1450.8	1499.3	1505.4	1547.9	1475.05
% VACÍOS	45.52	45.60	42.77	39.67	39.42	38.94	41.98
ENSAYOS	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)		%VACÍOS		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	1475.05		41.22				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	51.36		3.08				
VALOR MÍNIMO	1408.3		38.94				
VALOR MÁXIMO	1547.9		45.60				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 294

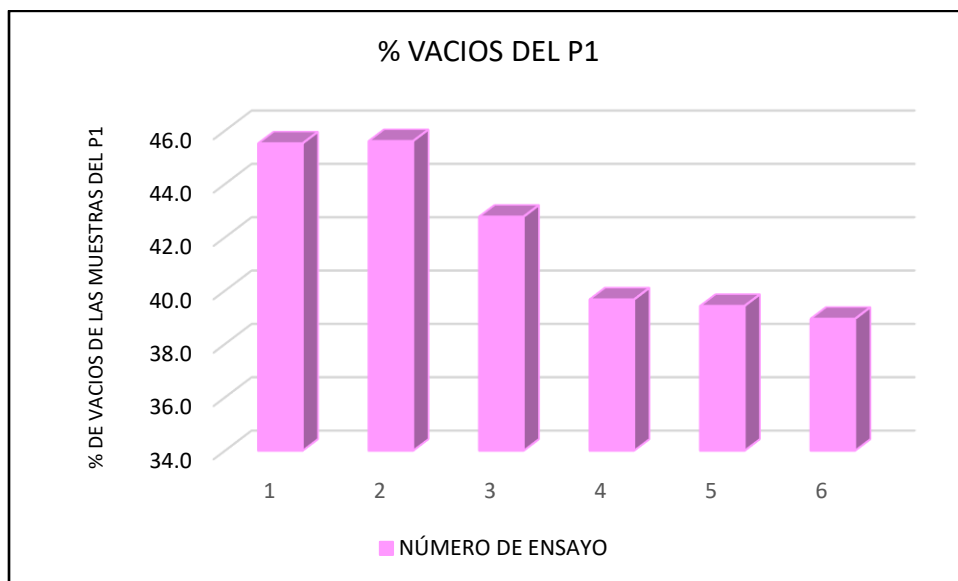
Grafica ensayo densidad bulk de finos en estado suelto de las diferentes muestras del P1.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 295

Grafica del ensayo % vacíos de finos en estado suelto de las diferentes muestras del P1.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 22

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados finos en estado suelto del P2.

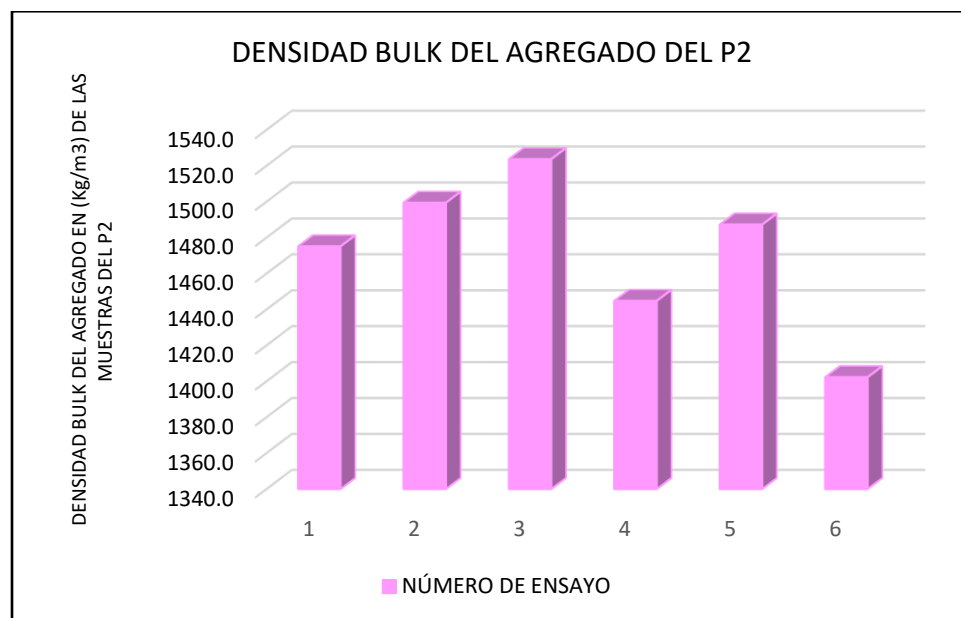
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO EN AGREGADO FINO DEL SEGUNDO PUNTO DE EXTRACCIÓN.							
PROYECTO				Caracterización físico mecánica del material sedimentario			
FUENTE DE MATERIAL				Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo			

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P2						MEDIA ARITMÉTICA	
	1	2	3	4	5	6		
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16		
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.02		
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	7.38	7.42	7.46	7.330	7.400	7.26		
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95		
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165		
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	2.430	2.470	2.510	2.380	2.450	2.310		
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1475.0	1499.3	1523.6	1444.7	1487.2	1402.2		1472.01
% VACÍOS	42.65	42.04	37.89	42.73	41.61	41.36		41.379
ENSAYOS	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		%VACÍOS		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.			
MEDIANA	1481.10		41.83					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	43.05		1.79					
VALOR MÍNIMO	1402.2		37.89					
VALOR MÁXIMO	1523.6		42.73					

Fuente. Autor, 2023.

Figura 296

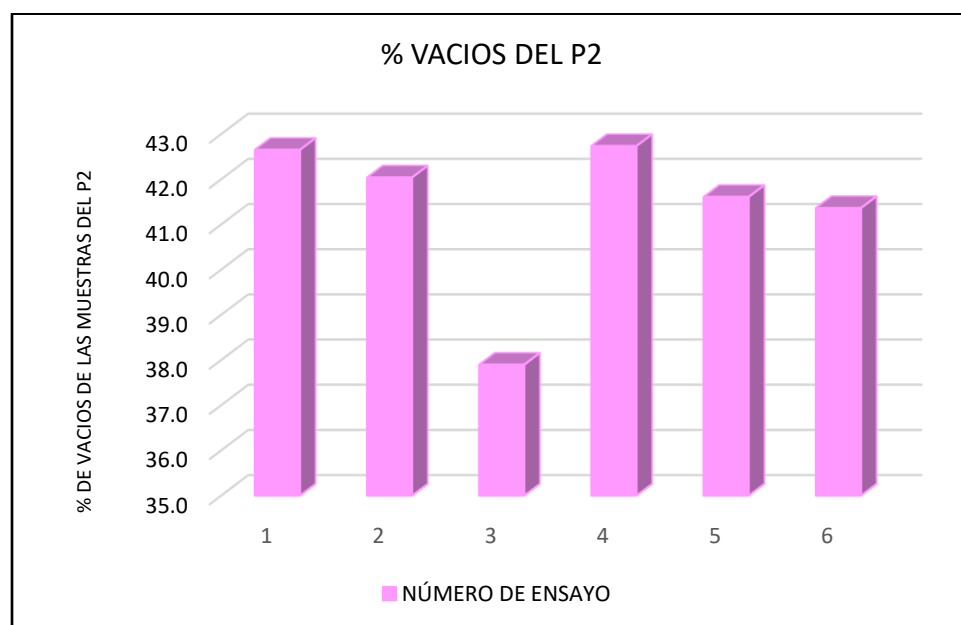
Grafica ensayo de densidad bulk de finos en estado suelto de las diferentes muestras del P2.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 297

Grafica del ensayo de %vacíos de finos en estado suelto de las diferentes muestras del P2.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 23

Densidad bulk y porcentaje de vacío de los agregados finos en estado suelto del P3.

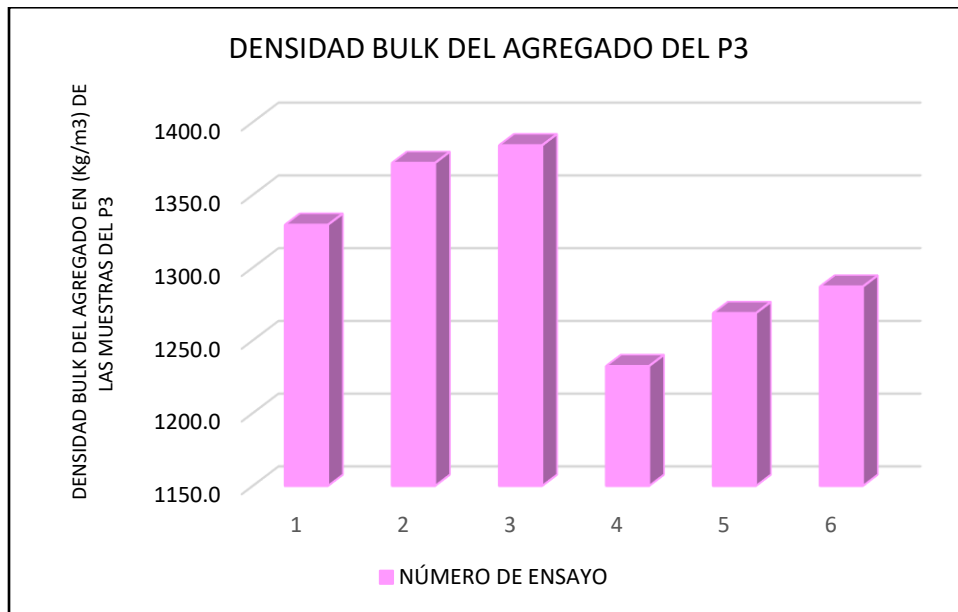
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO EN AGREGADO FINO DEL TERCER PUNTO DE EXTRACCIÓN.	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P3						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	7.14	7.21	7.23	6.980	7.040	7.07	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	2.190	2.260	2.280	2.030	2.090	2.120	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1329.4	1371.9	1384.0	1232.2	1268.7	1286.9	1312.17
% VACÍOS	49.82	48.07	47.64	62.44	51.94	51.20	51.852
ENSAYOS	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	1308.15		50.51				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	59.91		5.45				
VALOR MÍNIMO	1232.2		47.64				
VALOR MÁXIMO	1384.0		62.44				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 298

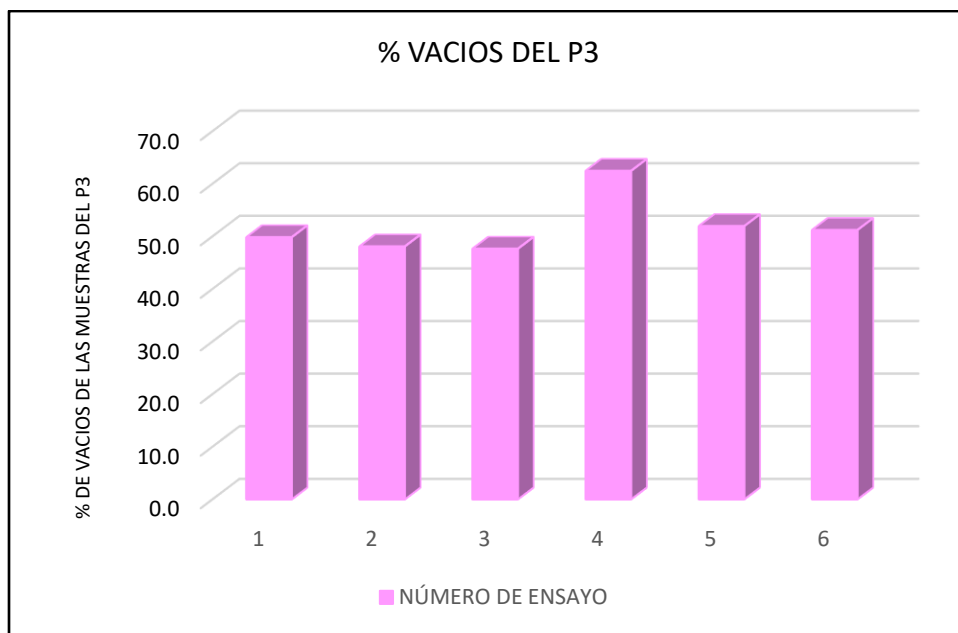
Grafica ensayo densidad bulk de finos en estado suelto de las diferentes muestras del P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 299

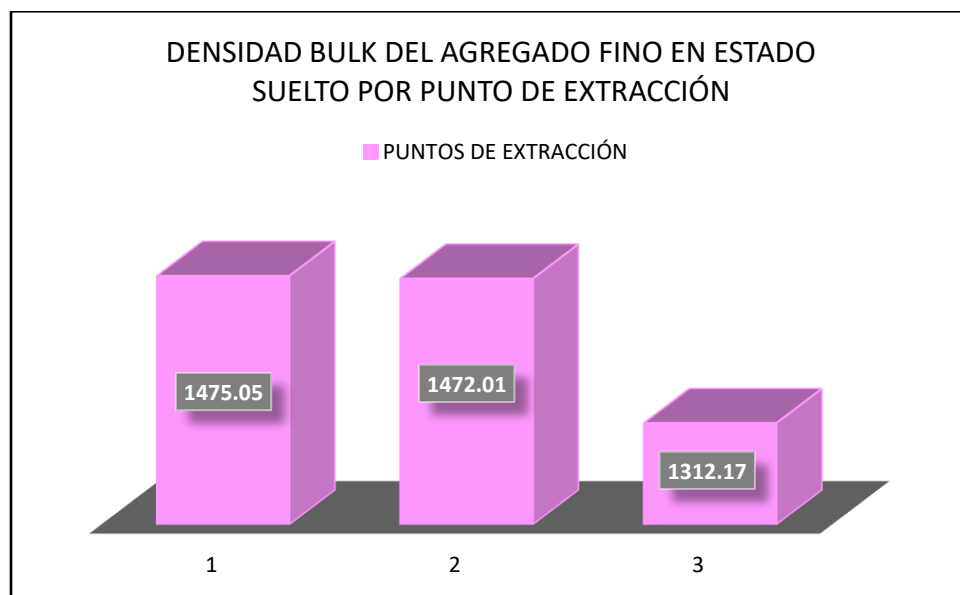
Grafica del ensayo %vacíos de fino en estado suelto de las diferentes muestras del P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 300

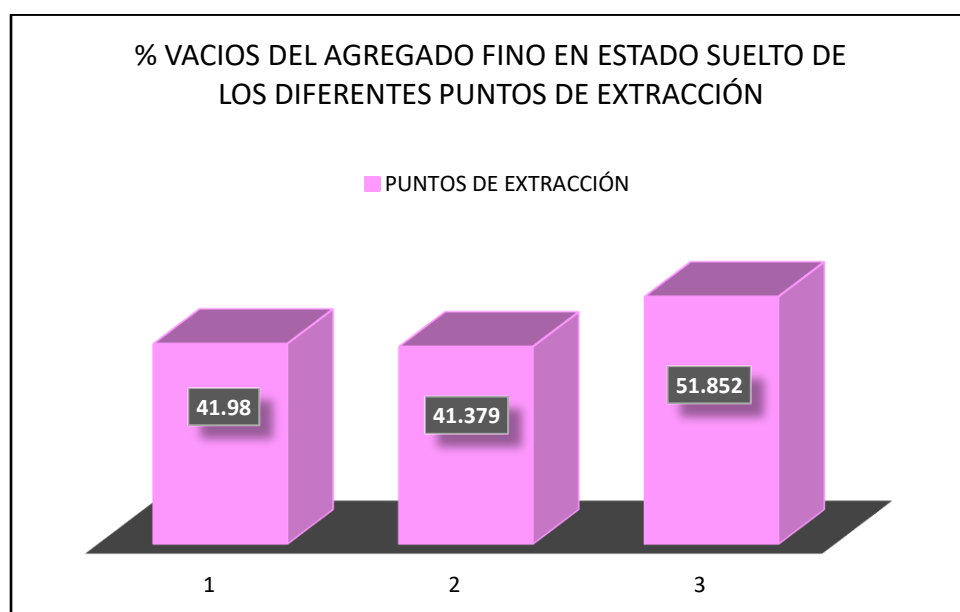
Grafica del ensayo densidad bulk de agregados finos de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023

Figura 301

Grafica del ensayo %vacíos de los agregados finos de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.8. I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado compacto en agregado fino:

➤ **Primer punto de extracción:**

Tabla 24

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados finos en estado apisonado del P1.

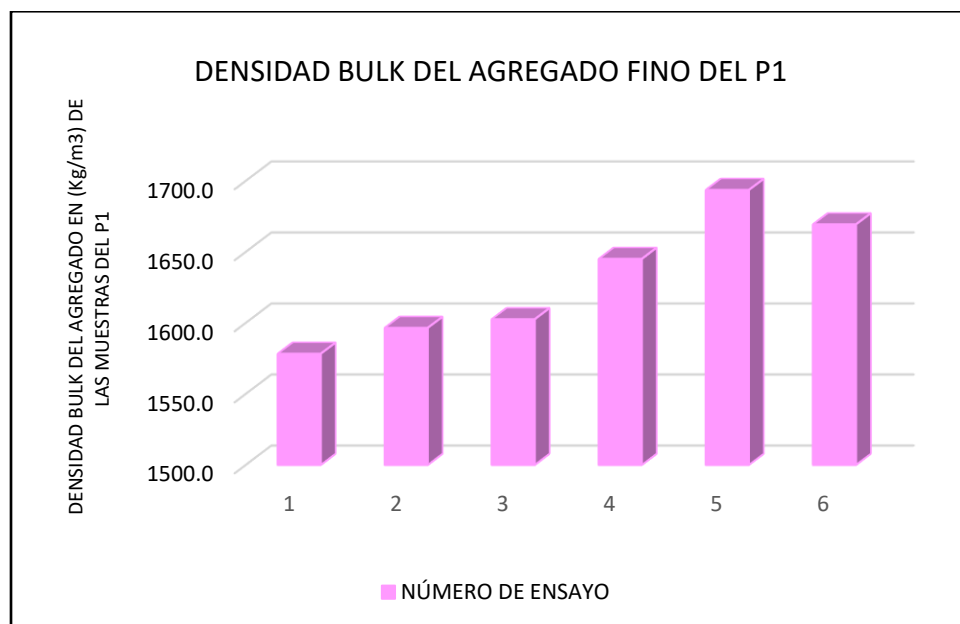
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO APISONADO EN AGREGADO FINO DEL PRIMER PUNTO DE EXTRACCIÓN.	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P1						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	7.27	7.32	7.34	7.420	7.300	7.50	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	2.320	2.370	2.390	2.470	2.350	2.550	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1578.2	1596.4	1602.5	1645.0	1693.6	1669.3	
% VACÍOS	38.94	39.64	36.78	33.80	31.85	34.15	1630.845
ENSAYOS	DENSIDAD BULK AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	1623.75		35.47				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	45.56		3.09				
VALOR MÍNIMO	1578.2		31.85				
VALOR MÁXIMO	1693.6		39.64				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 302

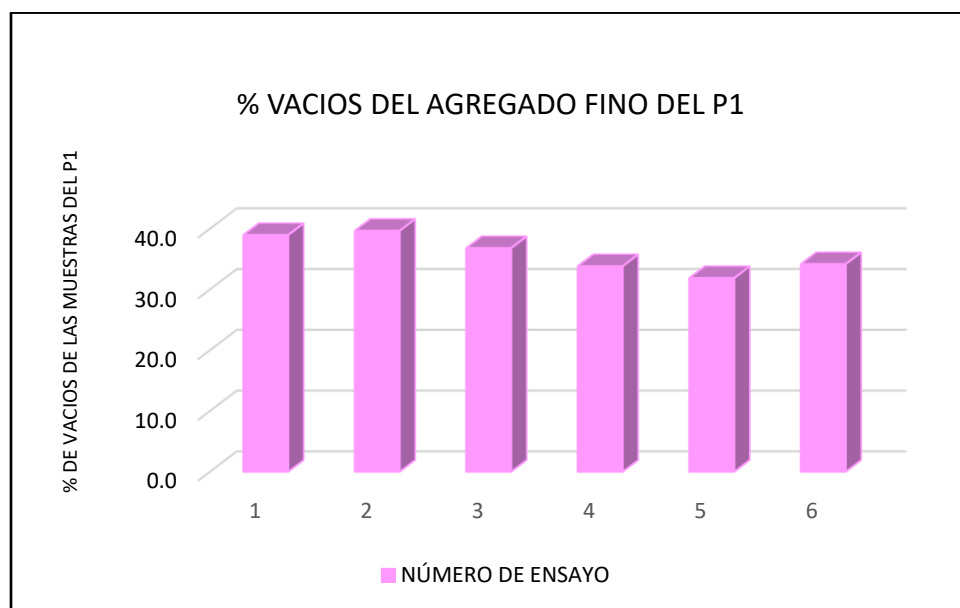
Grafica ensayo densidad bulk de finos en estado apisonado de las diferentes muestras P1.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 303

Grafica ensayo %vacíos de finos en estado apisonado de las diferentes muestras P1.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 25

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados finos en estado apisonado del P2.

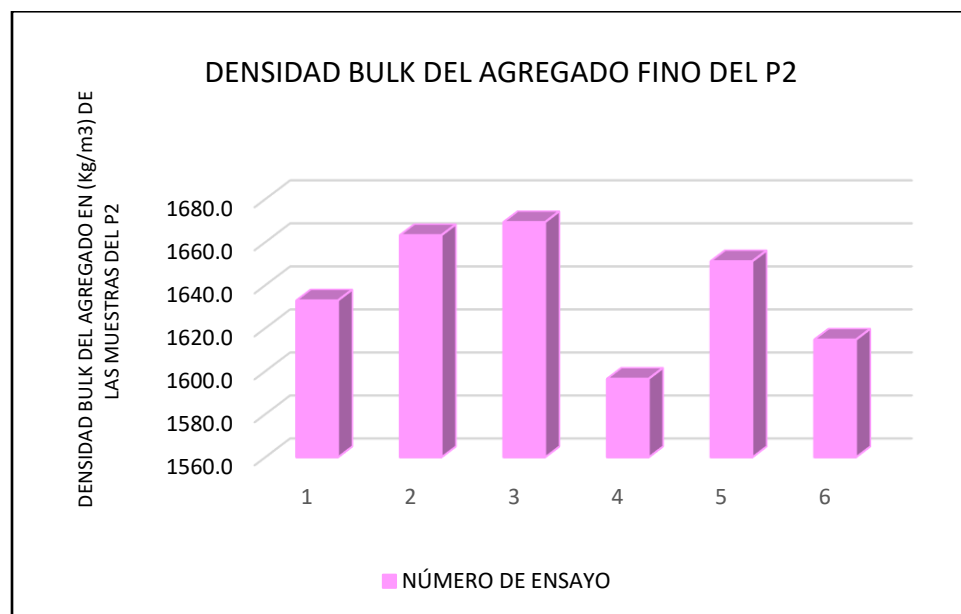
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO APISONADO EN AGREGADO FINO DEL SEGUNDO PUNTO DE EXTRACCIÓN.	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P2						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	7.64	7.69	7.70	7.580	7.670	7.61	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	2.690	2.740	2.750	2.630	2.720	2.660	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1632.9	1663.2	1669.3	1596.4	1651.1	1614.7	1637.927
% VACÍOS	36.51	35.70	31.95	36.72	35.17	32.47	34.755
ENSAYOS	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	1642.00		35.44				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	28.59		2.05				
VALOR MÍNIMO	1596.4		31.95				
VALOR MÁXIMO	1669.3		36.51				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 304

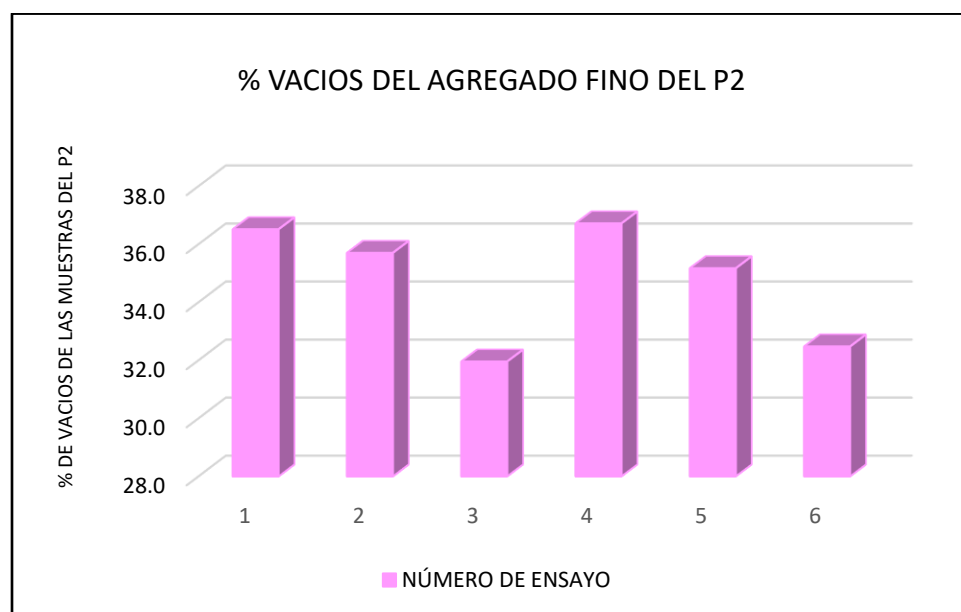
Grafica ensayo densidad bulk de finos en estado apisonado de las diferentes muestras P2.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 305

Grafica ensayo % vacíos de finos en estado apisonado de las diferentes muestras P2.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 26

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados finos en estado apisonado del P3.

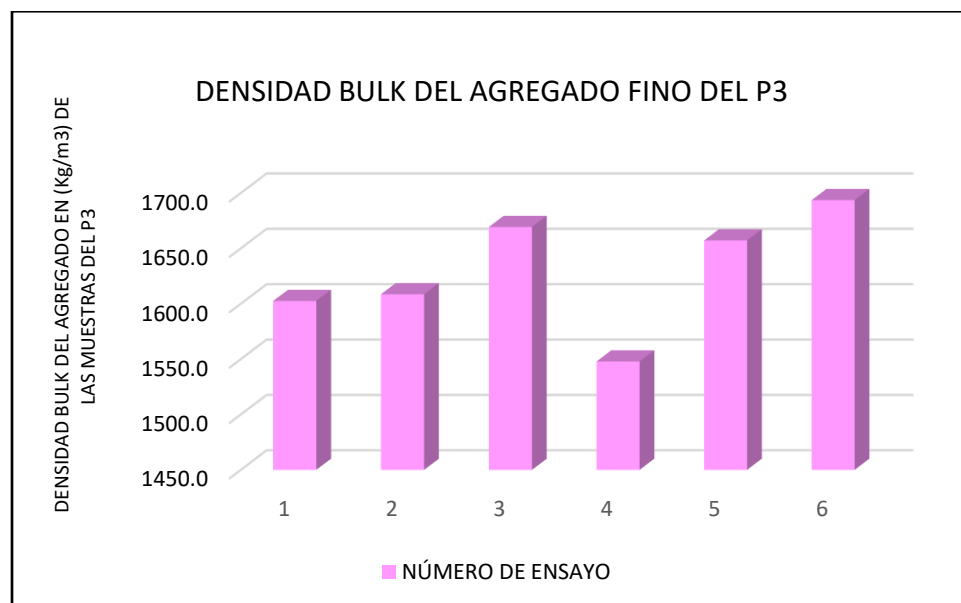
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO APISONADO EN AGREGADO FINO DEL TERCER PUNTO DE EXTRACCIÓN.	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P3						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	0.0236	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	7.59	7.60	7.70	7.500	7.680	7.74	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	0.00165	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	2.640	2.650	2.750	2.550	2.730	2.790	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1602.5	1608.6	1669.3	1547.9	1657.1	1693.6	1629.834
% VACÍOS	39.51	39.11	36.84	52.82	37.22	35.77	40.214
ENSAYOS	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	1632.85		38.17				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	53.44		6.34				
VALOR MÍNIMO	1547.9		35.77				
VALOR MÁXIMO	1693.6		52.82				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 306

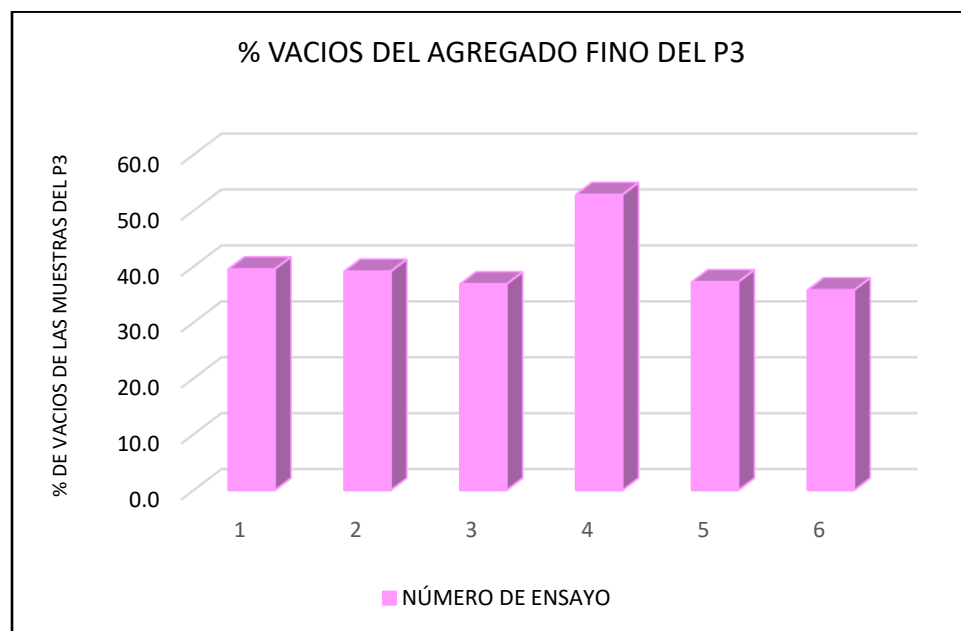
Grafica ensayo densidad bulk de finos en estado apisonado de las diferentes muestras P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 307

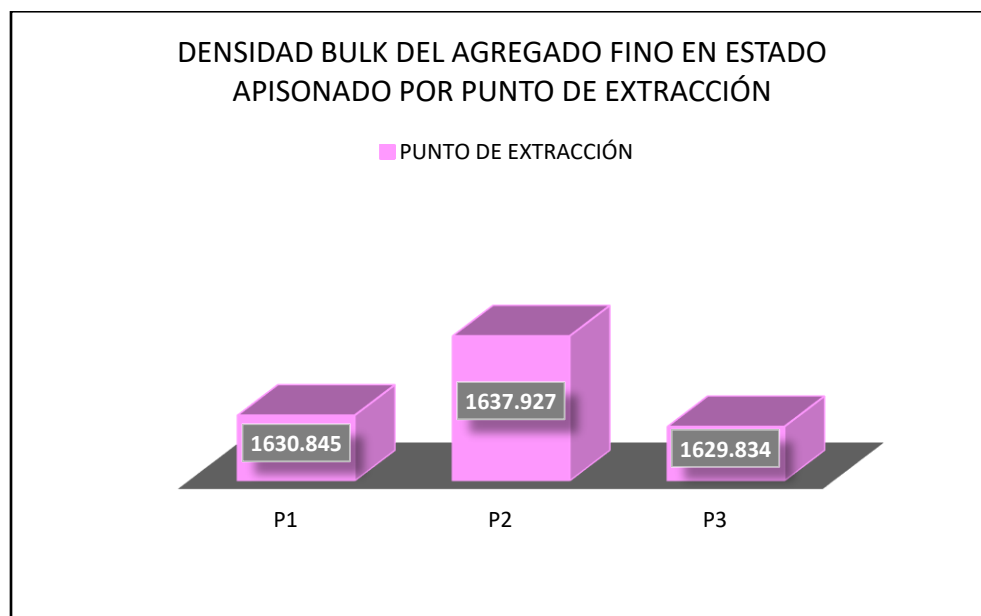
Grafica ensayo % vacíos de finos de finos en estado apisonado de las diferentes muestras.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 308

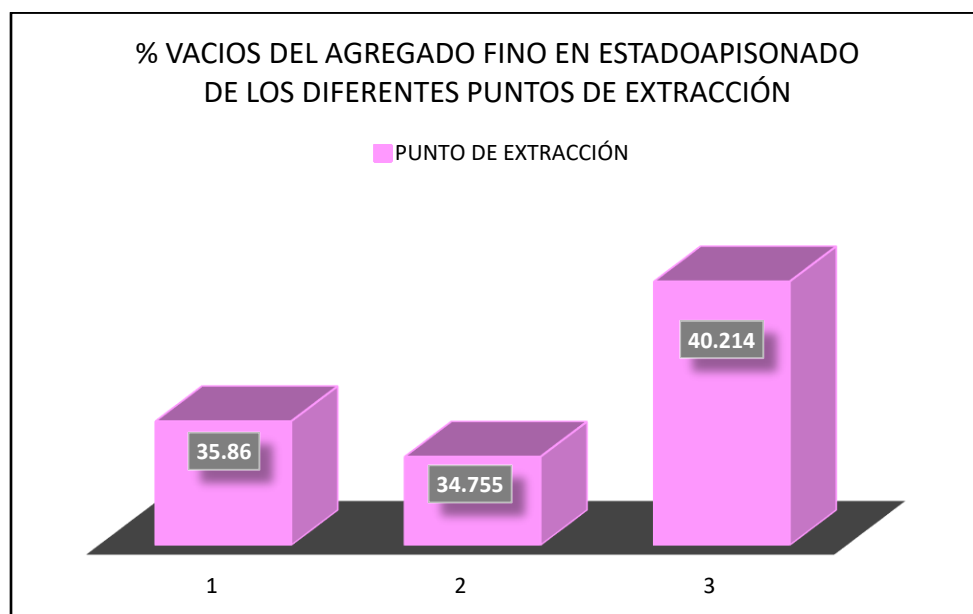
Grafica del ensayo densidad bulk de finos en estado apisonado en los diferentes puntos.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 309

Grafica del ensayo % vacíos de finos en estado apisonado en los diferentes puntos.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.9. I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto en agregado grueso:

➤ **Primer punto de extracción:**

Tabla 27

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados gruesos en estado suelto del P1.

DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO EN AGREGADO GRUESO DEL PRIMER PUNTO DE EXTRACCIÓN.							
PROYECTO				Caracterización físico mecánica del material sedimentario			
FUENTE DE MATERIAL				Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo			

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P1						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	29.77	30.04	30.08	29.07	29.26	29.37	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	15.442	15.712	15.752	14.742	14.932	15.042	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1480.5	1506.4	1510.3	1413.4	1431.6	1442.2	
% VACÍOS	43.44	40.76	41.16	51.38	44.63	44.25	1464.077
ENSAYO	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		valores obtenidos del programa estadística Infostat.		
MEDIANA	1461.35		43.85				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	40.74		3.83				
VALOR MÍNIMO	1413.40		40.76				
VALOR MÁXIMO	1510.30		51.38				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 310

Grafica ensayo densidad bulk de gruesos en estado suelto de las diferentes muestras del P1.

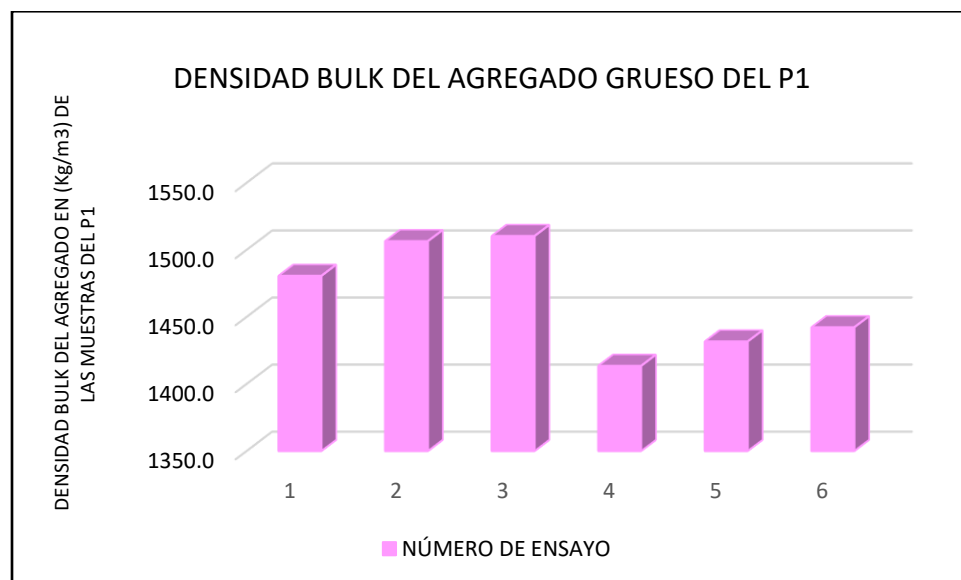
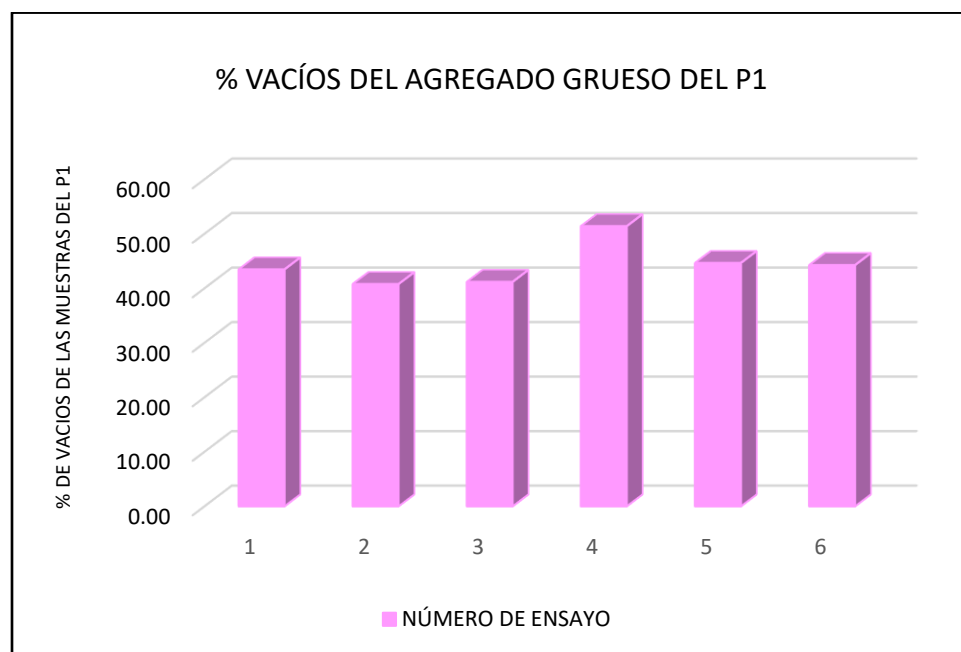


Figura. Autor, 2023.

Figura 311

Grafica ensayo % vacíos de gruesos en estado suelto de diferentes muestras del P1.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 28

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados gruesos en estado suelto del P2.

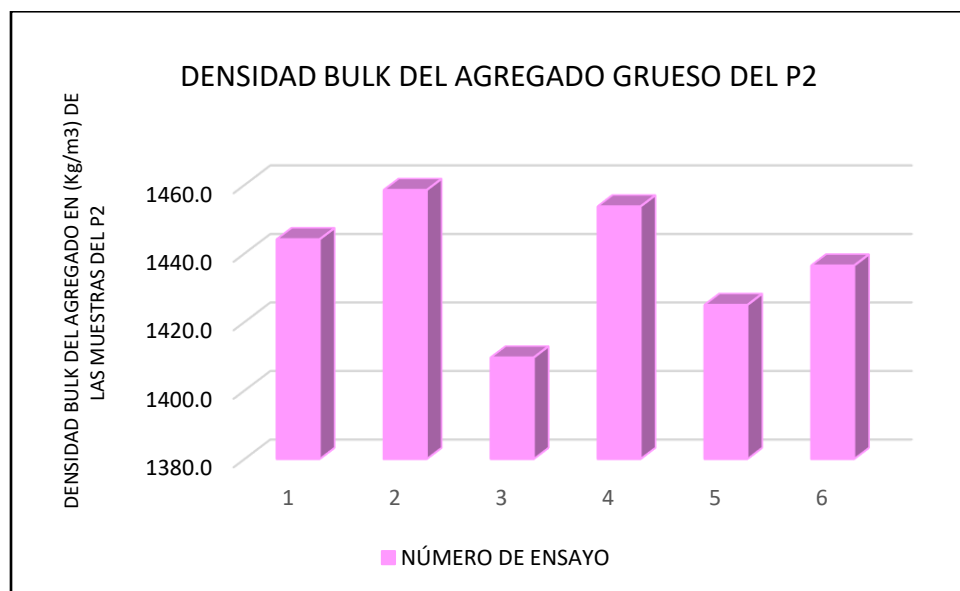
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO EN AGREGADO GRUESO DEL SEGUNDO PUNTO DE EXTRACCIÓN.	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P2						MEDIA ARITMÉTICA	
	1	2	3	4	5	6		
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5		
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	29.39	29.54	29.03	29.49	29.19	29.31		
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328		
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043		
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	15.062	15.212	14.702	15.162	14.862	14.982		
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1444.1	1458.5	1409.6	1453.7	1424.9	1436.4		1437.870
% VACÍOS	43.77	43.43	45.41	43.09	45.17	31.69		42.093
ENSAYOS	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.			
MEDIANA	1440.25		43.60					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	18.36		5.18					
VALOR MÍNIMO	1409.6		31.69					
VALOR MÁXIMO	1458.5		45.41					

Fuente. Autor, 2023.

Figura 312

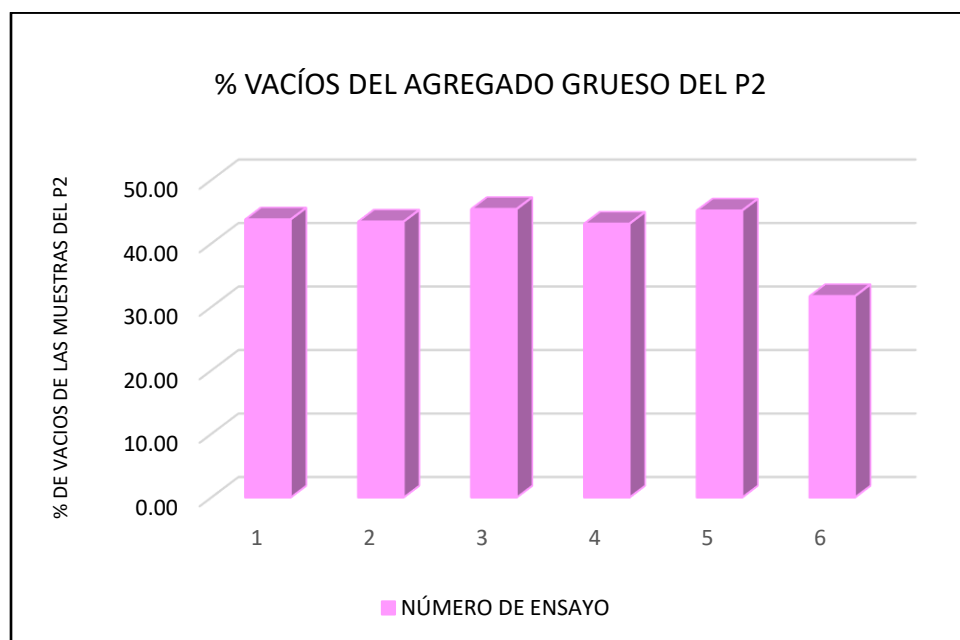
Grafica ensayo densidad bulk de gruesos en estado suelto de las diferentes muestras del P2.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 313

Grafica ensayo % vacíos de gruesos en estado suelto de las diferentes muestras del P2.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 29

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados gruesos en estado suelto del P3.

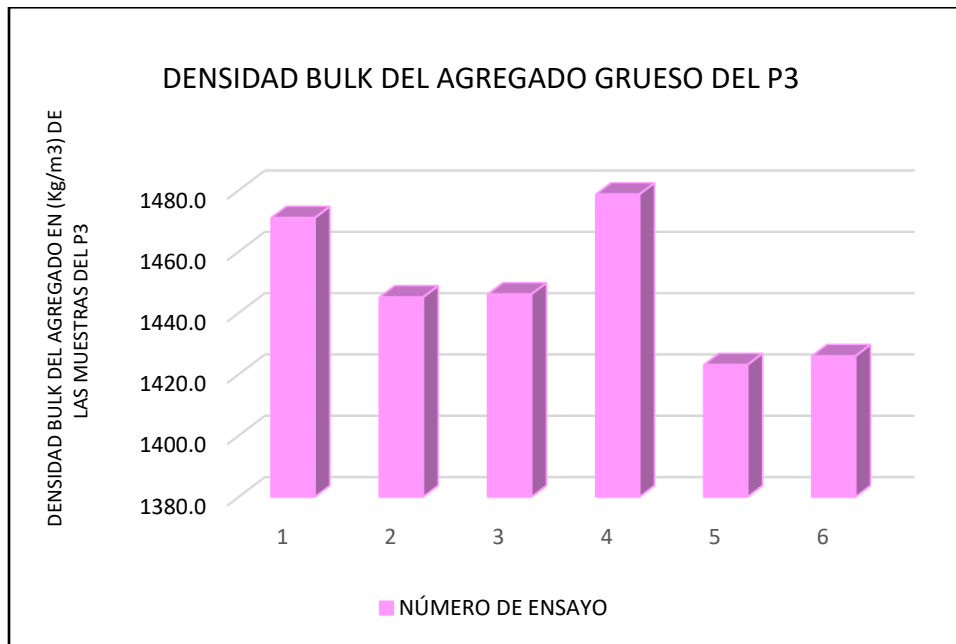
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO EN AGREGADO GRUESO DEL TERCER PUNTO DE EXTRACCIÓN.	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P3						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	29.67	29.4	29.41	29.75	29.17	29.2	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	15.342	15.072	15.082	15.422	14.842	14.872	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1470.9	1445.1	1446.0	1478.6	1423.0	1425.9	1448.257
% VACÍOS	43.96	44.13	44.82	44.37	45.87	47.32	45.080
ENSAYO	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	1445.55		44.60				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	22.74		1.29				
VALOR MÍNIMO	1423.00		43.96				
VALOR MÁXIMO	1478.60		47.32				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 314

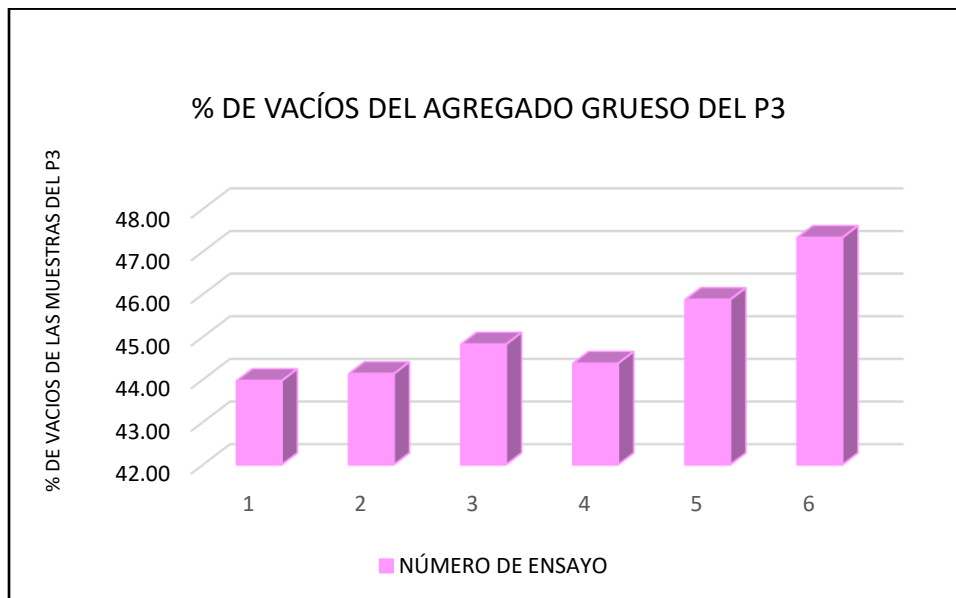
Grafica ensayo densidad bulk de gruesos en estado suelto de las diferentes muestras del P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 315

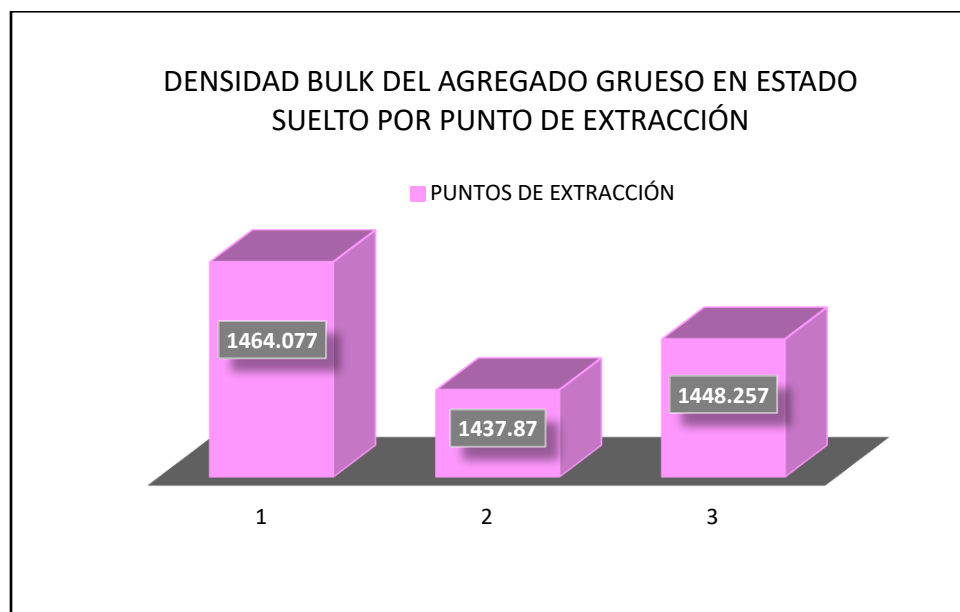
Grafica ensayo % vacíos de gruesos en estado suelto de las diferentes muestras del P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 316

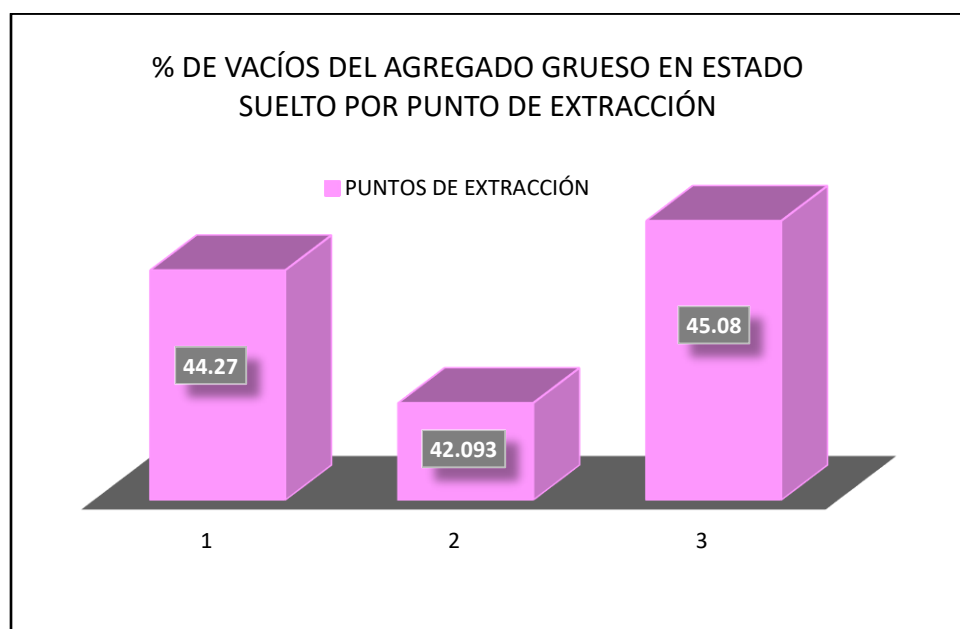
Grafica del ensayo densidad bulk de gruesos en estado suelto en diferentes puntos.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 317

Grafica de % vacíos de gruesos en estado suelto en diferentes puntos.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.10. I.N.V.E 217 – Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado compacto en agregado grueso:

➤ **Primer punto de extracción:**

Tabla 30

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados gruesos en estado apisonado del P1.

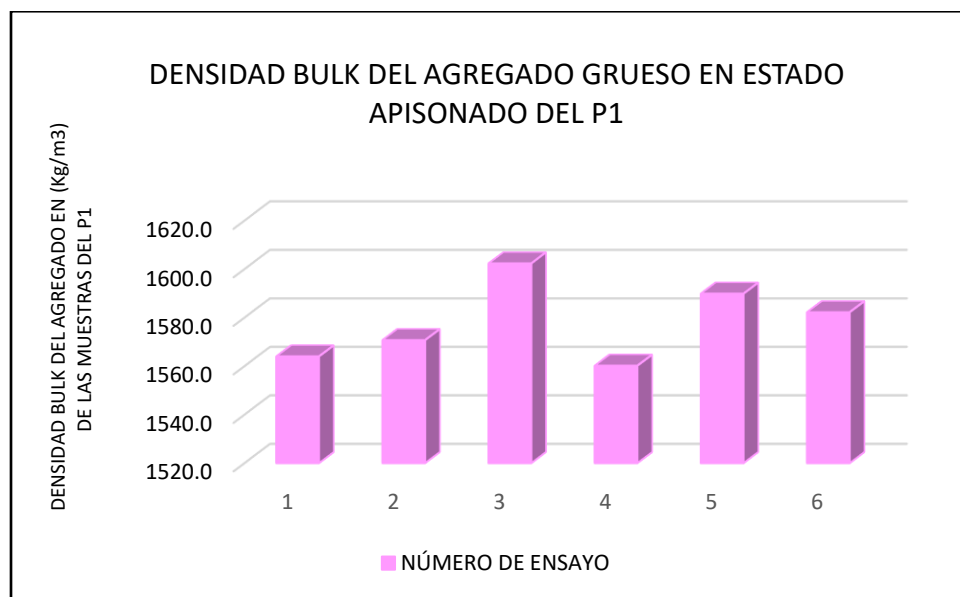
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO APISONADO EN AGREGADO GRUESO DEL PRIMER PUNTO DE EXTRACCIÓN.							
PROYECTO				Caracterización físico mecánica del material sedimentario			
FUENTE DE MATERIAL				Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo			

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P1						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	30.64	30.71	31.04	30.6	30.91	30.83	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	16.312	16.382	16.712	16.272	16.582	16.502	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1563.9	1570.7	1602.3	1560.1	1589.8	1582.2	1578.171
% VACÍOS	40.26	38.23	37.57	46.33	38.51	38.84	39.957
ENSAYOS	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	1576.45		38.68				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	16.25		3.25				
VALOR MÍNIMO	1560.10		37.57				
VALOR MÁXIMO	1602.30		46.33				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 318

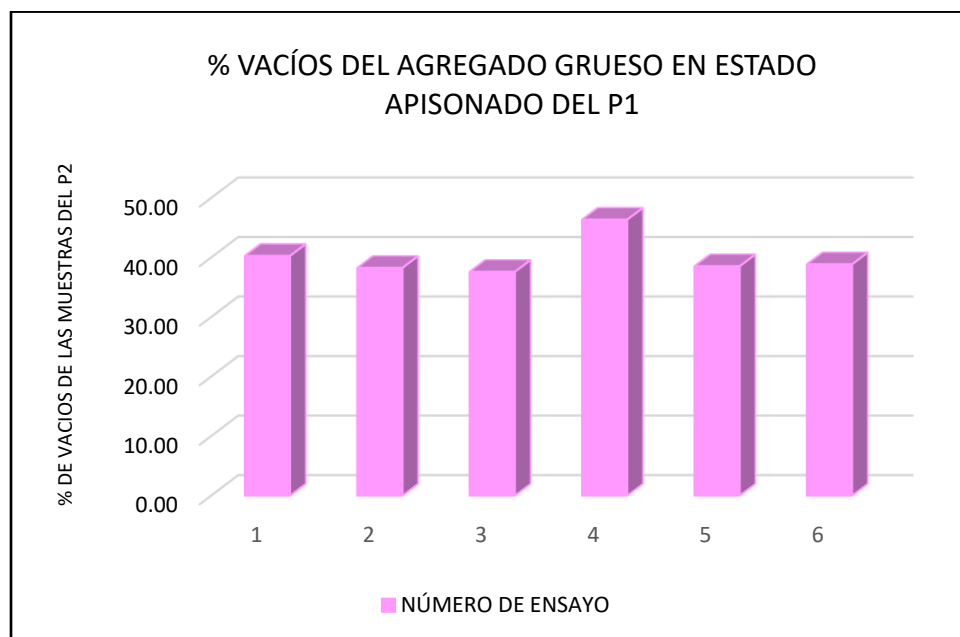
Grafica ensayo densidad bulk de gruesos estado apisonado de diferentes muestras del P1.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 319

Grafica ensayo % vacíos de gruesos en estado apisonado de diferentes muestras del P1.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 31

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados gruesos en estado apisonado del P2.

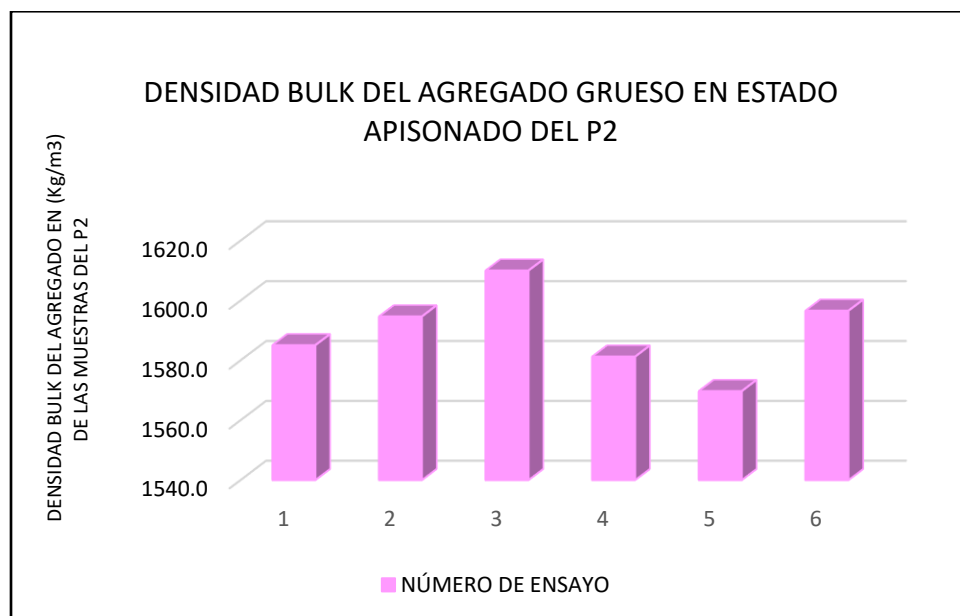
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO APISONADO EN AGREGADO GRUESO DEL SEGUNDO PUNTO DE EXTRACCIÓN.	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P2						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	30.86	30.96	31.12	30.82	30.7	30.98	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	16.532	16.632	16.792	16.492	16.372	16.652	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1585.0	1594.6	1610.0	1581.2	1569.7	1596.5	
% VACÍOS	38.28	38.15	37.65	38.10	39.60	24.07	35.976
ENSAYO	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	1589.80		38.13				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	13.97		5.87				
VALOR MÍNIMO	1569.70		24.07				
VALOR MÁXIMO	1610.00		39.60				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 320

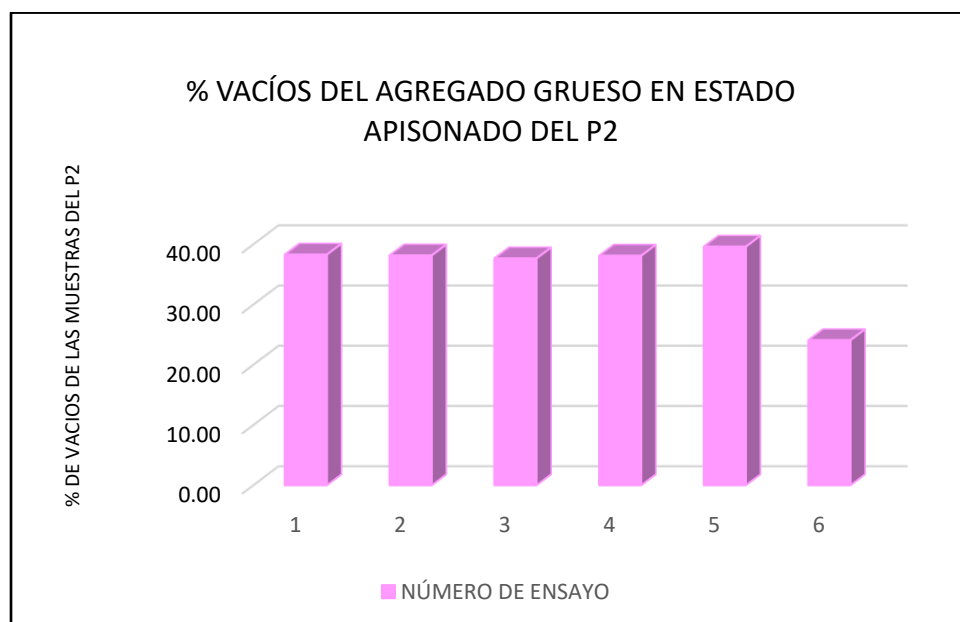
Grafica ensayo densidad bulk gruesos estado apisonado de las diferentes muestras del P2.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 321

Grafica ensayo % vacíos de gruesos en estado apisonado de las diferentes muestras del P2.



Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 32

Densidad bulk y porcentaje de vacíos de los agregados gruesos en estado apisonado del P3.

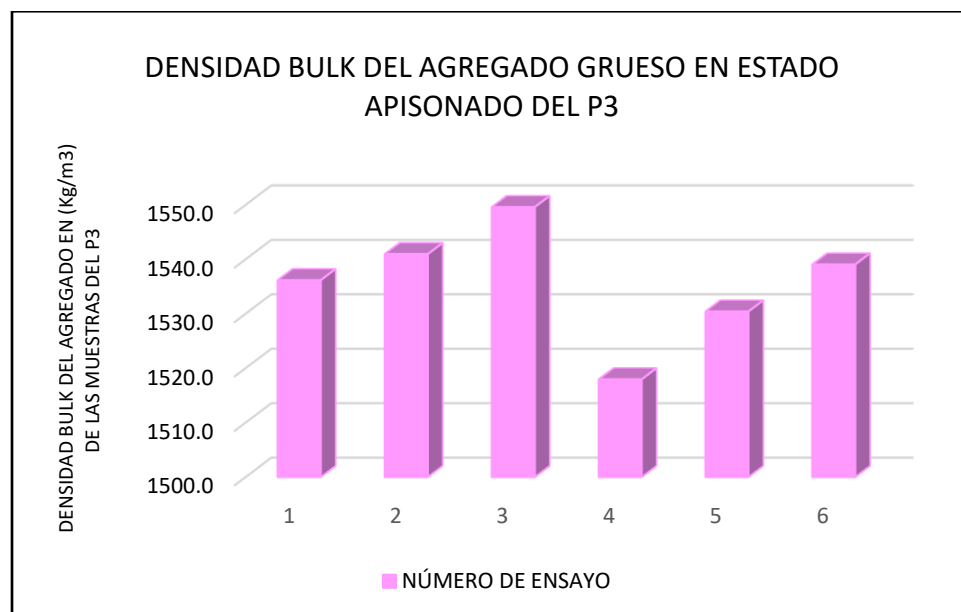
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO APISONADO EN AGREGADO GRUESO DEL TERCER PUNTO DE EXTRACCIÓN.	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

ENSAYO I.N.V.E 217	NUMERO DE MUESTRAS P3						MEDIA ARITMÉTICA
	1	2	3	4	5	6	
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	
T. MÁXIMO DEL AGREGADO (cm)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
MASA DEL AGREGADO + RECIPIENTE (Kg)	30.35	30.4	30.49	30.16	30.29	30.38	
PESO DEL RECIPIENTE (kg)	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	14.328	
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	0.01043	
PESO NETO DEL MATERIAL (kg)	16.022	16.072	16.162	15.832	15.962	16.052	
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (Kg/m3)	1536.1	1540.9	1549.6	1517.9	1530.4	1539.0	
% VACÍOS	41.48	40.42	40.87	42.89	41.78	43.14	41.766
ENSAYO	DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (kg/m3)		% VACÍOS		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA	1537.55		41.63				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	10.74		1.08				
VALOR MÍNIMO	1517.90		40.42				
VALOR MÁXIMO	1549.60		43.14				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 322

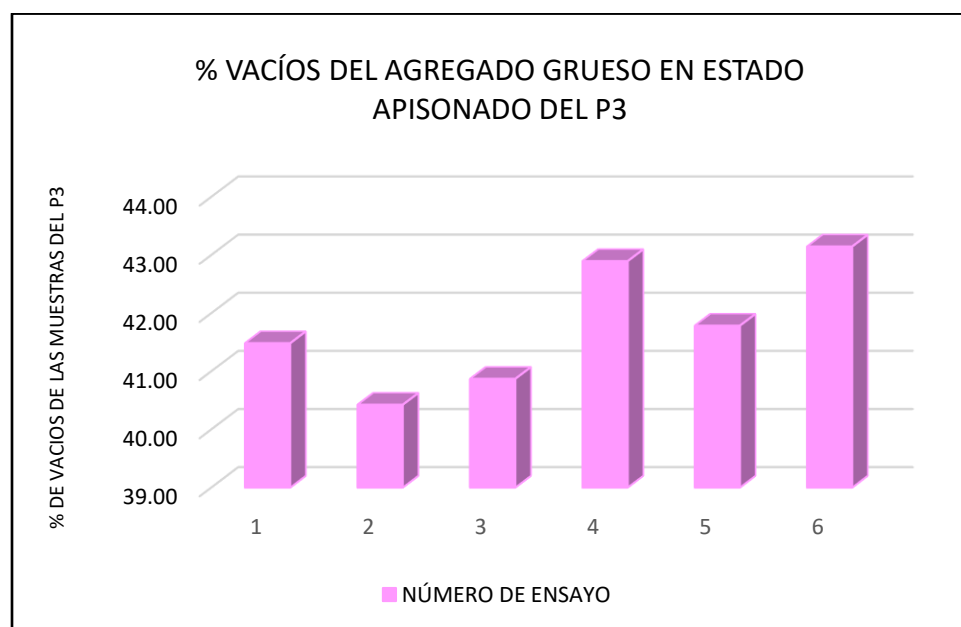
Grafica ensayo densidad bulk gruesos estado apisonado de las diferentes muestras del P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 323

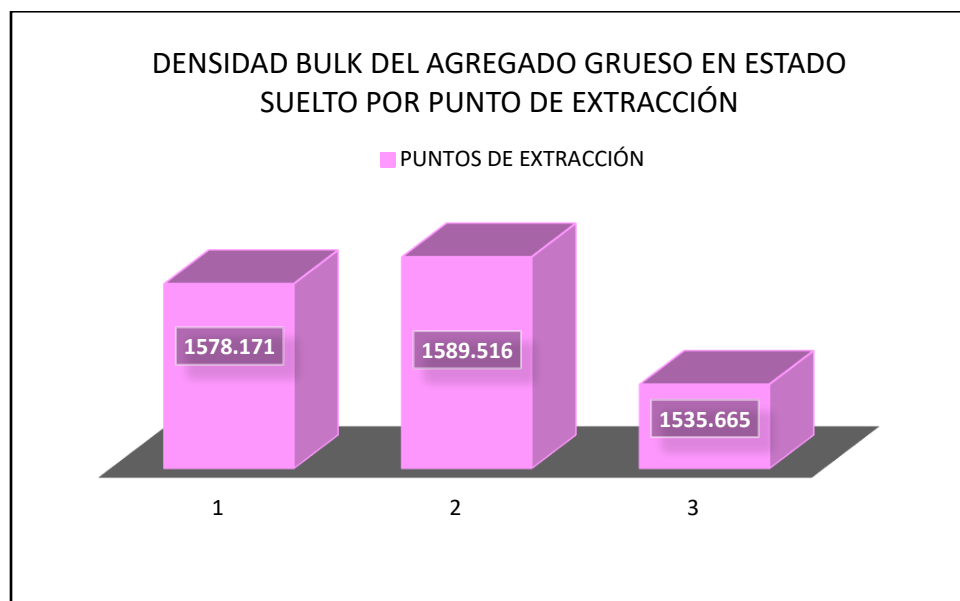
Grafica ensayo % vacíos de gruesos en estado apisonado de las diferentes muestras del P3.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 324

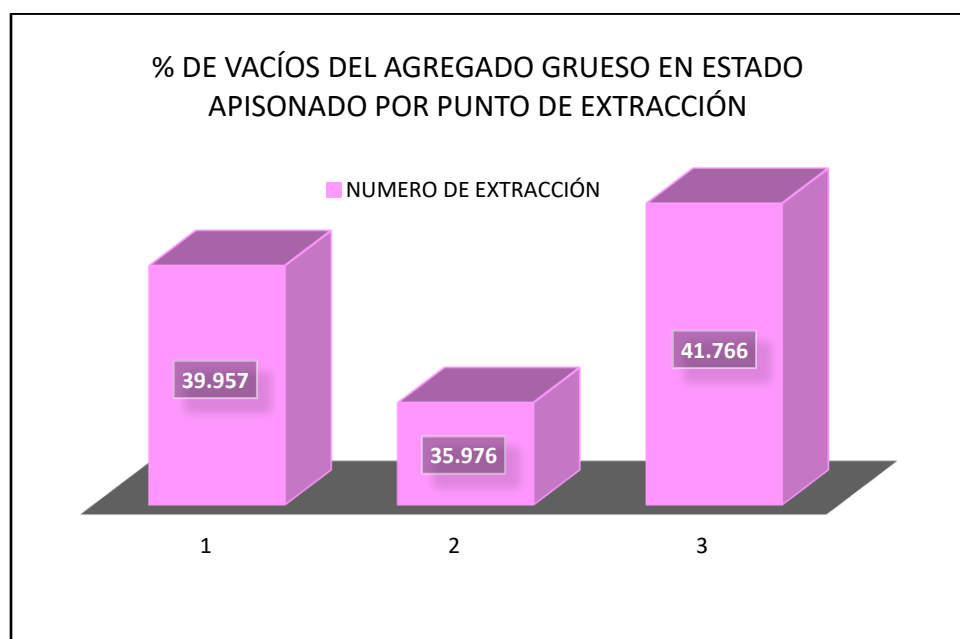
Grafica del ensayo densidad bulk de gruesos en estado apisonado en diferentes puntos.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 325

Grafica del ensayo % vacíos de gruesos en estado apisonado en diferentes puntos.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.11. I.N.V.E 222 – Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción agregado fino:

➤ **Primer punto de extracción:**

Tabla 33

Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino del P1.

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO										
MUESTRAS DE LOS AGREGADOS DEL P1	ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	MEDIA ARITMÉTICA
	Procedimiento gravimétrico									
	A	Masa al aire de la muestra seca al horno	gr	489.6	489.2	492.1	492.0	491.6	492.0	
	P	Masa del picnómetro aforado vacío	gr	156.3	151.6	157.6	156.9	152.2	153.0	
	B	Masa del picnómetro aforado lleno de agua	gr	651.5	645.4	651.8	653.7	647.5	648.3	
	C	Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr	962.1	960.8	957.8	956.5	954.3	954.3	
	S	Masa de la muestra saturada y superficialmente seca	gr	500	500	500	500.0	500	500.0	
	F	Densidad relativa (gravedad especifica) seca al horno SH = A / (B+S-C)	--	2.59	2.65	2.54	2.49	2.54	2.54	2.56
	G	Densidad relativa (gravedad especifica) - (Saturada y superficialmente seca) SSS = S / (B+S-C)	--	2.64	2.71	2.58	2.54	2.59	2.58	2.60
	H	Densidad relativa aparente (gravedad especifica aparente) DRA = A / (B+A-C)	--	2.74	2.81	2.64	2.60	2.66	2.65	2.68
I	Absorción=[(S-A) /A]*100	%	2.12	2.21	1.61	1.63	1.71	1.63	1.82	
ENSAYO			SH	SSS	DRA	ABSORCIÓN		Valor obtenido del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA			2.54	2.58	2.65	1.67				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			0.05	0.06	0.08	0.27				
VALOR MÍNIMO			2.50	2.54	2.60	1.61				
VALOR MÁXIMO			2.65	2.71	2.82	2.21				

Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 34

Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino del P2.

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO									
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	MEDIA ARITMÉTICA
Procedimiento gravimétrico									
A	Masa al aire de la muestra seca al horno	gr	493.0	495.3	487.2	491.9	489.2	489.5	
B	Masa del picnómetro aforado lleno de agua	gr	661.7	666.6	652.5	658.4	648.0	654.0	
C	Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr	972.4	979.5	953.3	967.8	954.3	954.7	
S	Masa de la muestra saturada y superficialmente seca	gr	502.0	504.0	499.0	504.0	498.0	505.0	
F	Densidad relativa (gravedad especifica) seca al horno SH = A / (B+S-C)	--	2.58	2.59	2.46	2.53	2.55	2.40	2.52
G	Densidad relativa (gravedad especifica) - (Saturada y superficialmente seca) SSS = S / (B+S-C)	--	2.62	2.64	2.52	2.59	2.60	2.47	2.57
H	Densidad relativa aparente (gravedad especifica aparente) DRA = A / (B+A-C)	--	2.70	2.72	2.61	2.70	2.67	2.59	2.67
I	Absorción=[(S-A) /A]*100	%	1.83	1.76	2.42	2.46	1.80	3.17	2.24
ENSAYO		SH	SSS	DRA	ABSORCIÓN		Valor obtenido del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA		2.54	2.59	2.69	2.12				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		0.08	0.06	0.05	0.55				
VALOR MÍNIMO		2.40	2.47	2.59	1.76				
VALOR MÁXIMO		2.59	2.64	2.72	3.17				

Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 35

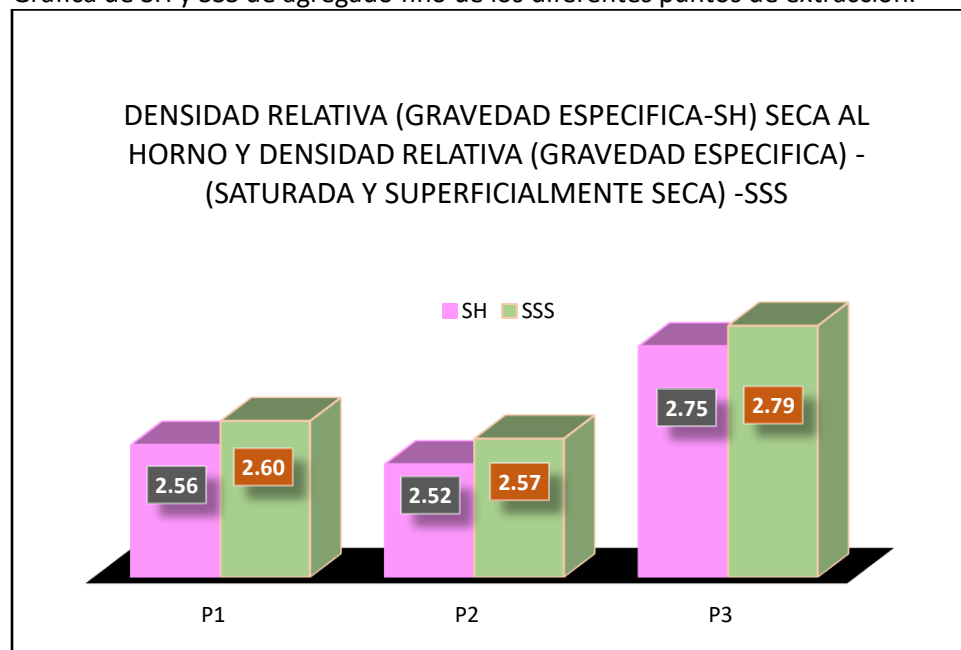
Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino del P3.

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO										
MUESTRAS DE LOS AGREGADOS DEL P3	ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	MEDIA ARITMÉTICA
	Procedimiento gravimétrico									
	A	Masa al aire de la muestra seca al horno	gr	496.4	495.0	494.2	493.8	495.4	492.5	
	B	Masa del picnómetro aforado lleno de agua	gr	654.5	642.8	649.6	614.6	653.8	646.2	
	C	Masa total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr	967.9	955.8	963.1	964.8	967.2	960.1	
	S	Masa de la muestra saturada y superficialmente seca	gr	500.4	500.0	500.1	500.4	500.7	500.3	
	F	Densidad relativa (gravedad especifica) seca al horno SH = A / (B+S-C)	--	2.65	2.65	2.65	3.29	2.64	2.64	2.75
	G	Densidad relativa (gravedad especifica) - (Saturada y superficialmente seca) SSS = S / (B+S-C)	--	2.68	2.67	2.68	3.33	2.67	2.68	2.79
	H	Densidad relativa aparente (gravedad especifica aparente) DRA = A / (B+A-C)	--	2.71	2.72	2.73	3.44	2.72	2.76	2.80
I	Absorción=[(S-A) /A]*100	%	0.81	1.01	1.19	1.34	1.07	1.58	1.17	
ENSAYO			SH	SSS	DRA	ABSORCIÓN	Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.			
MEDIANA			2.65	2.68	2.73	1.13				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			0.26	0.27	0.29	0.27				
VALOR MÍNIMO			2.64	2.67	2.71	0.81				
VALOR MÁXIMO			3.29	3.33	3.44	1.58				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 326

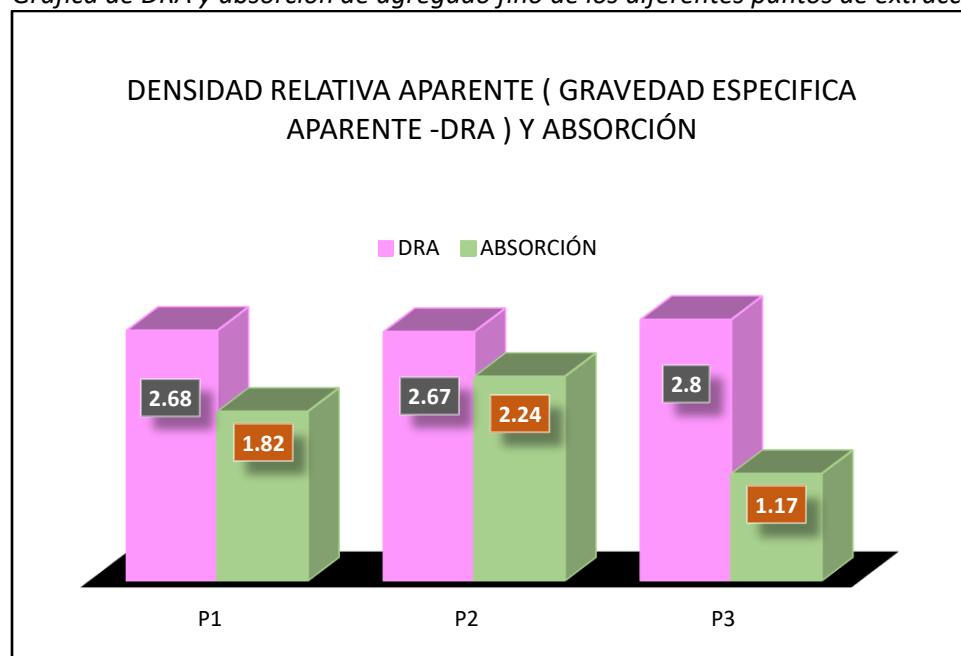
Grafica de SH y SSS de agregado fino de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 327

Grafica de DRA y absorción de agregado fino de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.12. I.N.V.E 223 – Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado

grueso:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) SH} = \frac{A}{(B - C)} \quad \text{Absorción, \%} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$\text{Densidad relativa SSS} = \frac{B}{(B - C)} \quad \text{Densidad relativa (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{(A - C)}$$

➤ **Primer punto de extracción:**

Tabla 36

Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado grueso del P1.

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS									
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	MEDIA ARITMÉTICA
A	Masa al aire de la muestra seca al horno	gr	4329	4284	4954.9	5056	4550.3	4732.6	
B	Masa al aire de la muestra saturada y superficialmente seca	gr	4366.7	4381.5	5039.2	5107.1	4607.5	4789.6	
C	Masa aparente de la muestra saturada en agua	gr	2716.3	2700.2	3112.6	3371.4	2851.1	2963.7	
D	B-C	gr	1650.4	1681.3	1926.6	1735.7	1756.4	1825.9	
SH	Densidad relativa (gravedad especifica) - (seca al horno) SH = A / D	--	2.623	2.548	2.572	2.913	2.591	2.592	2.64
SSS	Densidad relativa (gravedad especifica) - (Saturada y superficialmente seca) SSS = B / D	--	2.646	2.606	2.616	2.942	2.623	2.623	2.67
DRA	Densidad relativa aparente (gravedad especifica aparente) DRA= A / (A-C)	--	2.684	2.705	2.690	3.001	2.678	2.675	2.74
H	Absorción=[(B-A) /A]*100	%	0.871	2.276	1.701	1.011	1.257	1.204	1.39
ENSAYO		SH	SSS	DRA	ABSORCIÓN		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA		2.59	2.62	2.69	1.23				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		0.14	0.13	0.13	0.52				
VALOR MÍNIMO		2.55	2.61	2.68	0.87				
VALOR MÁXIMO		2.91	2.94	3.00	2.28				

Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 37

Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregados gruesos del P2.

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS									
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	MEDIA ARITMÉTICA
A	Masa al aire de la muestra seca al horno	gr	4521.7	4195.4	4175.4	4175.4	4254.4	4177.7	
B	Masa al aire de la muestra saturada y superficialmente seca	gr	4594.6	4271.7	4255.3	4256.6	4318.6	4246.5	
C	Masa aparente de la muestra saturada en agua	gr	2837.4	2647.7	2641.5	2625.3	2684.9	2611.8	
D	B-C	gr	1757.2	1624.	1613.8	1631.3	1633.7	1982.8	
SH	Densidad relativa (gravedad especifica) - (seca al horno) SH = A / D	--	2.57	2.58	2.59	2.56	2.60	2.11	2.50
SSS	Densidad relativa (gravedad especifica) - (Saturada y superficialmente seca) SSS = B / D	--	2.61	2.63	2.64	2.61	2.64	2.32	2.58
DRA	Densidad relativa aparente (gravedad especifica aparente) DRA= A / (A-C)	--	2.68	2.71	2.72	2.69	2.71	2.67	2.70
H	Absorción=[(B-A) /A]*100	%	1.61	1.82	1.91	1.94	1.51	1.65	1.74
ENSAYO		SH	SSS	DRA	ABSORCIÓN		Valore obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA		2.58	2.62	2.70	1.73				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		0.19	0.13	0.02	0.18				
VALOR MÍNIMO		2.11	2.32	2.67	1.51				
VALOR MÁXIMO		2.60	2.64	2.72	1.95				

Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 38

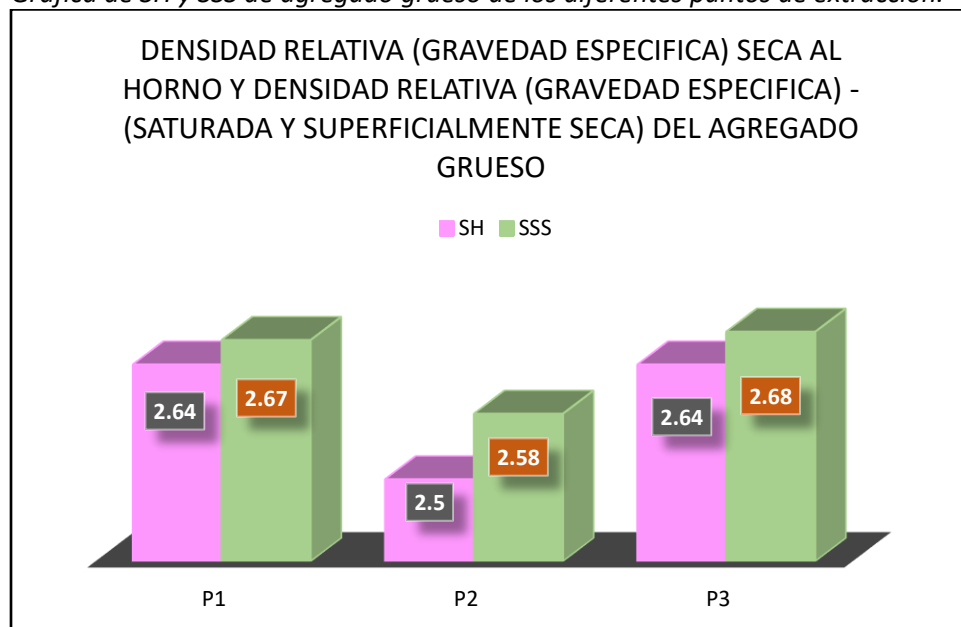
Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregados gruesos del P3.

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS									
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	MEDIA ARITMÉTICA
A	Masa al aire de la muestra seca al horno	gr	4953.40	4917.9	4719.3	4789.6	4603.0	4654.6	
B	Masa al aire de la muestra saturada y superficialmente seca	gr	5029.40	4993.2	4792.3	4864.2	4680.7	4723.3	
C	Masa aparente de la muestra saturada en agua	gr	3146.20	3095.6	2995.0	3065.9	2933.2	3007.2	
D	B-C	gr	1883.20	1897.6	1797.3	1798.3	1747.5	1716.1	
SH	Densidad relativa (gravedad especifica) - (seca al horno) SH = A / D	--	2.63	2.59	2.63	2.66	2.63	2.71	2.64
SSS	Densidad relativa (gravedad especifica) - (Saturada y superficialmente seca) SSS = B / D	--	2.67	2.63	2.67	2.70	2.68	2.75	2.68
DRA	Densidad relativa aparente (gravedad especifica aparente) DRA= A / (A-C)	--	2.74	2.70	2.74	2.78	2.76	2.83	2.76
H	Absorción=[(B-A) /A]*100	%	1.53	1.53	1.55	1.56	1.69	1.48	1.56
ENSAYO		SH	SSS	DRA	ABSORCIÓN		Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		
MEDIANA		2.63	2.68	2.75	1.54				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		0.04	0.04	0.04	0.07				
VALOR MÍNIMO		2.59	2.63	2.70	1.48				
VALOR MÁXIMO		2.71	2.75	2.83	1.69				

Fuente. Autor, 2023.

Figura 328

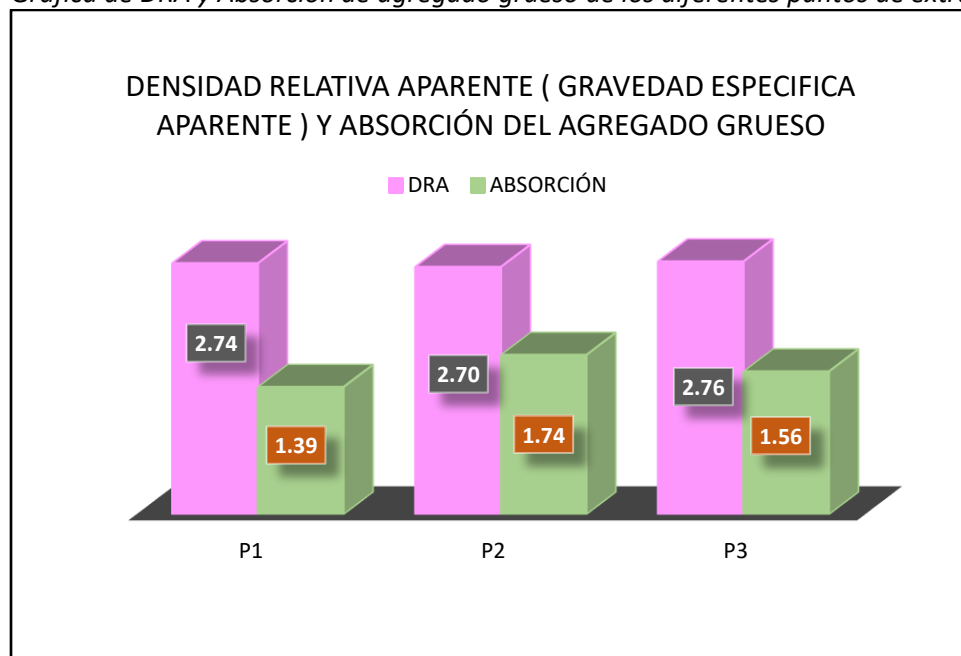
Grafica de SH y SSS de agregado grueso de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 329

Grafica de DRA y Absorción de agregado grueso de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.13. I.N.V.E 227 – Porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso:

➤ Primer punto de extracción:

Tabla 39

Porcentaje de caras fracturadas en los agregados gruesos del P1.

NUMERO TAMIZ		MASA (gr)	F			N	P (1 caras) fracturada	P (2 caras) fracturada	% 1 cara	% 2 caras
			1 cara F	2+ caras F	Total, F					
MUESTRA 1	1"	3230.5	552	2313.0	2865	365.5	17.09	71.60	26.4	66.0
	3/4"	1927.6	372	1475.2	1847.2	80.4	19.30	76.53		
	1/2"	814.3	713.5	75.4	788.9	25.4	87.62	9.26		
	3/8"	340.9	30.5	302.5	333	7.9	8.95	88.74		
	T	6313.3	1668	4166.1	5834.1	479.2				
MUESTRA 2	1"	3780.0	864.9	2703.7	3568.6	211.4	22.9	71.53	21.5	72.5
	3/4"	1710.7	404.2	1177.6	1581.8	128.9	23.6	68.84		
	1/2"	1123.6	150.3	918.4	1068.7	54.9	13.4	81.74		
	3/8"	290.7	62.3	205.4	267.7	23.0	21.4	70.66		
	T	6905.0	1481.7	5005.1	6486.8	418.2				
MUESTRA 3	1"	3428.7	713.7	2591.9	3305.6	123.1	20.82	75.59	21.9	73.2
	3/4"	1679.8	514.5	1047.9	1562.4	117.4	30.63	62.38		
	1/2"	1210.8	197.1	940.7	1137.8	73	16.28	77.69		
	3/8"	445.8	54.2	370.3	424.5	21.5	12.15	83.03		
	T	6765.1	1479.5	4950.8	6430.3	335				
MUESTRA 4	1"	3453.2	593.8	2395.3	2989.1	464.1	17.20	69.37	17.9	71.7
	3/4"	1969.5	360.8	1436.2	1797	172.5	18.32	72.92		
	1/2"	890.4	155.8	687.0	842.8	47.6	17.49	77.16		
	3/8"	433.2	94.2	320.4	414.6	18.6	21.75	73.96		
	T	6746.3	1204.6	4838.9	6043.5	702.8				
MUESTRA 5	1"	3315.6	749.1	2276.0	3025.1	290.5	22.60	68.65	23.9	69.0
	3/4"	1623.4	341.8	1192.2	1534	89.4	21.06	73.44		
	1/2"	930.6	277.7	602.4	880.1	50.5	29.84	64.73		
	3/8"	540.6	164.5	353.2	517.7	22.9	30.43	65.34		
	T	6410.2	1533.1	4423.8	5956.9	453.3				
MUESTRA 6	1"	3539.6	485.2	2782	3267.2	272.4	13.71	78.60	18.6	74.4
	3/4"	2056.5	482.6	1449.1	1931.7	124.8	23.47	70.47		
	1/2"	785.7	172.2	563.5	735.7	50	21.92	71.72		
	3/8"	388	119.3	243.3	362.6	25.4	30.75	62.71		
	T	6769.8	1259.3	5037.9	6297.2	472.6				
MEDIA ARITMÉTICA						Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.			21.69	71.14
MEDIANA									21.69	72.10
DESVIACIÓN ESTÁNDAR									3.20	3.10
VALOR MÍNIMO									17.90	66.00

Fuente. Autor, 2023.

➤ Segundo punto de extracción:

Tabla 40

Porcentaje de caras fracturadas en los agregados gruesos del P2.

NUMERO		MASA (gr)	F			N	P (1 cara) fracturada	P (2 caras) fracturada	% 1 cara	% 2 caras
TAMIZ			1 cara F	2+ caras F	Total, F					
MUESTRA 1	1"	3447.5	668.7	2489.8	3158.5	289.0	19.40	72.22	22.2	72.0
	3/4"	1832.2	518.1	1262.0	1780.1	52.1	28.28	68.88		
	1/2"	859.3	191.2	630.5	821.7	37.6	22.25	73.37		
	3/8"	504.7	94.5	397.9	492.4	12.3	18.72	78.84		
	T	6643.7	1472.5	4780.2	6252.7	391.0				
MUESTRA 2	1"	3114.9	1028.3	1760.4	2788.7	326.2	33.0	56.52	27.2	64.9
	3/4"	1680.2	287.7	1298.1	1585.8	94.4	17.1	77.26		
	1/2"	870.3	264.7	565.6	830.3	40.0	30.4	64.99		
	3/8"	391.1	67.4	306.2	373.6	17.5	17.2	78.29		
	T	6056.5	1648.1	3930.3	5578.4	478.1				
MUESTRA 3	1"	3135.7	504.3	2321.9	2826.2	309.5	16.08	74.05	16.8	74.4
	3/4"	1512.5	307.7	1138.0	1445.7	66.8	20.34	75.24		
	1/2"	679.3	104.5	468.8	573.3	106.0	15.38	69.01		
	3/8"	280.9	26.8	242.2	269.0	11.9	9.54	86.22		
	T	5608.4	943.3	4170.9	5114.2	494.2				
MUESTRA 4	1"	3038.0	586.3	2123.0	2709.3	328.7	19.30	69.88	19.6	71.6
	3/4"	1619.3	322.5	1177.1	1499.6	119.7	19.92	72.69		
	1/2"	590.6	133.1	432.6	565.7	24.9	22.54	73.25		
	3/8"	240.8	34.9	196.0	230.9	9.9	14.49	81.40		
	T	5488.7	1076.8	3928.7	5005.5	483.2				
MUESTRA 5	1"	3337.4	855.4	2169.2	3024.6	312.8	25.63	65.00	21.9	69.3
	3/4"	1549.1	276.1	1127.4	1403.5	145.6	17.82	72.78		
	1/2"	627.9	97.8	500.1	597.9	30.0	15.58	79.65		
	3/8"	271.4	39.7	211.2	250.9	20.5	14.63	77.82		
	T	5785.8	1269.0	4007.9	5276.9	508.9				
MUESTRA 6	1"	3200.4	1022.7	1973.4	2996.1	204.3	31.96	61.66	26.5	68.2
	3/4"	2025.1	371.0	1585.6	1956.6	68.5	18.32	78.30		
	1/2"	685.9	176.7	466.2	642.9	43.0	25.76	67.97		
	3/8"	227.9	55.0	160.9	215.9	12.0	24.13	70.60		
	T	6139.3	1625.4	4186.1	5811.5	327.8				
MEDIA ARITMÉTICA							Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.		22.37	70.04
MEDIANA									22.05	70.45
DESVIACIÓN ESTÁNDAR									3.98	3.34
VALOR MÍNIMO									16.80	64.90
VALOR MÁXIMO									27.20	74.40

Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 41

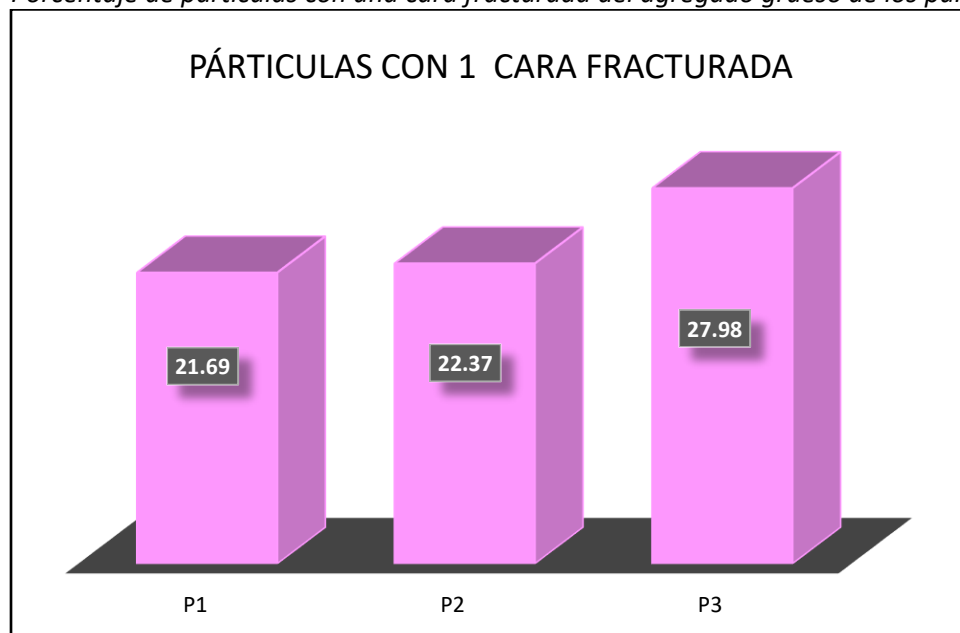
Porcentaje de caras fracturadas en los agregados gruesos del P3.

Porcentaje de caras fracturadas en los agregados granulados.										
NUMERO TAMIZ		MASA (gr)	F			N	P (1 cara) fracturada	P (2 cara) fracturada	% 1 cara	% 2 caras
			1 cara F	2+ caras F	Total, F					
MUESTRA 1	1"	3563.7	1027.4	2375.5	3402.9	160.8	28.83	66.66	27.8	67.2
	3/4"	1583.5	490.2	974.9	1465.1	118.4	30.96	61.57		
	1/2"	782.5	150.0	609.4	759.4	23.1	19.17	77.88		
	3/8"	273.1	58.5	206.6	265.1	8.0	21.42	75.65		
	T	6202.8	1726.1	4166.4	5892.5	310.3				
MUESTRA 2	1"	3311.5	979.2	2014.3	2993.5	318.0	29.6	60.83	31.5	61.3
	3/4"	1503.3	535.2	924.9	1460.1	43.2	35.6	61.52		
	1/2"	730.2	227.9	456.0	683.9	46.3	31.2	62.45		
	3/8"	335.2	111.8	208.7	320.5	14.7	33.4	62.26		
	T	5880.2	1854.1	3603.9	5458.0	422.2				
MUESTRA 3	1"	3714.8	1071.9	2313.3	3385.2	329.6	28.85	62.27	31.5	59.9
	3/4"	1730.0	621.6	956.9	1578.5	151.5	35.93	55.31		
	1/2"	662.4	245.5	359.8	605.3	57.1	37.06	54.32		
	3/8"	324.3	84.1	224.7	308.8	15.5	25.93	69.29		
	T	6431.5	2023.1	3854.7	5877.8	553.7				
MUESTRA 4	1"	3070.4	706.8	1731.8	2438.6	631.8	23.02	56.40	22.2	61.6
	3/4"	1579.8	305.2	1090.5	1395.7	184.1	19.32	69.03		
	1/2"	610.3	144.8	411.5	556.3	54.0	23.73	67.43		
	3/8"	203.5	58.1	130.7	188.8	14.7	28.55	64.23		
	T	5464.0	1214.9	3364.5	4579.4	884.6				
MUESTRA 5	1"	3513.9	908.0	2229.6	3137.6	376.3	25.84	63.45	25.4	61.7
	3/4"	1760.4	407.5	1028.3	1435.8	324.6	23.15	58.41		
	1/2"	641.2	188.1	378.5	566.6	74.6	29.34	59.03		
	3/8"	208.5	54.4	144.3	198.7	9.8	26.09	69.21		
	T	6124.0	1558.0	3780.7	5338.7	785.3				
MUESTRA 6	1"	3686.9	1072.4	2302.3	3374.7	312.2	29.09	62.45	29.4	63.7
	3/4"	1718.7	496.6	1168.5	1665.1	53.6	28.89	67.99		
	1/2"	841.5	266.4	503.0	769.4	72.1	31.66	59.77		
	3/8"	260.3	77.5	173.8	251.3	9.0	29.77	66.77		
	T	6507.4	1912.9	4147.6	6060.5	446.9				
MEDIA ARITMÉTICA							Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.	27.98	62.57	
MEDIANA								28.60	61.65	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR								3.66	2.58	
VALOR MÍNIMO								22.20	59.90	
VALOR MÁXIMO								31.50	67.20	

Fuente. Autor, 2023.

Figura 330

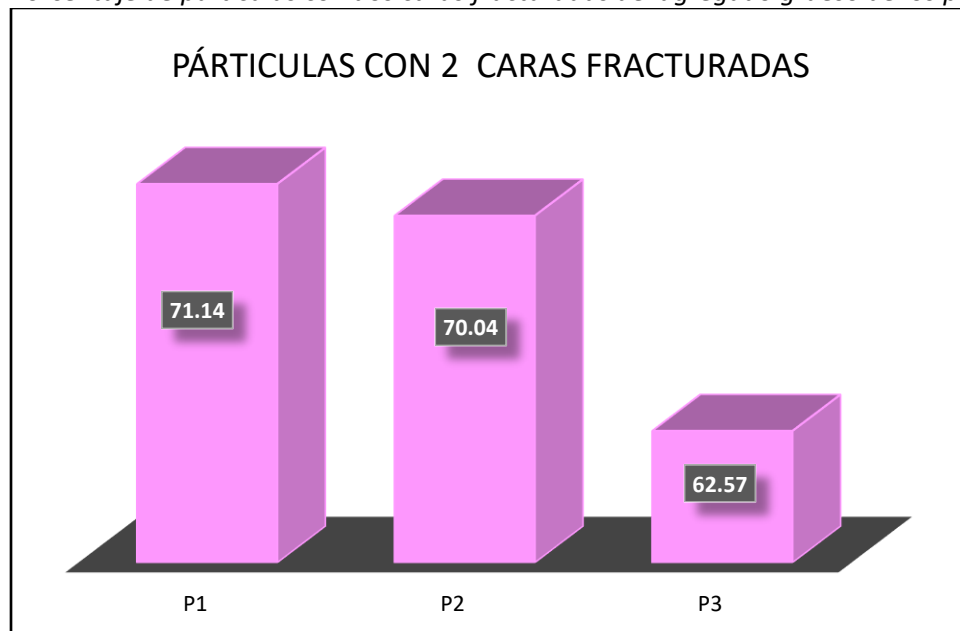
Porcentaje de partículas con una cara fracturada del agregado grueso de los puntos.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 331

Porcentaje de partículas con dos caras fracturadas del agregado grueso de los puntos.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.14. I.N.V.E 230 – Índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados:

A=Partículas que pasan B=Partículas que no pasan IA=índice aplanamiento IL=índice alargamiento

➤ Primer punto de extracción:

Tabla 42

Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados gruesos del P1.

NUMERO TAMIZ		MASA (gr)	CUMPLE 5%	APLANAMIENTO		ALARGAMIENTO		IA (%)	IL (%)	IA GL (%)	IL GL (%)
				A (gr)	B (gr)	B (gr)	A (gr)				
MUESTRA 1	1"	5738.6	59.32	1876.9	3861.7	2622.3	3116.3	32.707	45.696	25	39
	3/4	2201.2	22.75	266.0	1935.2	261.2	1940.0	12.084	11.866		
	1/2	1210.5	12.51	115.7	1094.8	649.3	561.2	9.558	53.639		
	3/8	523.3	5.41	117.1	406.2	248.3	275.0	22.377	47.449		
	T	9673.6		2375.7	7297.9	3781.1	5892.5				
MUESTRA 2	1"	5182.0	58.33	1473.6	3708.4	806.0	4376.0	28.437	15.554	21	18
	3/4	2128.3	23.96	213.9	1914.4	449.2	1679.1	10.050	21.106		
	1/2	1048.7	11.80	122.4	926.3	299.5	749.2	11.672	28.559		
	3/8	525.5	5.91	72.6	452.9	85.4	440.1	13.815	16.251		
	T	8884.5		1882.5	7002	1640.1	7244.4				
MUESTRA 3	1"	5200.9	56.29	859.0	4341.9	542.2	4658.7	16.516	10.425	15	15
	3/4	2183.3	23.63	244.6	1938.7	301.5	1881.8	11.203	13.809		
	1/2	1165.9	12.62	175.0	990.9	397.7	768.2	15.010	34.111		
	3/8	689.1	7.46	85.1	604.0	154.1	535.0	12.349	22.363		
	T	9239.2		1363.7	7875.5	1395.5	7843.7				
MUESTRA 4	1"	5284.2	54.62	1401.7	3882.5	406.4	4877.8	26.526	7.691	19	14
	3/4	2128.5	22.00	239.2	1889.3	296.6	1831.9	11.238	13.935		
	1/2	1795.8	18.56	138.7	1657.1	528.6	1267.2	7.724	29.435		
	3/8	607.8	6.28	38.8	569	115.7	492.1	6.384	19.036		
	T	9816.3		1818.4	7997.9	1347.3	8469				
MUESTRA 5	1"	5108.9	57.5	736.3	4372.6	761.6	4347.3	14.412	14.907	12	17
	3/4	2458.2	27.7	202.5	2255.7	485.4	1972.8	8.238	19.746		
	1/2	1195.8	13.5	162.7	1033.1	283.1	912.7	13.606	23.675		
	3/8	658.1	7.4	36.4	621.7	113.2	544.9	5.531	17.201		
	T	9421.0		1137.9	8283.1	1643.3	7777.7				
MUESTRA 6	1"	5069.5	54.9	1095.5	3974.0	704.7	4364.8	21.610	13.901	17	18
	3/4	2086.5	22.6	246.4	1840.1	521.6	1564.9	11.809	24.999		
	1/2	1167.2	12.6	134.0	1033.2	239.6	927.6	11.480	20.528		
	3/8	550.8	6.0	60.9	489.9	125.6	425.2	11.057	22.803		
	T	8874.0		1536.8	7337.2	1591.5	7282.5				
MEDIA ARITMÉTICA							Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.			18.17	20.17
MEDIANA										18.00	17.50
DESVIACIÓN ESTÁNDAR										4.58	9.37

Fuente. Autor, 2023.

➤ Según punto de extracción:

A=Partículas que pasan B=Partículas que no pasan IA=índice aplanamiento IL=índice alargamiento

Tabla 43

Índice de alargamiento y aplanamiento de los agregados gruesos del P2

NUMERO TAMIZ		MASA (gr)	CUMPLE 5%	APLANAMIENTO		ALARGAMIENTO		IA (%)	IL (%)	IA GL (%)	IL GL (%)
				A (gr)	B (gr)	B (gr)	A (gr)				
MUESTRA 1	1"	5054.3	54.4	672.1	4382.2	152.4	4901.9	13.298	3.015	10	11
	3/4"	2571.1	27.7	178.1	2393.0	487.2	2083.9	6.927	18.949		
	1/2"	1151.0	12.4	72.1	1078.9	273.2	877.8	6.264	23.736		
	3/8"	518.7	5.6	17.0	501.7	151.4	367.3	3.277	29.188		
	T	9295.1		939.3	8355.8	1064.2	8230.9				
MUESTRA 2	1"	5092.2	56.9	585.3	4506.9	370.1	4722.1	11.494	7.268	9	12
	3/4"	2183.3	24.4	145.3	2038.0	352.1	1831.2	6.655	16.127		
	1/2"	1168.5	13.1	77.1	1091.4	265.2	903.3	6.598	22.696		
	3/8"	503.2	5.6	28.8	474.4	96.5	406.7	5.723	19.177		
	T	8947.2		836.5	8110.7	1083.9	7863.3				
MUESTRA 3	1"	5191.8	53.9	700.7	4491.1	511.8	4680.0	13.496	9.858	11	16
	3/4"	2568.2	26.7	228.4	2339.8	530.4	2037.8	8.893	20.653		
	1/2"	1316.7	13.7	92.8	1223.9	415.5	901.2	7.048	31.556		
	3/8"	546.9	5.7	38.3	508.6	113.1	433.8	7.003	20.680		
	T	9623.6		1060.2	8563.4	1570.8	8052.8				
MUESTRA 4	1"	5316.8	57.7	640.8	4676	365.7	4951.1	12.052	9.858	11	12
	3/4"	2174.6	23.6	194.2	1980.4	147.6	2027	8.930	20.653		
	1/2"	1159.5	12.6	111.9	1047.6	447.6	711.9	9.651	31.556		
	3/8"	558.9	6.1	47.7	511.2	124.5	434.4	8.535	20.680		
	T	9209.8		994.6	8215.2	1085.4	8124.4				
MUESTRA 5	1"	5131.2	58.1	878.2	4253.0	324.0	4807.2	17.115	6.314	12	17
	3/4"	2060.5	23.3	100.2	1960.3	599.9	1460.6	4.863	29.114		
	1/2"	1132.7	12.8	65.8	1066.9	424.2	708.5	5.809	37.450		
	3/8"	508.0	5.8	34.1	473.9	132.3	375.7	6.713	26.043		
	T	8832.4		1078.3	7754.1	1480.4	7352				
MUESTRA 6	1"	5120.3	55.6	415.2	4705.1	235.4	4884.9	8.109	4.597	8	12
	3/4"	2271.3	24.7	212.4	2058.9	472.1	1799.2	9.351	20.785		
	1/2"	1316.5	14.3	86.2	1230.3	266.8	1049.7	6.548	20.266		
	3/8"	502.4	5.5	19.1	483.3	119.8	382.6	3.802	23.846		
	T	0.0		732.9	8477.6	1094.1	8116.4				
MEDIA ARITMÉTICA							Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.			10.17	13.33
MEDIANA										10.50	12.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR										1.47	2.50

Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

A=Partículas que pasan B=Partículas que no pasan IA=índice aplanamiento IL=índice alargamiento

Tabla 44

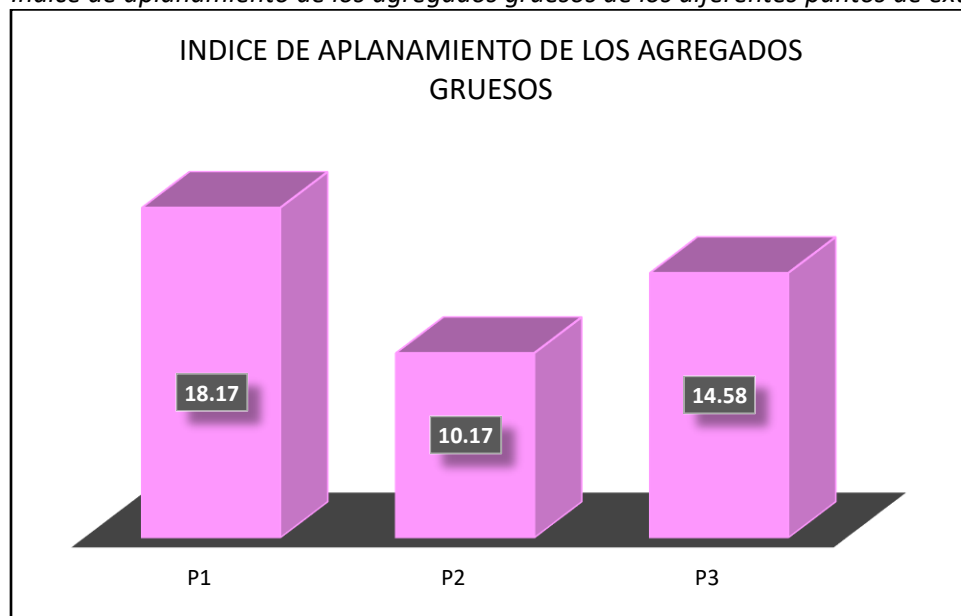
Índice de alargamiento y aplanamiento de los agregados gruesos del P3.

NUMERO TAMIZ		MASA (gr)	CUMPLE 5%	APLANAMIENTO		ALARGAMIENTO		IA (%)	IL (%)	IA GL (gr)	IL GL (gr)
				A (gr)	B (gr)	B (gr)	A (gr)				
MUESTRA 1	1"	5199.3	55.9	756.2	4443.1	867.4	4331.9	14.544	16.683	13	20
	3/4"	2348.6	25.2	204.5	2144.1	571.2	1777.4	8.707	24.321		
	1/2"	1249.6	13.4	141.2	1108.4	315.8	933.8	11.300	25.272		
	3/8"	508.0	5.5	68.8	439.2	99.4	408.6	13.543	19.567		
	T	9305.5		1170.7	8134.8	1853.8	7451.7				
MUESTRA 2	1"	5181.4	55.9	851.1	4330.3	1157.0	4024.4	16.426	22.330	15	24
	3/4"	2365.2	25.5	335.8	2029.4	596.0	1769.2	14.198	25.199		
	1/2"	1215.8	13.1	143.8	1072.0	338.4	877.4	11.828	27.834		
	3/8"	506.8	5.5	66.6	440.2	131.4	375.4	13.141	25.927		
	T	9269.2		1397.3	7871.9	2222.8	7046.4				
MUESTRA 3	1"	5195.0	53.8	779.1	4415.9	943.7	4251.3	14.997	18.166	15	23
	3/4"	2457.9	25.4	404.2	2053.7	650.8	1807.1	16.445	26.478		
	1/2"	1508.2	15.6	137.3	1370.9	467.9	1040.3	9.104	31.024		
	3/8"	500.1	5.2	86.5	413.6	159.1	341.0	17.297	31.814		
	T	9661.2		1407.1	8254.1	2221.5	7439.7				
MUESTRA 4	1"	5427.9	53.2	909.5	4518.4	1128.2	4299.7	16.756	18.166	16	24
	3/4"	2545.3	25.0	378.1	2167.2	775.1	1770.2	14.855	26.478		
	1/2"	1701	16.7	250.3	1450.7	475.1	1225.9	14.715	31.024		
	3/8"	526.4	5.2	76.9	449.5	120.6	405.8	14.609	31.814		
	T	10200.6		1614.8	8585.8	2499.0	7701.6				
MUESTRA 5	1"	5882.7	55.7	879.1	5003.6	1513.8	4368.9	14.944	25.733	14	27
	3/4"	2860.3	27.1	404.1	2456.2	760.0	2100.3	14.128	26.571		
	1/2"	1291.3	12.2	167.6	1123.7	396.0	895.3	12.979	30.667		
	3/8"	520.7	4.9	69.4	451.3	149.3	371.4	13.328	28.673		
	T	10555.0		1520.2	9034.8	2819.1	7735.9				
MUESTRA 6	1"	5778.2	53.6	960.7	4817.5	1185.2	4593.0	16.626	20.512	16	23
	3/4"	2913.3	27.0	454.9	2458.4	776.1	2137.2	15.615	26.640		
	1/2"	1573.9	14.6	184.5	1389.4	392.4	1181.5	11.722	24.932		
	3/8"	505.1	4.7	89.2	415.9	138.4	366.7	17.660	27.401		
	T	0.0		1689.3	9081.2	2492.1	8278.4				
MEDIA ARITMÉTICA							Valores obtenidos del programa estadísticos Infostat		14.58	23.50	
MEDIANA									15.00	23.50	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR									1.17	2.26	

Fuente. Auto, 2023.

Figura 332

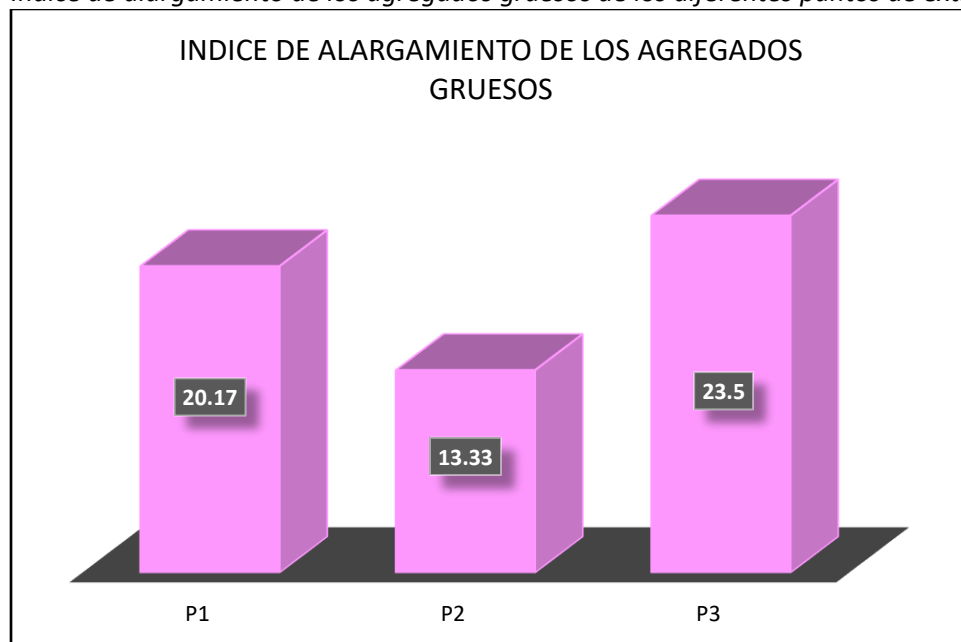
Índice de aplanamiento de los agregados gruesos de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor 2023.

Figura 333

Índice de alargamiento de los agregados gruesos de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

8.1.15. I.N.V.E 218 – Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores a 37.5

mm (1 ½") por medio de la máquina de los ángeles:

$$\% \text{ de perdidas} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

P1 = Masa de la muestra seca antes del ensayo (gr)

P2 = Masa de la muestra después del ensayo, previo lavado sobre el tamiz No.12.

➤ **Primer punto de extracción:**

Tabla 45

Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores a 1 ½" del P1.

RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES 1 ½" POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	
PROYECTO	Caracterización físico mecánica del material sedimentario
FUENTE DE MATERIAL	Rio Sangoyaco del Municipio de Mocoa, Putumayo

DESCRIPCIÓN	UND	TAMICES		NUMERO DE MUESTRA					
				1	2	3	4	5	6
		Pasa	Retenido						
Masa de la muestra seca antes del ensayo	gr	1 1/2"	1"	1254.5	1258.2	1252.6	1249.9	1248.7	1256.7
	gr	1"	3/4"	1245.2	1247.6	1250.1	1249	1254.1	1249.9
	gr	3/4"	1/2"	1250.5	1249.5	1250.5	1252.9	1253.5	1253
	gr	1/2"	3/8"	1249.9	1244.7	1247.4	1248.6	1246.6	1244.2
	gr	TOTAL:		5000.1	5000.0	5000.6	5000.4	5002.9	5003.8
Masa de la muestra seca después del ensayo	gr			3383.8	3357.5	3502.8	3590.8	3493.4	3415.2
% de perdidas	%			32.33	32.85	29.95	28.19	30.17	31.75
MEDIA ARITMÉTICA				Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.			30.87		
MEDIANA							30.96		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR							1.75		
VALOR MÍNIMO							28.19		
VALOR MÁXIMO							32.85		

Fuente. Autor, 2023.

➤ Según punto de extracción:

Tabla 46

Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores 1 ½" del P2.

DESCRIPCIÓN	UND	TAMICES		NUMERO DE MUESTRA					
				1	2	3	4	5	6
		Pasa	Retenido						
Masa de la muestra seca antes del ensayo	gr	1 1/2"	1"	1399.6	1404.9	1405.7	1408	1404.4	1408.8
	gr	1"	3/4"	1400.1	1404.7	1401.4	1400.4	1405.9	1400.3
	gr	3/4"	1/2"	1404.8	1408.9	1400.0	1400.1	1401.5	1407.3
	gr	1/2"	3/8"	805.1	782.9	794.2	796.2	797.2	791.4
	gr	TOTAL:		5009.6	5001.4	5001.3	5004.7	5009.0	5007.8
Masa de la muestra seca después del ensayo	gr			3583.1	3568.5	3679.6	3654.2	3559.4	3409.2
% de perdidas	%			28.48	28.65	26.43	26.98	28.94	31.92
MEDIA ARITMÉTICA				Valores estadísticos del programa estadístico Infostat.			28.57		
MEDIANA							28.57		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR							1.92		
VALOR MÍNIMO							26.43		
VALOR MÁXIMO							31.92		

Fuente. Autor, 2023.

➤ Tercer punto de extracción:

Tabla 47

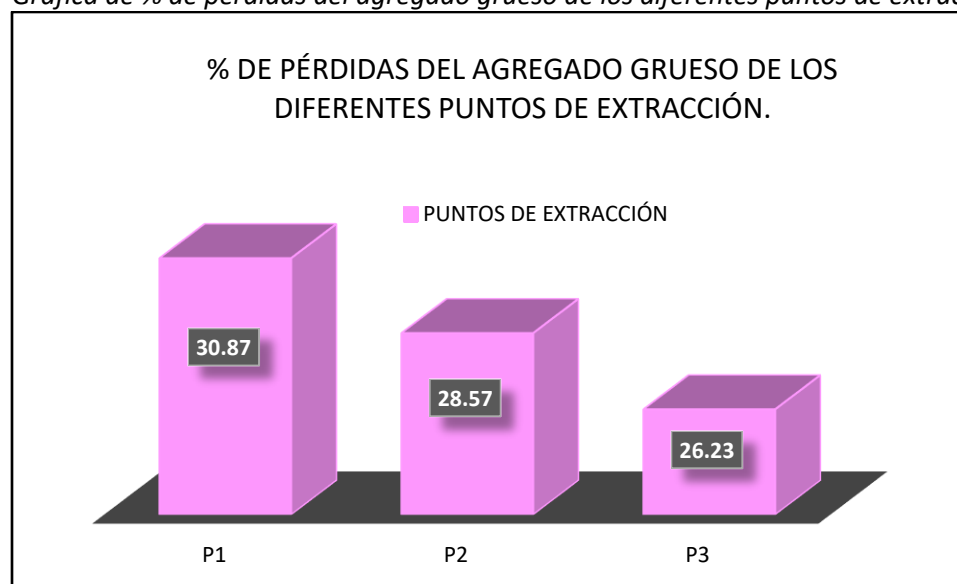
Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores 1 ½" del P3.

Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores 1 1/2" de 17.5									
DESCRIPCIÓN	UND	TAMICES		NUMERO DE MUESTRA					
				1	2	3	4	5	6
		Pasa	Retenido						
Masa de la muestra seca antes del ensayo	gr	1 1/2"	1"	1408.0	1410.3	1404.6	1397.6	1401.4	1408.6
	gr	1"	3/4"	1403.7	1398.9	1399.9	1408.1	1400.9	1406.7
	gr	3/4"	1/2"	1398.9	1404.8	1404.0	1401.1	1402.4	1405.3
	gr	1/2"	3/8"	793.0	790.1	798.8	793.9	800.1	789.2
	gr	TOTAL:		5003.6	5004.1	5007.3	5000.7	5004.8	5009.8
Masa de la muestra seca después del ensayo	gr			3522.1	3646.2	4308.7	3019.4	3301.5	4358.5
% de perdidas	%			29.61	27.14	13.95	39.62	34.03	13.00
MEDIA ARITMÉTICA				Valores obtenidos del programa estadístico Infostat.			26.23		
MEDIANA							28.38		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR							10.75		
VALOR MÍNIMO							13.00		
VALOR MÁXIMO							39.62		

Fuente. Autor, 2023.

Figura 334

Grafica de % de pérdidas del agregado grueso de los diferentes puntos de extracción.



Fuente. Autor, 2023.

8.2. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

8.2.1. Agregados gruesos.

Tabla 48

Análisis de resultados de las pruebas de laboratorio de agregados gruesos de los puntos de extracción.

I.N.V.E 122 - DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN				
P1	4.68 %			
P2	3.83 %			
P3	4.15 %			
I.N.V.E 211 – DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN			ESPECIACIONES NTC 174	CRITERIO
P1	1" – 3/4"	0.433 %	Máximo Grueso = 5.0 % Fino = 3.0%	Cumple
	3/4" – 3/8"	1.564 %		
	3/8" – N4	4.683 %		No cumple
	N8 – N16	6.685 %		
P2	1" – 3/4"	0.705 %	Máximo Grueso = 5.0 % Fino = 3.0%	Cumple
	3/4" – 3/8"	0.713 %		
	3/8" – N4	0.948 %		No cumple
	N8 – N16	3.823 %		
P3	1" – 3/4"	0.197 %	Máximo Grueso = 5.0 % Fino = 3.0%	Cumple
	3/4" – 3/8"	0.417 %		
	3/8" – N4	2.360 %		No cumple
	N8 – N16	11.325 %		
I.N.V.E 213 – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN		ESPECIFICACIONES NTC 174		CRITERIO
P1	GRAVAS = 65%	1" 3/4" 1/2" 3/8" N4	95mm – 100mm	Los tamices de 1" y 3/4" no cumplen
P2	GRAVAS = 72%		26mm – 60mm	Los tamices de 1", 3/4" y 1/2" no cumplen
P3	GRAVA = 79%		0mm – 10mm	Los tamices de 1", 3/4" y 1/2" no cumplen

I.N.V.E 217 – DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO EN ESTADO SUELTO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN				
P1	Densidad bulk	1464.077 Kg/m3		
	% Vacíos	44.270 %		
P2	Densidad bulk	1437.870 Kg/m3		
	% Vacíos	42.093 %		
P3	Densidad bulk	1448.257 Kg/m3		
	% Vacíos	45.080 %		
I.N.V.E 217 – DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO EN ESTADO COMPACTO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN				
P1	Densidad bulk	1578.171 Kg/m3		
	% Vacíos	39.957 %		
P2	Densidad bulk	1589.516 Kg/m3		
	% Vacíos	35.976 %		
P3	Densidad bulk	1535.665 Kg/m3		
	% Vacíos	41.766 %		
I.N.V.E 218 – RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE (1 ½”) POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN		ESPECIFICACIONES ARTÍCULO 630	CRITERIO	
P1	30.87 %	Máximo = 40%	Cumple	
P2	28.57 %		Cumple	
P3	26.23 %		Cumple	
I.N.V.E 223 – DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN			ESPECIFICACIONES NTC 174	CRITERIO
P1	SH	2.64 gr/cm3	Densidad aparente = 2.4% – 2.8% Absorción = 3.0%	Cumple
	SSS	2.68 gr/cm3		
	DRA	2.74 gr/cm3		
	Absorción	1.39 %		
P2	SH	2.50 gr/cm3		Cumple
	SSS	2.58 gr/cm3		
	DRA	2.70 gr/cm3		
	Absorción	1.74 %		
P3	SH	2.64 gr/cm3		Cumple
	SSS	2.68 gr/cm3		
	DRA	2.76 gr/cm3		
	Absorción	1.56 %		

I.N.V.E 227 – PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN UN AGREGADO GRUESO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN				
P1	1 cara F	21.69 %		
	2+ cara F	71.14 %		
P2	1 cara F	22.37 %		
	2+ cara F	70.04%		
P3	1 cara F	27.98 %		
	2+ cara F	62.57 %		
I.N.V.E 230 – ÍNDICES DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN		ESPECIFICACIONES ARTÍCULO 630	CRITERIO	
P1	ÍNDICE APLANAMIENTO	18 %	Máximo = 25%	Cumple
	ÍNDICE ALARGAMIENTO	20 %		Cumple
P2	ÍNDICE APLANAMIENTO	10 %		Cumple
	ÍNDICE ALARGAMIENTO	13 %		Cumple
P3	ÍNDICE APLANAMIENTO	15 %		Cumple
	ÍNDICE ALARGAMIENTO	24 %		Cumple

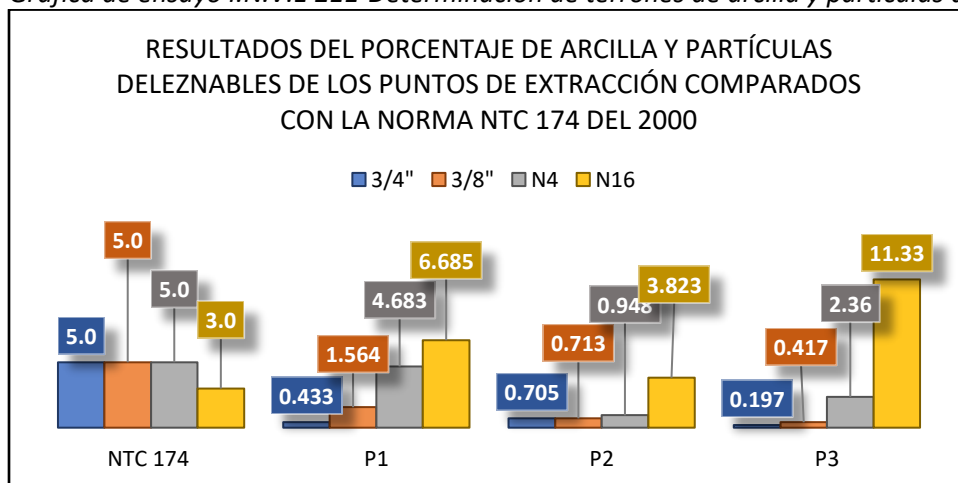
Fuente. Autor, 2023.

8.2.1.1. Graficas comparativas de los resultados obtenidos del agregado grueso con la normativa

NTC 174 del 2000 y especificaciones del artículo 630.

Figura 335

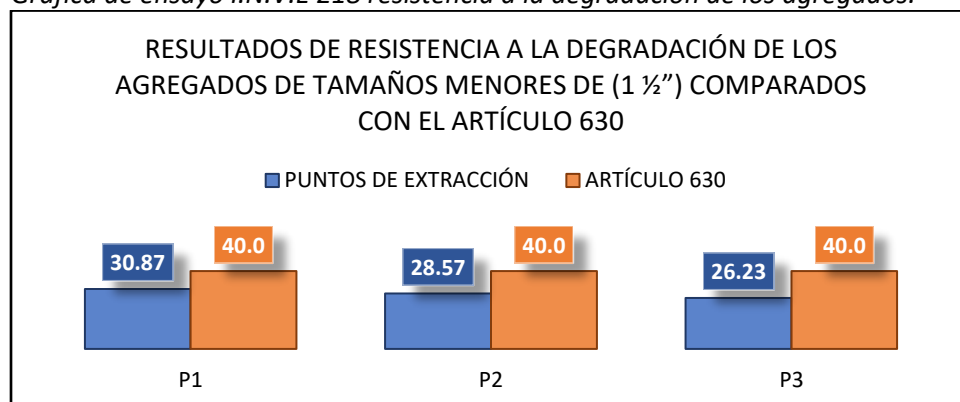
Grafica de ensayo I.N.V.E 211-Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 336

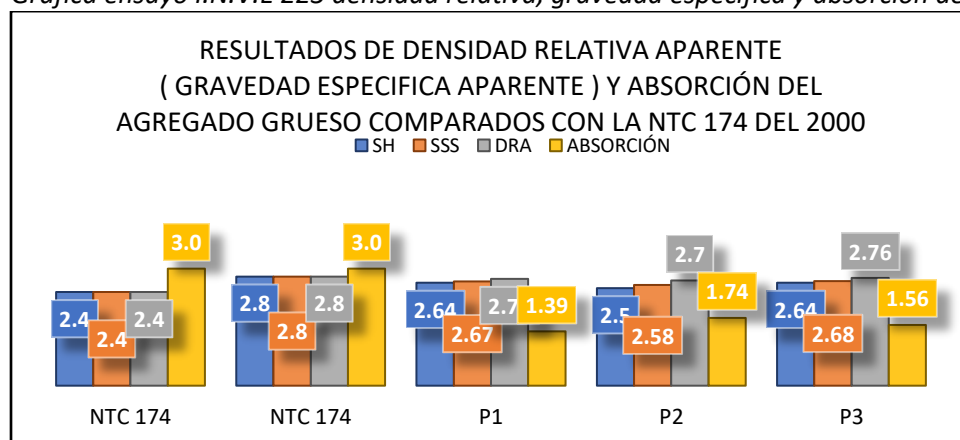
Grafica de ensayo I.N.V.E 218 resistencia a la degradación de los agregados.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 337

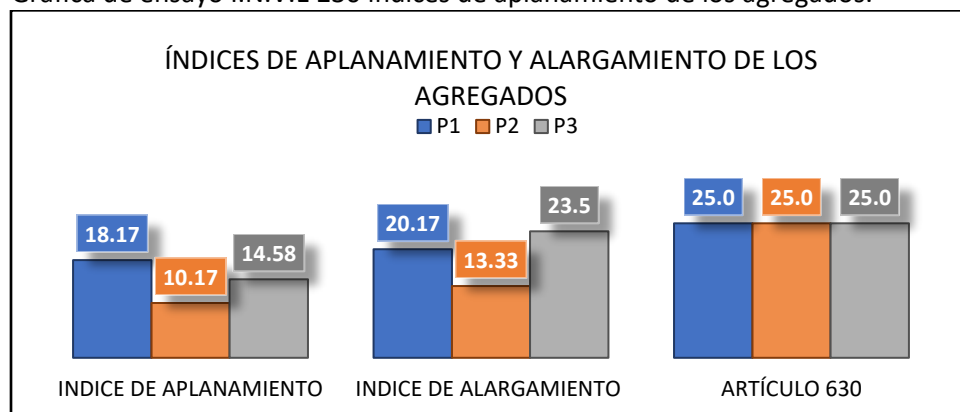
Grafica ensayo I.N.V.E 223 densidad relativa, gravedad específica y absorción del agregado.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 338

Grafica de ensayo I.N.V.E 230 índices de aplanamiento de los agregados.



Fuente. Autor, 2023.

8.2.1.2. Análisis de los agregados gruesos:

En el estudio de la caracterización físico mecánica del material sedimentario del río Sangoyaco en el Municipio de Mocoa, Putumayo, se han identificado los resultados de los tres diferentes puntos de extracción de los agregados gruesos. A continuación, se realiza un análisis detallado teniendo en cuenta los resultados obtenidos y las especificaciones establecidas por la norma NTC 174.

❖ Primer punto de extracción:

- ❖ El ensayo de análisis granulométrico de los agregados gruesos no cumple con requerimientos de la norma puesto que se observa una gradación regular en la granulometría, porque los tamices de 1" y 3/4" se encuentran fuera de los límites inferiores establecidos por la norma NTC 174. Esto podría comprometer la idoneidad del agregado al ser utilizado en la elaboración de concretos, por ello se recomienda que durante la extracción del material del río Sangoyaco se realice de manera homogénea, procurando obtener una proporción adecuada de partículas gruesas y finas. Se evidenció una presencia mayor de agregados gruesos que finos en las muestras analizadas, por lo tanto, es necesario optimizar el proceso de extracción y selección del material, con el fin de lograr que la gradación granulométrica cumpla con las especificaciones establecidas por la norma para su uso como agregado en concretos.
- ❖ El contenido de humedad registrado es del 4.68%, siendo el más elevado de los puntos de extracción, es importante mencionar que este índice puede experimentar variaciones considerables, ya que está vinculado a las condiciones climáticas durante el proceso de extracción de los materiales del río, por ello es crucial tener en cuenta estas condiciones para comprometer plenamente el impacto del contenido de humedad en la calidad del material y realizar ajustes adecuados según las necesidades del proyecto.

- ❖ El análisis de resultados demuestra un cumplimiento satisfactorio con los estándares establecidos por la NTC 174 en cuanto al ensayo porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznales. Los valores obtenidos no sobrepasan el máximo permitido que es de un 5.0% ya que se sitúan por debajo de este límite, lo cual sugiere una adecuada calidad del material sedimentario evaluado en términos de su composición y características físicas. Este cumplimiento de los estándares normativos garantiza la capacidad del material para ser utilizado en la fabricación de concretos.
- ❖ La densidad bulk suelta es de 14.64 kg/m³, con un porcentaje de vacíos del 44.270%. Por otro lado, en estado compacto la densidad bulk alcanza los 1578.171 kg/m³, con un porcentaje de vacíos del 39.957%. El análisis de estos resultados revela una diferencia significativa entre las densidades y los porcentajes de vacíos en los estados suelto y compacto, esto resalta la importancia del proceso de compactación porque el material en estado compacto la densidad aumenta y el porcentaje de vacíos disminuye, lo que significa que las propiedades del material mejoraron al momento de su compactación.
- ❖ Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del ensayo porcentaje de partículas fracturadas, se realiza un análisis de los resultados en relación con la adherencia de los agregados en las diferentes muestras del P1 para la fabricación de concretos. Para las partículas con 1 cara fracturada, el porcentaje es del 21.69%, mientras que para las partículas con dos caras fracturadas de del 71.14% para 2 caras, estos datos sugieren que la mayoría de las partículas fracturadas en las muestras presentan dos caras fracturadas, indicando una mayor exposición de las superficies de los agregados. Esto favorece a una óptima adherencia del concreto, ya que proporciona una mayor rugosidad y fricción al momento de fabricar concretos, este aspecto tiene implicaciones positivas para la calidad del material.

- ❖ Los índices de alargamiento y aplanamiento se encuentran por debajo 25% de las muestras evaluadas, cumpliendo así con los parámetros establecidos de la norma NTC 174. Este cumplimiento indica que las partículas analizadas poseen características geométricas que se ajustan a las especificaciones normativas, afirmando la calidad y la idoneidad del material para su uso en la fabricación de concreto estructural.
- ❖ El ensayo resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 1 ½" por medio de la máquina de los ángeles arroja un resultado del 30.87%, indicando una notable resistencia al desgaste del material. Este resultado sugiere que el material es idóneo para ser utilizado como agregados para la fabricación de concreto, cumpliendo con los estándares establecidos en la NTC 174 ya que se mantiene por debajo del valor máximo permitido del 40%.
- ❖ El ensayo densidad, densidad relativa y absorción indican que la densidad relativa aparente es de 2.74, ubicándose dentro del rango de 2.4 – 2.8 y la absorción es de 1.39%, la cual también se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ya que no sobrepasa el valor máximo permitido del 3.0%
- ❖ **Segundo punto de extracción:**
 - ❖ En análisis granulométrico de los agregados gruesos, no cumple con lo determinado por la norma porque se observa una distribución regular en la granulometría, debido a que el material de los tamices de 1", 3/4", 1/2" se encuentran por debajo de los límites inferiores establecidos NTC 174. Esto indica que hay mayor presencia de agregados gruesos en comparación con los agregados finos en las diferentes muestras del segundo punto de extracción. Se recomienda llevar a cabo una extracción homogénea del material sedimentario del río Sangoyaco para lograr una proporción adecuada de los agregados gruesos y finos, de acuerdo con los establecidos por

la norma. Esto asegurara que cumpla con las especificaciones y que garantice calidad y uniformidad de los materiales para su uso en aplicaciones de concreto.

- ❖ El contenido de humedad en este punto específico es de 3.83%, lo cual lo posiciona como el más bajo en comparación con los otros dos puntos de extracción. Es importante mencionar que un contenido de humedad bajo como en este caso puede indicar mayor eficacia en el proceso de extracción del material sedimentario. La menor presencia de agua en el material podría facilitar la manipulación y el transporte.
- ❖ Los porcentajes de arcilla y partículas deleznales cumple con los parámetros establecidos por la norma NTC 174 para los agregados gruesos, ya que no superan el máximo permitido del 5.0%, esto es positivo porque la presencia de estos elementos dentro de los límites aceptables garantiza la calidad de los agregados gruesos, que son esenciales en la construcción de estructuras.
- ❖ La densidad bulk en estado suelto se registra en 1437.870 Kg/m³, con un 42.093% de porcentaje de vacíos, mientras que, en estado compacto, la densidad bulk es de 1589.516 Kg/m³, con un porcentaje de vacíos de 35.976%. Se puede analizar que la densidad bulk en estado suelto es menor que en estado compacto, hay un porcentaje alto de vacíos que indica que el material en este estado hace que las partículas están menos compactadas y haya más espacio entre ellas. La operación de compactación desempeña un papel crucial, generando un aumento de la densidad bulk en aproximadamente 151.646 Kg/m³, esta mejora revela la capacidad del material para compactarse.
- ❖ La presencia de partículas fracturadas es significativa, con un 22.37% de 1 cara fracturada y un 70.04% de 2+ caras fracturadas, con lo anterior se puede notar que se distribuye mayormente en partículas con dos o más caras fracturadas. Este hallazgo es positivo, ya que las partículas con múltiples caras tienen una mayor adherencia superficial en el concreto, es importante

mencionar que estos agregados antes que ser utilizados en una mezcla de concreto deben pasar por un proceso de trituración. Este proceso garantiza la uniformidad del tamaño de las partículas, mejorando la adherencia.

- ❖ Los índices de alargamiento y aplanamiento cumplen con las especificaciones técnicas de la norma NTC 174, ya que los valores se sitúan por debajo del valor máximo permitido del 25% por ende pueden ser utilizados en la fabricación de concretos.
- ❖ El ensayo de desgaste de los agregados gruesos en la máquina de los ángeles arroja un resultado del 28.57%, indicando una buena resistencia al desgaste del material, sin exceder los límites permitidos, que corresponden a un 40%, garantizando con esto que pueden ser utilizados en mezclas de concreto.

❖ **Tercer punto de extracción:**

- ❖ Tras analizar los resultados del ensayo análisis granulométrico de agregados gruesos del tercer punto de extracción, se observa que no cumple con las especificaciones establecidas por la norma. Este incumplimiento se debe a una distribución regular en la granulometría, donde los materiales retenidos en los tamices 1", 3/4", y 1/2" se encuentran por debajo de los límites inferiores establecidos por la norma NTC 174. Para poder utilizar estos materiales en la fabricación de concretos se sugiere hacer una extracción homogénea de los agregados provenientes de la cuenca del río Sangoyaco, debido a que en las muestras analizadas se observa una mayor presencia de agregados gruesos que de finos.
- ❖ El contenido de humedad del material en este punto se registra en un 4.15%, posicionándose como el segundo de los tres puntos de extracción. Es importante mencionar que el contenido de humedad puede afectar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados. La

cantidad de agua presente en el material puede generar efectos tanto a corto como largo plazo, afectando aspectos como la resistencia y la durabilidad de la estructura.

- ❖ En relación al porcentaje de los terrones de arcilla y partículas deleznales se verifica que cumple con los parámetros establecidos para los agregados gruesos, ya que no excede el límite máximo permitido del 5.0%, esto quiere decir que el material puede ser utilizado según este ensayo en la fabricación de concretos.
- ❖ En cuanto a la densidad bulk en estado suelto se registra un valor 1448.257 kg/m³ con un 45.080% de porcentaje de vacíos. En estado compacto la densidad bulk aumenta a 1535.665 kg/m³, con un porcentaje de vacíos de 41.766%, la compactación del material ha reducido el porcentaje de vacíos y aumentado la densidad.
- ❖ El análisis de los resultados del ensayo partículas fracturadas revelan un porcentaje considerable de partículas fracturadas, con un 22.98% de 1 cara fracturada y un 62.57% de 2+ caras, esta característica es sumamente importante ya que favorece la adherencia de los agregados gruesos al momento de ser utilizados en las mezclas de concreto.
- ❖ Los límites de alargamiento y aplanamiento cumplen con las especificaciones de la norma NTC 174 al situarse por debajo del 25%, indicando de cierta manera que este material respecto a este ensayo puede ser utilizado en la fabricación de concretos.
- ❖ El ensayo del desgaste de los agregados gruesos en la máquina de los ángeles arroja un resultado del 26.23%, indicando una sólida resistencia al desgaste de material, sin exceder los límites permitidos, que corresponden al 40%. El resultado positivo de este ensayo indica que los agregados gruesos son adecuados para las aplicaciones donde se requiere una alta resistencia al desgaste.

Luego de evaluar los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los agregados gruesos, provenientes de los distintos puntos de extracción, se puede analizar que el material presenta

características favorables que lo ubican como una opción viable al momento de fabricar concretos. Sin embargo, es importante tener en cuenta las recomendaciones derivadas del análisis granulométrico, puesto que se evidencia una gradación regular que no se ajusta a la curva granulométrica de los agregados gruesos.

En relación a otros ensayos realizados a estas muestras del material grueso, se observó un comportamiento positivo que cumplió con las especificaciones plantadas por la Norma Técnica Colombiana NTC 174. Por esta razón se sugiere implementar las correcciones necesarias en la gradación para cumplir con los estándares requeridos logrando así que sea optimo en la fabricación de concretos.

8.2.2. Agregado fino

Tabla 49

Análisis de resultados de las pruebas de laboratorio de los agregados finos de los puntos de extracción.

I.N.V.E 133 - EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS			
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN		ESPECIFICACIONES NTC 174	CRITERIO
P1	69.0%	Mínimo = 60%	Cumple
P2	70.3%		Cumple
P3	45.2%		No cumple
I.N.V.E 212 – PRESENCIA DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS USADAS EN LA PREPARACIÓN DE MORTEROS O CONCRETOS			
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN		ESPECIFICACIONES NTC 174	CRITERIO
P1	No.3 (Igual al color de referencia)	No.3 (referencia)	Cumple
P2	No.3 (Igual al color de referencia)		Cumple
P3	No.2 (más claro que el color referencia)		Cumple

I.N.V.E 213 – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN		ESPECIFICACIONES NTC 174		CRITERIO
P1	ARENAS = 34 % FINOS = 1%	N4 N8 N16	95mm – 100mm 80mm – 100mm 50mm – 85mm	Cumple
P2	ARENAS = 27.3% FINOS = 0.7%	N30 N50	25mm – 60mm 10mm – 30mm	
P3	ARENAS = 20.5% FINOS = 0.5%	N100 N200	2mm – 10mm -----	Cumple
I.N.V.E 214 – DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No.200 EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN		ESPECIFICACIONES NTC 174		CRITERIO
P1	2.01 %	Máximo = 5.0 %		Cumple
P2	2.56 %			Cumple
P3	2.26 %			Cumple
I.N.V.E 217 – DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO EN ESTADO SUELTO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN				
P1	Densidad bulk	1475.05 Kg/m3		
	% Vacíos	41.99 %		
P2	Densidad bulk	1472.01 Kg/m3		
	% Vacíos	41.38 %		
P3	Densidad bulk	1312.16 Kg/m3		
	% Vacíos	51.85 %		
I.N.V.E 217 – DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO EN ESTADO COMPACTO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN				
P1	Densidad bulk	1630.85 Kg/m3		
	% Vacíos	35.860 %		
P2	Densidad bulk	1637.93 Kg/m3		
	% Vacíos	34.76 Kg/m3		
P3	Densidad bulk	1629.83 Kg/m3		
	% Vacíos	40.21 %		

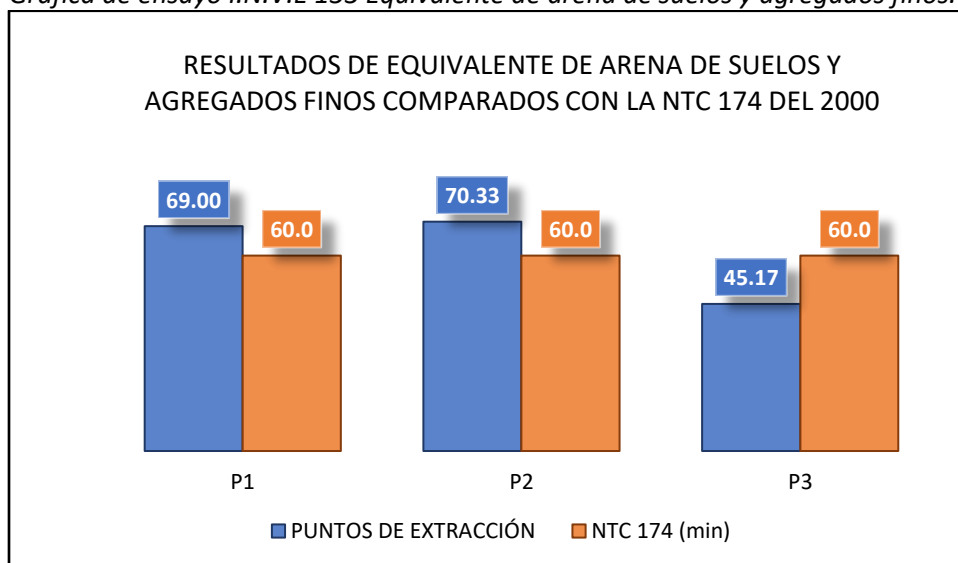
I.N.V.E 222 – DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN			ESPECIFICACIONES NTC 174	CRITERIO
P1	SH	2.56 gr/cm ³	Densidad aparente= 2.4% - 2.8% Absorción del agua, máximo (%) = 4%	Cumple
	SSS	2.60 gr/cm ³		
	DRA	2.68 gr/cm ³		
	Absorción	1.82 %		
P2	SH	2.52 gr/cm ³		Cumple
	SSS	2.57 gr/cm ³		
	DRA	2.67 gr/cm ³		
	Absorción	2.24 %		
P3	SH	2.75 gr/cm ³		Cumple
	SSS	2.79 gr/cm ³		
	DRA	2.80 gr/cm ³		
	Absorción	1.17 %		

Fuente. Autor, 2023.

8.2.2.1. Gráficos comparativos de los resultados obtenidos del agregado fino con la normativa NTC 174 del 2000 y las especificaciones del artículo 630.

Figura 339

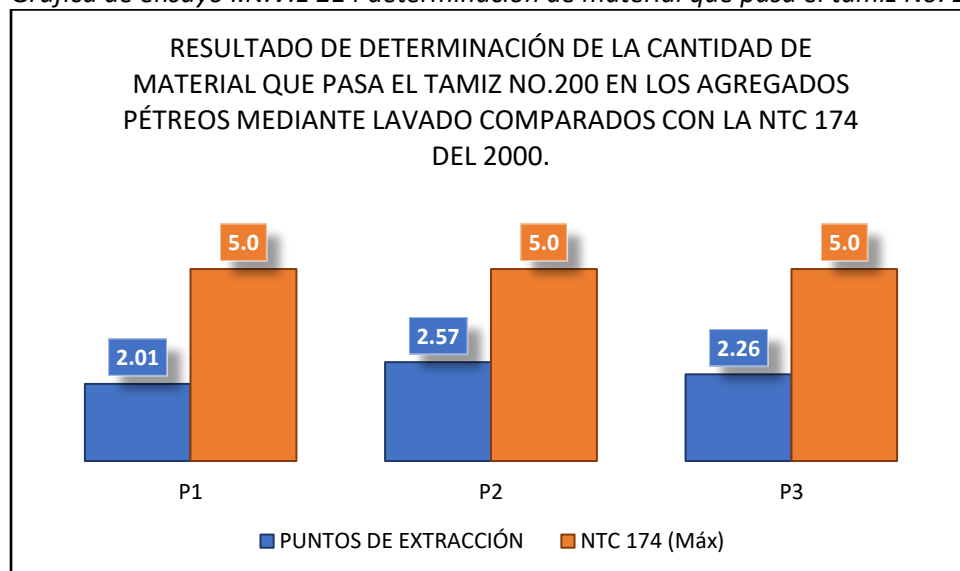
Grafica de ensayo I.N.V.E 133 Equivalente de arena de suelos y agregados finos.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 340

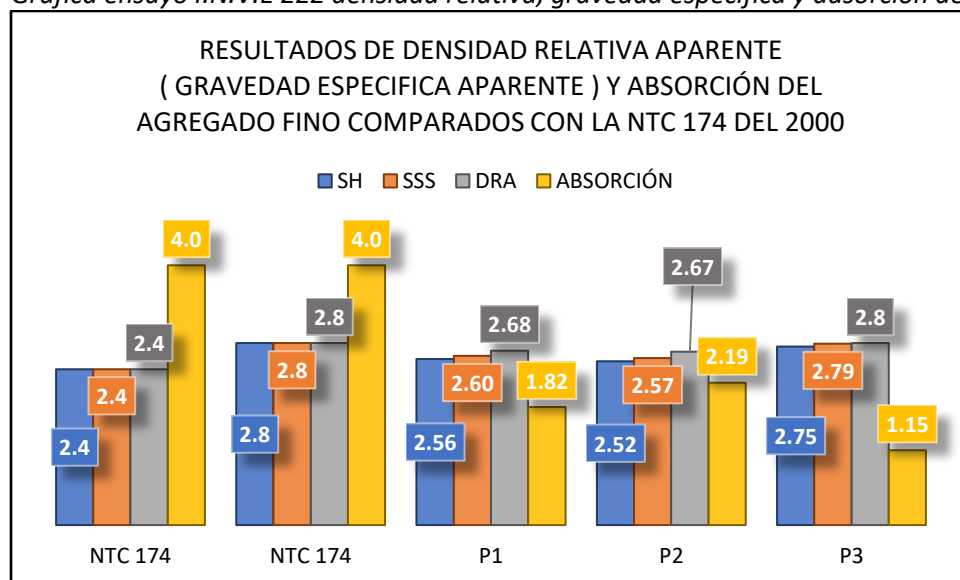
Grafica de ensayo I.N.V.E 214 determinación de material que pasa el tamiz No. 200.



Fuente. Autor, 2023.

Figura 341

Grafica ensayo I.N.V.E 222 densidad relativa, gravedad específica y adsorción del agregado.



Fuente. Autor, 2023.

8.2.2.2. Análisis de los agregados finos:

Los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de agregado fino provenientes de los tres diferentes puntos de extracción de la cuenca media del río Sangoyaco, permiten llevarse a cabo el siguiente análisis. Este análisis tiene en cuenta los resultados obtenidos como las especificaciones establecidas por la norma NTC 174:

- ❖ El análisis del ensayo granulométrico de los agregados finos provenientes de los tres puntos de extracción, cumplen con los requerimientos de la norma. Esto se evidencia en las curvas granulométricas, las cuales demuestran que los agregados finos se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma NTC 174, donde se demuestra que las muestras estudiadas poseen una granulometría favorable y una buena gradación, en los agregados finos, con propiedades adecuadas para la elaboración de mezclas de concreto.
- ❖ En los ensayos de equivalente de arena realizado en las diversas muestras de los 3 puntos de extracción, se observa que los puntos 1 y 2 cumplen con los requisitos al superar el límite mínimo establecido por la norma NTC 174, que es del 60%. El primer punto de extracción registra un 69.0% y el segundo punto de extracción presenta un 70.3%. Sin embargo, el tercer punto de extracción se encuentra por debajo del límite mínimo, alcanzando un 45.2%, debido a una mayor presencia de arcilla en este punto. Es importante mencionar que los agregados finos del punto 1 y 2 son aptos para fabricar concretos.
- ❖ En cuanto a los resultados del ensayo de presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas en la preparación de morteros y concreto, se observa que los tres puntos de extracción cumplen con los requerimientos de la norma. Esta establece que los ensayos deben mostrar un color igual o más claros al color de referencia para poder ser usadas en la fabricación de concretos. En este caso el primero y segundo punto de extracción presentan un color igual al de referencia

estipulado por la I.N.V.E 212. Por otro lado, el tercer punto de extracción muestra un color más claro que el de referencia, indicando con ello que los agregados finos de estos puntos son adecuados para fabricar concreto o morteros, ya que no contienen componentes orgánicos perjudiciales para la muestra.

- ❖ En el ensayo de determinación de material que pasa el tamiz No.200 en los agregados pétreos mediante lavado en los tres diferentes puntos de extracción cumplen con los requisitos de la norma NTC 174, que indica que el límite máximo es de un 5.0% y todos se encuentran por debajo de ese requerimiento, indicando que pueden ser utilizados en la fabricación de concretos.
- ❖ Los resultados del ensayo de densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino de los tres puntos de extracción revelan las siguientes observaciones: en el primer punto, se registra una densidad aparente de 2.68 gr/cm³, con adsorción de 1.82%; en el segundo punto, se observa una densidad aparente de 2.67 gr/cm³, con absorción de 2.24% y en el tercer punto, se presenta una densidad aparente 2.80 gr/cm³, con absorción de 1.17%. Estos resultados indican que el agregado en todos los puntos cumple con la norma NTC 174, la cual establece para densidad aparente rangos de 2.4 y 2.8 gr/cm³ y en absorción límites del 3.0% máximo. En consecuencia, se concluye que la absorción de las muestras es bajas, lo que quiere decir que, al fabricar concretos y generar mezclas, el agregado absorberá poca cantidad de agua.

Después de analizar cuidadosamente los resultados de los ensayos llevados a cabo en el laboratorio sobre el material sedimentario fino, extraído de los tres puntos de la cuenca media del río Sangoyaco, se puede decir que dicho material cumple de manera satisfactoria con las especificaciones establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 174. Esta norma que detalla las especificaciones de los agregados para concretos en Colombia, sirve como referencia para poder asegurar la calidad de los materiales utilizados en la construcción.

Adicionalmente las características físico mecánicas de los agregados finos presentadas en los ensayos cumplen con la normativa, contribuyendo a la calidad y la consistencia del concreto diseñado con estos agregados y con ello respaldando la idoneidad del material provenientes del río para ser empleados en proyectos que requieran cumplir con las especificaciones de dicha norma.

9. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos tras evaluar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75mm (No.200) mediante lavado, de acuerdo con la normatividad vigente en Colombia, revelan que el material de estudio cumple satisfactoriamente con las especificaciones establecidas. Los valores obtenidos en los tres puntos de extracción se ubican por debajo de los límites máximos permitidos tanto para concreto

hidráulico (3%) como para concreto estructural (5%). Específicamente, los porcentajes registrados en el primer, segundo y tercer punto de extracción del 2.01%, 2.56% y 2.26%, respectivamente. Estos resultados confirman que el material analizado se encuentra dentro de los parámetros establecidos en este ensayo, garantizando su implementación en proyectos de construcción de concreto hidráulico y estructural.

Al analizar los resultados de las partículas del material sedimentario, se observa que estas son más largas que planas, aunque los porcentajes de este tipo de partículas se mantienen en niveles mínimos respecto a los parámetros establecidos. Es relevante destacar que la mayor parte del material presenta formas regulares, lo cual se puede determinar que este tipo de agregados influye positivamente en la trabajabilidad de la mezcla. Esta característica se traduce en una menor relación de vacíos, destacando la capacidad del material para favorecer la cohesión y eficacia en la producción de mezclas, estos hallazgos respaldan la idoneidad del material para su implementación aplicaciones específicas donde la trabajabilidad y la reducción de vacíos son considerables claves.

Al evaluar la capacidad de absorción del material analizado, se evidencia que esta característica favorece notablemente la consistencia de los concretos elaborados con base en este material. La presencia de bajos índices de absorción en este material significa que absorbe una mínima cantidad de agua en las mezclas, contribuyendo significativamente a mejorar su manejabilidad. Esta propiedad resulta fundamental para la eficacia y trabajabilidad de los concretos, permitiendo obtener resultados consistentes que favorecen la calidad en términos de resistencia y durabilidad, respaldando así su idoneidad para diversas aplicaciones constructivas.

El análisis detallado de los resultados de los agregados finos extraídos de los tres puntos de muestreo revela una tendencia significativa en los niveles de terrones de arcilla y partículas deleznales. El tercer punto de extracción ubicado en el río Sangoyaco antes de su unión con la quebrada la Taruca, exhibe los

niveles más altos de dicho ensayo. Sin embargo, se observa que hay una disminución progresiva de estos elementos a medida que los materiales son arrastrados hacia el punto de extracción más bajo. Este patrón sugiere una posible influencia de la unión con la quebrada en una reducción con terrones de arcilla. Es importante destacar que esta variación no se atribuye a la presencia de impurezas orgánicas nocivas en el material del tercer punto, ya que este presenta el valor de referencia más bajo, el más claro de los tres puntos.

En la granulometría de los agregados gruesos en relación con las especificaciones de la norma NTC 174, se observa una gradación regular en todos los puntos de extracción, puesto que las muestras de los tamices de 1", 3/4", 1/2" se encuentran fuera de los límites inferiores establecidos por la normativa.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los porcentajes de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados, se observa que cumplen con los requisitos establecidos por la norma NTC 174 para los agregados gruesos en todos los puntos de extracción. Sin embargo, en el caso de los agregados finos, se identifica que los porcentajes son considerablemente altos, superando el límite máximo establecido por la normativa.

Las pruebas de laboratorio realizadas al material fino proveniente del río Sangoyaco confirman que cumple con las especificaciones de impurezas orgánicas en los tres diferentes puntos de extracción. Las muestras analizadas presentaron un color claro, con valores de referencia entre 2 y 3, indicando que el material no presenta impurezas orgánicas nocivas.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda obtener datos adicionales de composición química de los materiales de la cuenca del río Sangoyaco con el fin de mejorar la confiabilidad de la relación entre los resultados de dicha composición y la respuesta obtenida de los ensayos establecidos. La inclusión de esta información adicional permitirá

una evaluación más precisa y completa de las propiedades del material, contribuyendo así a un análisis más detallado y confiable de su idoneidad para su uso. La obtención de datos de composición química fortalecerá la base de conocimiento y facilitará la toma de decisiones informadas en el contexto de los ensayos.

Se sugiere llevar a cabo un proceso de trituración previo al uso del material en estudio, considerando su aplicación específica, este procedimiento tiene como objetivo reducir la presencia de bordes con canto rodado, cuya presencia podría comprometer la resistencia al corte debido a la falta de adherencia, específicamente en aplicaciones de concretos. La implementación de la trituración del material no solo se presenta como medida preventiva para mitigar posibles interferencias en la adherencia, sino que también se establece como un paso crucial para optimizar las propiedades del material, garantizando así su idoneidad y eficacia en distintas aplicaciones en los proyectos de construcción.

11. BIBLIOGRAFÍA

Culma y Rojas. (2018). *CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y FÍSICA DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA RODEB*. Obtenido de *CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y FÍSICA DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA RODEB* : https://www.researchgate.net/profile/Javier-Becerra-4/publication/327033164_Caracterizacion_mineralogica_y_fisica_de_los_agregados_de_la_cant

era_Rodeb_y_Acopios_aplicada_a_concretos_y_filtros/links/5b7397eda6fdcc87df7a3abd/Caracterizacion-mineralogica-y-f

Ferreira Y Torres. (2014). *CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE AGREGADOS PETREOS PARA CONCRETOS CASO: VISTA*. Obtenido de *CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE AGREGADOS PETREOS PARA CONCRETOS CASO: VISTA*:

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/fdc2350b-e4dc-4c3b-a477-6b8494ec9e2f/content>

Garcia, Morales y Tapasco. (2017). *CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS DEL DEPÓSITO ARENAS EL PALMAR DE*. Obtenido de *CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS DEL DEPÓSITO ARENAS EL PALMAR DE*:

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/c5ff1b9a-3500-476f-926e-b79f9e65892d/content>

Gonzales y Hernandez. (2012). *ARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS PETREOS DE LA CANTERA TRITUPISVAR PARA SU USO* . Obtenido de *ARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS PETREOS DE LA CANTERA TRITUPISVAR PARA SU USO* :

<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2012/144447.pdf>

Herrera y Vargas. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS PROCEDENTES DEL RIO ARIARI* . Obtenido de *CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS PROCEDENTES DEL RIO ARIARI*: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/91edcee9-755b-4bf0-86e0-89a2dc1c7eae/content>

Huamani y Paucar. (2018). *INFLUENCIA DE AGREGADOS DE DIFERENTES PROCEDENCIAS Y DISEÑO DE MEZCLA*. Obtenido de *INFLUENCIA DE AGREGADOS DE DIFERENTES PROCEDENCIAS Y*

DISEÑO DE MEZCLA: <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstreams/225fc45d-b092-45c2-afa5-8b12da6c2595/download>

Lavio y Guadalupe. (2020). *Caracterización física y mecánica de agregados de canteras diferenciadas para la determinación cualitativa y uso en concretos*,. Obtenido de Caracterización física y mecánica de agregados de canteras diferenciadas para la determinación cualitativa y uso en concretos,: file:///D:/DOCUMENTOS%20USUARIO/Downloads/Manrique_LFG-SD.pdf

Lopez y Sepúlveda. (2014). *CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE DIFERENTES MUESTRAS DE AGREGADOS PETREOS PARA EL CONCRETO*. Obtenido de CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE DIFERENTES MUESTRAS DE AGREGADOS PETREOS PARA EL CONCRETO:
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/3e64eba1-f812-4029-8959-69ceb5486aab/content>

Martínez, S. M. (2021). *CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE MORTERO DE USO ESTRUCTURAL*. Obtenido de CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE MORTERO DE USO ESTRUCTURAL:
http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/7808/FIC-L-2021-1242.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mosquera Y Trujillo. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE DEL RIO GUATIQUEIA PARA ELABORACIÓN*. Obtenido de CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE DEL RIO GUATIQUEIA PARA ELABORACIÓN:
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/70175114-861f-4693-a3ed-bb7bc4306492/content>

Orozco, O. B. (2017). *STUDY OF THE PROPERTIES AND QUALITY OF THE PÉTREOS MATERIALS FOR PRODUCTION*. Obtenido de *STUDY OF THE PROPERTIES AND QUALITY OF THE PÉTREOS MATERIALS FOR PRODUCTION*:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76191/10261331.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Prado y Pariona. (2013). *CALIDAD DEL AGREGADO DE LA CANTERA DEL RIO GUAYACONDO, TAMBILLO*. Obtenido de *CALIDAD DEL AGREGADO DE LA CANTERA DEL RIO GUAYACONDO, TAMBILLO*: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/cef15694-4ff4-47e5-9e35-8705b50603fd/content>

Rodriguez y Sandoval. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE ARENAS COMO MATERIAL PARA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS*. Obtenido de *CARACTERIZACIÓN DE ARENAS COMO MATERIAL PARA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS*:

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/606f2712-ac69-4df3-86db-d24611cd3481/content>

Townley y Ortiz. (2015). *CARCTERIZACIÓN MINERALÓGICA DEL PROCESO METALURGICO Y SU IMPACTO EN LA PRODUCCION DE CONCRETADOS DE CU Y MO EN CMDIC*. Obtenido de *CARCTERIZACIÓN MINERALÓGICA DEL PROCESO METALURGICO Y SU IMPACTO EN LA PRODUCCION DE CONCRETADOS DE CU Y MO EN CMDIC*:

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132728/Caracterizacion-mineralogica-del-proceso-metalurgico-y-su-impacto-en-la-produccion-de....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vergara, A. A. (05 de NOVIEMBRE de 2020). *ARACTERIZACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS DEL DEPÓSITO ARENAS EL PALMAR DE*. Obtenido de *ARACTERIZACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS DEL DEPÓSITO ARENAS EL PALMAR DE*:

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/41479/Gonzalez%20Vergara%20Alvaro%20Andres%202020.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

12. ANEXOS

12.1. ANEXO A – GRANULOMETRÍA PUNTO DE EXTRACCIÓN 1

MUESTRA 1										
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)	
Malla N°	Abertura en (mm)									
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%	
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1"	25	1524.8	1707.9	3232.7	18.6%	18.6%	81%	90%	100%	
3/4"	19	925.5	917.4	1842.9	10.6%	29.2%	71%	85%	100%	
1/2"	12.5	1078.1	905.4	1983.5	11.4%	40.6%	59%	40%	100%	
3/8"	9.5	662.9	630.5	1293.4	7.4%	48.0%	52%	15%	100%	
N°4	4.75	1008.1	1026.0	2034.1	11.7%	59.7%	40%	10%	95%	% GRAVA 59.7%
N°8	2.36	756.0	573.6	1329.6	7.6%	67.4%	33%	5%	80%	% ARENAS 38.7%
N°16	1.1	1150.3	811	1961.3	11.3%	78.7%	21%	0%	50%	% FINOS 1.4%
N°30	0.6	976.7	709.2	1685.9	9.7%	88.4%	12%	0%	25%	
N°50	0.3	665.3	454.8	1120.1	6.4%	94.8%	5%	0%	10%	
N°100	0.15	381.4	251.1	632.5	3.6%	98.4%	1.6%	0%	2.0%	
N°200	0.075	126.9	114.9	241.8	1.4%	99.8%	0.2%	0%		
FONDO		15.0	12.9	27.9	0.2%	100.0%		0%		
TOTAL:				17385.7	100%					
Error:		0.0040261			ENSAYO ACEPTADO					
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	10387			
						FINO	6971			

MUESTRA 2											
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)		
Malla N°	Abertura en (mm)										
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%		
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1"	25	1379.8	1117.55	2497.3	14.8%	14.8%	85%	90%	100%		
3/4"	19	937.8	940.0	1877.8	11.1%	26.0%	74%	85%	100%		
1/2"	12.5	1078.8	1306.8	2385.6	14.2%	40.1%	60%	40%	100%	% GRAVA	60.4%
3/8"	9.5	643.3	620.7	1264.0	7.5%	47.6%	52%	15%	100%	% ARENAS	38.2%
Nº4	4.75	1052.9	1100.5	2153.4	12.8%	60.4%	40%	10%	95%	% FINOS	1.3%
Nº8	2.36	744.5	601.4	1345.9	8.0%	68.4%	32%	5%	80%		
Nº16	1.1	1003.5	720.9	1724.4	10.2%	78.6%	21%	0%	50%		
Nº30	0.6	988.0	887	1875.0	11.1%	89.7%	10%	0%	25%		
Nº50	0.3	519.0	490.6	1009.6	6.0%	95.7%	4%	0%	10%		
Nº100	0.15	282.1	203.7	485.8	2.9%	98.6%	1.4%	0%	2.0%		
Nº200	0.075	116.2	102.1	218.3	1.3%	99.9%	0.1%	0%			
FONDO		8.7	10.2	19	0.1%	100.0%		0%			
		TOTAL:			16856.0	100%					
Error:		-0.0575794			ENSAYO ACEPTADO						
NO MAYOR DEL 0.03%											
						GRUESO	10178				
						FINO	6659				

MUESTRA 3										
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)	
Malla N°	Abertura en (mm)									
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%	
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1"	25	1574.4	1532.4	3106.8	18.8%	18.8%	81%	90%	100%	
3/4"	19	949.7	1031.3	1981.0	12.0%	30.8%	69%	85%	100%	
1/2"	12.5	990.9	1022.0	2012.9	12.2%	42.9%	57%	40%	100%	% GRAVA 64.0%
3/8"	9.5	704.6	688.8	1393.4	8.4%	51.3%	49%	15%	100%	% ARENAS 34.8%
N°4	4.75	1064.5	1037.8	2102.3	12.7%	64.0%	36%	10%	95%	% FINOS 1.0%
N°8	2.36	539.7	573.5	1113.2	6.7%	70.8%	29%	5%	80%	
N°16	1.1	865.2	841.5	1706.7	10.3%	81.1%	19%	0%	50%	
N°30	0.6	719.0	732.4	1451.4	8.8%	89.9%	10%	0%	25%	
N°50	0.3	506.7	445.2	951.9	5.8%	95.6%	4%	0%	10%	
N°100	0.15	264.4	273	537.4	3.2%	98.9%	1.1%	0%	2.0%	
N°200	0.075	100.0	58.5	158.5	1.0%	99.8%	0.2%	0%		
FONDO		15.8	13.5	29	0.2%	100.0%		0%		
		TOTAL:			16544.8	100%				
Error: -0.1064911 ENSAYO ACEPTADO										
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	10596			
						FINO	5919			

MUESTRA 4											
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)		
Malla N°	Abertura en (mm)										
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%		
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1"	25	1516.0	2371.2	3887.2	22.0%	22.0%	78%	90%	100%		
3/4"	19	770.3	943.9	1714.2	9.7%	31.6%	68%	85%	100%		
1/2"	12.5	1064.5	1084.0	2148.5	12.1%	43.8%	56%	40%	100%	% GRAVA	63.9%
3/8"	9.5	657.1	727.1	1384.2	7.8%	51.6%	48%	15%	100%	% ARENAS	34.9%
Nº4	4.75	1064.4	1117.8	2182.2	12.3%	63.9%	36%	10%	95%	% FINOS	1.0%
Nº8	2.36	534.6	587.5	1122.1	6.3%	70.3%	30%	5%	80%		
Nº16	1.1	817.8	884.3	1702.1	9.6%	79.9%	20%	0%	50%		
Nº30	0.6	780.9	912.8	1693.7	9.6%	89.5%	11%	0%	25%		
Nº50	0.3	503.1	563.0	1066.1	6.0%	95.5%	5%	0%	10%		
Nº100	0.15	269.3	322.2	591.5	3.3%	98.8%	1.2%	0%	2.0%		
Nº200	0.075	100.0	78.3	178.3	1.0%	99.8%	0.2%	0%			
FONDO		17.6	10.8	28	0.2%	100.0%		0%			
		TOTAL:			17698.5	100%					
Error:		0.011864				ENSAYO ACEPTADO					
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO		11316			
						FINO		6354			

MUESTRA 5											
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)		
Malla N°	Abertura en (mm)										
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%		
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1"	25	1914.5	1418.9	3333.4	21.9%	21.9%	78%	90%	100%		
3/4"	19	1519.9	1344.6	2864.5	18.8%	40.7%	59%	85%	100%		
1/2"	12.5	1202.7	1217.1	2419.8	15.9%	56.6%	43%	40%	100%	% GRAVA	75.5%
3/8"	9.5	683.4	528.0	1211.4	8.0%	64.6%	35%	15%	100%	% ARENAS	23.5%
N°4	4.75	960.6	699.1	1659.7	10.9%	75.5%	25%	10%	95%	% FINOS	0.8%
N°8	2.36	456.2	171.6	627.8	4.1%	79.6%	20%	5%	80%		
N°16	1.1	749.4	415.7	1165.1	7.7%	87.2%	13%	0%	50%		
N°30	0.6	629.4	318.5	947.9	6.2%	93.5%	7%	0%	25%		
N°50	0.3	293.9	202.1	496.0	3.3%	96.7%	3%	0%	10%		
N°100	0.15	213.4	133.4	346.8	2.3%	99.0%	1.0%	0%	2.0%		
N°200	0.075	72.1	55.2	127.3	0.8%	99.8%	0.2%	0%			
FONDO		0.0	26.1	26.1	0.2%	100.0%		0%			
		TOTAL:			15225.8	100%					
Error:		0.024295			ENSAYO ACEPTADO			815%		0.0815	
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO		11489			
						FINO		3711			

MUESTRA 6											
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)		
Malla N°	Abertura en (mm)										
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%		
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1"	25	0	0	3225.9	20.1%	20.1%	80%	90%	100%		
3/4"	19	0	0	2830.1	17.6%	37.7%	62%	85%	100%		
1/2"	12.5	0	0	1940.5	12.1%	49.8%	50%	40%	100%	% GRAVA	67.5%
3/8"	9.5	0	0	1298.2	8.1%	57.9%	42%	15%	100%	% ARENAS	31.4%
N°4	4.75	0	0	1547.5	9.6%	67.5%	32%	10%	95%	% FINOS	0.9%
N°8	2.36	0	0	1127.1	7.0%	74.5%	25%	5%	80%		
N°16	1.1	0	0	1295.9	8.1%	82.6%	17%	0%	50%		
N°30	0.6	0	0	1324.7	8.2%	90.8%	9%	0%	25%		
N°50	0.3	0	0	856.9	5.3%	96.2%	4%	0%	10%		
N°100	0.15	0	0	441.3	2.7%	98.9%	1.1%	0%	2.0%		
N°200	0.075	0	0	147.9	0.9%	99.9%	0.1%	0%			
FONDO		0	0	23.4	0.1%	100.0%		0%			
		TOTAL:			16059.4	100%					
Error: 0.1833562 ENSAYO ACEPTADO											
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	10842				
						FINO	5194				

12.2. ANEXO B – GRANULOMETRÍA PUNTO DE EXTRACCIÓN 2

MUESTRA 1										
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)	
Malla N°	Abertura en (mm)									
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%	
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1"	25	1536.2	2508.5	4044.7	28.4%	28.4%	72%	90%	100%	
3/4"	19	1298.7	869.8	2168.5	15.2%	43.6%	56%	85%	100%	
1/2"	12.5	1026.4	575.9	1602.3	11.3%	54.9%	45%	40%	100%	% GRAVA
3/8"	9.5	490.1	349.8	839.9	5.9%	60.8%	39%	15%	100%	% ARENAS
N°4	4.75	937.1	529.8	1466.9	10.3%	71.1%	29%	10%	95%	% FINOS
N°8	2.36	497.0	187.4	684.4	4.8%	75.9%	24%	5%	80%	
N°16	1.1	706.8	349.5	1056.3	7.4%	83.3%	17%	0%	50%	
N°30	0.6	852.2	416.6	1268.8	8.9%	92.2%	8%	0%	25%	
N°50	0.3	568.6	116.3	684.9	4.8%	97.0%	3%	0%	10%	
N°100	0.15	172.2	80.8	253.0	1.8%	98.8%	1.2%	0%	2.0%	
N°200	0.075	107.3	46.5	153.8	1.1%	99.9%	0.1%	0%		
FONDO		8.0	8.7	16.7	0.1%	100.0%		0%		
		TOTAL:			14240.2	100%				
Error: 0.0238704 ENSAYO ACEPTADO										
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	10122.3			
						FINO	4101			

MUESTRA 2										
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)	
Malla N°	Abertura en (mm)									
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%	
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1"	25	2341.9	1915.1	4257.0	28.4%	28.4%	72%	90%	100%	
3/4"	19	1328.4	790.0	2118.4	14.1%	42.5%	57%	85%	100%	
1/2"	12.5	934.7	662.1	1596.8	10.7%	53.2%	47%	40%	100%	
3/8"	9.5	473.1	336.6	809.7	5.4%	58.6%	41%	15%	100%	
N°4	4.75	759.0	530.5	1289.5	8.6%	67.2%	33%	10%	95%	
N°8	2.36	504.8	442.5	947.3	6.3%	73.5%	26%	5%	80%	
N°16	1.1	1039.1	445.1	1484.2	9.9%	83.4%	17%	0%	50%	
N°30	0.6	683.6	616.5	1300.1	8.7%	92.1%	8%	0%	25%	
N°50	0.3	441.5	276.9	718.4	4.8%	96.9%	3%	0%	10%	
N°100	0.15	232.7	143.7	376.4	2.5%	99.4%	0.6%	0%	2.0%	
N°200	0.075	57.3	29.0	86.3	0.6%	100.0%	0.0%	0%		
FONDO		2.0	2.3	4	0.0%	100.0%		0%		
		TOTAL:			14988.4	100%				
Error:		0.027347			ENSAYO ACEPTADO					
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	10071			
						FINO	4913			

MUESTRA 3											
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)		
Malla N°	Abertura en (mm)										
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%		
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1"	25	2454.5	2272.5	4727.0	31.6%	31.6%	68%	90%	100%		
3/4"	19	1126.0	952.5	2078.5	13.9%	45.4%	55%	85%	100%		
1/2"	12.5	841.6	666.9	1508.5	10.1%	55.5%	45%	40%	100%		
3/8"	9.5	621.7	428.3	1050.0	7.0%	62.5%	38%	15%	100%		
N°4	4.75	729.8	479.3	1209.1	8.1%	70.6%	29%	10%	95%		
N°8	2.36	494.8	254.8	749.6	5.0%	75.6%	24%	5%	80%		
N°16	1.1	501.4	393.7	895.1	6.0%	81.5%	18%	0%	50%		
N°30	0.6	579.4	460.2	1039.6	6.9%	88.5%	12%	0%	25%		
N°50	0.3	863.7	286.8	1150.5	7.7%	96.2%	4%	0%	10%		
N°100	0.15	323.9	124.7	448.6	3.0%	99.2%	0.8%	0%	2.0%		
N°200	0.075	84.5	34.2	118.7	0.8%	100.0%	0.0%	0%			
FONDO		4.0	3.2	7.2	0.0%	100.0%		0%			
		TOTAL:			14982.4	100%					
Error:		0.045366			ENSAYO ACEPTADO						
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	10573				
						FINO	4402				

MUESTRA 4											
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)		
Malla N°	Abertura en (mm)										
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%		
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1"	25	1626.4	2500.3	4126.7	28.1%	28.1%	72%	90%	100%		
3/4"	19	1296.7	1317.5	2614.2	17.8%	45.9%	54%	85%	100%		
1/2"	12.5	932.8	914.1	1846.9	12.6%	58.5%	42%	40%	100%	% GRAVA	70.0%
3/8"	9.5	496.0	334.4	830.4	5.7%	64.1%	36%	15%	100%	% ARENAS	28.9%
N°4	4.75	479.8	386.1	865.9	5.9%	70.0%	30%	10%	95%	% FINOS	1.1%
N°8	2.36	351.8	309.1	660.9	4.5%	74.5%	26%	5%	80%		
N°16	1.1	433.0	519.9	952.9	6.5%	81.0%	19%	0%	50%		
N°30	0.6	414.8	698.2	1113.0	7.6%	88.6%	11%	0%	25%		
N°50	0.3	437.7	622.0	1059.7	7.2%	95.8%	4%	0%	10%		
N°100	0.15	186.3	268.0	454.3	3.1%	98.9%	1.1%	0%	2.0%		
N°200	0.075	59.8	99.0	158.8	1.1%	99.9%	0.1%	0%			
FONDO		3.0	4.8	8	0.1%	100.0%		0%			
		TOTAL:			14691.5	100%					
Error: 0.0353821 ENSAYO ACEPTADO											
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	10284				
						FINO	4400				

MUESTRA 5										
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)	
Malla N°	Abertura en (mm)									
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%	
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1"	25	2052.7	1836.6	3889.3	26.5%	26.5%	73%	90%	100%	
3/4"	19	1037.6	1138.5	2176.1	14.8%	41.3%	59%	85%	100%	
1/2"	12.5	1275.3	907.8	2183.1	14.9%	56.2%	44%	40%	100%	% GRAVA
3/8"	9.5	387.7	531.8	919.5	6.3%	62.5%	38%	15%	100%	% ARENAS
N°4	4.75	662.6	497.5	1160.1	7.9%	70.4%	30%	10%	95%	% FINOS
N°8	2.36	408.4	338.2	746.6	5.1%	75.5%	25%	5%	80%	
N°16	1.1	610.6	475.5	1086.1	7.4%	82.9%	17%	0%	50%	
N°30	0.6	851.7	419.5	1271.2	8.7%	91.5%	8%	0%	25%	
N°50	0.3	563.7	239.9	803.6	5.5%	97.0%	3%	0%	10%	
N°100	0.15	222.0	65.1	287.1	2.0%	99.0%	1.0%	0%	2.0%	
N°200	0.075	113.3	33.0	146.3	1.0%	100.0%	0.0%	0%		
FONDO		5.3	1.3	6.6	0.0%	100.0%		0%		
		TOTAL:			14675.6	100%				
Error:		0.0408675			ENSAYO ACEPTADO					
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	10328			
						FINO	4341			

MUESTRA 6											
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)		
Malla N°	Abertura en (mm)										
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%		
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1"	25	2842.1	2109.3	4951.4	32.0%	32.0%	68%	90%	100%		
3/4"	19	2183.2	1842.1	4025.3	26.0%	58.0%	42%	85%	100%		
1/2"	12.5	1250.4	843.4	2093.8	13.5%	71.6%	28%	40%	100%	% GRAVA	81.0%
3/8"	9.5	396.4	482.8	879.2	5.7%	77.3%	23%	15%	100%	% ARENAS	18.5%
N°4	4.75	310.6	272.7	583.3	3.8%	81.0%	19%	10%	95%	% FINOS	0.4%
N°8	2.36	210.7	225.9	436.6	2.8%	83.8%	16%	5%	80%		
N°16	1.1	344.6	548.2	892.8	5.8%	89.6%	10%	0%	50%		
N°30	0.6	281.7	359.6	641.3	4.1%	93.8%	6%	0%	25%		
N°50	0.3	334.9	290.6	625.5	4.0%	97.8%	2%	0%	10%		
N°100	0.15	127.2	144.2	271.4	1.8%	99.6%	0.4%	0%	2.0%		
N°200	0.075	34.3	29.4	63.7	0.4%	100.0%	0.0%	0%			
FONDO		1.9	1.7	3.6	0.0%	100.0%		0%			
		TOTAL:			15467.9	100%					
Error:		0.0529849			ENSAYO ACEPTADO						
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	12533				
						FINO	2931				

12.3. ANEXO C – GRANULOMETRÍA PUNTO DE EXTRACCIÓN 3

MUESTRA 1										
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)	
Malla N°	Abertura en (mm)									
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%	
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1"	25	3776.7	2705.7	6482.4	42.7%	42.7%	57%	90%	100%	
3/4"	19	1690.7	1829.2	3519.9	23.2%	65.9%	34%	85%	100%	
1/2"	12.5	626.3	621.7	1248.0	8.2%	74.1%	26%	40%	100%	% GRAVA 84.9%
3/8"	9.5	431.8	441.0	872.8	5.7%	79.8%	20%	15%	100%	% ARENAS 14.6%
N°4	4.75	380.0	394.0	774.0	5.1%	84.9%	15%	10%	95%	% FINOS 0.5%
N°8	2.36	143.4	236.4	379.8	2.5%	87.4%	13%	5%	80%	
N°16	1.1	190.0	320.4	510.4	3.4%	90.8%	9%	0%	50%	
N°30	0.6	246.5	395.7	642.2	4.2%	95.0%	5%	0%	25%	
N°50	0.3	207.2	253.8	461.0	3.0%	98.0%	2%	0%	10%	
N°100	0.15	98.7	121.1	219.8	1.4%	99.5%	0.5%	0%	2.0%	
N°200	0.075	34.0	39.4	73.4	0.5%	100.0%	0.0%	0%		
FONDO		2.5	2.1	4.6	0.0%	100.0%		0%		
		TOTAL:			15188.3	100%				
Error: 0.0256711 ENSAYO ACEPTADO										
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	12897.1			
						FINO	2286.6			

MUESTRA 2										
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)	
Malla N°	Abertura en (mm)									
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%	
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1"	25	2333.2	2959.6	5292.8	34.5%	34.5%	65%	90%	100%	
3/4"	19	1296.5	2352.3	3648.8	23.8%	58.4%	42%	85%	100%	
1/2"	12.5	969.2	959.1	1928.3	12.6%	71.0%	29%	40%	100%	% GRAVA
3/8"	9.5	525.5	430.1	955.6	6.2%	77.2%	23%	15%	100%	% ARENAS
N°4	4.75	521.6	507.4	1029.0	6.7%	83.9%	16%	10%	95%	% FINOS
N°8	2.36	286.7	194.5	481.2	3.1%	87.0%	13%	5%	80%	
N°16	1.1	389.6	214.0	603.6	3.9%	91.0%	9%	0%	50%	
N°30	0.6	393.2	250.8	644.0	4.2%	95.2%	5%	0%	25%	
N°50	0.3	282.6	177.0	459.6	3.0%	98.2%	2%	0%	10%	
N°100	0.15	119.1	79.9	199.0	1.3%	99.5%	0.5%	0%	2.0%	
N°200	0.075	43.0	27.2	70.2	0.5%	99.9%	0.1%	0%		
FONDO		4.0	4.4	8	0.1%	100.0%		0%		
		TOTAL:			15320.5	100%				
Error:		0.026102			ENSAYO ACEPTADO					
NO MAYOR DEL 0.03%					GRUESO		12855			
					FINO		2458			

MUESTRA 3										
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)	
Malla N°	Abertura en (mm)									
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%	
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1"	25	3427.1	1848.7	5275.8	34.1%	34.1%	66%	90%	100%	
3/4"	19	1878.2	1728.2	3606.4	23.3%	57.5%	43%	85%	100%	
1/2"	12.5	530.6	975.7	1506.3	9.7%	67.2%	33%	40%	100%	
3/8"	9.5	315.8	511.3	827.1	5.4%	72.6%	27%	15%	100%	
N°4	4.75	383.8	819.7	1203.5	7.8%	80.4%	20%	10%	95%	
N°8	2.36	229.3	358.3	587.6	3.8%	84.2%	16%	5%	80%	
N°16	1.1	249.0	404.0	653.0	4.2%	88.4%	12%	0%	50%	
N°30	0.6	344.4	514.1	858.5	5.6%	94.0%	6%	0%	25%	
N°50	0.3	232.0	365.4	597.4	3.9%	97.8%	2%	0%	10%	
N°100	0.15	108.4	143.4	251.8	1.6%	99.5%	0.5%	0%	2.0%	
N°200	0.075	34.2	43.6	77.8	0.5%	100.0%	0.0%	0%		
FONDO		2.1	3.7	5.8	0.0%	100.0%		0%		
		TOTAL:			15451.0	100%				
Error:		0.0213533			ENSAYO ACEPTADO					
NO MAYOR DEL 0.03%					GRUESO		12419			
					FINO		3026			

MUESTRA 4											
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)		
Malla N°	Abertura en (mm)										
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%		
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1"	25	4161.5	1886.4	6047.9	40.0%	40.0%	60%	90%	100%		
3/4"	19	1529.1	1010.3	2539.4	16.8%	56.7%	43%	85%	100%		
1/2"	12.5	842.1	855.6	1697.7	11.2%	67.9%	32%	40%	100%	% GRAVA	77.8%
3/8"	9.5	386.5	416.5	803.0	5.3%	73.2%	27%	15%	100%	% ARENAS	21.4%
N°4	4.75	324.7	356.9	681.6	4.5%	77.8%	22%	10%	95%	% FINOS	0.8%
N°8	2.36	164.8	203.3	368.1	2.4%	80.2%	20%	5%	80%		3.6
N°16	1.1	363.3	374.8	738.1	4.9%	85.1%	15%	0%	50%		
N°30	0.6	543.0	515	1058.0	7.0%	92.0%	8%	0%	25%		
N°50	0.3	419.3	323.0	742.3	4.9%	97.0%	3%	0%	10%		
N°100	0.15	194.8	132.9	327.7	2.2%	99.1%	0.9%	0%	2.0%		
N°200	0.075	74.2	51.3	125.5	0.8%	99.9%	0.1%	0%			
FONDO		3.7	4.6	8.3	0.1%	100.0%		0%			
		TOTAL:			15137.6	100%					
Error:		0.0237762			ENSAYO ACEPTADO						
NO MAYOR DEL 0.03%											
						GRUESO	11770				
						FINO	3360				

MUESTRA 5										
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)	
Malla N°	Abertura en (mm)									
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%	
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	
1"	25	3543.4	2789.3	6332.7	41.8%	41.8%	58%	90%	100%	
3/4"	19	1521.3	1351.5	2872.8	19.0%	60.7%	39%	85%	100%	
1/2"	12.5	383.5	576.1	959.6	6.3%	67.1%	33%	40%	100%	% GRAVA
3/8"	9.5	400.3	410.6	810.9	5.4%	72.4%	28%	15%	100%	% ARENAS
N°4	4.75	288.9	310.5	599.4	4.0%	76.4%	24%	10%	95%	% FINOS
N°8	2.36	189.9	197.7	387.6	2.6%	78.9%	21%	5%	80%	
N°16	1.1	407.2	353.1	760.3	5.0%	84.0%	16%	0%	50%	
N°30	0.6	696.3	449.0	1145.3	7.6%	91.5%	8%	0%	25%	
N°50	0.3	504.0	326.5	830.5	5.5%	97.0%	3%	0%	10%	
N°100	0.15	217.2	127.6	344.8	2.3%	99.3%	0.7%	0%	2.0%	
N°200	0.075	65.3	37.8	103.1	0.7%	100.0%	0.0%	0%		
FONDO		3.3	2.9	6.2	0.0%	100.0%		0%		
		TOTAL:			15153.2	100%				
Error: 0.0270497 ENSAYO ACEPTADO										
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO	11575			
						FINO	3572			

MUESTRA 6											
TAMIZ		Peso Ret. (gr)			% Ret.	% Ret. Acomulado	% que pasa	% que pasa (NTC 174)	% que pasa (NTC 174)		
Malla N°	Abertura en (mm)										
3	75	0	0	0	0.0%	0%	100%	100%	100%		
2 1/2"	63	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
2"	50	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1 1/2"	37.5	0	0	0	0.0%	0.0%	100%	100%	100%		
1"	25	3210.0	2309.3	5519.3	36.2%	36.2%	64%	90%	100%		
3/4"	19	1890.0	1016.5	2906.5	19.1%	55.3%	45%	85%	100%		
1/2"	12.5	1146.4	424.5	1570.9	10.3%	65.6%	34%	40%	100%	% GRAVA	75.4%
3/8"	9.5	445.4	414.5	859.9	5.6%	71.3%	29%	15%	100%	% ARENAS	24.0%
N°4	4.75	361.8	266.7	628.5	4.1%	75.4%	25%	10%	95%	% FINOS	0.5%
N°8	2.36	213.5	175.9	389.4	2.6%	78.0%	22%	5%	80%		
N°16	1.1	434.0	447.9	881.9	5.8%	83.8%	16%	0%	50%		
N°30	0.6	580.5	689.6	1270.1	8.3%	92.1%	8%	0%	25%		
N°50	0.3	350.4	421.3	771.7	5.1%	97.2%	3%	0%	10%		
N°100	0.15	150.1	197.6	347.7	2.3%	99.5%	0.5%	0%	2.0%		
N°200	0.075	35.8	40.6	76.4	0.5%	100.0%	0.0%	0%			
FONDO		2.4	3.5	5.9	0.0%	100.0%		0%			
		TOTAL:			15228.2	100%					
Error:		0.0249475				ENSAYO ACEPTADO					
NO MAYOR DEL 0.03%						GRUESO		11485			
						FINO		3737			