

**Caracterización físico mecánica del material producto del transporte de sedimentos de la quebrada
Taruca para la elaboración de concretos en el municipio de Mocoa**

Diego Fernando Montoya Toro

Angie Ximena Vallejos Bastidas

Instituto Tecnológico del Putumayo

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Mocoa, Putumayo

Noviembre 2023

**Caracterización físico mecánica del material producto del transporte de sedimentos de la quebrada
Taruca para la elaboración de concretos en el municipio de Mocoa**

Diego Fernando Montoya Toro

Angie Ximena Vallejos Bastidas

Trabajo de investigación aplicado como requisito de grado para optar el título de Ingeniero/a Civil

Asesor:

Ing. Esp. Pedro Andrés Verdugo Daza

Instituto Tecnológico del Putumayo

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Mocoa, Putumayo

Noviembre 2023

Nota de aceptación:

Firma del Jurado

Mocoa, noviembre de 2023

Agradecimientos

En primera instancia a Dios, por brindarnos sabiduría y fortaleza para el desarrollo de esta meta
y a nuestra familia por el apoyo incondicional y motivación constante.

Diego Montoya- Ximena Vallejos

A los ingenieros Pedro Verdugo, Elkin Alfaro y Mauricio Revelo por el asesoramiento, dirección y
aporte significativo para el desarrollo de esta tesis.

Diego Montoya- Ximena Vallejos

Al Instituto Tecnológico del Putumayo por brindarnos las herramientas para cumplir los objetivos
técnicos y metodológicos de esta investigación.

Diego Montoya- Ximena Vallejos

Al personal de apoyo de laboratorio el cual permitió el desarrollo técnico de nuestros objetivos

Diego Montoya- Ximena Vallejos

Dedicatoria

A nuestros padres y hermanos quienes siempre han sido nuestra fuente de inspiración y fortaleza, su amor incondicional y sacrificios han hecho posible cada paso de este camino académico.

Este logro es para ustedes.

Diego Montoya- Ximena Vallejos

A mi esposa Andrea por su ánimo y apoyo incondicional en el cumplimiento de esta meta

Diego Montoya

A Zuleima Bastidas y mi pareja Oscar por su motivación y apoyo constante en todo este proceso.

Ximena Vallejos

Contenido

1.	Resumen	23
2.	Abstract	24
3.	Introducción	25
4.	Planteamiento del problema	26
5.	Justificación	27
6.	Objetivos	28
6.1.	Objetivo general	28
6.2.	Objetivos específicos	28
7.	Marco Referencial	29
7.1.	Marco Teórico	29
7.2.	Marco Conceptual	33
7.3.	Marco Legal	34
7.4.	Marco Técnico Normativo	35
7.5.	Marco Contextual	36
7.5.1.	Climatología	37
7.5.2.	Temperatura	37
7.5.3.	Precipitación	38
7.5.4.	Humedad	39
7.5.5.	Viento	39

7.5.6.	Geomorfología	39
7.5.7.	Geología	40
7.5.8.	Hidrografía.....	42
7.6.	Zona de estudio.....	43
8.	Metodología	51
8.1.	Análisis estadístico	51
8.2.	Análisis de muestreo	53
8.3.	Identificación y clasificación de los tipos de material.....	55
8.4.	Caracterización de propiedades físicas.....	64
8.5.	Caracterización de propiedades mecánicas.....	128
8.6.	Comparación con normas técnicas.....	133
9.	Discusión de resultados.....	135
10.	Conclusiones	146
11.	Recomendaciones	148
12.	Bibliografía	149
13.	Anexos.....	151

Lista de graficas

Grafica 1 Temperatura media del municipio de Mocoa, Putumayo.	37
Grafica 2 Precipitación media del municipio de Mocoa, Putumayo.	38
Grafica 3 Humedad relativa del municipio de Mocoa, Putumayo.	39
Grafica 4 Perfil topográfico de la zona de estudio.	46
Grafica 5 Perfil topográfico del ancho de la cuenca en el punto 1 del presente estudio.	47
Grafica 6 Perfil topográfico del ancho de la cuenca en el punto 2 de este estudio.	48
Grafica 7 Perfil topográfico del ancho de la cuenca en el punto 3 de este estudio.	50
Grafica 8 Metodología empleada para el desarrollo de la investigación.	51
Grafica 9 Distribución de muestreo para áreas de 1000 m2.	53
Grafica 10 Curva granulométrica de la muestra 1, Punto 1.	69
Grafica 11 Curva granulométrica de la muestra 2, Punto 1.	69
Grafica 12 Curva granulométrica de la muestra 3, Punto 1.	70
Grafica 13 Curva granulométrica de la muestra 4, Punto 1.	70
Grafica 14 Curva granulométrica de la muestra 5, Punto 1.	70
Grafica 15 Curva granulométrica de la muestra 1, Punto 2.	70
Grafica 16 Curva granulométrica de la muestra 2, Punto 2.	70
Grafica 17 Curva granulométrica de la muestra 3, Punto 2.	70
Grafica 18 Curva granulométrica de la muestra 4, Punto 2.	70
Grafica 19 Curva granulométrica de la muestra 5, Punto 2.	71
Grafica 20 Curva granulométrica de la muestra 1, Punto 3.	71
Grafica 21 Curva granulométrica de la muestra 2, Punto 3.	71
Grafica 22 Curva granulométrica de la muestra 3, Punto 3.	71
Grafica 23 Curva granulométrica de la muestra 4, Punto 3.	71

Grafica 24 Curva granulométrica de la muestra 5, Punto 3.....	71
Grafica 25 Promedios del laboratorio de Terrones de arcilla y partículas deleznales del punto de extracción 1	77
Grafica 26 Promedios del laboratorio de Terrones de arcilla y partículas deleznales del punto de extracción 2	78
Grafica 27 Promedios del laboratorio de Terrones de arcilla y partículas deleznales del punto de extracción 3	79
Grafica 28 Promedios del laboratorio de Caras fracturadas del punto de extracción 1	81
Grafica 29 Promedios del laboratorio de Caras fracturadas del punto de extracción 2.	82
Grafica 30 Promedios del laboratorio de Caras fracturadas del punto de extracción 3	84
Grafica 31 Promedio del laboratorio de Índice de Aplanamiento del punto de extracción 1.....	86
Grafica 32 Promedio del laboratorio de Índice de Aplanamiento del punto de extracción 2.....	87
Grafica 33 Promedio del laboratorio de Índice de Aplanamiento del punto de extracción 3.....	89
Grafica 34 Promedio del laboratorio de Índice de Alargamiento del punto de extracción 1.....	91
Grafica 35 Promedio del laboratorio de Índice de Alargamiento del punto de extracción 2.....	92
Grafica 36 Promedio del laboratorio de Índice de Alargamiento del punto de extracción 3.....	93
Grafica 37 Promedios del laboratorio de densidad relativa del punto de extracción 1.....	97
Grafica 38 Promedios del laboratorio de densidad de agregado fino del punto de extracción 1.	98
Grafica 39 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado fino del punto de extracción 1.	98
Grafica 40 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado fino del punto de extracción 2.	99
Grafica 41 Promedios del laboratorio de densidad de agregado fino del punto de extracción 2.	99

Grafica 42 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado fino del punto de extracción 2.	100
Grafica 43 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado fino del punto de extracción 3.	101
Grafica 44 Promedios del laboratorio de densidad de agregado fino del punto de extracción 3.	101
Grafica 45 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado fino del punto de extracción 3.	102
Grafica 46 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado grueso del punto de extracción 1.	105
Grafica 47 Promedios del laboratorio de densidad de agregado grueso del punto de extracción 1.	105
Grafica 48 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado grueso del punto de extracción 1.	106
Grafica 49 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado grueso del punto de extracción 2.	107
Grafica 50 Promedios del laboratorio de densidad de agregado grueso del punto de extracción 2.	107
Grafica 51 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado grueso del punto de extracción 2.	108
Grafica 52 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado grueso del punto de extracción 3.	109
Grafica 53 Promedios del laboratorio de densidad de agregado grueso del punto de extracción 3.	109

Grafica 54 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado grueso del punto de extracción 3.....	110
Grafica 55 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado compacto del punto de extracción 1.....	113
Grafica 56 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado compacto del punto de extracción 2.....	114
Grafica 57 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado compacto del punto de extracción 3.....	115
Grafica 58 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado suelto del punto de extracción 1.	116
Grafica 59 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado suelto del punto de extracción 2.	116
Grafica 60 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado suelto del punto de extracción 3.	117
Grafica 61 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado compacto del punto de extracción 1.	120
Grafica 62 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado compacto del punto de extracción 2.	120
Grafica 63 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado compacto del punto de extracción 3.	121
Grafica 64 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado suelto del punto de extracción 1.	122
Grafica 65 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado suelto del punto de extracción 2.	122

Grafica 66 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado suelto del punto de extracción 3.	123
Grafica 67 Promedios del laboratorio de Equivalente de arena del punto de extracción 1.....	127
Grafica 68 Promedios del laboratorio de Equivalente de arena del punto de extracción 2.....	127
Grafica 69 Promedios del laboratorio de Equivalente de arena del punto de extracción 1.....	128
Grafica 70 Promedio de laboratorio Degradación por máquina de los ángeles en el punto de extracción 1.	131
Grafica 71 Promedio de laboratorio Degradación por máquina de los ángeles en el punto de extracción 2.	132
Grafica 72 Promedio de laboratorio Degradación por máquina de los ángeles en el punto de extracción 3.	133
Grafica 73 Curva granulométrica de las 5 muestras del punto 1.....	144
Grafica 74 Curva granulométrica de las 5 muestras del punto 2.....	144
Grafica 75 Curva granulométrica de las 5 muestras del punto 3.....	145

Lista de tablas

Tabla 1 Marco Normativo empleado en la presente investigación.....	35
Tabla 2 Unidades geológicas por las que atraviesa la quebrada Taruca.	57
Tabla 3 Identificación del nombre y clasificación del color y origen del material producto del transporte de sedimentos de la quebrada Taruca.....	61
Tabla 4 Registro y cálculos de ensayos INV-214 e INV-216 del punto 1.....	66
Tabla 5 Registro y cálculos de ensayos INV-214 e INV-216 del punto 2.....	66
Tabla 6 Registro y cálculos de ensayos INV-214 e INV-216 del punto 3.....	66
Tabla 7 Granulometría de la muestra 1, punto 1.....	69
Tabla 8 Terrones de arcilla y partículas deleznales punto 1.	76
Tabla 9 Terrones de arcilla y partículas deleznales punto 2.	77
Tabla 10 Terrones de arcilla y partículas deleznales punto 3.	78
Tabla 11 Partículas fracturadas punto 1.....	80
Tabla 12 Partículas fracturadas punto 2.....	81
Tabla 13 Partículas fracturadas punto 3.....	83
Tabla 14 Índice de aplanamiento punto 1.....	85
Tabla 15 Índice de aplanamiento punto 2.....	86
Tabla 16 Índice de aplanamiento punto 3.....	88
Tabla 17 Índice de alargamiento punto 1.....	90
Tabla 18 Índice de alargamiento punto 2.....	91
Tabla 19 Índice de alargamiento punto 3.....	92
Tabla 20 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 1.	97
Tabla 21 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 1.	97
Tabla 22 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 2.	98

Tabla 23 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 2.	99
Tabla 24 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 3.	100
Tabla 25 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 3	100
Tabla 26 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 1.	104
Tabla 27 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 1.	104
Tabla 28 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 2.	106
Tabla 29 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 2.	106
Tabla 30 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 3	108
Tabla 31 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 3	108
Tabla 32 Peso bulk agregado grueso en condición compacto punto 1	113
Tabla 33 Peso bulk agregado grueso en condición compacto punto 2	114
Tabla 34 Peso bulk agregado grueso en condición compacto punto 3	114
Tabla 35 Peso bulk agregado grueso en condición suelto punto 1	115
Tabla 36 Peso bulk agregado grueso en condición suelto punto 2	116
Tabla 37 Peso bulk agregado grueso en condición compacto suelto 3	117
Tabla 38 Peso bulk agregado fino en condición compacto punto 1	119
Tabla 39 Peso bulk agregado fino en condición compacto punto 1	120
Tabla 40 Peso bulk agregado fino en condición compacto punto 3	121
Tabla 41 Peso bulk agregado fino en condición suelta punto 1	121
Tabla 42 Peso bulk agregado fino en condición suelto punto 2	122
Tabla 43 Peso bulk agregado fino en condición suelto punto 3	123
Tabla 44 Equivalente de arena punto 1	126
Tabla 45 Equivalente de arena punto 2	127
Tabla 46 Equivalente de arena punto 3	128

Tabla 47 Resistencia a la degradación en la máquina de los ángeles punto 1.....	131
Tabla 48 Resistencia a la degradación en la máquina de los ángeles punto 2.....	131
Tabla 49 Resistencia a la degradación en la máquina de los ángeles punto 3.....	132
Tabla 50 Contraste de características y sus valores de la NTC174 y resultados obtenidos en la presente investigación.	133
Tabla 51 Contraste de características y sus valores de la NTC174 y resultados obtenidos en la presente investigación.	134
Tabla 52 Nomenclatura utilizada.....	135
Tabla 53 Detalle de hipótesis.	136
Tabla 54 Nomenclatura utilizada.....	137
Tabla 55 Detalle de la hipótesis.....	138
Tabla 56 Nomenclatura utilizada.....	139
Tabla 57 Detalle de la hipótesis.....	139
Tabla 58 Nomenclatura utilizada.....	141
Tabla 59 Detalle de la hipótesis.....	141
Tabla 60 Nomenclatura utilizada.....	142
Tabla 61 Detalle de la hipótesis.....	142
Tabla 62 Modulo de finura del punto 1.....	144
Tabla 63 Modulo de finura del punto 2.....	145
Tabla 64 Modulo de finura del punto 3.....	145

Lista de fotos

Foto 1 Estado actual a la fecha de este estudio del punto 1 de la microcuenca quebrada Taruca.	46
Foto 2 Posicionamiento espacial o toma de coordenadas punto 1.	47
Foto 3 Estado actual a la fecha de este estudio del punto 2 de la microcuenca quebrada Taruca.	48
Foto 4 Posicionamiento espacial o toma de coordenadas punto 2.	48
Foto 5 Estado actual a la fecha de este estudio del punto 3 de la microcuenca quebrada Taruca.	49
Foto 6 Posicionamiento espacial o toma de coordenadas punto 3.	49
Foto 7 Extracción de muestras en los depósitos aluviales de la quebrada Taruca.	55
Foto 8 Etiquetado de muestras.	55
Foto 9 Transporte de muestras.	55
Foto 10 Estado actual a la fecha de este estudio de la microcuenca quebrada Taruca.	56
Foto 11 Recolección de muestras para identificación y clasificación por origen, color y nombre.	60
Foto 12 Identificación del color de las rocas por el método de la paleta de colores de Munsell.	
Fuente: Desarrollado por autores.	61
Foto 13 Extracción de muestras.	65
Foto 14 Peso de muestra.	65
Foto 15 Cuarteo de muestras.	65
Foto 16 Muestra destinada para ensayos.	65
Foto 17 Lavado de muestras.	66
Foto 18 Lavado de muestras.	66
Foto 19 Tamices empleados para granulometría.	67

Foto 20 Granulometría por tamizado manual.....	68
Foto 21 Granulometría por tamizado manual.....	68
Foto 22 Prueba del minuto en tamizado.....	68
Foto 23 Prueba del minuto en tamizado.....	68
Foto 24 Separación de muestras por tamaños.....	68
Foto 25 Separación de muestras por tamaños.....	68
Foto 26 Cuarteo de material fino que pasa el tamiz No.4.	72
Foto 27 Material fino que pasa el tamiz No.4.	72
Foto 28 Color de referencia.....	73
Foto 29 Medición de finos para ensayo de impurezas.	73
Foto 30 130 ML de finos para ensayo de impurezas.	73
Foto 31 Gramos de hidróxido de sodio empleados para solución.	73
Foto 32 Gramos de agua destilada empleada para solución.....	73
Foto 33 Presencia de impurezas en arenas.	74
Foto 34 Presencia de impurezas en arenas.	74
Foto 35 Inmersión de muestras en agua destilada.....	75
Foto 36 Partículas deleznales.....	75
Foto 37 Partículas deleznales.....	75
Foto 38 Lavado de material para partículas deleznales.....	75
Foto 39 Lavado de material para partículas deleznales.....	75
Foto 40 Secado de muestras retenidas en los tamices.....	75
Foto 41 Preparación de la muestra.	80
Foto 42 Roca con presencia de caras fracturadas.	80
Foto 43 Material con caras fracturadas.....	80

Foto 44 Material con caras fracturadas.....	80
Foto 45 Índice de aplanamiento.	84
Foto 46 Índice de aplanamiento.	84
Foto 47 Muestras que pasaron el calibrador de aplanamiento.....	85
Foto 48 Muestras que pasaron el calibrador de aplanamiento.....	85
Foto 49 Calibrador de índice de alargamiento.	89
Foto 50 Índice de alargamiento.	89
Foto 51 Inmersión de material fino.....	95
Foto 52 Retiro de agua en muestras.	95
Foto 53 Secado de muestra.....	95
Foto 54 Prueba del cono para muestra SSS.....	95
Foto 55 Matraz con agua.	95
Foto 56 Ingreso de material fino en matraz con agua.	95
Foto 57 Matraz con agua + muestra.....	96
Foto 58 Retiro de vacíos con bomba de vacíos.	96
Foto 59 Retiro de vacíos con bomba de vacíos.	96
Foto 60 Muestra con vacíos.	96
Foto 61 Muestra sin vacíos.	96
Foto 62 Muestra seca después de ensayo.....	96
Foto 63 Inmersión de agregado grueso.....	103
Foto 64 Retiro de agua a la muestra.	103
Foto 65 Secado de la muestra.	103
Foto 66 Muestra seca.....	103
Foto 67 Toma de temperatura del agua de inmersión.	103

Foto 68 Equipo de trabajo para inmersión de muestras.	104
Foto 69 Inmersión de agregado grueso.....	104
Foto 70 Agregado grueso seco.....	104
Foto 71 Muestras destinadas para peso bulk.....	111
Foto 72 Calibración de equipo (método del agua y vidrio).	111
Foto 73 Peso bulk en condición suelta.	111
Foto 74 Enrasado de peso bulk en condición suelta.	111
Foto 75 Peso bulk estado suelto.	112
Foto 76 Primera capa de peso bulk en condición compacta.	112
Foto 77 Peso bulk en condición compacta	112
Foto 78 Enrasada peso bulk en condición compacta.	113
Foto 79 Peso bulk en condición compacta.	113
Foto 80 Muestra de agregado fino.....	118
Foto 81 Calibración del recipiente (método del agua y vidrio).....	118
Foto 82 Ingreso de material al molde.	118
Foto 83 Primera capa de material fino en condición compacta.	118
Foto 84 Enrasado de muestra en condición compacta.....	119
Foto 85 Peso bulk en condición compacta.	119
Foto 86 Muestra en condición suelta.....	119
Foto 87 Peso Bulk en condición suelta.....	119
Foto 88 Muestra destinada a ensayo de equivalente de arena.....	124
Foto 89 Cuarteo de muestras.....	124
Foto 90 Prueba de humedad de la muestra.....	125
Foto 91 Muestras destinadas a secar en horno.....	125

Foto 92 Solución de trabajo en tubos graduados.....	125
Foto 93 Agitado de muestras.	125
Foto 94 Muestras después de 10 minutos de agitado.....	125
Foto 95 Agitado por 90 ciclos durante 30 segundos.	125
Foto 96 Llenado de tubo graduado con solución de trabajo.	126
Foto 97 Muestra con solución de trabajo después de 20 minutos de reposo.	126
Foto 98 Lectura Equivalente de arena.....	126
Foto 99 Lectura Equivalente de arena.....	126
Foto 100 Esferas de acero.	129
Foto 101 Muestras destinadas para ingreso a máquina de los ángeles.	129
Foto 102 Muestras después de realizar ensayo en máquina de los ángeles.	129
Foto 103 Muestras después de ingresar en máquina de los ángeles.	129
Foto 104 Tamizado de muestras.	130
Foto 105 Resultado de tamizado de muestras.	130
Foto 106 Lavado de muestras.	130
Foto 107 Muestras después de lavado.....	130
Foto 108 Muestras secas.....	130

Lista de mapas

Mapa 1 Ubicación del municipio de Mocoa.....	36
Mapa 2 Hidrografía del municipio de Mocoa, Putumayo.....	43
Mapa 3 Georeferenciación de la zona de estudio quebrada Taruca en el municipio de Mocoa, Putumayo.....	44
Mapa 4 Zona media de la quebrada Taruca.	45
Mapa 5 Mapa de elevación digital de la quebrada Taruca.	45
Mapa 6 Puntos de muestreo en la quebrada Taruca.....	53
Mapa 7 Detalle de distribución de puntos de muestreo en la quebrada Taruca..	54

Lista de anexos

Anexo 1 Constancia de laboratorios.	151
---	-----

1. Resumen

En el municipio de Mocoa, el material producto del transporte de sedimentos de la quebrada Taruca es extraído actualmente usando métodos artesanales y utilizado como agregado en la fabricación de concretos y morteros por muchos años para la construcción/ejecución de proyectos de obras civiles.

Esta investigación pretende realizar el diagnóstico del material de arrastre de la quebrada Taruca, caracterizando las propiedades físico-mecánicas del material para posteriormente ser contrastadas según las Normas Técnicas Colombianas (NTC 174) como agregado para la producción de concretos

Dado que la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del concreto dependen de las propiedades físicas y mecánicas del material sedimentado utilizado como agregado se realizaron ensayos de laboratorio que permitirán la identificación cuantitativa y cualitativa de las propiedades físicas y mecánicas del material, como lo son: gradación, densidad, peso unitario, absorción, vacíos, desgaste, forma, textura, entre otras

Palabras clave: Caracterización, agregado, concreto, material de sedimentación

2. Abstract

In the municipality of Mocoa, the material produced by the transport of sediments from the Taruca stream is currently extracted using artisanal methods and used as aggregate in the manufacture of concrete and mortar for many years for the construction/implementation of civil works projects.

This research aims to make a diagnosis of the Taruca creek's dragging material, characterizing the physical-mechanical properties of the material to later be contrasted according to the Colombian Technical Norms (NTC 174) as aggregate for the production of concrete.

Since the strength, durability and workability of concrete depend on the physical and mechanical properties of the sedimented material used as aggregate, laboratory tests were carried out to allow the quantitative and qualitative identification of the physical and mechanical properties of the material, such as: gradation, density, unit weight, absorption, voids, wear, shape, texture, among others.

Keywords: Characterization, aggregate, concrete, sedimentation material.

3. Introducción

La industria de la construcción experimenta una continua evolución, demandando cada vez más estructuras seguras. Las partes que las componen como el concreto deben ser resistentes y duraderas, esto se logra conociendo a detalle las propiedades de los agregados empleados.

Los agregados utilizados para la fabricación son la base fundamental del concreto, constituyen la mayoría de la materia total empleada, representando entre un 60% y 80% del total de la mezcla.

La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer a detalle sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físicas y químicas de ellos, especialmente de los agregados. Sin embargo, uno de los problemas que generalmente encuentran los ingenieros y los constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de las características de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados (Cerón et al. 1996).

El incremento de las construcciones y proyectos llevados a cabo en el municipio de Mocoa sujeto a la falta de evidencia investigativa sobre las propiedades de los agregados de la quebrada Taruca compromete la calidad de las obras en el municipio con material extraído de esta cuenca.

La caracterización físico mecánica del material que se realizará, permitirá eliminar la incertidumbre de calidad y durabilidad sobre la cual están sujetos los proyectos de obras civiles en los que se emplea este material, así como garantizar el rendimiento a largo plazo reduciendo costos de mantenimiento y reparación. También servirá como insumo en el desarrollo de futuros proyectos de ingeniería civil en los cuales la base sea la caracterización y conocimiento a detalle de las propiedades del material de sedimentación de la quebrada taruca para una mejor toma de decisiones a la hora de implementar o no el material en ellas.

4. Planteamiento del problema

El pasado 31 de marzo de 2017 el Municipio de Mocoa vivió una de las tragedias más devastadoras de su historia, producto de una avenida torrencial que no solo dejó pérdidas humanas sino también pérdidas materiales. Fueron 7.892 las familias afectadas según la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (Construyendo Mocoa, 2020).

A raíz de esta situación y producto del proceso de reconstrucción del municipio, el sector de la construcción requirió de la demanda de insumos para la construcción de infraestructura y obras de mitigación, situación que llevó a la demanda de material no solo de cantera sino de material producto de los procesos naturales de las fuentes hídricas entendiendo que ellas erosionan, transportan y sedimentan.

A la fecha de este estudio La quebrada Taruca no cuenta con antecedentes locales de investigaciones públicas que permitan conocer las características físico mecánicas del material de arrastre. Actualmente en la quebrada Taruca se extrae material de manera artesanal desconociendo las propiedades que este presenta. Según Cerón (1996) para tener un concreto de calidad se hace necesario conocer a detalle sus componentes, puesto que las cualidades de este; como lo son su durabilidad y resistencia están sujetas a las propiedades físico - mecánicas de ellos. Teniendo en cuenta que los agregados constituyen aproximadamente entre un 60% y 80% de la totalidad de la mezcla se puede afirmar que son parte crítica en la dosificación. Sin embargo, el problema en la utilización de material extraído de la quebrada Taruca es que la mayoría de constructores no comprueban las propiedades de los agregados que utilizan en sus obras.

5. Justificación

Los agregados pétreos son materiales fundamentales en la construcción de estructuras y edificaciones, por lo que es importante contar con información precisa sobre sus propiedades físicas y mecánicas tales como: gradación, desgaste, absorción, densidad, porosidad, resistencia, forma, peso unitario, impurezas, entre otras.

Un diagnóstico de este tipo puede contribuir a la optimización de los procesos productivos en la industria de la construcción en el municipio de Mocoa. Esta información resultante de la caracterización de los agregados puede servir para mejorar la selección del material, reducir costos de producción y aumentar la eficiencia en la construcción.

La caracterización del material sedimentado se lleva a cabo para corroborar el cumplimiento de las normas técnicas que establecen los parámetros y límites de las condiciones necesarias de los agregados para su uso en obras de ingeniería civil, tales como la NTC 174.

Una caracterización físico-mecánica del material producto del transporte de sedimentos permitirá a través de la identificación de sus propiedades el mejoramiento en los métodos o sistemas constructivos para la fabricación de concretos.

5.1. Pregunta de investigación

Por lo tanto, resulta preguntarse ¿El material producto del transporte de sedimentos de la quebrada Taruca ofrece propiedades físico-mecánicas óptimas para la fabricación de concretos?

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

Caracterizar las propiedades físico-mecánicas del material de sedimentación de la quebrada Taruca contrastándolos con las normas de calidad de los materiales para la elaboración del concreto en el municipio de Mocoa - Putumayo.

6.2. Objetivos específicos

1. Identificar y clasificar el tipo de material de arrastre disponible en la zona de estudio
2. Caracterizar las propiedades físicas del material producto del transporte de sedimentos mediante ensayos para granulometría, densidad, forma, textura y peso.
3. Caracterizar las propiedades mecánicas del material producto del transporte de sedimentos mediante ensayos de degradación.
4. Contrastar las propiedades de los agregados con las Normas Técnicas y especificaciones para su uso en la elaboración en concretos

7. Marco Referencial

7.1. Marco Teórico

La caracterización de las propiedades de los materiales usados como agregados en la elaboración concretos, tiene gran impacto en proyectos de obras de construcción, porque como bien se conoce el concreto es el elemento comúnmente más usado en infraestructuras civiles. la calidad de este insumo nos permite garantizar la durabilidad proyecto.

Los agregados ocupan un gran porcentaje en la mezcla del concreto, y el conocimiento de sus propiedades nos puede generar grandes beneficios como; su eficiencia en la mezcla de concreto, una optimización del costo en el diseño de mezcla, determinación del aprovechamiento de diferentes fuentes de extracción, capacidades para la utilización de diferentes trabajos, entre muchas otras.

Para el desarrollo de esta investigación, se realizó la búsqueda de información e investigaciones más asemejadas al objetivo del presente estudio:

Internacional:

Chan, Solís y Moreno (2003), del estudio de la influencia de los agregados pétreos en las características del concreto realizada en México concluyen que la estructura de los agregados afecta la obtención de concretos óptimos porque no todas las formas pueden tener compacidad con la pasta de cemento, de la misma manera la trabajabilidad depende de diferentes características de los agregados como lo son la absorción, la forma de partículas, la textura superficial y la granulometría.

De igual manera los agregados también tienen características que influyen cuando el concreto está endurecido, como la resistencia del material, la cantidad de agregado y el tamaño del mismo, esto, porque de ellos depende la adherencia, aunque también la porosidad juega un papel muy importante porque en él también se incluye la capacidad de desgaste como la adherencia en el concreto.

Mendoza (2008) evalúa la calidad de los agregados para concreto de diferentes bancos en el departamento de Totonicapán Guatemala, definiendo que las propiedades físicas a estudiar para determinar un buen agregado grueso son el peso específico, peso unitario, porcentaje de vacíos, porcentaje de absorción y granulometría, mientras que para los agregados finos se estudian la materia orgánica y el porcentaje de finos. Adicional a ello, incluye que las propiedades mecánicas se encuentran en ensayos con la máquina de los Ángeles, ensayos de bondad y sulfato de sodio.

Olarte (2017), en el estudio de la calidad de los agregados y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles en Apurímac-Perú determina que el concreto hidráulico es de preferencia en las construcciones por presentar características significativas de durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad y resistencia, pero que estas no solo se obtienen de un buen diseño de mezcla, como se ve reflejado en diferentes casos, donde se realizan concretos con un eficiente mezclado y colocación pero los resultados de laboratorios muestran variaciones significativas en cuanto a resistencia se trata, por ello se llega a la importancia de la caracterización de los agregados porque son estos los que mayor volumen ocupan en la mezcla de concreto.

En el análisis de calidad de agregados para el diseño de mezclas de concreto realizado en Chiclayo-Perú, Abanto (2019) explica que los agregados con mejores características y propiedades no solo determina la mayor resistencia de un concreto, sino también la optimización del uso mínimo del cemento para abrir la brecha a tener un concreto más económico sin variar sus condiciones de calidad y resistencia requerida, esto conociendo que los agregados tienen bajo precio en el mercado en comparación con el cemento y que las mezclas de concreto en gran parte dependen de las características y propiedades de los agregados

Abanto (2019), reconoce el análisis de calidad de agregados para el diseño de mezclas de concreto como una alternativa para el aprovechamiento de agregados que produce las diferentes zonas.

Afirman Ferrel y Moreano (2019) que una de las principales razones para evaluar la calidad del agregado en las canteras (Abancay Apurímac Perú) y su influencia en el concreto, es, que con la caracterización de las propiedades de los agregados se puede optimizar las dosificaciones de la mezcla para obtener así un concreto de resistencia estable y de una duración aceptable con la reducción de costos en la construcción. Las propiedades usadas para la evaluación de calidad son la granulometría, contenido de humedad, peso específico, absorción, abrasión del agregado, PH, sulfatos, sales solubles y cloruros.

Nacional:

Salas, Martínez y Brito (2013), en la caracterización de material de arrastre del río Cesar identifican las propiedades mineralógicas y físicas comparándolas con las normas colombianas NTC 174 y NTC 2240 verificando el cumplimiento de las condiciones requeridas como el contenido aproximado de material orgánico en las arenas, sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio de magnesio y terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados, esto con el fin de usar el material de arrastre como agregado para la elaboración del concreto y morteros de mampostería.

Por otra parte, resaltan la importancia de la caracterización del material de arrastre proveniente de los ríos siendo la extracción de materiales de construcciones la mayor actividad en la minería colombiana, comúnmente estos materiales son usados sin el conocimiento previo de la calidad de ellos ya que los estudios que se realizan solo se consignan dentro de entidades o planes de trabajo y obra limitando de esta manera la información.

Bracamonte, Vertel y Cepeda (2013), concluyen que la caracterización físico mecánica de agregados pétreos surge por la poca evidencia investigativa sobre los materiales de las diferentes zonas, y de las pocas investigaciones existentes los resultados arrojan no cumplir en muchos de los casos las condiciones de las normativas para la calidad de los agregados que, aun así, los materiales siguen siendo

extraídos y usados para diferentes trabajos. Dentro de la caracterización físico mecánica de los agregados pétreos de Tuloviejo-Sucre pudieron determinar que la forma de extracción de los materiales influye principalmente en la granulometría de los materiales siendo este el resultado con menos cumplimiento de las normativas colombianas.

Ferreira y Torres (2014), determinan como un factor importante para la variación de las propiedades físicas de los agregados pétreos la petrografía de origen, al afectar directamente su composición. Esta variación en las características físicas de los agregados influye en las resistencias mecánicas del concreto, puesto que este insumo ocupa entre el 60% u 80% del volumen de una unidad cúbica de concreto.

Navarro, Gonzales y Grandas (2014), afirman que la caracterización de las propiedades de los materiales permite determinar las especificaciones de uso, además previene el desarrollo de procesos patológicos que conllevan a generar riesgos estructurales, ambientales y especialmente financieros en la construcción.

En la investigación realizada en el río Guayuriba del municipio de San Carlos, Meta describe dos tipos de fuentes para los agregados usados en obras civiles; de canteras (productos triturados) y los depósitos de origen natural (ríos), pero, cualesquiera que se use, recomiendan que cada proyecto de obra se encargue de caracterizar estos materiales para garantizar la calidad del trabajo.

Vázquez (2015), considera que los agregados deben ser caracterizados no solo para compararlos con las normativas nacionales porque estas tienen límites muy generales, sino que se realicen por los proyectos a ejecutarse, es decir, las diferentes regiones de Colombia pueden presentar variedad de características en sus agregados que en muchas ocasiones no cumplen con el régimen de las normativas, pero que pueden brindar calidad en su trabajo.

Local:

Actualmente no se encuentran estudios semejantes al objetivo de la investigación de tipo local. Se realizó la búsqueda bibliográfica en diferentes entidades como CorpoAmazonía e instituciones universitarias, pero no se encontró ninguna publicación, documento o investigación que permitieran conocer un diagnóstico o identificación de las propiedades de los materiales de arrastre de la quebrada taruca en el municipio de Mocoa.

7.2. Marco Conceptual

El municipio de Mocoa cuenta con gran riqueza hidrográfica, compuesta de ríos, quebradas y fuentes de menor caudal. El material transportado y sedimentado por estas cuencas es en algunos puntos utilizado de manera empírica como agregado para la fabricación de concretos y morteros.

Por agregado pétreo se entiende al material granular sedimentado que se utiliza en la elaboración de mezclas de concreto y se puede clasificar según su procedencia y tamaño. Para su caracterización física y mecánica se deben analizar propiedades como: gradación, densidad, peso unitario, absorción, vacíos, desgaste, forma, textura, entre otras. Por otra parte, si se habla del concreto, su vida útil y resistencia depende de las características de los agregados que lo componen (grava y arena), al no conocer dichas propiedades se deja comprometida la calidad del concreto, puesto que los agregados representan entre un 60% y 80% del total de la mezcla.

Las propiedades de los agregados están relacionadas con las características morfológicas de una cuenca; como lo son su forma, tamaño, topografía, vegetación, altitud, entre otras, ya que una cuenca es la depresión geográfica por la cual los materiales pétreos erosionados son transportados y sedimentados. Las características morfológicas y morfométricas influyen en la erosión y sedimentación de materiales de una cuenca ya que determinan la dirección del caudal y la cantidad de sedimentos que se puedan transportar.

Las precipitaciones por su parte son factores detonantes que afectan la erosión y la sedimentación de una cuenca puesto que la intensidad y cantidad de lluvia influyen en la velocidad del flujo de agua y en la erosión del suelo, esto a su vez desencadena uno de los problemas comunes para la explotación y aprovechamiento de materiales pétreos en las cuencas, torrencialidad y la susceptibilidad a la erosión. Por torrencialidad se entiende al fenómeno que experimentan las cuencas a tener picos de flujo repentinos y violentos, todo lo opuesto a tener un flujo constante y uniforme.

De todo esto surge la necesidad de conocer las propiedades de los materiales para tener así una disminución de la incertidumbre en la calidad de las obras construidas con materiales extraídos de la quebrada Taruca.

7.3. Marco Legal

Se describen las leyes, decretos o resoluciones que se tomen en cuenta para el desarrollo de esta investigación:

Decreto 2655 de 1988 Código de minas, donde se fomenta toda la legalización correspondiente para la exploración y racional explotación de materiales en el territorio colombiano.

Ley 685 de 2001 Código de minas en lo referente a la exploración técnica y explotación de recursos mineros, estimula el aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables y del ambiente siempre incorporando la sostenibilidad, el fortalecimiento económico y el desarrollo social del país.

Decreto 2191 de 2003 en el cual se adopta el Glosario Técnico Minero donde se encuentran las definiciones y términos técnicos en materia de minería que serán obligatorios para quienes hagan participe de las actividades mineras.

Decreto 2857 de 1981 reglamentación sobre cuencas hidrográficas y otras disposiciones como prioridades, medidas de protección, asentamientos, plan de ordenación, administración de las cuencas, financiaciones, prohibiciones y sanciones. De igual manera, se especifica la normatividad utilizada para

efectuar los ensayos de laboratorio a las muestras de material producto del transporte de sedimentos. Cabe anotar, que estas normas están consignadas en el documento de: “Especificaciones generales y normas de ensayo sobre agregados pétreos”, INV E-201 a INV E-245, del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

7.4. Marco Técnico Normativo

Tabla 1 Marco Normativo empleado en la presente investigación

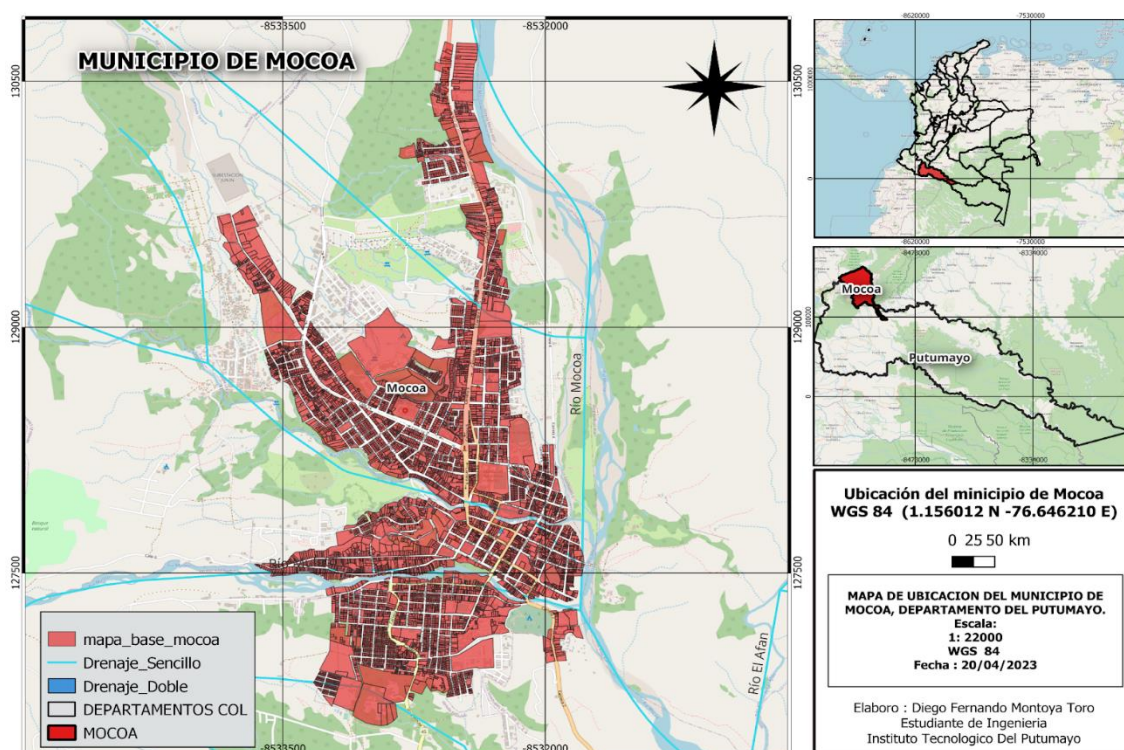
Descripción	Norma	Año
Refiere al muestreo de los agregados con propósitos investigativos o de inspección	I.N.V.E-201	2012
Procedimientos para reducir muestras voluminosas de agregados a un tamaño apropiado	I.N.V.E-202	2012
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados	I.N.V.E-211	2012
Determina la presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas para la preparación de morteros o concretos	I.N.V.E-212	2012
Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.	I.N.V.E-213	2012
Determinación de la cantidad material que pasa tamiz N°200 en los agregados mediante lavado	I.N.V.E-214	2012
Determina el contenido total de agua evaporable de los agregados por secado	I.N.V.E-216	2012
Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados compactados o sueltos.	I.N.V.E-217	2012
Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 1/2") por medio de la máquina de los ángeles	I.N.V.E-219	2012
Gravedad específica y absorción de agregados finos.	I.N.V.E-222	2012
Gravedad específico y absorción de agregados gruesos.	I.N.V.E-223	2012
Porcentaje de partículas fracturadas en los agregados.	I.N.V.E-227	2012

Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados	I.N.V.E-230	2012
Determina el equivalente de arena	I.N.V.E-133	2007
Especificaciones de los agregados para el concreto.	NTC 174	2000

Fuente: Normatividad INVIAS

7.5. Marco Contextual

La zona de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Mocoa, capital del departamento del Putumayo, República de Colombia. Mocoa cuenta con una extensión de 1263 km², equivalente al 5% del área total del departamento del Putumayo, está ubicado sobre el Piedemonte Amazónico, al noroeste del departamento en las coordenadas; 1°08' Latitud Norte, y 76°38' Longitud Oeste, limitando al norte con los departamentos de Nariño y Cauca, al sur con los municipios de Villagarzón, Puerto Guzmán y Puerto Caicedo, al oriente con el departamento del Cauca y al occidente con el municipio de San Francisco y el departamento de Nariño. Presenta alturas que oscilan entre los 350 y 3.200 msnm. (Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Mocoa, 2002).



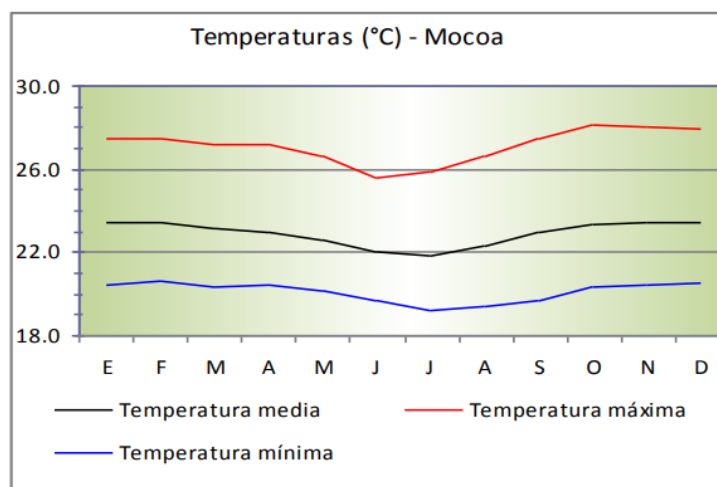
Mapa 1 Ubicación del municipio de Mocoa. *Fuente: Desarrollada por autores*

7.5.1. Climatología

Mocoa es una ciudad ubicada en la región amazónica de Colombia, en el departamento de Putumayo. debido a su posición geográfica está contenida dentro de un bosque muy húmedo subtropical y bosque muy húmedo tropical con un clima tropical lluvioso y temperaturas cálidas/húmedas durante todo el año (IDEAM). Pertenece a una zona ecuatorial en la que el relieve presenta una marcada variación altitudinal y que junto a las precipitaciones caracterizan esta localidad con tres pisos bioclimáticos o tres zonas de vida de acuerdo el diagrama de clasificación de L.E Holdridge (Jojoa, 2003)

- ❖ Bosque muy húmedo tropical (bmh-T), que comprende la zona del municipio que va desde los 550 msnm a los 850 msnm
- ❖ Bosque pluvial premontano (bp-PM), que comprende la zona comprendida desde los 850 msnm a los 2000 msnm
- ❖ Bosque pluvial montano bajo (bp-Mb), comprendido desde los 2000 msnm a los 2300 msnm

7.5.2. Temperatura



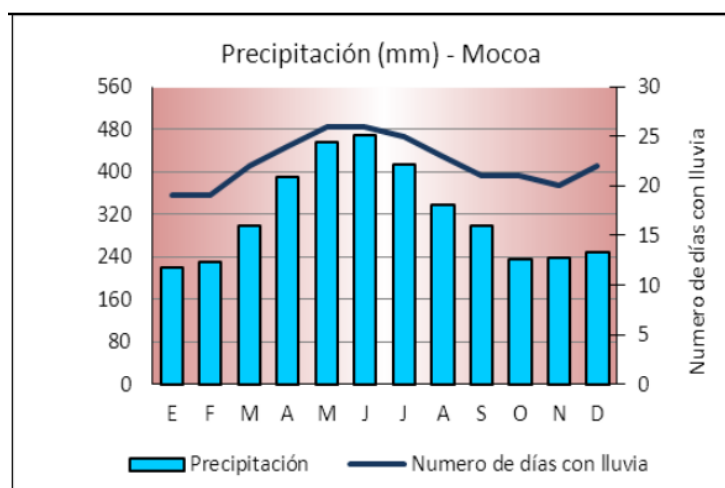
Grafica 1 Temperatura media del municipio de Mocoa, Putumayo. **Fuente:** IDEAM

La temperatura promedio en el municipio de Mocoa es de 22.9 °C a lo largo del año, al medio día la temperatura máxima media oscila entre 26 y 28°C, en la madrugada la temperatura mínima está

entre 19 y 20°C. El sol brilla cerca de 2 horas diarias en los meses lluviosos, y en los meses menos lluviosos de principios de año, la insolación es de 3 horas/día (IDEAM, sf)

7.5.3. Precipitación

La topografía y ubicación geográfica del municipio de Mocoa en la selva amazónica influye en la intensidad de las precipitaciones, se registra un promedio de lluvia total anual de 3832 mm. Lluvia durante todo el año y por tanto no presenta una temporada seca definida. Sin embargo, durante los meses de enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre, las lluvias registran un descenso moderado en sus volúmenes, en comparación con el resto del año. En estos meses llueve alrededor de 15 a 18 días por mes. En los meses de mayores lluvias, mayo, junio y julio, llueve un promedio de 20 a 25 días al mes. (IDEAM, sf).

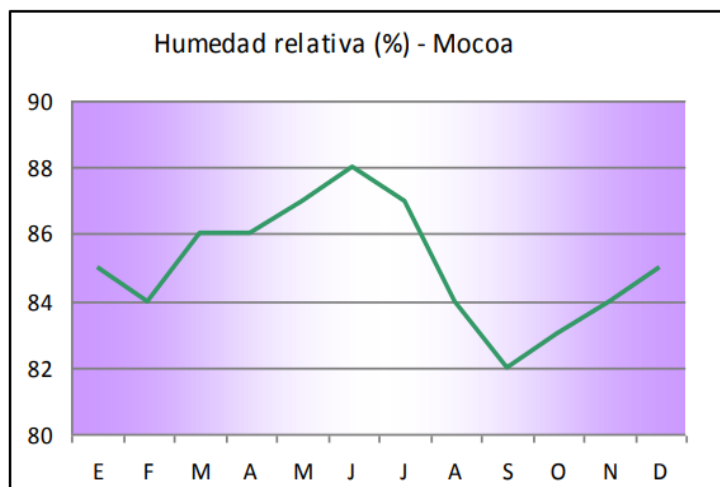


Grafica 2 Precipitación media del municipio de Mocoa, Putumayo. **Fuente:** IDEAM

Estas precipitaciones se distribuyen de manera desigual en el territorio municipal. Las zonas más altas, como la serranía del Churumberlo, reciben una mayor cantidad de precipitaciones que las zonas bajas, como la llanura amazónica.

7.5.4. Humedad

Dado que el municipio de Mocoa se encuentra en una zona tropical, los niveles de humedad relativa oscilan durante el año entre 82 y 88 %, siendo mayor hacia mitad de año, esto quiere decir que el aire está saturado de vapor de agua en un 82 a 88%. (IDEAM, sf)



Grafica 3 Humedad relativa del municipio de Mocoa, Putumayo. **Fuente:** IDEAM

La humedad al igual que la precipitación se distribuye de manera desigual en el territorio municipal. Las zonas más bajas, como la llanura amazónica, tienen una humedad más alta que las zonas más altas, como la serranía del Churumbelo.

7.5.5. Viento

El municipio de Mocoa, Putumayo, se encuentra en una zona de baja presión atmosférica, lo que favorece la formación de vientos. La velocidad promedio del viento es de 5 km/h, con un máximo de 25 km/h. (IDEAM, sf). Los vientos en Mocoa son generalmente suaves y constantes, con una dirección predominante de sur a norte. Los vientos más fuertes se registran durante los meses de mayo a noviembre, cuando la precipitación es mayor.

7.5.6. Geomorfología

Rojas (2015), describe que el municipio de Mocoa cuenta con laderas altas de cordillera hasta planicies ligeramente onduladas destacándose así por la variedad de geoformas, entre ellas se

encuentran las laderas altas de cordillera, zonas de laderas bajas de cordillera, piedemonte cordillerano y planicies ligera y medianamente ondulados.

En la descripción realizada por la Contraloría General de la República (1995):

El área del municipio de Mocoa corresponde a 1.263 km² y la mayor parte de su territorio está formado por zonas de montaña que corresponden a Laderas Altas de Cordillera, cuyas características geomorfológicas son pendientes mayores al 75%, valles en V y suelos superficiales. Su altura sobre el nivel del mar oscila entre los 2.000 y 3.200 metros. (Folios 38 al 42)

En cuanto a las zonas de Laderas Bajas de Cordillera, estas se identifican por tener pendientes entre 50 y 75% y corresponden a superficies de transición entre las zonas de Alta Montaña y la región de Piedemonte con drenajes y valles moderadamente profundos. Además, su altura varía entre los 1.200 y 2.000 m.s.n.m. (Folios 38 al 42)

El Piedemonte Cordillerano corresponde a una topografía de colinas altas y bajas, con terrazas fuertemente disectadas y con pendientes que oscilan entre el 10 y el 50%, y su altura varía entre los 600 y 1.200 m.s.n.m. (Folios 38 al 42)

Las zonas geoformas que se caracterizan por tener pendientes entre 0 y 10% se las clasifica como Planicies Ligera y Medianamente Onduladas y tienen una altura entre los 400 y 600 msnm. (Folios 38 al 42).

7.5.7. Geología

Castro A. (2021) en la evaluación realizada en zonas críticas del municipio de Mocoa identifica que el municipio se encuentra ubicado en la zona de transición entre la cordillera de los andes y la llanura amazónica, en donde hace presencia el sistema de fallas del borde llanero y otros grupos de fallas de tipo regional y local, por lo que se clasifica como una región de actividad tectónica alta.

Mocoa se ubica dentro de la geología del borde amazónico, específicamente el piedemonte de la estribación oriental de la Cordillera Oriental, en la que se identifica el afloramiento de rocas ígneas

ácidas, rocas volcanoclásticas de corteza continental del Triásico-Jurásico y rocas sedimentarias depositadas en ambientes marinos durante el Cretácico y continentales en el Paleógeno. Estas rocas se encuentran cubiertas en forma discordante por depósitos de abanico aluvial transportados por los diferentes ríos que atraviesan el municipio. (Servicio Geológico Colombiano, 2019)

Ingeominas (2002) y el Servicio Geológico Colombiano (2017) describen las diferentes formaciones y depósitos que existen en la región;

Formación Villeta

Inicia al occidente del cerro El Churumbelo hacia la vertiente oriental del Valle de Sibundoy, en el que afloran paquetes de arcillolitas, liditas y las rocas se encuentran normalmente deformadas, esto producto de la actividad de fallas de cabalgamiento y transcurrentes en ese sector. (Ingeominas, 2002)

“En general, está conformada principalmente por lodolitas de color gris muy oscuro a negro, finamente estratificadas, con laminación plana paralela a ondulada paralela y presencia de bivalvos. Hacia la parte basal se intercalan estratos medios, gruesos y muy gruesos, tabulares de cuarzoarenitas macizas y maduras de textura variable” Servicio Geológico Colombiano (2019)

Formación Rumiaco

Ocupa una depresión entre los cerros y zonas elevadas desarrollados por el nivel superior de la formación Villeta y el miembro inferior de la formación Pepino, gran parte de la formación ha sido cubierta por depósitos fluvio-torrenciales y suelos residuales. (Ingeominas, 2002)

“Esta formación está conformada por una sucesión monótona, predominantemente arcillolítica de color rojo y gris, con diversas tonalidades, en la cual se intercalan capas delgadas de conglomerados finos, areniscas cuarzosas, líticas y sublíticas. En general, las capas de arcillolitas se presentan en estratos gruesos tabulares, con moderada a alta bioperturbación. Las arenitas cuarzosas son de grano fino a medio, color rojo y matriz arcillosa. Las litoarenitas y sublitoarenitas son de color gris con tonalidades verdosas, tienen grano fino a medio, submaduras a inmaduras, localmente con laminación plana paralela

continua e inclinada difusa y de bajo ángulo; se presentan en capas delgadas y en estratos medios, gruesos y muy gruesos tabulares” Servicio Geológico Colombiano (2019)

Formación Pepino

Esta formación se divide en tres miembros, inferior, medio y superior.

El miembro Inferior se conforma por conglomerados clasto, cuyos gránulos compuestos por chert y cuarzo están en porción de 3:1. Los guijos, por lo general son redondeados y no superan los 6 cm de diámetro máximo, aunque ocasionalmente alcanzan 25 cm. Los conglomerados se presentan en capas gruesas a muy gruesas, lenticulares, que gradan a litoarenitas de grano medio. (Ingeominas, 2002)

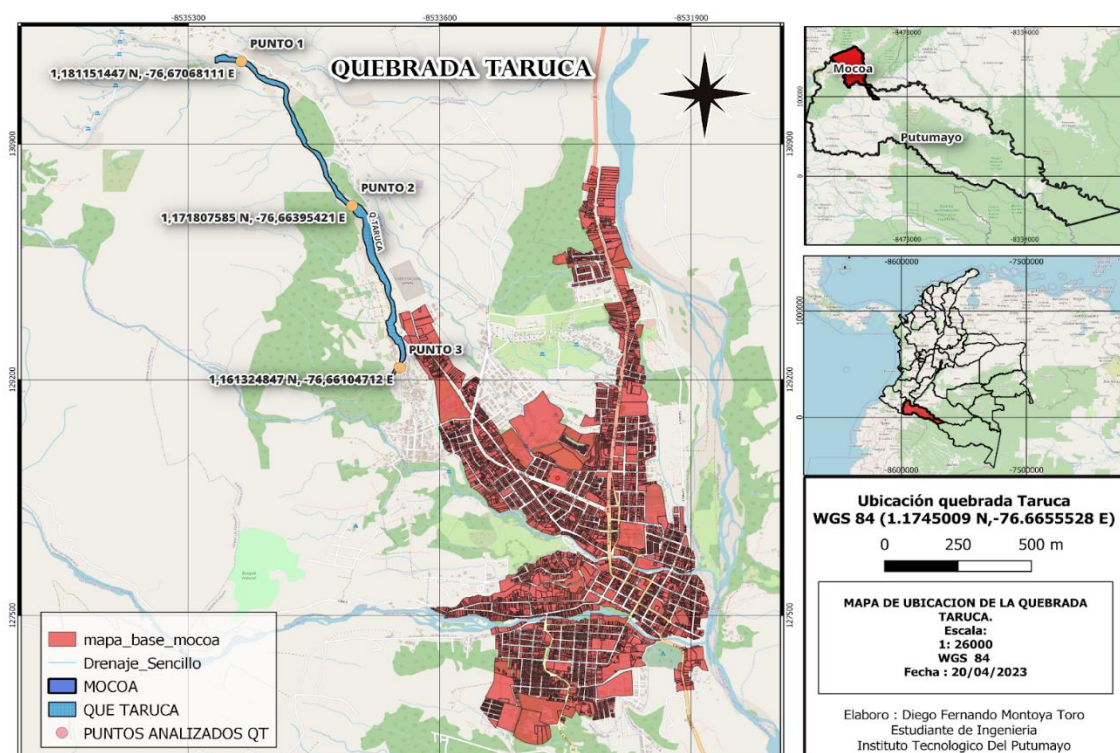
En el miembro Medio afloran representativamente las lodolitas y arcillolitas. Son comunes capas delgadas a medias de arenitas, con delgados lentes conglomeráticos y capas finas, medias y gruesas en las lodolitas que son abigarradas. Las arenitas tienen moteado gris a verde, laminación plano paralela difusa e intensa bioperturbación. En cuanto a la textura y a la composición de las rocas, se tiene que son muy similares a la composición del Miembro Inferior, pero su granulometría es más fina. La coloración de las sedimentitas es roja y gris. (Ingeominas, 2002)

El miembro que desarrolla los cerros más prominentes y las pendientes estructurales más continuas es el Superior y se puede afirmar que este miembro es la parte más uniforme, tanto en su geomorfología escarpada, como en sus características faciales. Predominan los conglomerados sobre las lodolitas, pero las proporciones de chert disminuyen y su relación con el cuarzo lechoso es de 1:2. Los granos y los guijos que los componen, cuyo tamaño generalmente no supera los 2 cm de diámetro máximo, son redondeados a bien redondeados y presentan un buen calibrado. (Ingeominas, 2002).

7.5.8. Hidrografía

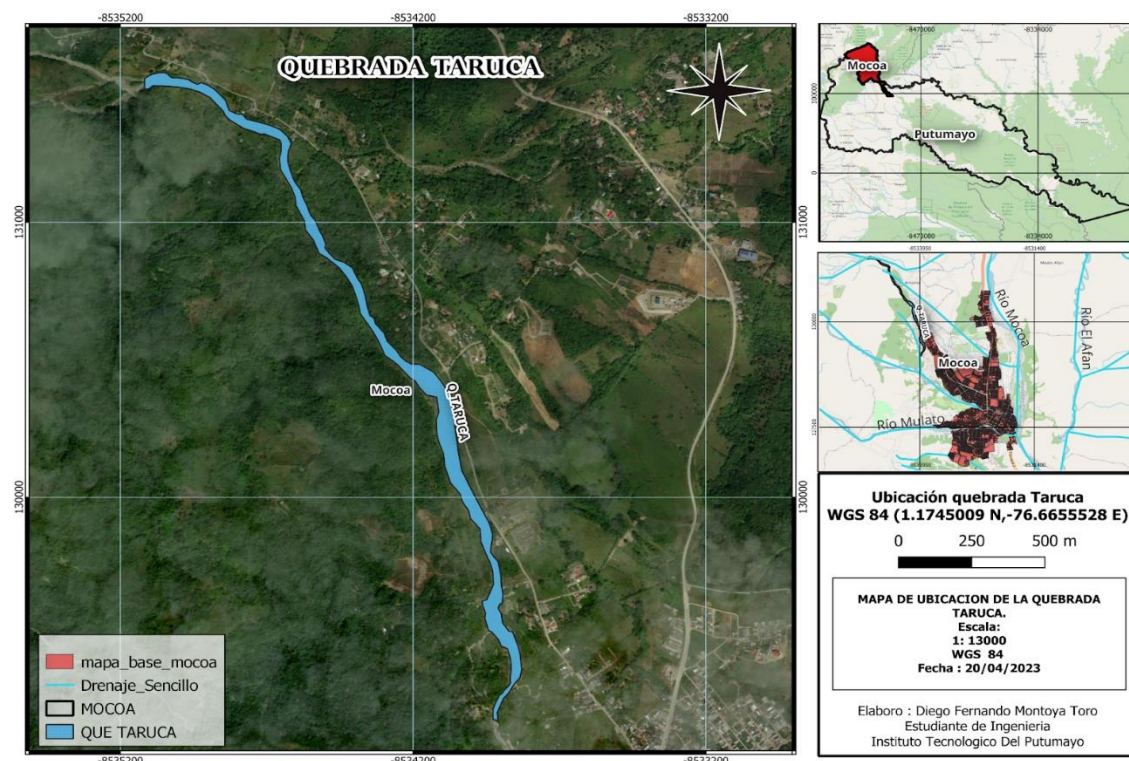
La hidrografía de Mocoa es fundamental para el desarrollo económico y social de la región, ya que el agua de los ríos y quebradas se utiliza para actividades como la pesca, la agricultura y el turismo.

Siendo la zona media de la microcuenca de la Quebrada Taruca el sitio de estudio, con una longitud de 2781 metros, se determinaron para el desarrollo de esta investigación, 3 puntos dentro de la misma. Esta determinación tuvo en cuenta la mayor equidistancia posible entre los puntos analizados, la confluencia de cursos de agua significativos, las unidades geológicas en las cuales están soportados los puntos de muestreo y accesibilidad presente en ellos para así obtener una mayor confiabilidad en la distribución estadística de los resultados.

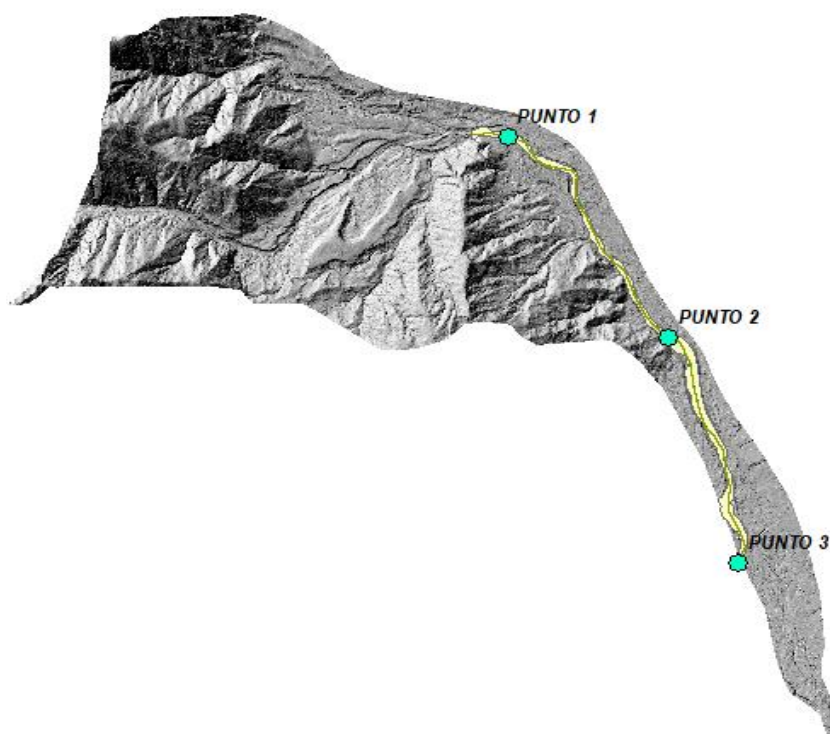


Mapa 3 Georeferenciación de la zona de estudio quebrada Taruca en el municipio de Mocoa, Putumayo. **Fuente:** Desarrollado por autores

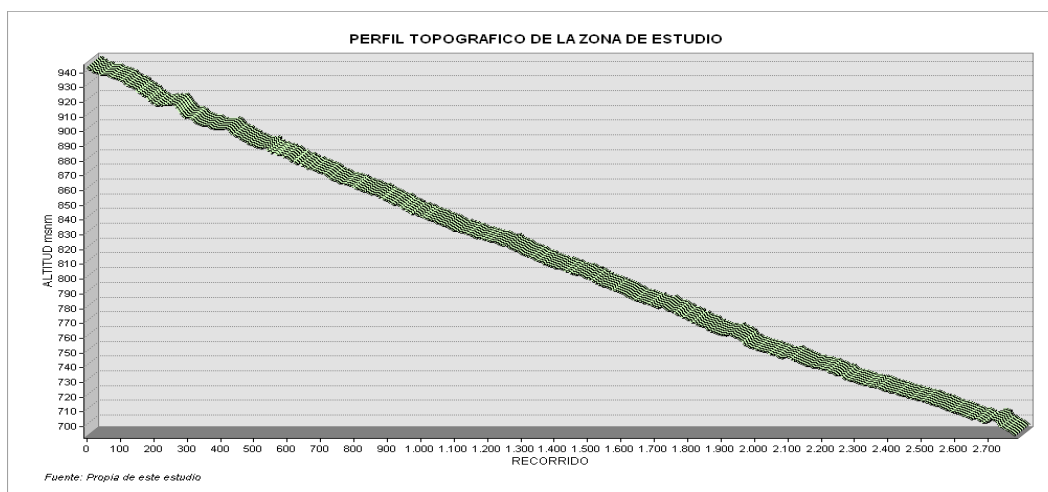
La zona estudiada presenta una longitud total de 2781 metros con una cota inicial de 954 msnm y finalizando en 698 msnm conservando una inclinación promedio de -9.4% y una pérdida de elevación total de 257 m en el recorrido.



Mapa 4 Zona media de la quebrada Taruca. **Fuente:** Desarrollado por autores



Mapa 5 Mapa de elevación digital de la quebrada Taruca. **Fuente:** Desarrollada por autores



Gráfica 4 Perfil topográfico de la zona de estudio. **Fuente:** Desarrollado por autores

7.6.1. Punto 1

Ubicado a una altura de 943 msnm en las coordenadas $1^{\circ} 10' 52''\text{N}$ y $76^{\circ} 40' 14.7''\text{O}$ el punto 1 presenta abundante material crudo de río, depósitos aluviales y coluviales, así como una espesa vegetación riparia, la cual contribuye en los procesos erosivos y de estabilización de la ladera.

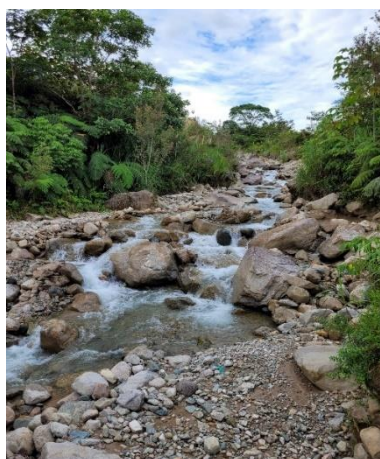
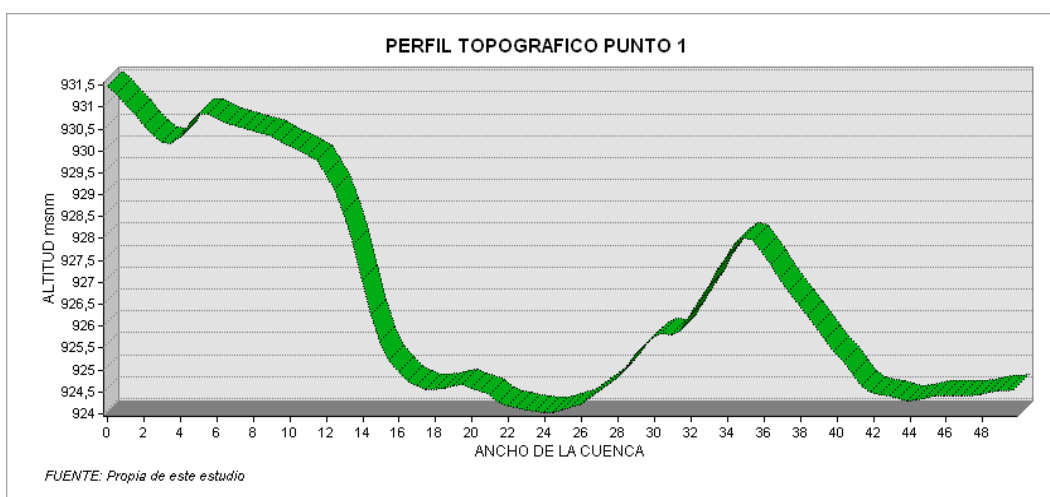


Foto 1 Estado actual a la fecha de este estudio del punto 1 de la microcuenca quebrada Taruca. **Fuente:** Desarrollado por autores.



Foto 2 Posicionamiento espacial o toma de coordenadas punto 1.

Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 5 Perfil topográfico del ancho de la cuenca en el punto 1 del presente estudio. **Fuente:** Desarrollado por autores

7.6.2. Punto 2

Ubicado a una altura de 781 msnm en las coordenadas $1^{\circ} 10' 19.2''\text{N}$ y $76^{\circ} 39' 51.7''\text{O}$ el punto 2 presenta abundante material crudo de río, depósitos aluviales y coluviales así como una espesa vegetación riparia, la cual contribuye en los procesos erosivos y de estabilización de la ladera.



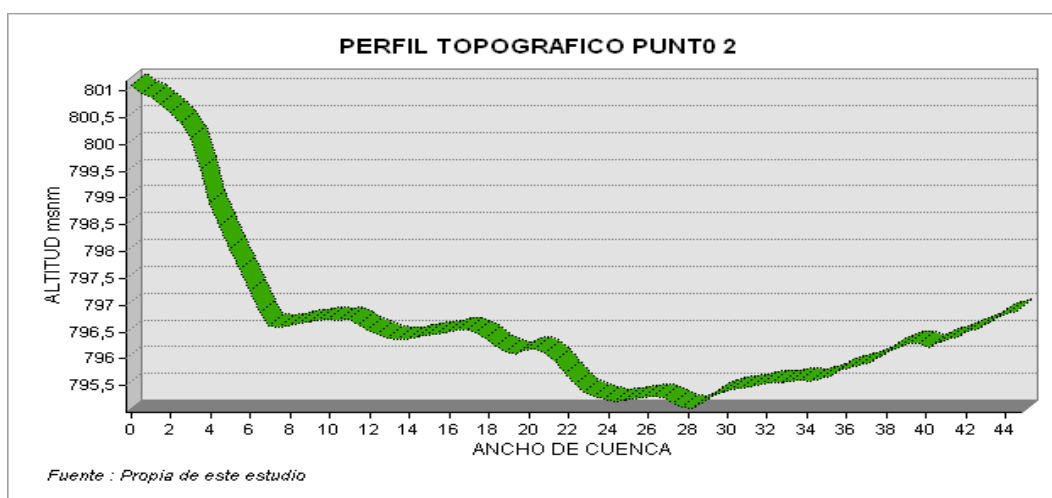
Foto 3 Estado actual a la fecha de este estudio del punto 2 de la microcuenca quebrada Taruca.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 4 Posicionamiento espacial o toma de coordenadas punto 2.

Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 6 Perfil topográfico del ancho de la cuenca en el punto 2 de este estudio. **Fuente:** Desarrollado por autores

7.6.3. Punto 3

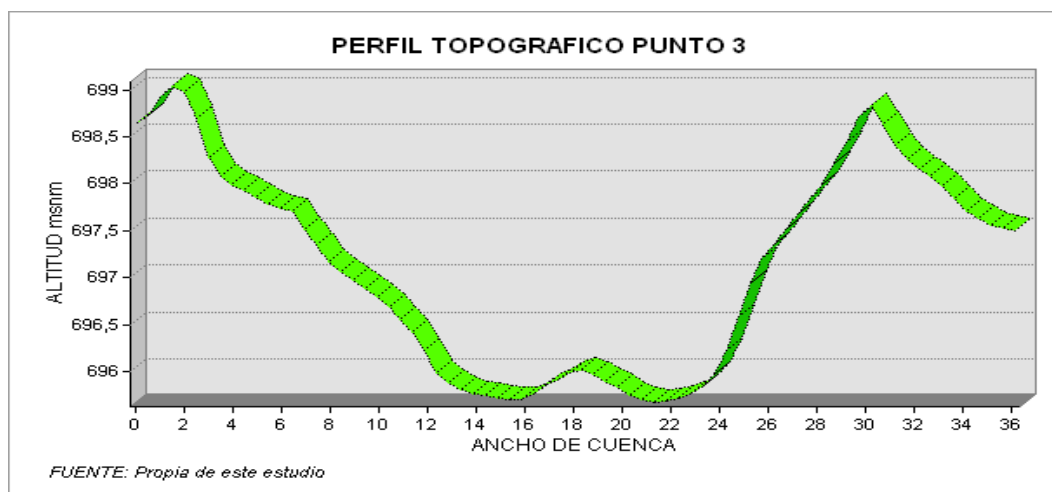
Ubicado a una altura de 722 msnm en las coordenadas $1^{\circ} 09' 40.3''\text{N}$ y $76^{\circ} 39' 40.7''\text{O}$ el punto 3 presenta abundante material crudo de río, depósitos aluviales y coluviales, así como una espesa vegetación riparia, la cual contribuye en los procesos erosivos y de estabilización de la ladera.



Foto 5 Estado actual a la fecha de este estudio del punto 3 de la microcuenca quebrada Taruca.
Fuente: Desarrollado por autores

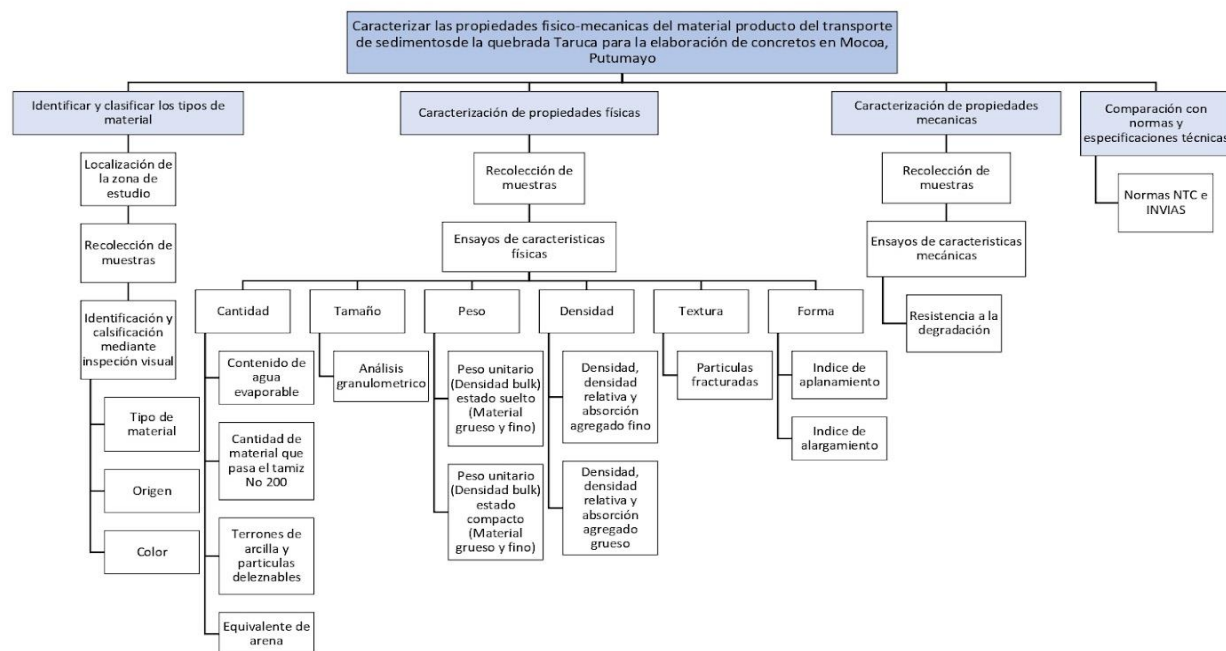


Foto 6 Posicionamiento espacial o toma de coordenadas punto 3.
Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 7 Perfil topográfico del ancho de la cuenca en el punto 3 de este estudio. **Fuente:** Desarrollado por autores

8. Metodología



Grafica 8 Metodología empleada para el desarrollo de la investigación. **Fuente:** Desarrollado por autores

8.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico se vuelve notable frente a la variabilidad natural de las propiedades físico-mecánicas en los puntos de la microcuenca taruca, producto de procesos geológicos, geográficos y ambientales.

La interacción de diferentes factores como la composición geológica, en las cuales se observa diferentes unidades geológicas, la topografía del terreno, la elevación media en el tramo analizado y los procesos erosivos y sedimentarios contribuyeron en las diferencias observadas en los agregados en los diferentes puntos de extracción.

Se realizó un análisis univariado con la información recolectada de las diferentes propiedades y estados del material producto del transporte de sedimentos, los datos fueron tabulados en una hoja de cálculo para posteriormente ser procesados en el programa estadístico INFOSTAT y realizar el análisis descriptivo de cada una de las propiedades y estados evaluados.

Para comparar las medias y determinar si hay diferencias significativas entre sí, se emplea el análisis de varianza (ANOVA).

En el cálculo del tamaño muestral y la estimación de n se tiene la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

n = Numero de ensayos (evaluando todas las propiedades y estados necesarios para el cumplimiento de este estudio)

Z = Valor obtenido mediante el Nivel de confianza para este estudio (94%)

e = Limite aceptable de error muestral

q = probabilidad a favor

p = probabilidad en contra

La elección del nivel de confianza se basa en una combinación de consideraciones teóricas, prácticas y contextuales, teniendo en cuenta la importancia de los resultados, la naturaleza de la pregunta de investigación, los recursos disponibles, las normas y practicas disponibles.

Al no contar con antecedentes locales similares al presente estudio, se desconoce la aptitud del material, por tanto, la probabilidad a favor (p) y la probabilidad en contra (q) equivalen del 50% cada una.

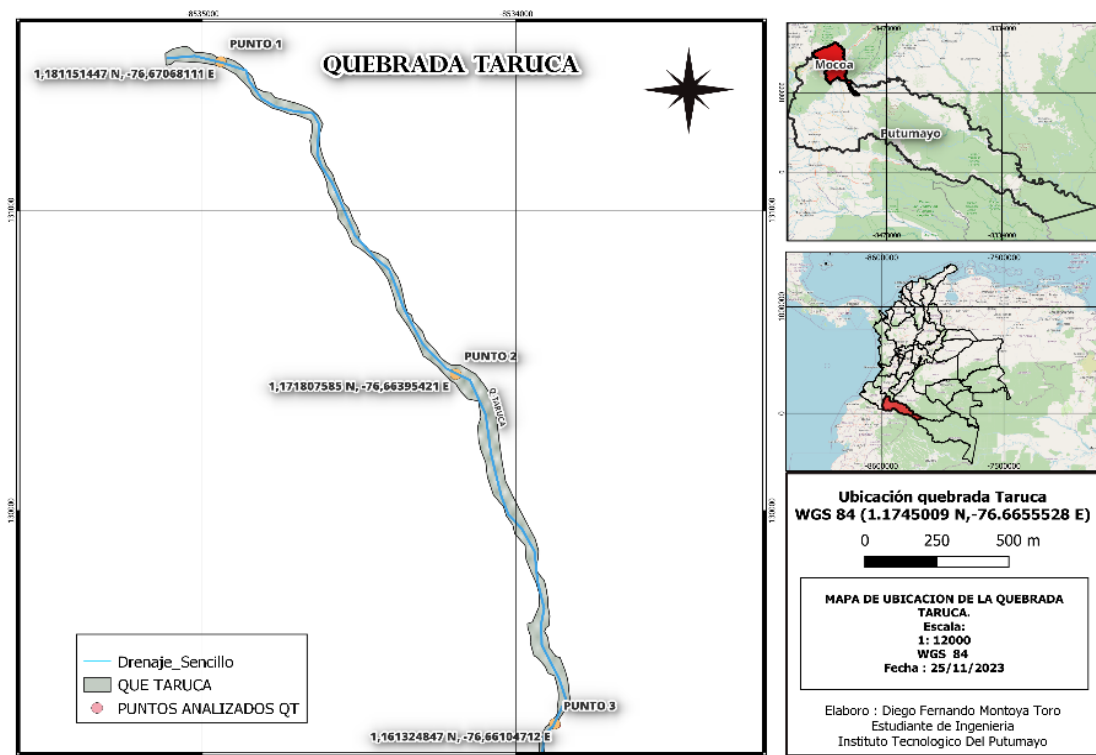
$$n = \frac{1.86^2 * 0.5 * 0.5}{0.06^2}$$

Tamaño muestral n = 240

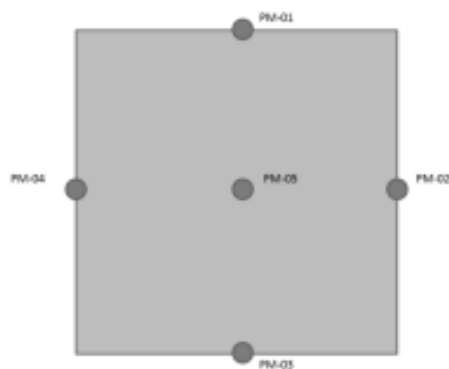
Con este tamaño muestral y conociendo las propiedades y estados del material que se van a evaluar en los 3 puntos de la zona media de la quebrada Taruca será necesario la toma de 5 muestras en cada uno de los puntos antes mencionados denominados M1, M2, M3, M4, M5.

8.2. Análisis de muestreo

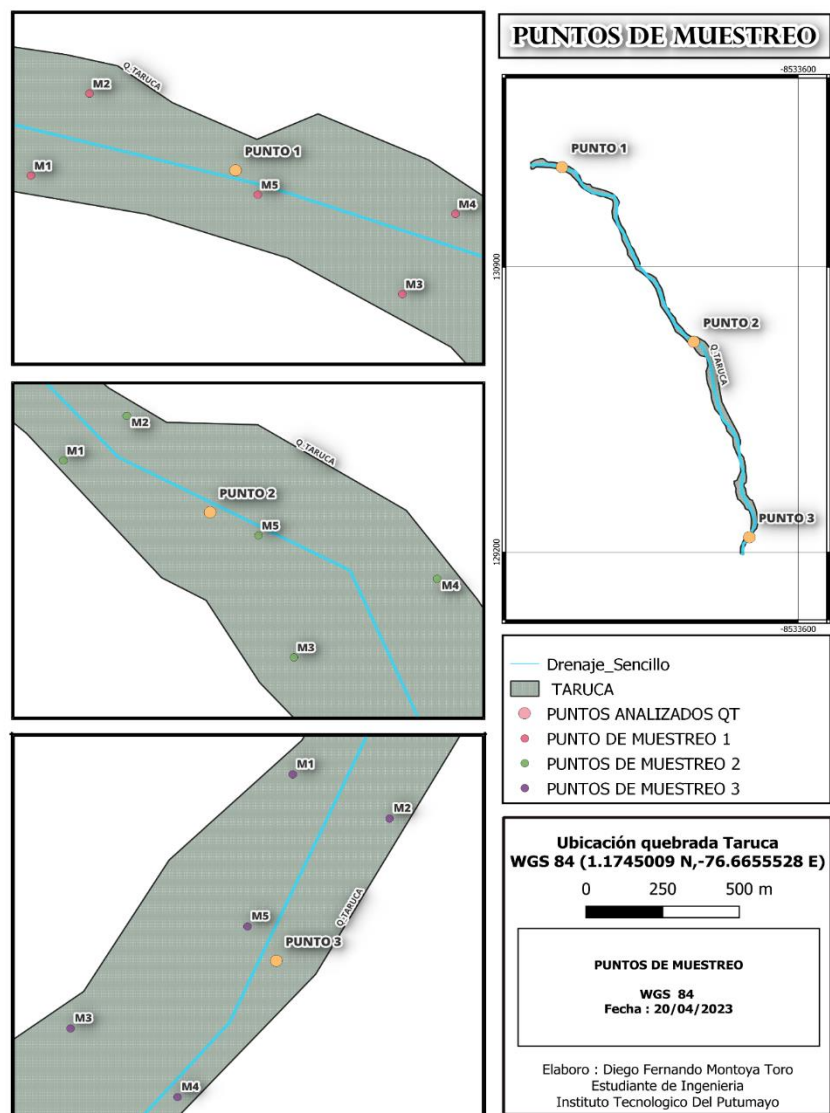
Para la distribución de la toma de muestras superficiales en cada uno de los puntos de la microcuenca Taruca se localizaron los puntos de muestreo de forma equidistante para una mejor representatividad y validez de los resultados obtenidos



Mapa 6 Puntos de muestreo en la quebrada Taruca. **Fuente:** Desarrollado por autores



Grafica 9 Distribución de muestreo para áreas de 1000 m².
Fuente: Guía de muestreos MINAM



Mapa 7 Detalle de distribución de puntos de muestreo en la quebrada Taruca. **Fuente:** Desarrollado por autores.

La toma de muestras se realizó en ambos márgenes de la quebrada taruca, ubicando los depósitos aluviales que contuvieran la mayor cantidad de material sedimentado de interés.



Foto 7 Extracción de muestras en los depósitos aluviales de la quebrada Taruca.

Fuente: Desarrollado por autores

Las muestras fueron cuidadosamente tomadas y etiquetadas para su posterior transporte al laboratorio, la totalidad de material extraído es de acuerdo al tipo de ensayo realizado.



Foto 8 Etiquetado de muestras.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 9 Transporte de muestras.

Fuente: Desarrollado por autores

8.3. Identificación y clasificación de los tipos de material

Clasificación por origen

Para la clasificación por origen del material de transporte de sedimentos se hace indispensable conocer la geología de la zona de estudio sobre la cual están soportadas;

El cauce del tramo estudiado de la quebrada Taruca se compone por una longitud de 2781 metros, donde en los diferentes depósitos aluviales predominan gravas de grandes tamaños, cantos rodados hasta de un metro de diámetro y en menores cantidades arenas finas.



Foto 10 Estado actual a la fecha de este estudio de la microcuenca quebrada Taruca.

Fuente: Desarrollado por autores

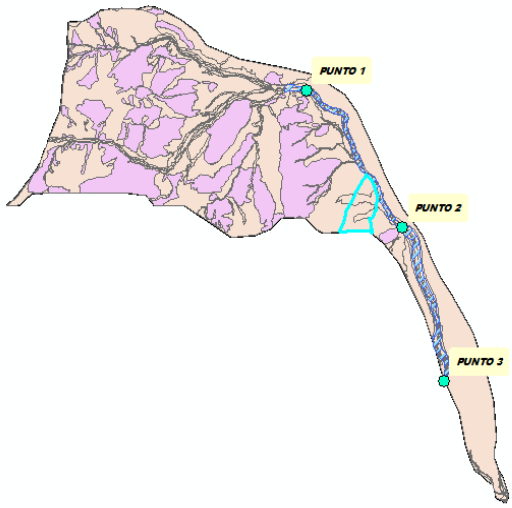
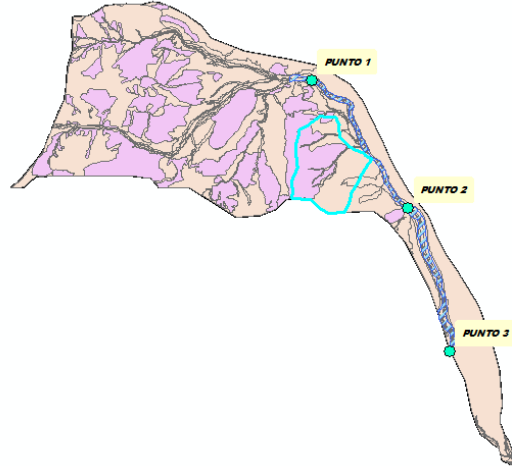
El origen principal es de carácter ígneo puesto que en la zona predomina la unidad de Monzogranito de Mocoa, en menores proporciones se presencia rocas sedimentarias y metamórficas.

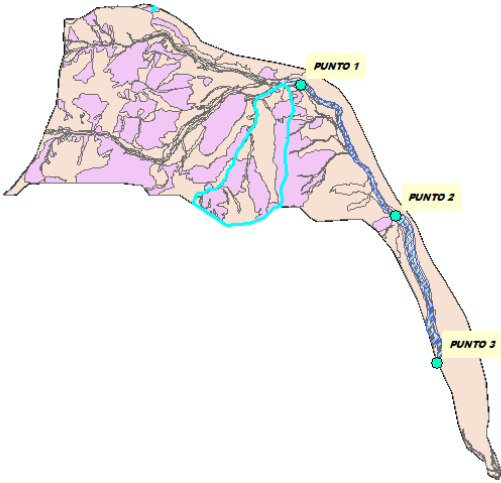
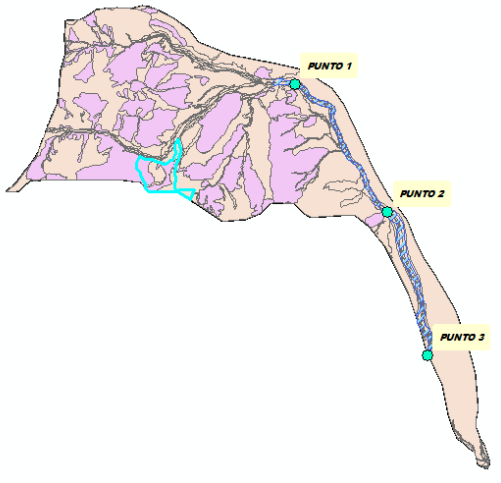
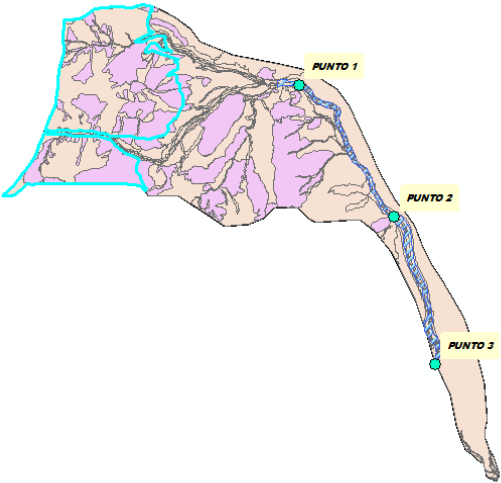
El Monzogranito de Mocoa es una unidad, correspondiente a un cuerpo ígneo intrusivo fragmentado y elongado en dirección NE-SW que se extiende desde el norte del municipio hasta la frontera con Ecuador. Se caracteriza por presentar una morfología montañosa abrupta, cuyas pendientes son muy pronunciadas y contrastantes con las unidades geológicas adyacentes, donde la disección de los drenajes ha desarrollado valles en “V” profundos. (Valcárcel Montañez, 2020)

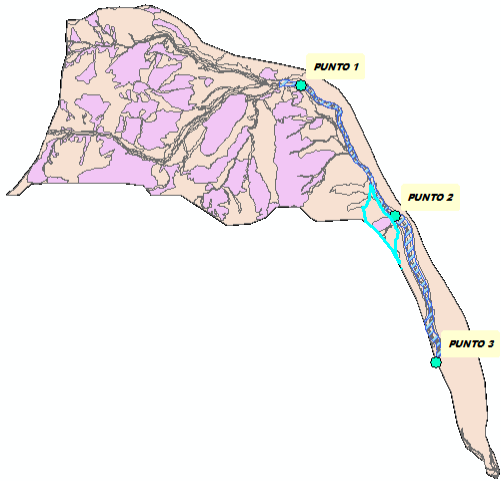
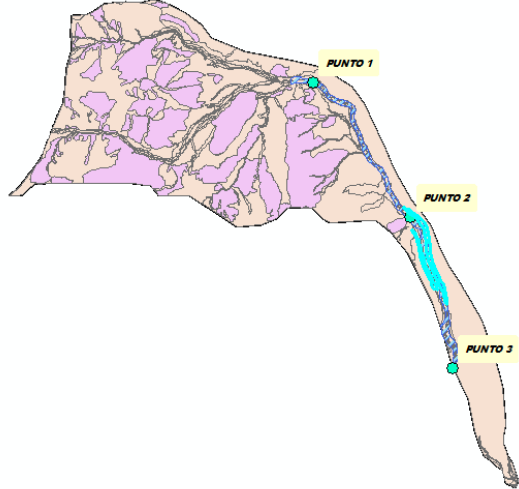
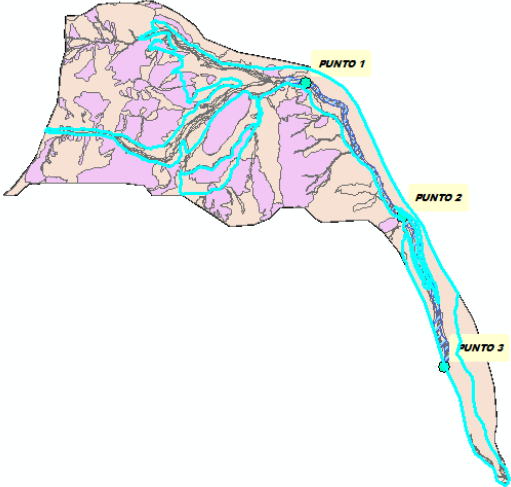
La unidad, está compuesta principalmente de granodiorita y cuarzomonzonita. Sin embargo, INGEOMINAS (2003) y SCG (2017) mencionan que corresponde a un monzogranito con variaciones composicionales a granito, granodiorita, cuarzomonzonita, cuarzodiorita y monzodiorita y variaciones de texturas porfíricas inequigranulares hacia las zonas de borde. La composición mineralógica se caracteriza por una asociación entre cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa, hornblenda y biotita en proporciones variables. Adicionalmente, se encuentra clorita y epidota. (Valcárcel Montañez, 2020).

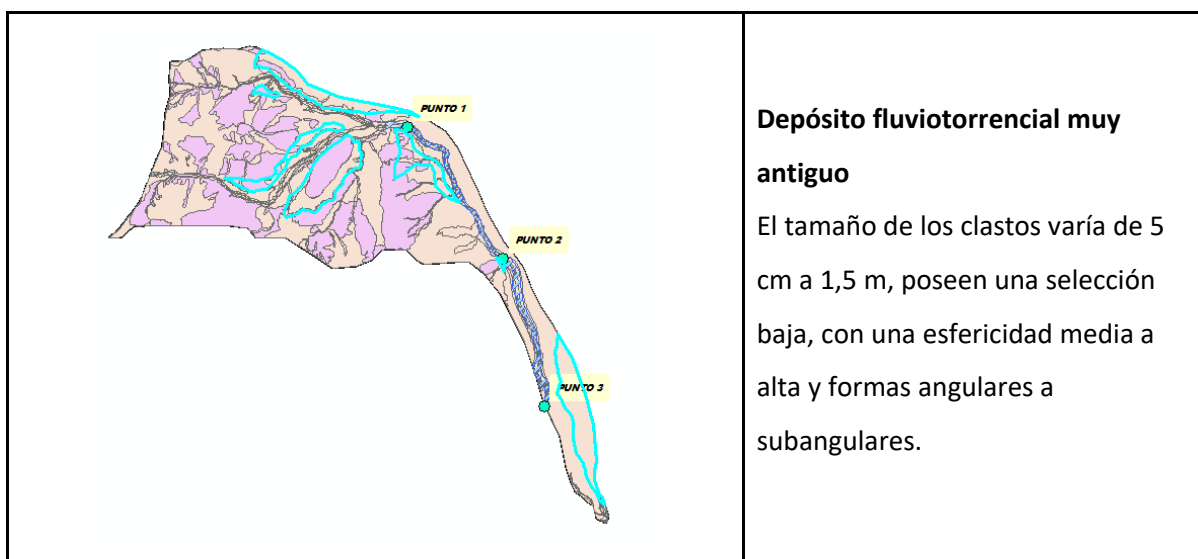
Adicional al Monzogranito, la quebrada Taruca atraviesa diferentes unidades geológicas descritas en la Tabla 2.

Tabla 2 Unidades geológicas por las que atraviesa la quebrada Taruca.

Mapa	Unidad geológica
	Formación Pepino - Miembro Inferior Capas de 1 a 10 m de espesor de conglomerado polimítico, clastosoportado, con fragmentos redondeados de chert, cuarzo lechoso y lítico de sedimentitas de 0,5 a 20 cm de diámetro.
	Formación Pepino - Miembro Medio Capas de 1 a 2 m de espesor de lodolitas de tonos grises y violetas con moteado gris, de comportamiento plástico hacia el base relacionado a un alto grado de meteorización.

	Formación Pepino - Miembro Superior Conglomerados polimícticos clasto-soportados de clastos redondeados a subredondeados, con imbricación, de formas alargadas y tamaños de hasta 12 cm en el eje mayor.
	Grupo Orito Lodolitas macizas con predominio de grano muy fino, de colores grises, violetas y rojizos con moteado naranja y violeta, no fisibles, con alto grado de intemperismo.
	Monzogranito Mocoa Rocas ígneas intrusivas holocristalinas de afinidad félsica, textura fanerítica y tamaño de grano de medio a grueso. Presenta una textura homogénea.

	Formación Rumiyaco Secuencia de lodolitas rojizas y violáceas dispuestas en capas de hasta 5 m de espesor, con intercalaciones de arenitas de grano fino moteadas de color gris y violeta.
	Depósito antrópico Corresponden a materiales heterogéneos formados a partir de la acción humana, los cuales son producto de acumulaciones por actividades extractivas, apilamiento de materiales con fines de protección
	Depósito fluviotorrencial subreciente Depósitos clasto-soportados, con un porcentaje de matriz de 30% y de clastos de 70%. El tamaño de grano máximo en la matriz es arena muy gruesa, el mínimo arcilla y predomina la arena media.



Fuente: Desarrollada por autores

El muestreo para la clasificación del material producto del transporte de sedimentos se realizó extrayendo muestras representativas de los sedimentos de la quebrada Taruca y seleccionando las rocas de diferente tipo que se puedan identificar visualmente.



Foto 11 Recolección de muestras para identificación y clasificación por origen, color y nombre.

Fuente: Desarrollado por autores.

Para la determinación macroscópica del nombre y el origen de la roca se utilizó la bibliografía “Geología para Ingenieros de Blyth Freitas” en el que describe a detalle las características de cada material, tanto físicas como mineralógicas. En la identificación del color se emplea la “Paleta de colores de Munsell” el cual es un método de color visible.

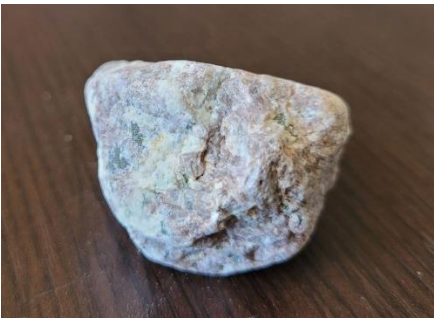


Foto 12 Identificación del color de las rocas por el método de la paleta de colores de Munsell. **Fuente:** Desarrollado por autores

Las rocas que se pudieron identificar se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3 Identificación del nombre y clasificación del color y origen del material producto del transporte de sedimentos de la quebrada Taruca.

Registro fotográfico	Detalle
	Nombre: Cuarzo lechoso Origen: Mineral Color: Paleta color de Munsell;Tabla White Page Color: 8.5/N White
	Nombre: Granito Origen: Sedimentario Color: Paleta color de Munsell;Tabla 7.5YR Color: 7/8 Reddish yellow

	Nombre: Arenisca Origen: Sedimentaria Color: Paleta color de Munsell;Tabla 5Y Color: 6/1 Gray
	Nombre: Granito Origen: Ígneo Color: Paleta color de Munsell; Tabla 7.5YR Color: 5/8 Trong brown Paleta color de Munsell; Tabla GLEY 1 Color: 5/N Gray
	Nombre: Granito Origen: Ígneo Color: Paleta color de Munsell;Tabla 5R Color: 6/4 Pale red Paleta color de Munsell;Tabla GLEY1 Color: 5G 3/1 Very dark greenish gray Paleta color de Munsell;Tabla White Page Color: 8.5/N White
	Nombre: Granito Origen: Ígneo Color: Paleta color de Munsell;Tabla 5R Color: 6/9 Pale red Paleta color de Munsell;Tabla GLEY1 Color: 5G 3/1 Very dark greenish gray Paleta color de Munsell;Tabla White Page Color: 8.5/N White

	Nombre: Granito Origen: Ígneo Color: Paleta color de Munsell;Tabla 7.5YR Color: 6/4 Light brown Paleta color de Munsell;Tabla White Page Color: 9/N White Paleta color de Munsell;Tabla GLEY 2 Color: 5/10 B Bluish gray
	Nombre: Caliza Origen: Sedimentaria Color: Paleta color de Munsell;Tabla 2.5Y Color: 6/3 Light yellowish brown
	Nombre: Lodolita Origen: <i>Ígnea intrusiva</i> Color: Paleta color de Munsell;Tabla GLEY 2 Color: 4/5PB Dark bluish gray Paleta color de Munsell;Tabla White Page Color: 10 YR 8/2 Very pale brown
	Nombre: Granito Origen: Ígneo Color: Paleta color de Munsell;Tabla White Page Color: 8/N White Paleta color de Munsell;Tabla GLEY 1 Color: 3/10Y Very dark greenish gray Paleta color de Munsell;Tabla 5YR Color: 5/8 Yellowish red

	Nombre: Andesita Origen: Ígnea Color: Paleta color de Munsell;Tabla White Page Color: 8.5/N White
	Nombre: Arenisca Origen: Sedimentaria Color: Paleta color de Munsell;Tabla 10Y-5GY Color: 5GY 6/2 Light grayish green
	Nombre: Granito Origen: Ígneo Color: Paleta color de Munsell;Tabla GLEY 1 Color: 5G 3/2 Very dark grayish green Paleta color de Munsell;Tabla White Page Color: 10YR 9/1 White

Fuente: Desarrollado por autores

8.4. Caracterización de propiedades físicas

Para el diagnóstico del material producto del transporte de sedimentos de la quebrada Taruca se realizan ensayos de laboratorio regidos por las normativas técnicas INVIAS 2012.

INV-E 214 Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz No 200 en los agregados pétreos mediante lavado e INV-E 216 Contenido total de agua evaporable de los agregados por secado

Se describe el procedimiento para determinar la cantidad de material que pasa por el tamiz No. 200 en un agregado, así como el contenido total de agua evaporable de los agregados por secado.

El procedimiento que se utilizó para la operación de lavado en este ensayo fue el método A (Lavado con agua natural), para este ensayo se toman y reducen las 5 muestras de agregado correspondientes a cada punto de acuerdo con los procedimientos descritos en la norma INV E-202, se lavan las muestras mediante el procedimiento A descrito en la norma INVE- 214 empleando los tamices No. 200 y No. 16 para luego secar las muestras lavadas en un horno por un tiempo de 24 horas hasta masa constante, posteriormente se registra su masa.



Foto 13 Extracción de muestras.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 14 Peso de muestra.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 15 Cuarteo de muestras.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 16 Muestra destinada para ensayos.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 17 Lavado de muestras. **Fuente:** Desarrollado por autores



Foto 18 Lavado de muestras. **Fuente:** Desarrollado por autores

Tabla 4 Registro y cálculos de ensayos INV-214 e INV-216 del punto 1.

Registro y cálculos Punto 1						
No de muestra	M _{natural}	M _{seca}	INV - 216 (%)	M _{lavadaseca}	Diferencia	INV-214 (%)
M1	15788.10	15071.40	4.76	14691.20	380.20	2.52
M2	16716.20	15882.30	5.25	15436.80	445.50	2.81
M3	17026.30	16012.90	6.33	15585.20	427.70	2.67
M4	17820.30	16936.00	5.22	16349.00	587.00	3.47
M5	18523.89	17634.49	5.04	17099.40	535.09	3.03

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 5 Registro y cálculos de ensayos INV-214 e INV-216 del punto 2.

Registro y cálculos Punto 2						
No de muestra	M _{natural}	M _{seca}	INV - 216 (%)	M _{lavadaseca}	Diferencia	INV-214 (%)
M1	19539.00	18511.80	5.55	17964.80	547.00	2.95
M2	17782.10	17235.30	3.17	16626.00	609.30	3.54
M3	16654.90	16299.20	2.18	15622.20	677.00	4.15
M4	14852.50	14580.60	1.86	13918.10	662.50	4.54
M5	15937.10	14828.60	7.48	14563.40	265.20	1.79

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 6 Registro y cálculos de ensayos INV-214 e INV-216 del punto 3.

Registro y cálculos Punto 3						
No de muestra	M _{natural}	M _{seca}	INV - 216 (%)	M _{lavadaseca}	Diferencia	INV-214 (%)

M1	15644.90	15121.80	3.46	15004.20	117.60	0.78
M2	13692.00	13331.50	2.70	13242.20	89.30	0.67
M3	16078.70	15644.80	2.77	15539.70	105.10	0.67
M4	15182.90	14868.50	2.11	14653.90	214.60	1.44
M5	18218.20	17347.50	5.02	17175.10	172.40	0.99

Fuente: Desarrollado por autores

INV-E 213 Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino

Se describe el procedimiento para determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados gruesos y finos por medio de tamizado. Se selecciona un grupo de tamices de tamaños adecuados para la información resultante requerida, se dispone el material en cada uno de los tamices para iniciar el proceso de separación por calibres, se verifica el proceso de tamizado efectuando la prueba del minuto para separar y se registran el peso de cada uno de los materiales retenidos en los tamices.

Tamiz 3"
Tamiz 2 ½"
Tamiz 2"
Tamiz 1 ½"
Tamiz 1"
Tamiz ¾"
Tamiz ½"
Tamiz 3/8"
Tamiz 4"
Tamiz 8"
Tamiz 16"
Tamiz 30"
Tamiz 50"
Tamiz 100"
Tamiz 200"
Fondo



Foto 19 Tamices empleados para granulometría. **Fuente:** Desarrollado por autores



Foto 20 Granulometría por tamizado manual.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 21 Granulometría por tamizado manual.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 22 Prueba del minuto en tamizado.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 23 Prueba del minuto en tamizado.
Fuente: Desarrollado por autores



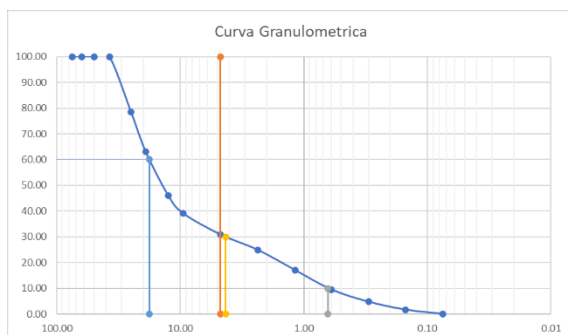
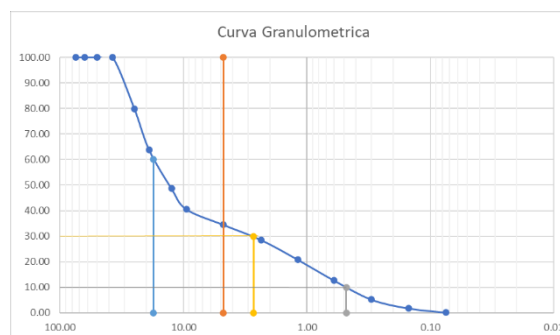
Foto 24 Separación de muestras por tamaños.
Fuente: Desarrollada por autores

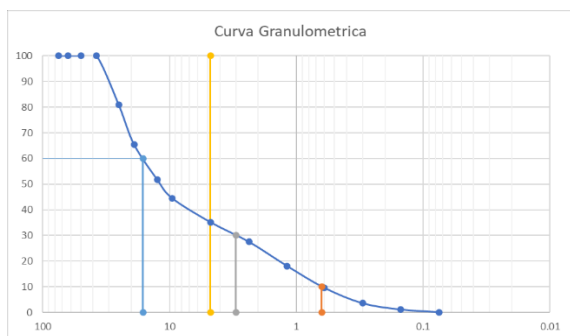


Foto 25 Separación de muestras por tamaños.
Fuente: Desarrollada por autores

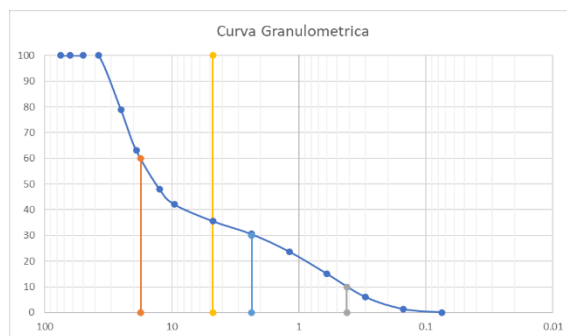
Tabla 7 Granulometría de la muestra 1, punto 1.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso parcial retenido	% Parcial retenido	% Retenido acumulado	% Acumulado que pasa
MUESTRA M1					
3 "	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	3,156.00	21.50	21.50	78.50
3/4 "	19.00	2,271.60	15.48	36.98	63.02
1/2 "	12.50	2,494.80	17.00	53.98	46.02
3/8 "	9.50	1,008.40	6.87	60.85	39.15
4"	4.75	1,204.60	8.21	69.06	30.94
8"	2.36	886.00	6.04	75.10	24.90
16"	1.18	1,148.80	7.83	82.93	17.07
30"	0.60	1,108.30	7.55	90.48	9.52
50"	0.30	696.80	4.75	95.23	4.77
100"	0.15	452.90	3.09	98.31	1.69
200"	0.075	236.60	1.61	99.92	0.08
Fondo		11.20	0.08	100.00	0.00
TOTAL		14,676.00	100.00		
MUESTRA INICIAL		14,691.20			

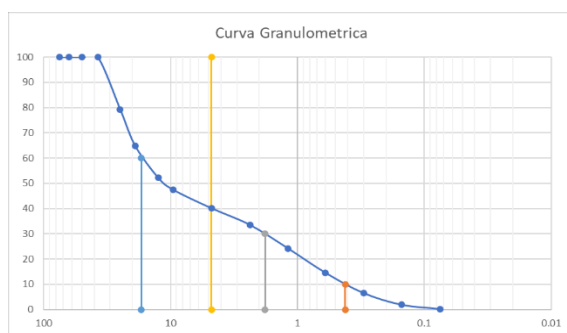
Fuente: Desarrollado por autores**Gráfica 10** Curva granulométrica de la muestra 1, Punto 1.*Fuente: Desarrollada por autores***Gráfica 11** Curva granulométrica de la muestra 2, Punto 1.*Fuente: Desarrollada por autores*



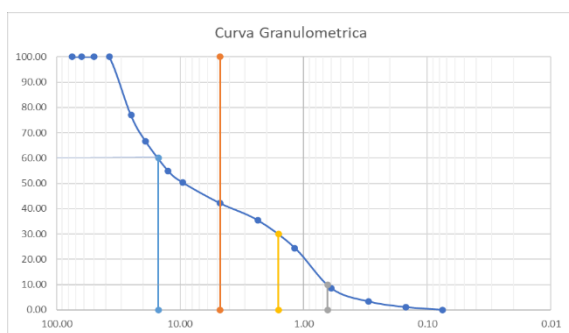
Gráfica 12 Curva granulométrica de la muestra 3, Punto 1.
Fuente: Desarrollada por autores



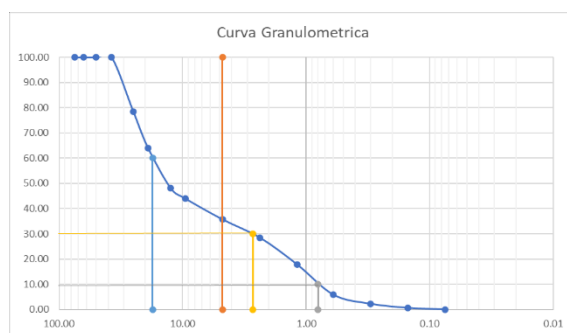
Gráfica 13 Curva granulométrica de la muestra 4, Punto 1.
Fuente: Desarrollada por autores



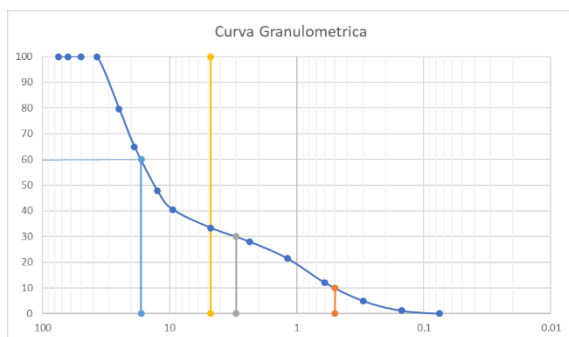
Gráfica 14 Curva granulométrica de la muestra 5, Punto 1.
Fuente: Desarrollada por autores



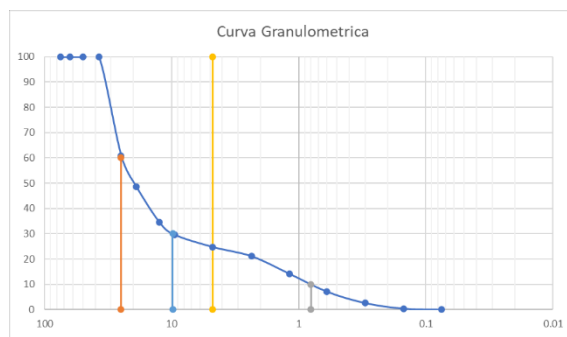
Gráfica 15 Curva granulométrica de la muestra 1, Punto 2.
Fuente: Desarrollada por autores



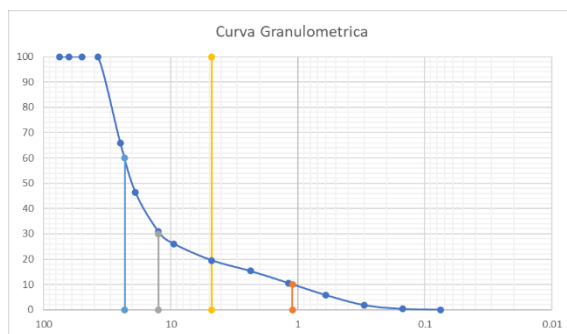
Gráfica 16 Curva granulométrica de la muestra 2, Punto 2.
Fuente: Desarrollada por autores



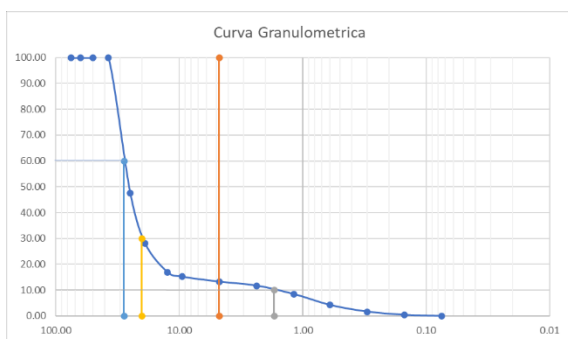
Gráfica 17 Curva granulométrica de la muestra 3, Punto 2.
Fuente: Desarrollada por autores



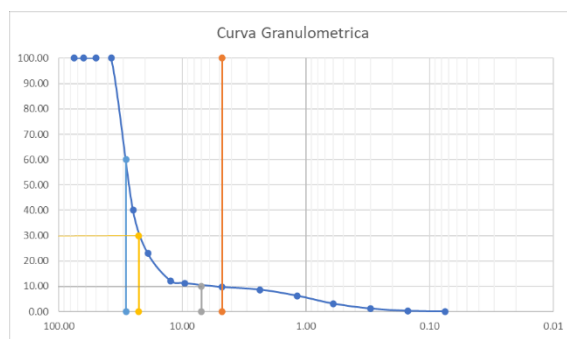
Gráfica 18 Curva granulométrica de la muestra 4, Punto 2.
Fuente: Desarrollada por autores



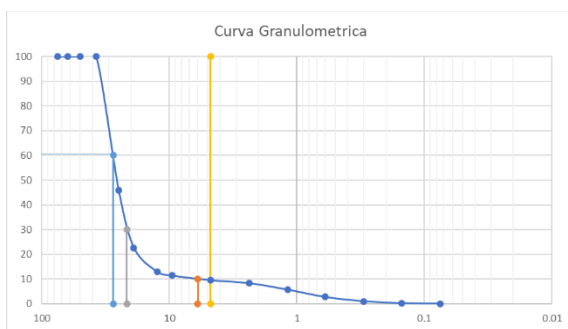
Grafica 19 Curva granulométrica de la muestra 5, Punto 2.
Fuente: Desarrollada por autores



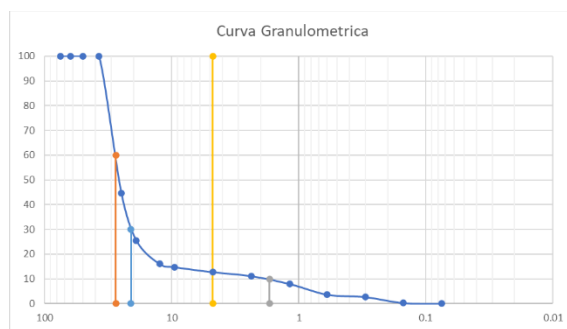
Grafica 20 Curva granulométrica de la muestra 1, Punto 3.
Fuente: Desarrollada por autores



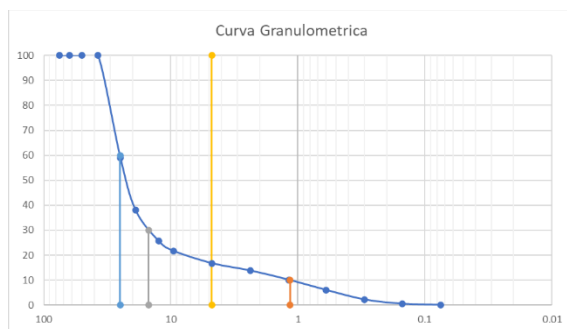
Grafica 21 Curva granulométrica de la muestra 2, Punto 3.
Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 22 Curva granulométrica de la muestra 3, Punto 3.
Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 23 Curva granulométrica de la muestra 4, Punto 3.
Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 24 Curva granulométrica de la muestra 5, Punto 3.
Fuente: Desarrollada por autores

INV-E 212 Presencia de impurezas orgánicas en arenas usadas en morteros y concretos

Se describe el procedimiento para determinar de manera aproximada, la presencia de impurezas orgánicas nocivas en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos de cemento hidráulico, para este ensayo se emplea el método de solución por color de referencia. Se extrae material fino que pase el tamiz No.4

La toma y reducción de la muestra necesaria para el ensayo se realizó de acuerdo con la práctica de INV-202

Y corresponde al material que pasa el tamiz No.4, se coloca la arena en una botella incolora graduada hasta completar un volumen aproximado de 130 ml de agregado fino. Para la preparación de la solución de hidróxido de sodio (3%) se disuelven 3 partes de hidróxido de sodio en masa en 97 partes de agua destilada. Se añade la solución de hidróxido de sodio a la botella incolora con la muestra, hasta que el volumen total de arena y líquido, sea aproximadamente igual a 200 ml, posteriormente se tapa la botella, se agita vigorosamente y se deja reposar por 24 horas.



Foto 26 Cuarteo de material fino que pasa el tamiz No.4.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 27 Material fino que pasa el tamiz No.4.
Fuente: Desarrollado por autores

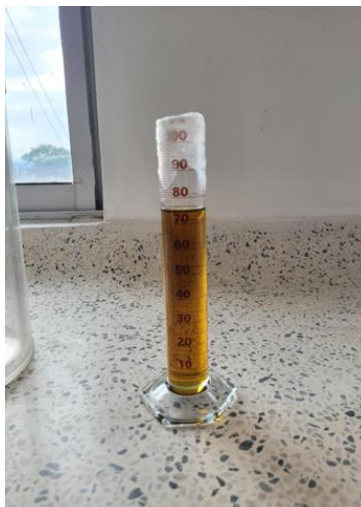


Foto 28 Color de referencia.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 29 Medición de finos para ensayo de impurezas.
Fuente: Desarrollada por autores

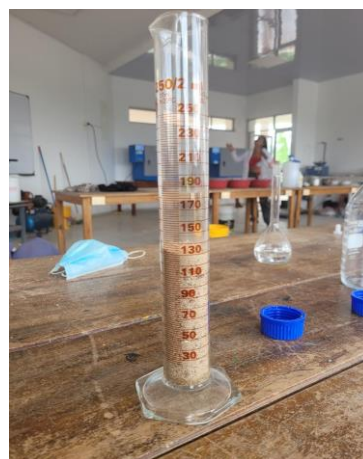


Foto 30 130 ML de finos para ensayo de impurezas.
Fuente: Desarrollada por autores

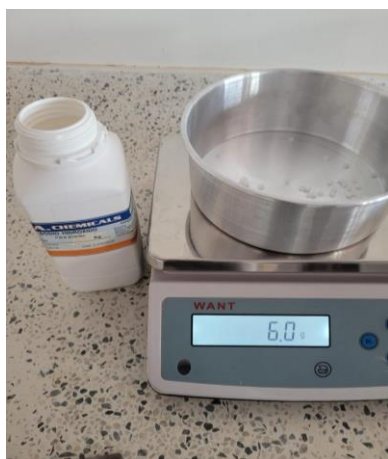


Foto 31 Gramos de hidróxido de sodio empleados para solución. **Fuente:** Desarrollada por autores

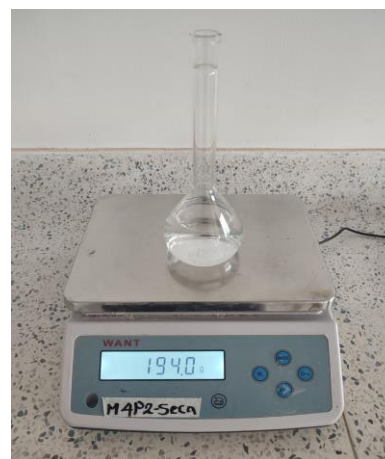


Foto 32 Gramos de agua destilada empleada para solución. **Fuente:** Desarrollada por autores



Foto 33 Presencia de impurezas en arenas.

Fuente: Desarrollada por autores



Foto 34 Presencia de impurezas en arenas.

Fuente: Desarrollada por autores

INV-211 Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados

Se describe el método para la determinación de los terrones de arcillas y de las partículas deleznales (frágiles) en los agregados. Se separa el material en diferentes tamaños empleando el tamiz No.16, No. 4, No. 3/8, No. 3/4. Una vez separadas las muestras del ensayo se extiende el material en recipientes para ser cubierto con agua destilada por un periodo de 24 ± 4 horas, al transcurrir las 24 horas se ruedan y se aprietan individualmente las partículas, entre el pulgar y el índice, para tratar de romperlas en tamaños más pequeños. Las partículas que se puedan romper con los dedos convirtiéndolos en finos removibles mediante tamizado húmedo se clasificaran como terrones de arcilla o partículas deleznales.



Foto 35 Inmersión de muestras en agua destilada.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 36 Partículas deleznales.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 37 Partículas deleznales.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 38 Lavado de material para partículas deleznales.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 39 Lavado de material para partículas deleznales.
Fuente: Desarrollada por autores

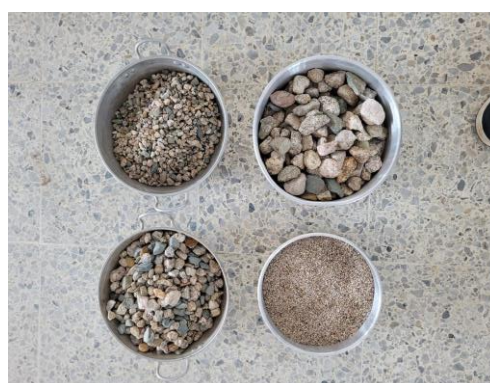


Foto 40 Secado de muestras retenidas en los tamices.
Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 8 Terrones de arcilla y partículas deleznales punto 1.

Punto 1				
Muestra	M _{natural}	M _{seca}	Diferencia	INV-211 (%)
Muestra 1				
Retenido No, 16	2210.8	2,188.50	22.30	1.01
Entre No. 4 y 3/8	1192.1	1,190.50	1.60	0.13
Entre No. 3/8 y 3/4	2318.6	2,296.50	22.10	0.95
Entre 3/4 y 1"	4548.8	4,539.90	8.90	0.20
Muestra 2				
Retenido No, 16	2505.5	2,457.70	47.80	1.91
Entre No. 4 y 3/8	1429.6	1,415.50	14.10	0.99
Entre No. 3/8 y 3/4	2614	2,590.00	24.00	0.92
Entre 3/4 y 1"	3782.3	3,768.20	14.10	0.37
Muestra 3				
Retenido No, 16	2051.6	2,031.50	20.10	0.98
Entre No. 4 y 3/8	1099.2	1,090.20	9.00	0.82
Entre No. 3/8 y 3/4	2146.8	2,132.00	14.80	0.69
Entre 3/4 y 1"	4366.2	4,354.30	11.90	0.27
Muestra 4				
Retenido No, 16	2033.8	2,024.90	8.90	0.44
Entre No. 4 y 3/8	1202.8	1,202.00	0.80	0.07
Entre No. 3/8 y 3/4	2745.5	2,733.60	11.90	0.43
Entre 3/4 y 1"	4141.3	4,089.50	51.80	1.25
Muestra 5				
Retenido No, 16	2157.1	2,139.10	18.00	0.83
Entre No. 4 y 3/8	1232.8	1,225.60	7.20	0.58
Entre No. 3/8 y 3/4	2145.4	2,124.10	21.30	0.99
Entre 3/4 y 1"	4212.1	4,195.80	16.30	0.39

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 25 Promedios del laboratorio de Terrones de arcilla y partículas deleznales del punto de extracción 1

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 9 Terrones de arcilla y partículas deleznales punto 2.

Punto 2				
Muestra	M _{natural}	M _{seca}	Diferencia	INV-211 (%)
Muestra 1				
Retenido No, 16	1979.5	1,938.20	41.30	2.09
Entre No. 4 y 3/8	1468.2	1,458.40	9.80	0.67
Entre No. 3/8 y 3/4	2935.3	2,900.00	35.30	1.20
Entre 3/4 y 1"	3217.5	3,216.50	1.00	0.03
Muestra 2				
Retenido No, 16	1771.3	1,736.30	35.00	1.98
Entre No. 4 y 3/8	1378.9	1,366.40	12.50	0.91
Entre No. 3/8 y 3/4	2324.7	2,306.20	18.50	0.80
Entre 3/4 y 1"	2363.9	2,347.00	16.90	0.71
Muestra 3				
Retenido No, 16	1033.5	1,018.10	15.40	1.49
Entre No. 4 y 3/8	1116.5	1,105.30	11.20	1.00
Entre No. 3/8 y 3/4	3811.6	3,770.00	41.60	1.09
Entre 3/4 y 1"	4991.8	4,958.90	32.90	0.66
Muestra 4				
Retenido No, 16	978.1	939.40	38.70	3.96
Entre No. 4 y 3/8	1039.4	1,020.10	19.30	1.86
Entre No. 3/8 y 3/4	2648.39	2,619.20	29.19	1.10
Entre 3/4 y 1"	7174.3	7,133.90	40.40	0.56
Muestra 5				
Retenido No, 16	633.7	625.80	7.90	1.25

Entre No. 4 y 3/8	1036.1	1,029.10	7.00	0.68
Entre No. 3/8 y 3/4	2824.5	2,802.20	22.30	0.79
Entre 3/4 y 1"	10574.6	10,550.20	24.40	0.23

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 26 Promedios del laboratorio de Terrones de arcilla y partículas deleznales del punto de extracción 2

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 10 Terrones de arcilla y partículas deleznales punto 3.

Punto 3				
Muestra	M _{natural}	M _{seca}	Diferencia	INV-211 (%)
Muestra 1				
Retenido No, 16	490.50	484.00	6.50	1.33
Entre No. 4 y 3/8	1024.6	1018.25	6.35	0.62
Entre No. 3/8 y 3/4	2145.1	2132.00	13.10	0.61
Entre 3/4 y 1"	6347.20	6313.30	33.90	0.53
Muestra 2				
Retenido No, 16	315.40	313.60	1.80	0.57
Entre No. 4 y 3/8	1145.1	1144.90	0.20	0.02
Entre No. 3/8 y 3/4	2256.2	2241.20	15.00	0.66
Entre 3/4 y 1"	3571.90	3568.50	3.40	0.10
Muestra 3				
Retenido No, 16	406.70	392.60	14.10	3.47
Entre No. 4 y 3/8	1345.1	1325.10	20.00	1.49
Entre No. 3/8 y 3/4	2236.8	2225.20	11.60	0.52
Entre 3/4 y 1"	5070.20	5067.90	2.30	0.05
Muestra 4				
Retenido No, 16	461.80	454.00	7.80	1.69

Entre No. 4 y 3/8	1345.2	1339.40	5.80	0.43
Entre No. 3/8 y 3/4	2057.80	2055.90	1.90	0.09
Entre 3/4 y 1"	4364.20	4359.70	4.50	0.10
Muestra 5				
Retenido No, 16	695.50	691.10	4.40	0.63
Entre No. 4 y 3/8	1058.7	1051.60	7.10	0.67
Entre No. 3/8 y 3/4	2437.20	2432.30	4.90	0.20
Entre 3/4 y 1"	4487.10	4441.70	45.40	1.01

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 27 Promedios del laboratorio de Terrones de arcilla y partículas deleznales del punto de extracción 3

Fuente: Desarrollada por autores

INV-E 227 Porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso

Se describe el procedimiento para determinar el porcentaje en masa de partículas de un agregado grueso que tienen un número especificado de caras fracturadas. Los agregados para este ensayo están constituidos por el material ya preparado y separado por el procedimiento INV E-213 y una vez preparada la muestra se identifican mediante masa la cantidad de partículas que tienen una y dos o más caras fracturadas, entendiendo por cara fracturada aquella que tiene un área proyectada al menos tan grande como un cuarto de la máxima área proyectada y dicha cara debe tener bordes cortantes o ligeramente despuntados.



Foto 41 Preparación de la muestra.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 42 Roca con presencia de caras fracturadas.
Fuente: Desarrollada por autores.



Foto 43 Material con caras fracturadas.
Fuente: Desarrollada por autores

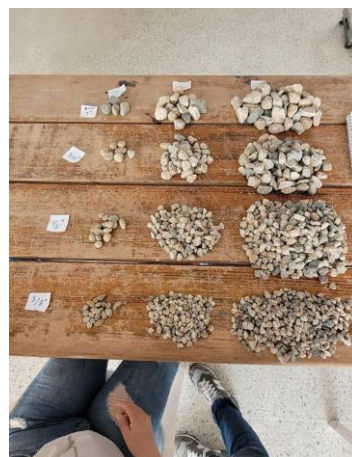


Foto 44 Material con caras fracturadas.
Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 11 Partículas fracturadas punto 1.

Punto 1						
Tamiz	Peso	Peso partículas redondas	Peso caras fracturadas (1)	INV-277 % (1)	Peso caras fracturadas (2)	INV-277 % (2)
Muestra 1						
No. 1"	1904	221.2	665.5	35.00	1014.5	53.28
No. 3/4"	833.6	96.7	382	45.85	354.5	42.53
No. 1/2"	980.6	115.6	214.8	21.99	646.2	65.90
No. 3/8"	462.8	41.2	152.8	33.07	268.1	57.93
Muestra 2						
No. 1"	1609.6	204.4	592	36.78	813.2	50.52
No. 3/4"	349.3	37	114.1	32.67	198.2	56.74
No. 1/2"	700.7	58.5	265.1	37.83	377.1	53.82
No. 3/8"	347.3	42.8	114.5	32.97	190	54.71

Muestra 3						
No. 1"	2110.9	155.5	865.2	40.99	1090.2	51.65
No. 3/4"	1028.9	45.6	442.1	42.97	541.2	52.60
No. 1/2"	864.6	48.3	277.6	32.11	538.7	62.31
No. 3/8"	381.1	19.5	156	40.93	205.6	53.95
Muestra 4						
No. 1"	1982.5	204.1	784.2	39.56	994.2	50.15
No. 3/4"	902.4	78.2	442.1	48.99	382.1	42.34
No. 1/2"	1177.8	102.4	354.2	30.07	721.2	61.23
No. 3/8"	445.1	38.2	161.1	36.19	245.8	55.22
Muestra 5						
No. 1"	2163	175.2	865.2	40.00	1122.6	51.90
No. 3/4"	1117.6	86	468.9	41.96	562.7	50.35
No. 1/2"	691.2	85.4	147.6	21.35	458.2	66.29
No. 3/8"	456.7	35.9	187.5	41.06	233.3	51.08

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 28 Promedios del laboratorio de Caras fracturadas del punto de extracción 1

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 12 Partículas fracturadas punto 2.

Punto 2						
Tamiz	Peso	Peso partículas redondas	Peso caras fracturadas (1)	INV-277 % (1)	Peso caras fracturadas (2)	INV-277 % (2)
Muestra 1						
No. 1"	1352.2	58.4	420.1	31.07	873.7	64.61
No. 3/4"	1860	231.2	354.8	19.08	1274	68.49
No. 1/2"	2094.4	107.5	645	30.80	1341.9	64.07

No. 3/8"	830.7	40.2	257.5	31.00	533	64.16
Muestra 2						
No. 1"	830.5	0	376.3	45.31	454.2	54.69
No. 3/4"	1527.8	75.5	344.9	22.57	1107.4	72.48
No. 1/2"	1635.2	23.6	515.5	31.53	1096.1	67.03
No. 3/8"	683.7	18.7	220.7	32.28	444.3	64.98
Muestra 3						
No. 1"	2700.8	155.7	616.2	22.82	1928.9	71.42
No. 3/4"	2282.3	99	640.7	28.07	1542.6	67.59
No. 1/2"	2671.3	83.1	617.5	23.12	1970.7	73.77
No. 3/8"	1127.5	41.5	320.2	28.40	765.8	67.92
Muestra 4						
No. 1"	5516.8	401	1269.7	23.02	3846.1	69.72
No. 3/4"	1647.9	70.9	753.9	45.75	823.1	49.95
No. 1/2"	1953.1	101.4	536.5	27.47	1315.2	67.34
No. 3/8"	677.3	24.6	347.9	51.37	304.8	45.00
Muestra 5						
No. 1"	6957.4	266.3	1241.9	17.85	5449.2	78.32
No. 3/4"	3604.7	67.9	1247.4	34.60	2289.4	63.51
No. 1/2"	2127.7	52	1216.5	57.17	859.2	40.38
No. 3/8"	689.9	30.2	361.1	52.34	298.6	43.28

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 29 Promedios del laboratorio de Caras fracturadas del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 13 Partículas fracturadas punto 3.

Punto 3						
Tamiz	Peso	Peso partículas redondas	Peso caras fracturadas (1)	INV-277 % (1)	Peso caras fracturadas (2)	INV-277 % (2)
Muestra 1						
No. 1"	1920.3	27.1	664.5	34.60	1228.7	63.98
No. 3/4"	1827.6	46.5	334.9	18.32	1446.2	79.13
No. 1/2"	1314.8	49.3	350.3	26.64	915.2	69.61
No. 3/8"	227.6	2.9	83.9	36.86	140.8	61.86
Muestra 2						
No. 1"	1815.2	206.5	731	40.27	877.7	48.35
No. 3/4"	1710.8	27.5	925.9	54.12	757.4	44.27
No. 1/2"	1297.6	59.3	559.8	43.14	678.5	52.29
No. 3/8"	373.7	24.1	148.2	39.66	201.4	53.89
Muestra 3						
No. 1"	2512.5	140.9	848	33.75	1523.6	60.64
No. 3/4"	1636.1	93.8	422.3	25.81	1120	68.46
No. 1/2"	858.9	24.9	304.6	35.46	529.4	61.64
No. 3/8"	158.1	0	58.9	37.25	99.2	62.75
Muestra 4						
No. 1"	1934.1	96	461.9	23.88	1376.2	71.15
No. 3/4"	1882.8	135.2	638.3	33.90	1109.3	58.92
No. 1/2"	1110.9	59.4	323.1	29.08	728.4	65.57
No. 3/8"	162.7	2.5	43.3	26.61	116.9	71.85
Muestra 5						
No. 1"	1876.3	119.8	424.4	22.62	1332.1	71.00
No. 3/4"	1488.7	131.2	504.7	33.90	852.8	57.28
No. 1/2"	1377.2	120.3	450.6	32.72	806.3	58.55
No. 3/8"	396.8	19.1	96.2	24.24	281.5	70.94

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 30 Promedios del laboratorio de Caras fracturadas del punto de extracción 3

Fuente: Desarrollada por autores

INV-230 Índice de aplanamiento

Se describe el procedimiento para determinar el índice de aplanamiento de los agregados, las muestras para este ensayo están constituidas por el material ya preparado y separado por el procedimiento INV E-213. Usando el calibrador de aplanamiento, se intenta pasar a mano, una por una las partículas de cada fracción por la abertura correspondiente del calibrador, sin forzarlas o romperlas.



Foto 45 Índice de aplanamiento.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 46 Índice de aplanamiento.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 47 Muestras que pasaron el calibrador de aplanamiento.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 48 Muestras que pasaron el calibrador de aplanamiento.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 14 Índice de aplanamiento punto 1.

Punto 1				
Muestra 1				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IA _i (%)
1"	3453.3	47.50	557.1	16.13
3/4"	1682.6	23.14	239.2	14.22
1/2"	1509.6	20.76	228.3	15.12
3/8"	624.8	8.59	83.1	13.30
M₁ =	7270.30	M₃ =	1107.7	15.24
Muestra 2				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IA _i (%)
1"	3511.40	48.75	456.7	13.01
3/4"	1202.20	16.69	125.5	10.44
1/2"	1680.20	23.33	188.1	11.20
3/8"	809.30	11.24	76	9.39
M₁ =	7203.10	M₃ =	846.3	11.75
Muestra 3				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IA _i (%)
1"	2958.4	42.94	448.4	15.16
3/4"	1825.4	26.49	208.2	11.41
1/2"	1325.1	19.23	167.5	12.64
3/8"	781.1	11.34	65.1	8.33
M₁ =	6890.00	M₃ =	889.2	12.91
Muestra 4				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IA _i (%)
1"	2685.14	40.17	517.9	19.29
3/4"	1752.10	26.21	216.8	12.37
1/2"	1425.90	21.33	199.7	14.01

3/8"	821.10	12.28	74.5	9.07
M₁ =	6684.24	M₃ =	1008.9	15.09
Muestra 5				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IAi (%)
1"	2965.70	44.82	498.6	16.81
3/4"	1659.80	25.08	185.2	11.16
1/2"	1325.40	20.03	165.4	12.48
3/8"	665.90	10.06	46.5	6.98
M₁ =	6616.80	M₃ =	895.7	13.54

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 31 Promedio del laboratorio de Índice de Aplanamiento del punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 15 Índice de aplanamiento punto 2.

Punto 2				
Muestra 1				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IAi (%)
1"	1352.8	22.03	110.3	8.15
3/4"	1859.7	30.28	202.1	10.87
1/2"	836.8	13.63	61.3	7.33
3/8"	2091.6	34.06	240.3	11.49
M₁ =	6140.90	M₃ =	614	10.00
Muestra 2				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IAi (%)
1"	803.30	17.15	231.3	28.79
3/4"	1557.10	33.24	215.3	13.83
1/2"	1636.50	34.94	224.8	13.74
3/8"	687.00	14.67	50.8	7.39

M₁ =	4683.90	M₃ =	722.2	15.42
Muestra 3				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IA _i (%)
1"	2703.10	30.72	254.8	9.43
3/4"	2282.80	25.95	145.9	6.39
1/2"	2684.00	30.51	309.6	11.54
3/8"	1128.10	12.82	77.4	6.86
M₁ =	8798.00	M₃ =	787.7	8.95
Muestra 4				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IA _i (%)
1"	5469.50	55.81	580.4	10.61
3/4"	1696.40	17.31	159.5	9.40
1/2"	1956.60	19.96	125.6	6.42
3/8"	678.50	6.92	62.2	9.17
M₁ =	9801.00	M₃ =	927.7	9.47
Muestra 5				
Tamaño	Ri Peso real	%	m _i que pasa	IA _i (%)
1"	6952.90	52.02	1083.4	15.58
3/4"	3601.50	26.94	289.7	8.04
1/2"	2123.90	15.89	192.2	9.05
3/8"	688.50	5.15	43.2	6.27
M₁ =	13366.80	M₃ =	1608.5	12.03

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 32 Promedio del laboratorio de Índice de Aplanamiento del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 16 Índice de aplanamiento punto 3

Punto 3				
Muestra 1				
Tamaño	Ri Peso real	%	m_i que pasa	IAi (%)
1"	1920.7	36.29	607.8	31.64
3/4"	1829.3	34.56	292.5	15.99
1/2"	1315.3	24.85	100.2	7.62
3/8"	227.5	4.30		0.00
M₁ =	5292.80	M₃ =	1000.5	19.75
M₂ =	5065.30			
Muestra 2				
Tamaño	Ri Peso real	%	m_i que pasa	IAi (%)
1"	1817.20	34.91	4568	251.38
3/4"	1712.80	32.91	251.6	14.69
1/2"	1299.40	24.97	117.4	9.03
3/8"	375.30	7.21	39.5	10.52
M₁ =	5204.70	M₃ =	4976.5	95.62
Muestra 3				
Tamaño	Ri Peso real	%	m_i que pasa	IAi (%)
1"	2512.5	47.45	269.8	10.74
3/4"	1636	30.90	188.9	11.55
1/2"	858.4	16.21	98.4	11.46
3/8"	287.7	5.43	46.6	16.20
M₁ =	5294.60	M₃ =	603.7	11.40
Muestra 4				
Tamaño	Ri Peso real	%	m_i que pasa	IAi (%)
1"	1934.50	37.00	564.5	29.18
3/4"	1882.50	36.01	242.4	12.88
1/2"	1109.70	21.23	87.6	7.89
3/8"	301.40	5.77	17.3	5.74
M₁ =	5228.10	M₃ =	911.8	17.44
Muestra 5				
Tamaño	Ri Peso real	%	m_i que pasa	IAi (%)
1"	1847.40	36.17	417.3	22.59
3/4"	1488.70	29.15	160.2	10.76
1/2"	1378.90	27.00	110.9	8.04
3/8"	392.50	7.68	94.1	23.97
M₁ =	5107.50	M₃ =	782.5	15.32

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 33 Promedio del laboratorio de Índice de Aplanamiento del punto de extracción 3.

Fuente: Desarrollado por autores

INV-230 Índice de alargamiento

Se describe el procedimiento para determinar el índice de aplanamiento de los agregados, las muestras para este ensayo están constituidas por el material ya preparado y separado por el procedimiento INV E-213. Usando el calibrador de alargamiento, se intenta pasar a mano, una por una las partículas de cada fracción entre el par de barras del calibrador que representan dicha fracción.



Foto 49 Calibrador de índice de alargamiento.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 50 Índice de alargamiento.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 17 Índice de alargamiento punto 1.

Punto 1				
Muestra 1				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	3453.3	47.50	672.1	19.46
3/4"	1682.6	23.14	456.3	27.12
1/2"	1509.6	20.76	437.8	29.00
3/8"	624.8	8.59	153.1	24.50
M₁₁=	7270.30	M₁₃=	1719.3	23.65
Muestra 2				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	3511.40	48.75	537.9	15.32
3/4"	1202.20	16.69	324.5	26.99
1/2"	1680.20	23.33	354	21.07
3/8"	809.30	11.24	153.7	18.99
M₁₁=	7203.10	M₁₃=	1370.1	19.02
Muestra 3				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	2958.4	42.94	468.2	15.83
3/4"	1825.4	26.49	403.1	22.08
1/2"	1325.1	19.23	368.4	27.80
3/8"	781.1	11.34	169.2	21.66
M₁₁=	6890.00	M₁₃=	1408.9	20.45
Muestra 4				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	2685.14	40.17	521.1	19.41
3/4"	1752.10	26.21	437.4	24.96
1/2"	1425.90	21.33	398.6	27.95
3/8"	821.10	12.28	189.4	23.07
M₁₁=	6684.24	M₁₃=	1546.5	23.14
Muestra 5				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	2965.70	44.82	449.5	15.16
3/4"	1659.80	25.08	369.2	22.24
1/2"	1325.40	20.03	296.4	22.36
3/8"	665.90	10.06	124.1	18.64
M₁₁=	6616.80	M₁₃=	1239.2	18.73

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 34 Promedio del laboratorio de Índice de Alargamiento del punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 18 Índice de alargamiento punto 2.

Punto 2				
Muestra 1				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	1352.8	22.03	139.6	10.32
3/4"	1859.7	30.28	387.5	20.84
1/2"	836.8	13.63	95.1	11.36
3/8"	2091.6	34.06	514.7	24.61
M₁₁=	6140.90	M₁₃=	1136.9	18.51
Muestra 2				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	803.30	17.15	0	0.00
3/4"	1557.10	33.24	242.9	15.60
1/2"	1636.50	34.94	312.3	19.08
3/8"	687.00	14.67	123.1	17.92
M₁₁=	4683.90	M₁₃=	678.3	14.48
Muestra 3				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	2703.10	30.72	990.6	36.65
3/4"	2282.80	25.95	414.8	18.17
1/2"	2684.00	30.51	331.2	12.34
3/8"	1128.10	12.82	116.1	10.29
M₁₁=	8798.00	M₁₃=	1852.7	21.06
Muestra 4				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	5469.50	55.81	569.2	10.41

3/4"	1696.40	17.31	257.9	15.20
1/2"	1956.60	19.96	357.9	18.29
3/8"	678.50	6.92	53.6	7.90
M₁₁=	9801.00	M₁₃=	1238.6	12.64
Muestra 5				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	6952.90	52.02	1324.3	19.05
3/4"	3601.50	26.94	772.4	21.45
1/2"	2123.90	15.89	488.3	22.99
3/8"	688.50	5.15	146.9	21.34
M₁₁=	13366.80	M₁₃=	2731.9	20.44

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 35 Promedio del laboratorio de Índice de Alargamiento del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 19 Índice de alargamiento punto 3.

Punto 3				
Muestra 1				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	1920.70	36.29	72.9	3.80
3/4"	1829.30	34.56	356.1	19.47
1/2"	1315.30	24.85	419	31.86
3/8"	227.50	4.30		0.00
M₁₁=	5292.80	M₁₃=	848	16.74
M₁₂=	5065.30			
Muestra 2				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	1817.20	34.91	152.4	8.39

3/4"	1712.80	32.91	249.3	14.56
1/2"	1299.40	24.97	418.4	32.20
3/8"	375.30	7.21	96	25.58
M₁₁=	5204.70	M₁₃=	916.1	17.60
Muestra 3				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	2512.5	47.45	199.6	7.94
3/4"	1636	30.90	241.8	14.78
1/2"	858.4	16.21	227.7	26.53
3/8"	287.7	5.43	27.2	9.45
M₁₁=	5294.60	M₁₃=	696.3	13.15
Muestra 4				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	1934.50	37.00	324.4	16.77
3/4"	1882.50	36.01	298.6	15.86
1/2"	1109.70	21.23	446.9	40.27
3/8"	301.40	5.77	101.4	33.64
M₁₁=	5228.10	M₁₃=	1171.3	22.40
Muestra 5				
Tamaño	Ri Peso real	%	n _i que retiene	ILi (%)
1"	1847.40	36.17	424.3	22.97
3/4"	1488.70	29.15	410.3	27.56
1/2"	1378.90	27.00	529.4	38.39
3/8"	392.50	7.68	124.4	31.69
M₁₁=	5107.50	M₁₃=	1488.4	29.14

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 36 Promedio del laboratorio de Índice de Alargamiento del punto de extracción 3.

Fuente: Desarrollado por autores

INV-E 222 Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino

Se describe el procedimiento gravimétrico para determinar la densidad de una cantidad de partículas de agregado fino (sin incluir los vacíos en ella), la densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción del material. La muestra requerida para el ensayo se obtiene de acuerdo con la norma INVE-202 y se omite el secado previo de las muestras antes del periodo de inmersión, para así obtener valores de absorción y densidad relativa más altos y significativos, por tanto, se emplean en su condición normal. Se cubre la muestra con agua de manera que quede sumergida y se mantiene en este estado por 24 ± 4 horas.

Una vez terminado el periodo de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extiende sobre una superficie no absorbente, se inicia con el proceso de secado de la superficie de las partículas buscando que el material alcance la condición de saturado superficialmente seco (SSS) verificando mediante la prueba de cono descrita en la norma INV E-222

El picnómetro se llena parcialmente por agua y se separan 500 gramos de la muestra en condición SSS para introducirlos en el picnómetro, se agrega agua hasta un 90% de su capacidad.

Mediante la bomba de vacío y la acción de girar, agitar o invertir el picnómetro se eliminan las burbujas de aire para proseguir y llevar el nivel de agua hasta la marca de capacidad del picnómetro para determinar su masa total (Picnómetro+ Muestra + Agua)

Se remueve el agregado fino del picnómetro y se seca hasta masa constante a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ para posteriormente registrar la masa.



Foto 51 Inmersión de material fino.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 52 Retiro de agua en muestras.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 53 Secado de muestra.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 54 Prueba del cono para muestra SSS.
Fuente: Desarrollado por autores

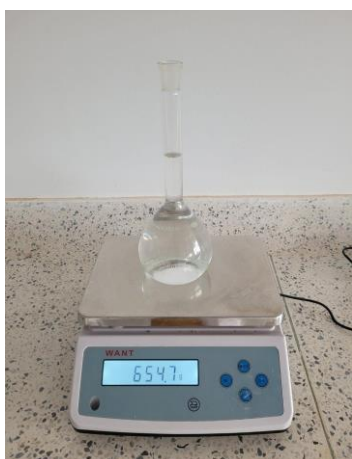


Foto 55 Matraz con agua.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 56 Ingreso de material fino en matraz con agua.
Fuente: Desarrollada por autores

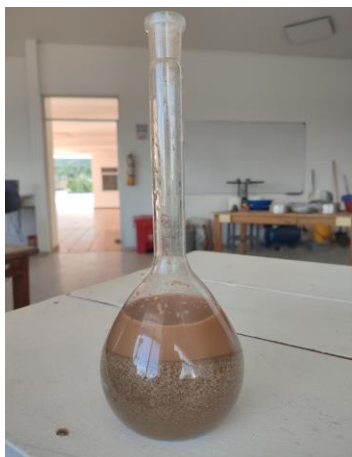


Foto 57 Matraz con agua + muestra.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 58 Retiro de vacíos con bomba de vacíos.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 59 Retiro de vacíos con bomba de vacíos.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 60 Muestra con vacíos.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 61 Muestra sin vacíos.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 62 Muestra seca después de ensayo.
Fuente: Desarrollada por autores

DR-SH: Densidad relativa (gravedad específica) seca

DR-SSS: Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca

DRA-SH: Densidad Relativa Aparente (gravedad específica aparente) seca

D-SH: Densidad seca

D-SSS: Densidad saturada superficialmente seca

DA-SH: Densidad aparente seca

Tabla 20 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 1.

Punto 1					
Detalle	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Peso matraz (g) =	150.90	151.60	158.10	150.90	151.60
Peso matraz + agua (g) =	646.60	646.80	654.70	647.60	648.60
Temperatura del agua (°C) =	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
Peso de la muestra (g) =	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso matraz + agua + muestra (g) =	956.50	958.10	964.50	957.00	958.40
Temperatura de la muestra (°C) =	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Peso seco (g) =	493.10	493.30	493.10	494.10	492.60

Fuente: Desarrollado por autores

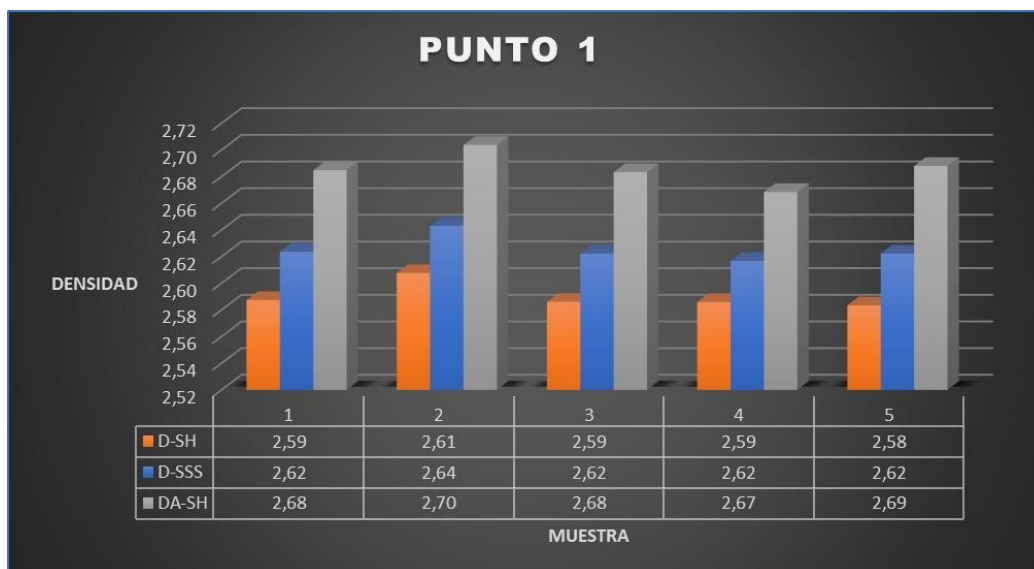
Tabla 21 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 1.

Muestra	DR - SH	DR - SSS	DRA - SH	D - SH	D - SSS	DA - SH	ABSORCION (%)
Muestra 1	2.59	2.63	2.69	2.59	2.62	2.68	1.40
Muestra 2	2.61	2.65	2.71	2.61	2.64	2.70	1.36
Muestra 3	2.59	2.63	2.69	2.59	2.62	2.68	1.40
Muestra 4	2.59	2.62	2.68	2.59	2.62	2.67	1.19
Muestra 5	2.59	2.63	2.69	2.58	2.62	2.69	1.50

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 37 Promedios del laboratorio de densidad relativa del punto de extracción 1. Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 38 Promedios del laboratorio de densidad de agregado fino del punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 39 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado fino del punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 22 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 2.

Punto 2					
DETALLE	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Peso matraz (g) =	157.30	150.90	157.30	150.90	152.00
Peso matraz + agua (g) =	652.70	647.00	652.70	647.00	647.90
Temperatura del agua (°C) =	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
Peso de la muestra (g) =	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso matraz + agua + muestra (g) =	955.40	950.80	955.60	949.70	950.60
Temperatura de la muestra (°C) =	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00

Peso seco (g) =	492.80	493.60	494.70	493.80	494.40
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 23 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 2.

Muestra	DR - SH	DR - SSS	DRA - SH	D - SH	D - SSS	DA - SH	ABSORCION (%)
Muestra 1	2.50	2.53	2.59	2.49	2.53	2.59	1.46
Muestra 2	2.52	2.55	2.60	2.51	2.54	2.59	1.30
Muestra 3	2.51	2.54	2.58	2.50	2.53	2.57	1.07
Muestra 4	2.50	2.53	2.58	2.50	2.53	2.58	1.26
Muestra 5	2.51	2.53	2.58	2.50	2.53	2.57	1.13

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 40 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado fino del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 41 Promedios del laboratorio de densidad de agregado fino del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 42 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado fino del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 24 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 3.

PUNTO 3					
DETALLE	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Peso matraz (g) =	155.40	152.08	157.80	155.40	152.08
Peso matraz + agua (g) =	650.90	646.90	653.40	650.90	646.90
Temperatura del agua (°C) =	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
Peso de la muestra (g) =	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso matraz + agua + muestra (g) =	960.30	956.40	963.00	959.90	955.50
Temperatura de la muestra (°C) =	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
Peso seco (g) =	492.80	493.40	492.20	492.50	492.60

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 25 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados finos punto 3

Muestra	DR - SH	DR - SSS	DRA - SH	D - SH	D - SSS	DA - SH	ABSORCION (%)
Muestra 1	2.59	2.62	2.69	2.58	2.62	2.68	1.46
Muestra 2	2.59	2.62	2.68	2.58	2.62	2.68	1.34
Muestra 3	2.59	2.63	2.70	2.58	2.62	2.69	1.58
Muestra 4	2.58	2.62	2.68	2.57	2.61	2.68	1.52
Muestra 5	2.57	2.61	2.68	2.57	2.61	2.67	1.50

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 43 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado fino del punto de extracción 3.
Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 44 Promedios del laboratorio de densidad de agregado fino del punto de extracción 3.
Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 45 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado fino del punto de extracción 3.

Fuente: Desarrollado por autores

INV-E 223 Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso

Se describe el procedimiento para determinar la densidad de una cantidad de partículas de agregado grueso, la densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción del agregado material

Los agregados para este ensayo están constituidos por el material ya preparado y separado por el procedimiento INV E-213 y una vez separada la muestra de agregado grueso se sumerge en agua a temperatura ambiente, durante un periodo de 24 ± 4 horas

Después del periodo de inmersión, se secan las partículas sobre un paño absorbente para eliminar el agua superficial visible, para posteriormente determinar su masa en la condición saturada superficialmente seca (SSS). Con ayuda de un recipiente de gran tamaño, una balanza equilibrada, una canastilla metálica y una cuerda que soporte la tensión de la muestra, se registran las masas de las muestras sumergidas en agua

Se secan las muestras en un Horno con capacidad de mantener una temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 24 horas hasta masa constante.



Foto 63 Inmersión de agregado grueso.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 64 Retiro de agua a la muestra.
Fuente: Desarrollado por autores

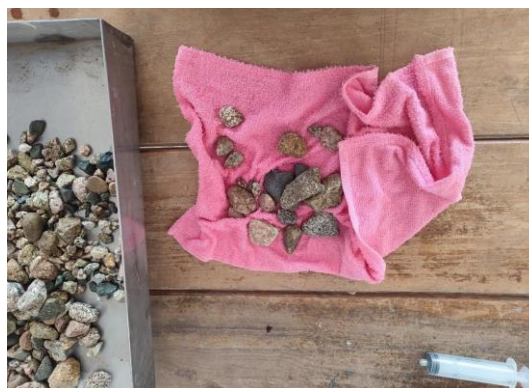


Foto 65 Secado de la muestra.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 66 Muestra seca.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 67 Toma de temperatura del agua de inmersión.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 68 Equipo de trabajo para inmersión de muestras.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 69 Inmersión de agregado grueso.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 70 Agregado grueso seco.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 26 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 1.

Punto 1					
DETALLE	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Peso muestra SSS (g) =	4749.30	4892.60	4981.40	4951.70	4856.10
Peso muestra sumergida (g) =	2800.20	2800.30	2934.50	2916.90	2924.50
Peso muestra seca (g) =	4654.30	4799.40	4884.40	4851.90	4766.80
Temperatura agua de inmersión =	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 27 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 1.

Muestra	DR - SH	DR - SSS	DRA - SH	D - SH	D - SSS	DA - SH	ABSORCION (%)
Muestra 1	2.39	2.44	2.51	2.38	2.43	2.50	2.04
Muestra 2	2.29	2.34	2.40	2.29	2.33	2.39	1.94
Muestra 3	2.39	2.43	2.50	2.38	2.43	2.50	1.99
Muestra 4	2.38	2.43	2.51	2.38	2.43	2.50	2.06
Muestra 5	2.47	2.51	2.59	2.46	2.51	2.58	1.87

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 46 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado grueso del punto de extracción 1.
Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 47 Promedios del laboratorio de densidad de agregado grueso del punto de extracción 1.
Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 48 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado grueso del punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 28 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 2.

Punto 2					
DETALLE	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Peso muestra inicial (g) =	4719.00	5064.50	4660.80	4591.10	4886.80
Peso muestra SSS (g) =	4815.10	5167.50	4762.90	4695.90	5000.80
Peso muestra sumergida (g) =	2974.10	3186.30	2945.70	2887.90	3076.00
Peso muestra seca (g) =	4714.60	5062.90	4656.50	4590.50	4884.70
Temperatura agua de inmersión =	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 29 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 2.

Muestra	DR - SH	DR - SSS	DRA - SH	D - SH	D - SSS	DA - SH	ABSORCION (%)
Muestra 1	2.56	2.62	2.71	2.55	2.61	2.70	2.13
Muestra 2	2.56	2.61	2.70	2.55	2.60	2.69	2.07
Muestra 3	2.56	2.62	2.72	2.56	2.61	2.72	2.28
Muestra 4	2.54	2.60	2.70	2.53	2.59	2.69	2.30
Muestra 5	2.54	2.60	2.70	2.53	2.59	2.69	2.38

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 49 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado grueso del punto de extracción 2.
Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 50 Promedios del laboratorio de densidad de agregado grueso del punto de extracción 2.
Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 51 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado grueso del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 30 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 3

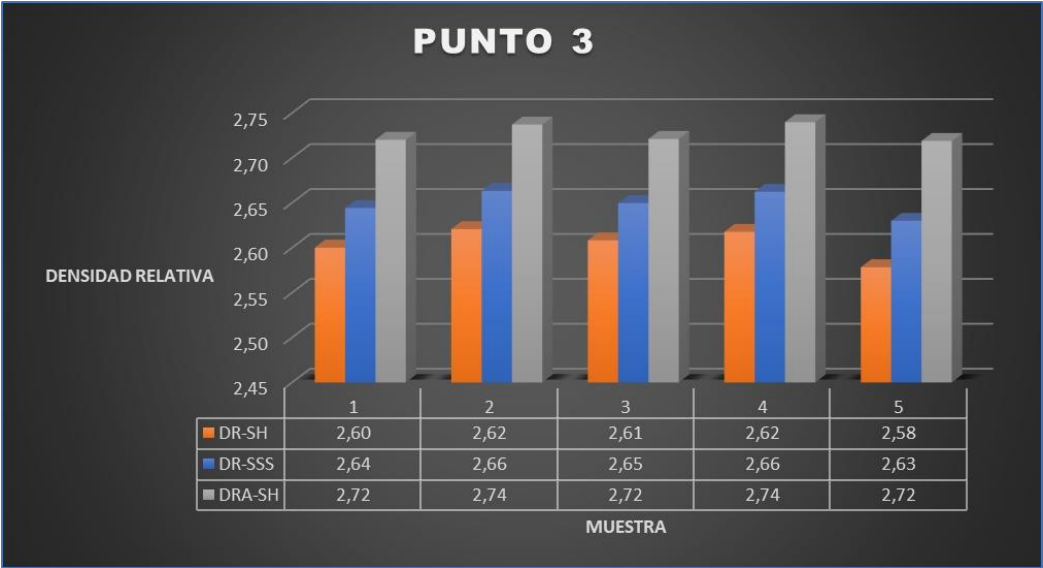
Punto 3					
DETALLE	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Peso muestra SSS (g) =	4311.50	4513.70	4546.10	4632.10	4164.60
Peso muestra sumergida (g) =	2681.00	2818.90	2830.40	2892.20	2581.10
Peso muestra seca (g) =	4239.50	4441.60	4474.90	4554.60	4082.70
Temperatura agua de inmersión =	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 31 Densidad relativa, densidad y absorción de agregados gruesos punto 3

Muestra	DR - SH	DR - SSS	DRA - SH	D - SH	D - SSS	DA - SH	ABSORCION (%)
Muestra 1	2.60	2.64	2.72	2.59	2.64	2.71	1.70
Muestra 2	2.62	2.66	2.74	2.61	2.66	2.73	1.62
Muestra 3	2.61	2.65	2.72	2.60	2.64	2.71	1.59
Muestra 4	2.62	2.66	2.74	2.61	2.66	2.73	1.70
Muestra 5	2.58	2.63	2.72	2.57	2.62	2.71	2.01

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 52 Promedios del laboratorio de densidad relativa de agregado grueso del punto de extracción 3.
Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 53 Promedios del laboratorio de densidad de agregado grueso del punto de extracción 3.
Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 54 Promedios del laboratorio de Absorción de agregado grueso del punto de extracción 3.

Fuente: Desarrollado por autores

INV-E 217 Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados gruesos en estado compacto y suelto

Se describe el método para determinar la densidad de bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de agregados gruesos en condición compacta y suelta.

La muestra se debe obtener de acuerdo con el procedimiento establecido en las practicas INV E-202 y el tamaño de la muestra debe ser aproximadamente entre el 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente de la muestra. Se seca la muestra de agregado hasta obtener una masa constante en un horno con capacidad de mantener una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ$.

Se realiza la calibración del recipiente para el ensayo mediante el método de agua y el vidrio para determinar su volumen exacto, posteriormente se registra su masa.

Para el agregado en estudio en condición compacta, se vierte en el recipiente el agregado necesario para llenarlo un tercio de su volumen, se apisona con una varilla la capa con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre la superficie, y se repite el procedimiento con dos capas más hasta llegar a la superficie enrasando la superficie del agregado.

Para la condición suelta, se llena el recipiente con ayuda de un cucharon hasta colmarlo para finalmente enrasar y registrar su peso.



Foto 71 Muestras destinadas para peso bulk.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 72 Calibración de equipo (método del agua y vidrio).
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 73 Peso bulk en condición suelta.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 74 Enrasado de peso bulk en condición suelta.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 75 Peso bulk estado suelto.
Fuente: Desarrollado por autores

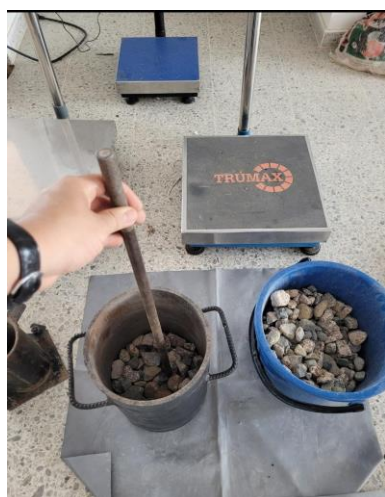


Foto 76 Primera capa de peso bulk en condición compacta.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 77 Peso bulk en condición compacta
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 78 Enrasada peso bulk en condición compacta.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 79 Peso bulk en condición compacta.
Fuente: Desarrollado por autores

Estado compacto

Tabla 32 Peso bulk agregado grueso en condición compacto punto 1

Punto 1				
Muestra	Gruesos, Compacto			
	Compacto	M (Kg/m ³)	GS	% vacíos
Muestra 1	29.52	1485.44	2.39	0.38
Muestra 2	29.78	1510.80	2.29	0.34
Muestra 3	29.61	1494.22	2.39	0.37
Muestra 4	30.01	1533.23	2.38	0.36
Muestra 5	29.52	1485.44	2.47	0.40

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 55 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado compacto del punto de extracción 1.
Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 33 Peso bulk agregado grueso en condición compacto punto 2

Punto 2				
Muestra	Gruesos, Compacto			
	Compacto	M (Kg/m ³)	GS	% vacíos
Muestra 1	30.12	1543.96	2.56	0.40
Muestra 2	30.06	1538.11	2.56	0.40
Muestra 3	30.62	1592.73	2.56	0.38
Muestra 4	29.81	1513.72	2.54	0.40
Muestra 5	30.20	1551.76	2.54	0.39

Fuente: Desarrollada por autores

**Grafica 56** Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado compacto del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 34 Peso bulk agregado grueso en condición compacto punto 3

Punto 3				
Muestra	Gruesos, Compacto			
	Compacto	M	GS	% vacíos
Muestra 1	30.36	1567.37	2.60	0.40
Muestra 2	30.4	1571.27	2.62	0.40
Muestra 3	30.47	1578.10	2.61	0.39
Muestra 4	30.64	1594.68	2.62	0.39
Muestra 5	30.65	1595.65	2.58	0.38

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 57 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado compacto del punto de extracción 3.

Fuente: Desarrollado por autores

Estado suelto

Tabla 35 Peso bulk agregado grueso en condición suelto punto 1

Punto 1				
Muestra	Gruesos, Suelto			
	Suelto (Kg)	M	GS	% vacíos
Muestra 1	28.65	1400.58	2.39	0.41
Muestra 2	28.71	1406.44	2.29	0.39
Muestra 3	28.27	1363.52	2.39	0.43
Muestra 4	28.17	1353.77	2.38	0.43
Muestra 5	28.45	1381.08	2.47	0.44

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 58 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado suelto del punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 36 Peso bulk agregado grueso en condición suelto punto 2

Punto 2				
Muestra	Gruesos, Suelto			
	Suelto (Kg)	M	GS	% vacíos
Muestra 1	28.86	1421.07	2.56	0.44
Muestra 2	29.02	1436.67	2.56	0.44
Muestra 3	29.08	1442.52	2.56	0.44
Muestra 4	29.24	1458.13	2.54	0.42
Muestra 5	28.83	1418.14	2.54	0.44

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 59 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado suelto del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 37 Peso bulk agregado grueso en condición compacto suelto 3

Punto 3				
Muestra	Gruesos, suelto			
	Suelto	M	GS	% vacíos
Muestra 1	29.38	1471.78	2.60	0.43
Muestra 2	29.34	1467.88	2.62	0.44
Muestra 3	28.78	1413.26	2.61	0.46
Muestra 4	29.19	1453.25	2.62	0.44
Muestra 5	28.68	1403.51	2.58	0.45

Fuente: Desarrollada por autores

**Grafica 60** Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado grueso en estado suelto del punto de extracción 3.

Fuente: Desarrollado por autores

INV-E 217 Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados finos en estado compacto y suelto

Se describe el método para determinar la densidad de bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de agregados finos en condición compacta y suelta.

La muestra se debe obtener de acuerdo con el procedimiento establecido en las practicas INV E-202 y el tamaño de la muestra debe ser aproximadamente entre el 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente de la muestra. Se seca la muestra de agregado hasta obtener una masa constante en un horno con capacidad de mantener una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ$.

Se realiza la calibración del recipiente para el ensayo mediante el método de agua y el vidrio para determinar su volumen exacto, posteriormente se registra su masa

Para el agregado en estudio en condición compacta, se vierte en el recipiente el agregado necesario para llenarlo un tercio de su volumen, se apisona con una varilla la capa con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre la superficie, y se repite el procedimiento con dos capas más hasta llegar a la superficie enrasando la superficie del agregado.

Para la condición suelta, se llena el recipiente con ayuda de un cucharón hasta colmarlo para finalmente enrasar y registrar su peso.



Foto 80 Muestra de agregado fino.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 81 Calibración del recipiente (método del agua y vidrio)
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 82 Ingreso de material al molde.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 83 Primera capa de material fino en condición compacta.
Fuente: Desarrollada por autores



Foto 84 Enrasado de muestra en condición compacta.

Fuente: Desarrollada por autores



Foto 85 Peso bulk en condición compacta.

Fuente: Desarrollada por autores



Foto 86 Muestra en condición suelta.

Fuente: Desarrollada por autores



Foto 87 Peso Bulk en condición suelta.

Fuente: Desarrollada por autores

Estado compacto

Tabla 38 Peso bulk agregado fino en condición compacto punto 1

PUNTO 1				
Muestra	Finos, Compacto			
	Compacto	M	GS	% vacíos
Muestra 1	7.73	1776.17	2.59	0.31
Muestra 2	7.72	1769.80	2.61	0.32
Muestra 3	7.74	1782.54	2.59	0.31
Muestra 4	7.71	1763.44	2.59	0.32
Muestra 5	7.68	1744.34	2.59	0.33

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 61 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado compacto del punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 39 Peso bulk agregado fino en condición compacto punto 1

PUNTO 2				
Muestra	Finos, Compacto			
	Compacto	M	GS	% vacíos
Muestra 1	7.75	1788.90	2.50	0.28
Muestra 2	7.78	1808.00	2.52	0.28
Muestra 3	7.86	1858.93	2.51	0.26
Muestra 4	7.69	1750.70	2.50	0.30
Muestra 5	7.87	1865.30	2.51	0.25

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 62 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado compacto del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 40 Peso bulk agregado fino en condición compacto punto 3

PUNTO 3				
Muestra	Finos, Compacto			
	Compacto	M	GS	% vacíos
Muestra 1	7.7	1757.07	2.59	0.32
Muestra 2	7.76	1795.27	2.59	0.31
Muestra 3	7.77	1801.63	2.59	0.30
Muestra 4	7.79	1814.37	2.58	0.29
Muestra 5	7.77	1801.63	2.57	0.30

Fuente: Desarrollada por autores

**Grafica 63** Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado compacto del punto de extracción 3.

Fuente: Desarrollado por autores

Estado suelto**Tabla 41** Peso bulk agregado fino en condición suelta punto 1

PUNTO 1				
Muestra	Finos, Suelto			
	Suelto	M	GS	% vacíos
Muestra 1	7.49	1623.38	2.59	0.37
Muestra 2	7.53	1648.85	2.61	0.37
Muestra 3	7.53	1648.85	2.59	0.36
Muestra 4	7.41	1572.45	2.59	0.39
Muestra 5	7.52	1642.48	2.59	0.36

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 64 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado suelto del punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 42 Peso bulk agregado fino en condición suelto punto 2

PUNTO 2				
Muestra	Finos, Suelto			
	Suelto	M	GS	% vacíos
Muestra 1	7.29	1496.06	2.50	0.40
Muestra 2	7.36	1540.62	2.52	0.39
Muestra 3	7.39	1559.72	2.51	0.38
Muestra 4	7.41	1572.45	2.50	0.37
Muestra 5	7.45	1597.92	2.51	0.36

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 65 Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado suelto del punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 43 Peso bulk agregado fino en condición suelto punto 3

PUNTO 3				
Muestra	Finos, Suelto			
	Suelto	M	GS	% vacíos
Muestra 1	7.52	1642.48	2.59	0.36
Muestra 2	7.52	1642.48	2.59	0.36
Muestra 3	7.5	1629.75	2.59	0.37
Muestra 4	7.51	1636.11	2.58	0.36
Muestra 5	7.53	1648.85	2.57	0.36

Fuente: Desarrollada por autores

**Grafica 66** Promedios de laboratorio Peso Bulk agregado fino en estado suelto del punto de extracción 3.

Fuente: Desarrollado por autores

INV- E 133 equivalente de arena de suelos y agregados finos

Se describe el procedimiento para determinar bajo condiciones normalizadas, las proporciones relativas de polvo y material de apariencia arcillosa o finos plásticos presentes en suelos o agregados finos de tamaño inferior a 4,75mm. La muestra de ensayo se obtiene y reduce de acuerdo al procedimiento de la norma INV E–202

Se separa las muestras para el ensayo con el material que pasa por el tamiz No. 4 empleando el procedimiento A de norma INV E-133, se humedece la muestra para evitar la segregación o pérdida de finos durante la operación de cuarteo y una vez obtenido el espécimen se seca la muestra en el horno a $110 \pm 5^\circ$.

Se llenan los tubos graduados de solución de trabajo de cloruro de calcio hasta registrar una altura de $4 \pm 0,1$ ", con ayuda del irrigador, el cual debe estar a una altura de 90 ± 5 cm por encima de la superficie de trabajo. Con ayuda del embudo se vierte los especímenes de ensayo en los tubos graduados y se deja el tubo graduado en reposo por 10 minutos (periodo de humedecimiento)

Al cumplir este tiempo, se afloja el material del fondo invirtiéndolo parcialmente y agitándolo, para mediante el método manual agitar el cilindro graduado 90 ciclos en un lapso de tiempo de 30 segundo.

Inmediatamente después de la operación de agitación, se coloca el tubo graduado en posición vertical y se remueve el tapón para llevar a cabo el proceso de irrigación. Se deja en reposo el cilindro graduado con su contenido durante 20 minutos y se toman las lecturas de arcilla arena.



Foto 88 Muestra destinada a ensayo de equivalente de arena.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 89 Cuarteo de muestras.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 90 Prueba de humedad de la muestra.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 91 Muestras destinadas a secar en horno.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 92 Solución de trabajo en tubos graduados.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 93 Agitado de muestras.

Fuente: Desarrollada por autores



Foto 94 Muestras después de 10 minutos de agitado.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 95 Agitado por 90 ciclos durante 30 segundos.

Fuente: Desarrollado por autores



Foto 96 Llenado de tubo graduado con solución de trabajo.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 97 Muestra con solución de trabajo después de 20 minutos de reposo. **Fuente:** Desarrollado por autores



Foto 98 Lectura Equivalente de arena.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 99 Lectura Equivalente de arena.
Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 44 Equivalente de arena punto 1

PUNTO 1									
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Lectura		Lectura		Lectura		Lectura		Lectura	
Arena (ln)	2.7	Arena (ln)	2.9	Arena (ln)	3.1	Arena (ln)	3	Arena (ln)	2.8
Arcilla (ln)	2.95	Arcilla (ln)	3.1	Arcilla (ln)	3.4	Arcilla (ln)	3.35	Arcilla (ln)	3.1
Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20
EA (%)	91.53	EA (%)	93.55	EA (%)	91.18	EA (%)	89.55	EA (%)	90.32

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 67 Promedios del laboratorio de Equivalente de arena del punto de extracción 1.
Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 45 Equivalente de arena punto 2

PUNTO 2									
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Lectura		Lectura		Lectura		Lectura		Lectura	
Arena (In)	3.4	Arena (In)	3.6	Arena (In)	3.6	Arena (In)	3.4	Arena (In)	3.4
Arcilla (In)	3.8	Arcilla (In)	3.8	Arcilla (In)	4	Arcilla (In)	4.1	Arcilla (In)	3.9
Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20
EA (%)	89.47	EA (%)	94.74	EA (%)	90.00	EA (%)	82.93	EA (%)	87.18

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 68 Promedios del laboratorio de Equivalente de arena del punto de extracción 2.
Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 46 Equivalente de arena punto 3

PUNTO 3									
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Lectura		Lectura		Lectura		Lectura		Lectura	
Arena (In)	3.4	Arena (In)	3.5	Arena (In)	3.6	Arena (In)	3.4	Arena (In)	3.4
Arcilla (In)	3.9	Arcilla (In)	3.9	Arcilla (In)	4	Arcilla (In)	4	Arcilla (In)	3.8
Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20	Tiempo (min)	20
EA (%)	87.18	EA (%)	89.74	EA (%)	90.00	EA (%)	85.00	EA (%)	89.47

Fuente: Desarrollada por autores

**Grafica 69** Promedios del laboratorio de Equivalente de arena del punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores

8.5. Caracterización de propiedades mecánicas

INV-E 218 resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 1/2") por medio de la máquina de los ángeles

Se describe el procedimiento realizado para medir la resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaño menor a 37,5 mm (1 ½) por medio de la máquina de los ángeles.

Los agregados para este ensayo están constituidos por el material ya preparado y separado por el procedimiento INV E-213. Se elige la granulometría (A) completando así una masa total de 5000 ± 10 gramos. La carga para realizar el ensayo consistirá por 12 esferas de acero producto de la granulometría utilizada

Se ingresa cada muestra en la máquina de los ángeles en conjunto con las 12 esferas de acero para ser ensayada a una velocidad comprendida entre 188 y 208 red/minuto hasta completar 500 revoluciones. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito se retira la muestra ensayada.

Se realiza la separación preliminar de la muestra empleando un tamiz de abertura de 1,70 mm (No. 12), se lava el material retenido y se seca en el horno, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ hasta masa constante para posteriormente determinar su masa.



Foto 100 Esferas de acero.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 101 Muestras destinadas para ingreso a máquina de los ángeles. **Fuente:** Desarrollado por autores



Foto 102 Muestras después de realizar ensayo en máquina de los ángeles. **Fuente:** Desarrollado por autores



Foto 103 Muestras después de ingresar en máquina de los ángeles. **Fuente:** Desarrollado por autores



Foto 104 Tamizado de muestras.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 105 Resultado de tamizado de muestras.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 106 Lavado de muestras.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 107 Muestras después de lavado.
Fuente: Desarrollado por autores



Foto 108 Muestras secas.
Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 47 Resistencia a la degradación en la máquina de los ángeles punto 1

PUNTO 1									
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Tamaño	Peso	Tamaño	Peso	Tamaño	Peso	Tamaño	Peso	Tamaño	Peso
1"	1339.1	1"	1743.1	1"	1558.3	1"	1699.4	1"	1215.4
3/4"	1825.4	3/4"	1786.5	3/4"	2021.4	3/4"	1644.5	3/4"	1796.8
1/2"	1232.6	1/2"	914.3	1/2"	892	1/2"	921.9	1/2"	1255.3
3/8"	606.9	3/8"	561.4	3/8"	528.5	3/8"	741.4	3/8"	736.9
P1	5004.00	P1	5005.30	P1	5000.20	P1	5007.20	P1	5004.40
P2	3499.6	P2	3461	P2	3334.8	P2	3215.5	P2	3224
% pérdida	30.06	% pérdida	30.85	% pérdida	33.31	% pérdida	35.78	% pérdida	35.58

Fuente: Desarrollada por autores

**Grafica 70** Promedio de laboratorio Degradación por máquina de los ángeles en el punto de extracción 1.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 48 Resistencia a la degradación en la máquina de los ángeles punto 2

PUNTO 2									
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Tamaño	Peso	Tamaño	Peso	Tamaño	Peso	Tamaño	Peso	Tamaño	Peso
1"	1519.5	1"	1855.2	1"	1359.3	1"	1680.9	1"	1543.1
3/4"	1813.4	3/4"	1607.7	3/4"	1974.9	3/4"	1765.9	3/4"	1785.4
1/2"	1125.8	1/2"	943.3	1/2"	1015.9	1/2"	1021.8	1/2"	1047.2
3/8"	539.3	3/8"	596	3/8"	652.8	3/8"	533.1	3/8"	628.1
P1	4998.00	P1	5002.20	P1	5002.90	P1	5001.70	P1	5003.80
P2	3152.2	P2	3319.2	P2	3238.8	P2	3463.6	P2	3236.5
% pérdida	36.93	% pérdida	33.65	% pérdida	35.26	% pérdida	30.75	% pérdida	35.32

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 71 Promedio de laboratorio Degradación por máquina de los ángeles en el punto de extracción 2.

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 49 Resistencia a la degradación en la máquina de los ángeles punto 3

PUNTO 3									
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Tamaño	Peso	Tamaño	Peso	Tamaño	Peso	Tamaño	Peso	Tamaño	Peso
1"	1945.8	1"	1618.9	1"	2363	1"	1854.5	1"	1743.6
3/4"	1528.4	3/4"	1712.8	3/4"	1621	3/4"	1882.2	3/4"	1488.9
1/2"	988	1/2"	1299.5	1/2"	858.7	1/2"	1110	1/2"	1378.5
3/8"	539.3	3/8"	373.8	3/8"	156.3	3/8"	162.4	3/8"	392.7
P1	5001.50	P1	5005.00	P1	4999.00	P1	5009.10	P1	5003.70
P2	3567.9	P2	3539.7	P2	3656.6	P2	3546.7	P2	3532.6
% pérdida	28.66	% pérdida	29.28	% pérdida	26.85	% pérdida	29.19	% pérdida	29.40

Fuente: Desarrollada por autores



Grafica 72 Promedio de laboratorio Degradación por máquina de los ángeles en el punto de extracción 3.

Fuente: Desarrollado por autores

8.6. Comparación con normas técnicas

Para el contraste de los resultados obtenidos con la normatividad a fin, se tiene el análisis estadístico que determina por cada característica física o mecánica del material, la variable o resultado correspondiente a toda la zona de estudio. Los parámetros de las diferentes características que la norma NTC 174 describe para agregados gruesos y finos, son comparados con los resultados obtenidos en esta investigación. (Tabla 50 y 51)

Tabla 50 Contraste de características y sus valores de la NTC174 y resultados obtenidos en la presente investigación.

AGREGADO FINO			
Detalle	NTC 174	Resultado obtenido	Condición
Análisis granulométrico			
Modulo de finura	2.3 - 3.1	3.66	No cumple dado que el resultado obtenido es mayor al rango permitido
Sustancias dañinas en agregados finos			
Terrones de arcilla y partículas deleznales	< 3.00	0.68	Cumple dado que el resultado obtenido está dentro del rango permitido
Material que pasa el tamiz No.200			
Concreto sujeto a abrasión	< 3.00	2.40	Cumple dado que el resultado obtenido está dentro del rango permitido

Todos los demás concretos	5.00	2.40	Cumple dado que el resultado obtenido está dentro del rango permitido
---------------------------	------	------	---

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 51 Contraste de características y sus valores de la NTC174 y resultados obtenidos en la presente investigación.

AGREGADO GRUESO			
Detalle	NTC 174	Resultado obtenido	Condición
Terrones de arcilla y partículas deleznales			
Tipo construcción concreto 5S	< 2.00	0.68	Cumple dado que el resultado obtenido está dentro del rango permitido
Tipo construcción concreto 4S, 5M	< 3.00	0.68	Cumple dado que el resultado obtenido está dentro del rango permitido
Tipo construcción concreto 2S, 3S, 2M, 3M, 4M, 1N	< 5.00	0.68	Cumple dado que el resultado obtenido está dentro del rango permitido
Tipo construcción concreto 1S, 1M, 2N	< 10.00	0.68	Cumple dado que el resultado obtenido está dentro del rango permitido
Abrasión			
Todo tipo construcción concreto	< 50.00	32.06	Cumple dado que el resultado obtenido está dentro del rango permitido

Fuente: Desarrollada por autores

La norma NTC describe los parámetros de calidad del agregado para su uso en concretos mediante ensayos como: Terrones de arcillas y partículas deleznales, material que pasa el tamiz No.200, abrasión, presencia de impurezas, modulo de finura y gradación del material.

Para la presencia de impurezas orgánicas, se considera que la arena de los puntos 1-2-3 no contiene componentes orgánicos perjudiciales para la preparación de morteros o concretos hidráulico, dado que el color del líquido que sobrenada por encima de la muestra de ensayo es más claro que el color de referencia.

En cuanto al análisis granulométrico, teniendo en cuenta que el material de estudio era crudo de río al no ser expuesto a trituración, ninguno de las granulometrías cumple con los parámetros máximos y mínimos descritos en la norma NTC 174 y a su vez el módulo de finura sobrepasa el valor máximo permitido establecido para agregados finos.

9. Discusión de resultados

Los resultados estadísticos descriptivos obtenidos de este estudio son producto del análisis en el software INFOSTAT el cual presenta de cada variable las medidas de resumen, posteriormente se realizan las pruebas de hipótesis en un análisis de varianza (ANOVA) para medir diferencias significativas entre las variables dependientes realizando el test tukey contrastando las medias de cada punto para una representación más clara de los resultados.

Hipótesis

Para la interpretación estadística se plantean 2 hipótesis que están sujetas a p – valor, si p - valor > 0.05 se aceptan la hipótesis esto quiere decir que se toma la hipótesis planteada (H_p), caso contrario si $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis y se toma la hipótesis alterna.

Hipótesis planteada (H_p) = Todas las variedades presentan igual rendimiento

Hipótesis alterna (H_a) = Al menos una variedad presenta distinto rendimiento al resto

P-valor = 0.05

$P_v > 0.05$ Acepta la hipótesis

$P_v < 0.05$ Se rechaza la hipótesis planteada

Cv = coeficiente de variación

Tabla 52 Nomenclatura utilizada.

Material que pasa por el tamiz 200 % INVE-216	MPT
Contenido total de agua evaporable % INVE-214	ATE
Terrones de arcilla y partículas deleznales % INVE-211	DTA
1 cara fracturada % INVE-227	CF1
2 cara fracturada % INVE- 227	CF2
Índice aplanamiento % INVE- 230	IPLA

Índice alargamiento % INVE- 230	IALAR
Resistencia a la degradación de agregados % INVE- 218	%RDG
Equivalente de arena % INVE- 133	%EA
Módulo de finura	%MF

Fuente: Desarrollada por autores

Tabla 53 Detalle de hipótesis.

Variable	C.V	P - valor	HIPOTESIS
MPT	24,38	0,0005	Se rechaza la hipótesis planteada
ATE	33,4	0,1153	Se acepta la hipótesis
DTA	37,98	0,1024	Se acepta la hipótesis
CF1	13,97	0,0533	Se acepta la hipótesis
CF2	8,03	0,0075	Se rechaza la hipótesis planteada
IPLA	17,67	0,0355	Se rechaza la hipótesis planteada
IALAR	23,97	0,4971	Se acepta la hipótesis
%RDG	7,49	0,0132	Se rechaza la hipótesis planteada
%EA	2,09	0,0813	Se acepta la hipótesis
%MF	8,45	0,1284	Se acepta la hipótesis

Fuente: Desarrollado por autores

Los puntos catalogados con la misma letra se consideran estadísticamente iguales, pero numéricamente mayores en orden descendente, esto quiere decir que si presentan la misma letra pueden llegar a ofrecer el mismo rendimiento.

Los valores de ATE,DTA,%EA,MF presentan similitud estadística en los 3 puntos, aun así numéricamente reflejan un valor más bajo en el punto 3.

MPT

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,10142

Error: 0,3714 gl: 8

Punto Medias n E.E.

2	3,39	5	0,27	A
1	2,90	5	0,27	A
3	0,91	5	0,27	B

ATE

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,53448

Error: 1,9668 gl: 8

Punto Medias n E.E.

1	5,32	5	0,63	A
2	4,05	5	0,63	A
3	3,21	5	0,63	A

DTA

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,46626

Error: 0,0666 gl: 8

Punto Medias n E.E.

2	0,88	5	0,12	A
1	0,69	5	0,12	A
3	0,47	5	0,12	A

CF1

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,26919

Error: 20,9368 gl: 8

Punto Medias n E.E.

1	37,20	5	2,05	A
3	32,35	5	2,05	A B
2	28,71	5	2,05	B

CF2

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,82140

Error: 23,8265 gl: 8

IPLA

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,36322

Error: 5,8291 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
2	66,65	5	2,18	A
3	62,27	5	2,18	A
1	53,39	5	2,18	B

IALAR**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,40973***Error: 21,6545 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
1	21,00	5	2,08	A
3	19,81	5	2,08	A
2	17,43	5	2,08	A

%EA**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,37492***Error: 3,4875 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
1	91,23	5	0,84	A
2	88,86	5	0,84	A
3	88,28	5	0,84	A

Punto	Medias	n	E.E.	
3	16,10	5	1,08	A
1	13,71	5	1,08	A B
2	11,17	5	1,08	B

RDG**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,33838***Error: 5,7629 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
2	34,38	5	1,07	A
1	33,12	5	1,07	A
3	28,68	5	1,07	B

%MF**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,55908***Error: 0,0957 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
2	3,92	5	0,14	A
1	3,56	5	0,14	A
3	3,50	5	0,14	A

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
MPT	15	2,40	1,28	0,33	53,30	0,67	4,54	2,67
ATE	15	4,19	1,71	0,44	40,70	1,86	7,48	4,76
DTA	15	0,68	0,27	0,07	39,18	0,24	1,08	0,64
CF1	15	32,75	5,70	1,47	17,39	24,99	45,50	31,16
CF2	15	60,77	7,36	1,90	12,12	48,39	70,69	63,68
IPLA	15	13,66	3,11	0,80	22,78	8,95	19,75	13,54
IALAR	15	19,41	4,32	1,12	22,27	12,64	29,14	19,02
RDG	15	32,06	3,21	0,83	10,00	26,85	36,93	30,85
%MF	15	3,66	0,31	0,08	8,39	3,33	4,47	3,59
%EA	15	89,46	3,00	0,78	3,36	82,93	94,74	89,74

(resultados estadísticos descriptivos)

Densidades y absorción de agregado fino**Tabla 54 Nomenclatura utilizada**

Densidad relativa INVE-222	DR- SH
Densidad relativa INVE-222	DR-SSS
Densidad relativa aparente INVE-222	DRA-SH
Densidad (Kg/m3) INVE-222	D-SH
Densidad (Kg/m3) INVE-222	D-SSS
Densidad APARENTE (Kg/m3) INVE-222	DA-SH
Absorción % INVE-222	ABS

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 55 Detalle de la hipótesis.

Variable	C.V	P - valor	Hipótesis
DR- SH	0,27	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
DR-SSS	0,26	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
DRA-SH	0,4	0,6204	Se acepta la hipótesis
D-SH	0,24	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
D-SSS	0,17	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
DA-SH	0,41	0,6933	Se acepta la hipótesis
ABS	10,05	0,0724	Se acepta la hipótesis

Fuente: Desarrollado por autores

Los puntos catalogados con la misma letra se consideran estadísticamente iguales, pero numéricamente mayores en orden descendente, esto quiere decir que si presentan la misma letra pueden llegar a ofrecer el mismo rendimiento.

El coeficiente de variabilidad para para los valores de DR-SH,DR-SSS, D-SSS presentan similitud tanto en coeficiente de variabilidad como en la comparativa de medias respecto a los puntos. En DRA-SH se obtuvo un valor estadístico y numéricamente igual. DA-SH presenta coincidencia estadística contrario a D-SH

DR-SH

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01256

Error: 0,0000 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
1	2,59	5	3,1E-03	A
3	2,58	5	3,1E-03	A
2	2,45	5	3,1E-03	B

DR-SSS

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01235

Error: 0,0000 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
1	2,63	5	3,1E-03	A
3	2,62	5	3,1E-03	A
2	2,54	5	3,1E-03	B

DRA-SH

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01966

Error: 0,0001 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
2	2,69	5	4,9E-03	A
1	2,69	5	4,9E-03	A
3	2,69	5	4,9E-03	A

D-SH

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01119

Error: 0,0000 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
1	2,59	5	2,8E-03	A
3	2,58	5	2,8E-03	B
2	2,44	5	2,8E-03	C

D-SSS

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00808

Error: 0,0000 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
1	2,62	5	2,0E-03	A
3	2,62	5	2,0E-03	A
2	2,53	5	2,0E-03	B

DA-SH

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01993

Error: 0,0001 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
2	2,69	5	4,9E-03	A
1	2,68	5	4,9E-03	A
3	2,68	5	4,9E-03	A

ABS

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,24775

Error: 0,0188 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.
3	1,48	5	0,06 A
1	1,37	5	0,06 A
2	1,24	5	0,06 A

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Min	Máx	Mediana
DR-SH	15	2,54	0,07	0,02	2,78	2,44	2,61	2,59
DR-SSS	15	2,60	0,05	0,01	1,73	2,53	2,65	2,62
DRA-SH	15	2,69	0,01	2,4E-03	0,34	2,68	2,71	2,69
D-SH	15	2,54	0,07	0,02	2,85	2,43	2,61	2,58
D-SSS	15	2,59	0,04	0,01	1,68	2,53	2,64	2,62
DA-SH	15	2,68	0,01	2,3E-03	0,34	2,67	2,70	2,68
ABS	15	1,36	0,15	0,04	11,01	1,07	1,58	1,40

(resultados estadísticos descriptivos)

Densidades y absorción de agregado grueso

Tabla 56 Nomenclatura utilizada

Densidad relativa INVE- 223	DR- SH
Densidad relativa INVE- 223	DR-SSS
Densidad relativa aparente INVE- 223	DRA-SH
Densidad (Kg/m3) INVE-223	D-SH
Densidad (Kg/m3) INVE-223	D-SSS
Densidad aparente (Kg/m3) INVE- 223	DA-SH
Absorción % INVE- 223	ABS

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 57 Detalle de la hipótesis.

Variable	C.V	P - valor	Hipótesis
DR- SH	1,74	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
DR-SSS	1,55	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
DRA-SH	1,54	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
D-SH	1,67	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
D-SSS	1,68	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
DA-SH	1,61	0,0001	Se rechaza la hipótesis planteada
ABS	6,35	0,0007	Se rechaza la hipótesis planteada

Fuente: Desarrollado por autores

Los puntos catalogados con la misma letra se consideran estadísticamente iguales, pero numéricamente mayores en orden descendente, esto quiere decir que si presentan la misma letra pueden llegar a ofrecer el mismo rendimiento.

El coeficiente de variabilidad para para los valores de DR-SH,DR-SSS,DRA-SH,D-SH,D-SSS,DA-SH presentan un coeficiente de variabilidad bajo entre el análisis de las muestras, coincidiendo en el orden de rendimiento de los puntos (3,2,1, por su parte ABS presenta un valor más alto en el punto 2.

DR-SH**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07902***Error: 0,0019 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
3	2,61	5	0,02	A
2	2,55	5	0,02	A
1	2,38	5	0,02	B

DR-SSS**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07187***Error: 0,0016 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
3	2,65	5	0,02	A
2	2,61	5	0,02	A
1	2,43	5	0,02	B

DRA-SH**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07345***Error: 0,0017 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
3	2,73	5	0,02	A
2	2,69	5	0,02	A
1	2,50	5	0,02	B

D-SH**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07567***Error: 0,0018 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
3	2,60	5	0,02	A
2	2,54	5	0,02	A
1	2,38	5	0,02	B

D-SSS**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07766***Error: 0,0018 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
3	2,64	5	0,02	A
2	2,60	5	0,02	A
1	2,43	5	0,02	B

DA-SH**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07653***Error: 0,0018 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
3	2,72	5	0,02	A
2	2,70	5	0,02	A
1	2,49	5	0,02	B

ABS**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22707***Error: 0,0158 gl: 8*

Punto	Medias	n	E.E.	
2	2,23	5	0,06	A
1	1,98	5	0,06	B
3	1,72	5	0,06	C

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
----------	---	-------	------	------	----	-----	-----	---------

DR-SH	15	2,51	0,10	0,03	4,14	2,29	2,62	2,56
DR-SSS	15	2,56	0,10	0,03	4,06	2,34	2,66	2,61
DRA-SH	15	2,64	0,11	0,03	4,13	2,40	2,74	2,69
D-SH	15	2,51	0,10	0,03	4,07	2,29	2,61	2,55
D-SSS	15	2,56	0,10	0,03	4,06	2,33	2,66	2,60
DA-SH	15	2,64	0,11	0,03	4,22	2,39	2,73	2,69
ABS	15	1,98	0,25	0,06	12,42	1,59	2,38	2,01

(resultados estadísticos descriptivos)

Pesos unitarios y vacíos agregado grueso

Tabla 58 Nomenclatura utilizada

Peso unitario compacto (Kg/m3) INVE-217	PUC
Peso unitario suelto (Kg/m3) INVE-217	PUS
Porcentaje de vacíos % compacto INVE-217	%VC
Porcentaje de vacíos % suelto INVE-217	%VS

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 59 Detalle de la hipótesis.

Variable	C.V	P - valor	Hipótesis
PUC	1,59	0,0029	Se rechaza la hipótesis planteada
PUS	1,62	0,0058	Se rechaza la hipótesis planteada
%VC	4,26	0,0909	Se acepta la hipótesis
%VS	3,02	0,0527	Se acepta la hipótesis

Fuente: Desarrollado por autores

Los puntos catalogados con la misma letra se consideran estadísticamente iguales, pero numéricamente mayores en orden descendente, esto quiere decir que si presentan la misma letra pueden llegar a ofrecer el mismo rendimiento.

Tanto PUC como PUS coinciden estadísticamente en un valor mayor de peso unitario para en punto 3, para %VC se encuentra una coincidencia estadística en los 3 puntos presentando una hipótesis de igual rendimiento en los 3 puntos, numéricamente el punto 2 ofrece un valor más elevado

PUC
Test: Tukey Alfa=0,05
DMS=44,27100
 Error: 600,0994 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.
3	1581,41	5	10,96 A
2	1548,06	5	10,96 A

PUS
Test: Tukey Alfa=0,05
DMS=41,66193
 Error: 531,4510 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.
3	1441,94	5	10,31 A
2	1435,31	5	10,31 A

1 1501,83 5 10,96 B

%VC

Test:Tukey Alfa=0,05

DMS=0,02970

Error: 0,0003 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
2	0,39	5	0,01	A
3	0,39	5	0,01	A
1	0,37	5	0,01	A

1 1381,08 5 10,31 B

%VS

Test:Tukey Alfa=0,05

DMS=0,02368

Error: 0,0002 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
3	0,44	5	0,01	A
2	0,44	5	0,01	A B
1	0,42	5	0,01	B

%VS

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02368

Error: 0,0002 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
3	0,44	5	0,01	A
2	0,44	5	0,01	A B
1	0,42	5	0,01	B

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
PUC	15	1543,77	39,31	10,15	2,55	1485,44	1595,65	1543,96
PUS	15	1419,44	36,14	9,33	2,55	1353,77	1471,78	1418,14
%VC	15	0,39	0,02	4,6E-03	4,59	0,34	0,40	0,39
%VS	15	0,43	0,02	4,3E-03	3,87	0,39	0,46	0,44

(resultados estadísticos descriptivos)

Pesos unitarios y vacíos agregado fino

Tabla 60 Nomenclatura utilizada

Peso unitario compacto (Kg/m3) INVE-217	PUC
Peso unitario suelto (Kg/m3) INVE-217	PUS
Porcentaje de vacíos % compacto INVE-217	%VC
Porcentaje de vacíos % suelto INVE-217	%VS

Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 61 Detalle de la hipótesis.

Variable	C.V	P - valor	Hipótesis
PUC	1,81	0,1313	Se acepta la hipótesis
PUS	1,88	0,0061	Se rechaza la hipótesis planteada
%VC	17,27	0,6764	Se acepta la hipótesis
%VS	3,35	0,428	Se acepta la hipótesis

Fuente: Desarrollado por autores

Los puntos catalogados con la misma letra se consideran estadísticamente iguales, pero numéricamente mayores en orden descendente, esto quiere decir que si presentan la misma letra pueden llegar a ofrecer el mismo rendimiento.

Las variables PUC,%VC,%VS estadísticamente ofrecen el mismo rendimiento, por su parte PUS presento un coeficiente de variabilidad mayor a los demás y se rechaza la hipótesis planteada, es notorio el valor mayor de porcentaje de vacíos en estado suelto y compacto en el punto 1

PUC

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=58,70591

Error: 1055,2322 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
2	1814,37	5	14,53	A
3	1793,99	5	14,53	A
1	1767,26	5	14,53	A

PUS

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=53,67695

Error: 882,1859 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
1	1627,20	5	13,28	A
3	1553,35	5	13,28	B
2	1553,35	5	13,28	B

%VC

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09466

Error: 0,0027 gl: 8

Punto	Medias	n	E.E.	
1	0,32	5	0,02	A
3	0,30	5	0,02	A
2	0,29	5	0,02	A

%VS

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02201

Error: 0,0001 gl: 8

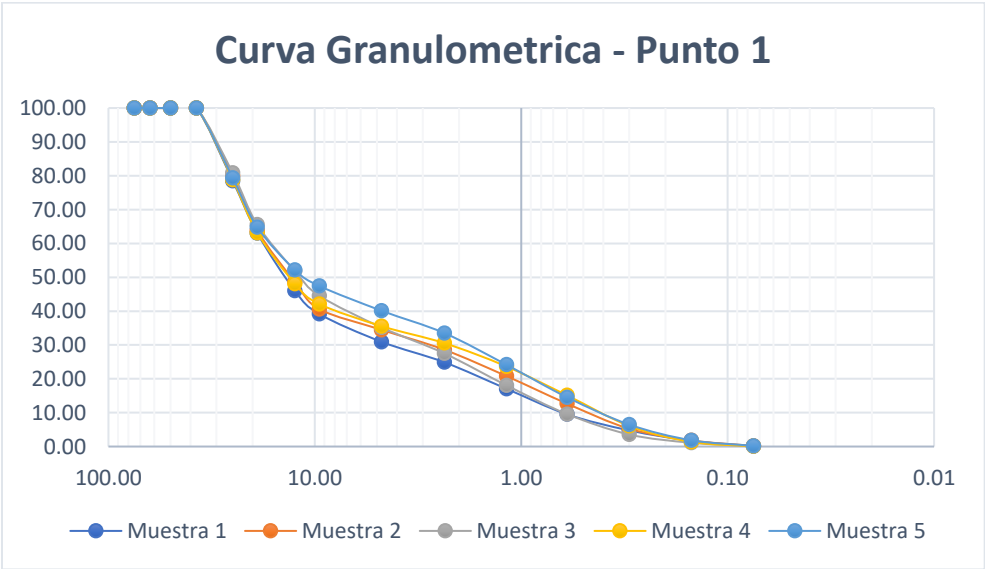
Punto	Medias	n	E.E.	
1	0,37	5	0,01	A
3	0,36	5	0,01	A
2	0,36	5	0,01	A

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
PUC	15	1791,87	35,52	9,17	1,98	1744,34	1865,30	1788,90
PUS	15	1577,97	49,30	12,73	3,12	1496,06	1648,85	1572,45
%VC	15	0,30	0,05	0,01	15,99	0,23	0,44	0,31
%VS	15	0,36	0,01	3,1E-03	3,25	0,34	0,39	0,36

(resultados estadísticos descriptivos)

Análisis granulométrico

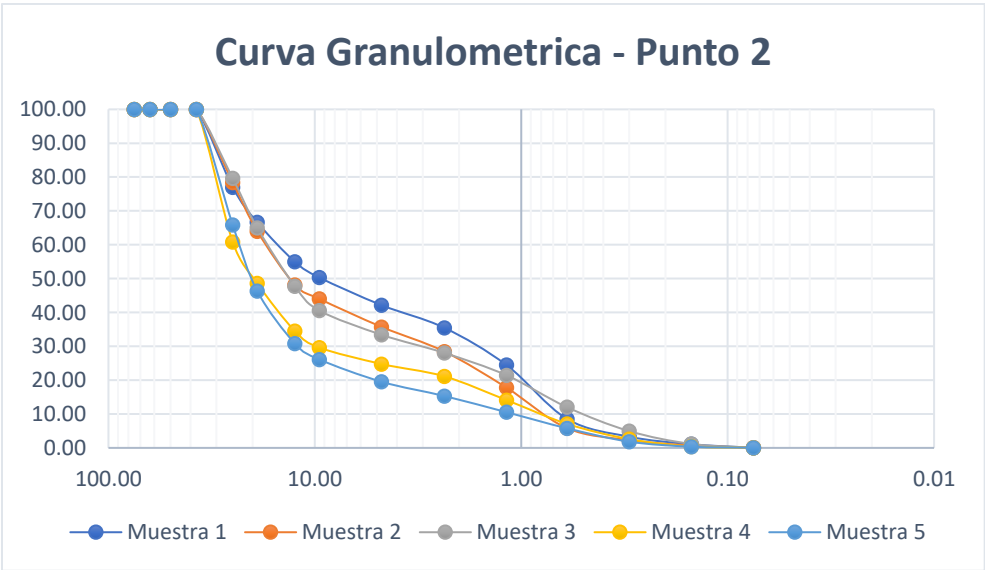


Grafica 73 Curva granulométrica de las 5 muestras del punto 1. **Fuente:** Desarrollado por autores

Tabla 62 Modulo de finura del punto 1

Punto 1	Modulo de Finura	
Muestra 1	3.73	%
Muestra 2	3.45	%
Muestra 3	3.86	%
Muestra 4	3.33	%
Muestra 5	3.45	%

Fuente: Desarrollado por autores

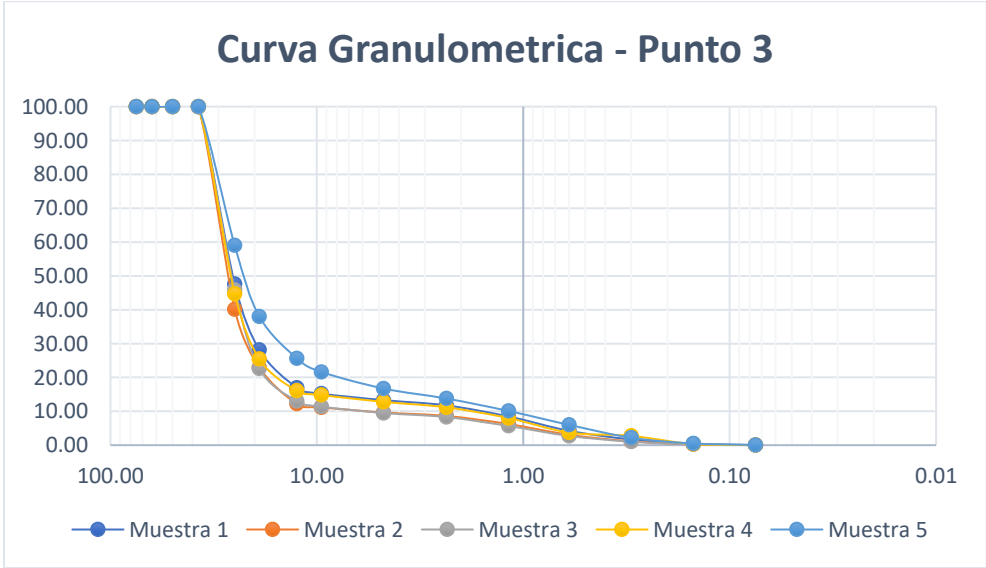


Grafica 74 Curva granulométrica de las 5 muestras del punto 2. **Fuente:** Desarrollado por autores

Tabla 63 Modulo de finura del punto 2

Punto 2	Modulo de Finura
Muestra 1	3.71 %
Muestra 2	3.94 %
Muestra 3	3.51 %
Muestra 4	4.47 %
Muestra 5	3.96 %

Fuente: Desarrollado por autores



Grafica 75 Curva granulométrica de las 5 muestras del punto 3. Fuente: Desarrollado por autores

Tabla 64 Modulo de finura del punto 3

Punto 3	Modulo de Finura
Muestra 1	3.38 %
Muestra 2	3.41 %
Muestra 3	3.59 %
Muestra 4	3.38 %
Muestra 5	3.72 %

Fuente: Desarrollado por autores

10. Conclusiones

De los parámetros de calidad descritos por la norma NTC 174 para su uso en concretos mediante ensayos como: Terrones de arcillas y partículas deleznales, material que pasa el tamiz No.200, abrasión, presencia de impurezas y gradación del material ofrecen resultados favorables y óptimos para la fabricación de concretos en el municipio de Mocoa

Dado que el material de estudio era crudo de río y no fue expuesto a procesos de trituración mecánica, el material producto del transporte de sedimentos de la quebrada Taruca no cumple con los parámetros granulométricos establecidos en la norma NTC 174. Esta conclusión se basa en los resultados del análisis granulométrico realizado, el cual evidenció que el material presenta una granulometría fuera de los rangos especificados en la norma y a su vez el módulo de finura sobrepasa el valor máximo permitido establecido para agregados finos. El material podría ser adecuado para su uso en la construcción si se somete a procesos de tratamiento previos, como la clasificación por tamaño o la trituración.

Las muestras de arena de los puntos 1, 2 y 3 de esta investigación, no presentaron impurezas orgánicas que afecten la elaboración de morteros o concreto hidráulico. Esto se confirma porque el color del líquido sobrenadante en la prueba de ensayo es más claro que el color de referencia, demostrando la baja cantidad de materia orgánica presente en ellas.

El material sedimentado presenta en mayor proporción (con una media total de 60.77%) un total de 2 o más caras fracturadas, frente a una cara fracturada (con una media total de 32.75%), esto implica que el material podría tener buena adherencia en el concreto y por ende mejoraría la trabajabilidad y resistencia.

Los resultados con la menor variabilidad resultante en los 3 puntos analizados fueron los de densidad, gravedad específica y porcentaje de vacíos, por lo tanto, si se extrae material en cualquier punto del tramo analizado se encontrará valores similares en estas propiedades analizadas.

Dentro de las características físicas la forma del material presentó porcentajes más altos en índices de alargamiento (19.41%) que de aplanamiento (13.66%).

En la identificación del material se encontró mayor presencia de granitos, y a su vez que la mayoría de material en la zona de estudio es aportada por el Monzogranito de Mocoa, constituido por rocas ígneas intrusivas ideales para ser utilizadas en materiales de construcción.

11. Recomendaciones

El material sedimentado de la quebrada Taruca podrá ser usado como agregado para la producción de concretos siempre y cuando se realicen los ensayos de interacción propiedades del agregado-Resistencia del concreto.

Para una determinación más sólida se debe realizar la caracterización química, con el ánimo de una evaluación más completa de las interacciones de las propiedades en el material de arrastre con los agentes trasformadores.

12. Bibliografía

Abanto Rojas, E. (2019). Universidad César Vallejo, Perú. *Análisis de calidad de agregados para el diseño de mezclas de concreto $f'c$: 210kg/cm² y $f'c$:245kg/cm²; distrito de Bagua-Amazonas*, 156.

Agencia Nacional de Minería. (06 de enero de 2017). *Caracterización de la actividad minera departamental*. Obtenido de Agencia Nacional de Minería:

https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets_narino_01-06-2017.pdf

Bonilla, G. (s.f.). Caracterización de agregados por zonas geográficas. *Extensión del método del manual de Concreto Estructural*.

Bracamonte Miranda, A. J., Vertel Morinson, M. L., & Cepeda Coronado, J. A. (s.f.). Universidad del Sucre. *Caracterización físico-mécanica de agregados pétreos de la formación geológica Toluviejo (Sucre) para producción de concreto*, 8.

Chan Yam, J. L., Solís Carcaño, R., & Iván Moreno, E. (2003). Construcción FIUDAY. *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto*, 9.

Ferreira Cuellar, D. A., & Torres López, K. M. (2014). Universidad Católica de Colombia. *Caracterización física de agregados petreos para concretos caso: Vista Hermosa (Mosquera) y Mina Cemex (Apulo)*, 44.

Ferrel Sinte, H., & Moreano Huacan, E. (2019). Universidad Tecnológica de los Andes, Perú. *Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de las canteras en el sector de Pachachaca-Abancay y su influencia en la resistencia del concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurimac*, 238.

Huffington Salas, R., Mora Martinez, I., & Apshana Brito, Y. (2013). Fundación Universitaria del Área Andina. *Caracterización del material de arrastre del río Cesar, como agregado en la construcción de obras civiles, en el municipio de Valledupar, departamento del Cesar*, 8.

León, M. P., & Ramirez, F. (2010). Pontifica Universidad Javeriana. *Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes*.

Lopez, L., & Sepulveda, D. (s.f.). Universidad Católica de Colombia. *Caracterización física de diferentes muestras de agregados petreos para el concreto - zona norte de Bogotá*, 5.

Mendoza Camey, V. G. (2008). Universidad de San Carlos, Guatemala. *Evaluación de la calidad de agregados para concretos, en el departamento de Totonicapán*, 114.

Navarro Braga, L. L., Gonzales Hortúa, J. A., & Grandas Cárdenas, D. F. (2014). Universidad Cooperativa de Colombia. *Caracterización del material de arrastre del rio Guayuriba a la altura del puente el Palmar en la vía que conduce al municipio de San Carlos de Guaroa - Departamento del Meta*, 87.

Olarte Buleje, Z. (2017). Universidad tecnológica de los Andes, Perú. *Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles*, 547.

Vásquez Rojas, C. R. (2015). Universidad Nacional de San Martín, Argentina. *Tecnología de materiales*, 19.

13. Anexos

CONSTANCIA

El geotecnólogo encargado como apoyo técnico y supervisión en los procesos de realización de ensayos de laboratorio de los grupos de investigación del programa de Ingeniería Civil

Hace constar:

Que los estudiantes de Ingeniería Civil, ANGIE XIMENA VALLEJOS BASTIDAS identificada con CC 1088739140 y código estudiantil 3115181310 y DIEGO FERNANDO MONTOYA TORO con CC 1123335325 y código estudiantil 3115181278, realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos del Instituto Tecnológico del Putumayo, los ensayos: Contenido de agua evaporable de los agregados por secado, determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz No 200 de los agregados pétreos mediante lavado, análisis granulométrico de los agregados grueso y fino, presencia de impurezas orgánicas en arenas, determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados, densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto y compacto, densidad, densidad relativa y absorción de agregados finos y gruesos, porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso, índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados, resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaños mayores de $\frac{3}{4}$ " por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles y equivalente de arena de suelos y agregados finos, que corresponden a la tesis de investigación intitulada "CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL MATERIAL PRODUCTO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE LA QUEBRADA TARUCA PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS EN EL MUNICIPIO DE MOCOA", de acuerdo a las normas y especificaciones INVIAS 2012 de agregados pétreos, dando estricto cumplimiento a los parámetros en ellas establecidos, haciendo el uso correcto de los equipos de laboratorio y total responsabilidad durante su permanencia en sus labores realizadas.

Se expide este documento a solicitud de los interesados para los fines que vean conveniente.

Firmado en el municipio de Mocoa, el día 20 de noviembre de 2023



SILVIO FABRICIO CABRERA SOLIS
T.P: 19516-00195 CAU