

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS
DIFERENTES UNIDADES DE LA TIERRA BLANCA JOVEN
(TBJ) EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR
(AMSS)**

PRESENTADO POR:

**LAURA GABRIELA CUÉLLAR ZALDAÑA
JHOSSE ENMANUEL RODRÍGUEZ GARCÍA
KEVIN ERNESTO RODRÍGUEZ HENRÍQUEZ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO(A) CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO 2021

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ph.D. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

ING. ANIBAL RODOLFO ORTIZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO(A) CIVIL

Título :

**CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS
DIFERENTES UNIDADES DE LA TIERRA BLANCA JOVEN
(TBJ) EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR
(AMSS)**

Presentado por :

**LAURA GABRIELA CUÉLLAR ZALDAÑA
JHOSSE ENMANUEL RODRÍGUEZ GARCÍA
KEVIN ERNESTO RODRÍGUEZ HENRÍQUEZ**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

**INGRA. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJÍA
ING. JOSÉ MIGUEL LANDAVERDE QUIJADA**

San Salvador, enero 2021

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

INGRA. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJÍA

ING. JOSÉ MIGUEL LANDAVERDE QUIJADA

AGRADECIMIENTO

A DIOS TODOPODEROSO por bendecirnos, protegernos e iluminarnos en este camino que un día decidimos emprender y que hoy estamos culminando con éxito, los obstáculos fueron muchos, pero en su infinita misericordia Dios tenía un plan perfecto y nos regaló sabiduría e inteligencia para sacar adelante nuestro Trabajo de Graduación.

A nuestra querida e inolvidable Alma Mater Universidad de El Salvador por formarnos, capacitarnos y proveernos del conocimiento necesario para enfrentar el diario vivir como Profesionales y de esta manera colaborar y aportar en el desarrollo de nuestro País.

A la Escuela de Ingeniería Civil por forma parte de nuestra formación académica como profesionales de la Ingeniería Civil.

A la Oficina de Planeación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), por su colaboración y apoyo de manera constante durante el desarrollo de nuestro Trabajo de Graduación, a través de información actualizada, asesoría técnica, acompañamiento en visitas técnicas y de campo.

A los diferentes Profesionales de la Universidad de El Salvador y de la OPAMSS, que con su valiosa colaboración enriquecieron este trabajo brindándonos su apoyo para la elaboración de este trabajo de graduación, especialmente a: **Ing. Lesly E. Mendoza, Ing. José Miguel Landaverde, Ing. José Alexander Chávez, Ing. Mauricio Vázquez, PhD. Jaroslav Lexa y PhD. Jiri Sebesta.**

Además, nuestros agradecimientos especiales para aquellas personas que colaboraron incondicionalmente durante el desarrollo de nuestro Trabajo de Graduación.

DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme lograr una meta tan anhelada como lo es culminar mis estudios universitarios, Él fue quien me dio la fortaleza y la sabiduría para poder superar cada obstáculo.

De igual forma, dedico esta tesis a mis abuelos, **Noel Armando Cuéllar y Aracely de Cuéllar**, quienes me formaron con buenos sentimientos, hábitos y valores, quienes creyeron en mí y me motivaron a seguir sin importar lo difícil que fuera la situación; todo el esfuerzo y la lucha de sacarme adelante ahora tiene su fruto.

A mi abuela, **Ana Milagro Tejada** (Q.E.P.D.), por su amor y apoyo a lo largo de mi vida, siempre la llevo en mi corazón y en mi mente.

A mis padres, **Saúl Ernesto Cuéllar y Laura Yamilleth Zaldaña**, por su amor, por todo el sacrificio que ambos realizaron, contribuyendo en mi formación académica, por todos sus consejos y apoyo incondicional en mi carrera universitaria.

A mi hermano, **Arnoldo José Cuéllar**, por siempre estar conmigo, compartiendo alegrías, tristezas y éxitos en toda mi etapa académica, que Dios los bendiga siempre.

A toda mi familia, tíos, tías y primos, muchas gracias por estar siempre conmigo y apoyarme siempre.

A mis amigos, **Jacqueline Reina, Fabiola Landaverde, Milagro Gutiérrez, Jhosse Rodríguez, César Espinoza, Kevin Rodríguez, William Al Barakat, José Jiménez, Ismael Romero y Mayensi Melgar**, quienes hicieron de este

camino algo que siempre recordaré y por cada uno de esos momentos que hicieron de la universidad algo más que estudio, una bonita experiencia de vida.

A mis compañeros de tesis, por haber logrado nuestro gran objetivo con mucha perseverancia, gracias por su apoyo y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

A mis asesores, **Ing. Lesly E. Mendoza, Ing. José Miguel Landaverde y al Ing. Ranulfo Cárcamo**, por su valiosa guía y asesoramiento en la realización del trabajo de graduación, aportando sus conocimientos y su tiempo para el desarrollo del mismo, deseando que Dios los bendiga.

A la **Universidad de El Salvador** por darme la oportunidad de formarme y prepararme para los diversos retos de la vida. De lo más profundo de mi corazón, ¡Muchas Gracias!

Laura Gabriela Cuéllar Zaldaña

DEDICATORIA

Ha sido un largo viaje lleno de alegrías, retos y cambios; y no puedo culminar esta etapa sin agradecer a quienes han sido parte de este logro:

A **DIOS TODOPODEROSO** por darme la vida, sabiduría e inteligencia para llegar a esta etapa de mi vida, por darme la fortaleza y las esperanzas para lograr culminar una de mis metas.

A **MIS PADRES Y HERMANOS**, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por los hábitos, valores, consejos, por confiar, creer y anhelar siempre lo mejor para mi vida.

A **MIS AMIG@S** que a lo largo de toda mi carrera universitaria formaron parte de esta aventura, que me han acompañado y apoyado durante estos años de esfuerzo académico, con los que compartimos alegrías y sueños de cumplir todas nuestras metas.

A **MIS COMPAÑEROS DE TESIS**, Laura Cuellar y Kevin Henríquez con quienes he tenido el honor de culminar con éxitos este trabajo de graduación, gracias por toda su dedicación, perseverancia, trabajo en equipo y en especial su amistad.

Agradecemos a nuestros asesores de tesis Ing. Lesly Mendoza e Ing. José Miguel Landaverde, por compartir sus conocimientos que fueron un apoyo fundamental en el desarrollo de la presente investigación.

Jhosse Enmanuel Rodríguez García

DEDICATORIA

“Después de una gran batalla, queda la celebración de los victoriosos”, ésta ha sido una lucha constante, para poder culminar con éxito, uno de mis más anhelados sueños, culminar mi carrera profesional. Dentro y fuera de la Alma Mater, quedan muchos recuerdos y experiencias a lo largo de toda la carrera, con muchos compañeros y amigos que fueron parte importante de mi crecimiento profesional.

Gracias a **DIOS**, por haber estado a mi lado, fortaleciéndome, guiándome y regalándome la inteligencia para poder asimilar todos los conocimientos necesarios para poder avanzar en mis estudios.

Gracias a **mis padres**, por ser los mejores guías, brindándome apoyo en todo momento y ver realizado su gran sueño de ver a sus hijos como profesionales.

A toda mi familia en general que de alguna manera me han acompañado en este camino y brindado su apoyo.

A todos mis amigos(as) a lo largo de mi carrera, los que de una u otra manera fueron parte fundamental, en la aventura de cursar cada materia, y sus particularidades: Jhosse Rodríguez, Laura Cuellar, Jacqueline Reina, Cesar Espinoza, Fabiola Landaverde, José Jiménez, Ismael Romero, Los que no aparezcan acá, pero que igualmente saben que se les aprecia, al igual a todos los que sin ser compañeros de Universidad me han acompañado siempre.

A mis compañeros de tesis, Laura y Jhosse, con quienes tengo el honor de culminar con éxito mi carrera, gracias por su lucha y su dedicación constante para salir adelante con la investigación apoyándonos y siendo un gran equipo de trabajo además de excelentes amigos.

A TODO EL STAFF DE DOCENTES, que formaron parte de mi proceso como Profesional, gracias por compartir sus valiosos conocimientos, desde mis profesores de Educación Básica, Educación media y Educación Superior, mis asesores de tesis, Ing. Lesly, Ing. José Landaverde y al Ing. Ranulfo Cárcamo, y demás planta docente, estoy totalmente agradecido con ustedes, gracias por todo su apoyo.

Kevin Ernesto Rodríguez Henríquez.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	XXV
CAPITULO No.1: GENERALIDADES.....	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
1.4. ALCANCES	7
1.5. LIMITACIONES.....	8
1.6. JUSTIFICACIÓN	9
CAPITULO No.2: MARCO TEORICO.....	11
2.1. INTRODUCCIÓN.....	12
2.2. GENERALIDADES DE LA GEOLOGÍA DE EL SALVADOR.....	12
2.2.1. ELEMENTOS GEOLOGICOS MAS IMPORTANTES DE EL SALVADOR	14
2.2.2. ELEMENTOS ESTATIGRAFICOS	16
2.3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR	18
2.3.1. GEOLOGIA EN EL AMSS	19
2.4. TIPO DE DEPÓSITOS GENERADOS POR LA CALDERA DE ILOPANGO	24
2.4.1. DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS DE CAÍDA	25
2.4.2. DEPÓSITOS DE FLUJOS PIROCLÁSTICOS	26
2.4.3. DEPÓSITOS DE OLEADAS PIROCLÁSTICAS (SURGES).....	28
2.5. TIERRA BLANCA JOVEN (TBJ)	28
2.5.1. ESTATIGRAFIA DE LA TBJ	31
2.5.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA TBJ.....	35
2.6. PROPIEDADES DE LOS SUELOS CON USO INGENIERIL	36
2.7. RECOPIACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DE TBJ	38
2.7.1. UNIDAD C.....	39
2.7.2. UNIDAD D.....	41
2.7.3. UNIDAD IGNIMBRITA ALPHA	43

2.7.4.	UNIDAD E	44
2.7.5.	UNIDAD IGNIMBRITA BETA	48
2.7.6.	UNIDAD F	50
2.7.7.	UNIDAD G	53
2.8.	COMPARACIÓN CON OTROS RESULTADOS	55
CAPITULO No.3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		58
3.1.	INTRODUCCIÓN	59
3.2.	OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA	59
3.3.	VISITAS DE RECONOCIMIENTO	60
3.3.1.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	60
3.4.	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PUNTOS DE ESTUDIO	68
3.5.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS PUNTOS SELECCIONADOS	68
3.6.	OBTENCIÓN DE MUESTRAS	71
3.6.1.	MUESTRAS INALTERADAS	71
3.6.2.	MUESTRAS ALTERADAS	74
3.7.	RESULTADOS DE LABORATORIO	75
3.8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
CAPITULO No.4: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA		77
4.1.	INTRODUCCIÓN	78
4.2.	OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA	79
4.3.	SELECCIÓN PRELIMINAR DE PUNTOS DE MUESTREO	82
4.3.1.	PUNTOS DISTALES PRELIMINARES	85
4.3.2.	PUNTOS MEDIOS PRELIMINARES	96
4.3.3.	PUNTOS DISTALES PRELIMINARES	103
4.4.	SELECCIÓN DEFINITIVA DE LOS PUNTOS	117
4.5.	VISITAS DE CAMPO PARA EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN LOS PUNTOS DEFINITIVOS	121
4.5.1.	EXTRACCIÓN DE MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS	121
4.6.	RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO	122
4.6.1.	PUNTO PADRE ARRUIPE	122
4.6.2.	PUNTO UES	140
4.6.3.	PUNTO PROLONGACION BLVD. CONSTITUCION	145
4.6.4.	PUNTO REDONDEL INTEGRACION	147

4.6.5	PUNTO ARENAL SECO	162
CAPITULO No.5: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....		173
5.1.	INTRODUCCIÓN	174
5.2.	ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	176
5.2.1	COMPARACION DE RESULTADOS GRANULOMETRICOS CON CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DE LAS UNIDADES DE TBJ OBTENIDAS EN INVESTIGACIONES PREVIAS, PARA LA IDENTIFICACION DE LAS UNIDADES DE ESTUDIO.	176
5.2.2	RESUMEN DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE TBJ DEFINIDAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO SEGÚN LA ZONA DE ESTUDIO.	232
5.2.3	DESCRIPCION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE TBJ EN CADA PUNTO.	233
5.3.	CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE TBJ.	258
5.3.1	Unidad G.....	258
5.3.2	Unidad F	262
5.3.3	Unidad Ignimbrita Beta.....	265
5.3.4	Unidad E húmeda	268
5.3.5	Unidad E seca.....	271
5.3.6	Unidad Ignimbrita Alpha.....	274
5.3.7	Unidad D.....	277
CAPITULO No.6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		280
6.1.	CONCLUSIONES	281
6.1.1	RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS DIFERENTES UNIDADES EN LOS PUNTOS ESTUDIADOS	282
6.1.2	CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE TBJ RESPECTO AL FOCO DE EMISION.....	286
6.1.3	CONCLUSIONES GENERALES.....	289
6.2.	RECOMENDACIONES	290
6.3.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	293
ANEXOS.....		296

INDICE DE TABLAS

Tabla No 2.1: Elemento Geológicos más importantes de EL Salvador	15
Tabla No 2.2: Sucesión Estratigráfica de EL Salvador	17
Tabla No 2.3: Formaciones geológicas presentes en el AMSS.....	20
Tabla No 2.4: Estratigrafía y características de la geología presente en el AMSS.	23
Tabla No 2.5: Perfil de unidades geotécnicas de la TBJ.	31
Tabla No 2.6: Unidades que conforma la TBJ, desde la más profunda hasta la superficial	34
Tabla No 2.7: Propiedades físicas de los suelos.....	38
Tabla No 2.8: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad C.	40
Tabla No 2.9: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad D.	42
Tabla No 2.10: Recopilación de los resultados de laboratorio por diversos autores respecto a la unidad Ignimbrita Alpha.	44
Tabla No 2.11: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad E	48
Tabla No 2.12: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad Ignimbrita Beta	50
Tabla No 2.13: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad F.....	53
Tabla No 2.14: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad G.	54
Tabla 2.15 Otros resultados de las Propiedades físicas y mecánicas de los materiales presentes en el AMSS.	57
Tabla No 3.1 Ficha de recolección de información preliminar de datos en campo	70
Tabla No 3.2: Resumen de los ensayos a realizar en esta investigación.	75
Tabla No. 4.1 Resumen de información recopilada en Capítulo No. 3.	81
Tabla No. 4.2 Distancias de taludes de TBJ con respecto al foco de emisión.....	83
Tabla No. 4.3 Ficha de recolección de información en campo No. 4.1 para el punto Apopa Punto 1.	85
Tabla No. 4.4 Ficha de recolección de información en campo No. 4.2 para el punto Apopa Punto 2.	87

Tabla No. 4.5 Ficha de recolección de información en campo No. 4.3 para el punto Prolongación Blvd Constitución.	89
Tabla No. 4.6 Ficha de recolección de información en campo No. 4.4 para el punto Redondel Integración Punto 1.....	92
Tabla No. 4.7 Ficha de recolección de información en campo No. 4.5 para el punto Redondel Integración Punto 2.....	94
Tabla No. 4.8 Ficha de recolección de información en campo No. 4.6 para el punto UES Punto 1.....	96
Tabla No. 4.9 Ficha de recolección de información en campo No. 4.7 para el punto UES Punto 2.....	98
Tabla No. 4.10 Ficha de recolección de información en campo No. 4.8 para el punto Padre Arrupe.....	100
Tabla No. 4.11 Ficha de recolección de información en campo No. 4.9 para el punto San Jacinto.....	102
Tabla No. 4.12 Ficha de recolección de información en campo No. 4.10 para el punto Arenal Seco Punto 1.....	105
Tabla No. 4.13 Ficha de recolección de información en campo No. 4.11 para el punto Arenal Seco Punto 2.....	106
Tabla No. 4.14 Ficha de recolección de información en campo No. 4.12 para el punto Arenal Seco Punto 3.....	109
Tabla No. 4.15 Ficha de recolección de información en campo No. 4.13 para el punto Arenal Seco Punto 4.....	111
Tabla No. 4.16 Ficha de recolección de información en campo No. 4.14 para el punto Lago de Ilopango Punto 1.....	113
Tabla No. 4.17 Ficha de recolección de información en campo No. 4.15 para el punto Lago de Ilopango Punto 2.....	114
Tabla No. 4.18 Ficha de recolección de información en campo No. 4.16 para el punto Lago de Ilopango Punto 3.....	116
Tabla No. 4.19 Resumen de puntos visitados de forma preliminar.	118
Tabla No. 4.20 Ponderación según intervalos de cantidad de unidades.	119
Tabla No. 4.21 Ponderación según la facilidad de extracción de muestras y que no se encuentren en zonas de alto riesgo	119
Tabla No. 4.22 Comparación de criterios para seleccionar puntos definitivos.....	120
Tabla No. 4.23 Puntos seleccionados para la realización de extracción de muestras	121
Tabla No 4.24 Puntos muestreados y tipos de muestras extraídas por unidad.....	122

Tabla No. 4.25 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Padre Arrupe.	123
Tabla No. 4.26 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Padre Arrupe.	123
Tabla No. 4.27 Resultados granulométricos de posible unidad G, presentes en el Punto Padre Arrupe.	124
Tabla No 4.28 Resultados granulométricos de posible unidad F, presentes en el Punto Padre Arrupe.	125
Tabla No 4.29: Resultados granulométricos de posible unidad Ignimbrita Beta, presentes en el Punto Padre Arrupe.	126
Tabla No 4.30 Resultados granulométricos de posible unidad E Húmeda, presentes en el Punto Padre Arrupe.	127
Tabla No 4.31 Resultados granulométricos de posible unidad E seca, presentes en el Punto Padre Arrupe.	128
Tabla No 4.32 Resultados granulométricos de posible unidad Ignimbrita Alpha, presentes en el Punto Padre Arrupe.	129
Tabla No 4.33 Resultados granulométricos de posible unidad D, presentes en el Punto Padre Arrupe.	130
Tabla No 4.34 Resultados granulométricos de posible unidad C, presentes en el Punto Padre Arrupe.	131
Tabla No. 4.35 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto UES.	140
Tabla No 4.36: Resultados granulométricos de posible unidad G, presentes en el Punto UES.	141
Tabla No 4.37: Resultados granulométricos de posible unidad F, presentes en el Punto UES.	142
Tabla No. 4.38 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Prolongación Blvd Constitución.	145
Tabla No 4.39: Resultados granulométricos de posible unidad G, presentes en el Punto Prolongación Blvd Constitución.	146
Tabla No. 4.40 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Redondel Integración.	147
Tabla No. 4.41 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Redondel Integración.	147
Tabla No 4.42: Resultados granulométricos de posible unidad F, presentes en el Punto Redondel Integración.	148

Tabla No 4.43: Resultados granulométricos de posible unidad Beta, presentes en el Punto Redondel Integración.	149
Tabla No 4.44 Resultados granulométricos de posible unidad E Húmeda, presentes en el Punto Redondel Integración.....	150
Tabla No 4.45 Resultados granulométricos de posible unidad E Seca Inferior, presentes en el Punto Redondel Integración.....	151
Tabla No 4.46 Resultados granulométricos de posible unidad E Seca Superior, presentes en el Punto Redondel Integración.....	152
Tabla No 4.47 Resultados granulométricos de posible unidad Alpha, presentes en el Punto Redondel Integración.	153
Tabla No 4.48 Resultados granulométricos de posible unidad D, presentes en el Punto Redondel Integración.....	154
Tabla No. 4.49 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Arenal Seco.....	162
Tabla No 4.50 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Arenal seco	162
Tabla No 4.51: Resultados granulométricos de posible unidad Beta, presente en el punto Arenal Seco.....	163
Tabla No 4.52 Resultados granulométricos de posible unidad E húmeda, presente en el punto Arenal Seco.....	164
Tabla No. 4.53 Resultados granulométricos de posible unidad E seca, presente en el punto Arenal seco.....	165
Tabla No. 4.54 Resultados granulométricos de posible unidad Alpha, presente en el punto Arenal seco.....	166
Tabla No. 4.55 Resultados granulométricos de posible unidad Alpha, presente en el punto Arenal Seco.....	167
Tabla No. 5.1 Puntos analizados por zona.....	177
Tabla No. 5.2: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad G, en el punto Prolongación Blvd Constitución con resultados de investigaciones de los autores Miranda y Bautista.....	179
Tabla No. 5.3: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad F, en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.	183
Tabla No. 5.4: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Beta, en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Gómez.....	185

Tabla No. 5.5: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Húmeda, en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista.	187
Tabla No. 5.6: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Seca (Inferior), en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista	189
Tabla No. 5.7: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Seca (Superior), en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista	191
Tabla No. 5.8: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Alpha, en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.....	193
Tabla No. 5.9: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad D, en el punto Redondel Integración con unidad D de autoría propia y resultados de investigación del autor Bautista.....	195
Tabla No. 5.10: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad G, en el punto UES, con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda .	198
Tabla No. 5.11: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad F, punto UES con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda	200
Tabla No. 5.12: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad G, en el punto Padre Arrupe con resultados de investigaciones de los autores Miranda y Bautista.	204
Tabla No. 5.13: Comparación resultados granulométricos de la posible Unidad F, punto Padre Arrupe con resultados de investigaciones de los autores Miranda y Bautista. .	206
Tabla No. 5.14: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Beta, punto Padre Arrupe con los resultados de investigación de Bautista y Gómez.....	208
Tabla No. 5.15: Comparación resultados granulométricos de la posible Unidad E Húmeda, punto Padre Arrupe con la investigación de Bautista.....	210
Tabla No. 5.16: Comparación resultados granulométricos de la posible Unidad E Seca, punto Padre Arrupe con la investigación de Bautista	212
Tabla No. 5.17: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Alpha, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Bautista y Miranda	214
Tabla No. 5.18: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad D, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Bautista y Miranda	216
Tabla No. 5.19: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad C, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Bautista y Gómez.	218

Tabla No. 5.20: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad F, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista y Miranda	222
Tabla No. 5.21: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Húmeda, punto Arenal Seco con la investigación de Bautista	224
Tabla No. 5.22: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Seca, punto Arenal Seco con la investigación de Bautista.....	226
Tabla No. 5.23: Comparación resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Alpha Superior, punto Arenal Seco con las investigaciones de Miranda y Bautista....	228
Tabla No. 5.24: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Alpha Inferior, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista y Miranda	230
Tabla No. 5.25 Resumen de unidades de TBJ definidas en los puntos muestreados	232
Tabla No. 5.26: Cuadro resumen de las propiedades físicas de la unidad G presente en el punto Prolongación Blvd Constitución.....	233
Tabla No. 5.27: Cuadro resumen de las propiedades físicas de las unidades de TBJ presentes en el punto Redondel Integración.....	235
Tabla No. 5.28: Cuadro resumen de propiedades físicas de las unidades de TBJ presentes en el punto UES.	243
Tabla No. 5.29: Cuadro resumen de las propiedades físicas de las unidades presentes de TBJ en el punto Padre Arrupe.....	246
Tabla No. 5.30: Cuadro resumen de las propiedades físicas de las unidades de TBJ presentes de TBJ en el punto Arenal Seco.	253
Tabla No. 5.31: Cuadro comparativo de las características físicas para la unidad G, respecto a la distancia del foco de emisión.....	260
Tabla No. 5.32: Cuadro comparativo de las características físicas para la unidad F, respecto a la distancia del foco de emisión.....	263
Tabla No. 5.33: Cuadro comparativo de las características físicas, para la Unidad Ignimbrita Beta respecto a la distancia del foco de emisión.	266
Tabla No. 5.34: Cuadro comparativo de las características físicas, para la unidad E Húmeda respecto a la distancia del foco de emisión.	269
Tabla No. 5.35: Cuadro comparativo de las características físicas para la unidad E seca respecto a la distancia del foco de emisión.....	272
Tabla No. 5.36: Cuadro comparativo características físicas para la unidad Ignimbrita Alpha respecto a la distancia del foco de emisión.....	275
Tabla No. 5.37: Cuadro comparativo de las características físicas para la unidad D respecto a la distancia del foco de emisión.....	278

INDICE DE FIGURAS

Figura No 2.1: Mapa geológico general de El Salvador, Esc 1:100,000.....	13
Figura No 2.2: Geología del área en estudio, Mapa geológico 1:100,000.....	19
Figura No 2.3: Estratigrafía del AMSS.....	21
Figura No 2.4: Estratigrafía presente en el AMSS.....	24
Figura No. 2.5: Piroclastos de caída con desplazamiento hacia el noroeste de la de Ilopango.....	25
Figura No. 2.6: Colapso de la columna eruptiva y origen del flujo piroclástico con desplazamiento hacia el noroeste de la de Ilopango, a lo largo de las antiguas quebradas y valles.....	27
Figura No 2.7: Estratigrafía de las unidades de la TBJ adaptado de Hart y Steen-McIntyre.....	29
Figura No 2.8: Fotografía de ignimbrita gris de la unidad C en un talud, río de las Cañas.....	34
Figura No 2.9: Fotografía de la unidad E en un talud de la Qda. Arenal Seco.....	34
Figura No. 3.1: Perfil de unidades geotécnicas de la TBJ.....	61
Figura No. 3.2: Fotografía de un talud con las diferentes unidades de TBJ.....	61
Figura No. 3.3: Fotografía de la Unidad E de TBJ.....	62
Figura No 3.4: Fotografía de la Unidad D de la TBJ.....	63
Figura No 3.5: Fotografía de la Unidad Ignimbrita β de la TBJ.....	65
Figura No 3.6: Fotografía de la Unidad F de la TBJ.....	66
Figura No 3.7: Fotografía de la Unidad G de la TBJ.....	67
Figura No 3.8: Alisado de superficie para toma de muestra inalterada.....	71
Figura No 3.9a: Excavación de zanja para toma de muestra inalterada.....	72
Figura No 3.9b: perfilado de muestra inalterada, forma de cubo.....	72
Figura No 3.10: Extracción de muestra inalterada, Perfilado de caras de espécimen Muestra perfilada.....	73
Figura No. 4.1 Puntos preliminares de taludes de TBJ explorados.....	84
Figura No. 4.2 Talud de Apopa Punto 1 en la zona distal al foco de emisión.....	86
Figura No. 4.3 Representación del material que conforma el talud de Apopa Punto 1 en la zona distal al foco de emisión.....	86
Figura No. 4.4 Talud de Apopa Punto 2 en la zona distal al foco de emisión.....	88
Figura No. 4.5 Representación del material que conforma el talud de Apopa Punto 2 en la zona distal al foco de emisión.....	88
Figura No. 4.6 Talud de punto Blvd Constitución en la zona distal al foco de emisión.....	90
Figura No. 4.7 Representación del material que conforma el talud del punto Blvd Constitución en la zona distal al foco de emisión.....	90
Figura No. 4.8 Representación del material que conforma el talud del Redondel Integración Punto 1 en la zona distal al foco de emisión.....	92
Figura No. 4.9 Talud del Redondel Integración Punto 1 en la zona distal al foco de emisión.....	93

Figura No. 4.10 Talud de Redondel Integración Punto 2 en la zona distal al foco de emisión	95
Figura No 4.11 Talud de UES Punto 1 en la zona media al foco de emisión.....	97
Figura No. 4.12 Talud de UES Punto 2 en la zona media al foco de emisión.....	98
Figura No 4.13 Representación del material que conforma el talud UES punto 2 en la zona media al foco de emisión.....	99
Figura No. 4.14 Talud de punto Padre Arrupe en la zona media al foco de emisión ..	101
Figura No. 4.15 Talud de punto San Jacinto en la zona media al foco de emisión.....	103
Figura No. 4.16 Talud de punto Arenal Seco Punto 1 en la zona proximal al foco de emisión	105
Figura No. 4.17 Talud de punto Arenal Seco Punto 2 en la zona proximal al foco de emisión.....	107
Figura No. 4.18 Talud de punto Arenal Seco Punto 3 en la zona proximal al foco de emisión	109
Figura No. 4.19 Talud de punto Arenal Seco Punto 4 en la zona proximal al foco de emisión.....	111
Figura No 4.20 Talud de punto Arenal Seco 4 en la zona proximal al foco de emisión	112
Figura No. 4.21 Talud de punto Lago de Ilopango Punto 1 en la zona proximal al foco de emisión.....	113
Figura No. 4.22 Representación del material que conforma el talud del punto Lago de Ilopango Punto 1 en la zona proximal al foco de emisión.....	114
Figura No. 4.23: Talud de punto Lago de Ilopango Punto 2 en la zona proximal al foco de emisión.....	115
Figura No. 4.24: Representación del material que conforma el talud del punto Lago de Ilopango Punto 2 en la zona proximal al foco de emisión.....	115
Figura No 4.25 Talud de punto “Lago de Ilopango 3” en la zona proximal al foco de emisión.....	116
Figura No. 4.26: Curva granulométrica para posible unidad G presente en el punto Padre Arrupe.....	132
Figura No 4.27 Curva granulométrica para posible unidad F presente en el punto Padre Arrupe.....	133
Figura No 4.28 Curva granulométrica para posible unidad Ignimbrita Beta presente en el punto Padre Arrupe.....	134
Figura No. 4.29: Curva granulométrica para posible unidad E Húmeda presente en el punto Padre Arrupe	135
Figura No. 4.30: Curva granulométrica para posible unidad E seca presente en el punto Padre Arrupe	136
Figura No 4.31: Curva granulométrica para posible unidad Ignimbrita Alpha presente en el punto Padre Arrupe.....	137

Figura No. 4.32 Curva granulométrica para posible unidad D presente en el punto Padre Arrupe.....	138
Figura No. 4.33: Curva granulométrica para posible unidad C presente en el punto Padre Arrupe.....	139
Figura No. 4.34: Curva granulométrica para posible unidad G, presente en el punto UES.....	143
Figura No. 4.35: Curva granulométrica para posible unidad F, presente en el punto UES.....	144
Figura No. 4.36: Curva granulométrica de posible unidad G, presente en el punto Prolongación Blvd Constitución	146
Figura No. 4.37: Curva granulométrica de posible unidad F, presente en el punto Redondel Integración.....	155
Figura No. 4.38: Curva granulométrica de posible unidad Ignimbrita Beta, presente en el punto Redondel Integración.....	156
Figura No. 4.39: Curva granulométrica de posible unidad E Húmeda, presente en el punto Redondel Integración.....	157
Figura No 4.40: Curva granulométrica de posible unidad E Seca Inferior, presente en el punto Redondel Integración.....	158
Figura No. 4.41: Curva granulométrica de posible unidad E Seca Superior presente en el punto Redondel Integración	159
Figura No. 4.42: Curva granulométrica de posible unidad Ignimbrita Alpha, presente en el punto Redondel Integración	160
Figura No. 4.43: Curva granulométrica de posible unidad D, presente en el punto Redondel Integración.....	161
Figura No 4.44: Curva granulométrica de posible unidad F o Ignimbrita Beta, presente en el punto Arenal Seco.....	168
Figura No 4.45: Curva granulométrica de posible unidad E Húmeda, presente en el punto Arenal Seco.....	169
Figura No 4.46: Curva granulométrica de posible unidad E seca, presente en el punto Arenal Seco.....	170
Figura No. 4.47: Curva granulométrica de posible unidad Ignimbrita Alpha Rosada, presente en el punto Arenal Seco.....	171
Figura No 4.48: Curva granulométrica de posible unidad Ignimbrita Alpha, presente en el punto Arenal Seco.....	172
Figura No. 5.1: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad G, punto Prolongación Blvd Constitución con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.....	180
Figura No. 5.2: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad F, punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda	184

Figura No. 5.3: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad Ignimbrita Beta, punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Gómez	186
Figura No. 5.4: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad E Húmeda, punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista.....	188
Figura No. 5.5: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad E Seca (Inferior), punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista	190
Figura No. 5.6: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad E Seca Superior, punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista	192
Figura No. 5.7: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad Ignimbrita Alpha, punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda	194
Figura No. 5.8: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad D en el punto Redondel Integración con unidad D de autoría propia y resultados de investigaciones de Bautista	196
Figura No. 5.9: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad G, punto UES con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda	199
Figura No. 5.10: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad F, Punto UES con resultados de investigaciones de Bautista y Miranda	201
Figura No. 5.11: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad G, punto Padre Arrupe con resultados de investigaciones de Miranda y Bautista	205
Figura No. 5.12: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad F, punto Padre Arrupe, con resultados de investigaciones de Miranda y Bautista.....	207
Figura No. 5.13: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad Ignimbrita Beta, punto Padre Arrupe, con Bautista y Gómez.....	209
Figura No. 5.14: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad E Húmeda, punto Padre Arrupe, con la investigación de Bautista.....	211
Figura No. 5.15: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad E Seca, punto Padre Arrupe con la investigación de Bautista.....	213
Figura No. 5.16: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad Ignimbrita Alpha, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Miranda y Bautista	215
Figura No. 5.17: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad D, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Miranda y Bautista	217
Figura No. 5.18: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad C, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Bautista y Gómez.....	219
Figura No. 5.19: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad F, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista y Miranda.....	223
Figura No. 5.20: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad E Húmeda, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista	225

Figura No. 5.21: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad E Seca, punto Padre Arrupe con la investigación de Bautista.....	227
Figura No. 5.22: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad Alpha Superior, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista y Miranda	229
Figura No. 5.23: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad Ignimbrita Alpha Inferior, punto Arenal Seco con las investigaciones de Miranda y Bautista.	231
Figura No. 5.24: Comparación de las Curvas Granulométricas para la unidad G, respecto a la distancia al foco de emisión.	261
Figura No. 5.25: Comparación de las curvas Granulométricas para la unidad F respecto a la distancia al foco de emisión.	264
Figura No. 5.26: Comparación de las Curvas Granulométricas, para la unidad Ignimbrita Beta respecto a la distancia al foco de emisión.	267
Figura No. 5.27: Comparación de las curvas Granulométricas para la unidad E Húmeda respecto a la distancia al foco de emisión.....	270
Figura No. 5.28: Comparación de las curvas Granulométricas, para la unidad E seca respecto a la distancia al foco de emisión.....	273
Figura No. 5.29: Comparación de las curvas Granulométricas para la unidad Ignimbrita Alpha respecto a la distancia al foco de emisión.....	276
Figura No. 5.30: Comparación de las curvas Granulométricas para la unidad D respecto a la distancia al foco de emisión.	279

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los suelos en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) están constituidos por Tierra Blanca Joven (TBJ), la cual está formada por diversas unidades provenientes de las erupciones volcánicas del extinto volcán de Ilopango (ahora caldera de Ilopango). Dado que la infraestructura de la capital esta y seguirá siendo apoyada sobre estos suelos, es necesario obtener un adecuado conocimiento de su comportamiento, con el fin de brindar un apoyo satisfactorio y seguro.

Es por ello, que la presente investigación, trato sobre la determinación desde el punto de vista geotécnico, de las propiedades físicas de las diferentes unidades de la TBJ en el AMSS, así como las diferencias que estas presentan a partir del foco de emisión, contribuyendo con esto, a investigaciones realizadas en TBJ por diferentes autores como lo son Guzmán y Burgos (1981), Guzmán y Melara (1996), Rolo (1998) y Walter Hernández (2004),

En el desarrollo de este trabajo se detalla primero los antecedentes del tema en estudio, asimismo, se muestra el planteamiento del problema, objetivos, alcances y limitaciones, así como la justificación necesarios para el desarrollo de la investigación y de esta forma obtener los resultados deseados.

Además, se plantea el contenido temático de la investigación sobre la Tierra Blanca Joven (TBJ), iniciando el marco teórico con la geología de El Salvador, posteriormente se presenta una recopilación de información sobre las diferentes

propiedades físicas y mecánicas que presentan las TBJ luego, se establece la metodología a utilizar para la caracterización de las propiedades físicas de las diferentes unidades que la conforman, así como; para establecer las diferencias que presentan a partir nos alejamos del foco de emisión, posteriormente se presenta de manera detallada, los resultados de los ensayos realizados en los diferentes lugares en estudio, tanto en la zona proximal, intermedia como distal, estos fueron analizados y con esto se obtuvieron las conclusiones y recomendaciones que se presentan.



CAPITULO No.1: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

En nuestro país, el producto de la última erupción pliniana de la Caldera de Ilopango (430 años D.C) cubrió una extensión superior al territorio salvadoreño con cenizas de naturaleza riolítica, conformada por depósitos piroclásticos de caída y de flujo. Se le ha denominado como Tierra Blanca Joven (TBJ), constituida por diferentes unidades identificadas por las letras: A, B, C, D, E, ignimbritas (Alfa y Beta), F y G, desde el estrato profundo hasta el superficial respectivamente, según Walter Hernández (2004). En esos depósitos (con espesores importantes) está asentada la mayor parte del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), de allí su importancia en el conocimiento de sus características físicas y mecánicas, para el desarrollo de la infraestructura vial, en los proyectos públicos y privados de las diferentes obras civiles a construir en esta área.

Otras fuentes que han tenido incidencia en la geología del área, es el volcán de San Salvador y el Plan de la Laguna, del primero se han podido identificar en la zona del AMSS los estratos siguientes: Andesita de San Salvador (ASS), G1, G2, Ignimbritas Boquerón (IB) y Popa; y del segundo, el depósito con el mismo nombre (PL).

De las erupciones antes mencionadas, las principales que contribuyeron y se encuentran formando la superficie del AMSS, son las producidas por la Caldera de Ilopango y del Volcán de San Salvador; los materiales mencionados anteriormente, son los más recientes.

El espesor de la Tierra Blanca Joven (TBJ) de la formación San Salvador se reduce y su granulometría cambia a medida que se alejan de su centro de emisión u origen (o foco emisor).

Dado que la infraestructura del AMSS, está y estará apoyada sobre las unidades geológicas enumeradas, se genera la necesidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de cada una de ellas, para definir las características de estos suelos y conocer su comportamiento.

A lo largo de los años se han realizado diversas investigaciones, entre las más importantes se pueden mencionar: El trabajo presentado por los Ingenieros Guzmán y Burgos (1981) en el que trataron de dar una visión general de las características físicas y mecánicas de muestras de suelos remodeladas e inalteradas de diferentes lugares del AMSS, sin tomar en cuenta la clasificación geológica, actual de las TBJ. Siendo una de los objetivos de este trabajo, el plantear la necesidad de estudiar el comportamiento de los suelos del AMSS bajo dicha clasificación.

En 1996, Guzmán y Melara proponen que la estabilidad que exhiben las estructuras geotécnicas de los suelos del AMSS, se debe al origen geológico de esta zona, estableciendo que las cenizas volcánicas poseen características friccionantes, y que, además, están compuestas de minerales que producen efectos cementantes dentro de la matriz del suelo.

Es importante destacar, el estudio que realizó Rolo (1998), quien determinó ciertas características físicas y mecánicas de una muestra de Tierra Blanca Joven

(TBJ) del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), obteniendo como resultado, que cuando el suelo presentaba un cierto grado de saturación, experimentaba una disminución de la resistencia al corte en el suelo.

Posteriormente, Amaya y Hayem (2000) quienes estudiaron la TBJ, desde una perspectiva de la mecánica de suelos parcialmente saturados y mecánica de suelos clásica (cohesión, ángulo de fricción y colapsabilidad), concluyeron que la TBJ, se satura al tener un contenido de humedad del 40%. También, el Geólogo Walter Hernández (2004) estudió las características geotécnicas de las diferentes unidades de la TBJ. Todos los autores antes mencionados, estudiaron los aspectos geotécnicos y litológicos de la TBJ, y las caracterizaron geotécnicamente, como arenas limosas y limos arenosos, además en algunos casos incluyeron propiedades mecánicas como la cohesión y el ángulo de fricción interna de las unidades superficiales.

Lo descrito anteriormente permite determinar, la necesidad de estudiar cada una las diferentes unidades de la TBJ propuestas por Hernández, ya que en nuestro medio no se tienen la distinción entre estas, y se les asigna indistintamente el nombre de “Tierra Blanca Joven”.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestro país, se han desarrollado estudios para conocer las características de la Tierra Blanca Joven (TBJ), pero en su mayoría, no se ha tomado en cuenta el punto de vista geológico que las agrupa en unidades que van desde la A hasta

la G. Estas han sido tratadas como un depósito homogéneo, compuesto desde el punto de vista geotécnico como Arenas limosas y limos arenosos.

Actualmente, el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) es el lugar donde se concentra gran parte de la actividad económica e industrial, así como la mayoría de la población, instituciones públicas y privadas. Por lo tanto, Es de vital importancia el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la Tierra Blanca Joven (TBJ) en sus diferentes unidades, debido a que la ciudad fue y está siendo desarrollada sobre estos materiales; por lo tanto, no se debe generalizar los valores de las características de éstos, ya que ciertas propiedades de estos suelos como la: granulometría, gravedades específicas y plasticidad, pueden variar con respecto a cómo han sido depositados, según los diferentes eventos que los originaron.

La litología puede observarse en taludes que se encuentran en quebradas o en cortes de carreteras, demostrándose en estos, las diferentes capas, así como las variaciones existentes entre ellas.

En la actualidad, se cuenta con investigaciones realizadas en trabajos de graduación acerca de la caracterización la Tierra Blanca Joven (TBJ) en la unidad G y estudios para la obtención de la tasa de erosión en taludes en el AMSS. A pesar de lo anterior, es importante ampliar el estudio de la caracterización de la Tierra Blanca Joven (TBJ) en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), en diferentes puntos distales del foco de emisión de los suelos, ya que toda obra civil o de protección, la utiliza como material de apoyo, sumado a lo anterior, se

puede mencionar que este tipo de estudio puede servir como insumos para la creación de mapas en el área de la Geotecnia, que sirvan a instituciones tanto públicas como privada en el ordenamiento territorial, manejo de zonas de recarga acuífera, que deban protegerse, entre otros.

Para el desarrollo de la investigación, se ubicarán taludes en los que en cada uno de ellos se extraerán muestras de las unidades para realizar el estudio, tanto en su zona proximal como distal al foco de emisión, para posteriormente ser sometidas a diversos ensayos, entre los que podemos mencionar: granulometría, gravedad específica, Límites de Atterberg (si es posible), contenido de humedad y densidad.

Por último, una vez realizados todos los ensayos, se asignará a cada unidad por punto de estudio sus características y posteriormente se analizará el comportamiento de las características del suelo de cada estrato en los puntos seleccionados; para luego obtener las diferencias de las características en cada capa, según la distancia al centro de emisión.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Obtener la caracterización de las propiedades físicas de las diferentes unidades en cada punto seleccionado de la Tierra Blanca Joven (TBJ) en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar el origen, estratigrafía y constitución de la Tierra Blanca Joven (TBJ).
2. Seleccionar los taludes en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) en las cuales se puedan extraer muestras de las diferentes unidades que conforman la Tierra Blanca Joven (TBJ).
3. Determinar las propiedades físicas de las muestras de suelo obtenidas en campo, a partir de ensayos de laboratorio, mediante el uso del equipo e instalaciones brindados por la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador.
4. Analizar los resultados obtenidos de los ensayos, con el fin de obtener la caracterización de las diferentes unidades de la Tierra Blanca Joven (TBJ).
5. Interpretar los resultados de las propiedades físicas que posee la Tierra Blanca Joven (TBJ) en cada punto seleccionado y determinar el comportamiento de las características físicas a medida que los puntos seleccionados se alejan del foco de emisión.

1.4. ALCANCES

1. Realizar visitas de campo de forma preliminar a las zonas que presenten taludes conformados por las unidades de TBJ a estudiar, posteriormente, seleccionar los puntos que presenten las condiciones requeridas en la investigación.

2. Identificar al menos cuatro puntos en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), que presenten taludes con todas las unidades que se estudiarán permitiendo la caracterización completa de las Tierra Blanca Joven (TBJ) y que los puntos seleccionados no se encuentren en zonas de alto riesgo de seguridad.
3. Extraer muestras alteradas e inalteradas de las diferentes unidades de los lugares seleccionados, para la ejecución de los ensayos de laboratorio.
4. Realizar ensayos de laboratorio para obtener las diferentes propiedades físicas que posee la Tierra Blanca Joven (TBJ) de los puntos seleccionados.
5. Entre los ensayos que se realizarán se tienen: análisis granulométrico por sedimentación, límites de Atterberg (si es posible), gravedad específica, contenido de humedad y densidad.
6. Con base a los resultados obtenidos, se tendrá la caracterización de las diferentes unidades y las variaciones de las características físicas de cada estrato que conforman cada talud en función al foco de emisión.

1.5. LIMITACIONES

1. Debido a la gran extensión que posee el AMSS y al poco tiempo para el desarrollo del trabajo de investigación, solo se estudiarán al menos cuatro puntos representativos distantes uno del otro, para realizar la caracterización de la TBJ.

2. La selección de los puntos de muestreo se realizará en los lugares donde se tengan la mayoría de las unidades de TBJ, además, la ubicación de estos deberá ser segura y de fácil el acceso.
3. Los ensayos geotécnicos por elaborarse dependerán de la disponibilidad de las instalaciones y el equipo del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador.

1.6. JUSTIFICACIÓN

En nuestro medio la Tierra Blanca Joven (TBJ) está distribuida en toda el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) y que, a la fecha, dada las distintas formas en cómo fueron depositadas, éstas presentan diferentes características físicas y mecánicas.

Sabemos que el suelo es un elemento importante de estudiar al momento de cimentar una obra de Ingeniería Civil, ya que éste, se encargará de soportar todas las cargas que una estructura impone sobre él, y en obras de protección la capacidad mecánica y sus propiedades influyen en la estabilidad y resistencia.

Por lo tanto, resulta preciso conocer las propiedades geotécnicas del suelo, para ver si cumplen con las especificaciones de los proyectos actuales; ciertamente las entidades estatales, los consultores privados y hasta muchos de los profesionales del área desconocen con precisión las propiedades exactas que estos suelos presentan en las distintas zonas del AMSS, la variación de las propiedades con respecto a la distancia de su foco de emisión, dado que no

poseen las mismas características de un punto a otro, Es por ello, que con esta investigación, se pretende proporcionar una herramienta que ayude a identificar y caracterizar cada una de ellas, y con ello conocer el comportamiento que tendría el suelo cuando sobre este son apoyadas las cimentaciones, así como también, puede servir de insumos en la generación de mapas en el área de Geotecnia y mejorar los planes de mitigación de desastres. Que contribuya a planificar y potenciar el desarrollo del AMSS con información más acertada y precisa en la ejecución de los proyectos.



CAPITULO No.2: MARCO TEORICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta sección es dar a conocer el origen y la dinámica de los materiales presentes en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), para lo cual abordaremos primeramente sobre la Geología de El Salvador, mostrando en resumen las características geológicas generales de la región, en específico el Área Metropolitana de San Salvador, siendo el área de estudio de nuestro trabajo de investigación; posteriormente, se presentan los materiales geológicos recientes que la componen para luego definir las propiedades físicas que son de interés en este estudio, todo lo anterior para exponer lo referente a la Tierra Blanca Joven (TBJ) sus características, propiedades, clasificaciones plasmando en cuadros resumen toda la información de investigaciones sobre sus propiedades que se han desarrollado previamente.

2.2. GENERALIDADES DE LA GEOLOGÍA DE EL SALVADOR

Geológicamente hablando El Salvador es un país extremadamente joven. Una cuarta parte del territorio nacional es de la edad pleistocénica y tres cuartas partes están cubiertas por las rocas de edad terciaria, predominando la época pliocénica. Por eso, las capas de edad cretácica, que cubren aproximadamente un 5% del territorio salvadoreño no juegan un papel importante para la constitución geológica total de la República. Solamente estas últimas capas son de origen sedimentario marino, todas las demás rocas, con pocas excepciones, están originadas por fenómenos volcánicos. Además, se conocen rocas intrusivas que pertenecen a la época miocénica, es decir, terciarias. Para apreciar

de forma general las formaciones geológicas anteriormente mencionadas, se presenta en la Figura No 2.1 el Mapa Geológico General de El Salvador.

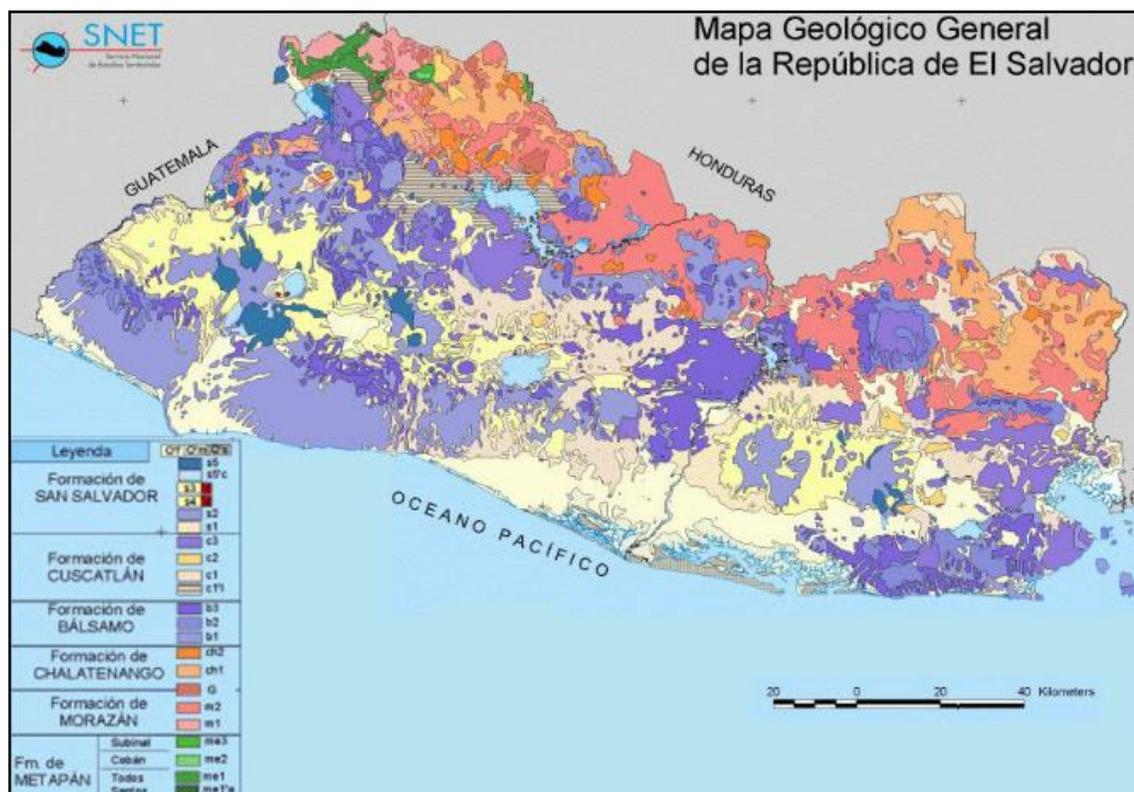


Figura No 2.1: Mapa Geológico General de El Salvador, Esc 1:100,000.
Fuente: Servicio geológico Nacional.

2.2.1. ELEMENTOS GEOLOGICOS MAS IMPORTANTES DE EL SALVADOR

Los elementos geológicos más importantes de El Salvador se exponen en la Tabla No 2.1:

ELEMENTOS GEOLOGICOS	DESCRIPCION
Formaciones Sedimentarias	<p>Existen Rocas sedimentarias marinas en el extremo NW cerca de Metapán, donde cubren un área aproximada de 200 km².</p> <p>En el país solamente se conocen rocas sedimentarias lacustres y fluviales que tienen extensiones muy limitadas. Se trata de productos piroclásticos redepositados de menor importancia y algunos depósitos de diatomita¹ y lignito² de carácter calcáreo. Estos sedimentos lacustres y fluviales cuentan con intercalaciones de productos piroclásticos, lo que indica que son contemporáneos con la actividad volcánica joven. También se encuentran aluviones a lo largo de los ríos más importantes y en depresiones locales, donde cubren un área aproximada de 3500 km².</p>
Formaciones Intrusivas	<p>En las montañas Norteñas, cerca de Metapán y Chalatenango, se conocen rocas intrusivas de carácter granítico- diorítico. Donde éstas últimas están en contacto con las series sedimentarias marinas se nota un metamorfismo de contacto el cual puede ser observado en las capas calcáreas.</p> <p>Al Sur, desde San Miguel hasta San Isidro, se encuentran afloramientos de carácter muy ácido. Lo característico de estos afloramientos es que corren paralelos a las fajas volcánicas y están conectados a yacimientos metalíferos subvolcánicos que se encuentran bajo las cubiertas basalto-andesíticas.</p>

¹ Roca sedimentaria silíceo formada por micro-fósiles de diatomeas, que son algas marinas unicelulares.

² Carbón mineral que se forma por compresión de la turba.

Formaciones Volcánicas	<p>La mayor parte del territorio nacional está cubierta por rocas de origen volcánico de carácter riolítico hasta basáltico, el espesor de esta sucesión es mayor de 1500 m.</p> <p>Con estos tipos de rocas están formadas algunas regiones como la Sierra Tacuba, Cordillera del Bálsamo, Cordillera Jucuarán-Intipucá y la parte Norte de Santa Ana.</p> <p>Las hasta aquí descritas formaciones volcánicas, se presentan en forma de extensiones considerables, Al Norte existen productos piroclásticos de colores claros los cuales se deben considerar litológicamente como riolitas hasta dacitas.</p> <p>También existen en El Salvador formaciones volcánicas que se deben a volcanismo individual, donde es fácil localizar el centro de actividad. Se distinguen dos zonas volcánicas de este tipo: Una al Sur de las montañas ubicadas al norte del país. A esta faja pertenecen, por ejemplo, el Volcán de Guazapa y el Volcán Cacahuatique. Éstos se caracterizan por su alto grado de erosión; sus productos efusivos son lavas de carácter predominantemente basálticos y tobas de diferente grado de consolidación. La otra zona de volcanes individuales existe más al Sur y corre paralela a la anterior; a esta faja pertenecen más de 50 volcanes, tales como: Laguna Verde, Santa Ana, Izalco, San Salvador, San Vicente, Tecapa, San Miguel y Conchagua; algunos de ellos todavía se encuentran activos. El carácter de las lavas producidas es basáltico y la mayoría de los productos piroclásticos son de carácter dacítico; existen también depresiones volcano-tectónicas, tales como los Lagos de Ilopango y Coatepeque; en ambas zonas el tipo de estructura volcánica predominante es la de estratovolcanes.</p>
-----------------------------------	--

Tabla No 2.1: Elemento Geológicos más importantes de EL Salvador
Fuente: De los autores: tomado de sitio web del SNET, área de geología, disponible en:
<http://www.snet.gob.sv/ver/geo-logia/geologia+de+el+salvador/>

2.2.2. ELEMENTOS ESTRATIGRAFICOS

En la Tabla No. 2.2 se muestra un perfil esquemático de la sucesión estratigráfica de El Salvador, desde la superficie hacia el fondo.

ELEMENTOS ESTRATIGRAFICOS	DESCRIPCION
<p>Aluvión (Reciente)</p>	<p>Compuesto por gravas, arenas y arcillas a lo largo de los ríos y en depresiones locales. Depósitos de este material se encuentra en gran escala en las planicies costeras al SW y SE del país.</p>
<p>Estratos de San Salvador (Holoceno hasta Pleistoceno)</p>	<p>Se encuentran en la cadena volcánica joven que atraviesa la parte Sur del país y están compuestos por productos extrusivos de los volcanes individuales. Estos productos son: corrientes de lava, cúpulas de lava, tobas fundidas, tobas, pómez, escoria y cenizas volcánicas, que se encuentran a veces con intercalaciones de sedimentos lacustres.</p>
<p>Estratos de Cuscatlán (Pleistoceno Inferior hasta Plioceno Superior)</p>	<p>Se encuentran en la cadena volcánica vieja que atraviesa la parte Norte del país y están compuestos por productos extrusivos de los volcanes individuales. Estos productos son: corrientes de lava, aglomerados, tobas, escorias y cenizas volcánicas endurecidas y tobas fundidas con intercalaciones de sedimentos lacustres y fluviales. El espesor de los estratos y su sucesión varía de volcán a volcán. También se encuentran suelos fósiles de color rojo de poca profundidad (hasta 4 metros).</p>
<p>Estratos de la cordillera del</p>	<p>Compuestos por productos volcánicos en los cuales abundan los aglomerados con intercalaciones de tobas</p>

<p>Bálsamo (Plioceno)</p>	<p>volcánicas endurecidas y corrientes de lava basáltica-andesítica con un espesor aproximado de 500 m. Además, se encuentran rocas extrusivas con pocas intercalaciones de tobas volcánicas y aglomerados; la parte inferior es de carácter andesítico y en la parte superior, basáltico. Hay algunos afloramientos más ácidos (hasta riolíticos) sobre todo en el E del país. El espesor aproximado de estos últimos es mayor de 1000 m.</p>
<p>Estratos de Chalatenango (Mioceno Superior)</p>	<p>Son rocas volcánicas ácidas de carácter riolítico-dacítico; prevalecen las tobas muy endurecidas de colores claros; el espesor de esta serie es aproximadamente mayor de 500 m.</p>
<p>Estratos de Metapán (Mioceno inferior)</p>	<p>Al Mioceno Inferior pertenecen areniscas finas de color rojo violeta, con bancos de conglomerados cuarcíticos; hacia abajo se encuentran conglomerados rojos de caliza con capas de areniscas. Esta serie representa los productos de erosión de las capas más inferiores; su espesor es mayor de 400 m.</p>
<p>Al Albiense (Cretácico Superior)</p>	<p>Pertenecen tobas volcánicas de carácter andesítico color violeta, con un espesor aproximado de 100 m.</p> <p>Del Cretácico Inferior son las areniscas rojas de granos finos, con cemento arcilloso y estratificaciones finas; hacia abajo hay conglomerados de cuarzo que en su parte inferior generalmente están silificados y metamorfizados; su espesor es mayor de 350 m. El lecho es desconocido hasta hoy.</p>

Tabla No 2.2: Sucesión Estratigráfica de EL Salvador

Fuente: De los autores: tomado de sitio web del SNET, área de geología, disponible en: <http://www.snet.gob.sv/ver/geo-logia/geologia+de+el+salvador/>

Si bien conocer la estratigrafía y aspectos geológicos de nuestro país nos brinda una visión general, en el presente trabajo de investigación nos centraremos en estudiar la TBJ, que se encuentra en AMSS, por lo tanto, a continuación, se presenta las características geológicas que presenta la zona de estudio delimitada en el alcance de la investigación.

2.3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

El Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), está situada entre dos elementos geológicos representativos que son el volcán de San Salvador y la Caldera de Ilopango, ambos separados entre sí por 22 Km. En la Figura No 2.2, se observa los diferentes miembros geológicos del área de estudio según el Mapa Geológico escala 1:100,000, su geología superficial está conformada por el miembro s4 denominado Tierra Blanca, que es producto de la formación San Salvador que en su mayoría está constituida por productos piroclásticos siendo el más reciente la Tierra Blanca Joven (TBJ) que ha sido objeto de estudio por varios geólogos e ingenieros como Schmidt-Thomé, Walter Hernández, Robert Dull , Alex Chávez, Oscar Ayala, Cristian Gómez, Lesly Emidalia Mendoza, José Miguel Landaverde, entre otros; que han elaborado documentos sobre las características y propiedades que posee este material.

El espesor de esta unidad es superior a los 50 m en las cercanías del Lago de Ilopango y se reduce a 4 m en la Ciudad de San Salvador; los fragmentos de pómez alcanzan tamaños de 25 a 30 cm, xenolitos (rocas ígneas) son frecuentes.

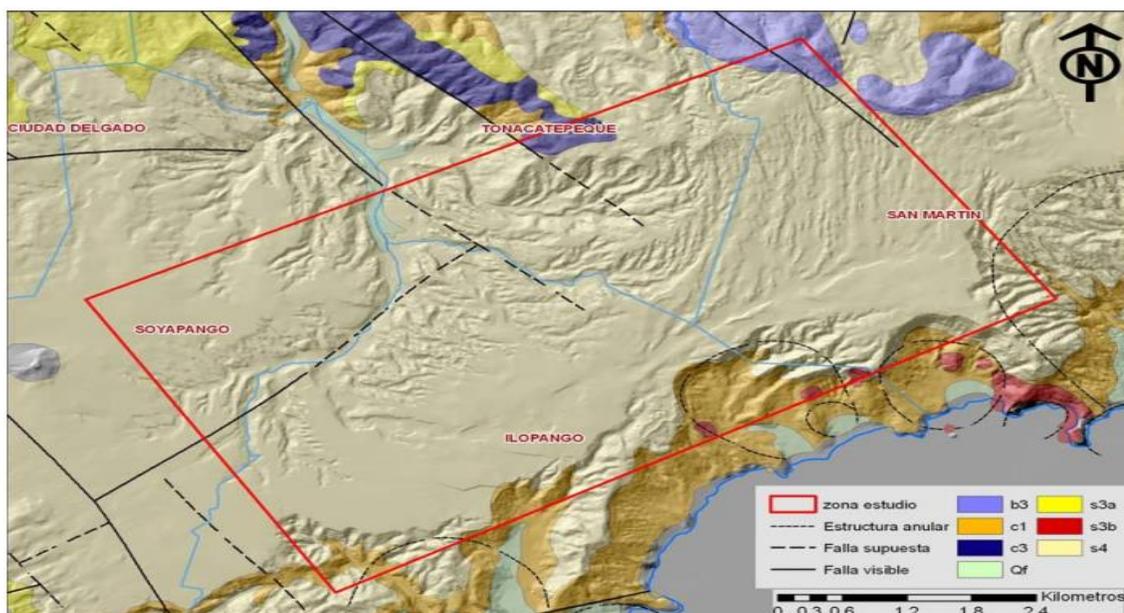


Figura No 2.2: Geología del área en estudio, Mapa geológico 1:100,000.
Fuente: Misión Geológica Alemana, 1978

2.3.1. GEOLOGIA EN EL AMSS

La secuencia geológica del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) en orden de aparición está compuesta por las formaciones Bálsamo (Mioceno Tardío al Plioceno), Cuscatlán (Plioceno Superior-Pleistoceno) y San Salvador (Pleistoceno Superior a Holoceno), en la Tabla No. 2.3, se describe cada una de estas formaciones geológicas de la más antigua a la reciente.

FORMACIÓN GEOLOGICA	COMPOSICIÓN
Formación Bálsamo	Está constituida por lavas basáltico-andesíticas, rocas epiclastitas, tobas de materiales piroclásticos y brechas. Según Lexa et al. (2011) y Ferres (2014) estos materiales afloran en la Cordillera del Bálsamo, con más de 100m de espesor y en el Cerro de Guazapa, remanentes de antiguas calderas y

	estratovolcanes (Caldera de Jayaque, Estratovolcán Panchimalco, Antiguo de Ilopango y Volcán Guazapa).
Formación Cuscatlán	Según Lexa et al. (2011) está representada por las Calderas Jayaque y Santo Tomás, las ignimbritas andesíticas/dacíticas de Ilopango y las ignimbritas de Jayaque en la parte SO y SE del área, el volcán andesítico de Ilopango, el volcán basáltico Loma Larga, la Caldera Planes de Renderos, los domos extrusivos dacíticos/andesíticos de San Jacinto y el cono efusivo, el cono de toba/escoria de San José, los domos extrusivos de la Caldera de Ilopango, el cono de escoria de Antiguo Cuscatlán y los depósitos de tefra inferiores de las calderas de Coatepeque e Ilopango expuestos a lo largo de las fallas marginales del Graben Central.
Formación San Salvador	Según Ferres (2014) está formado por una serie de rocas piroclásticas y epiclásticas amarillentas-café, de grano fino, de composición félsica (tobas color café), con espesores máximos de 25.0 m. Las rocas más jóvenes son lavas basáltico-andesíticas y la alternancia de depósitos piroclásticos y epiclásticos de color claro y naturaleza félsica (Tierras Blancas) con rocas efusivas de basálticas a andesíticas. Representada por las tefras del volcán San Salvador, calderas de Ilopango y Coatepeque y el cráter de Plan de la Laguna.

Tabla No 2.3: Formaciones geológicas presentes en el AMSS.

Fuente: De los autores, tomado de Escalante Cerritos, et al, "Elaboración del mapa de características geotécnicas para el municipio de San Salvador y propuesta de requerimientos mínimos necesarios en estudios de suelos para urbanizaciones, obras de protección, edificaciones de tres y más niveles, San Salvador, El Salvador" Trabajo de graduación, Universidad de El Salvador.

La formación Bálsamo está subyacente a la formación Cuscatlán, constituida por importantes ignimbritas ácidas y lavas básicas intercaladas; sobre esta última se encuentra la formación San Salvador, adelgazando sus espesores a medida se alejan del foco emisor. Los estratos del AMSS más importantes son los productos de la Caldera de Ilopango: TB4, TB3, TB2 y su última erupción pliniana TBJ (Tierra Blanca Joven), asimismo, presenta la unidad G1, G2 e IB (Ignimbritas Boquerón), siendo estas pertenecientes al Volcán San Salvador. Así como también se menciona la erupción del Plan de la Laguna (PL). Además, Walter Hernández describe la estratigrafía y características en el AMSS, esta se presenta de la base hacia el techo como se observar en la Figura No 2.3.

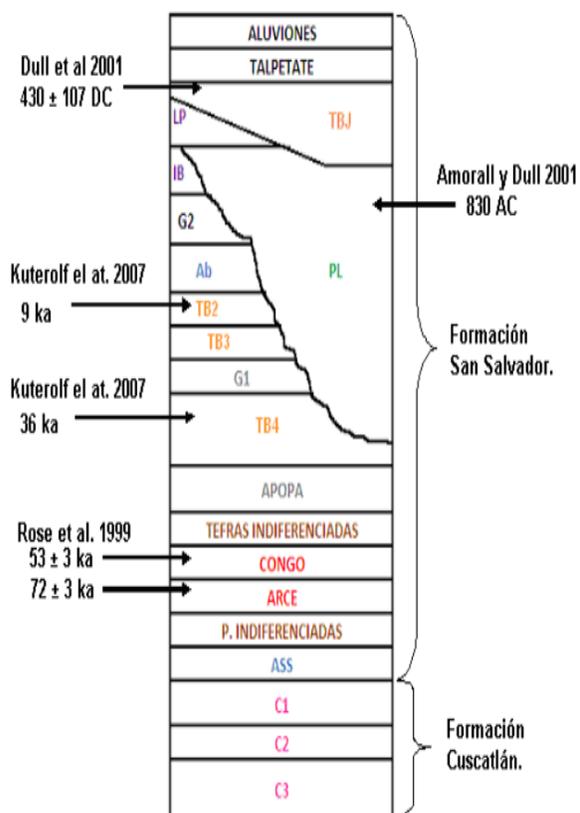


Figura No 2.3: Estratigrafía del AMSS.
Fuente: Hernández, E. W., (2008). Diapositiva de "Congreso Geológico de América Central, San José, Costa Rica" SNET.

En la Tabla No 2.4 se describen las diferentes estratigrafías presentes en el AMSS.

ESTATIGRAFÍA	CARACTERÍSTICA
Pómez TB4	Es el depósito más antiguo del último ciclo de la caldera de Ilopango, el cual yace sobre las tefras Apopa (producto del volcán de San Salvador). El TB4 está constituido por una capa de pómez color blanco, producto de una erupción pliniana de importante magnitud. Se caracteriza por tener una capa de lapilli y pómez con gradación normal, su paleosuelo es el que tiene mayor espesor. La base de esta unidad la constituye una ceniza de caída fina, blanca, de espesor delgado (25 -10 cm), y el techo por ceniza fina de casi el metro de espesor de color amarillento.
G1	Son provenientes de la erupción del volcán de San Salvador y están compuestos por pómez de caída vesiculado, de composición dacítico a andesítico, grisáceo, algo suelto, con moderada presencia de líticos oxidados y angulares.
Pómez TB3	Productos procedentes de la caldera de Ilopango, son pómez y cenizas de caída de granulometría fina, blancas, con presencia de lapilli acrecional y flujos piroclásticos basales lo que señalan fenómenos eruptivos freatomagmáticos originados por la interacción entre el magma y las aguas de un antiguo lago. El techo de esta capa presenta un paleosuelo delgado poco desarrollado de color café amarillento.
Pómez TB2	Este depósito tiene espesor de 1 m dentro de un radio de 10 km del centro de emisión de la caldera de Ilopango, está compuesto por una caída de pómez ligeramente mayor que TB3 y caracterizado por ser mal seleccionado con abundantes minerales oscuros representados por hornblenda. El techo presenta un paleosuelo de delgado espesor, de color café oscuro.
G2	Esta unidad corresponde a una erupción pliniana posterior del volcán de San Salvador y es bastante menor en volumen que G1. Está compuesta por escorias poco vesiculadas, por consiguiente, más densa, gris claro a gris pardo, mostrando mezcla de

	<p>magmas, siendo rico en líticos basálticos rojizos densos y andesitas café amarillentas y líticos. Cuando presentan alteración muestran aspecto moteado evidenciado por un tono gris y beige, recordando la pómez del G1.</p>
<p>Ignimbrita Boquerón (IB)</p>	<p>También, producto del volcán de San Salvador y tiene poca consolidación, posee matriz de cenizas finas medianamente meteorizadas, en la que se encuentran fragmentos de escoria gris con meteorización baja, fragmentos de escoria juveniles de tamaños variados y líticos andesíticos con oxidación, además, muestra pequeños bolsones de escoria bastante vesicular, estando compuesta por dos flujos piroclásticos de color café oscuro mostrando cada una intercalación de delgadas oleadas piroclásticas (surges) de color café claro a pardo.</p>
<p>Plan de la Laguna (PL)</p>	<p>Producto de la erupción freatomagmática del Mar Plan de la Laguna, se caracteriza por tener en la base lapilli andesítico, vesicular gris, superpuesto por oleadas. La parte intermedia laminada está compuesta por cenizas de caída y oleadas.</p>
<p>Tierra Blanca Joven (TBJ)</p>	<p>Este estrato está compuesto por diferentes depósitos piroclásticos de caída y flujos de la última erupción explosiva de la caldera de Ilopango, está compuesto por ocho unidades, A, C, D, Ignimbrita Beta, E, Ignimbrita Alpha, F, y G de la más profunda a la más superficial; la cual tuvo una amplia distribución en todo el territorio salvadoreño. En el apartado 2.2.2 se estudiarán a profundidad estos suelos.</p>

Tabla No 2.4: Estratigrafía y características de la geología presente en el AMSS.

Fuente: De los autores, tomado de Escalante Cerritos, et al, (2008) "Elaboración del mapa de características geotécnicas para el municipio de San Salvador y propuesta de requerimientos mínimos necesarios en estudios de suelos para urbanizaciones, obras de protección, edificaciones de tres y más niveles, San Salvador, El Salvador" Trabajo de graduación, Universidad de El Salvador.

En la Figura No. 2.4 se aprecia la estratigrafía presente en el AMSS.



Figura No 2.4: Estratigrafía presente en el AMSS
 Fuente: Fotografía extraída de: Hernández, E. W., (2008). Diapositiva de "Congreso Geológico de América Central, San José, Costa Rica" SNET.

2.4. TIPO DE DEPÓSITOS GENERADOS POR LA CALDERA DE ILOPANGO

Los materiales de la TBJ se encuentran acumulados en depósitos de piroclásticos de caída, flujos piroclásticos (ignimbritas) y depósitos de oleadas piroclásticas, el grado de consolidación en que se encuentran depende de la temperatura a las que fueron expulsados, presencia de agua durante la erupción y pueden distinguirse unos de otros dentro de un perfil de suelo por su color, consistencia y textura.

Es importante mencionar que hay depósitos de TBJ reabajados los cuales están compuestos por material que cayó en las laderas o en lugares con pendiente

fuerte y que por la acción de procesos dinámicos en que interviene el agua, la gravedad o el viento se movilizan hasta situarse en las faldas de las laderas o en las llanuras. También hay rellenos antrópicos que son importantes diferenciar de los estratos producto de la erupción. Según lo observado por muchos profesionales en la práctica, la TBJ está constituida por ceniza que contiene arena y limo (este último es abundante y tiene tamaño como el de una arcilla), asimismo hay fragmentos de pómez y de líticos³ que varían su tamaño dependiendo de su distancia al centro emisor.

2.4.1. DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS DE CAÍDA

Fueron generados a partir de material expulsado por el conducto central de la caldera y por las coignimbitas asociadas a las nubes acompañantes que producen los flujos piroclásticos, generalmente las caídas muestran una variación vertical en la granulometría estando las partículas grandes y pesadas en la parte baja. En las caídas también hay presencia de lapilli acrecional (Ver Figura No 2.5).



*Figura No. 2.5: Piroclastos de caída con desplazamiento hacia el noroeste de la de Ilopango
Fuente: Molina, B. M. et al (2009) "Caracterización geotécnica de las tefras Tierra Blanca Joven Unidad "G" en la zona proximal y obras de protección, San Salvador, El Salvador", Trabajo de graduación, Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".*

³ Líticos: Aplicado a fragmentos rocosos que aparecen en una roca formada posteriormente.

Otra característica que presentan, es que los espesores de estos depósitos van disminuyendo a medida que se alejan del lugar del centro de emisión. Los depósitos de caída de la TBJ están presentes en las unidades A, B, D, E y G.

2.4.2. DEPÓSITOS DE FLUJOS PIROCLÁSTICOS

Walter Hernández en su estudio “Características geomecánicas y vulcanológicas de las tefras Tierra Blanca Joven, Caldera De Ilopango, El Salvador”, 2004, concluye que los flujos piroclásticos o ignimbritas constituyen los depósitos más ampliamente distribuidos y de mayor volumen de la TBJ, los cuales estuvieron presentes en las dos fases importantes que mencionan Hart y Steen-McIntire [1983]. En la fase eruptiva inicial de la TBJ sobresalen las ignimbritas de la unidad “C” (Gris y Amarilla), la ignimbrita Alfa y la ignimbrita Beta, con la cual termina la primera fase eruptiva. Las ignimbritas de la fase final son las más voluminosas y que tuvieron mayor desplazamiento alrededor de la estructura caldérica y corresponden a la unidad F.

Las ignimbritas de la unidad F de la TBJ cubren extensas áreas de los departamentos de San Salvador, La Paz, La Libertad, Cuscatlán y San Vicente. Estos flujos cuyos mecanismos de transporte son flujos turbulentos generados por el colapso de una porción de columna eruptiva, debido a la alta densidad que alcanza en determinado instante, se convierten en una masa densa de cenizas, pómez y líticos, saturada de gases (fluidización), que se desplazan ladera abajo por largas distancias. Los flujos se desplazan por las hondonadas y valles a los que rellenan en su desplazamiento (Ver Figura No 2.6).

Los flujos piroclásticos experimentan durante el desplazamiento procesos de segregación de sus componentes. Los fragmentos grandes de pómez vesicular tienden a buscar el techo del flujo donde se concentran por flotación. A 9 km al norte del borde caldérico (Tonacatepeque) los depósitos de flujos piroclásticos forman una zona de 2 m de espesor de bloques de tamaños variados que pueden alcanzar hasta 52 cm. Por otro lado, los líticos más grandes y pesados tienden a transportarse menos y a concentrarse en la base.

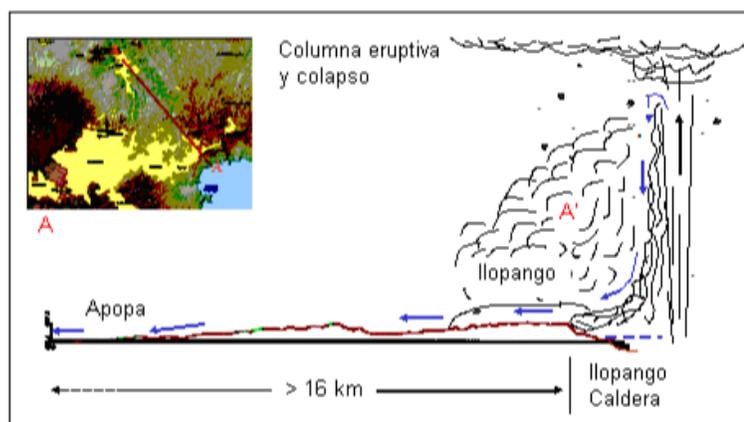


Figura No. 2.6: Colapso de la columna eruptiva y origen del flujo piroclástico con desplazamiento hacia el noroeste de la de Ilopango, a lo largo de las antiguas quebradas y valles.
Fuente: Walter Hernández (2004) en su estudio "Características geomecánicas y vulcanológicas de las tefras Tierra Blanca Joven, Caldera De Ilopango, El Salvador", página 36.

Los flujos piroclásticos (unidad F) se desplazaron a lo largo de los antiguos cauces de ríos y quebradas, bordeando la parte baja de la ladera norte del volcán San Salvador y se extendieron por unos 35 km de largo hasta llegar cerca de Quezaltequepe. Al occidente, un flujo atravesó lo que actualmente es la capital, alcanzó Santa Tecla, para lo cual tuvo que desplazarse ladera arriba hasta llegar a la cota máxima de 930 m. Se encausó entre el escarpe de falla del borde del graben y la parte más baja de la falda sur del volcán San Salvador.

Un aspecto que llama la atención, son los afloramientos de TBJ a lo largo de la calle que conduce al mirador del cráter El Boquerón, donde yace un depósito de flujo piroclástico (Unidad F) cuyo punto más alto observado a 1740 msnm, tiene 20 cm de espesor y aflora a unos 700 m antes de llegar al Mirador.

El sur de la estructura caldérica está limitado por la barrera del borde de la Cordillera del Bálsamo, sin embargo, se han encontrado flujos piroclásticos que sobrepasaron ese borde y se desplazaron ladera abajo donde rellenaron depresiones topográficas con profundidades del orden de 60 m.

2.4.3. DEPÓSITOS DE OLEADAS PIROCLÁSTICAS (SURGES)

Los depósitos de oleadas piroclásticas en la TBJ se presentan en la unidad C, E y G. El origen de estos en la unidad E se considera producto de oleadas piroclásticas “base surge” de una erupción freatoplíniana de la caldera de Ilopango que se dio en forma de explosiones dirigidas. Por lo contrario, en las unidades C y G es del tipo “nube ceniza surge” la cual se forma a partir de la nube acompañante durante el emplazamiento de los flujos piroclásticos.

2.5. TIERRA BLANCA JOVEN (TBJ)

El material eyectado de la última erupción efusiva de Ilopango cubrió un área de 300,000 km² y su volumen se estima en 70 km³ (Chávez et al., 2011). Estuvo conformada por depósitos de caída y por un gran volumen de depósitos de piedra pómez que se acumuló cerca de la caldera; en la cuenca alta del río Las Cañas se pueden tener espesores que superan los 60 m.

Hart (1981) identificó en la última erupción pliniana de Ilopango, dos etapas eruptivas importantes denominadas T1 y T2 cuyos productos los subdividió en seis unidades, e identificó los procesos eruptivos asociados, además, hizo análisis químicos de las tefras.

Posteriormente Hart y Steen-McIntyre (1983) describieron la estratigrafía y la distribución de las tefras como se muestra en la Figura No 2.7. Vallance y Houghton (1998) revisaron la estratigrafía de Hart y Steen-McIntyre e introdujeron cambios en las unidades estratigráficas, denominándolas de la A a la G, caracterizaron cada unidad y redefinieron los procesos eruptivos asociados a las mismas. Walter Hernández (2004) identificó tres nuevas unidades estratigráficas de la TBJ con el objetivo de estudiar las propiedades físicas y mecánicas de los depósitos piroclásticos de la erupción explosiva de la caldera de Ilopango.

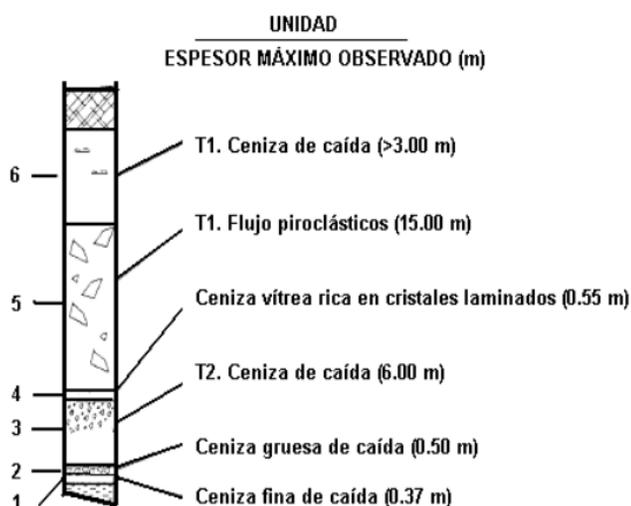


Figura No 2.7: Estratigrafía de las unidades de la TBJ adaptado de hart y Steen-McIntyre.

Fuente: Amaya Dubón, C.A. y E.A. Hayem Brevé (2000), "Introducción al estudio de suelos parcialmente saturados e inicio de la caracterización de la tierra blanca del AMSS", Trabajo de pregrado, Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas", San Salvador, El Salvador.

Actualmente, se trabaja con la estratigrafía elaborada por Walter Hernández (2004), donde identificó 9 unidades denominadas de la "A" a la letra "G", entre

las que se incluye la Unidad Ignimbrita α y β . Además, reagrupa de acuerdo a características similares y las define en cuatro unidades geotécnicas, denominadas de la base hacia el techo: Unidad I que incluye las unidades vulcanológicas A, B y C; la Unidad II comprende la Unidad D, Unidad III comprende la E y las ignimbritas Alfa, Beta y F, la Unidad IV corresponde a la G, como se muestran en el perfil estratigráfico de la Tabla No 2.5. De estas unidades geotécnicas, la Unidad III, es la que mejores propiedades geomecánicas presenta para la estabilidad de taludes.

UNIDADES	UNIDADES VULCANOLÓGICAS	UNIDADES GEOTÉCNICAS	LEYENDA
Unidad G Secuencia de ignimbritas y coignimbritas de delgados espesores.		IV	Suelos SM y ML, no cohesivos, resistencia por fricción, muy poco cementada. Susceptibles a la erosión. Cementación parcial en ignimbritas. ($c=0.032-0.122\text{kg/cm}^2$ y $\phi=28.43^\circ-25.57^\circ$).
Unidad F Múltiples ignimbritas.		III	Incluye unidad F, ignimbrita Beta, unidad E e ignimbrita Alfa. Suelos SM con gravas y bloques de pómez. Relativamente bien graduada, cementación parcial por minerales. Ángulos de fricción altos. Cohesión baja y variable de 0.105 a 0.025 kg/cm ² . Susceptibles a la erosión, Grandes espesores, Taludes verticales por presencia de discontinuidades. La unidad E posee la cohesión más alta 1.615 kg/cm ² .
Subunidad ignimbrita Beta			
Unidad E Depósitos húmedos y secos.			
Subunidad ignimbrita Alfa		II	Suelos ML con poca pómez diseminados. Depósitos de caída muy finos bandeados por variaciones

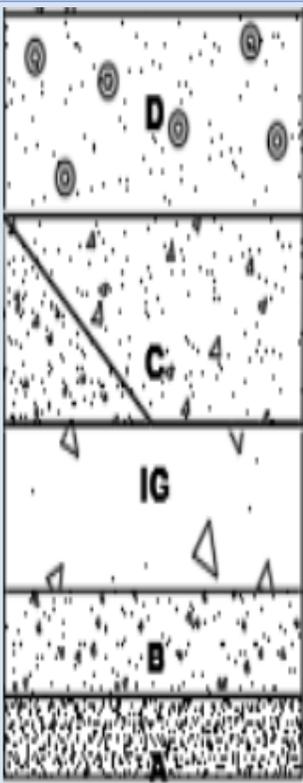
<p>Unidad D Depósitos de caída finos, oleadas piroclásticas e ignimbritas.</p>			<p>granulométricas con abundantes lapilli acrecional. No cohesivos. Básicamente la succión opera como fuerza resistiva. Ángulos de fricción relativamente moderados. Deleznales, granulometría relativamente uniforme. ($c=0.778$ a 0.062 kg/cm^2 y $\varnothing=38.15^\circ$ a 31.37°).</p>
<p>Unidad C Ignimbrita amarilla y oleadas piroclásticas. Ignimbrita Gris</p>		<p>I</p>	<p>Suelos SM y ML, compuesta por la unidad C y los delgados depósitos A y B. Flujos piroclásticos parcialmente cementados. Suelos relativamente bien graduados ($c=1.001-0.290$ kg/cm^2 y $\varnothing =28.15^\circ$ a 43.46°)</p>
<p>Unidad B Pómez de caída</p>			
<p>Unidad A Depósito de caída inicial</p>			

Tabla No 2.5: Perfil de unidades geotécnicas de la TBJ.

Fuente: Hernández, E. W. (2004). "Características geomecánicas y vulcanológicas de las tefras de Tierra Blanca Joven, Caldera de Ilopango, El Salvador. Tesis de Maestría en Tecnologías Geológicas, Universidad Politécnica de Madrid.

2.5.1. ESTATIGRAFIA DE LA TBJ

Los depósitos acumulados de la última erupción Pliniana de la caldera de Ilopango están clasificados en ocho unidades estratigráficas de la "A" hasta la "G" incluyendo las ignimbritas alfa e ignimbritas beta. En la Tabla No 2.6, se presenta una breve descripción de las características que presenta cada una de las unidades de depósitos piroclásticos de caída y flujos que constituyen a la TBJ desde la más profunda hasta la más superficial, según Walter Hernández.

UNIDAD	CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES	TIPO DE DEPOSITO	ESPESOR
Unidad A	Es un depósito fino, granular y localmente disperso de color café. Está compuesto por abundante pómez y líticos, ambos con tamaño de arena hasta grava. El espesor es muy delgado y a veces está ausente por erosión a partir del flujo piroclásticos de la unidad "C" y normalmente se encuentra cementado por óxido de hierro.	Depósito de caída	< 10 cm
Unidad B	Es un depósito de caída de pómez pliniano frecuentemente contenido dos partes discretas: Cenizas gruesas basales y lapilli de caída en el techo. Las isopacas circulares para espesores inferiores a 1cm, significan que fue eruptado bajo condiciones de velocidad de viento escaso (Vallance y Houghton, 1998). Este depósito de espesor centimétrico suele presentar un color amarillento por causa de la pigmentación y cimentación de óxido de hierro por contacto con el paleosuelo subyacente, a veces esta unidad está ausente debido a la erosión producida por la ignimbrita (Unidad C) y cuando está presente sirve de guía importante para identificar la base de la TBJ.	Depósito de caída	< 10 cm
Unidad C	Es un depósito compuesto por dos flujos piroclásticos; el primero presenta el basal de color gris (ignimbrita gris), rico en líticos andesíticos, masivo, de poco desplazamiento.	Depósito de caída piroclástico	Casi 10 m
	El segundo compuesto de amplio desplazamiento es el más importante, de color amarillento (ignimbrita amarilla), rico en líticos hidrotermalizados y es el que se encuentra más frecuente en la secuencia. Presenta una ligera estratificación evidenciada por los fragmentos de pómez. En las depresiones muestran las mayores acumulaciones. En algunas áreas poseen granulometría más gruesa, pero está parcialmente cementada por sulfatos y silicatos de cloruro de sodio, por eso, está relativamente más consolidada. En la Figura No 2.8 se presenta una fotografía de la ignimbrita gris.		Hasta 9 m
Unidad D	Es un depósito que se caracteriza por ser rico en cenizas de grano fino, bien seleccionados desde el punto de vista geológico, pero mal graduado desde el punto de vista geotécnico. Presenta marcas de ondas gigantes de oleadas piroclásticas densas, estas estructuras y los depósitos de caída finos de la coignimbrita, le dan un aspecto estratificado. Este depósito en la facies intermedia y distales es no consolidado con ligeras variaciones entre un horizonte y otro, sin embargo, hacia el borde caldérico esta unidad está bastante cementada por minerales sulfatados y silicatos.	Depósito de caída	≤ 8 m

	En algunos afloramientos muestra un depósito de flujo piroclásticos con cierta estratificación planar. El techo está compuesto por ceniza con abundante lapilli acrecional. Es pobre en líticos.		
Unidad Ignimbrita α	En el sector entre Ilopango y Soyapango aflora una ignimbrita masiva, con techo de color rosado tenue y beige en todo el depósito, posee matriz rica en cenizas finas, pómez centimétricos y pocos líticos, cementada en la base por sulfatos y silicatos, el resto de la unidad no está consolidada. Presenta frecuentemente estructuras de tubos de desgasificación. En la secuencia de la TBJ se localiza entre el techo de la Unidad D y la base de la E. Presenta un desplazamiento aproximado de 6 km al noroeste a partir del borde caldérico.	Depósito de caída piroclástico	≤ 15 m
Unidad E	Está constituida por productos freatomagmáticos caracterizados por depósitos de caída finamente bandeados, contiene depósitos secos y húmedos alternados. Los depósitos secos son color claro, están compuestos por cenizas gruesas con lapilli, fino pumítico y líticos andesíticos (gravas y arenas), se caracterizan por ser no consolidadas, bastante deleznales. Los depósitos húmedos están constituidos por ceniza muy fina, bien seleccionadas, color café claro y café oscuro cuando están húmedos, se caracterizan por estar bastante consolidados y son ricos en fragmentos vítricos y en cristales [Hart y McIntire, 1983]. Los depósitos húmedos muestran localmente deformaciones propias de sedimentos suaves indicando una deposición muy húmeda. Estos depósitos están medianamente distribuidos, pero a veces están ausentes debida a la erosión producida por la ignimbrita sobreyacente (unidad F). En la Figura No 2.9 se presenta una fotografía de la unidad E.	Depósito de caída	≤ 3 m
Unidad Ignimbrita β	Está constituida por una ignimbrita de color café claro, muy compacto, con abundante matriz fina con pómez y lítico en moderada presencia. Se localiza en el techo de la unidad E y subyace a la unidad F. Esta ignimbrita frecuentemente no está presente debido a la erosión producida por la ignimbrita F y cuando sí lo está, los espesores son muy pequeños. El máximo espesor medido es de 4.6 m (Urb. Vista al Lago) y en el río El Playón es de 2.18 m. Esta Ignimbrita que tiene un desplazamiento desconocido hasta el momento.	Depósito de caída piroclástico	≤ 4 m
Unidad F	Está compuesta por varios flujos piroclásticos masivos, no soldados, de color claro a beige claro, con granulometría mal seleccionada y de espesores de unos 20 m hacia al sur. Presenta matriz de cenizas gruesas con abundantes fragmentos de pómez en la parte superior y líticos en la parte inferior.	Depósito de caída piroclástico	Desde ≤ 1 m en las elevaciones (a 8 – 12 Km de distancia de la caldera) hasta

			20 – 60 m cerca de la caldera.
Unidad G	Tobas finas con lapilli acrecional, depósitos de co-ignimbritas y flujos piroclásticos. Coignimbritas poco consolidadas con material fino, líticos, pómez y gran cantidad lapilli acrecional. El conjunto da un aspecto estratificado debido a los cambios granulométricos y en la estación lluviosa adoptan tonalidades claras y beige.	Depósitos de caída, flujos y oleadas piroclásticas	≤ 15 m cerca de la caldera, hasta menos de 1 m a 20 km de distancia.

Tabla No 2.6: Unidades que conforma la TBJ, desde la más profunda hasta la superficial.

Fuente: Alex Chávez et al., (2012): Problemática y conocimiento actual de las tefras Tierra Blanca Joven en el Área Metropolitana de San Salvador, El Salvador. Rev. Geol. América. Central, 47:117-132.

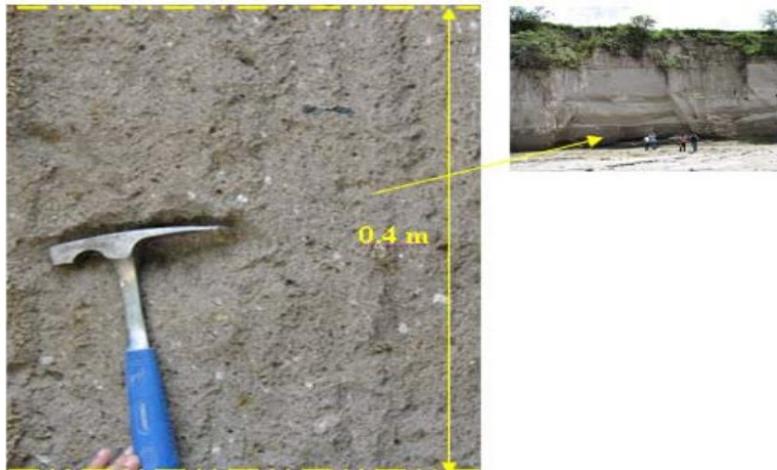


Figura No 2.8: Fotografía de ignimbrita gris de la unidad C en un talud, río de las Cañas

Fuente: Molina, B. M., (2009) "Caracterización geotécnica de las tefras Tierra Blanca Joven Unidad "G" en la zona proximal y obras de protección, San Salvador, El Salvador", Trabajo de graduación, Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

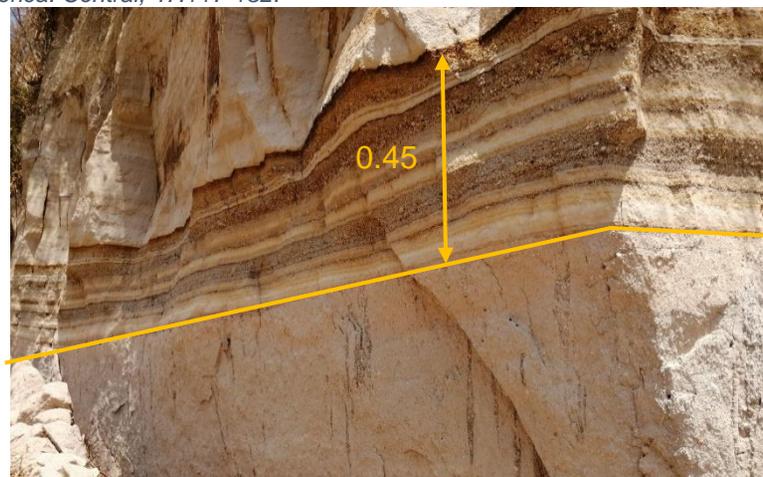


Figura No 2.9: Fotografía de la unidad E en un talud de la Qda. Arenal Seco.

Fuente: De los autores.

2.5.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA TBJ

Un análisis cualitativo con el microscopio electrónico de barrido reveló que el Sílice (Si) es un elemento dominante en las muestras de Tierra Blanca, el contenido de Sílice es de al menos de un orden de magnitud mayor que el de los otros componentes. El Aluminio (Al) el cual es común en los suelos volcánicos, es el segundo más abundante seguido por el Calcio (Ca), Oxígeno (O) y Magnesio (Mg). Esto es coherente con el elemento dominante de la TBJ siendo vidrio volcánico riolítico (74 % de SiO_2 , Mann et al). El mineral predominante en estas muestras son los paglioclasa feldespatos y hornblendas subordinadas (anfíboles). Otros minerales que incluye son ilmenita, magnetita y materiales amorfos como los iones de óxido e hidróxidos, este último podría ser un gel. Estos resultados coinciden con el análisis petrográfico y mineralógico de Amaya Dubón y Hayem Breve (2000)⁴.

Según pruebas de Mavrommati (2000) en cuanto a la microfábrica de la TBJ los estudios muestran que es un material abierto o con gran cantidad de vacíos, los granos están empaquetados de manera suelta, no existiendo enlaces entre ellos, teniendo forma angular las partículas y con presencia importante de pómez vesicular.

⁴ Rolo, R., Bommer, J.J., Houghton, B.F., Vallance, J.W., Berdousis, P., Mavrommati, C., Murphy, W., "Geologic and engineering characterization of Tierra Blanca pyroclastic ash deposits", 2004.

2.6. PROPIEDADES DE LOS SUELOS CON USO INGENIERIL

El suelo es un material formado por una gran variedad de partículas sólidas, líquidas y gases incluidos. La proporción de estos componentes determina una serie de propiedades en el suelo que se conocen como físicas y mecánicas, que permiten identificar las características del suelo para poder hacer un mejoramiento del mismo, dependiendo de las condiciones existentes.

El conocimiento de las características físicas y mecánicas de los suelos es fundamental ya que el ingeniero predice, con bastante aproximación, el comportamiento de los diferentes estratos bajo la acción de las cargas a las que sean sometidas. En la Tabla No 2.7 se presenta una breve descripción de cada propiedad física referente al estudio de suelos.

PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS
<p>1. Contenido de humedad (ω):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un contenido de humedad de cero significa el suelo está completamente seco. • Para un $\omega=100\%$ el peso de agua en la muestra de suelo es igual al peso de los sólidos. <p>Está varia teóricamente de cero a infinito; ejemplo: Arcillas Japonesas ($\omega=1200-1400\%$), Arcillas procedentes de la región sureste de México ($\omega=1000\%$) y Valle de México ($\omega=500-600\%$).</p> $\% \omega = \frac{W_w}{W_s} * 100$
<p>2. Relación de vacíos (e):</p> <p>La relación puede variar de 0 ($v_s=0$) a “infinito” (valor correspondiente a un espacio vacío) en la práctica no suelen encontrarse valores menores a 0.25 (arenas muy compactas con finos), ni mayores a 15 (arcillas altamente compresibles).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuanto mayor sea la relación de vacío ($e>1$) más suelto es el suelo, por lo que facilita la absorción del agua. $e = \frac{V_v}{V_s}$

3. Densidad Húmeda (γ):

Está relacionada con su grado de compactación. Ya que, para suelos compactados, su densidad es mayor.

$$\gamma = \frac{W_t}{V_t}$$

4. Porosidad (n):

Esta relación puede variar de 0 (en un suelo ideal con solo fase solida) a 100 (espacio vacío) los valores reales suelen estar entre 25%-95%.

$$n = \frac{V_v}{V_t}$$

5. Densidad seca (γ_d): es el peso del suelo excluido el agua (peso de fase solida) por unidad de volumen total del suelo.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_t}$$

6. Grado de saturación (S):

Es el porcentaje vacíos que están ocupados por el agua.

$$\%S = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

Varia de 0 (suelo seco) a 100% (suelo totalmente saturado). Un suelo se considera que está saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por el agua, de la misma manera el estado de sobresaturación significa que el suelo tiene agua libre.

7. Gravedad específica de suelo (Gs):

Se define como la relación del peso específico de la fase solida del suelo entre el peso específico de agua a 4°C destilada y sujeta a una atmosfera de presión. Esta es una propiedad intrínseca de cada tipo de suelo, y no depende del grado de compactación.

$$Gs = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

8. Compacidad:

Característico de suelos granulares, es el grado de compactación de los suelos no cohesivos. Es una propiedad importante en carreteras, terraplenes y todo tipo de relleno en general, al estar directamente relacionado con la consistencia y deformabilidad ya que se debe estar lo suficientemente consolidado para evitar los asentamientos. (Bañon, 2000).

9. Consistencia:

Es el grado de adherencia y resistencia frente a las cargas, esta es propia de los suelos arcillosos, y se mide mediante los límites de Atterberg.

Según (Bañon, 2000) los estados de consistencia presentes en el suelo son:

- **Líquido:** presencia de una cantidad excesiva de agua anula las fuerzas de atracción interparticular que mantenían unido al suelo (la

cohesión) y lo convierte en una papilla, un líquido viscoso sin capacidad resistente.

- **Plástico:** el suelo es fácilmente moldeable presentando grandes deformaciones con la aplicación de esfuerzos pequeños.
- **Semisólido:** el suelo deja de ser moldeable pues se quiebra y resquebraja antes de cambiar de forma.
- **Sólido:** en este caso el suelo alcanza estabilidad ya que su volumen no varía con los cambios de humedad el comportamiento mecánico es óptimo.

10. Clasificación de los suelos

- **Granulometría:** distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca.
- **Consistencia:** estados de consistencia abordados en el ítem No 9 de esta tabla.
- **Textura:** composición mineral de muestra de suelo, definida por las propiedades relativas de sus separados individuales en base a masa (arena, limo, arcilla).
- **Estructura:** es como el estado del mismo, que resulta de la granulometría de los elementos que lo componen y del modo como se hallan estos dispuestos.
- **Color:** está dado por la existencia y proporción de compuestos orgánicos y minerales.

Tabla No 2.7: Propiedades físicas de los suelos.

Fuente: De los autores, tomado de Escalante Cerritos, (2008) et al, "Elaboración del mapa de características geotécnicas para el municipio de San Salvador y propuesta de requerimientos mínimos necesarios en estudios de suelos para urbanizaciones, obras de protección, edificaciones de tres y más niveles, San Salvador, El Salvador" Trabajo de graduación, Universidad de El Salvador.

2.7. RECOPIACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DE TBJ

A continuación, se presenta una recopilación acerca de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a las propiedades de la TBJ en el AMSS desde la Tabla No. 2.8 hasta la Tabla No 2.14, con el objetivo de caracterizar los parámetros físicos a estudiar. Mencionar que no se encontraron resultados sobre los ensayos de laboratorio realizados a las unidades A y B.

2.7.1. UNIDAD C

AUTOR	No DE MUESTRA	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	RESULTADOS DE LABORATORIO		OBSERVACIONES
				ENSAYO	RESULTADOS	
Walter Hernández	1	Cantón San José Cortez kilómetro y medio de punto de buses ruta 19 calle a San Lauretano Ciudad Delgado	Arena limosa (SM), café claro	Contenido de Humedad (%)	20.0	Valor normal en período de estación lluviosa.
				Límites de Consistencia	LL=23	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	40.35	
				Gravedad Específica	2.407	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.531	
	Peso Volumétrico Seco (T/m ³)			1.275		
	2			Contenido de Humedad (%)	13.000	Valor normal en período de estación lluviosa.
				Límites de Consistencia	LL=25	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	42.62	
				Gravedad Específica	2.424	
Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)		1.479				
Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.308					
Cristian Gómez	1	Zona Franca de San Salvador al costado Nor-Oriente del aeropuerto de Ilopango, San Salvador.	Limo arenoso (ML), beige claro	Contenido de Humedad (%)	15.54	
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	54.60	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 99.3%
				Gravedad Específica	2.37	

				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.37	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.18	
Mónica y Alejandro	1	Colonia Brisas del Sur, Santo Tomás, San Salvador	Limo de baja plasticidad con arenas, color café claro (ML)	Contenido de Humedad (%)	8.49	
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	47.86	Porcentaje retenido en la malla No.4 es de 52.14 %
				Gravedad Específica	2.35	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.33	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.226	
	2			Contenido de Humedad (%)	11.49	
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)		No se presenta el análisis granulométrico para esta muestra, dicho ensayo solo se realizó para la muestra 1.
				Gravedad Específica	2.35	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.44	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.327	

Tabla No 2.8: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad C.

Fuente: De los autores

2.7.2. UNIDAD D

AUTOR	No DE MUESTRA	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	RESULTADOS DE LABORATORIO		OBSERVACIONES
				ENSAYO	RESULTADOS	
Walter Hernández	1	Quebrada contigua a la Urbanización La Campanera, Soyapango.	Limo arenoso (ML), beige claro	Contenido de Humedad (%)	20.00	Valor normal en período de estación lluviosa.
				Límites de Consistencia	LL= 25	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	68.24	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 100%
				Gravedad Específica	2.4	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.789	
	Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.491				
	2	Carretera de Oro, Km 14 1/2, Cantón Cabañas Ciudad Delgado.	Limo arenoso (ML), beige claro	Contenido de Humedad (%)	16.00	Valor normal en período de estación lluviosa.
				Límites de Consistencia	LL= 24	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	72.68	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 99%
				Gravedad Específica	2.484	
Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)				1.453		

	3			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.252	
				Contenido de Humedad (%)	18.00	Valor normal en período de estación lluviosa.
				Límites de Consistencia	LL= 28	
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)(%)	67.82	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 100%
				Gravedad Específica	2.388	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.365	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.156	
Cristian Gómez	1	Zona Franca de San Salvador al costado Nor-Oriente del aeropuerto de Ilopango, San Salvador.	Limo arenoso (ML), beige claro	Contenido de Humedad (%)	11.47	
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	67.70	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 99.8%
				Gravedad Específica	2.32	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.41	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.26	

Tabla No 2.9: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad D.

Fuente: De los autores.

2.7.3. UNIDAD IGNIMBRITA ALPHA

AUTOR	No DE MUESTRA	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	RESULTADOS DE LABORATORIO		OBSERVACIONES
				ENSAYO	RESULTADOS	
Cristian Gómez	1	Zona Franca de San Salvador al costado Nor-Oriente del aeropuerto de Ilopango, San Salvador.	Arena Limosa (SM), Rosada	Contenido de Humedad (%)	10.30	
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	29.50	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 93%
				Gravedad Específica	2.33	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.75	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.59	
				Contenido de Humedad (%)	9.80	
	2	Zona Franca de San Salvador al costado Nor-Oriente del aeropuerto de Ilopango, San Salvador	Arena Limosa (SM), Rosada	Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	32.90	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 97.4%
				Gravedad Específica	2.33	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.75	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.59	
				Contenido de Humedad (%)	9.80	

3	Contenido de Humedad (%)	9.80	
	Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
	Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	32.90	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 97.4%
	Gravedad Específica	2.33	
	Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.75	
	Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.59	

Tabla No 2.10: Recopilación de los resultados de laboratorio por diversos autores respecto a la unidad Ignimbrita Alpha.
Fuente: De los autores.

2.7.4. UNIDAD E

AUTOR	No DE MUESTRA	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	RESULTADOS DE LABORATORIO		OBSERVACIONES
				ENSAYO	RESULTADOS	
Walter Hernández	1	Quebrada contigua a la Urbanización La Campanera, Soyapango.	Limo arenoso (ML) color café	Contenido de Humedad (%)	de 24.00	
				Límites de Consistencia	de LL= 21	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	71.26	El 99.91% pasaron el tamiz No.4. El tamaño del material que predomina el limo, con 25 a 30% de arena, según SUCS.
				Gravedad Específica	2.432	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.752	

Cristian Gómez	2	Carretera de Oro, Km 14 1/2, Cantón Cabañas Ciudad Delgado.	Arena Limosa, café (SM)	Peso Volumétrico Seco (T/m³)	1.413	
				Contenido de Humedad (%)	11.00	
				Límites de Consistencia	LL= 22	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	45.50	El 100% de granos pasaron el tamiz No.4. De acuerdo con el SUCS, indica que ésta muestra está constituida por arena limosa, en la que el 45 % son finos no plásticos.
				Gravedad Específica	2.597	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m³)	1.64	
				Peso Volumétrico Seco (T/m³)	1.477	
	1	Zona Franca de San Salvador al costado Sur-Oriente del aeropuerto de Ilopango, San Salvador	Limo arenoso (ML), café oscuro	Contenido de Humedad (%)	11.76	Deposito húmedo
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	70.60	El 100% del material pasa la malla No.4.
				Gravedad Específica	2.43	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m³)	1.67	
				Peso Volumétrico Seco (T/m³)	1.49	
				2		Limo arenoso (ML), café claro
Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.				
Análisis Granulométrico	7.00	El 90% del material pasa la malla No.4				

			(Porcentaje que pasa la malla No.200)			
			Gravedad Específica	2.4		
			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.25		
			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.18		
	3	Limo arenoso (ML), café oscuro	Contenido de Humedad (%)	12.03	Deposito húmedo	
			Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.	
			Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	70.60	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 100%	
			Gravedad Específica	2.51		
			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.67		
			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.49		
	4	Limo arenoso (ML), café claro	Contenido de Humedad (%)	7.30	Deposito seco	
			Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.	
			Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	7.00	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 90%	
			Gravedad Específica	2.41		
			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.25		
			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.16		
	5	Zona Franca de San Salvador al	Limo arenoso (ML), café oscuro	Contenido de Humedad (%)	24.22	Deposito húmedo

		costado Nor-Oriente del aeropuerto de Ilopango, San Salvador		Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	70.60	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 100%.
				Gravedad Específica	2.44	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.96	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.58	
	6		Limo arenoso (ML), café claro	Contenido de Humedad (%)	12.60	Deposito seco
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	8.30	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 91.5%
				Gravedad Específica	2.49	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.25	
	7		Limo arenoso (ML), café oscuro	Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.11	
				Contenido de Humedad (%)	24.22	Deposito húmedo
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	70.60	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 100%.
				Gravedad Específica	2.44	
			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.96		

8	Limo arenoso (ML), café claro	Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.58	
		Contenido de Humedad (%)	12.60	Deposito seco
		Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
		Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	8.30	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 91.5%
		Gravedad Específica	2.49	
		Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.25	
		Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.11	

Tabla No 2.11: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad E.
Fuente: De los autores.

2.7.5. UNIDAD IGNIMBRITA BETA

AUTOR	No DE MUESTRA	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	RESULTADOS DE LABORATORIO		OBSERVACIONES
				ENSAYO	RESULTADOS	
Cristian Gómez	1	Zona Franca de San Salvador al costado Sur-Oriente del aeropuerto de Ilopango, San Salvador	Limo arenoso (ML), Café claro	Contenido de Humedad (%)	20.21	
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	65.90	Porcentaje que pasa la malla No.4 es de 100%
				Gravedad Específica	2.41	

2			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	2.09	
			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.74	
			Contenido de Humedad (%)	21.77	
			Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
			Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	74.40	Porcentaje que pasa la malla No.4 es de 100%
			Gravedad Específica	2.41	
			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	2.02	
			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.66	
3	Zona Franca de San Salvador al costado Nor-Oriente del aeropuerto de Ilopango, San Salvador	Arena Limosa (SM), Café claro	Contenido de Humedad (%)	25.48	
			Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
			Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	49.60	Porcentaje que pasa la malla No.4 es de 99.9%
			Gravedad Específica	2.46	
			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.86	
			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.48	

4	Contenido de Humedad (%)	16.60	
	Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
	Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	47.10	Porcentaje que pasa la malla No.4 es de 99.9%
	Gravedad Específica	2.41	
	Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.85	
	Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.59	

Tabla No 2.12: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad Ignimbrita Beta.

Fuente: De los autores.

2.7.6. UNIDAD F

AUTOR	No DE MUESTRA	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	RESULTADOS DE LABORATORIO		OBSERVACIONES
				ENSAYO	RESULTADOS	
Walter Hernández	1	Quebrada contigua a la Urbanización La Campanera, Soyapango.	Arena Limosa, café (SM)	Contenido de Humedad (%)	19.00	Valor característico de este tipo de materiales en estación lluviosa.
				Límites de Consistencia	LL= 20	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	19.80	El porcentaje pasa la malla No. 3/4" es 95% y el porcentaje que pasa en la malla No.4 es 82%.

				Gravedad Específica	2.416	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)		No se encontró valores para poder compararlo.
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)		No se encontró valores para poder compararlo.
	2	Carretera de Oro, Km 14 1/2, Cantón Cabañas Ciudad Delgado.		Contenido de Humedad (%)	12.00	Valor característico de este tipo de materiales en estación lluviosa.
				Límites de Consistencia	LL= 27	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	35.40	Material que pasa la malla No.4 96.65%. Esta muestra fue tomada en un depósito que se encuentra más lejos que la muestra 1 con respecto al foco de emisión, por lo tanto, el hecho que se enriquezca en finos puede deberse a la incorporación de material fino erosionado de la Unidad E subyacente y al rompimiento de algunos granos.
				Gravedad Específica	2.306	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.391	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.242	
Cristian Gómez	1	Zona Franca de San Salvador al costado Sur-Oriente del aeropuerto de	Arena Limosa (SM), Beige claro	Contenido de Humedad (%)	23.78	Deposito húmedo
				Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.

	2	Ilopango, San Salvador	Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	29.90	El porcentaje pasa la malla No. 3/4" es 95.3% y el porcentaje que pasa en la malla No.4 es 80.8%.
			Gravedad Específica	2.35	
			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.65	
			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.33	
			Contenido de Humedad (%)	24.88	Deposito seco
			Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
	3	Zona Franca de San Salvador al costado Nor-Oriente del aeropuerto de Ilopango, San Salvador	Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	44.40	El porcentaje pasa la malla No. 3/4" es 98.5% y el porcentaje que pasa en la malla No.4 es 90.2%.
			Gravedad Específica	2.35	
			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.34	
			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.07	
			Contenido de Humedad (%)	24.88	Deposito húmedo
			Límites de Consistencia	NP	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
			Análisis Granulométrico (Porcentaje que	44.40	El porcentaje pasa la malla No. 3/4" es 98.5% y el porcentaje que pasa en la malla No.4 es 90.2%.

				pasa la malla No.200)		
				Gravedad Específica	2.35	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.65	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.32	

Tabla No 2.13: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad F.
Fuente: De los autores.

2.7.7. UNIDAD G

AUTOR	No MUESTRA DE	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	RESULTADOS LABORATORIO DE		OBSERVACIONES
				ENSAYO	RESULTADOS	
Walter Hernández	1	Final, Calle La Fuente, Soyapango	Arena Limosa, café (SM)	Contenido de Humedad (%)	14.00	
				Límites de Consistencia	LL= 24	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
				Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	45.60	El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 98.16%
				Gravedad Específica	2.375	
				Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.442	
				Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.265	

2	Carretera de Oro, Km 14 1/2, Cantón Cabañas Ciudad Delgado.	Limo Arenoso (ML)	Contenido de Humedad (%)	27.0000	
			Límites de Consistencia	LL= 31	El LP no fue determinado debido a que las muestras carecen de finos plásticos.
			Análisis Granulométrico (Porcentaje que pasa la malla No.200)	73.57	Este valor tiene relación con el porcentaje de humedad, ya que debido a la mayor cantidad de finos estos retienen más agua. El porcentaje que pasa la malla No.4 es de 99.66%.
			Gravedad Específica	2.346	
			Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	1.575	
			Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	1.24	

Tabla No 2.14: Recopilación de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a la unidad G.

Fuente: De los autores.

2.8. COMPARACIÓN CON OTROS RESULTADOS

Se cuenta con otros resultados de pruebas de laboratorio realizadas en la TBJ como se muestra en la Tabla No 2.15, por medio de ensayos de corte directo (CD) y compresión triaxial no consolidada-no drenada en suelos cohesivos Q(U,U), realizados en el Área Metropolitana de San Salvador por el laboratorio de suelos y materiales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador, sin embargo, se desconoce a qué unidad pertenecen, por lo tanto, no se pueden correlacionar de esa manera, sino por los valores reportados de sus parámetros.

UBICACIÓN	TIPO DE ENSAYO	CLASIFICACIÓN	W (%)	Peso Volumétrico Húmedo (T/m ³)	Peso Volumétrico Seco (T/m ³)	Gs
Talud Calle a Huizucar, Prolongación Orden de Malta No II	Q (U,U)	Suelo arenoso ML, color café claro con 48% de arena y presencia de trazas de pómez.	48.20	1.44	0.97	2.48
Talud Juan Pablo II	Q (U,U)	Limo Arenoso ML no plástico, color gris claro con 16% de arena fina	23.87	1.50	1.21	2.37
Talud Juan Pablo II, Tramo Metro Sur	Q (U,U)	Limo Arenoso ML no plástico, color gris claro con 30% de arena	23.83	1.36	1.10	2.39
Boulevard Orden de Malta Tramo I	Q (U,U)	Arcilla limosa color café con 31% de arena fina a media	43.30	1.56	1.02	2.50
Construcción de muro en Quebrada La Mascota, El Rosedal, Col. Escalón	Q (U,U)	Suelo Limo Arenoso ML, color gris claro, con un 45% de arena fina, presencia de material pomítico.	17.43	1.68	1.43	2.36

Ilopango	Q (U,U)	Arena limosa SM gris, 65% arena y trazas de gravillas pomítica	13.53	1.45	1.28	2.30
Santísima Trinidad. Polígono No.2 BLOCK A	Q (U,U)	Arena limo arcillosa de baja plasticidad, 70% de arena fina a gruesa, café y gravilla aislada	22.50	1.46	1.19	2.64
Estación km. 249, línea férrea de FENDESAL	Q (U,U)	Arena limosa SM café claro, 72% de arena fina y finos no plásticos	18.80	1.61	1.36	2.38
Carretera Tonacatepeque	Q (U,U)	Arena limosa SM, gris claro con trazas de grava pomítica, 18% de finos no plásticos	24.40	1.30	1.05	2.40
Antiguo Cuscatlán, lotes urbanización Cumbres de Esmeralda	Q (U,U)	Arena limosa SM 75% arena fina-media, ligeramente plástica café	12.00	1.62	1.45	2.76
Prolongación calle San Antonio Abad y Avenida Masferrer	Q (U,U)	Arena limosa SM, gris claro, 10% finos no plásticos y trazas de pómez	20.58	1.53	1.27	-
Santa Tecla	Q (U,U)	Limo Arenoso	22.40	1.73	1.42	-
Ilopango		Arena limosa SM, color gris claro con 54% de arena y con presencia de trazas de pómez	18.57	1.59	1.34	2.32
Talud Calle a Huizucar, Prolongación Orden de Malta No II, SS	Q (U,U)	Arcilla arenosa color café oscuro de baja plasticidad, con un 20% de arena y presencias de trazas de pómez	29.43	1.82	1.41	2.71
Boulevard Orden de Malta Tramo I	Q (U,U)	Arcilla medianamente plástica color café oscuro, con un 12 de arena fina.	43.07	1.56	1.07	2.50
Boulevard Orden de Malta y Ampliación	Q (U,U)	Arcilla, café, con un 8% arena fina	39.97	1.75	1.25	2.80

Zona Metropolitana de San Salvador	Q (U,U)	Arena arcillosa SC, color café claro con 38% de finos poco plásticos	25.37	1.57	1.25	2.56
Zona Metropolitana de San Salvador	Q (U,U)	Arcilla arenosa CL, color café oscuro de paja plásticidad, con un 27% de arena	27.10	1.58	1.24	2.65
Zona Metropolitana de San Salvador	Q (U,U)	Arena Limosa SM, color café con 49% de finos no plásticos	25.70	1.15	0.91	2.47
María Auxiliadora, Cuscatancingo, San Salvador	CD	Arena Limosa color amarillo claro, con trazas de grava pomítica y 28% de finos no plásticos SM	20.17	1.57	1.30	2.71
Centro Escolar Las Margaritas, San Salvador	Q (U,U)	Arena limosa color gris oscura, con 55% de arena finos no plásticos SM	9.33	1.77	1.62	2.48

Tabla No 2.15 Otros resultados de las Propiedades físicas y mecánicas de los materiales presentes en el AMSS.

Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales "Ing. Miguel Ángel Guzmán Urbina" de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador.



CAPITULO No.3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta la metodología de la investigación que se llevará a cabo para el desarrollo de este trabajo de graduación. Detallando las etapas para obtener las propiedades físicas de las unidades de la Tierra Blanca Joven (TBJ) en el AMSS; y tomando como base la metodología presentada en el trabajo de graduación denominado “Aplicación de los modelos constitutivos para representar el comportamiento de Tierra Blanca Joven (TBJ), unidad G” (Oscar et al., 2013), para la identificación en campo de las unidades que componen la TBJ.

La metodología consistirá en la realización de visitas de reconocimiento a diferentes lugares del AMSS, para definir los sitios de muestreo más apropiados para la extracción de muestras alteradas e inalteradas, posteriormente se llevará a cabo la ejecución de ensayos de laboratorio para finalmente obtener la caracterización de las propiedades físicas de las diferentes unidades de la TBJ en el AMSS.

3.2. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Con el objetivo de establecer las bases y criterios necesarios que permitan una adecuada aplicación de la metodología, es preciso, contar con antecedentes de la geología y del comportamiento de la TBJ. Para ello, se realizará una recopilación de información bibliográfica, por medio de trabajos de graduación previos realizados sobre la TBJ en el país, publicaciones en congresos, revistas, foros, consultas a empresas dedicadas a la consultoría en el área de geotecnia,

fuentes bibliográficas en internet y toda aquella que tenga relación con la Geología de El Salvador. Teniendo en cuenta, los conocimientos de técnicos como geólogos, geotecnistas y doctores expertos en el área de la geotecnia.

3.3. VISITAS DE RECONOCIMIENTO

Con base en toda la información obtenida del apartado anterior, se pretende conocer a priori, las zonas con presencia de material de TBJ en el AMSS, realizando visitas de reconocimiento en diferentes lugares, con el fin de ubicar de forma preliminar los posibles puntos de muestreo. Preferentemente dichas visitas deberán realizarse en compañía de personas que conozcan sobre la estratigrafía de TBJ, ya que de esta forma se adquiriría experiencia en la identificación en campo de TBJ, teniendo así de forma preliminar la identificación de las unidades existentes en los lugares que se visitarán.

3.3.1. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

Para la selección de los puntos de investigación se aplicará la metodología utilizada por el ingeniero Oscar Edgardo Ayala Valdez, en el trabajo de graduación **“APLICACIÓN DE LOS MODELOS CONSTITUTIVOS PARA REPRESENTAR EL COMPORTAMIENTO DE TIERRA BLANCA JOVEN (TBJ), UNIDAD G”**, para identificar las unidades de la TBJ. Dicho procedimiento se describe a continuación:

1) METODOLOGÍA

Consiste en el empleo de un perfil estratigráfico de TBJ, obtenido de la investigación realizada por Walter Hernández (Modificado, 2008) a la Tierra Blanca Joven (ver Figura No 3.1); nos basaremos en este perfil y en el observado en un talud investigado, a partir de la fotografía (ver Figura No 3.2), para realizar la identificación en campo de todas las unidades de TBJ, de la manera siguiente:

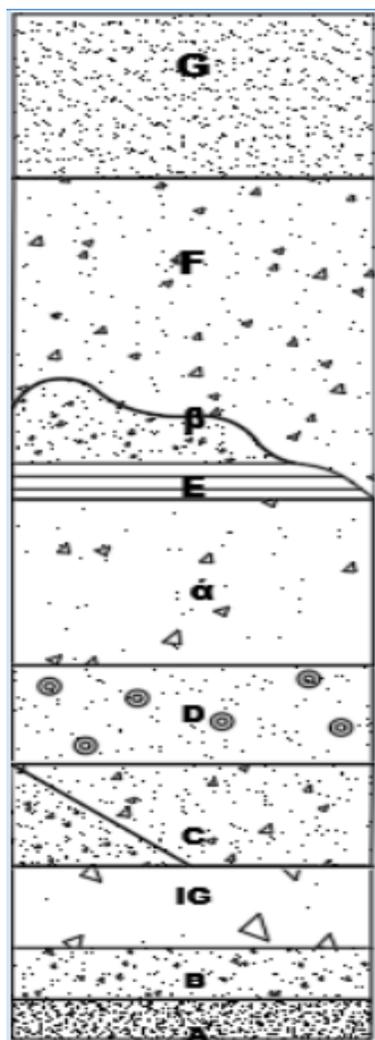


Figura No. 3.1: Perfil de unidades geotécnicas de la TBJ.
Fuente: Hernández, E. W. (2004).

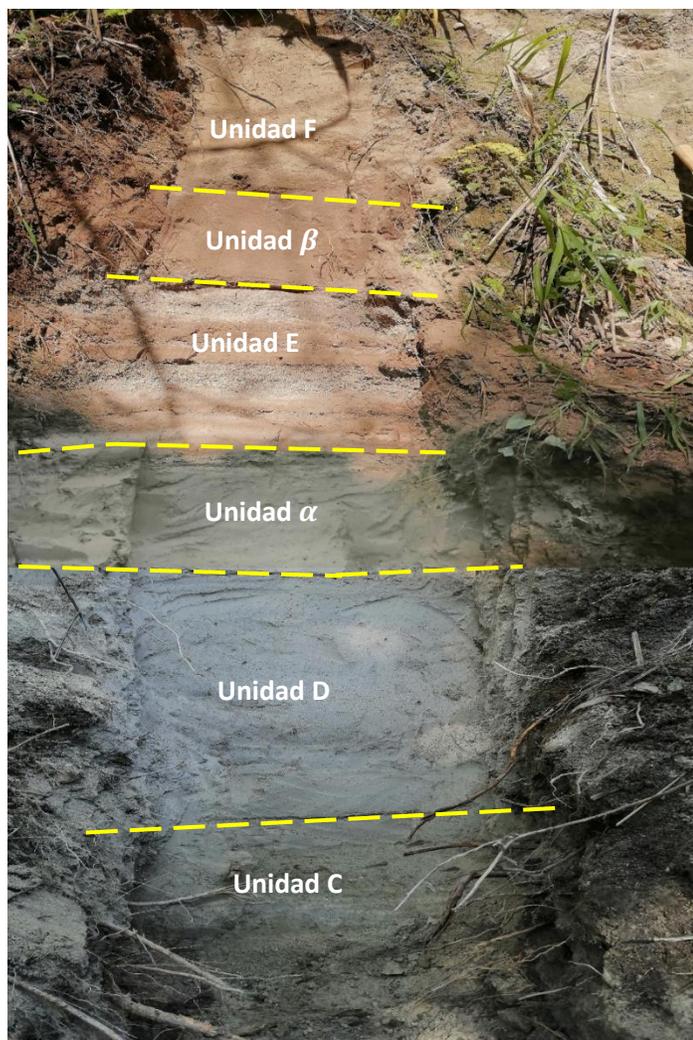


Figura No. 3.2: Fotografía de un talud con las diferentes unidades de TBJ.
Fuente: De los autores, tomada en talud cercano a Colegio Padre Arrupe, Carretera de oro.

a) IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD E.

En primer lugar, debe identificarse el estrato de unidad E de TBJ (este juega un papel muy importante como capa guía en la identificación del resto de unidades de la Tierra Blanca Joven), que presenta las características siguientes:

- i) El depósito de caída presenta un color café claro cuando esta seca y café oscuro cuando está húmeda.
- ii) Alternancia de depósitos de caída secos, de granulometría gruesa suelta (grava y arena gruesa hasta fina) y depósitos de caída húmedos; de granulometría fina consolidada. La unidad E se presenta en la Figura No 3.3.

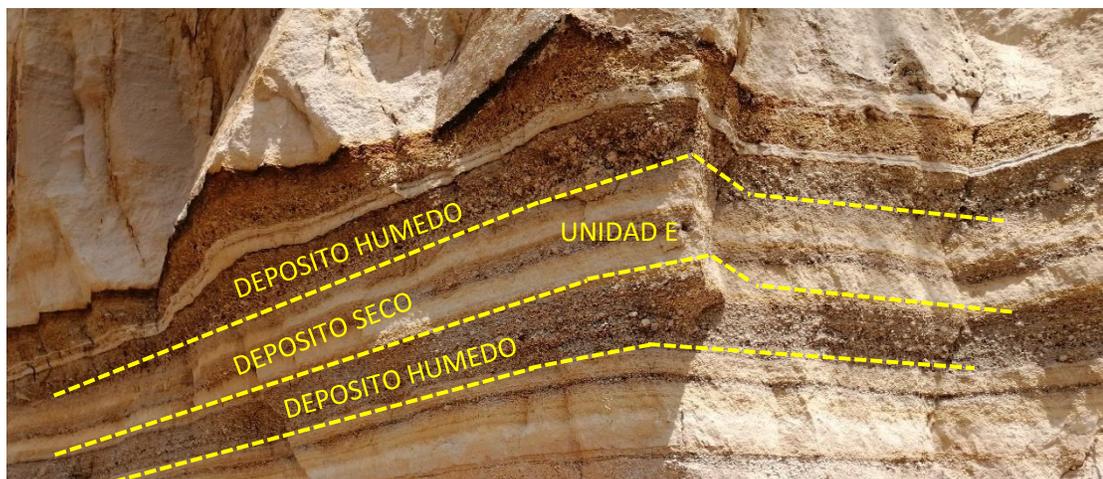


Figura No. 3.3: Fotografía de la Unidad E de TBJ
Fuente: De los autores.

b) IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD IGIMBRITA ALPHA.

Seguidamente, se identifica la unidad Ignimbrita α , la cual se encuentra por debajo de la unidad E (ver Figura No. 3.2). Esta unidad presenta las siguientes características:

- i) En el sector entre Ilopango y Soyapango, aflora una ignimbrita masiva, con techo de color rosado tenue y beige claro en todo el depósito, posee matriz rica en cenizas finas, pómez centimétricos y pocos líticos, cementada en la base por sulfatos y silicatos, el resto de la unidad no está consolidada.

c) IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD D.

Posteriormente, se identifica la unidad D, la cual podrá encontrarse por debajo de la unidad Ignimbrita α (ver Figura No. 3.2), Esta unidad presenta las siguientes características:

- i) Posee una textura deleznable.
- ii) Granulometría con tamaños dominantes de partículas finas, fragmentos de líticos angulares y pómez en forma dispersa.
- iii) Abundante presencia de lapilli acrecional, conformando coignimbritas (poco consolidadas) compuestas por cenizas finas y polvo volcánico, de color beige o grisácea al encontrarse húmeda (Imagen de unidad D, en figura No 3.4).



Figura No 3.4: Fotografía de la Unidad D de la TBJ
Fuente: De los autores.

d) IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD C

Subyacente a la unidad D, se encuentra la Unidad C (ver Figura No. 3.2), la cual se divide en dos compuestos de flujos piroclásticos y presentan las siguientes características:

- i) El primero se presenta en el basal de color gris (ignimbrita gris), rico en líticos andesíticos, masivo y de poco desplazamiento.
- ii) El segundo compuesto de amplio desplazamiento es el más importante, de color amarillento (ignimbrita amarilla), rico en líticos hidrotermalizados y es el que se encuentra más frecuente en la secuencia. Además, presenta una ligera estratificación evidenciada por los fragmentos de pómez y en algunas áreas poseen granulometría más gruesa, pero está parcialmente cementada por sulfatos y silicatos de cloruro de sodio, por lo tanto, está relativamente más consolidada.

e) IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD B

Luego, se encuentra la Unidad B, la cual está por debajo de la Unidad C, esta unidad es un depósito de caída de pómez pliniano frecuentemente conteniendo dos partes discretas: Cenizas gruesas basales y lapilli de caída en el techo; presentan las siguientes características.

- i) Este depósito de espesor centimétrico suele presentar un color amarillento por causa de la pigmentación y cimentación de óxido de hierro por contacto con el paleosuelo subyacente, a veces esta unidad está ausente debido a la erosión producida por la ignimbrita (Unidad

C) y cuando está presente sirve de guía importante para identificar la base de la TBJ.

f) IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD A

Por último, se encuentra la Unidad A, la cual está por debajo de la Unidad B, que presenta las siguientes características:

- i) Es un depósito fino, granular y localmente disperso de color café. Está compuesto por abundante pómez y líticos, ambos con tamaño de arena hasta grava. El espesor es muy delgado y a veces está ausente por erosión a partir del flujo piroclásticos de la unidad "C" y normalmente se encuentra cementado por óxido de hierro.

g) IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD IGNIMBRITA BETA

Esta podrá encontrarse por encima de la unidad E y presenta las siguientes características:

- i) Está constituida por una ignimbrita de color café claro, muy compacto, con abundante matriz fina con pómez y lítico en moderada presencia.

Esta ignimbrita frecuentemente no está presente debido a la erosión producida por la ignimbrita F y cuando sí lo está, los espesores son muy pequeños. (Imagen de la unidad Ignimbrita β , en Figura No 3.5).



Figura No 3.5: Fotografía de la Unidad Ignimbrita β de la TBJ
Fuente: De los autores.

h) IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD F.

Por encima de la unidad Ignimbrita β , se encuentra la unidad F y presenta las siguientes características:

- i) Se encuentra constituida de múltiples depósitos de flujos piroclásticos, masivos, isotrópicos, de coloración blanca, los cuales se conforman por una matriz de arena limosa y grava, que engloba grandes fragmentos de pómez y líticos dispersos en toda la matriz (ignimbritas).
- ii) Tamaño de líticos y pómez hasta de 15 cm de diámetro. (Imagen de unidad F, en Figura No 3.6).

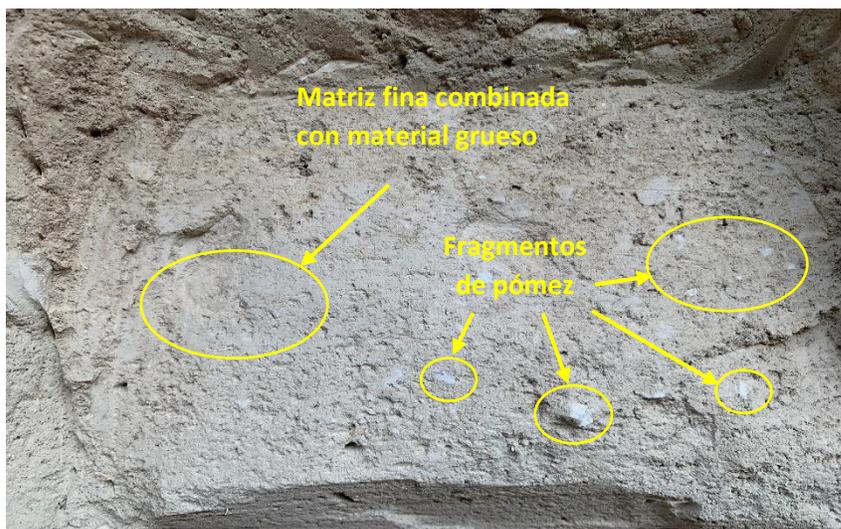


Figura No 3.6: Fotografía de la Unidad F de la TBJ
Fuente: De los autores

i) Identificación de la unidad G.

Se podrá encontrar por encima de la unidad F, según bibliografía (perfil estratigráfico, Figura No. 3.1). Esta unidad está formada por una secuencia compuesta por depósitos piroclásticos de caída (coignimbritas), flujos

piroclásticos de textura fina (ignimbritas) y oleadas piroclásticas (surge). A continuación, se describen las características de cada uno de ellos:

- i) Coignimbritas, se caracterizan por poseer materiales poco consolidados, de consistencia suave parecida al talco, producto de la caída por gravedad del material fino (ceniza volcánica) de la nube acompañante, con moderada presencia de lapilli acrecional.
- ii) Ignimbritas, se caracterizan por tener una matriz de suelo fino (ceniza volcánica) consolidada, con presencia de líticos angulares y abundante pómez vesicular.
- iii) Surges, se caracterizan por poseer un estrato delgado con alto grado de consolidación de color café claro. Imagen de unidad G en Figura No 3.7

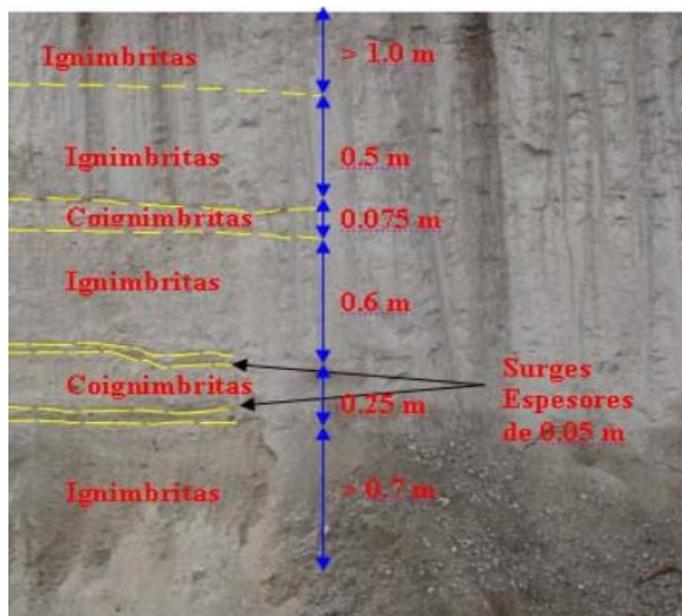


Figura No 3.7: Fotografía de la Unidad G de la TBJ

Fuente: Molina, B. et al, (2009), "Caracterización geotécnica de las tefras Tierra Blanca Joven Unidad "G" en la zona proximal y obras de protección, San Salvador, El Salvador", Trabajo de graduación, Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"

3.4. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PUNTOS DE ESTUDIO

Para identificar los puntos que serán estudiados, se requiere que cumplan con ciertos criterios, que para los autores de este trabajo de investigación y sus asesores son los que más influyen en el proceso la selección de puntos. Estos criterios son:

- 1) Taludes que posean la mayor cantidad de unidades de TBJ en las zonas tanto proximales como distales.
- 2) Zonas que presenten áreas topográficas favorables para la obtención de muestras alteradas e inalteradas para los ensayos a realizar en el laboratorio y que no se encuentren en zonas de alto riesgo de seguridad.

3.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS PUNTOS SELECCIONADOS

Para cada punto seleccionado se tomará registro de las características de las unidades existentes en él. Dichos registros se pueden obtener mediante la inspección visual, dimensiones que presentan las unidades, entre otras. Entre las características que podemos mencionar están:

- 1) DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO DE EMISIÓN

Se tomará registro en diferentes puntos del foco de emisión de las unidades de TBJ, tanto en su zona proximal como distal (auxiliándonos de Google Earth).

- 2) COORDENADAS

Se registrará la ubicación exacta del talud, auxiliándonos de un GPS.

3) NOMBRE Y NÚMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES DE MANERA PRELIMINAR

Mediante inspección visual, será necesario identificar el número de unidades presentes, así como el nombre de las posibles unidades auxiliándose del perfil estratigráfico de TBJ, obtenido de la investigación realizada por Walter Hernández (Modificado, 2008) a la Tierra Blanca Joven (ver Tabla No 2.5).

4) COLOR

Es la característica más evidente de los suelos, mediante la inspección visual se registrará el color de las unidades presentes.

5) PRESENCIA DE PÓMEZ

Mediante la inspección visual, se registrará la cantidad de pómez aproximado de cada una de las unidades presentes.

6) DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES

Para cada unidad identificable se registrará preliminarmente el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la presencia de líticos, también se busca identificar presencia de lapilli acrecional y el nivel de consolidación del material.

7) ESPESOR

Con ayuda de una cinta métrica se registrarán los espesores de las unidades presentes en el talud.

8) ESQUEMA DE TALUD

Se tomarán fotografías de los puntos visitados, tanto de los taludes como de las unidades que lo componen, de igual manera se realizará un esquema indicando la información más importante: altura del talud, espesor de unidades y otras características particulares que puedan servir como referencia para facilitar su posterior ubicación.

Todas las características descritas, se resumen en la siguiente ficha de recolección de datos en campo (ver Tabla No 3.1).

FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN CAMPO					
GENERALIDADES					
Talud				Fecha	
LOCALIZACIÓN					
Ubicación				Distancia aproximada con respecto al foco	
Coordenadas	X:		Y:		
UNIDADES EXISTENTES					
Número de unidades visualmente identificables:					
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES					
Nombre	Espesor (m)	Color	Presencia de Pomez	Descripción	
ESQUEMA DE TALUD					

Tabla No 3.1 Ficha de recolección de información preliminar de datos en campo
Fuente: De los autores.

3.6. OBTENCIÓN DE MUESTRAS

El muestreo se realizará con la finalidad de estudiar las características de las diferentes unidades de TBJ que conforman los taludes, realizando ensayos de laboratorio de muestras alteradas como inalteradas y de esta manera obtener las propiedades físicas. El procedimiento para realizar la extracción de muestras se describe a continuación:

3.6.1. MUESTRAS INALTERADAS

Este tipo de muestra debe conservar las condiciones que el suelo poseía in situ.

Por lo cual, la obtención de esta debe seguir el siguiente procedimiento:

- 1) Identificar cada estrato (unidad) presente en el talud, utilizando la metodología descrita anteriormente.
- 2) Se descubre la capa de suelo a la que se pretende tomar la muestra.
- 3) Se alisa la superficie, como se muestra en la Figura No. 3.8.



*Figura No 3.8: Alisado de superficie para toma de muestra inalterada.
Fuente: De los autores*

- 4) Se excava una pequeña zanja alrededor de la muestra, según el tamaño requerido, dejando entre el borde de la muestra y el borde interno de la zanja unos 10cm, de manera que esta pequeña excavación no afecte la muestra (ver Figura No. 3.9a). La zanja deberá ser suficientemente ancha para permitir las operaciones de tallado, parafinado in situ y corte.



*Figura No 3.9a: Excavación de zanja para toma de muestra inalterada.
Fuente: De los autores*

*Figura No 3.9b: Perfilado de muestra inalterada, forma de cubo.
Fuente: De los autores*

- 5) Con las herramientas adecuadas, se le dará una forma aproximadamente cubica (ver Figura No 3.9b) y se tallará hasta que tenga el tamaño final que se requiere, cuidando la muestra a medida que el proceso de tallado se acerque a la cara superior y a las cuatro caras laterales.
- 6) Una vez que la zanja está suficientemente profunda y las caras de la muestra estén perfiladas (ver Figura No. 3.10), se procederá a extraer

la muestra cortándola en su parte inferior, utilizando cuchillos, paletas o sierras, y se retira cuidadosamente. Si la muestra tiene una buena consistencia, se tallará la cara inferior antes de proceder a parafinarla.



Figura No 3.10: Extracción de muestra inalterada, Perfilado de caras de espécimen, Muestra perfilada.
Fuente: De los autores

- 7) Utilizando una brocha, se aplicará la parafina: una primera capa y se cubre con una venda. El proceso se repetirá hasta obtener un recubrimiento impermeable de 3 mm de espesor como mínimo.
- 8) Si la muestra no tiene suficiente consistencia, antes de proceder a la extracción, una vez tallada la cara superior y las cuatro caras laterales, estas deben parafinarse como se describió en el párrafo anterior.
- 9) Luego se confina la muestra con una caja y se procede a la extracción.
- 10) La última cara (inferior), se parafina inmediatamente después de la extracción.
- 11) Se debe colocar a la muestra una etiqueta con la siguiente información: procedencia, especificando con marcas las caras superior e inferior, y ubicación dentro; se cierra la caja y se coloca exteriormente otra

etiqueta con los mismos datos, indicando adicionalmente advertencias de las precauciones requeridas para el transporte de la misma.

12) Registrar la altura del estrato a donde se extrajo la muestra y tomar fotografías para tener referencia visual.

13) La altura a la que se extrajo la muestra se registrará a partir del pie del talud hasta el lugar de la extracción, y si fuese posible, desde la corona del talud hacia la misma.

3.6.2. MUESTRAS ALTERADAS

Las muestras alteradas se extraen con la finalidad de ser utilizadas para identificación y caracterización del material que se está investigando. Para llevar a cabo la extracción de muestras alteradas se seguirá el siguiente procedimiento:

- 1) Identificar cada estrato presente en el talud, utilizando la metodología descrita en el apartado 3.3.1.
- 2) Extraer muestras alteradas de cada estrato que se haya identificado.
- 3) Recolectar la cantidad suficiente de material de cada estrato según lo que indican los métodos para la realización de los ensayos de laboratorio que se pretenden realizar.
- 4) Registrar la altura del estrato a donde se extrajo la muestra y tomar la respectiva fotografía como referencia visual.
- 5) Identificar cada muestra colocando en la bolsa el nombre del talud y nombre del estrato al que pertenece el suelo extraído.

- 6) Introducir en una segunda bolsa si es necesario la muestra, debido a que se necesita conservar las condiciones que posee In Situ cada estrato.

3.7. RESULTADOS DE LABORATORIO

Se realizarán ensayos de laboratorio, que permitan caracterizar los estratos presentes en los puntos de estudio (granulometría por sedimentación, límites de Atterberg (si es posible), gravedad específica, contenido de humedad y densidad de campo), la ejecución de estos ensayos se basará en las normas ASTM.

A continuación, se presenta en la Tabla No. 3.2 un resumen en donde se muestra el tipo de ensayo, normativa tipo de muestra y estado de la muestra.

TIPO DE ENSAYO	NORMA	TIPO DE MUESTRA	ESTADO DE LA MUESTRA
Contenido de humedad natural	ASTM D-2216	Alterada	Natural
Análisis Granulométrico	ASTM D-422	Alterada	Natural
Límites de Atterberg (límite líquido y plástico)	ASTM D-4318	Alterada	Natural
Gravedad Específica	ASTM D-854	Alterada	Natural
Densidad de campo		Inalterada	Natural

*Tabla No 3.2: Resumen de los ensayos a realizar en esta investigación.
Fuente: De los autores.*

3.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizará el análisis de resultados con los datos obtenidos en los ensayos antes mencionados, desarrollando la comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de granulometría en esta investigación, respecto a las curvas granulométricas presentadas por Hernández, (2004) para las unidades C, D, E,

F y G, y también respecto a las curvas presentadas por Bautista et al, (2016) de las unidades D, ignimbritas alpha y beta, E, F y G.

Además, se comparará respecto a la recopilación de resultados de laboratorio realizados por diversos autores sobre las propiedades de la TBJ en el AMSS que se presentan en el apartado 2.7 del presente trabajo de graduación. Dichas comparaciones se realizarán para verificar que las unidades que previamente se han identificado correspondan a las unidades descritas y clasificadas por Walter Hernández.

Finalmente, se agruparán las propiedades encontradas para cada unidad en los puntos determinados, elaborando la caracterización de las propiedades físicas de las unidades que conforman la TBJ a medida se aleja del foco de emisión.



CAPITULO No.4: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

4.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se muestra a detalle la aplicación de la metodología de la investigación planteada en el capítulo No 3, con la finalidad de alcanzar los objetivos propuestos en nuestro trabajo de graduación.

La información bibliográfica consultada a partir de diversos autores, nuestros asesores y personal de la OPAMSS, fueron la base para comprender su origen, propiedades y la metodología de identificación de la TBJ que nos permitió localizar puntos, en los cuales se encontraban taludes con la mayoría de unidades para generar la caracterización de sus propiedades físicas y las diferencias que presentan las diferentes unidades en función a su ubicación en relación al foco de emisión.

A partir de la información inicial, se realizó la selección preliminar de los puntos de muestreo, mediante visitas de campo a diversos puntos del AMSS, con el objetivo de conocer condiciones actuales de taludes e identificar la cantidad de unidades de TBJ presentes, recolectando esta información con ayuda de las fichas de recolección en campo presentadas en el apartado 3.5. Posteriormente se realizó la selección definitiva de puntos de muestreo, con los criterios propuestos en el apartado 3.4 del presente trabajo.

La elaboración de pruebas de laboratorio nos permitió identificar el material extraído de TBJ presentes en cada punto, confirmando de cada muestra la unidad a la cual corresponde, mediante ensayos granulométricos. Además, se

obtuvieron los resultados de las propiedades físicas de cada unidad estudiada en los diferentes puntos en el AMSS, los cuales se muestran al final de este capítulo en tablas resumen para cada punto, para posteriormente realizar la caracterización en la etapa de análisis de resultados.

4.2. OBTENCION DE LA INFORMACION BIBLIOGRAFICA

Durante la investigación bibliográfica llevada a cabo en el capítulo No. 2, se determinó cuáles son los materiales existentes en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), esencialmente los materiales geológicos que componen la Tierra Blanca Joven (TBJ), las propiedades físicas y el comportamiento que estas poseen.

A continuación, se muestra un resumen de toda la información recopilada en las investigaciones previas de la TBJ en trabajos de graduación (Ver Tabla No. 4.1).

<p>TIPOS DE DEPÓSITOS GENERADOS POR LA CALDERA DE ILOPANGO</p>	<p>Los depósitos presentes en el AMSS, fueron formados en su mayoría por las diferentes fases o procesos eruptivos de la caldera de Ilopango, que dieron forma a las características o ciertas propiedades del suelo. Estos depósitos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Depósitos piroclásticos de caída. <ul style="list-style-type: none"> ○ Unidad A: Es un depósito fino, granular y localmente disperso de color café. Está compuesto por abundante pómez y líticos, ambos con tamaño de arena hasta grava. ○ Unidad B: Frecuentemente contenido dos partes discretas: Cenizas gruesas basales y lapilli de caída en el techo. ○ Unidad D: Es un depósito que se caracteriza por ser rico en cenizas de grano fino, bien seleccionados desde el punto de vista geológico, pero mal graduado desde el punto de vista geotécnico. Este depósito en la facies intermedia y distales es no consolidado con ligeras variaciones entre un horizonte y otro,
---	---

sin embargo, en ubicaciones proximales, los depósitos están más cementados con una matriz de ceniza gruesa y que contienen lechos que muestran un fuerte enriquecimiento de lapilli.

- **Depósitos de Flujos Piroclásticos.**

- **Unidad α :** Depósito que posee techo de color rosado tenue y beige, posee matriz rica en cenizas finas, pómez centimétricos y pocos líticos, cementada en la base por sulfatos y silicatos, el resto de la unidad no está consolidada.
- **Unidad β :** Está constituida por una ignimbrita de color café claro, muy compacto, con abundante matriz fina con pómez y lítico en moderada presencia
- **Unidad F:** Está compuesta por varios flujos piroclásticos masivos, no consolidados, de color café claro a beige claro, con granulometría mal seleccionada. Presenta matriz de cenizas gruesas con abundantes fragmentos de pómez en la parte superior y líticos en la parte inferior.

- **Combinación de depósitos piroclásticos de caída y depósitos de oleadas piroclásticas.**

- **Unidad E:** Esta unidad aflora en ubicaciones proximales y medias de la Caldera, contiene depósitos secos y húmedos alternados. Los depósitos secos son color café claro, están compuestos por cenizas gruesas no consolidadas con piedra pómez, lapilli y líticos andesíticos (gravas y arenas). Los depósitos húmedos están constituidos por ceniza muy fina, bien seleccionadas, color café claro y café oscuro cuando están húmedos, es comúnmente bastante consolidado y rico en fragmentos vítricos y en cristales.
- **Unidad G:** Son depósitos de ceniza y flujos piroclásticos no consolidados, masivos, bien clasificados, de grueso a fino, con lapilli acrecional de tamaño milimétrico, líticos y fragmentos de pómez. El conjunto da un aspecto estratificado debido a los cambios granulométricos y en la estación lluviosa adoptan tonalidades claras y beige.

	<ul style="list-style-type: none"> • Combinación de flujos piroclásticos y depósitos de oleadas piroclásticas.: <ul style="list-style-type: none"> ○ Unidad C: Estos depósitos solo se conserva en algunos afloramientos en ubicaciones proximales y medias al foco de emisión, está compuesto por dos flujos piroclásticos; el primero presenta el basal de color gris (ignimbrita gris), rico en líticos andesíticos y el segundo de amplio desplazamiento es el más importante, de color amarillento (ignimbrita amarilla), rico en líticos hidrotermalizados y es el que se encuentra más frecuente en la secuencia.
ESTRATIGRAFÍA DE LA TBJ	Los depósitos generados por la caldera de Ilopango, son clasificados en ocho unidades estratigráficas de la “A” hasta la “G” incluyendo las ignimbritas alfa e ignimbritas beta, clasificación según Walter Hernández. En la Tabla No.2.6 del Capítulo No.2 se presenta una breve descripción de las características que presenta cada una de ellas, desde la más profunda hasta la más superficial.
PARÁMETROS FÍSICOS DE TBJ	Se generó en el apartado 2.7 una recopilación acerca de los resultados de laboratorio realizados por diversos autores respecto a las propiedades de la TBJ en el AMSS, con el objetivo de caracterizar los parámetros físicos a estudiar.

*Tabla No. 4.1 Resumen de información recopilada en Capítulo No. 3.
Fuente: De los autores.*

Con base a toda la información recopilada, se procedió a planificar visitas de campo de forma preliminar con el objetivo de:

- Conocer las condiciones actuales de los taludes seleccionados de forma preliminar y verificar la cantidad unidades de TBJ presentes.
- Proporcionar la base para planificar la extracción de muestras necesarias para la investigación.
- Considerar el equipo necesario a utilizar para la extracción adecuada de muestras alteradas e inalteradas.
- Prever los medios necesarios para garantizar la seguridad del personal.

4.3. SELECCIÓN PRELIMINAR DE PUNTOS DE MUESTREO

En esta investigación se contó con la ayuda de la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS) para realizar algunas visitas de reconocimiento en diferentes lugares del AMSS, con la finalidad de identificar los puntos de muestreo.

La verificación y reconocimiento se desarrolló aplicando la Metodología descrita en el apartado 3.3.1 y los criterios de selección de puntos de estudio descritos en el apartado 3.4.

Los puntos preliminares explorados se clasificaron por zonas, según su distancia con respecto al foco de emisión, como se muestra en la Tabla No. 4.2.

DISTANCIAS DE TALUDES DE TBJ CON RESPECTO AL FOCO DE EMISIÓN		
PUNTOS		DISTANCIA (Km)
	1. Puntos distales	
	1.1 Apopa	
	1.1.1 Apopa 1	22.75
	1.1.2 Apopa 2	22.95
	1.2 Redondel Integración	22.20
	1.3 Prolongación Blvd. Constitución	21.43
	2. Puntos medios	
	2.1 UES	17.56
	2.2 Padre Arrupe	13.32
	2.3 San Jacinto	14.28
	3. Puntos proximales	
	3.1 Rio Arenal Seco	
	3.1.1 Rio Arenal seco 1	8.18
	3.1.2 Rio Arenal seco 2	8.45
	3.1.3 Rio Arenal seco 3	8.41
	3.1.4 Rio Arenal seco 4	8.74

	3.2 Lago de Ilopango	
	3.2.1 Lago Ilopango 1	7.76
	3.2.2 Lago Ilopango 2	4.62
	3.2.3 Lago Ilopango 3	4.53

*Tabla No. 4.2 Distancias de taludes de TBJ con respecto al foco de emisión.
Fuente: De los autores.*

Con ayuda de la ficha de recolección en campo presentada en el apartado 3.5, se tomó registro de los puntos visitados de forma preliminar y se clasificaron en zonas proximales, medias y distales al foco de emisión; el objetivo principal de estas fichas es identificar las cantidades de unidades presentes en los taludes y las características que poseen.

Los puntos preliminares de taludes de TBJ explorados se muestran en la Figura No. 4.1.

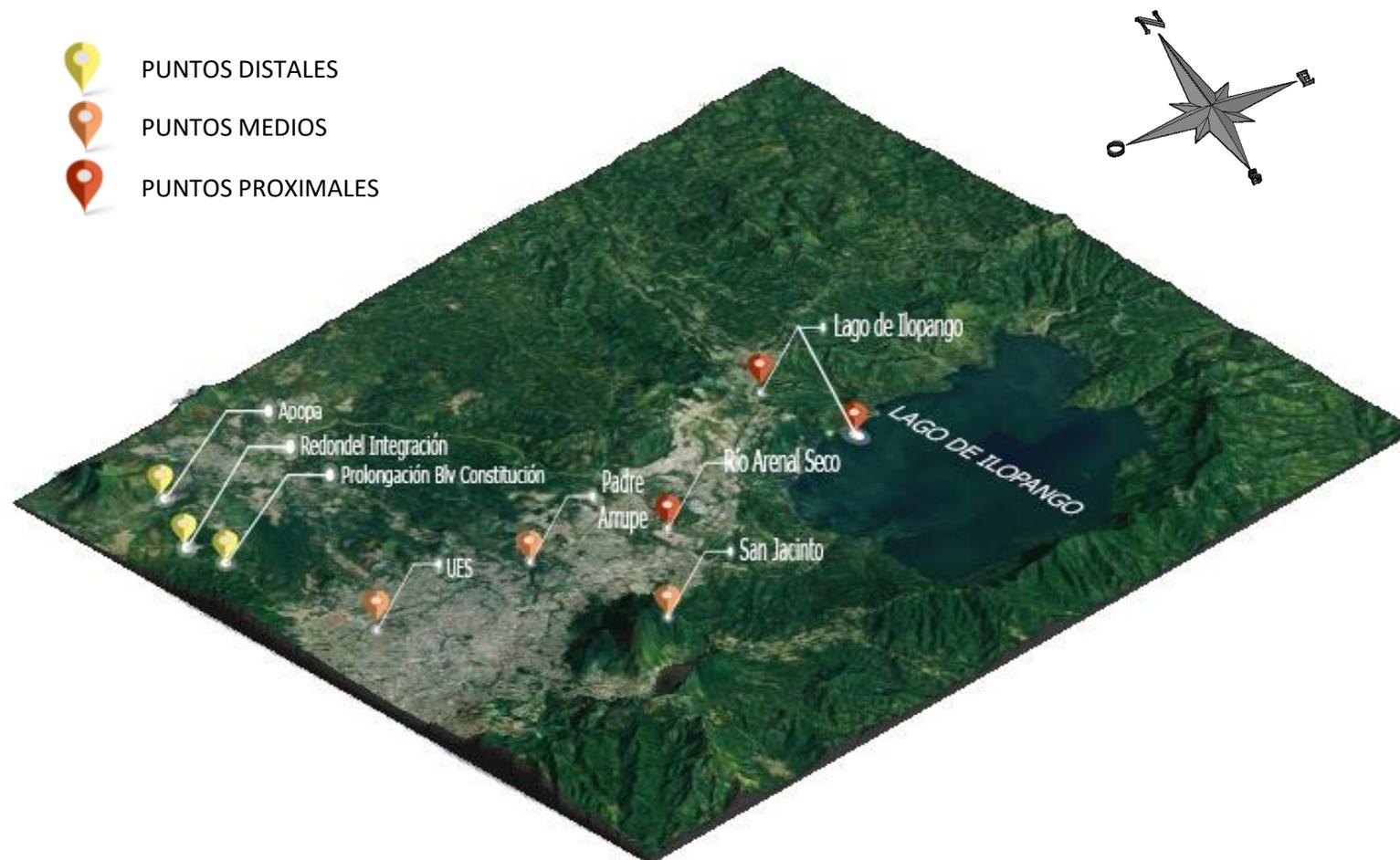


Figura No. 4.1 Puntos preliminares de taludes de TBJ explorados.
Fuente: De los autores

4.3.1. PUNTOS DISTALES PRELIMINARES

4.3.1.1 APOPA

La primera visita en la zona distal se llevó a cabo en el Municipio de Apopa, ubicado al Norte del departamento de San Salvador, de forma preliminar se seleccionaron 2 puntos y la descripción de estos se presentan en la Ficha No. 4.1 y No. 4.2.

- **PUNTO 1**

FICHA No. 4.1				
GENERALIDADES				
TALUD:	Apopa Punto 1		FECHA:	26/2/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Apopa, San Salvador	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		22.75 Km
COORDENADAS:	X:	89°12'10.92"W	Y:	13°48'12.82"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				1
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible unidad F	1.94	Café claro	Media	Matriz fina combinada con material grueso de color café claro, con abundantes fragmentos de pómez de 2-3 cm aproximadamente (Ver Figura No. 4.3) poco consolidado. La parte superior de este talud está cubierta por vegetación y una capa de suelo orgánico de aprox. 30 cm de espesor, como se muestra en la Figura No. 4.2.

Tabla No. 4.3 Ficha de recolección de información en campo No. 4.1 para el punto Apopa Punto 1.
Fuente: De los autores.



Figura No. 4.2 Talud de Apopa Punto 1 en la zona distal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 26/02/2019.

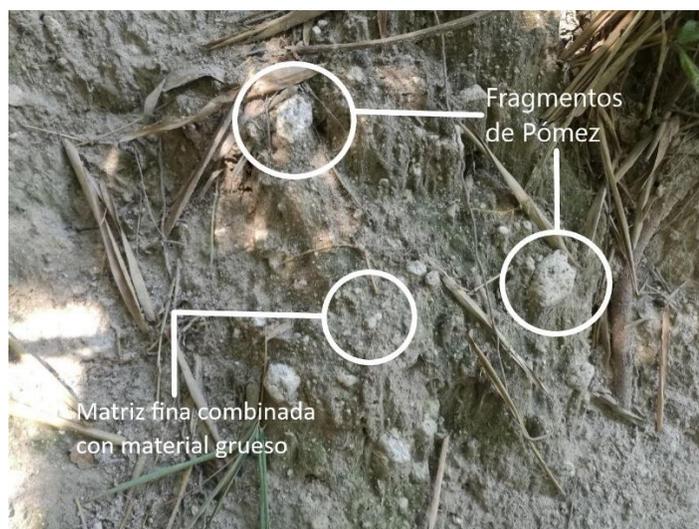


Figura No. 4.3 Representación del material que conforma el talud de Apopa Punto 1 en la zona distal al foco de emisión.

Fuente: De los autores, fotografía tomada el 26/02/2019.

- PUNTO 2

FICHA No. 4.2				
GENERALIDADES				
TALUD:	Apopa Punto 2		FECHA:	26/2/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Apopa, San Salvador	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		22.75 Km
COORDENADAS:	X:	89°12'23.83"W	Y:	13°48'10.41"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				1
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible unidad F	1.83	Café claro	Alta	Matriz fina combinada con material grueso de color café claro, con abundantes fragmentos de pómez de 2-3 centímetros aproximadamente (Ver Figura No. 4.5) poco consolidado. En la parte superior de este talud, presentaba una abundante vegetación y capa de suelo orgánico de aprox. 2 m, como se muestra en la Figura No. 4.4.

Tabla No. 4.4 Ficha de recolección de información en campo No. 4.2 para el punto Apopa Punto 2.
Fuente: De los autores.



Figura No. 4.4 Talud de Apopa Punto 2 en la zona distal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 26/02/2019.



Figura No. 4.5 Representación del material que conforma el talud de Apopa Punto 2 en la zona distal al foco de emisión.

Fuente: De los autores, fotografía tomada el 26/02/2019.

4.3.1.2 PROLONGACIÓN BLVD CONSTITUCIÓN

La segunda visita de campo dentro de la zona distal se llevó a cabo sobre la Prolongación Blvd Constitución, este punto fue elegido por su fácil acceso y seguridad, ya que se encontraban ejecutando trabajos de terracería. De forma preliminar se seleccionó un punto el cual se muestran en la Ficha No. 4.3.

FICHA No. 4.3				
GENERALIDADES				
TALUD:	Prolongación Blvd Constitución		FECHA:	16/06/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Prolongación Blvd Constitución	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		21.43 Km
COORDENADAS:	X:	89°12'52.39"W	Y:	13°46'12.28"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				1
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible unidad G	1.28	Café claro	Baja	Se considera la presencia de Unidad G el cual posee un material con una matriz fina de color café claro de consolidación media, presenta lapilli acrecional y pocos fragmentos de pómez como se muestra en la Figura No. 4.7. La corona de este talud está cubierta por una capa de suelo orgánico de aprox. 15 cm, como se muestra en la Figura No. 4.6.

Tabla No. 4.5 Ficha de recolección de información en campo No. 4.3 para el punto Prolongación Blvd Constitución.

Fuente: De los autores.



Figura No. 4.6 Talud de punto Blvd Constitución en la zona distal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 16/06/2019.

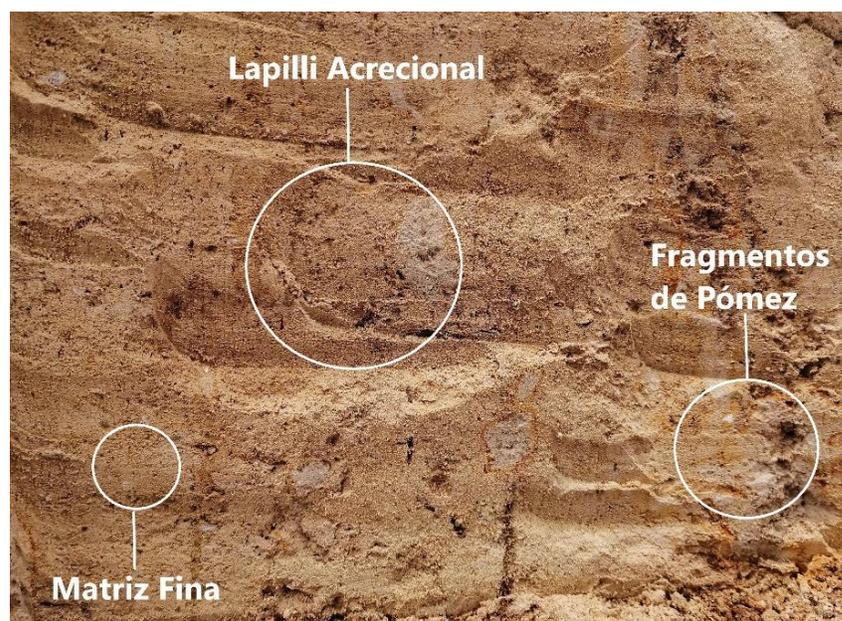


Figura No. 4.7 Representación del material que conforma el talud del punto Blvd Constitución en la zona distal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 16/06/2019.

4.3.1.3 REDONDEL INTEGRACIÓN

Se realizó una tercera visita de campo dentro de la zona distal, la cual se llevó a cabo en taludes ubicados detrás de la Planta de Carnes ICI - Walmart México Y Centroamérica, sobre calle de Quezaltepeque a San Salvador, de forma preliminar se recopilaron los datos mostrados en la Ficha No. 4.4 y No. 4.5.

- **PUNTO 1**

Este punto se considera que está conformado por (desde el pie del talud hasta la corona) las siguientes unidades: D, Alpha, E con intercalaciones de material de matriz limo-arenoso (húmedo) y areno-limoso tipo pomítico (seco) y F, que sobre esta presentaba una capa de suelo orgánico de aproximadamente 30 cm de espesor con presencia de vegetación (Ver Figura No. 4.9).

FICHA No. 4.4				
GENERALIDADES				
TALUD:	Redondel Integración Punto 1		FECHA:	15/08/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Redondel Integración	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		22.20 Km
COORDENADAS:	X:	89°12'57.23"W	Y:	13°46'48.98"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				4
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible unidad F	0.7	Café claro	Alta	Matriz de material fino de color café claro, con fragmentos de pómez de TMN de 9.5mm y poco consolidado (Ver Figura No. 4.8).
Posible unidad E Húmeda	0.06	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.

Posible unidad E Seca	0.03	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible unidad E Húmeda	0.05	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible unidad E Seca	0.01	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible unidad E Húmeda	0.04	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible unidad E Seca	0.14	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible unidad E Húmeda	0.06	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible unidad Alpha	0.79	Café claro	Baja	Material de matriz fina, color café claro con presencia de líticos y fragmentos de pómez de TMN de 1.18mm.
Posible unidad D	0.44	Café claro	Baja	Material con matriz fina de color Beige claro con presencia de lapilli acrecional, poco consolidada y fragmentos de pómez

Tabla No. 4.6 Ficha de recolección de información en campo No. 4.4 para el punto Redondel Integración Punto 1.

Fuente: De los autores.

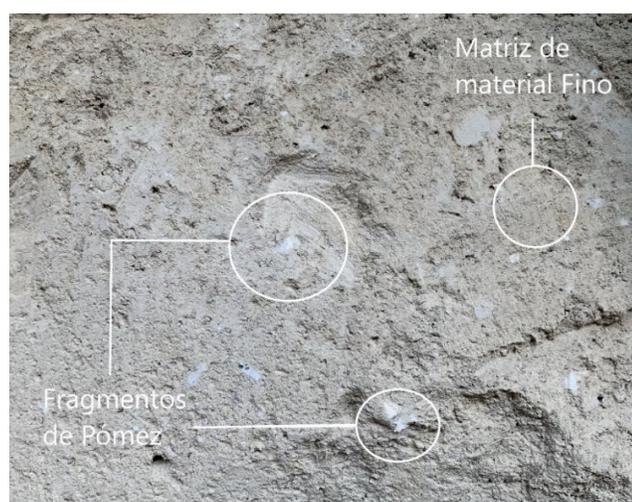


Figura No. 4.8 Representación del material que conforma el talud del Redondel Integración Punto 1 en la zona distal al foco de emisión.

Fuente: De los autores, fotografía tomada el 15/08/2019.



Figura No. 4.9 Talud del Redondel Integración Punto 1 en la zona distal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 15/08/2019.

- **PUNTO 2**

Este punto se considera que está conformado por las siguientes unidades (desde el pie del talud hasta la corona): D, Alpha, E con intercalaciones de material de matriz limo-arenoso (húmedo) y areno-limoso tipo pomitico (seco) y Beta, que

sobre esta tenía una capa de suelo orgánico de aproximadamente 50 cm de espesor con presencia de vegetación (Ver Figura No. 4.10).

FICHA No. 4.5				
GENERALIDADES				
TALUD:	Redondel Integración Punto 2		FECHA:	15/08/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Redondel Integración	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		22.20 Km
COORDENADAS:	X:	89°12'57.23"W	Y:	13°46'48.98"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				4
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible unidad Beta	0.43	Café oscuro	Baja	Material de matriz fina de color café oscuro con moderada presencia de líticos y fragmentos de pómez de TMN de 4.75mm.
Posible unidad E Seca	0.08	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible unidad E Húmeda	0.08	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible unidad E Seca	0.10	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible unidad E Húmeda	0.07	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible unidad ALPHA	0.8	Café claro	Baja	Material de matriz fina, color café con presencia de líticos y fragmentos de pómez de TMN de 1.18mm.
	0.17	Café oscuro	Baja	
Posible unidad D	0.20	Café oscuro	Baja	Material con matriz fina de color café oscuro, poco consolidada y fragmentos de pómez de TMN de 1.18mm.

Tabla No. 4.7 Ficha de recolección de información en campo No. 4.5 para el punto Redondel Integración Punto 2.
Fuente: De los autores.

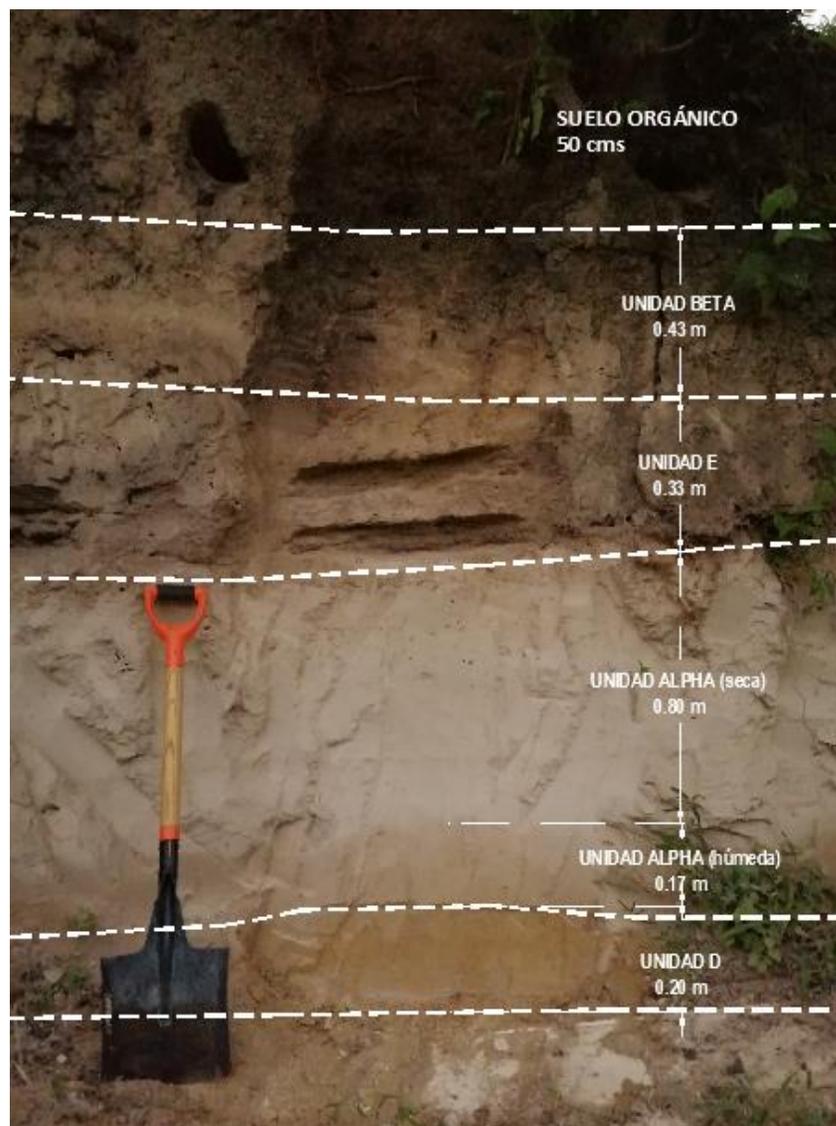


Figura No. 4.10 Talud de Redondel Integración Punto 2 en la zona distal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 15/08/2019.

4.3.2 PUNTOS MEDIOS PRELIMINARES

4.3.2.1 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

La primera visita en la zona media al foco de emisión se llevó a cabo en el campus de la Universidad de El Salvador (UES), específicamente en la zona noreste de la Escuela de Ingeniería Civil. Preliminarmente fueron seleccionados dos puntos y se presentan en la Ficha No. 4.6 y No. 4.7.

- **PUNTO 1**

FICHA No. 4.6				
GENERALIDADES				
TALUD:	UES Punto 1		FECHA:	19/06/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Universidad de El Salvador San Salvador	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		17.56 Km
COORDENADAS:	X:	89°12'2.63"W	Y:	13°43'15.44"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				1
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible Unidad G	0.6	Café claro	Media	Se considera la presencia de Unidad G, el cual posee un material con una matriz fina de color café claro, poco consolidada y fragmentos de pómez de aprox. 0.6-1.0 cm de diámetro. En la parte superior de este talud, presentaba una capa de suelo orgánico de 0.80m de espesor, como se muestra en la Figura No. 4.11.

Tabla No. 4.8 Ficha de recolección de información en campo No. 4.6 para el punto UES Punto 1.
Fuente: De los autores.

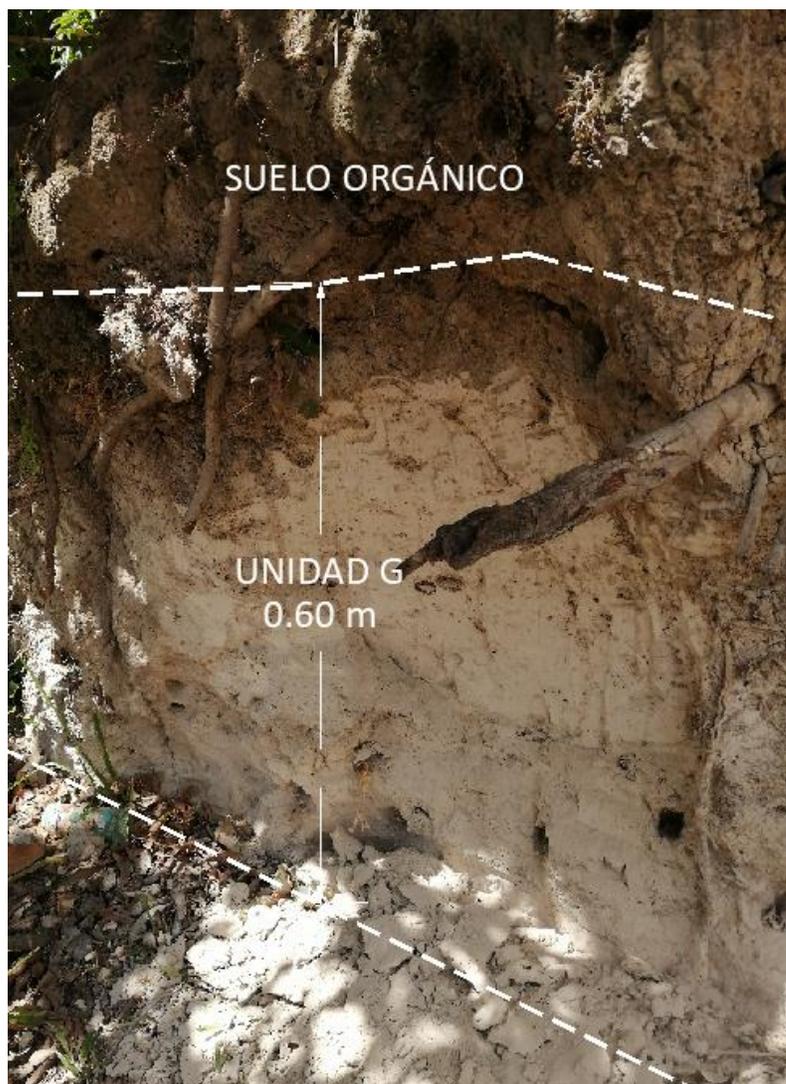


Figura No 4.11 Talud de UES Punto 1 en la zona media al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 19/06/2019.

- **PUNTO 2**

FICHA No. 4.7			
GENERALIDADES			
TALUD:	UES Punto 2	FECHA:	28/10/2019
LOCALIZACIÓN			
UBICACIÓN:	Universidad de El Salvador San Salvador	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:	17.62 Km
COORDENADAS:	X:	89°12'1.53"W	Y: 13°43'18.71"N
UNIDADES EXISTENTES			
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:			1

CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible Unidad F	2.26	Café claro	Alta	Matriz de material fino de color café claro, con presencia de líticos, abundantes fragmentos de pómez y poco consolidado (Ver Figura No. 4.13). En la parte superior de este talud está cubierta por una capa de suelo orgánico de 0.46 m de espesor, como se muestra en la Figura No. 4.12.

Tabla No. 4.9 Ficha de recolección de información en campo No. 4.7 para el punto UES Punto 2.
Fuente: De los autores.

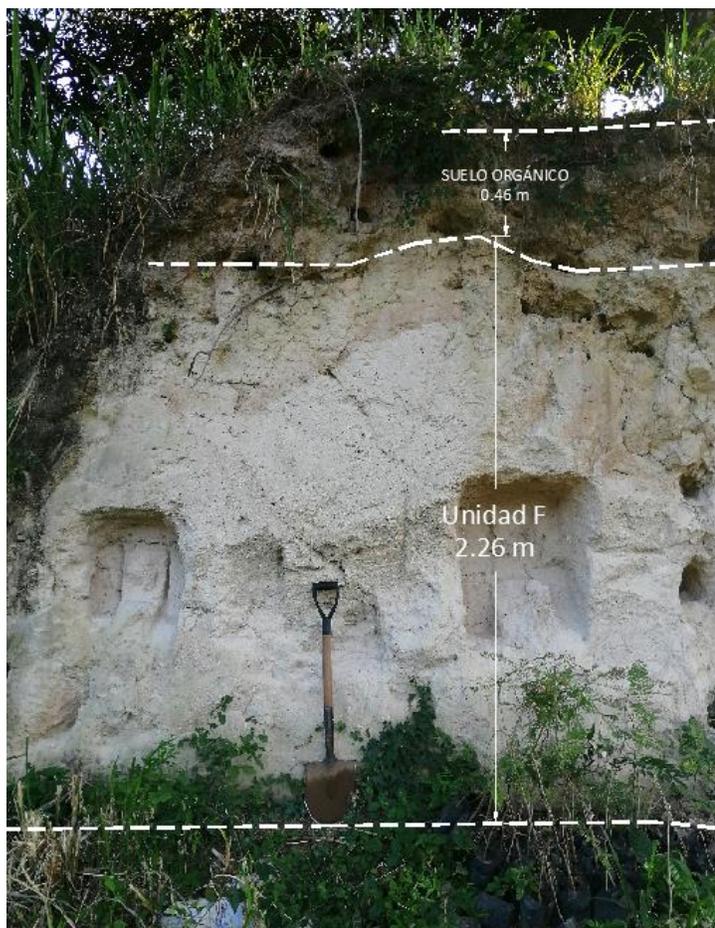


Figura No. 4.12 Talud de UES Punto 2 en la zona media al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 28/10/2019.

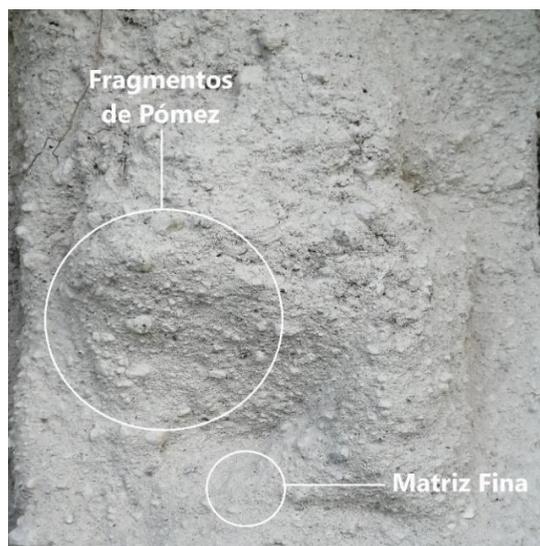


Figura No 4.13 Representación del material que conforma el talud UES punto 2 en la zona media al foco de emisión.

Fuente: De los autores, fotografía tomada el 28/10/2019.

4.3.2.2 PADRE ARRUPE

La segunda visita en la zona media al foco de emisión se realizó en la proximidad del Colegio Español Padre Arrupe, Soyapango, San Salvador. Preliminarmente fue seleccionado un punto por presentar la mayor cantidad de unidades como se muestra en la Figura No. 4.14. Dicho punto se presenta en la Ficha No. 4.8.

FICHA No. 4.8				
GENERALIDADES				
TALUD:	Padre Arrupe		FECHA:	26/06/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Padre Arrupe, Carretera de Oro	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:	13.32 Km	
COORDENADAS:	X:	89°9'33.54"W	Y:	13°43'5.40"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				7
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible Unidad G	-	Café claro	Media	Material con una matriz fina de color café claro, poco

				consolidada y fragmentos de pómez con TM de 3/4".
Posible Unidad F	0.4	Café claro	Baja	Matriz de material fino de color café claro, poco consolidado y fragmentos de pómez de TM de 3/4".
Posible Unidad Beta	0.3	Café oscuro	Baja	Material de matriz fina de color café oscuro, bien consolidado y fragmentos de pómez de TM de 2 mm.
Posible Unidad E Seca	0.14	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.05	Café Oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.04	Café Claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.05	Café Oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.18	Café Claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.1	Café Oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.03	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad Alpha	0.3	Café claro	Baja	Material con matriz fina de color café claro, con presencia de líticos y pocos fragmentos de pómez con TM de 2 mm.
Posible Unidad D	0.6	Café claro	Baja	Material con matriz fina de color café claro con presencia de lapilli acrecional, poco consolidada y fragmentos de pómez con TM de 2 mm.
Posible Unidad C	0.41	Gris amarillento	Baja	Material de matriz fina de color gris amarillento, con presencia de Lapilli acrecional y fragmentos de pómez con TM de 3/8".

Tabla No. 4.10 Ficha de recolección de información en campo No. 4.8 para el punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores.

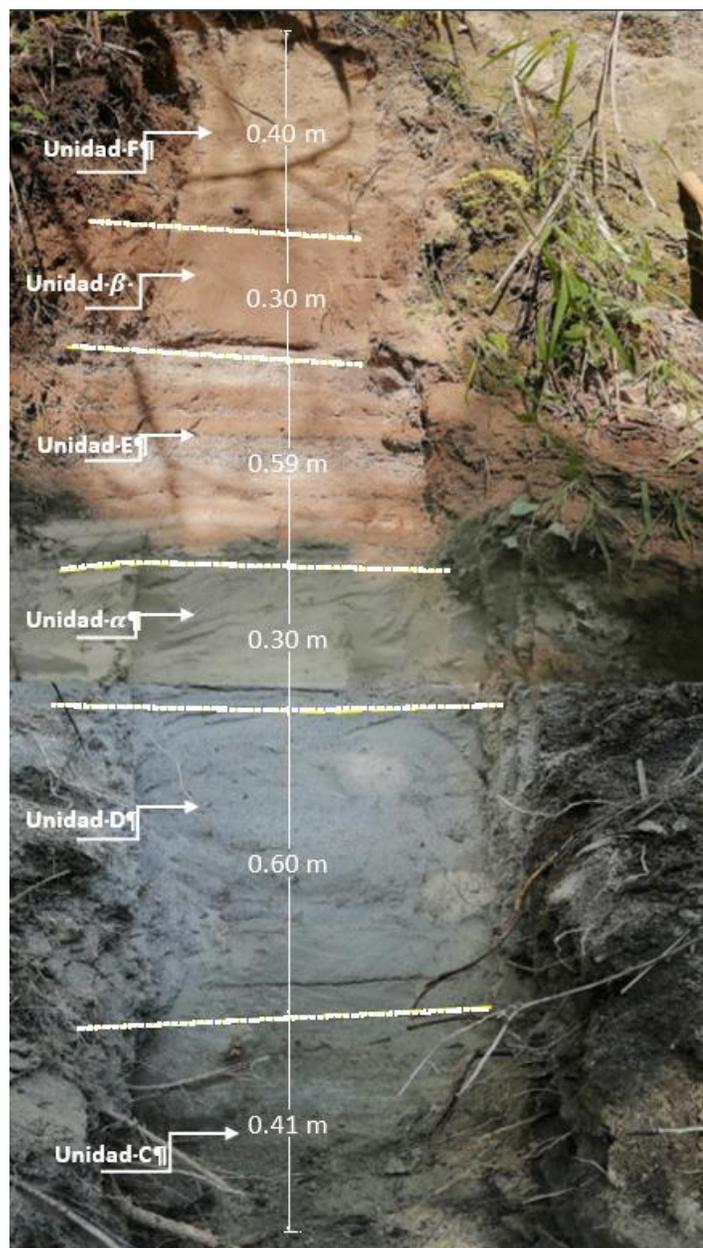


Figura No. 4.14 Talud de punto Padre Arrupe en la zona media al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 26/06/2019.

4.3.2.3 SAN JACINTO

La tercera visita en la zona media al foco de emisión se realizó en el Cerro San Jacinto, San Salvador, preliminarmente se seleccionó un punto y se presenta en la Ficha No. 4.9.

FICHA No. 4.9				
GENERALIDADES				
TALUD:	San Jacinto		FECHA:	19/02/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Cerro San Jacinto	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		14.28 Km
COORDENADAS:	X:	89°10'33.72"W	Y:	13°40'29.96"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				3
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible Unidad G	1.63	Café claro	Media	Material con una matriz fina de color café claro, poco consolidada y con presencia de fragmentos de pómez de aprox. 1.0 cm (Ver Figura No. 4.15).

Tabla No. 4.11 Ficha de recolección de información en campo No. 4.9 para el punto San Jacinto.
Fuente: De los autores.

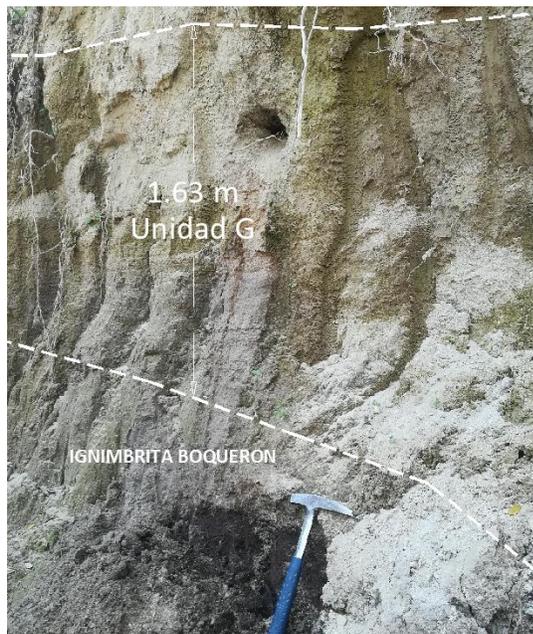


Figura No. 4.15 Talud de punto San Jacinto en la zona media al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 19/02/2019.

4.3.3 PUNTOS DISTALES PRELIMINARES

4.3.3.1 RÍO ARENAL SECO

La primera visita en la zona proximal al foco de emisión se realizó en la Quebrada Arenal Seco, ubicada en Ilopango, este sitio fue de mucho interés para el presente trabajo de graduación debido a que los taludes enmarcan el cauce de la quebrada y exhiben la estratigrafía de la mayoría de las unidades de TBJ, en esta zona se identificaron 4 puntos preliminares y se presentan en la Ficha No. 4.10, No. 4.11, No. 4.12 y No. 4.13.

- **PUNTO 1**

FICHA No. 4.10			
GENERALIDADES			
TALUD:	Arenal Seco Punto 1	FECHA:	28/05/2019
LOCALIZACIÓN			

UBICACIÓN:	Arenal Seco, Ilopango	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		8.18 Km
COORDENADAS:	X:	89°6'51.52"W	Y:	13°42'6.82"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				4
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible Unidad F	0.41	Café claro	Alta	Matriz de material fino de color café claro, con abundantes fragmentos de pómez de 1.5 a 2 cm aprox. y poco consolidado (Ver Figura No. 4.16).
Posible Unidad E Seca	0.15	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.06	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.12	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.09	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.03	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.06	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.13	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.04	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.04	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.08	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad Alpha	0.30	Rosado tenue	Baja	Material con matriz fina de color rosado tenue con presencia de líticos y fragmentos de pómez de 2cm de diámetro aprox.

Possible Unidad D	1.55	Café claro	Baja	Material con matriz fina de color café claro con presencia de lapilli acrecional, poco consolidada y fragmentos de pómez de 0.5-1.0mm de diámetro aprox.
----------------------	------	------------	------	--

Tabla No. 4.12 Ficha de recolección de información en campo No. 4.10 para el punto Arenal Seco Punto 1.

Fuente: De los autores.

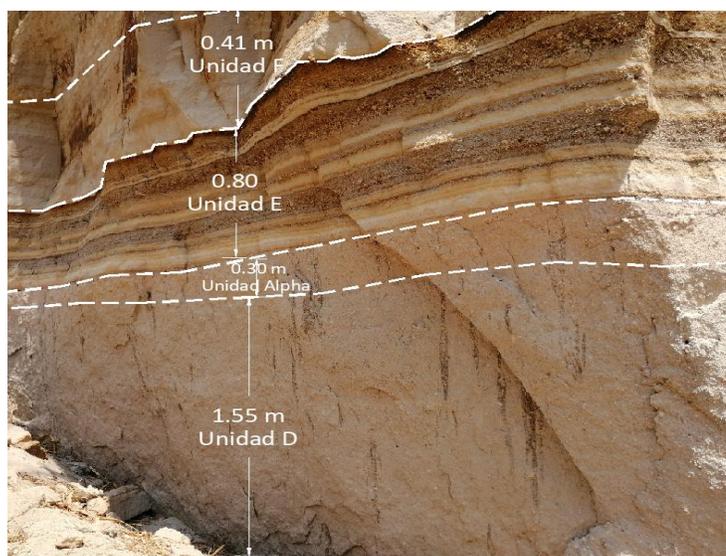


Figura No. 4.16 Talud de punto Arenal Seco Punto 1 en la zona proximal al foco de emisión.

Fuente: De los autores, fotografía tomada el 28/05/2019.

• PUNTO 2

FICHA No. 4.11				
GENERALIDADES				
TALUD:	Arenal Seco Punto 2		FECHA:	28/05/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Arenal Seco, Ilopango	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:	8.45 Km	
COORDENADAS:	X:	89°6'58.58"W	Y:	13°42'8.89"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				3
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Possible Unidad F	0.86	Café claro	Alta	Matriz de material fino de color café claro, con abundantes fragmentos de pómez de 1.5 a 2 cm aprox. y poco consolidado (Ver Figura No. 4.17).

Posible Unidad E Húmeda	0.10	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.16	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.08	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.23	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.05	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.03	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.03	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.04	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad D	0.67	Café claro	Baja	Material con matriz fina, color café claro, con presencia de lapilli acrecional, poco consolidada y fragmentos de pómez de 0.5-1.0mm de diámetro aprox.

Tabla No. 4.13 Ficha de recolección de información en campo No. 4.11 para el punto Arenal Seco Punto 2.

Fuente: De los autores.

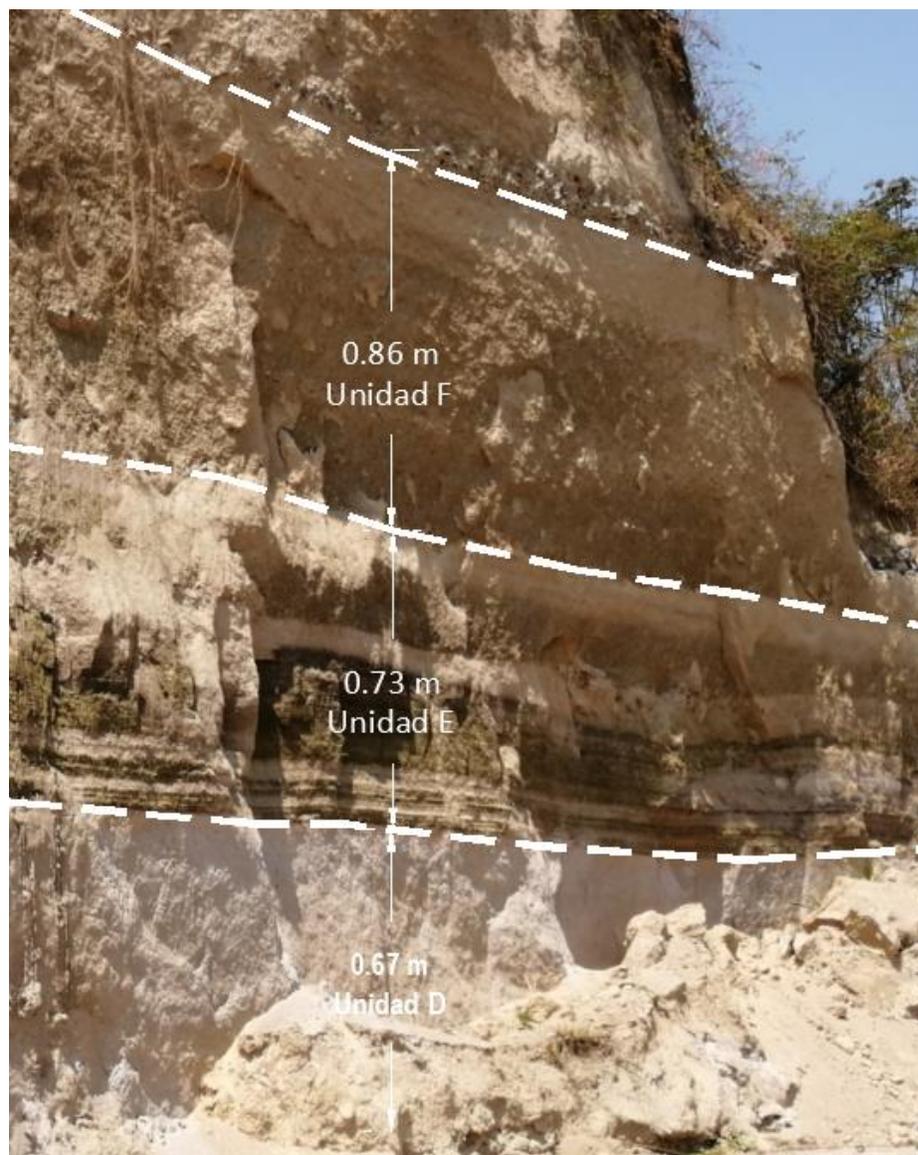


Figura No. 4.17 Talud de punto Arenal Seco Punto 2 en la zona proximal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 28/05/2019.

- PUNTO 3

FICHA No. 4.12				
GENERALIDADES				
TALUD:	Arenal Seco Punto 3		FECHA:	28/05/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Arenal Seco, Ilopango	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		8.41 Km
COORDENADAS:	X:	89°6'58.03"W	Y:	13°42'8.47"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				4
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible Unidad F	0.27	Café claro	Alta	Matriz de material fino de color café claro, con abundantes fragmentos de pómez de 1.5 a 2 cm aprox. y poco consolidado (Ver Figura No. 4.18).
Posible Unidad E Húmeda	0.22	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.13	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.07	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.17	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.07	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.05	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.06	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.05	Café claro	Baja	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.08	Café oscuro	Baja	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.

Possible Unidad Alpha	0.16	Rosado tenue	Baja	Material con matriz fina de color rosado tenue con presencia de líticos y fragmentos de pómez de 2cm de diámetro aprox.
Possible Unidad D	2.50	Café claro	Baja	Material con matriz fina de color café claro con presencia de lapilli acrecional, poco consolidada y fragmentos de pómez de 0.5-1.0mm de diámetro aprox.

Tabla No. 4.14 Ficha de recolección de información en campo No. 4.12 para el punto Arenal Seco Punto 3.

Fuente: De los autores.

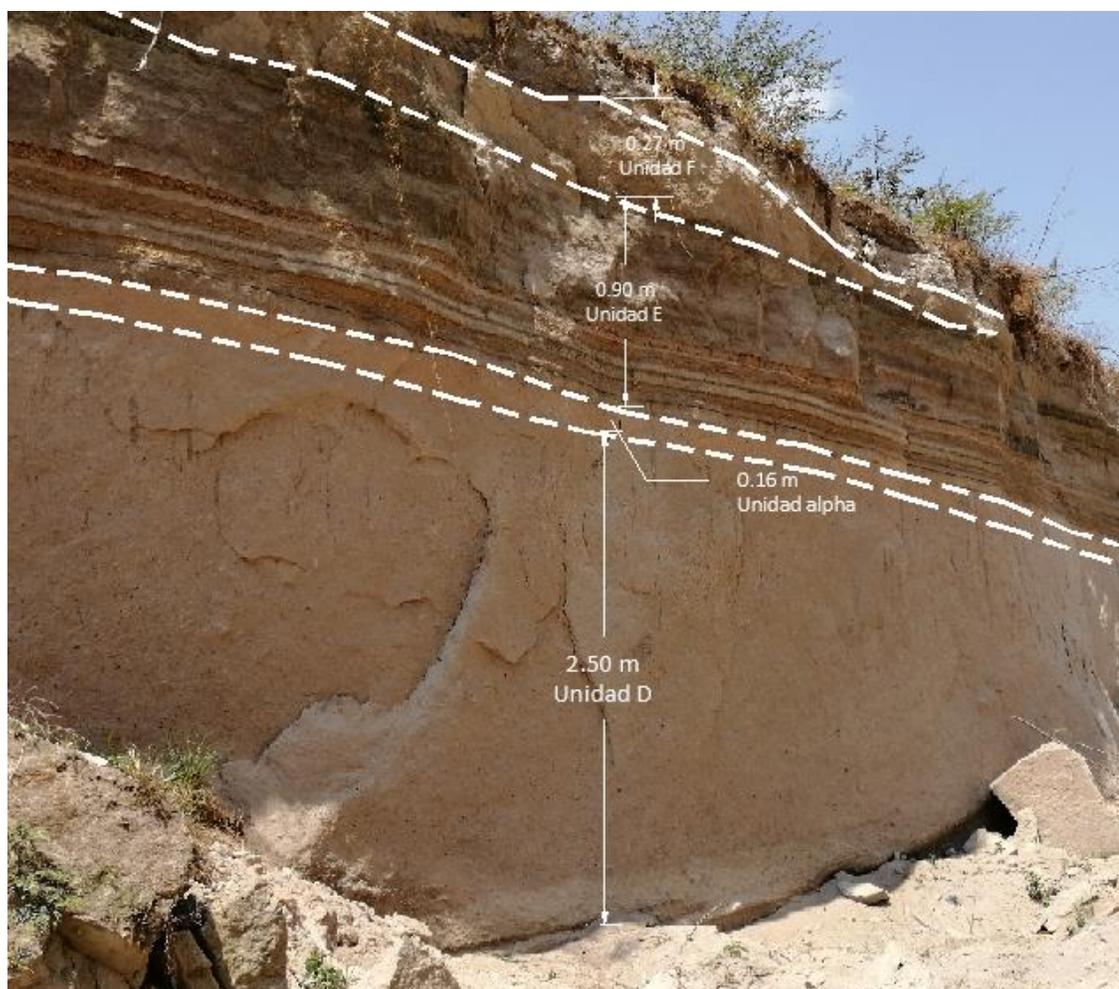


Figura No. 4.18 Talud de punto Arenal Seco Punto 3 en la zona proximal al foco de emisión.

Fuente: De los autores, fotografía tomada el 28/05/2019.

- PUNTO 4

FICHA No. 4.13				
GENERALIDADES				
TALUD:	Arenal Seco Punto 4		FECHA:	17/09/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Arenal Seco, Ilopango	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		8.74 Km
COORDENADAS:	X:	89°7'9.53"W	Y:	13°42'9.43"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				4
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible Unidad F o Beta	0.65	Café claro	Alta	Matriz de material fino de color café claro, con abundantes fragmentos de pómez de TMN de 19 mm y poco consolidado. (Ver Figura No. 4.19 y No. 4.20)
Posible Unidad E Seca	0.10	Café claro	Alta	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.02	Café oscuro	Media	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.11	Café claro	Alta	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.05	Café oscuro	Media	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.04	Café claro	Alta	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.06	Café oscuro	Media	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.10	Café claro	Alta	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.
Posible Unidad E Húmeda	0.03	Café oscuro	Media	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad E Seca	0.03	Café claro	Alta	Arena fina a media, color café claro, poco consolidada y presencia de líticos y cristales.

Posible Unidad E Húmeda	0.11	Café oscuro	Media	Arena fina de color café oscuro bien consolidada.
Posible Unidad Alpha	0.16	Rosada	Media	Material con matriz fina de color rosado tenue con presencia de líticos y fragmentos de pómez de TMN de 19mm.
	1.5	Café claro	Media	Material con matriz fina de color café claro con presencia de líticos y fragmentos de pómez de TMN de 19mm.

Tabla No. 4.15 Ficha de recolección de información en campo No. 4.13 para el punto Arenal Seco Punto 4.

Fuente: De los autores.



Figura No. 4.19 Talud de punto Arenal Seco Punto 4 en la zona proximal al foco de emisión.

Fuente: De los autores, fotografía tomada el 17/09/2019.



Figura No 4.20 Talud de punto Arenal Seco 4 en la zona proximal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 17/09/2019.

4.3.3.2 LAGO DE ILOPANGO

La segunda visita en la zona proximal al foco de emisión se realizó en el Lago de Ilopango en este punto se identificaron 3 puntos preliminares y se presentan a continuación (Ver Ficha No. 4.14, No. 4.15 y No. 4.16).

- PUNTO 1**

FICHA No. 4.14			
GENERALIDADES			
TALUD:	Lago de Ilopango Punto 1	FECHA:	08/03/2019
LOCALIZACIÓN			
UBICACIÓN:	Lago de Ilopango, Ilopango	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:	7.76 Km
COORDENADAS:	X:	89°3'32.00"W	Y: 13°43'59.00"N

UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				1
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Posible Unidad F	3.96	Café claro	Alta	Matriz de material fino de color café claro, con fragmentos de pómez de 1.8cm de diámetro aprox. y poco consolidado (Ver Figura No. 4.22). En la parte superior de este talud está cubierto por abundante vegetación y capa de suelo orgánico, como se muestra en la Figura No. 4.21.

Tabla No. 4.16 Ficha de recolección de información en campo No. 4.14 para el punto Lago de Ilopango Punto 1.

Fuente: De los autores.



Figura No. 4.21 Talud de punto Lago de Ilopango Punto 1 en la zona proximal al foco de emisión.

Fuente: De los autores, fotografía tomada el 08/03/2019.

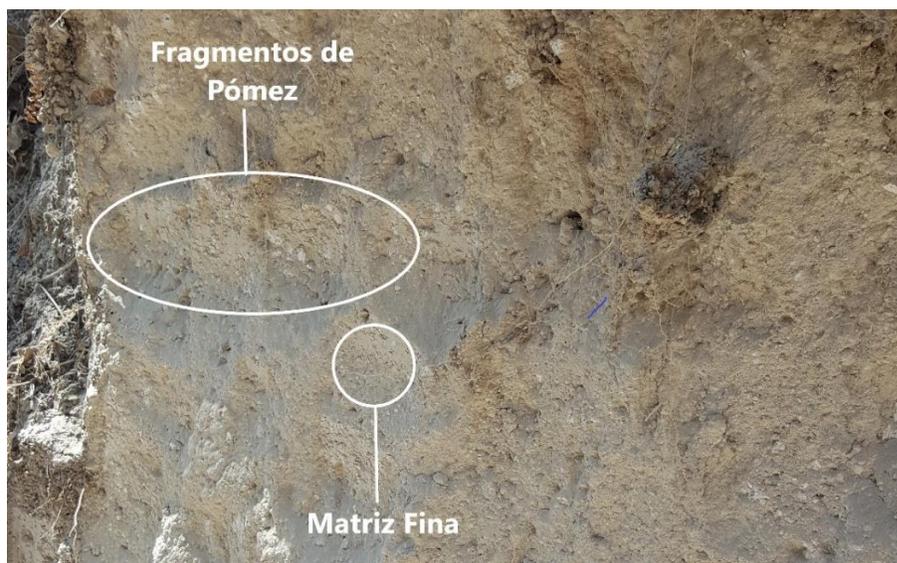


Figura No. 4.22 Representación del material que conforma el talud del punto Lago de Ilopango Punto 1 en la zona proximal al foco de emisión.

Fuente: De los autores, fotografía tomada el 08/03/2019.

- **PUNTO 2**

FICHA No. 4.15				
GENERALIDADES				
TALUD:	Lago de Ilopango Punto 2		FECHA:	08/03/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Lago de Ilopango, Ilopango	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		4.62 Km
COORDENADAS:	X:	89°3'18.00"W	Y:	13°42'16.00"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				1
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Possible Unidad E	2.43	Café claro y oscuro	Altas	Posible Unidad E con intercalaciones de material de matriz limo-arenoso (húmedo) y areno-limoso tipo pomítico (seco), con abundante presencia de fragmentos de pómez de 1-1.2 cm de diámetro aprox., como lo muestran las Figuras No. 4.23 y No. 4.24.

Tabla No. 4.17 Ficha de recolección de información en campo No. 4.15 para el punto Lago de Ilopango Punto 2.

Fuente: De los autores.



*Figura No. 4.23: Talud de punto Lago de Ilopango Punto 2 en la zona proximal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 08/03/2019.*



*Figura No. 4.24: Representación del material que conforma el talud del punto Lago de Ilopango Punto 2
en la zona proximal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 08/03/2019.*

- PUNTO 3

FICHA No. 4.16				
GENERALIDADES				
TALUD:	Lago de Ilopango Punto 3		FECHA:	08/03/2019
LOCALIZACIÓN				
UBICACIÓN:	Lago de Ilopango, Ilopango	DISTANCIA APROXIMADA CON RESPECTO AL FOCO:		4.53 Km
COORDENADAS:	X:	89°3'19.00"W	Y:	13°42'14.00"N
UNIDADES EXISTENTES				
NUMERO DE UNIDADES VISUALMENTE IDENTIFICABLES:				2
CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES				
NOMBRE	ESPESOR (m)	COLOR	PRESENCIA DE PÓMEZ	DESCRIPCIÓN
Possible Unidad E	0.78	café claro y oscuro	Baja	Posible Unidad E con intercalaciones de material de matriz limo-arenoso (húmedo) y areno-limoso tipo pomitico (seco), con abundante presencia de fragmentos de pómez de 1-1.2 cm de diámetro aprox., como lo muestra la Figura No. 4.25.
Possible Unidad D	3.26	Café claro	Baja	Material con matriz fina de color café claro con presencia de lapilli acrecional, poco consolidada y fragmentos de pómez de 0.8mm de diámetro aprox.

Tabla No. 4.18 Ficha de recolección de información en campo No. 4.16 para el punto Lago de Ilopango Punto 3.

Fuente: De los autores.



Figura No 4.25 Talud de punto "Lago de Ilopango 3" en la zona proximal al foco de emisión.
Fuente: De los autores, fotografía tomada el 08/03/2019.

4.4. SELECCIÓN DEFINITIVA DE LOS PUNTOS

Después de realizar todas las visitas preliminares de campo en las zonas distales, medias y proximales al foco de emisión, se muestra en la Tabla No. 4.19 la recopilación de todos los puntos visitados, con el objetivo de cumplir con los criterios planteados para la selección de puntos definitivos, los cuales son:

- a) Taludes que posean la mayor cantidad de unidades de TBJ en las zonas proximales, medias y distales.
- b) Zonas que presentan áreas topográficas favorables para la obtención de muestras alteradas e inalteradas para los ensayos a realizar en el laboratorio y que no se encuentren en zonas de alto riesgo de seguridad.

RESUMEN DE PUNTOS PRELIMINARES VISITADOS				
ZONA DISTAL				
PUNTO	UBICACIÓN	DISTANCIA CON RESPECTO AL FOCO (KM)	CANTIDAD DE UNIDADES	UNIDADES IDENTIFICABLES
Prolongación Blvd Constitución	Prolongación Blvd Constitución	21.43	1	G
Redondel Integración	Redondel Integración	22.20	5	F
				BETA
				E
				ALPHA
Apopa Punto 1	Apopa, San Salvador	22.75	1	F
Apopa Punto 2	Apopa, San Salvador	22.95	1	D
ZONA MEDIA				
PUNTO	UBICACIÓN	DISTANCIA CON RESPECTO AL FOCO (KM)	CANTIDAD DE UNIDADES	UNIDADES IDENTIFICABLES
UES	Universidad de El Salvador, San Salvador	17.56	2	G
				F
Padre Arrupe		13.32	7	G
				F

	Padre Arrupe, Carretera de Oro, Apopa			BETA E ALPHA D C
ZONA PROXIMAL				
PUNTO	UBICACIÓN	DISTANCIA CON RESPECTO AL FOCO (KM)	CANTIDAD DE UNIDADES	UNIDADES IDENTIFICABLE S
Lago de Ilopango Punto 1	Lago de Ilopango, Ilopango	7.76	1	F
Lago de Ilopango Punto 2	Lago de Ilopango, Ilopango	4.62	1	E
Lago de Ilopango Punto 3	Lago de Ilopango, Ilopango	4.53	2	E
				F
Arenal Seco Punto 1	Arenal Seco, Ilopango	8.18	4	F
				E
				Alpha
				D
Arenal Seco Punto 2	Arenal Seco, Ilopango	8.45	3	F
				E
				D
Arenal Seco Punto 3	Arenal Seco, Ilopango	8.41	4	F
				E
				ALPHA
				D
Arenal Seco Punto 4	Arenal Seco, Ilopango	8.74	3	F ó Beta
				E
				ALPHA
San Jacinto	Cerro San Jacinto, San Salvador	14.28	3	F
				E
				D

*Tabla No. 4.19 Resumen de puntos visitados de forma preliminar.
Fuente: De los autores.*

Para seleccionar los puntos definitivos de esta investigación, se analizó en cuales sitios de las 3 zonas en estudio cumplen con las condiciones. Para ello, se agruparon en intervalos las cantidades de unidades y se les asignó una ponderación (ver Tabla No. 4.20), así mismo, se le dio un porcentaje si la zona

en estudio presenta facilidad de extracción de muestras y que no se encuentren en zonas de alto riesgo de seguridad (Ver Tabla No. 4.21).

CANTIDAD DE UNIDADES	PONDERACIÓN
1 - 2	20%
3 - 4	40%
5 - 7	60%

Tabla No. 4.20 Ponderación según intervalos de cantidad de unidades.
Fuente: De los autores.

DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN	
	SI	NO
Facilidad de extracción de muestras	20%	0%
zonas de alto riesgo de seguridad	0%	20%

Tabla No. 4.21 Ponderación según la facilidad de extracción de muestras y que no se encuentren en zonas de alto riesgo.
Fuente: De los autores.

Con base a lo anterior, se realizó un proceso de comparación de criterios para seleccionar los puntos definitivos, los cuales se muestra en la Tabla No. 4.22.

COMPARACIÓN DE CRITERIOS PARA SELECCIONAR PUNTOS DEFINITIVOS						
PUNTO	UBICACIÓN	DISTANCIA RESPECTO AL FOCO DE EMISIÓN (Km)	CANTIDAD DE UNIDADES	FACILIDAD DE EXTRAER MUESTRAS	ZONA DE ALTO RIESGO DE SEGURIDAD	TOTAL
ZONA DISTAL						
Prolongación Blvd Constitución	Prolongación Blvd Constitución	21.43	1	Si	No	60%
Redondel Integración	Redondel Integración	22.2	5	Si	No	100%
Apopa Punto 1	Apopa, San Salvador	22.75	1	No	Si	20%
Apopa Punto 2	Apopa, San Salvador	22.95	1	No	Si	20%
ZONA MEDIA						
UES	Universidad de El Salvador, San Salvador	17.56	2	Si	No	60%
Padre Arrupe	Padre Arrupe, Carretera de Oro, Apopa	13.32	7	Si	No	100%
ZONA PROXIMAL						
Lago de Ilopango Punto 1	Lago de Ilopango, Ilopango	7.76	1	No	Si	20%
Lago de Ilopango Punto 2	Lago de Ilopango, Ilopango	4.62	1	No	Si	20%
Lago de Ilopango Punto 3	Lago de Ilopango, Ilopango	4.53	2	No	Si	20%
Arenal Seco Punto 1	Arenal Seco, Ilopango	8.18	4	No	Si	40%
Arenal Seco Punto 2	Arenal Seco, Ilopango	8.45	3	No	Si	40%
Arenal Seco Punto 3	Arenal Seco, Ilopango	8.41	4	No	Si	40%
Arenal Seco Punto 4	Arenal Seco, Ilopango	8.74	3	Si	Si	60%
San Jacinto	Cerro San Jacinto, San Salvador	14.28	3	No	Si	40%

Tabla No. 4.22 Comparación de criterios para seleccionar puntos definitivos.
Fuente: De los autores.

Con los resultados obtenidos en la Tabla No. 4.22, se seleccionaron 5 puntos definitivos, en los cuales posteriormente se llevó a cabo la extracción de muestras para la elaboración de la caracterización de las propiedades físicas de TBJ para las unidades presentes. Los puntos seleccionados se muestran en la Tabla No. 4.23.

PUNTOS SELECCIONADOS		
ZONA DISTAL		
PUNTO	UBICACIÓN	CANTIDAD DE UNIDADES
Prolongación Blvd Constitución	Prolongación Blvd Constitución	1
Redondel Integración	Redondel Integración	5
ZONA INTERMEDIA		
PUNTO	UBICACIÓN	CANTIDAD DE UNIDADES
UES	Universidad de El Salvador, San Salvador	2
Padre Arrupe	Padre Arrupe, Carretera de Oro, Apopa	7
ZONA PROXIMAL		
PUNTO	UBICACIÓN	CANTIDAD DE UNIDADES
Arenal Seco Punto 4	Arenal Seco, Ilopango	3

*Tabla No. 4.23 Puntos seleccionados para la realización de extracción de muestras.
Fuente: De los autores.*

4.5. VISITAS DE CAMPO PARA EXTRACCION DE MUESTRAS EN LOS PUNTOS DEFINITIVOS

4.5.1 EXTRACCION DE MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS.

Luego de haber definido los puntos de muestreo, se procedió a la extracción de muestras alteradas e inalteradas, realizando los procedimientos descritos en el apartado 3.6 del Capítulo No. 3 y para la realización de los diferentes ensayos de laboratorio que fueron definidos en la Tabla No. 3.2 del apartado 3.7. En la Tabla No. 4.24 se indican los puntos explorados y las unidades que se muestrearon en cada talud junto con su tipo de muestra extraída.

ZONA	PUNTO	UNIDADES	ALTERADAS	INALTERADAS
Distal	Prolongación Blvd Constitución	G	X	X
		F	X	X
	Redondel Integración	BETA	X	X
		E (HUMEDA)	X	X
		E (SECA)	X	
		ALPHA	X	X
		D	X	X
Media	UES	G	X	X
		F	X	
	Padre Arrupe	G	X	
		F	X	X
		BETA	X	X
		E (HUMEDA)	X	X
		E (SECA)	X	X
		ALPHA	X	X
		D	X	X
		C	X	
Proximal	Arenal Seco Punto 4	F ó Beta	X	
		E	X	
		ALPHA	X	

Tabla No 4.24 Puntos muestreados y tipos de muestras extraídas por unidad.

Fuente: De los autores.

4.6. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

4.6.1 PUNTO PADRE ARRUPE

En las Tablas No. 4.25 y No. 4.26 se presentan los resultados de las propiedades físicas del Punto Padre Arrupe (Ver formatos de laboratorio de la unidad F en los Anexos 1, 2 y 3) así como desde la Tabla No. 4.27 a la 4.34, se presentan los resultados de los ensayos granulométricos (Ver formato de laboratorio de la unidad F en Anexo 4), con sus respectivas curvas (Ver Figuras desde la No. 4.26 a la No. 4.33):

PADRE ARRUPE												
	Posible unidad G			Posible unidad F			Posible Ignimbrita Beta			Posible unidad E Seca		
Contenido de humedad (%)	8.30	7.90	8.10	17.21	17.19	17.20	18.47	18.45	18.48	17.95	17.93	17.95
Contenido humedad promedio (%)	8.10			17.20			18.46			17.94		
Gravedad Especifica (Gs)	2.45	2.45		2.35	2.40		2.48	2.52	2.49	2.39	2.37	
Gravedad Especifica promedio (Gs)	2.45			2.38			2.50			2.38		
Plasticidad	NP			NP			NP			NP		
Densidad de campo húmeda (g/cm ³)	0.88			1.58			1.89			1.57		
Densidad de campo seca (g/cm ³)	0.81			1.35			1.59			1.33		

Tabla No. 4.25 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Padre Arrupe.

Fuente: De los autores

PUNTO PADRE ARUPE												
	Posible unidad E Húmeda			Posible Ignimbrita Alpha			Posible unidad D			Posible unidad C		
Contenido de humedad (%)	20.70	20.68	20.68	11.45	11.45	11.44	12.34	12.35	12.36	22.57	22.56	22.56
Contenido humedad promedio (%)	20.69			11.45			12.35			22.56		
Gravedad Especifica (Gs)	2.58	2.57		2.44	2.47	2.43	2.46	2.50		2.46	2.43	
Gravedad Especifica promedio (Gs)	2.58			2.45			2.48			2.44		
Plasticidad	NP			NP			NP			NP		
Densidad de campo húmeda (g/cm ³)	1.86			1.41			1.12			-		
Densidad de campo seca (g/cm ³)	1.54			1.26			1.00			-		

Tabla No. 4.26 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Padre Arrupe.

Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD G					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	-	19.000	100.00	19.000	100.00
3/8"	9.500	-	9.500	99.82	9.500	99.91
No.4	4.750	-	4.750	99.49	4.750	99.75
No. 8	2.360	-	2.360	99.23	2.360	99.62
No. 10	2.000	100.00	2.000	98.85	2.000	99.43
No. 16	1.180	98.50	1.180	98.50	1.180	98.50
No. 30	0.600	97.72	0.600	97.59	0.600	97.66
No. 50	0.300	95.93	0.300	95.49	0.300	95.71
No. 100	0.150	91.70	0.150	90.56	0.150	91.13
No. 200	0.075	82.79	0.075	80.35	0.075	81.57
HIDROMETRÍA	0.03031	52.26	0.02969	52.90	0.03000	52.58
	0.02035	41.39	0.01997	42.55	0.02016	41.97
	0.01228	32.43	0.01211	32.74	0.01220	32.59
	0.00895	25.64	0.00884	26.26	0.00889	25.95
	0.00645	21.56	0.00636	22.38	0.00641	21.97
	0.00325	14.77	0.00324	15.36	0.00324	15.07
	0.00138	10.14	0.00138	10.19	0.00138	10.17
% Grava	0.00		0.51		0.25	
% Arena	17.21		19.14		18.18	
% Limo	68.02		64.99		66.50	
% Arcilla	14.77		15.36		15.07	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	ML					
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/4" y con finos NP					

Tabla No. 4.27 Resultados granulométricos de posible unidad G, presentes en el Punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD F					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	100.00	19.000	100.00	19.000	100.00
3/8"	9.500	99.47	9.500	99.44	9.500	99.46
No.4	4.750	98.18	4.750	98.14	4.750	98.16
No. 8	2.360	96.19	2.360	96.04	2.360	96.12
No. 10	2.000	95.96	2.000	95.30	2.000	95.63
No. 16	1.180	92.67	1.180	92.88	1.180	92.78
No. 30	0.600	86.78	0.600	86.77	0.600	86.78
No. 50	0.300	76.54	0.300	76.68	0.300	76.61
No. 100	0.150	63.40	0.150	63.71	0.150	63.56
No. 200	0.075	51.55	0.075	51.66	0.075	51.61
HIDROMETRÍA	0.03192	26.07	0.03195	24.72	0.03193	25.40
	0.02089	21.82	0.02105	19.59	0.02097	20.71
	0.01225	18.64	0.01245	16.40	0.01235	17.52
	0.00879	16.09	0.00897	13.84	0.00888	14.97
	0.00634	13.76	0.00637	11.51	0.00636	12.64
	0.00311	11.30	0.00320	8.09	0.00315	9.70
	0.00134	9.51	0.00136	6.14	0.00135	7.83
% Grava	1.82		1.86		1.84	
% Arena	46.63		46.48		46.55	
% Limo	40.25		43.57		41.91	
% Arcilla	11.30		8.09		9.70	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	ML					
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/4" y con finos NP					

Tabla No 4.28 Resultados granulométricos de posible unidad F, presentes en el Punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGIMBRITA BETA					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
No. 10	2.000	100.00	2.000	100.00	2.000	100.00
No. 16	1.180	98.62	1.180	98.23	1.180	98.43
No. 30	0.600	92.99	0.600	91.50	0.600	92.25
No. 50	0.300	75.83	0.300	72.20	0.300	74.02
No. 100	0.150	54.64	0.150	52.45	0.150	53.55
No. 200	0.075	47.06	0.075	45.85	0.075	46.46
HIDROMETRÍA	0.02951	24.07	0.03125	20.44	0.03038	22.26
	0.01900	21.99	0.02017	18.29	0.01958	20.14
	0.01143	17.84	0.01193	15.41	0.01168	16.63
	0.00825	15.76	0.00859	13.26	0.00842	14.51
	0.00599	12.99	0.00616	10.68	0.00607	11.84
	0.00305	9.20	0.00311	7.39	0.00308	8.30
	0.00127	7.58	0.00133	4.64	0.00130	6.11
% Grava	0.00		0.00		0.00	
% Arena	52.94		54.15		53.54	
% Limo	37.86		38.46		38.16	
% Arcilla	9.20		7.39		8.30	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	ML					
Clasificación (SUCS)	Limo arenoso, color café oscuro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP					

Tabla No 4.29: Resultados granulométricos de posible unidad Ignimbrita Beta, presentes en el Punto Padre Arrupe.

Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E HÚMEDA					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/8"	9.500	100.00	9.500	100.00	9.500	100.00
No.4	4.750	99.81	4.750	99.83	4.750	99.82
No. 8	2.360	99.41	2.360	99.50	2.360	99.46
No. 10	2.000	98.17	2.000	98.45	2.000	98.31
No. 16	1.180	93.91	1.180	93.72	1.180	93.82
No. 30	0.600	84.97	0.600	84.67	0.600	84.82
No. 50	0.300	62.94	0.300	64.76	0.300	63.85
No. 100	0.150	48.29	0.150	50.92	0.150	49.61
No. 200	0.075	42.47	0.075	45.18	0.075	43.83
HIDROMETRÍA	0.03116	20.37	0.03075	22.93	0.03095	21.65
	0.02013	18.33	0.01988	20.77	0.02000	19.55
	0.01196	15.61	0.01156	18.09	0.01176	16.85
	0.00865	12.88	0.00834	15.94	0.00850	14.41
	0.00608	11.70	0.00605	13.98	0.00606	12.84
	0.00303	8.08	0.00306	10.39	0.00305	9.24
	0.00130	6.26	0.00129	7.32	0.00129	6.79
% Grava	0.19		0.17		0.18	
% Arena	57.34		54.65		55.99	
% Limo	34.39		34.79		34.59	
% Arcilla	8.08		10.39		9.24	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	62.22		89.29		75.76	
Cc	1.68		2.40		2.04	
Símbolo de grupo	SM					
Clasificación (SUCS)	Arena Limosa, color café oscuro, con TM 3/8" y con finos NP					

Tabla No 4.30 Resultados granulométricos de posible unidad E Húmeda, presentes en el Punto Padre Arrupe.

Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E SECA					
	ENSAYO No. 3		ENSAYO No. 4		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1"	25.000	-	25.000	100.00	25.000	100.00
1/2"	12.500	100.00	12.500	99.83	12.500	99.92
3/8"	9.500	97.93	9.500	98.95	9.500	98.44
No.4	4.750	92.68	4.750	93.50	4.750	93.09
No. 8	2.360	83.18	2.360	85.61	2.360	84.40
No. 10	2.000	79.64	2.000	82.90	2.000	81.27
No. 16	1.180	66.79	1.180	74.92	1.180	70.86
No. 30	0.600	42.00	0.600	50.31	0.600	46.16
No. 50	0.300	17.58	0.300	20.73	0.300	19.16
No. 100	0.150	4.94	0.150	5.29	0.150	5.12
No. 200	0.075	3.69	0.075	3.46	0.07500	3.58
HIDROMETRÍA	0.03733	0.55	0.03720	0.57	0.03726	0.56
	0.02361	0.55	0.02353	0.57	0.02357	0.56
	0.01363	0.55	0.01358	0.57	0.01361	0.56
	0.00964	0.55	0.00961	0.57	0.00962	0.56
	0.00681	0.55	0.00679	0.57	0.00680	0.56
	0.00336	0.53	0.00333	0.57	0.00334	0.55
	0.00141	0.45	0.00140	0.48	0.00140	0.47
% Grava	7.32		6.50		6.91	
% Arena	88.99		90.04		89.51	
% Limo	3.16		2.89		3.03	
% Arcilla	0.53		0.57		0.55	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	4.26		3.90		4.08	
Cc	0.86		0.98		0.92	
Símbolo de grupo	SP					
Clasificación (SUCS)	Arena mal graduada, color café claro, con TM 1 y con finos NP					

Tabla No 4.31 Resultados granulométricos de posible unidad E seca, presentes en el Punto Padre Arrupe.

Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGIMBRITA ALPHA					
	ENSAYO No. 3		ENSAYO No. 4		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
No. 10	2.000	100.00	2.000	100.00	2.000	100.00
No. 16	1.180	99.49	1.180	99.35	1.180	99.42
No. 30	0.600	99.34	0.600	99.19	0.600	99.27
No. 50	0.300	98.24	0.300	98.08	0.300	98.16
No. 100	0.150	93.38	0.150	93.46	0.150	93.42
No. 200	0.075	84.91	0.075	85.82	0.075	85.37
HIDROMETRÍA	0.02942	60.43	0.02942	62.15	0.02942	61.29
	0.02004	47.76	0.02004	49.12	0.02004	48.44
	0.01239	33.68	0.01249	33.19	0.01244	33.44
	0.00910	25.23	0.00910	25.95	0.00910	25.59
	0.00660	19.60	0.00660	20.15	0.00660	19.88
	0.00332	12.56	0.00332	12.91	0.00332	12.74
	0.00141	8.33	0.00140	10.02	0.00140	9.18
% Grava	0.00		0.00		0.00	
% Arena	15.09		14.18		14.63	
% Limo	72.35		72.91		72.63	
% Arcilla	12.56		12.91		12.74	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	ML					
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP					

Tabla No 4.32 Resultados granulométricos de posible unidad Ignimbrita Alpha, presentes en el Punto Padre Arrupe.

Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD D					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
No. 10	2.000	100.00	2.000	100.00	2.000	100.00
No. 16	1.180	99.95	1.180	99.95	1.180	99.95
No. 30	0.600	99.55	0.600	99.60	0.600	99.58
No. 50	0.300	97.65	0.300	97.93	0.300	97.79
No. 100	0.150	92.44	0.150	93.02	0.150	92.73
No. 200	0.075	84.66	0.075	85.89	0.075	85.28
HIDROMETRÍA	0.02896	58.66	0.02849	61.66	0.02872	60.16
	0.01926	50.51	0.01897	52.49	0.01912	51.50
	0.01190	38.28	0.01173	40.20	0.01181	39.24
	0.00864	31.87	0.00864	32.02	0.00864	31.95
	0.00625	26.43	0.00630	25.19	0.00628	25.81
	0.00322	15.57	0.00320	17.01	0.00321	16.29
	0.00138	9.76	0.00136	11.55	0.00137	10.66
% Grava	0.00		0.00		0.00	
% Arena	15.34		14.11		14.72	
% Limo	69.09		68.88		68.99	
% Arcilla	15.57		17.01		16.29	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	ML					
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP					

Tabla No 4.33 Resultados granulométricos de posible unidad D, presentes en el Punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD C					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/8"	9.500	100.00	9.500	100.00	9.50	100.00
No.4	4.750	99.95	4.750	99.99	4.75	99.97
No. 8	2.360	99.79	2.360	99.83	2.36	99.81
No. 10	2.000	98.70	2.000	99.72	2.00	99.21
No. 16	1.180	92.00	1.180	85.35	1.18	88.68
No. 30	0.600	86.15	0.600	83.93	0.60	85.04
No. 50	0.300	82.36	0.300	80.48	0.30	81.42
No. 100	0.150	75.70	0.150	74.14	0.15	74.92
No. 200	0.075	64.83	0.075	63.85	0.075	64.34
HIDROMETRÍA	0.03020	45.63	0.02923	48.54	0.0297181	47.09
	0.01981	39.67	0.01937	41.31	0.0195918	40.49
	0.01207	30.13	0.01177	32.87	0.0119206	31.50
	0.00870	26.55	0.00869	27.45	0.0086944	27.00
	0.00633	21.19	0.00631	22.63	0.0063166	21.91
	0.00317	17.04	0.00318	17.93	0.0031771	17.49
	0.00137	13.02	0.00136	13.49	0.0013673	13.26
% Grava	0.05		0.01		0.03	
% Arena	35.12		36.14		35.63	
% Limo	47.79		45.92		46.86	
% Arcilla	17.04		17.93		17.49	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	ML					
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color gris amarillento, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/8" y con finos NP					

Tabla No 4.34 Resultados granulométricos de posible unidad C, presentes en el Punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores

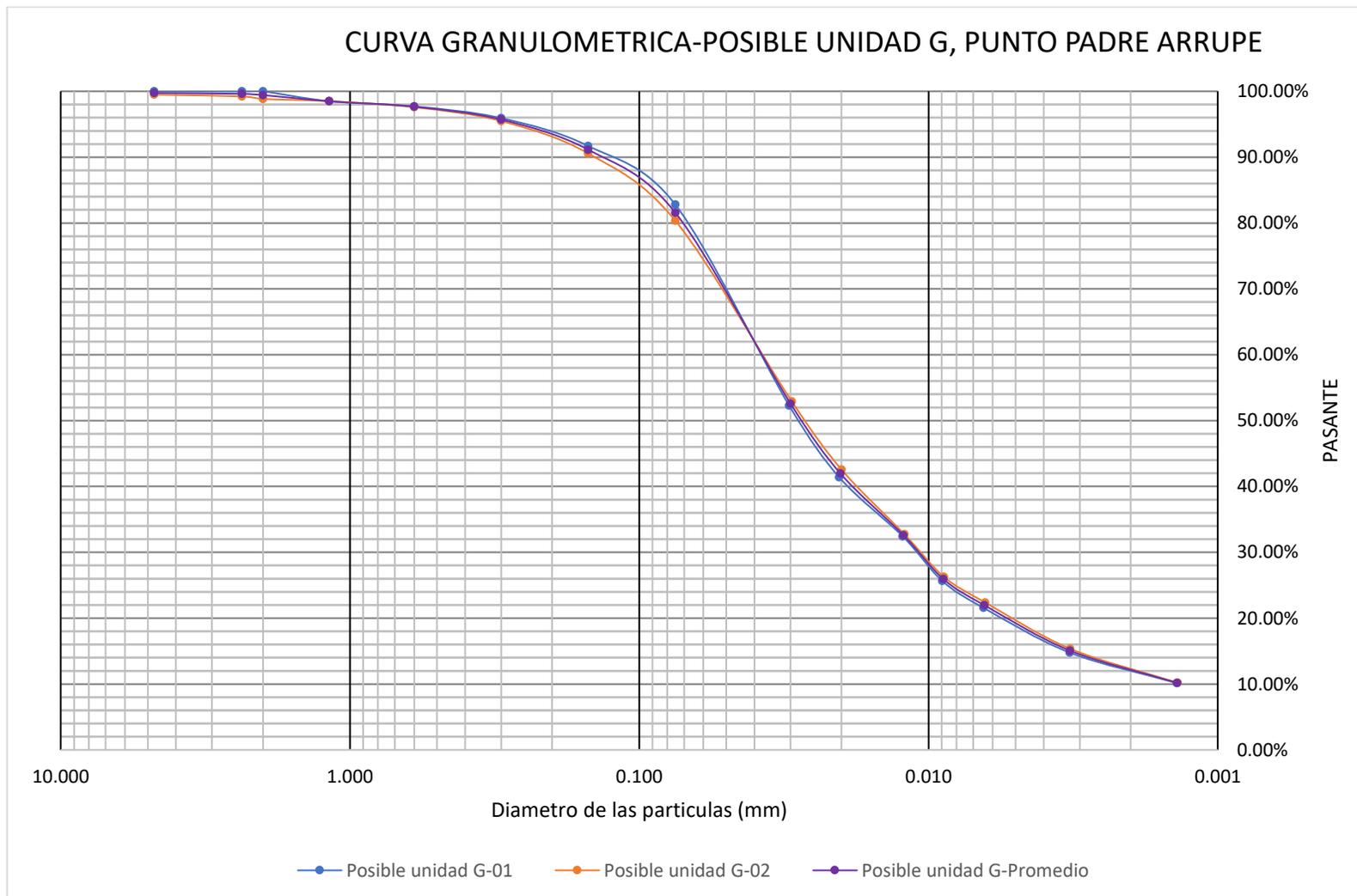
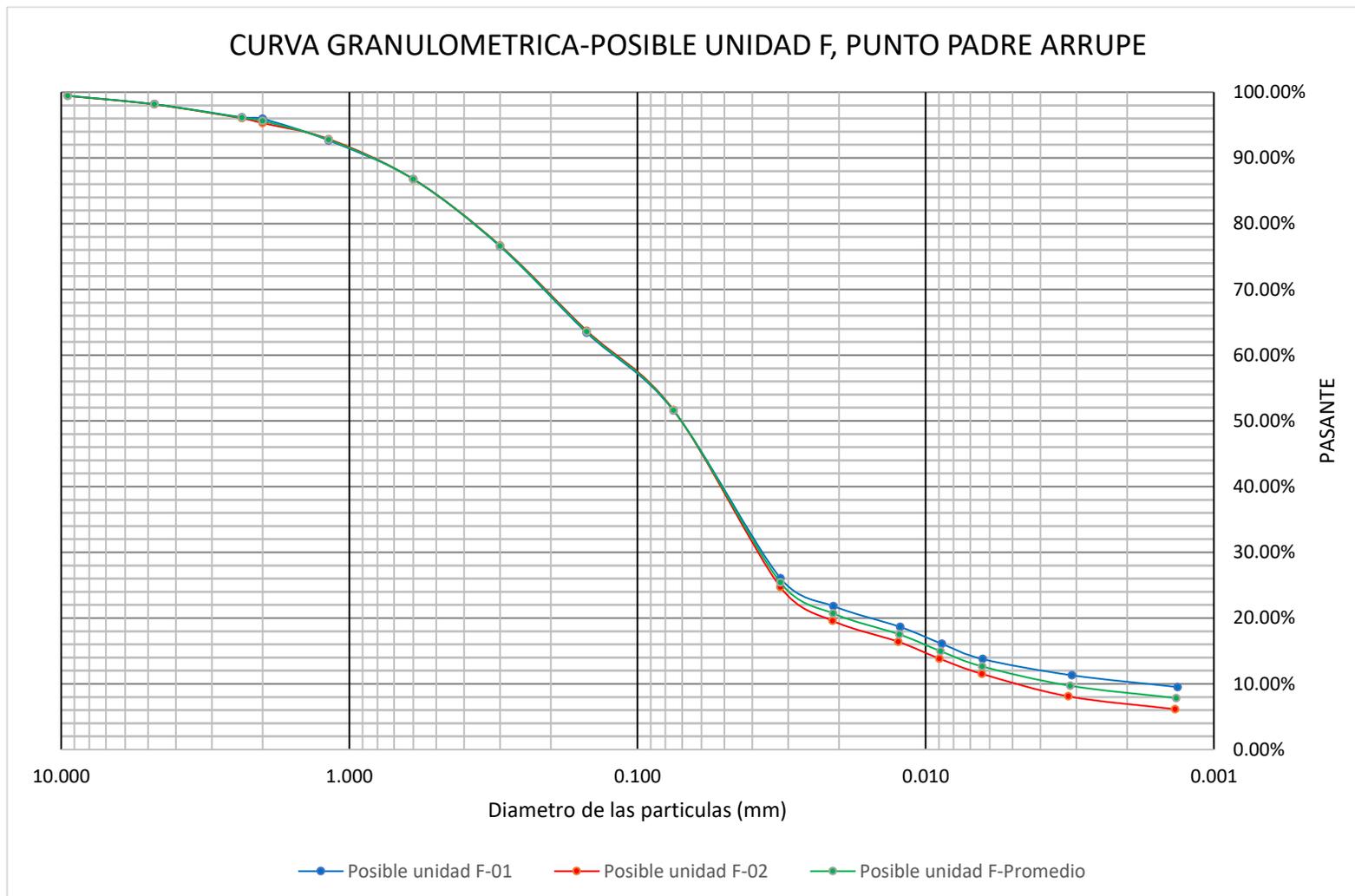
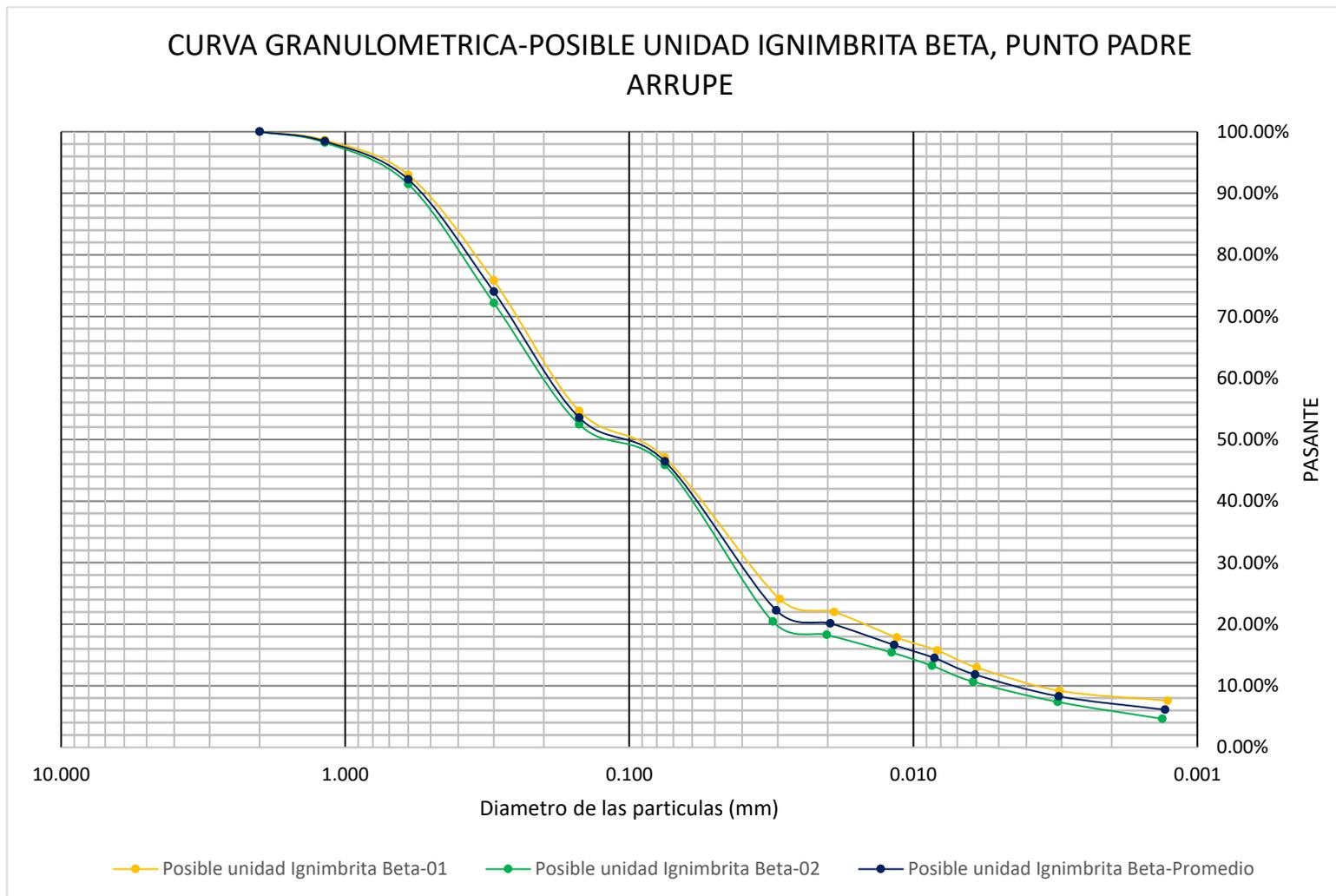


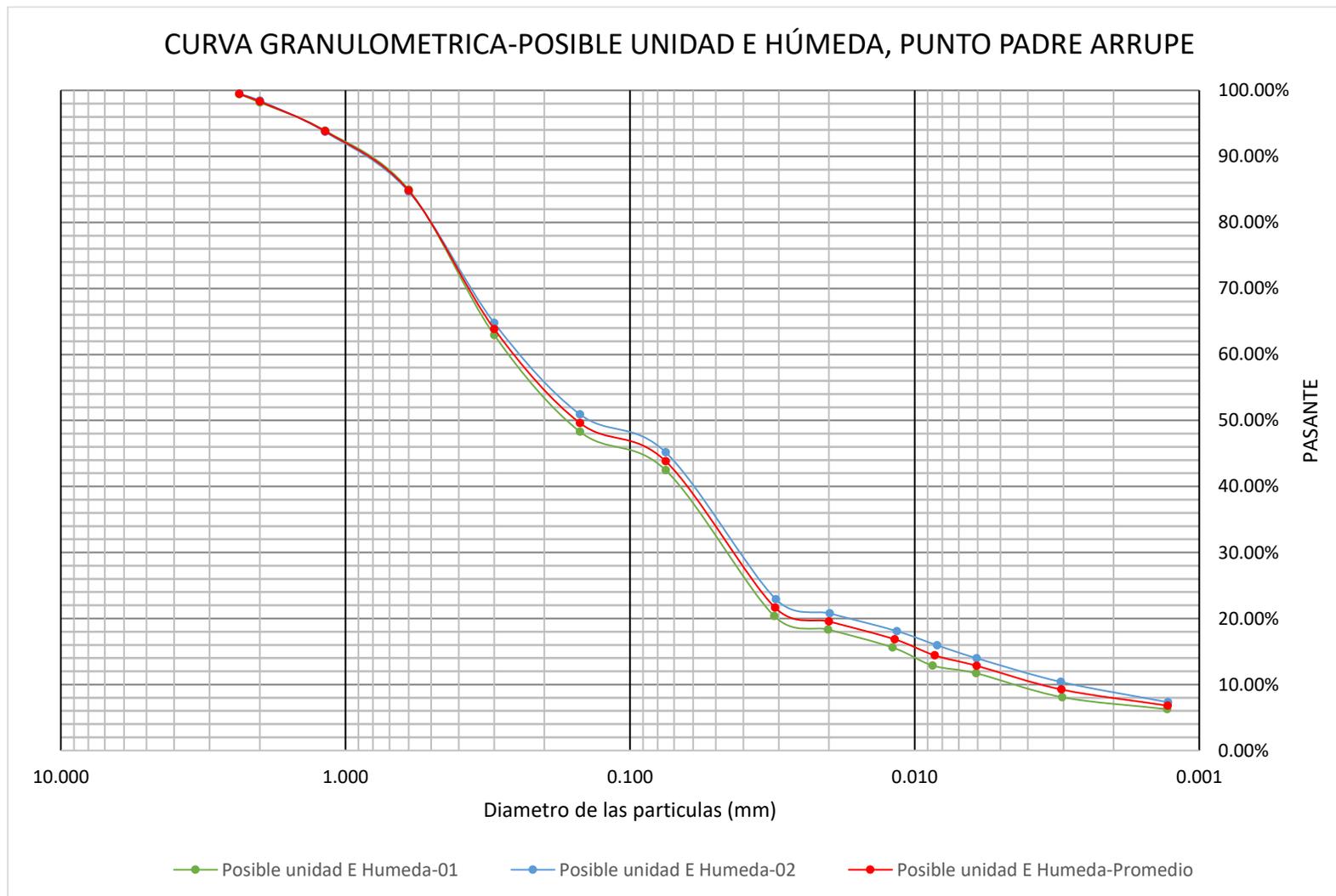
Figura No. 4.26: Curva granulométrica para posible unidad G presente en el punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores.



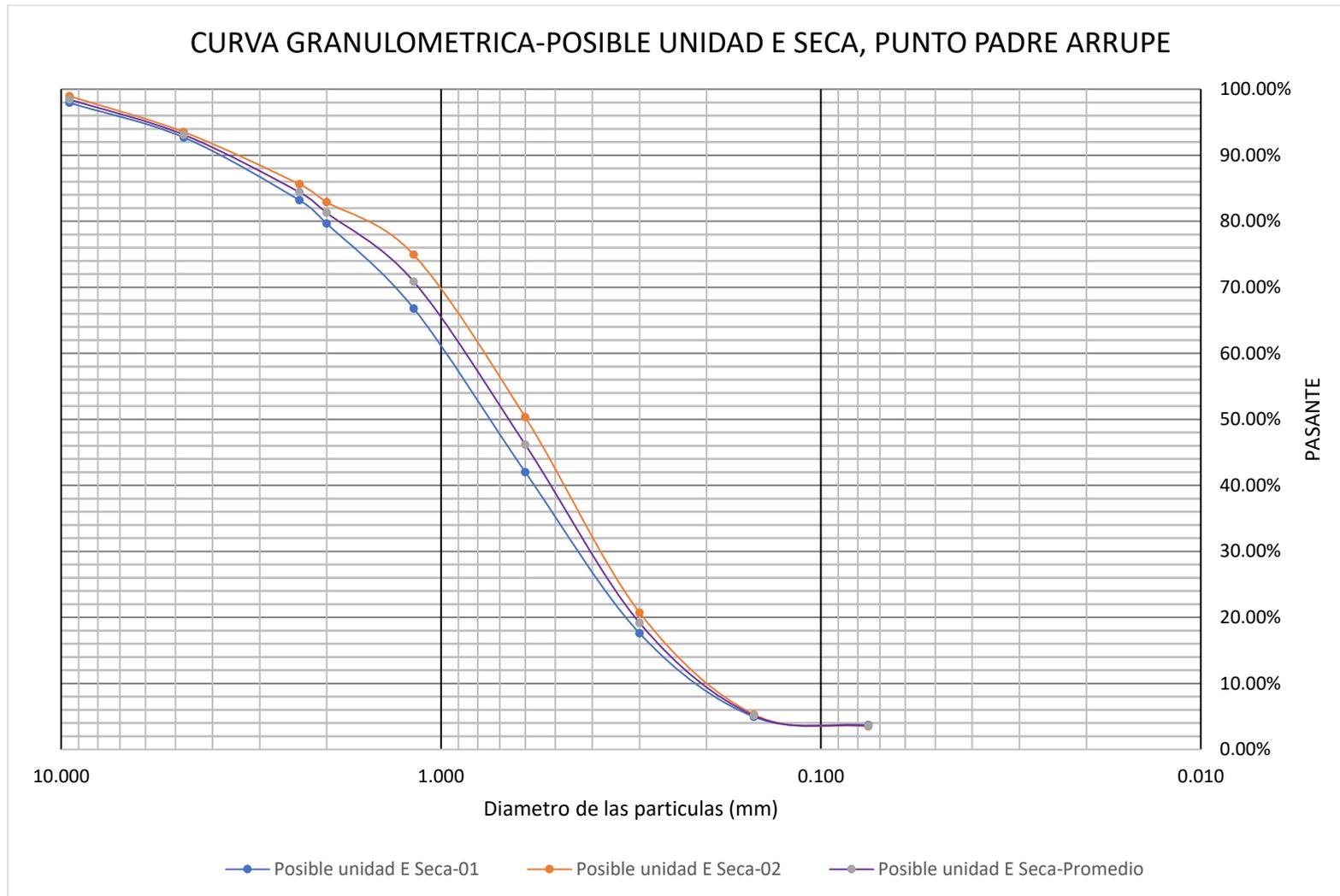
*Figura No 4.27 Curva granulométrica para posible unidad F presente en el punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores.*



*Figura No 4.28 Curva granulométrica para posible unidad Ignimbrita Beta presente en el punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores.*



*Figura No. 4.29: Curva granulométrica para posible unidad E Húmeda presente en el punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores.*



*Figura No. 4.30: Curva granulométrica para posible unidad E seca presente en el punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores.*

CURVA GRANULOMETRICA-POSIBLE UNIDAD IGIMBRITA ALPHA, PUNTO PADRE ARRUPE

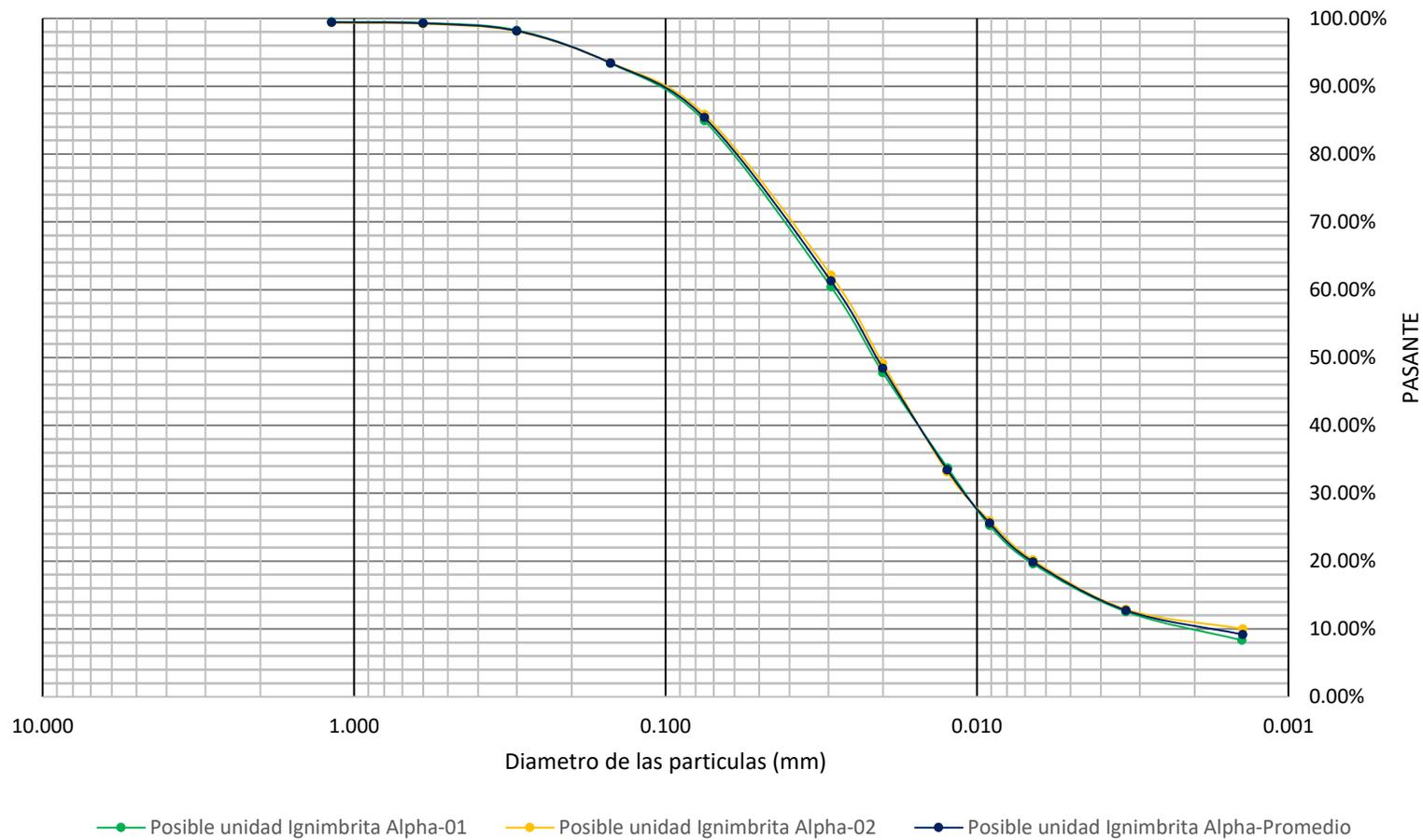
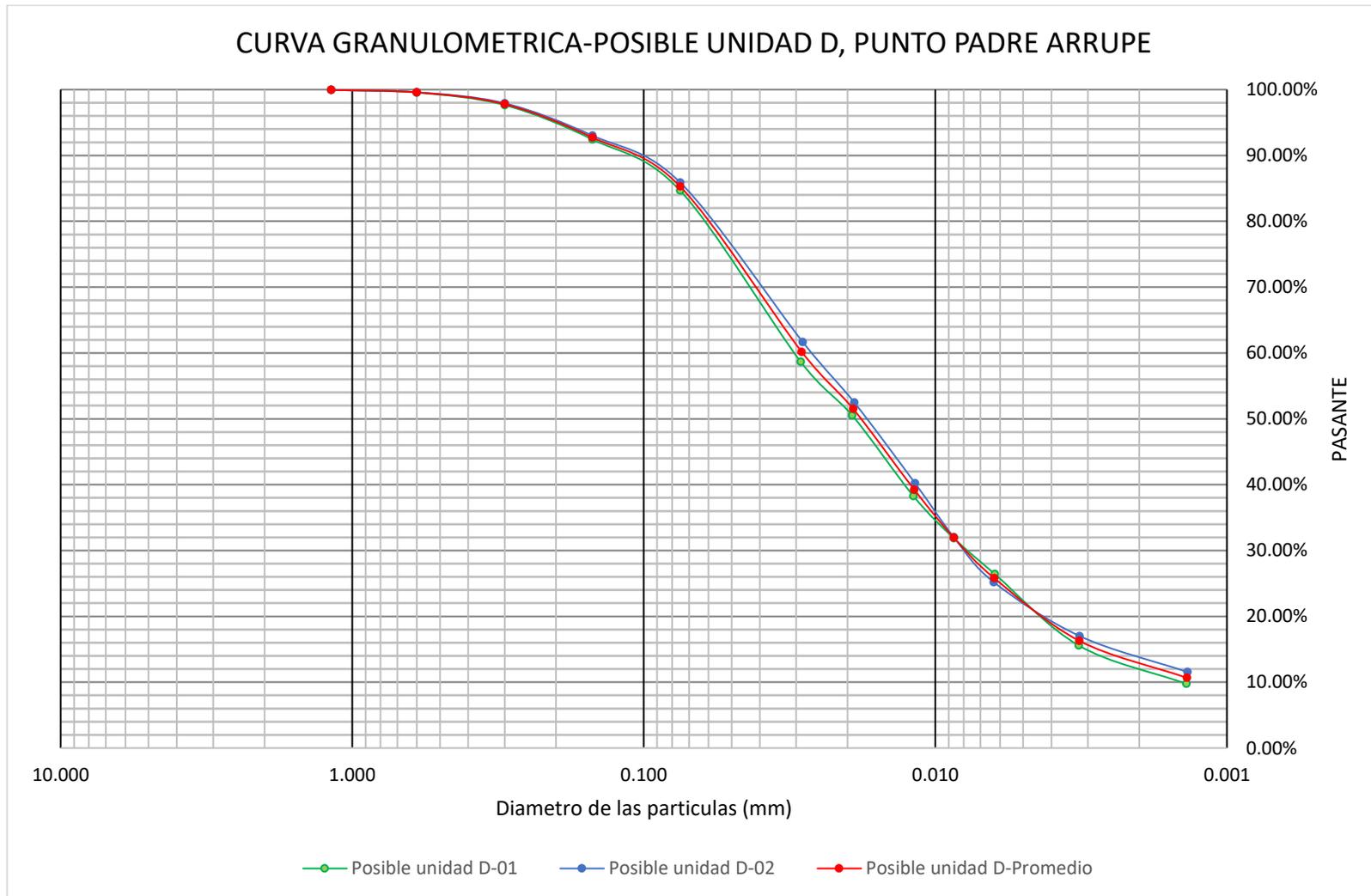


Figura No 4.31: Curva granulométrica para posible unidad Ignimbrita Alpha presente en el punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores.



*Figura No. 4.32 Curva granulométrica para posible unidad D presente en el punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores.*

CURVA GRANULOMETRICA-POSIBLE UNIDAD C, PUNTO PADRE ARRUPE

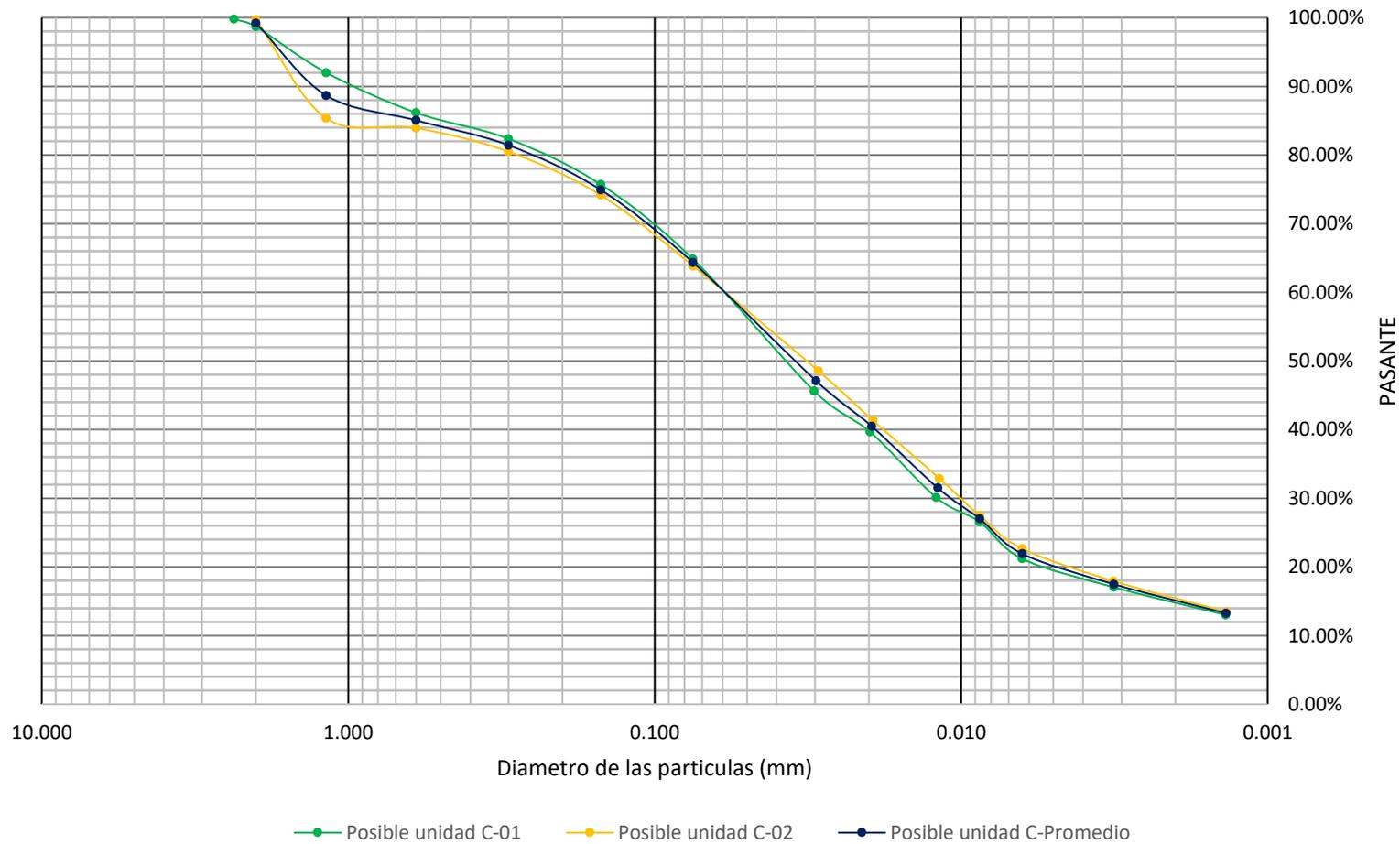


Figura No. 4.33: Curva granulométrica para posible unidad C presente en el punto Padre Arrupe.
Fuente: De los autores.

4.6.2 PUNTO UES

Se presentan los resultados de las propiedades físicas del Punto UES (Ver Tabla No. 4.35) así como los resultados de los ensayos granulométricos (Ver Tablas No. 4.36 y 4.37), con sus respectivas curvas (Ver Figuras No. 4.34 y No. 4.35):

PUNTO UES						
	Posible unidad G			Posible unidad F		
Contenido de humedad (%)	7.94	7.94	7.94	6.45	6.84	6.78
Contenido humedad promedio (%)	7.96			6.69		
Gravedad Especifica (Gs)	2.43	2.43		2.31	2.30	
Gravedad Especifica promedio (Gs)	2.43			2.31		
Plasticidad	NP			NP		
Densidad de campo húmeda (g/cm ³)	1.38			1.29		
Densidad de campo seca (g/cm ³)	1.28			1.14		

Tabla No. 4.35 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto UES.
Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD G					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
No. 10	2.000	100.00	2.000	100.00	2.000	100.00
No. 16	1.180	99.17	1.180	98.83	1.180	99.00
No. 30	0.600	97.57	0.600	97.20	0.600	97.39
No. 50	0.300	94.01	0.300	93.60	0.300	93.81
No. 100	0.150	86.89	0.150	86.30	0.150	86.60
No. 200	0.075	76.43	0.075	75.85	0.075	76.14
HIDROMETRÍA	0.02888	50.92	0.02952	47.18	0.02920	49.05
	0.01890	46.26	0.01932	42.61	0.01911	44.44
	0.01117	42.76	0.01142	39.18	0.01129	40.97
	0.00854	28.77	0.00874	25.47	0.00864	27.12
	0.00616	25.27	0.00626	22.59	0.00621	23.93
	0.00317	16.66	0.00317	16.33	0.00317	16.50
	0.00133	15.46	0.00132	15.94	0.00132	15.70
% Grava	0.00		0.00		0.00	
% Arena	23.57		24.15		23.86	
% Limo	59.77		59.52		59.64	
% Arcilla	16.66		16.33		16.50	

Total	100.00	100.00	100.00
Cu	NA	NA	NA
Cc	NA	NA	NA
Símbolo de grupo	ML		
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2mm, 0.00% de grava, 23.86% de arena media a fina, 59.64% de limo, 16.50% de arcilla y con finos NP		

Tabla No 4.36: Resultados granulométricos de posible unidad G, presentes en el Punto UES.
Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD F					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1 1/2"	37.500	100.00	37.500	100.00	37.500	100.00
1"	25.000	99.80	25.000	99.70	25.000	99.75
1/2"	12.500	98.90	12.500	98.80	12.500	98.85
3/8"	9.500	98.20	9.500	98.30	9.500	98.25
No.4	4.750	94.10	4.750	93.90	4.750	94.00
No. 8	2.360	90.30	2.360	90.10	2.360	90.20
No. 10	2.000	88.50	2.000	88.30	2.000	88.40
No. 16	1.180	81.52	1.180	81.98	1.180	81.75
No. 30	0.600	69.88	0.600	70.12	0.600	70.00
No. 50	0.300	56.66	0.300	56.39	0.300	56.53
No. 100	0.150	44.24	0.150	44.22	0.150	44.23
No. 200	0.075	33.78	0.075	33.60	0.075	33.69
HIDROMETRÍA	0.02940	25.54	0.02940	25.36	0.02940	25.45
	0.01981	20.73	0.01963	21.18	0.01972	20.96
	0.01210	15.92	0.01200	16.40	0.01205	16.16
	0.00890	12.31	0.00883	12.82	0.00887	12.57
	0.00644	9.90	0.00641	10.43	0.00642	10.17
	0.00333	4.92	0.00331	5.49	0.00332	5.21
	0.00141	2.52	0.00141	2.50	0.00141	2.51
% Grava	5.90		6.10		6.00	
% Arena	60.32		60.30		60.31	
% Limo	28.86		28.11		28.49	
% Arcilla	4.92		5.49		5.21	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	

Cc	NA	NA	NA
Símbolo de grupo	SM		
Clasificación (SUCS)	Arena limosa, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 1 1/2", 6.00% de grava, 60.31% de arena media a fina, 28.49% de limo, 5.21% de arcilla y con finos NP		

*Tabla No 4.37: Resultados granulométricos de posible unidad F, presentes en el Punto UES.
Fuente: De los autores*

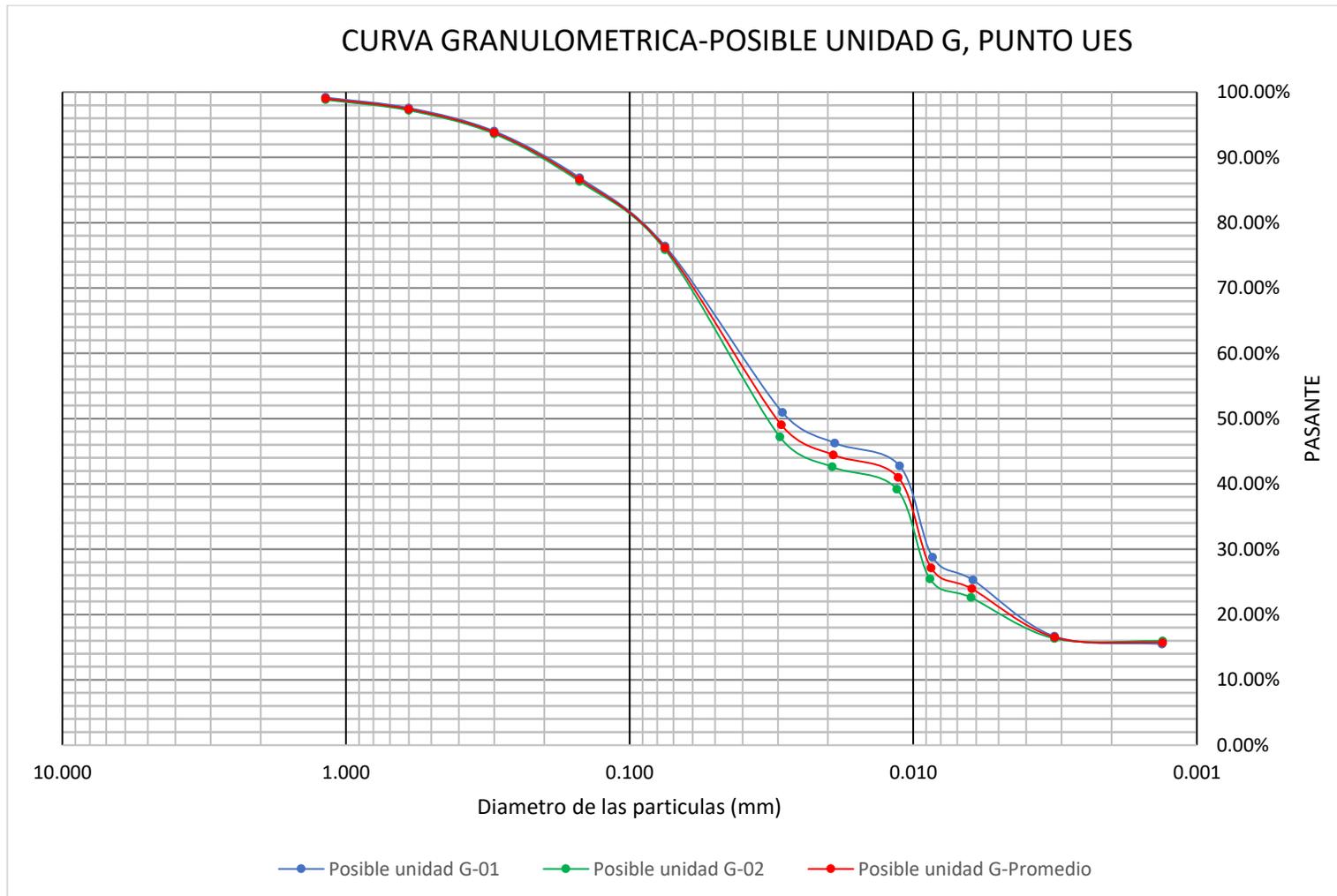


Figura No. 4.34: Curva granulométrica para posible unidad G, presente en el punto UES.
Fuente: De los autores

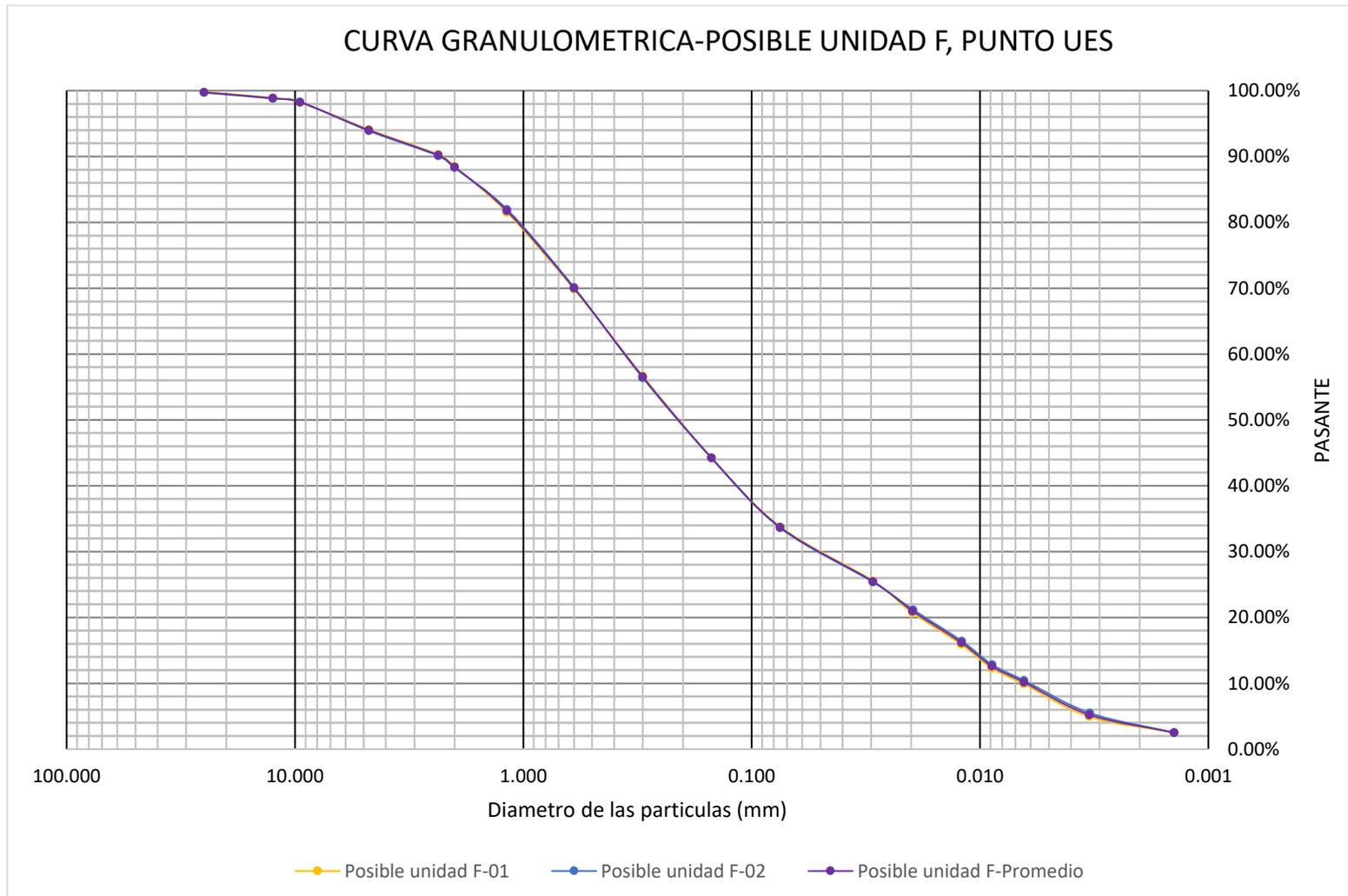


Figura No. 4.35: Curva granulométrica para posible unidad F, presente en el punto UES.
Fuente: De los autores

4.6.3 PUNTO PROLONGACION BLVD. CONSTITUCION

Se presentan los resultados de las propiedades físicas en el punto Prolongación Blvd Constitución (Ver Tabla No. 4.38), así como los resultados de los ensayos granulométricos (Ver Tabla No. 4.39), con sus respectivas curvas (Ver Figura No. 4.36):

PUNTO PROLONGACIÓN BLVD CONSTITUCIÓN			
	Posible unidad G		
Contenido de humedad (%)	8.69	8.69	8.68
Contenido humedad promedio (%)	8.69		
Gravedad Especifica (Gs)	2.46		2.47
Gravedad Especifica promedio (Gs)	2.46		
Plasticidad	NP		
Densidad de campo húmeda (g/cm ³)	1.42		
Densidad de campo seca (g/cm ³)	1.31		

Tabla No. 4.38 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Prolongación Blvd Constitución.

Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD G					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
No. 10	2.000	100.00	2.000	100.00	2.000	100.00
No. 16	1.180	99.67	1.180	99.67	1.180	99.67
No. 30	0.600	98.56	0.600	98.68	0.600	98.62
No. 50	0.300	95.20	0.300	95.43	0.300	95.32
No. 100	0.150	87.74	0.150	87.81	0.150	87.78
No. 200	0.075	75.06	0.075	74.75	0.075	74.91
HIDROMETRIA	0.02921	45.51	0.02803	48.54	0.02862	47.03
	0.01962	36.77	0.01889	39.57	0.01925	38.17
	0.01204	26.94	0.01163	29.48	0.01184	28.21
	0.00874	22.57	0.00866	25.53	0.00870	24.05
	0.00625	20.39	0.00628	21.05	0.00627	20.72
	0.00310	13.42	0.00308	14.90	0.00309	14.16
	0.00136	9.58	0.00133	13.40	0.00134	11.49

% Grava	0.00	0.00	0.00
% Arena	24.94	25.25	25.09
% Limo	61.64	59.85	60.75
% Arcilla	13.42	14.90	14.16
Total	100.00	100.00	100.00
Cu	NA	NA	NA
Cc	NA	NA	NA
Símbolo de grupo	ML		
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2mm, 0.00% de grava, 25.09% de arena media a fina. 60.75% de limo, 14.16% de arcilla y con finos NP		

Tabla No 4.39: Resultados granulométricos de posible unidad G, presentes en el Punto Prolongación Blvd Constitución

Fuente: De los autores

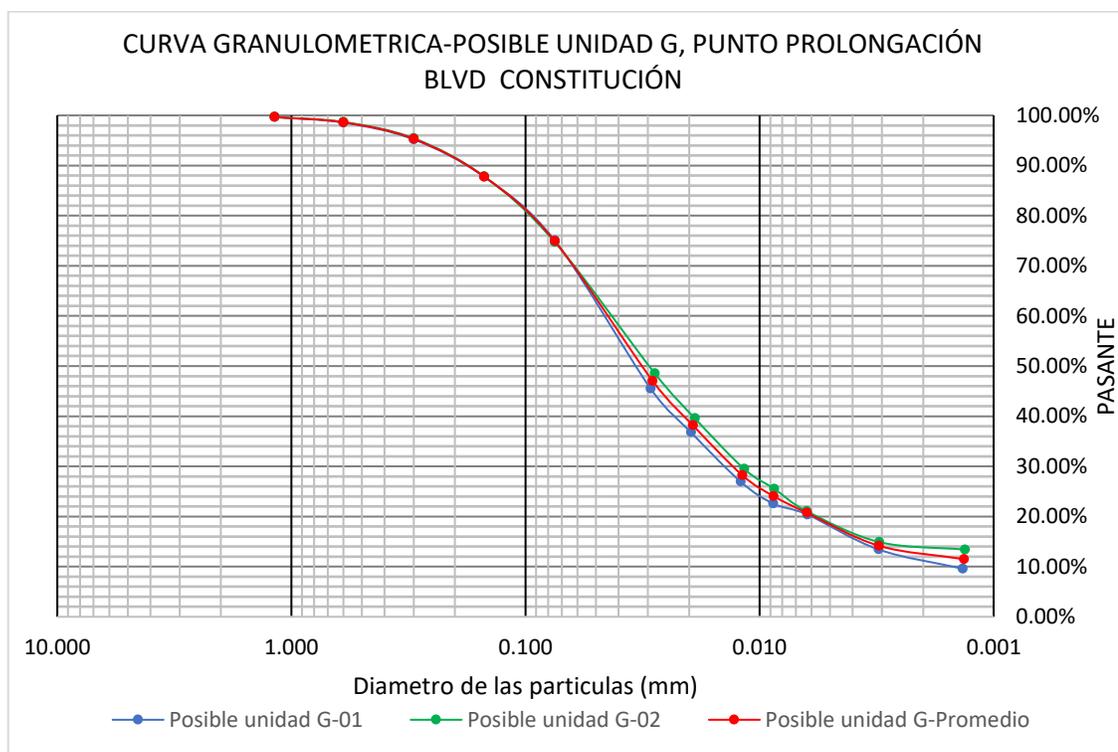


Figura No. 4.36: Curva granulométrica de posible unidad G, presente en el punto Prolongación Blvd Constitución.

Fuente: De los autores

4.6.4 PUNTO REDONDEL INTEGRACION

Se presentan los resultados de las propiedades físicas del Punto Redondel Integración (Ver Tabla No. 4.40 y No. 4.41), así como los resultados de los ensayos granulométricos (Ver Tablas desde la No. 4.42 a la 4.48), con sus respectivas curvas (Ver Figuras desde la No. 4.37 a la 4.43):

PUNTO REDONDEL INTEGRACIÓN												
	Posible unidad F			Posible Ignimbrita Beta			Posible Unidad E Seca Inferior			Posible unidad E Seca Superior		
Contenido de humedad (%)	4.81	5.33	7.18	6.02	5.990	6.03	1.08	1.11	1.13	1.50	1.47	1.47
Contenido humedad promedio (%)	5.77			6.01			1.11			1.48		
Gravedad Especifica (Gs)	2.46	2.47	2.57	2.49	2.52	2.5	2.39	2.41	2.42	2.41		
Gravedad Especifica promedio (Gs)	2.47			2.52			2.40			2.42		
Plasticidad	NP			NP			NP			NP		
Densidad de campo húmeda (g/cm ³)	1.30			1.36			1.57			1.57		
Densidad de campo seca (g/cm ³)	1.23			1.29			1.54			1.54		

Tabla No. 4.40 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Redondel Integración.

Fuente: De los autores

PUNTO REDONDEL INTEGRACION										
	Posible unidad E Húmeda			Posible Ignimbrita Alpha				Posible unidad D		
Contenido de humedad (%)	20.70	20.68	20.68	5.45	5.29	5.43	9.94	9.70	10.11	
Contenido humedad promedio (%)	20.69			5.39				9.92		
Gravedad Especifica (Gs)	2.53	2.55	2.44	2.43	2.4	2.49	2.41	2.42		
Gravedad Especifica promedio (Gs)	2.54			2.45				2.41		
Plasticidad	NP			NP				NP		
Densidad de campo húmeda (g/cm ³)	1.28			1.28				1.41		
Densidad de campo seca (g/cm ³)	1.25			1.21				1.29		

Tabla No. 4.41 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Redondel Integración.

Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD F					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/8"	9.500	100.00	9.500	100.00	9.500	100.00
No.4	4.750	99.54	4.750	99.65	4.750	99.60
No. 8	2.360	98.32	2.360	98.23	2.360	98.28
No. 10	2.000	97.78	2.000	97.73	2.000	97.76
No. 16	1.180	90.43	1.180	91.90	1.180	91.17
No. 30	0.600	87.09	0.600	86.68	0.600	86.89
No. 50	0.300	80.41	0.300	79.66	0.300	80.04
No. 100	0.150	69.82	0.150	70.11	0.150	69.97
No. 200	0.075	58.26	0.075	58.46	0.075	58.36
HIDROMETRÍA	0.03056	37.40	0.03056	38.50	0.03056	37.95
	0.01997	33.38	0.02006	33.32	0.02001	33.35
	0.01219	25.33	0.01209	27.11	0.01214	26.22
	0.00879	22.31	0.00879	22.97	0.00879	22.64
	0.00636	18.29	0.00637	18.08	0.00636	18.19
	0.00319	13.54	0.00318	14.97	0.00318	14.26
	0.00136	10.98	0.00135	12.34	0.00136	11.66
% Grava	0.46		0.35		0.40	
% Arena	41.28		41.19		41.24	
% Limo	44.72		43.49		44.10	
% Arcilla	13.54		14.97		14.26	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	ML					
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/8", 0.40% de grava, 41.24% de arena media a fina, 44.41% de limo, 14.26% de arcilla y con finos NP					

Tabla No 4.42: Resultados granulométricos de posible unidad F, presentes en el Punto Redondeo Integración.

Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGNIMBRITA BETA					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/8"	9.500	100.00	9.500	100.00	9.500	100.00
No.4	4.750	99.91	4.750	99.93	4.750	99.92
No. 8	2.360	99.53	2.360	98.26	2.360	98.90
No. 10	2.000	99.26	2.000	97.68	2.000	98.47
No. 16	1.180	93.41	1.180	95.62	1.180	94.52
No. 30	0.600	84.81	0.600	87.08	0.600	85.95
No. 50	0.300	69.66	0.300	71.94	0.300	70.80
No. 100	0.150	53.37	0.150	55.57	0.150	54.47
No. 200	0.075	39.97	0.075	42.35	0.075	41.16
HIDROMETRÍA	0.03290	13.63	0.03296	14.50	0.03293	14.07
	0.02135	11.01	0.02124	12.45	0.02129	11.73
	0.01255	9.04	0.01248	10.41	0.01251	9.73
	0.00901	7.41	0.00898	8.37	0.00900	7.89
	0.00646	6.10	0.00642	7.01	0.00644	6.56
	0.00323	4.24	0.00321	5.08	0.00322	4.66
	0.00137	3.23	0.00136	4.03	0.00136	3.63
% Grava	0.09		0.07		0.08	
% Arena	59.94		57.58		58.76	
% Limo	35.73		37.27		36.50	
% Arcilla	4.24		5.08		4.66	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	SM					
Clasificación (SUCS)	Arena Limosa, color café oscuro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/8", 0.08% de grava, 58.76% de arena media a fina, 36.50% de limo, 4.66% de arcilla y con finos NP					

Tabla No 4.43: Resultados granulométricos de posible unidad Beta, presentes en el Punto Redondeo Integración.

Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E HUMEDA					
	ENSAYO No. 3		ENSAYO No. 4		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
No. 10	2.000	100.00	2.000	100.00	2.000	100.00
No. 16	1.180	98.02	1.180	98.33	1.180	98.18
No. 30	0.600	88.56	0.600	89.46	0.600	89.01
No. 50	0.300	57.49	0.300	58.19	0.300	57.84
No. 100	0.150	35.89	0.150	35.97	0.150	35.93
No. 200	0.075	30.69	0.075	30.91	0.075	30.80
HIDROMETRÍA	0.03031	9.43	0.03161	8.09	0.03096	8.76
	0.01970	8.38	0.02051	7.04	0.02011	7.71
	0.01184	7.00	0.01218	5.98	0.01201	6.49
	0.00855	6.21	0.00871	5.45	0.00863	5.83
	0.00616	5.42	0.00633	4.40	0.00624	4.91
	0.00313	3.85	0.00317	3.34	0.00315	3.60
	0.00136	2.63	0.00195	2.11	0.00166	2.37
% Grava	0.00		0.00		0.00	
% Arena	69.31		69.09		69.20	
% Limo	26.84		27.57		27.20	
% Arcilla	3.85		3.34		3.60	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	8.50		8.86		8.68	
Cc	0.23		0.48		0.36	
Símbolo de grupo	SM					
Clasificación (SUCS)	Arena Limosa, color café oscuro, con TM 2 mm, 0.00% de grava, 69.21% de arena media a fina, 29.08% de limo, 1.72% de arcilla y con finos NP					

Tabla No 4.44 Resultados granulométricos de posible unidad E Húmeda, presentes en el Punto Redondel Integración.

Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E SECA INFERIOR					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 1		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	-	19.000	100.00	19.000	100.00
3/8"	9.500	100.00	9.500	99.98	9.500	99.99
No.4	4.750	99.29	4.750	98.87	4.750	99.08
No. 8	2.360	97.13	2.360	95.51	2.360	96.32
No. 10	2.000	96.01	2.000	94.37	2.000	95.19
No. 16	1.180	87.48	1.180	86.44	1.180	86.96
No. 30	0.600	55.35	0.600	54.68	0.600	55.02
No. 50	0.300	12.57	0.300	12.43	0.300	12.50
No. 100	0.150	3.52	0.150	3.43	0.150	3.48
No. 200	0.075	2.06	0.075	2.19	0.075	2.13
% Grava	0.71		1.13		0.92	
% Arena	97.23		96.68		96.95	
% Limo	2.06		2.19		2.13	
% Arcilla						
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	2.32		2.39		2.36	
Cc	0.97		0.94		0.96	
Símbolo de grupo	SW					
Clasificación (SUCS)	Arena Mal Graduada, color café claro, con TM 3/4", 0.92% de grava, 96.95% de arena media a fina y 2.13% de finos NP					

Tabla No 4.45 Resultados granulométricos de posible unidad E Seca Inferior, presentes en el Punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E SECA SUPERIOR					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 1		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	100.00	19.000	100.00	19.000	100.00
3/8"	9.500	99.66	9.500	99.88	9.500	99.77
No.4	4.750	99.14	4.750	99.49	4.750	99.32
No. 8	2.360	98.40	2.360	98.40	2.360	98.40
No. 10	2.000	98.00	2.000	98.00	2.000	98.00
No. 16	1.180	92.55	1.180	91.96	1.180	92.26
No. 30	0.600	75.76	0.600	68.86	0.600	72.31
No. 50	0.300	35.30	0.300	29.31	0.300	32.31
No. 100	0.150	7.06	0.150	5.88	0.150	6.47
No. 200	0.075	1.00	0.075	1.18	0.075	1.09
% Grava	0.86		0.51		0.68	
% Arena	98.14		98.31		98.23	
% Limo	1.00		1.18		1.09	
% Arcilla						
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	2.65		2.83		2.74	
Cc	0.95		1.05		1.00	
Símbolo de grupo	SW					
Clasificación (SUCS)	Arena Mal Graduada, color café claro, con TM 3/4", 0.68% de grava, 98.23% de arena media a fina y 1.09% de finos NP					

Tabla No 4.46 Resultados granulométricos de posible unidad E Seca Superior, presentes en el Punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGNIMBRITA ALPHA					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
No. 10	2.000	100.00	2.000	100.00	2.000	100.00
No. 16	1.180	96.47	1.180	93.59	1.180	95.03
No. 30	0.600	95.27	0.600	92.54	0.600	93.91
No. 50	0.300	92.41	0.300	89.56	0.300	90.99
No. 100	0.150	85.63	0.150	83.58	0.150	84.61
No. 200	0.075	75.24	0.075	72.69	0.075	73.97
HIDROMETRÍA	0.03035	47.34	0.02889	55.57	0.02962	51.46
	0.01981	42.26	0.01919	47.86	0.01950	45.06
	0.01193	34.63	0.01183	36.30	0.01188	35.47
	0.00864	29.55	0.00864	29.88	0.00864	29.72
	0.00629	23.20	0.00627	24.74	0.00628	23.97
	0.00320	16.89	0.00317	18.36	0.00318	17.63
	0.00137	12.02	0.00135	15.25	0.00136	13.64
% Grava	0.00		0.00		0.00	
% Arena	24.76		27.31		26.03	
% Limo	58.35		54.33		56.34	
% Arcilla	16.89		18.36		17.63	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	ML					
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm, 0.00% de grava, 26.03% de arena, 56.34% de limo, 17.63% de arcilla y con finos NP					

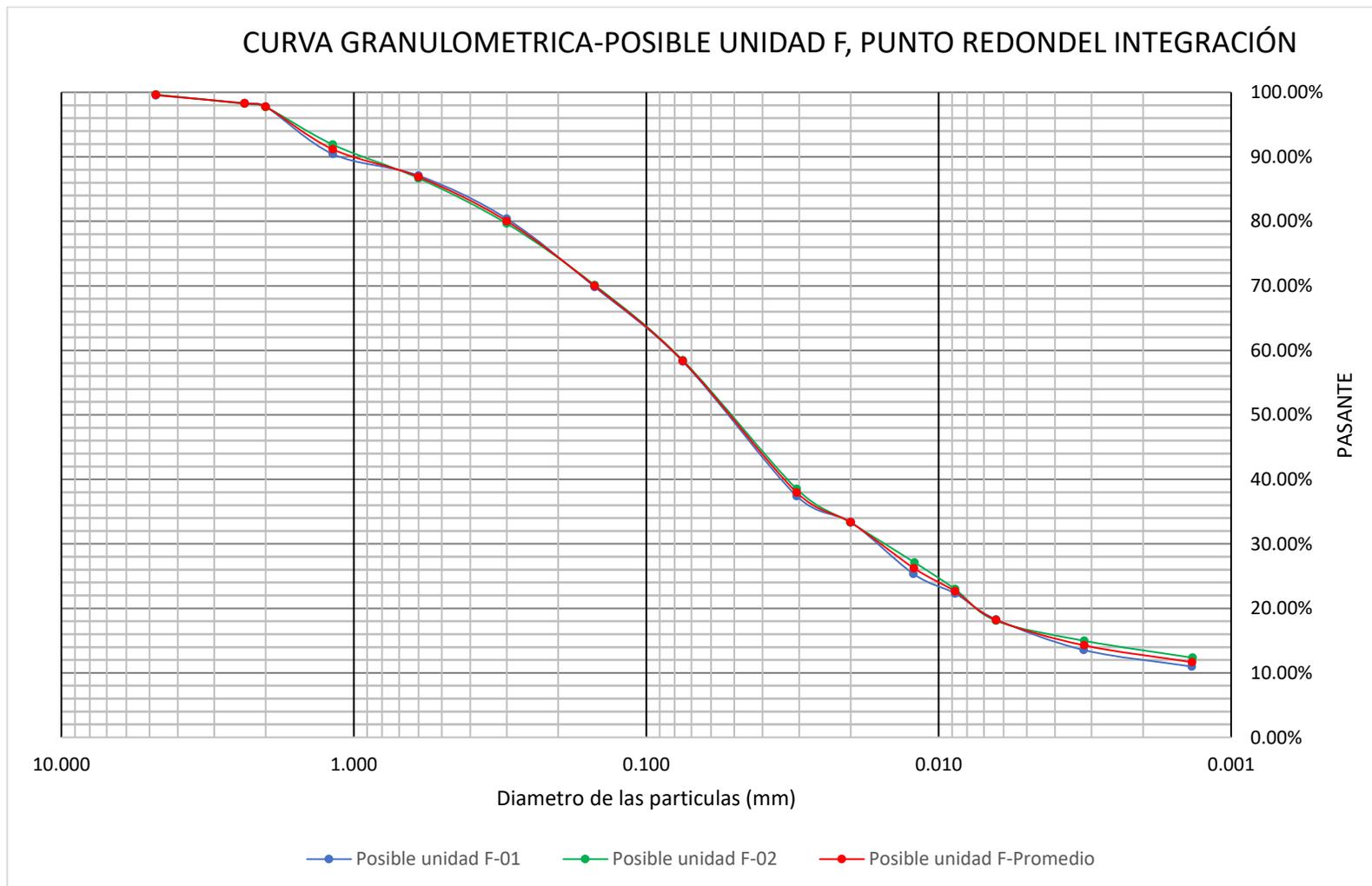
Tabla No 4.47 Resultados granulométricos de posible unidad Alpha, presentes en el Punto Redondeo Integración.

Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD D					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
No. 10	2.000	100.00	2.000	100.00	2.000	100.00
No. 16	1.180	91.48	1.180	88.69	1.180	90.09
No. 30	0.600	89.61	0.600	86.72	0.600	88.17
No. 50	0.300	85.30	0.300	82.36	0.300	83.83
No. 100	0.150	78.27	0.150	75.60	0.150	76.94
No. 200	0.075	67.92	0.075	64.62	0.075	66.27
HIDROMETRÍA	0.03150	41.58	0.03107	42.84	0.03129	42.21
	0.02047	36.72	0.02020	38.11	0.02033	37.42
	0.01232	29.42	0.01220	30.15	0.01226	29.79
	0.00883	26.11	0.00890	24.23	0.00887	25.17
	0.00637	22.46	0.00641	20.67	0.00639	21.57
	0.00323	16.04	0.00325	14.43	0.00324	15.24
	0.00138	11.17	0.00138	11.20	0.00138	11.19
% Grava	0.00		0.00		0.00	
% Arena	32.08		35.38		33.73	
% Limo	51.88		50.19		51.03	
% Arcilla	16.04		14.43		15.24	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	ML					
Clasificación (SUCS)	Limo Arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm, 0.00% de grava, 33.73% de arena, 51.03% de limo, 15.24% de arcilla y con finos NP					

Tabla No 4.48 Resultados granulométricos de posible unidad D, presentes en el Punto Redondeo Integración.

Fuente: De los autores



*Figura No. 4.37: Curva granulométrica de posible unidad F, presente en el punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.*

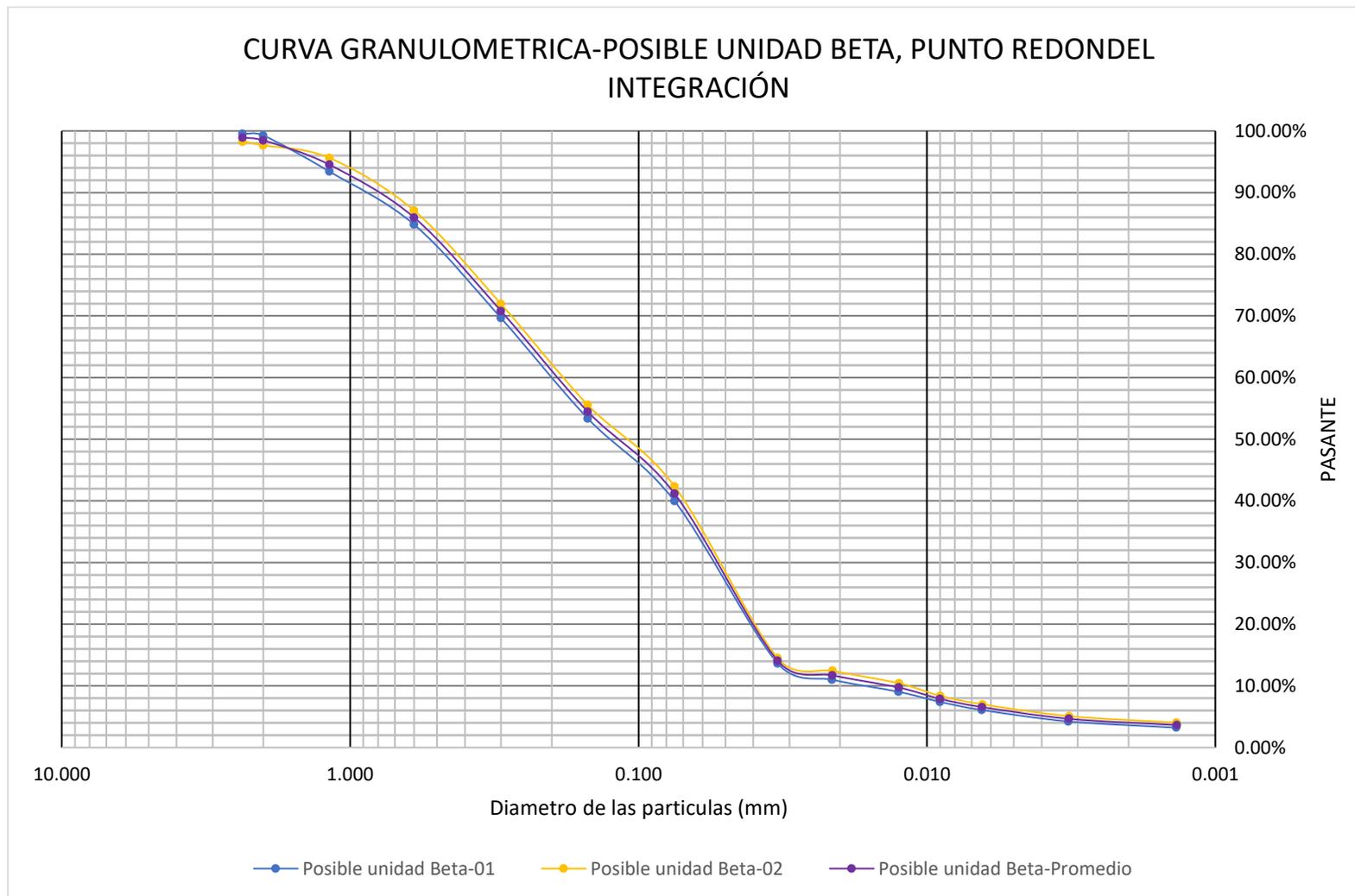


Figura No. 4.38: Curva granulométrica de posible unidad Ignimbrita Beta, presente en el punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.

CURVA GRANULOMETRICA-POSIBLE UNIDAD E HÚMEDA, PUNTO REDONDEL INTEGRACIÓN

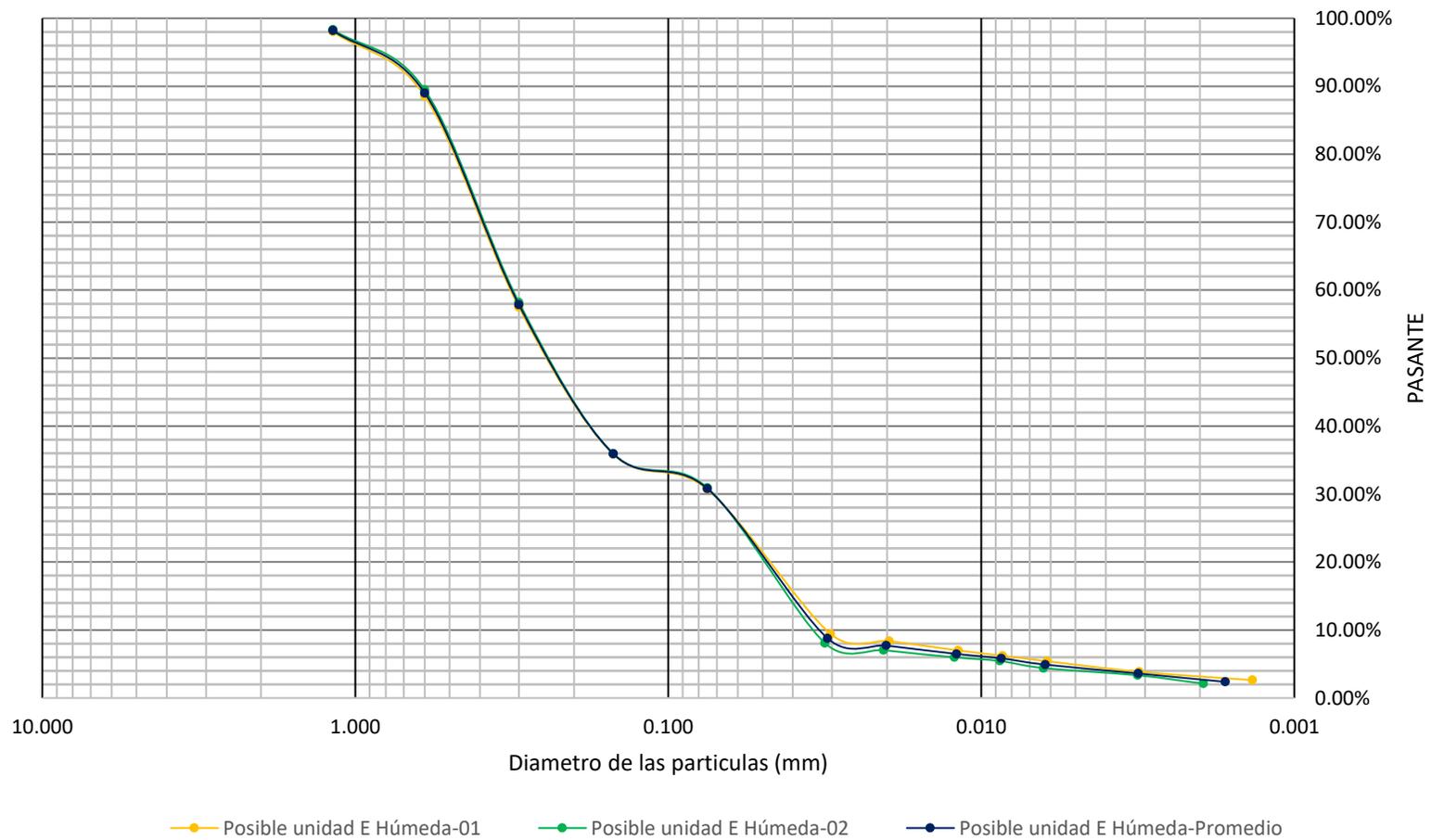


Figura No. 4.39: Curva granulométrica de posible unidad E Húmeda, presente en el punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.

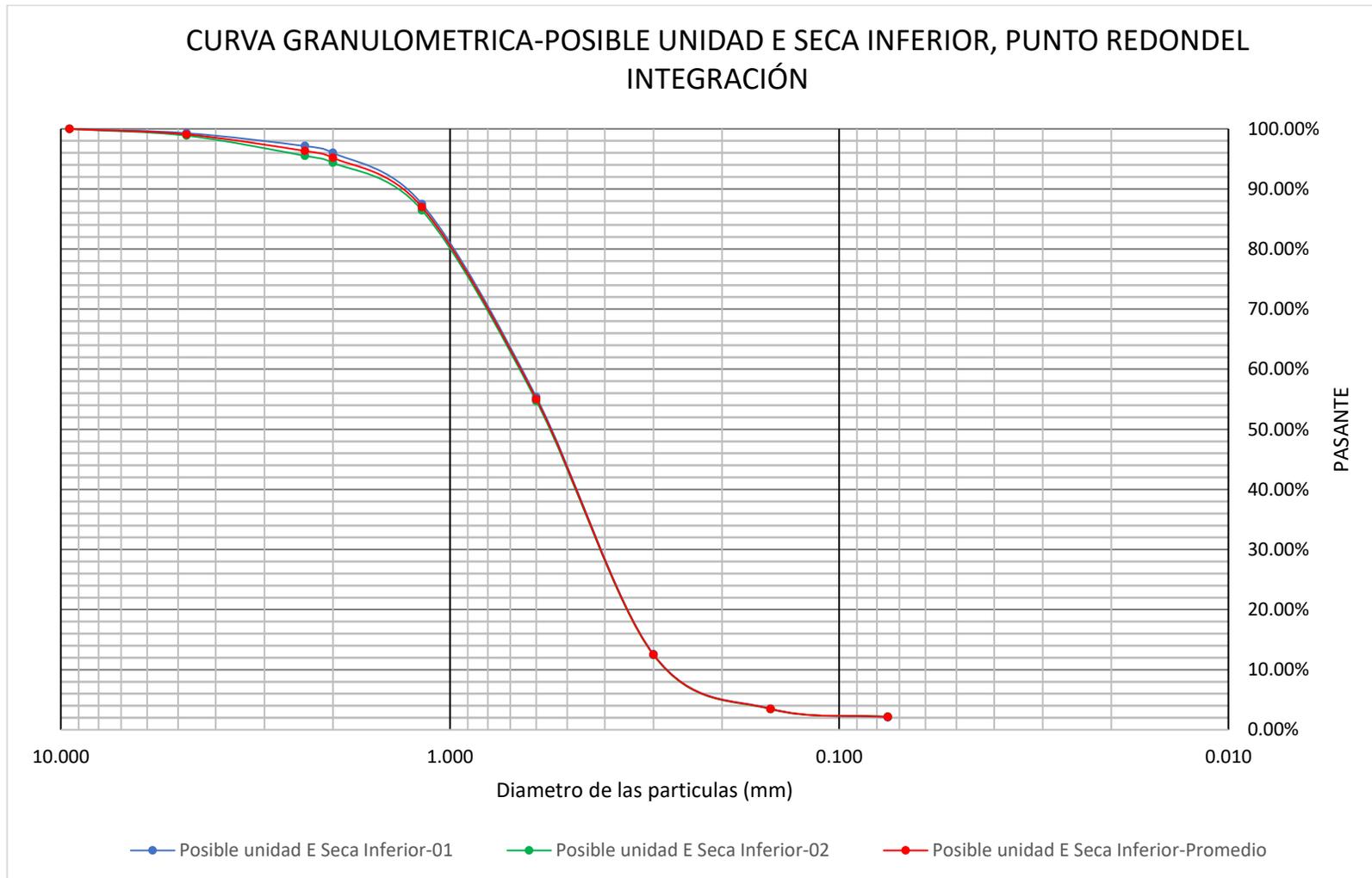


Figura No 4.40: Curva granulométrica de posible unidad E Seca Inferior, presente en el punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.

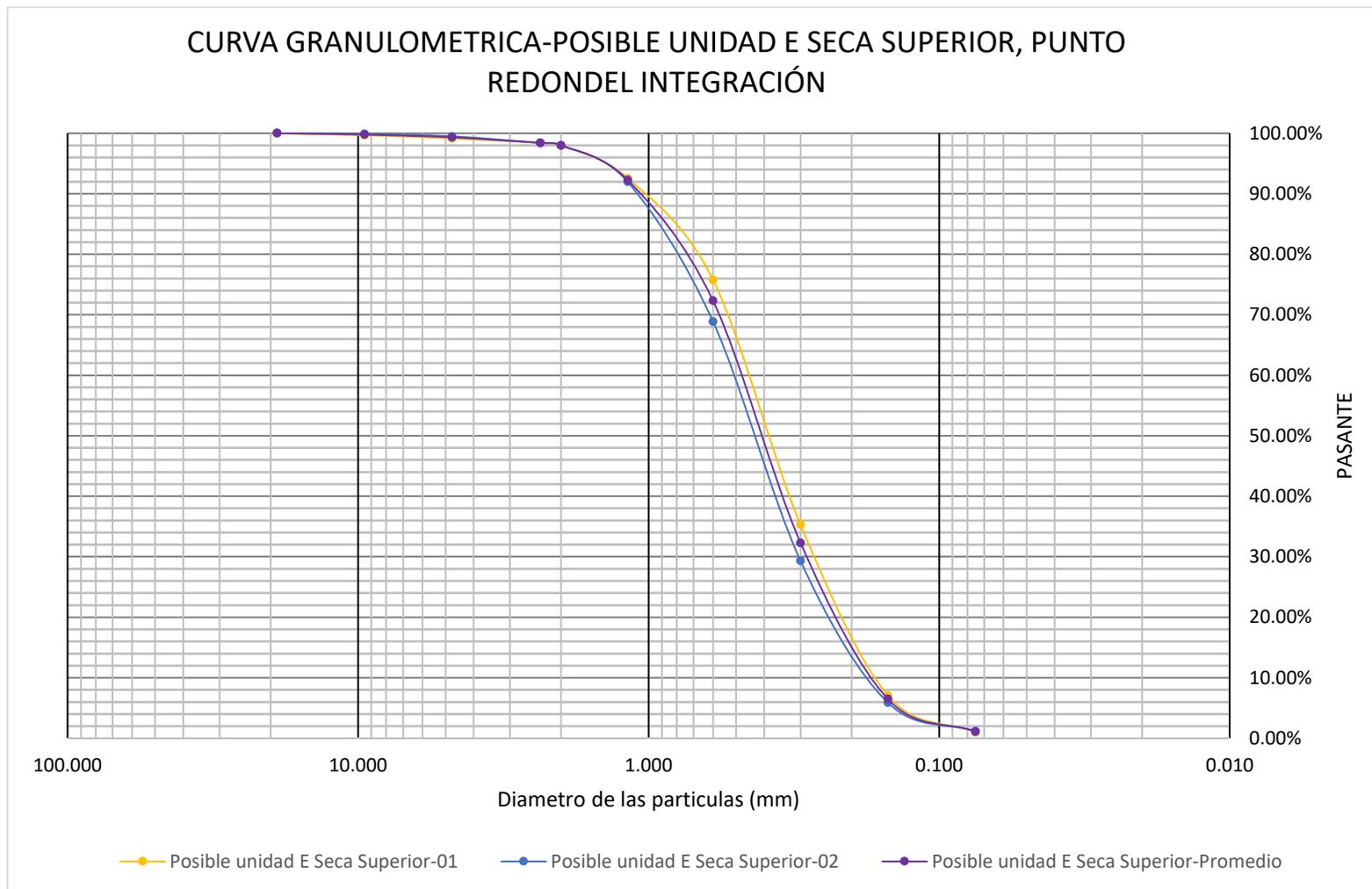


Figura No. 4.41: Curva granulométrica de posible unidad E Seca Superior presente en el punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.

CURVA GRANULOMETRICA-POSIBLE UNIDAD IGIMBRITA ALPHA, PUNTO REDONDEL INTEGRACIÓN

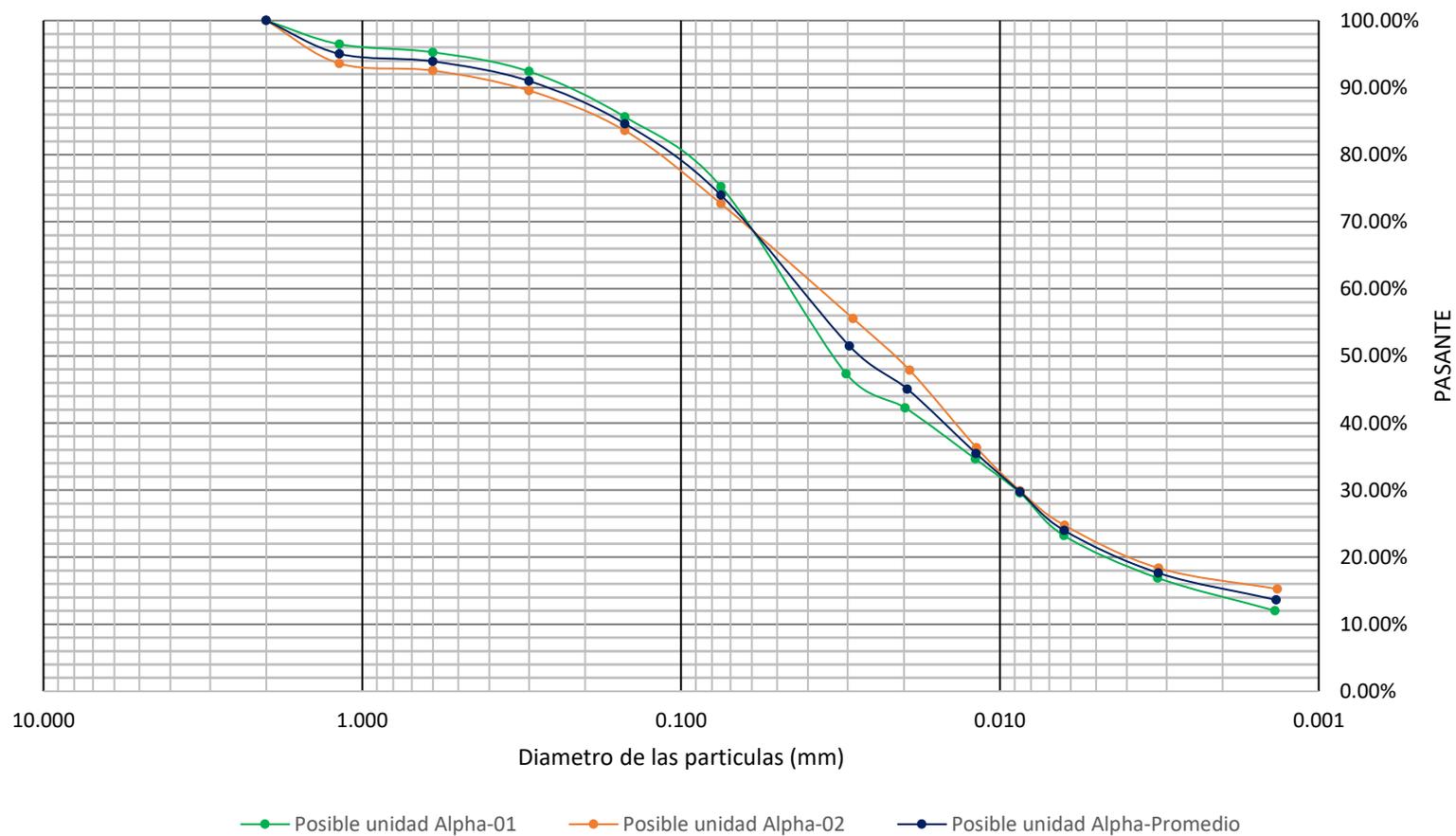


Figura No. 4.42: Curva granulométrica de posible unidad Ignimbrita Alpha, presente en el punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.

CURVA GRANULOMETRICA-POSIBLE UNIDAD D, PUNTO REDONDEL INTEGRACIÓN

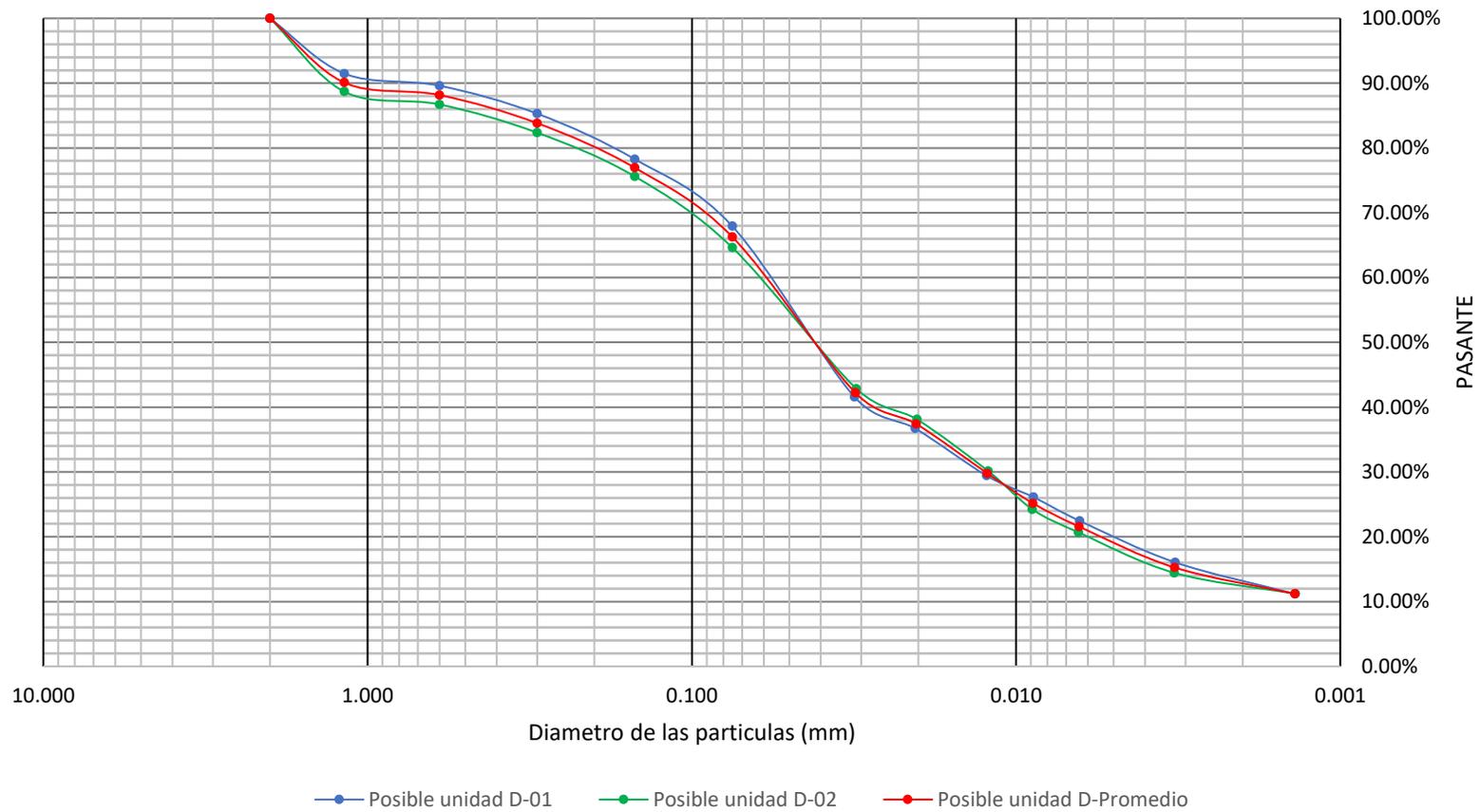


Figura No. 4.43: Curva granulométrica de posible unidad D, presente en el punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.

4.6.5 PUNTO ARENAL SECO

Se presentan los resultados de las propiedades físicas del punto Arenal Seco (Ver Tabla No. 4.49 y No. 4.50), así como los resultados de los ensayos granulométricos (Ver Tablas desde la No. 4.51 a la 4.55), con sus respectivas curvas (Ver Figuras desde la No. 4.44 a la 4.48):

PUNTO ARENAL SECO										
	Posible unidad F o Ignimbrita Beta			Posible unidad E Seca			Posible unidad E Húmeda			
Contenido de humedad (%)	24.11	25.58	24.79	9.53	8.26	8.34	19.06	20.48	19.84	
Contenido humedad promedio (%)	24.45			8.30			19.79			
Gravedad Especifica (Gs)	2.42	2.42		2.29	2.33		2.50	2.52	2.49	2.47
Gravedad Especifica promedio (Gs)	2.42			2.31			2.50			
Plasticidad	NP			NP			NP			
Densidad de campo húmeda (g/cm ³)	1.829 ⁵			-			-			
Densidad de campo seca (g/cm ³)	1.509 ⁵			-			-			

Tabla No. 4.49 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Arenal Seco.

Fuente: De los autores.

PUNTO ARENAL SECO						
	Posible Ignimbrita Alpha Rosada			Posible unidad Ignimbrita Alpha		
Contenido de humedad (%)	3.39	3.85	4.40	6.39	5.73	5.19
Contenido humedad promedio (%)	3.62			5.46		
Gravedad Especifica (Gs)	2.39	2.40		2.45	2.44	
Gravedad Especifica promedio (Gs)	2.39			2.44		
Plasticidad	NP			NP		
Densidad de campo húmeda (g/cm ³)	1.490 ⁵			1.490 ⁵		
Densidad de campo seca (g/cm ³)	1.389 ⁵			1.389 ⁵		

Tabla No 4.50 Resultados de las propiedades físicas de las unidades presentes en el Punto Arenal seco.

Fuente: De los autores.

⁵ Valores de densidad tomados del Trabajo Graduación "Determinación del índice, grado y potencial de colapso de la Tierra Blanca Joven en el área proximal y distal de la caldera volcánica de Ilopango", Evelyn Miranda (2019).

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD F O IGNIMBRITA BETA					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1"	25.000	100.00	25.000	100.00	25.000	100.00
1/2"	12.500	98.01	12.500	98.82	12.500	98.42
3/8"	9.500	96.74	9.500	97.17	9.500	96.96
No.4	4.750	91.46	4.750	90.67	4.750	91.07
No. 8	2.360	83.41	2.360	82.14	2.360	82.78
No. 10	2.000	81.29	2.000	79.94	2.000	80.62
No. 16	1.180	71.20	1.180	70.03	1.180	70.62
No. 30	0.600	61.95	0.600	61.16	0.600	61.56
No. 50	0.300	48.56	0.300	48.77	0.300	48.67
No. 100	0.150	35.80	0.150	37.22	0.150	36.51
No. 200	0.075	25.80	0.075	27.62	0.075	26.71
HIDROMETRÍA	0.03408	12.98	0.03408	14.16	0.03408	13.57
	0.02221	10.09	0.02221	11.01	0.02221	10.55
	0.01310	7.78	0.01310	8.49	0.01310	8.14
	0.00939	6.62	0.00939	7.23	0.00939	6.93
	0.00671	5.47	0.00671	5.97	0.00671	5.72
	0.00334	4.15	0.00334	4.53	0.00334	4.34
	0.00140	3.57	0.00140	3.90	0.00140	3.74
% Grava	8.54		9.33		8.93	
% Arena	65.66		63.05		64.36	
% Limo	21.65		23.09		22.37	
% Arcilla	4.15		4.53		4.34	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	SM					
Clasificación (SUCS)	Arena Limosa, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 1", 8.93% de grava, 64.36% de arena media a fina, 22.37% de limos, 4.34% de arcilla y finos NP					

Tabla No 4.51: Resultados granulométricos de posible unidad Beta, presente en el punto Arenal Seco.
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E HUMEDA					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1/2"	12.500	-	12.500	100.00	12.500	100.00
3/8"	9.500	100.00	9.500	99.77	9.500	99.89
No.4	4.750	99.25	4.750	99.15	4.750	99.20
No. 8	2.360	97.88	2.360	97.80	2.360	97.84
No. 10	2.000	97.21	2.000	97.14	2.000	97.18
No. 16	1.180	90.88	1.180	92.16	1.180	91.52
No. 30	0.600	79.88	0.600	80.57	0.600	80.23
No. 50	0.300	49.47	0.300	50.60	0.300	50.04
No. 100	0.150	27.55	0.150	28.70	0.150	28.13
No. 200	0.075	23.03	0.075	24.29	0.075	23.66
HIDROMETRÍA	0.03090	13.55	0.03121	13.30	0.03106	13.43
	0.02023	11.55	0.02035	11.66	0.02029	11.61
	0.01207	9.55	0.01223	9.20	0.01215	9.38
	0.00868	8.58	0.00875	8.39	0.00872	8.49
	0.00633	6.58	0.00636	6.63	0.00634	6.61
	0.00321	5.06	0.00323	5.08	0.00322	5.07
	0.00134	4.07	0.00135	3.76	0.00135	3.92
% Grava	0.75		0.85		0.80	
% Arena	76.22		74.86		75.54	
% Limo	17.97		19.21		18.59	
% Arcilla	5.06		5.08		5.07	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	26.00		25.33		25.67	
Cc	5.54		5.68		5.61	
Símbolo de grupo	SM					
Clasificación (SUCS)	Arena Limosa, color café oscuro, con TM 1/2", 0.80% de grava, 75.54% de arena media a fina, 18.59% de limo, 5.07% de arcilla y finos NP					

Tabla No 4.52 Resultados granulométricos de posible unidad E húmeda, presente en el punto Arenal Seco.

Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E SECA					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1"	25.000	100.00	25.000	100.00	25.000	100.00
3/4"	19.000	99.74	19.000	99.31	19.000	99.53
3/8"	9.500	96.11	12.500	95.84	11.000	95.98
No.4	4.750	89.56	4.750	89.00	4.750	89.28
No. 8	2.360	77.64	2.360	77.27	2.360	77.46
No. 10	2.000	73.48	2.000	72.94	2.000	73.21
No. 16	1.180	57.03	1.180	57.67	1.180	57.35
No. 30	0.600	28.17	0.600	29.85	0.600	29.01
No. 50	0.300	6.13	0.300	7.08	0.300	6.61
No. 100	0.150	1.61	0.150	2.06	0.150	1.84
No. 200	0.075	0.58	0.075	0.72	0.075	0.65
% Grava	10.44		11.00		10.72	
% Arena	88.98		88.28		88.63	
% Limo	0.58		0.72		0.65	
% Arcilla						
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	4.00		4.00		4.00	
Cc	0.81		0.73		0.77	
Símbolo de grupo	SP					
Clasificación (SUCS)	Arena Mal Graduada, color café claro, con TM 1", 10.72% de grava, 88.63% de arena media a fina, 0.65% de finos NP					

Tabla No. 4.53 Resultados granulométricos de posible unidad E seca, presente en el punto Arenal seco.
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGNIMBRITA ALPHA ROSADA					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1"	25.000	100.00	25.000	100.00	25.000	100.00
3/4"	19.000	99.30	19.000	99.69	19.000	99.50
3/8"	9.500	98.93	9.500	98.73	9.500	98.83
No.4	4.750	96.15	4.750	95.61	4.750	95.88
No. 8	2.360	90.15	2.360	89.53	2.360	89.84
No. 10	2.000	88.02	2.000	87.66	2.000	87.84
No. 16	1.180	82.08	1.180	82.54	1.180	82.31
No. 30	0.600	68.91	0.600	68.60	0.600	68.76
No. 50	0.300	50.35	0.300	51.36	0.300	50.86
No. 100	0.150	34.81	0.150	36.10	0.150	35.46
No. 200	0.075	22.31	0.075	23.60	0.075	22.96
HIDROMETRÍA	0.03638	4.65	0.03593	5.54	0.03616	5.10
	0.02309	4.24	0.02309	4.50	0.02309	4.37
	0.01355	3.03	0.01351	3.64	0.01353	3.34
	0.00970	2.51	0.00964	3.09	0.00967	2.80
	0.00692	1.99	0.00686	2.66	0.00689	2.33
	0.00345	1.38	0.00343	1.90	0.00344	1.64
	0.00144	1.08	0.00143	1.57	0.00143	1.33
% Grava	3.85		4.39		4.12	
% Arena	73.84		72.01		72.92	
% Limo	20.93		21.70		21.32	
% Arcilla	1.38		1.90		1.64	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	SM					
Clasificación (SUCS)	Arena Limosa, color rosado tenue, presencia de fragmentos de pómez con TM 1", 4.12% de grava, 72.92% de arena, 21.32% de limo, 1.64% de arcilla y finos NP					

Tabla No. 4.54 Resultados granulométricos de posible unidad Alpha, presente en el punto Arenal seco.
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGNIMBRITA ALPHA					
	ENSAYO No. 1		ENSAYO No. 2		PROMEDIO	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1"	25.000	100.00	25.000	100.00	25.000	100.00
3/4"	19.000	99.83	19.000	98.84	19.000	99.34
3/8"	9.500	99.32	9.500	98.21	9.500	98.77
No.4	4.750	94.96	4.750	94.12	4.750	94.54
No. 8	2.360	86.07	2.360	86.46	2.360	86.27
No. 10	2.000	83.59	2.000	83.70	2.000	83.65
No. 16	1.180	78.11	1.180	77.37	1.180	77.74
No. 30	0.600	63.48	0.600	61.60	0.600	62.54
No. 50	0.300	45.19	0.300	43.19	0.300	44.19
No. 100	0.150	29.91	0.150	28.08	0.150	29.00
No. 200	0.075	18.94	0.075	17.62	0.075	18.28
HIDROMETRÍA	0.03576	5.39	0.03531	5.57	0.03553	5.48
	0.02314	4.17	0.02273	4.51	0.02293	4.34
	0.01340	3.80	0.01329	4.02	0.01334	3.91
	0.00943	3.90	0.00943	3.67	0.00943	3.79
	0.00675	3.42	0.00671	3.32	0.00673	3.37
	0.00334	2.68	0.00335	2.78	0.00334	2.73
	0.00140	2.58	0.00139	2.78	0.00140	2.68
% Grava	5.04		5.88		5.46	
% Arena	76.02		76.50		76.26	
% Limo	16.26		14.84		15.55	
% Arcilla	2.68		2.78		2.73	
Total	100.00		100.00		100.00	
Cu	NA		NA		NA	
Cc	NA		NA		NA	
Símbolo de grupo	SM					
Clasificación (SUCS)	Arena Limosa, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 1" 5.46% de grava, 76.26% de arena, 15.55% de limo, 2.73% de arcilla y finos NP					

Tabla No. 4.55 Resultados granulométricos de posible unidad Alpha, presente en el punto Arenal Seco.
Fuente: De los autores.

**CURVA GRANULOMETRICA-POSIBLE UNIDAD F O IGIMBRITA BETA, PUNTO
ARENAL SECO**

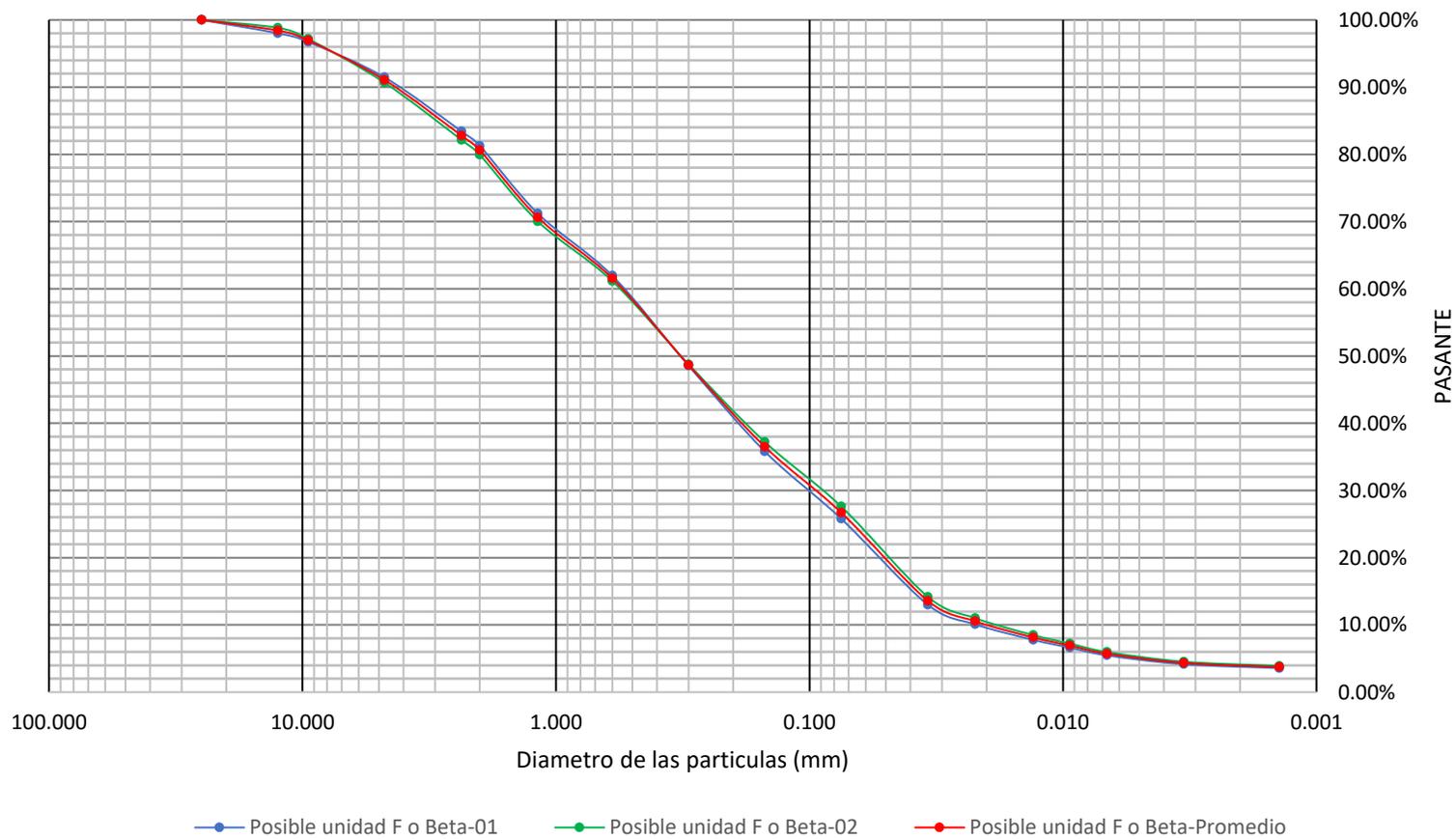
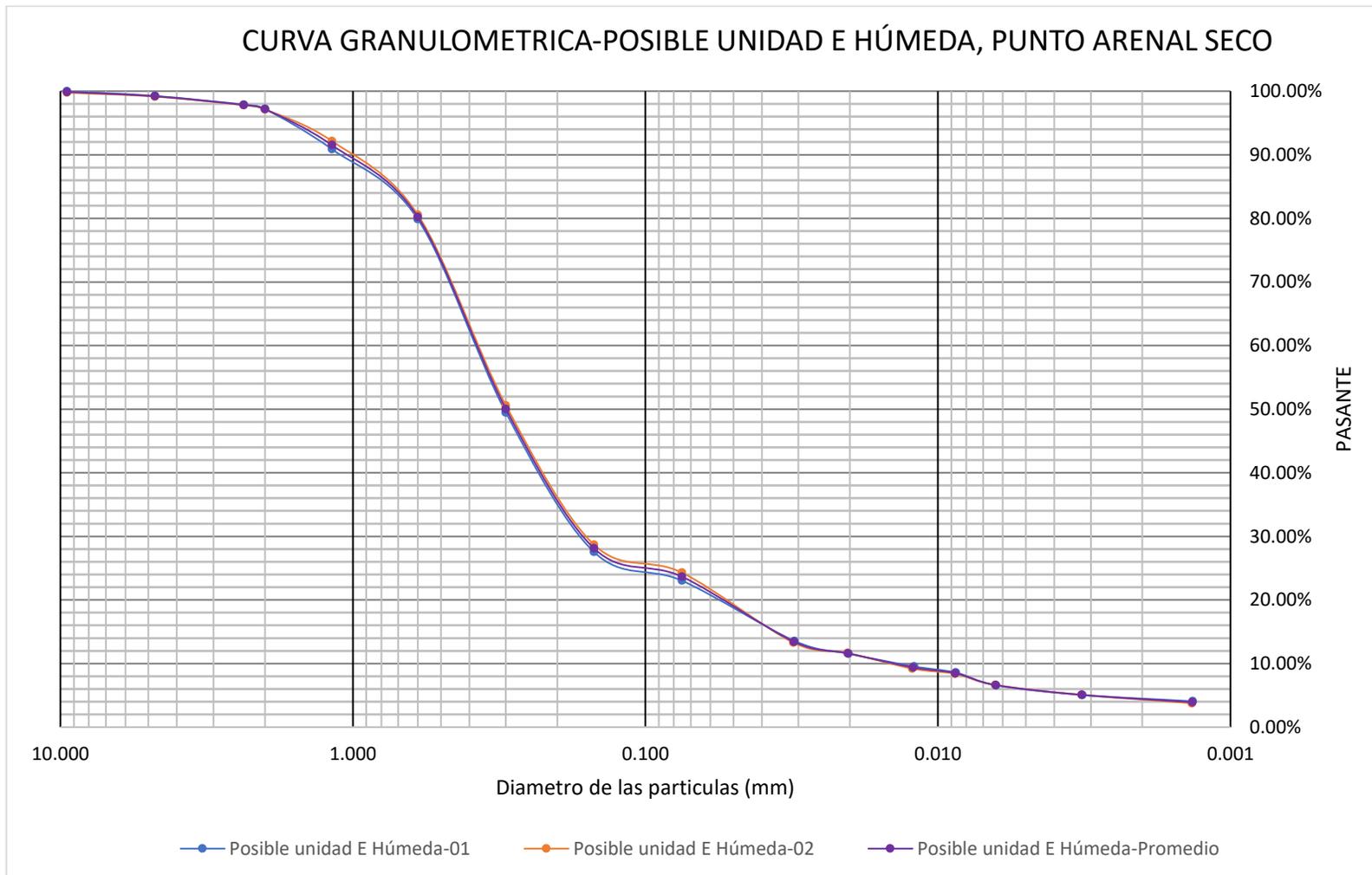
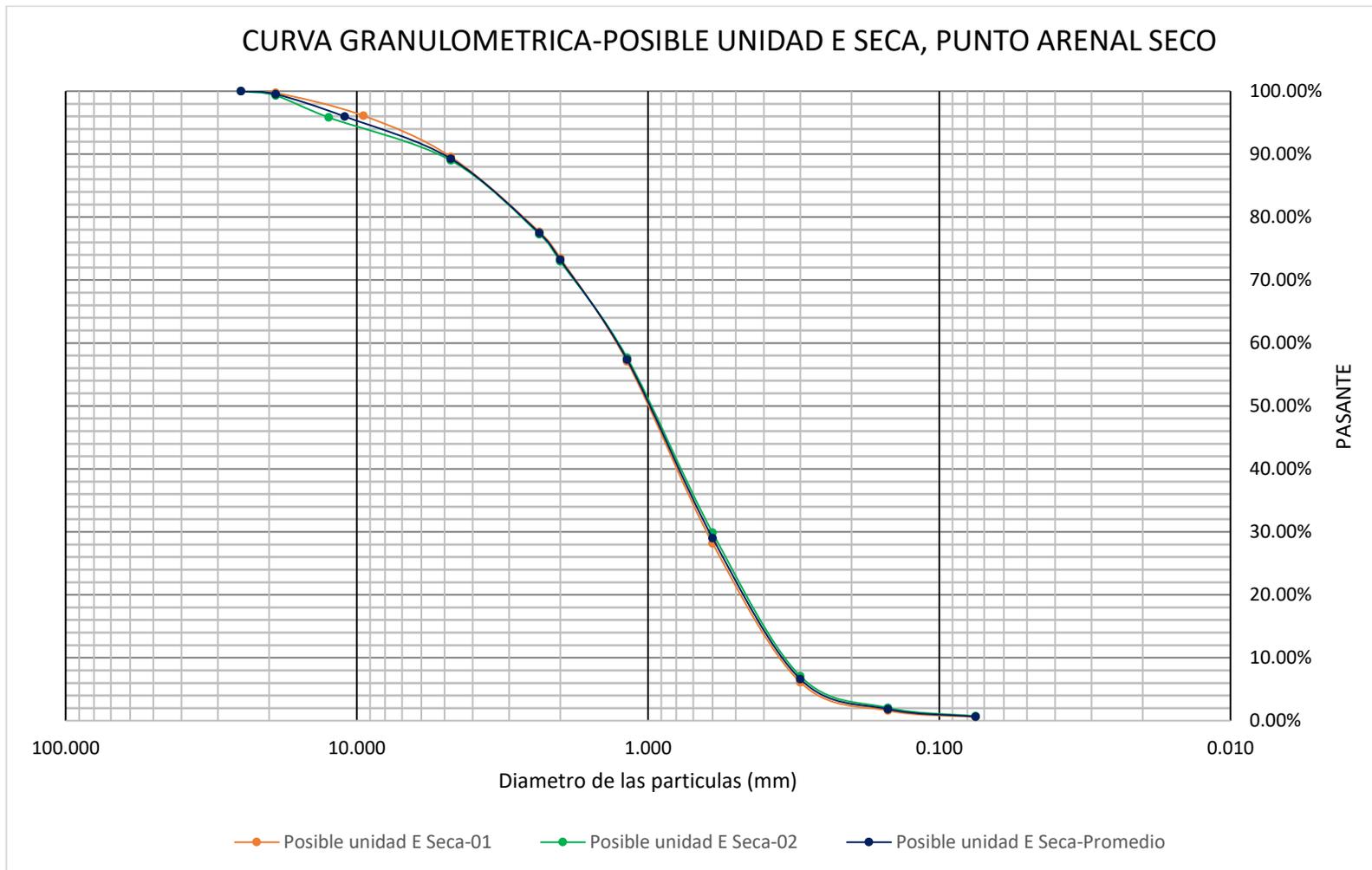


Figura No 4.44: Curva granulométrica de posible unidad F o Ignimbrita Beta, presente en el punto Arenal Seco.
Fuente: De los autores.



*Figura No 4.45: Curva granulométrica de posible unidad E Húmeda, presente en el punto Arenal Seco.
Fuente: De los autores.*



*Figura No 4.46: Curva granulométrica de posible unidad E seca, presente en el punto Arenal Seco.
Fuente: De los autores.*

CURVA GRANULOMETRICA-POSIBLE UNIDAD IGIMBRITA ALPHA ROSADA, PUNTO ARENAL SECO

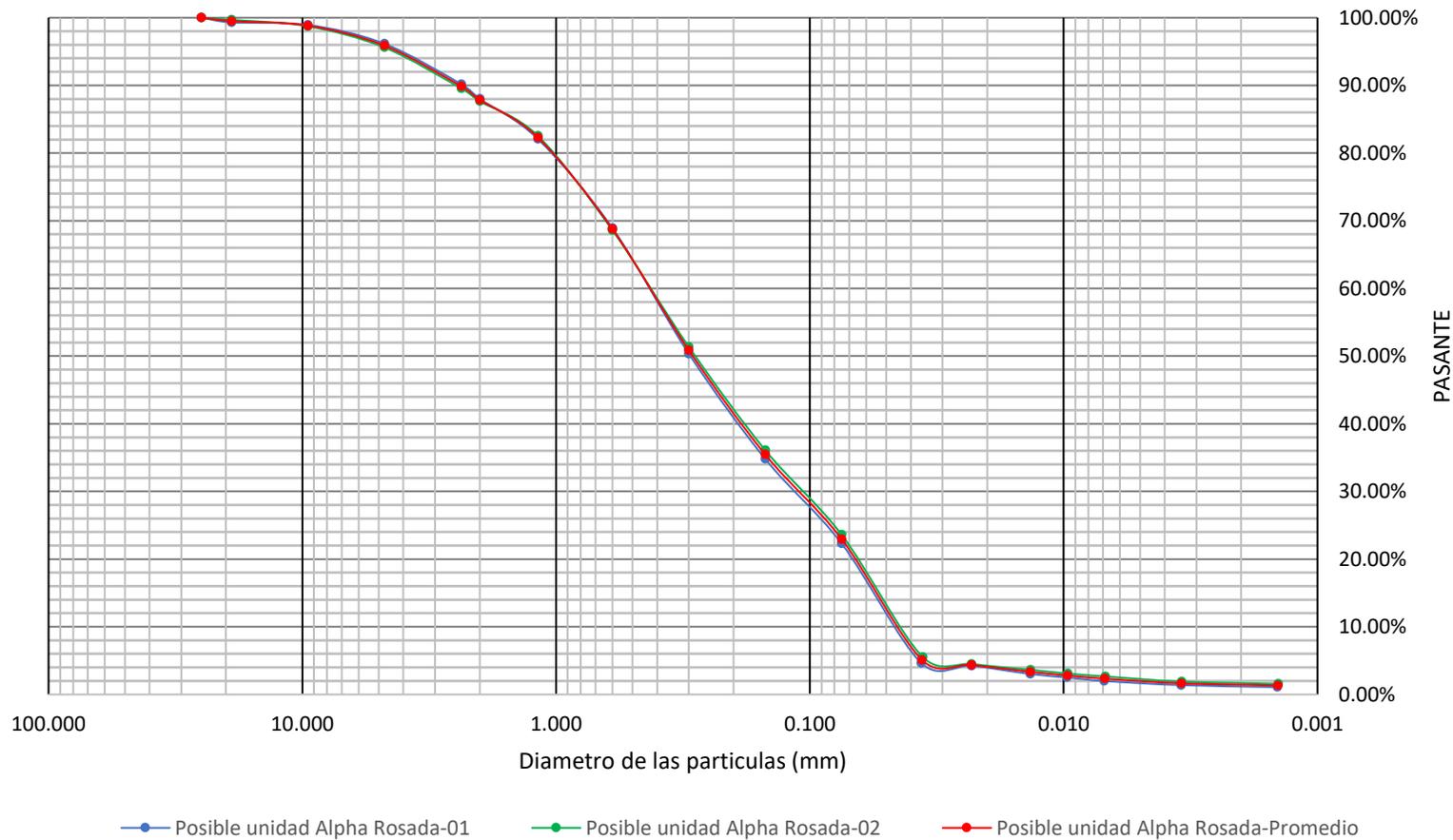


Figura No. 4.47: Curva granulométrica de posible unidad Ignimbrita Alpha Rosada, presente en el punto Arenal Seco.
Fuente: De los autores.

CURVA GRANULOMETRICA-POSIBLE UNIDAD IGIMBRITA ALPHA, PUNTO ARENAL SECO

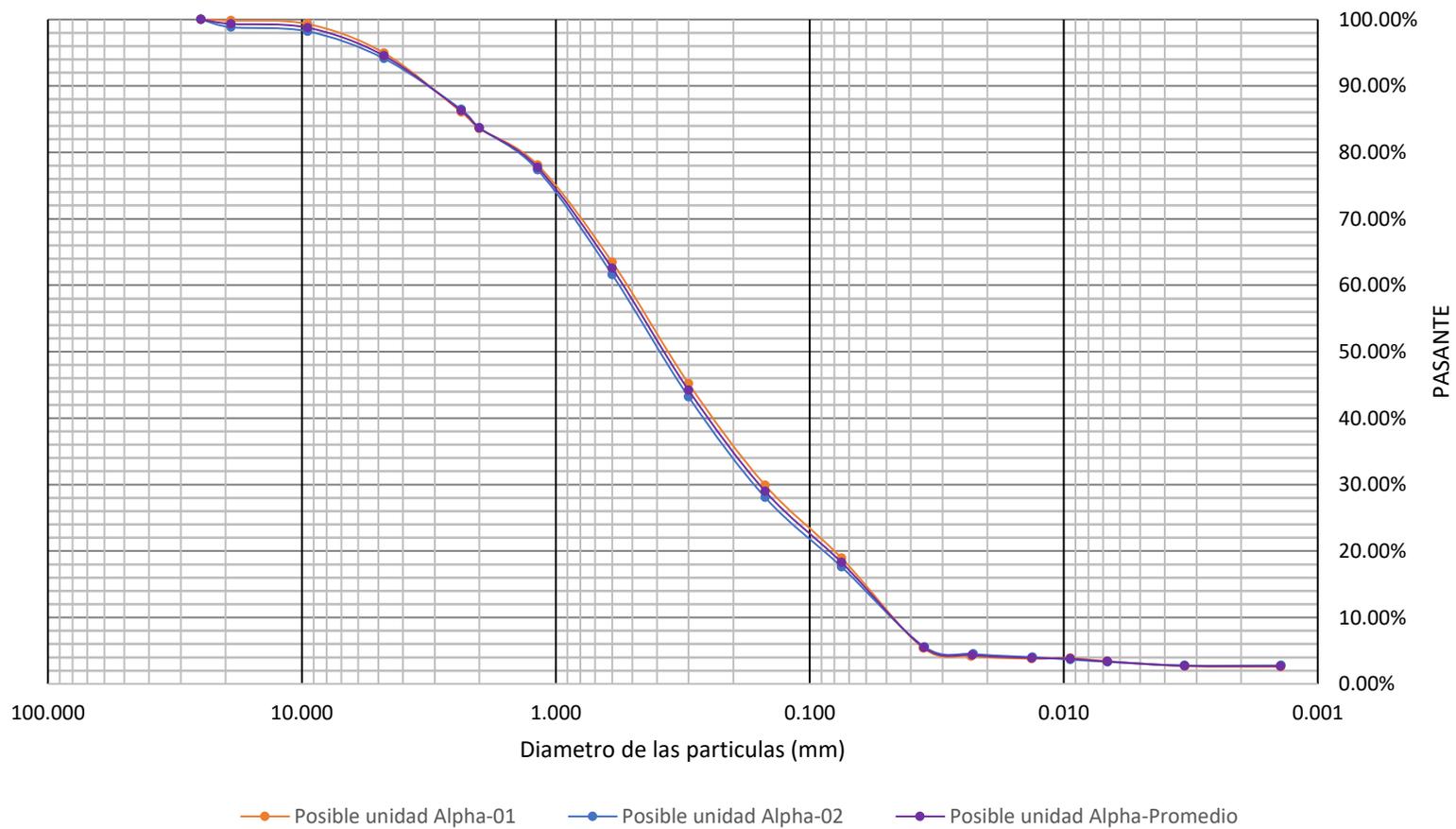


Figura No 4.48: Curva granulométrica de posible unidad Ignimbrita Alpha, presente en el punto Arenal Seco.
Fuente: De los autores.



CAPITULO No.5: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

5.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se muestra en detalle el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio de las propiedades físicas de las diferentes unidades de Tierra Blanca Joven (TBJ).

Con el propósito de definir las unidades presentes en cada punto estudiado y verificar si tienen correspondencia con las unidades supuestas en el capítulo anterior, iniciamos el capítulo realizando comparaciones de los resultados granulométricos obtenidos en los diversos puntos muestreados siendo estos los denominados Prolongación Blvd Constitución en la zona distal, Padre Arrupe y La Universidad de El Salvador dentro de la zona media y Arenal Seco dentro de la zona proximal, con las curvas granulométricas obtenidas por las investigaciones de los autores Bautista et al (2016), Gómez (2018) y Miranda et al (2019 a la fecha).

Posteriormente, se realizó un resumen de las propiedades físicas de las diferentes unidades de TBJ presentes en cada punto en estudio, analizándolas con base en los aspectos geológicos que presentan.

Finalmente, se determinó la caracterización de las propiedades físicas de las diferentes unidades de TBJ dentro de la zona de estudio, verificando el comportamiento de las propiedades físicas en los puntos estudiados respecto a su distancia al foco de emisión, realizado a partir del análisis comparativo entre

nuestros resultados y los resultados de ensayos de laboratorio de los autores antes mencionados.

5.2. ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Para realizar el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio de las propiedades físicas de las diferentes unidades de TBJ realizados en el capítulo IV, en primer lugar, se efectúa de forma ordenada y detallada una comparación de los resultados granulométricos obtenidos por autoría propia con los de otros autores.

Posteriormente, se realiza un resumen de las propiedades físicas de las diferentes unidades de TBJ, analizándolas con base a los aspectos geológicos que presentan.

5.2.1 COMPARACION DE RESULTADOS GRANULOMETRICOS CON CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DE LAS UNIDADES DE TBJ OBTENIDAS EN INVESTIGACIONES PREVIAS, PARA LA IDENTIFICACION DE LAS UNIDADES DE ESTUDIO.

Con el propósito de identificar de forma definitiva las unidades de TBJ presentes en cada punto estudiado y que correspondan a las unidades supuestas, se compararon los valores promedio de los resultados granulométricos obtenidos para cada una de las unidades estudiadas en esta investigación con las características granulométricas obtenidas previamente por los siguientes autores:

- Bautista et al (2016)
- Gómez (2018)

- Miranda et al (2019 a la fecha).

Las consideraciones que se tomaron para comparar los resultados con las investigaciones anteriormente mencionadas fueron las siguientes:

- La misma zona de muestreo.
- Extracción de muestras del mismo talud, o al más cercano.
- Las características físicas de los materiales identificadas in situ.

A continuación, se realizará el análisis para la identificación de las unidades, comenzando con los puntos distales y finalizando con los puntos proximales según el siguiente detalle en la Tabla No. 5.1.

ZONA DISTAL		
PUNTO	UBICACIÓN	CANTIDAD DE UNIDADES ANALIZADAS
Prolongación Blvd. Constitución	Prolongación Blvd. Constitución	1
Redondel Integración	Redondel Integración	5
ZONA INTERMEDIA		
PUNTO	UBICACIÓN	CANTIDAD DE UNIDADES ANALIZADAS
UES	Universidad de El Salvador, San Salvador	2
Padre Arrupe	Padre Arrupe, Carretera de Oro, Apopa	7
ZONA PROXIMAL		
PUNTO	UBICACIÓN	CANTIDAD DE UNIDADES ANALIZADAS
Arenal Seco Punto 4	Arenal Seco, Ilopango	3

*Tabla No. 5.1 Puntos analizados por zona.
Fuente: De los autores.*

5.2.1.1 Punto Prolongación Blvd. Constitución

Para la identificación de las diferentes unidades en este punto, se realizó el siguiente análisis:

- Posible unidad G se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (G Arrupe I⁶) y Miranda (MA-11⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.2.

⁶ Los resultados de ensayos granulométricos de esta investigación se reportan con el nombre de los taludes en estudio con los diferentes autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD G		G ARRUPE I ⁶		MA-11 ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA		UNIDAD G MIRANDA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	-	19.000	100.00	19.000	-
3/8"	9.500	-	9.500	99.57	9.500	-
No.4	4.750	-	4.750	99.20	4.750	-
No. 8	2.360	-	2.360	98.69	2.360	100.00
No. 10	2.000	100.00	2.000	98.54	2.000	99.22
No. 16	1.180	99.67	1.180	97.87	1.180	98.54
No. 30	0.600	98.62	0.600	97.14	0.600	96.87
No. 50	0.300	95.32	0.300	94.76	0.300	93.81
No. 100	0.150	87.78	0.150	91.07	0.150	88.71
No. 200	0.075	74.91	0.075	84.91	0.075	80.21
HIDROMETRÍA	0.02862	47.03	0.02633	60.60	0.02633	61.14
	0.01925	38.17	0.01824	50.88	0.01824	49.83
	0.01184	28.21	0.01177	37.40	0.01177	33.67
	0.00870	24.05	0.00878	29.46	0.00878	26.44
	0.00627	20.72	0.00641	23.53	0.00641	19.21
	0.00309	14.16	0.00324	15.27	0.00324	10.87
	0.00134	11.49	0.00142	11.33	0.00142	4.28

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona distal al foco de emisión, no se tiene información de puntos cercanos a este o dentro de la misma zona, sin embargo, por su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad G, por lo que se procedió a su comparación con los resultados granulométricos de Bautista (G Arrupe I) y de Miranda (MA-11), que corresponden a puntos medios al foco de emisión (Ver Figura No. 5.1), de estos, se pudo analizar lo siguiente:

- Que al comparar los resultados para la posible unidad G, con las curvas granulométricas de los autores Bautista y Miranda, existe una gran similitud entre los límites de la parte gruesa, siendo la curva posible unidad G un poco más gruesa que la de los autores, desde los tamaños 0.30 mm hasta 0.15 mm.
- Sin embargo, en los puntos medios de la curva, en relación a las curvas de Bautista y Miranda, se observa una diferencia marcada, ya que esta presenta una granulometría más gruesa, que va de los rangos de tamaños desde 0.15 al 0.0086 mm.
- Para la fracción fina existe una mayor similitud con el estudio de Bautista siendo la curva posible unidad G un poco más fina desde los tamaños 0.0086 mm hasta 0.0013 mm.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible unidad G" del punto Prolongación Blvd Constitución se clasifica como "Unidad G".

Tabla No. 5.2: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad G, en el punto Prolongación Blvd Constitución con resultados de investigaciones de los autores Miranda y Bautista.

Fuente: De los autores.

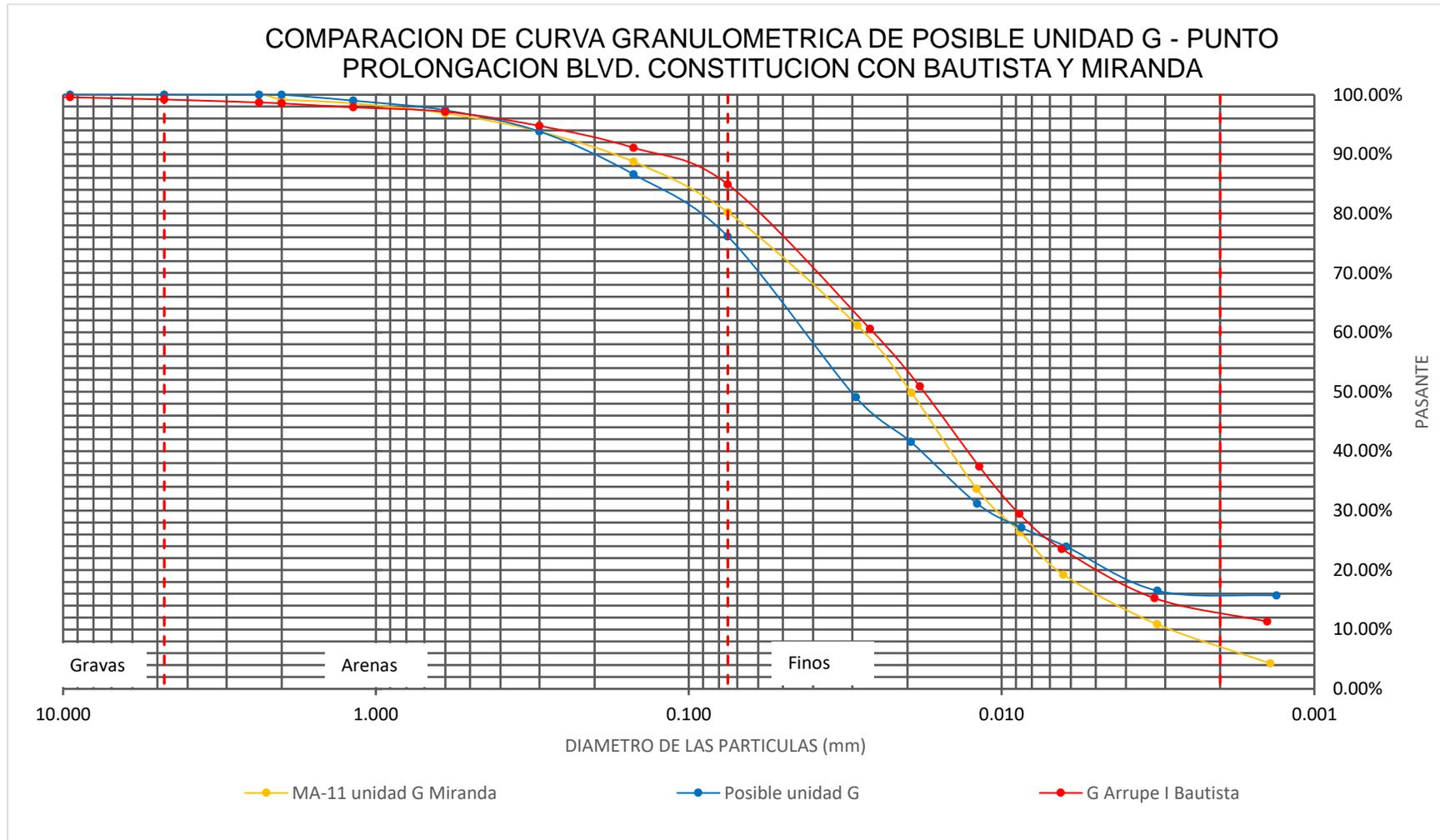


Figura No. 5.1: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad G, punto Prolongación Blvd Constitución con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.
 Fuente: De los autores.

5.2.1.2 Punto Redondel Integración

Para la identificación de las diferentes unidades en este punto, se realizó el siguiente análisis:

- Posible unidad F se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (F Arrupe I⁶) y Miranda (MA-8⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.3.
- Posible unidad Ignimbrita Beta se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (F Arrupe I⁶) y Gómez (Unidad Beta⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.4.
- Posible unidad E Húmeda se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (E Húmeda Arrupe I⁶ y E Seca Arrupe I⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.5.
- Posible unidad E Seca Inferior se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (E Seca Arrupe I⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.6.

- Posible unidad E Seca Superior se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (E Seca Arrupe I⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.7.
- Posible unidad Ignimbrita Alpha se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (Alpha Arrupe I⁶ y D Arrupe I⁶) y Miranda (MA-1⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.8.
- Posible unidad D se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (D Arrupe I⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.9.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD F		MA-8 ⁶		F ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		UNIDAD F MIRANDA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1 1/2"	37.500	-	37.500	100.00	37.500	-
1"	25.000	-	25.000	99.91	25.000	-
3/4"	19.000	-	19.000	99.91	19.000	-
1/2"	12.700	-	12.700	99.52	12.700	100.00
3/8"	9.500	100.00	9.500	99.08	9.500	98.65
No.4	4.750	99.60	4.750	96.05	4.750	95.88
No. 8	2.360	98.28	2.000	88.40	2.360	90.98
No. 10	2.000	97.76	1.180	83.78	2.000	89.95
No. 16	1.180	91.17	0.600	74.44	1.180	85.85
No. 30	0.600	86.89	0.300	60.77	0.600	77.84
No. 50	0.300	80.04	0.150	47.32	0.300	65.97
No. 100	0.150	69.97	0.075	35.74	0.150	54.19
No. 200	0.075	58.36	0.032	28.76	0.075	44.70
HIDROMETRÍA	0.03056	37.95	0.03161	28.76	0.03337	16.97
	0.02001	33.35	0.02095	23.71	0.02187	14.06
	0.01214	26.22	0.01274	17.83	0.01308	11.15
	0.00879	22.64	0.00920	14.90	0.00945	9.11
	0.00636	18.19	0.00670	11.12	0.00677	7.46
	0.00318	14.26	0.00339	6.17	0.00338	5.24
	0.00136	11.66	0.00146	2.54	0.00147	3.09

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona distal al foco de emisión, no se tiene información de puntos cercanos a este o dentro de la misma zona, sin embargo, por su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad G, por lo que se comparó con los resultados granulométricos de Bautista (F Arrupe I) y de Miranda (MA-8), que corresponden a puntos medios al foco de emisión (Ver Figura No. 5.2), pudiéndose analizar lo siguiente:

- Que al comparar los resultados para la posible unidad F, con las curvas granulométricas de los autores Miranda y Bautista, existe una tendencia muy similar en las curvas, no obstante, nuestros resultados presentan una granulometría más fina desde el tamaño 9.5 mm, lo que se puede atribuir a su ubicación en relación al foco de emisión (distante).

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad F" del punto Redondel Integración se identificaría como "**Unidad F**", con una granulometría más fina.

Tabla No. 5.3: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad F, en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.

Fuente: De los autores.

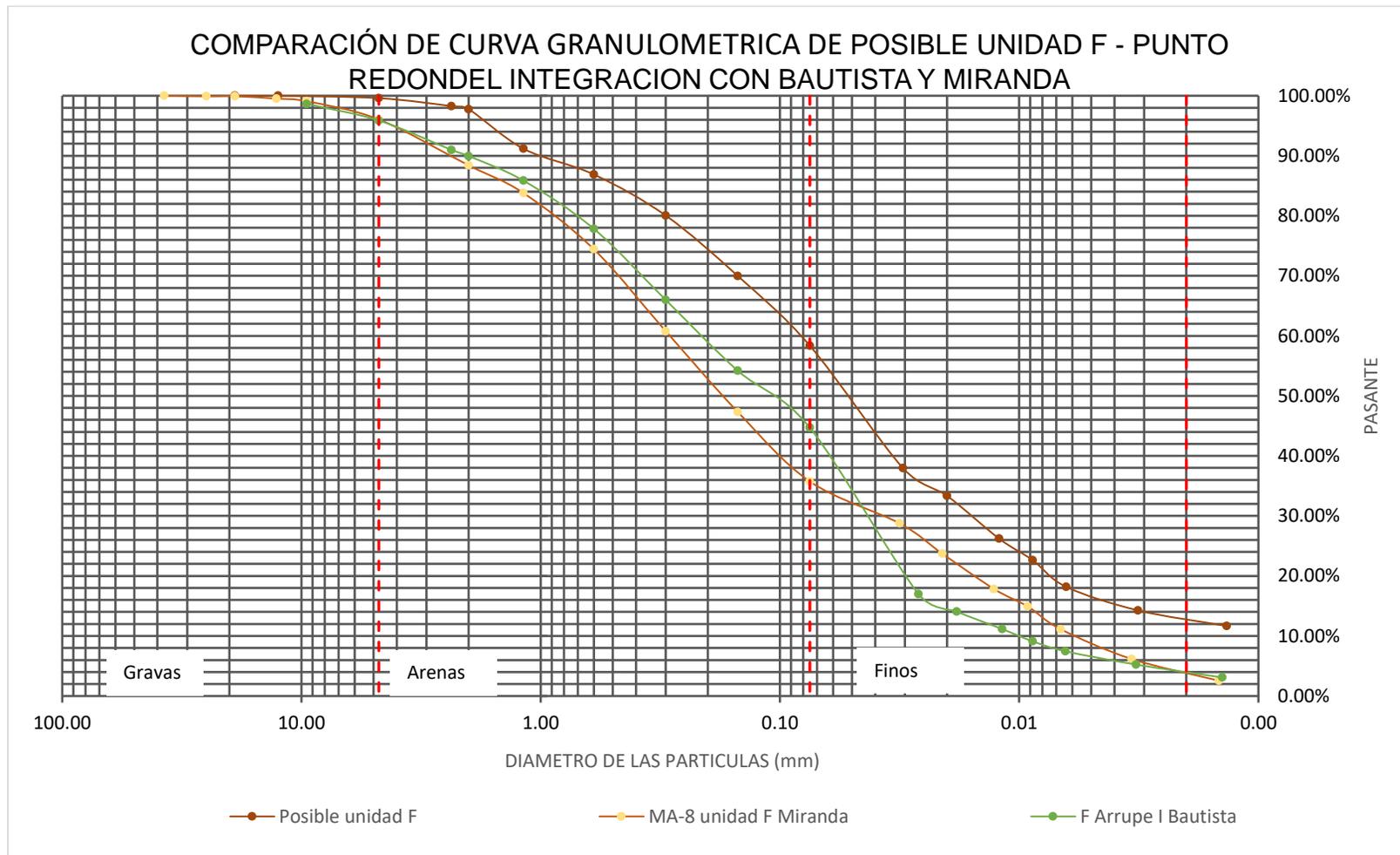


Figura No. 5.2: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad F, punto Redondeo Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.
 Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGNI MBRITA BETA		UNIDAD BETA ⁶		F ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		GÓMEZ		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	-	19.000	-	19.000	100.00
3/8"	9.500	100.00	9.500	100.00	9.500	98.65
No.4	4.750	99.92	4.750	99.90	4.750	95.88
No. 8	2.360	98.90	2.360	99.50	2.360	90.98
No. 10	2.000	98.47	2.000	99.10	2.000	89.95
No. 16	1.180	94.52	1.180	98.50	1.180	85.85
No. 30	0.600	85.95	0.600	92.10	0.600	77.84
No. 50	0.300	70.80	0.300	73.10	0.300	65.97
No. 100	0.150	54.47	0.100	56.20	0.150	54.19
No. 200	0.075	41.16	0.075	49.60	0.075	44.70
HIDROMETRÍA	0.03293	14.07	0.03401	18.60	0.03337	16.97
	0.02129	11.73	0.02177	16.50	0.02187	14.06
	0.01251	9.73	0.01282	13.30	0.01308	11.15
	0.00900	7.89	0.00924	10.10	0.00945	9.11
	0.00644	6.56	0.00664	7.00	0.00677	7.46
	0.00322	4.66	0.00332	3.80	0.00338	5.24
	0.00136	3.63	0.00139	2.80	0.00147	3.09

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona distal al foco de emisión, no se tiene información de puntos cercanos a este o dentro de la misma zona, sin embargo, por su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad Ignimbrita Beta, por lo que se comparó con los resultados granulométricos de Bautista (F Arrupe I) que corresponde a un punto medio al foco de emisión y de Gómez (Unidad Beta) que corresponde a un punto más cercano al foco (Aeropuerto de Ilopango), (Ver Figura No. 5.3), pudiéndose analizar lo siguiente:

- Que al comparar los resultados para la posible unidad Ignimbrita Beta, con la curva granulométrica de Gómez (Unidad Beta), notamos que existe una gran similitud a lo largo de toda la curva, tanto en la fracción gruesa como fina. Para los tamaños 0.075 mm y mayores se observa una tendencia más gruesa en el punto Integración y se mantiene así hasta los tamaños 0.006 mm; en la transición entre limos y arcillas se puede notar que la curva del punto Integración es más fina levemente respecto a la unidad Beta presentada por Gómez.
- Sin embargo, al comparar la posible unidad Ignimbrita Beta con el punto de Bautista (F Arrupe I), solamente existe una mayor coincidencia en la fracción fina que va de los rangos de tamaños desde 0.075 al 0.002 mm, en la fracción gruesa la granulometría de Bautista tiende a ser un poco más gruesa que la curva de la posible unidad Beta en el punto Integración, es decir los tamaños de partículas mayores a 0.15 mm como arena media y gruesas en la unidad se encuentran en menor cantidad.

Por todo lo anterior, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad Ignimbrita Beta" del punto Redondel Integración se clasifica en definitivo como "Unidad Ignimbrita Beta". y como se observa en la Figura No.5.3 la tendencia en la curva granulométrica es muy parecida a la granulometría de Gómez, con la diferencia que esta última posee tendencia más fina.

Tabla No. 5.4: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Beta, en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Gómez.

Fuente: De los autores.

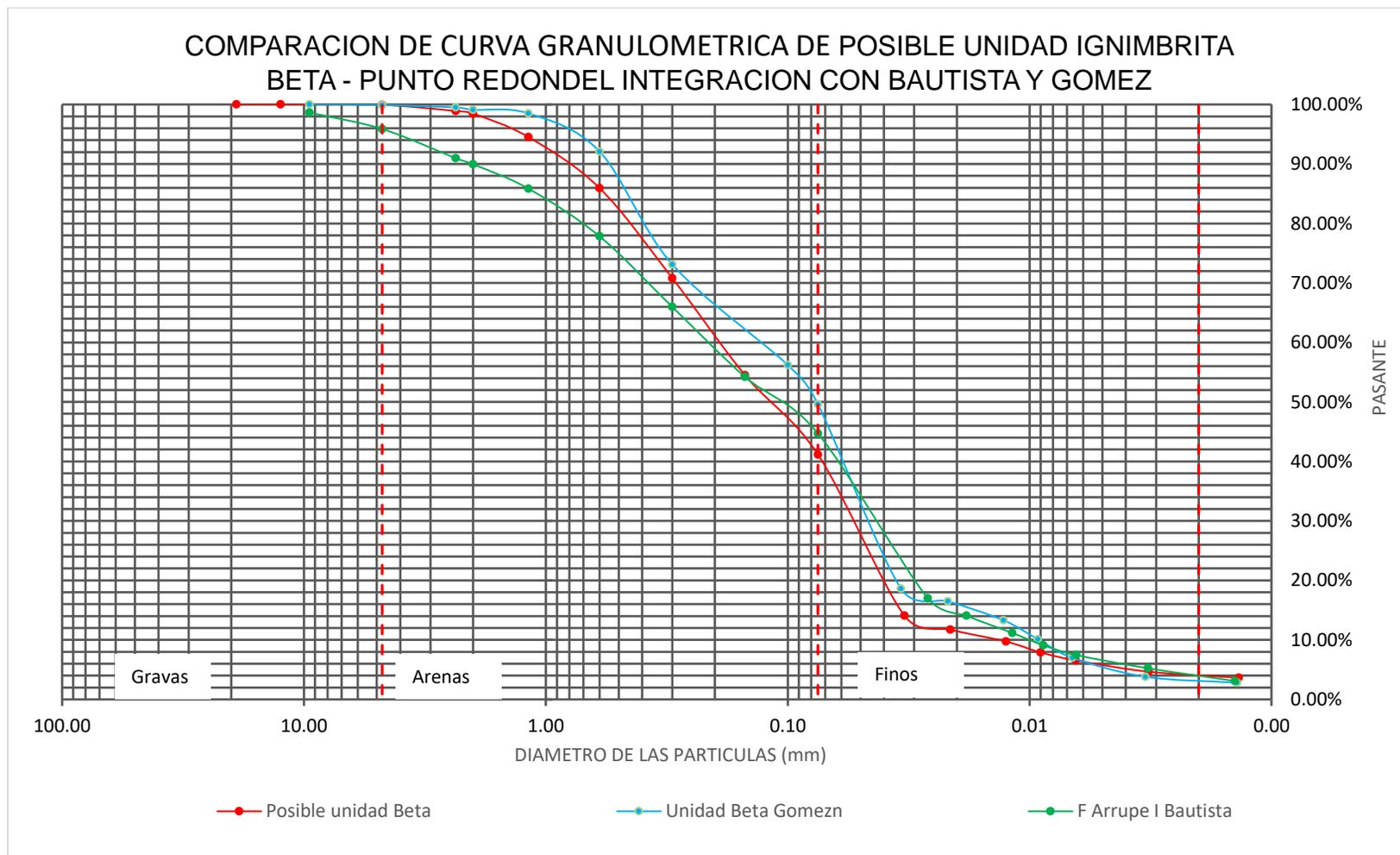


Figura No. 5.3: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad Ignimbrita Beta, punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Gómez.

Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E HUMEDA		E HUMEDA ARRUPE I ⁶		E SECA ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	-	19.000	-	19.000	100.00
3/8"	9.500	-	9.500	100.00	9.500	99.69
No.4	4.750	-	4.750	99.96	4.750	97.08
No. 8	2.360	-	2.360	99.60	2.360	86.15
No. 10	2.000	100.00	2.000	99.39	2.000	82.31
No. 16	1.180	98.18	1.180	98.30	1.180	64.56
No. 30	0.600	89.01	0.600	93.33	0.600	35.42
No. 50	0.300	57.84	0.300	77.01	0.300	11.44
No. 100	0.150	35.93	0.150	58.52	0.150	7.36
No. 200	0.075	30.80	0.075	50.07	0.075	6.79
HIDROMETRÍA	0.03096	8.76	0.03034	23.49	-	-
	0.02011	7.71	0.01984	20.68	-	-
	0.01201	6.49	0.01192	17.25	-	-
	0.00863	5.83	0.00870	14.44	-	-
	0.00624	4.91	0.00631	11.94	-	-
	0.00315	3.60	0.00319	7.79	-	-
	0.00166	2.37	0.00138	5.49	-	-

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona distal al foco de emisión, no se tiene información de puntos cercanos a este o dentro de la misma zona, sin embargo, por su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad E Húmeda, por lo que se comparó con los resultados granulométricos de Bautista: E Húmeda Arrupe I y E Seca Arrupe I, que corresponden a puntos medios al foco de emisión (Ver Figura No. 5.4), pudiéndose analizar lo siguiente:

- Que al comparar los resultados para la posible unidad E Húmeda, con la curva granulométrica de Bautista: E Húmeda Arrupe I y E Seca Arrupe I, notamos que existe una gran similitud a lo largo de toda la curva con la muestra E Húmeda Arrupe I, tanto en la fracción gruesa como fina, con la diferencia que a pesar de que guarda la misma tendencia la muestra es más gruesa que la presentada por Bautista.

Por todo lo anterior, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad E húmeda" del punto Redondel Integración se clasifica en definitivo como "**Unidad E Húmeda**". Con una granulometría más gruesa que la E Húmeda de Bautista.

Tabla No. 5.5: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Húmeda, en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista.

Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E SECA INFERIOR		E SECA ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	100.00	19.000	100.00
3/8"	9.500	99.99	9.500	99.69
No.4	4.750	99.08	4.750	97.08
No. 8	2.360	96.32	2.360	86.15
No. 10	2.000	95.19	2.000	82.31
No. 16	1.180	86.96	1.180	64.56
No. 30	0.600	55.02	0.600	35.42
No. 50	0.300	12.50	0.300	11.44
No. 100	0.150	3.48	0.150	7.36
No. 200	0.075	2.13	0.075	6.79

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona distal al foco de emisión, no se tiene información de puntos cercanos a este o dentro de la misma zona, sin embargo, por su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad E Seca, por lo que se comparó con los resultados granulométricos de Bautista (E Seca Arrupe I), que corresponde a un punto medio al foco de emisión (Ver Figura No. 5.5), pudiéndose analizar lo siguiente:

- Que al comparar los resultados para la posible unidad E Seca Inferior, con la curva granulométrica de Bautista (E Seca Arrupe I), notamos que existe una gran similitud en la tendencia a lo largo de toda la curva, sobre todo en la fracción gruesa en los tamaños comprendidos entre los rangos de 9.5 al 0.3 mm, con la diferencia que a pesar de que guarda la misma tendencia la muestra posible unidad E Seca Inferior es más fina que la presentada por Bautista, lo que se puede atribuir a su ubicación en relación al foco de emisión (distante).
- Sin embargo, en los rangos de tamaños comprendidos entre 0.3 al 0.075 mm, se observa una diferencia en la curva de la muestra posible unidad E Seca Inferior siendo está más gruesa que la de Bautista (E Seca Arrupe I).

Por todo lo anterior, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad E Seca Inferior" del punto Redondel Integración se clasifica en definitivo como "**Unidad E Seca Inferior**". Con una granulometría más gruesa que la E Seca de Bautista

Tabla No. 5.6: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Seca (Inferior), en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista.

Fuente: De los autores.

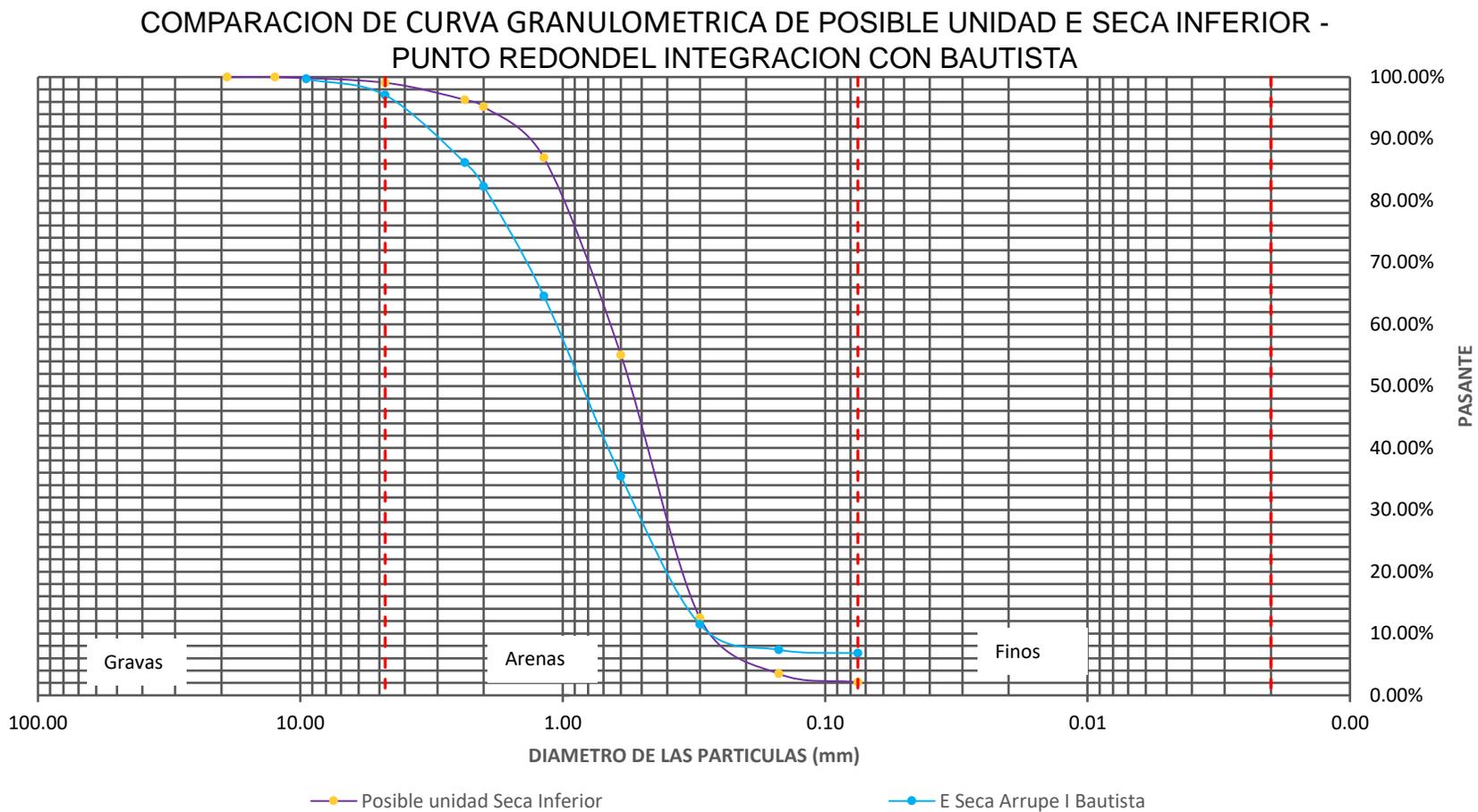


Figura No. 5.5: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad E Seca (Inferior), punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista.
 Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E SECA SUPERIOR		E SECA ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	100.00	19.000	100.00
3/8"	9.500	99.77	9.500	99.69
No.4	4.750	99.32	4.750	97.08
No. 8	2.360	98.40	2.360	86.15
No. 10	2.000	98.00	2.000	82.31
No. 16	1.180	92.26	1.180	64.56
No. 30	0.600	72.31	0.600	35.42
No. 50	0.300	32.31	0.300	11.44
No. 100	0.150	6.47	0.150	7.36
No. 200	0.075	1.09	0.075	6.79

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona distal al foco de emisión, no se tiene información de puntos cercanos a este o dentro de la misma zona, sin embargo, por su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad E Seca, por lo que se comparó con los resultados granulométricos de Bautista (E Seca Arrupe I) y con la obtenida en este trabajo de graduación clasificado como unidad E Seca Inferior, como se muestra en la Figura No. 5.6, pudiéndose analizar lo siguiente:

- Que al comparar los resultados para la posible unidad E Seca Superior, con la curva granulométrica de Bautista (E Seca Arrupe I) y con la obtenida como unidad E Seca Inferior, notamos que existe una gran similitud a lo largo de toda la curva, sobre todo en la fracción gruesa en los tamaños comprendidos entre los rangos de 9.5 al 0.15 mm, con la diferencia que a pesar de que guarda la misma tendencia la muestra posible unidad E Seca Superior es más fina, lo que se puede atribuir a su ubicación en relación al foco de emisión (distante) y por el hecho que es parte del estrato superior de la unidad,
- Sin embargo, en los rangos de tamaños comprendidos desde 0.15 al 0.075 mm, se observa una diferencia en la curva de la muestra posible unidad E Seca Superior siendo está más gruesa que las curvas en comparación.

Por todo lo anterior, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad E Seca Inferior" del punto Redondel Integración se clasifica en definitivo como "**Unidad E Seca Superior**". Con una granulometría más fina que las de comparación.

Tabla No. 5.7: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Seca (Superior), en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista.

Fuente: De los autores.

COMPARACION DE CURVA GRANULOMETRICA DE POSIBLE UNIDAD E SECA SUPERIOR
 - PUNTO REDONDEL INTEGRACION CON BAUTISTA

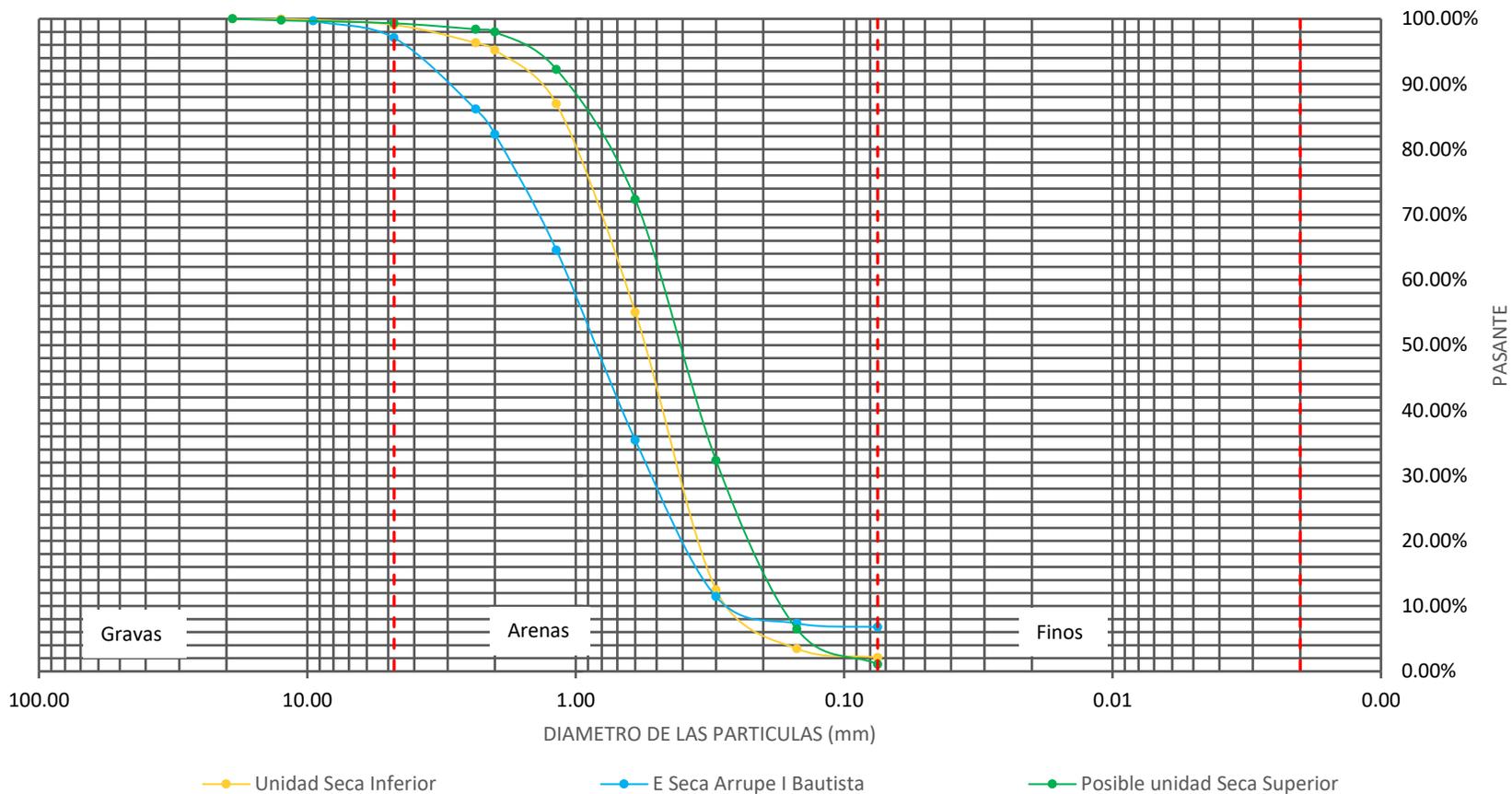


Figura No. 5.6: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad E Seca Superior, punto Redondeal Integración con resultados de investigaciones del autor Bautista.
 Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGIMBRITA ALPHA		ALPHA ARRUPE I ⁶		MA-1 ⁶		D ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA		UNIDAD ALPHA MIRANDA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1"	25.000	-	25.000	-	25.000	100.00	25.000	-
3/4"	19.000	-	19.000	-	19.000	99.76	19.000	-
1/2"	19.000	-	19.000	100.00	12.700	98.86	19.000	-
3/8"	9.500	-	9.500	99.85	9.500	96.85	9.500	100.00
No.4	4.750	-	4.750	97.77	4.750	92.84	4.750	99.91
No. 8	2.360	-	2.360	93.02	2.360	-	2.360	99.60
No. 10	2.000	100.00	2.000	91.76	2.000	84.90	2.000	99.42
No. 16	1.180	95.03	1.180	87.81	1.180	77.87	1.180	98.56
No. 30	0.600	93.91	0.600	78.86	0.600	63.04	0.600	96.80
No. 50	0.300	90.99	0.300	64.24	0.300	45.78	0.300	92.88
No. 100	0.150	84.61	0.150	48.26	0.150	31.47	0.150	85.24
No. 200	0.075	73.97	0.075	33.30	0.075	20.70	0.075	74.76
HIDROMETRÍA	0.02962	51.46	0.03400	6.21	0.03316	13.92	0.02912	41.79
	0.01950	45.06	0.02300	3.26	0.02154	10.47	0.01996	33.27
	0.01188	35.47	0.01300	1.99	0.01279	7.30	0.01240	23.80
	0.00864	29.72	0.01000	1.14	0.00915	5.73	0.00907	18.27
	0.00628	23.97	0.00700	0.72	0.00656	4.08	0.00666	13.50
	0.00318	17.63	0.00300	0.55	0.00326	1.84	0.00331	7.57
	0.00136	13.64	0.00100	0.17	0.00139	0.71	0.00143	3.93

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona distal al foco de emisión, no se tiene información de puntos cercanos a este o dentro de la misma zona, sin embargo, por su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad Ignimbrita Alpha, por lo que se comparó con los resultados granulométricos de Bautista (Alpha Arrupe I y D Arrupe I) y Miranda (MA-1), que corresponden a puntos medios al foco de emisión (Ver Figura No. 5.7), pudiéndose analizar lo siguiente:

- Que al comparar los resultados para la posible unidad Ignimbrita Alpha, con la curva granulométrica de Bautista (Alpha Arrupe I) y con Miranda (MA-1), notamos que no existe una similitud entre la tendencia de las curvas, por lo tanto, descartamos la correlación entre las unidades Alpha de los autores en mención.
- Sin embargo, al comparar los resultados de la posible unidad Ignimbrita Alpha, con la curva granulométrica de Bautista (D Arrupe I), notamos que existe una gran similitud a lo largo de toda la curva, siendo esta ligeramente más gruesa en los tamaños que van de los rangos de 2 al 0.075 mm y más fina en los rangos de tamaños desde 0.075 a 0.0014 mm, lo que se puede atribuir a su ubicación en relación al foco de emisión (distante).

Por todo lo anterior, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad Alpha" del punto Redondel Integración se clasifica en definitivo como "Unidad D". Con una granulometría más fina a partir del tamaño 0.075 mm que la de Bautista (D Arrupe I).

Tabla No. 5.8: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Alpha, en el punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.

Fuente: De los autores.

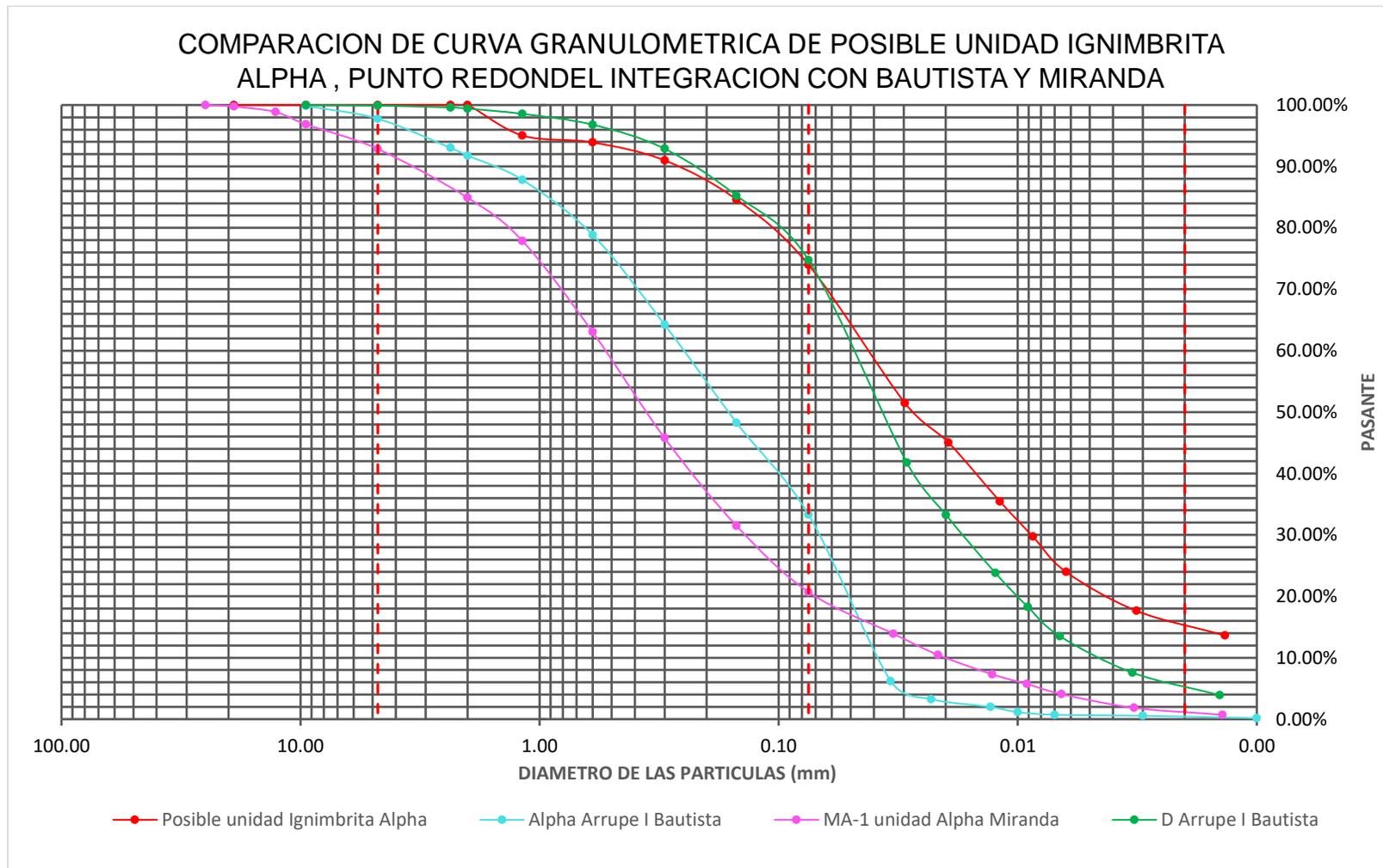


Figura No. 5.7: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad Ignimbrita Alpha, punto Redondel Integración con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.

Fuente: De los autores

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD D		UNIDAD D		D ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		PROMEDIO		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/8"	9.500	-	9.500	-	9.500	100.00
No.4	4.750	-	4.750	-	4.750	99.91
No. 8	2.360	-	2.360	-	2.360	99.60
No. 10	2.000	100.00	2.000	100.00	2.000	99.42
No. 16	1.180	90.09	1.180	95.03	1.180	98.56
No. 30	0.600	88.17	0.600	93.91	0.600	96.80
No. 50	0.300	83.83	0.300	90.99	0.300	92.88
No. 100	0.150	76.94	0.150	84.61	0.150	85.24
No. 200	0.075	66.27	0.075	73.97	0.075	74.76
HIDROMETRÍA	0.03129	42.21	0.02962	51.46	0.02912	41.79
	0.02033	37.42	0.01950	45.06	0.01996	33.27
	0.01226	29.79	0.01188	35.47	0.01240	23.80
	0.00887	25.17	0.00864	29.72	0.00907	18.27
	0.00639	21.57	0.00628	23.97	0.00666	13.50
	0.00324	15.24	0.00318	17.63	0.00331	7.57
	0.00138	11.19	0.00136	13.64	0.00143	3.93

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona distal al foco de emisión, no se tiene información de puntos cercanos a este o dentro de la misma zona, sin embargo, por su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad D, por lo que se comparó con los resultados granulométricos de Bautista (D Arrupe I) y con la obtenida en este trabajo de graduación clasificado como unidad D, mostrados en la Figura No. 5.8, pudiéndose analizar lo siguiente:

- Que al comparar los resultados para la posible unidad D, con la curva granulométrica de Bautista (D Arrupe I) y con los obtenidos en este trabajo clasificados como unidad D, notamos una gran similitud entre la tendencia de las curvas.
- Los resultados de la posible unidad D, comparados con la curva granulométrica de Bautista (D Arrupe I), notamos que existe una gran similitud a lo largo de toda la curva, siendo esta más gruesa en los tamaños que van de los rangos de 2 al 0.029 mm y más fina en los rangos de tamaños desde 0.029 a 0.0014 mm.

Por todo lo anterior, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad D" del punto Redondel Integración se clasifica en definitivo como "**Unidad D**".

Tabla No. 5.9: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad D, en el punto Redondel Integración con unidad D de autoría propia y resultados de investigación del autor Bautista.

Fuente: De los autores.

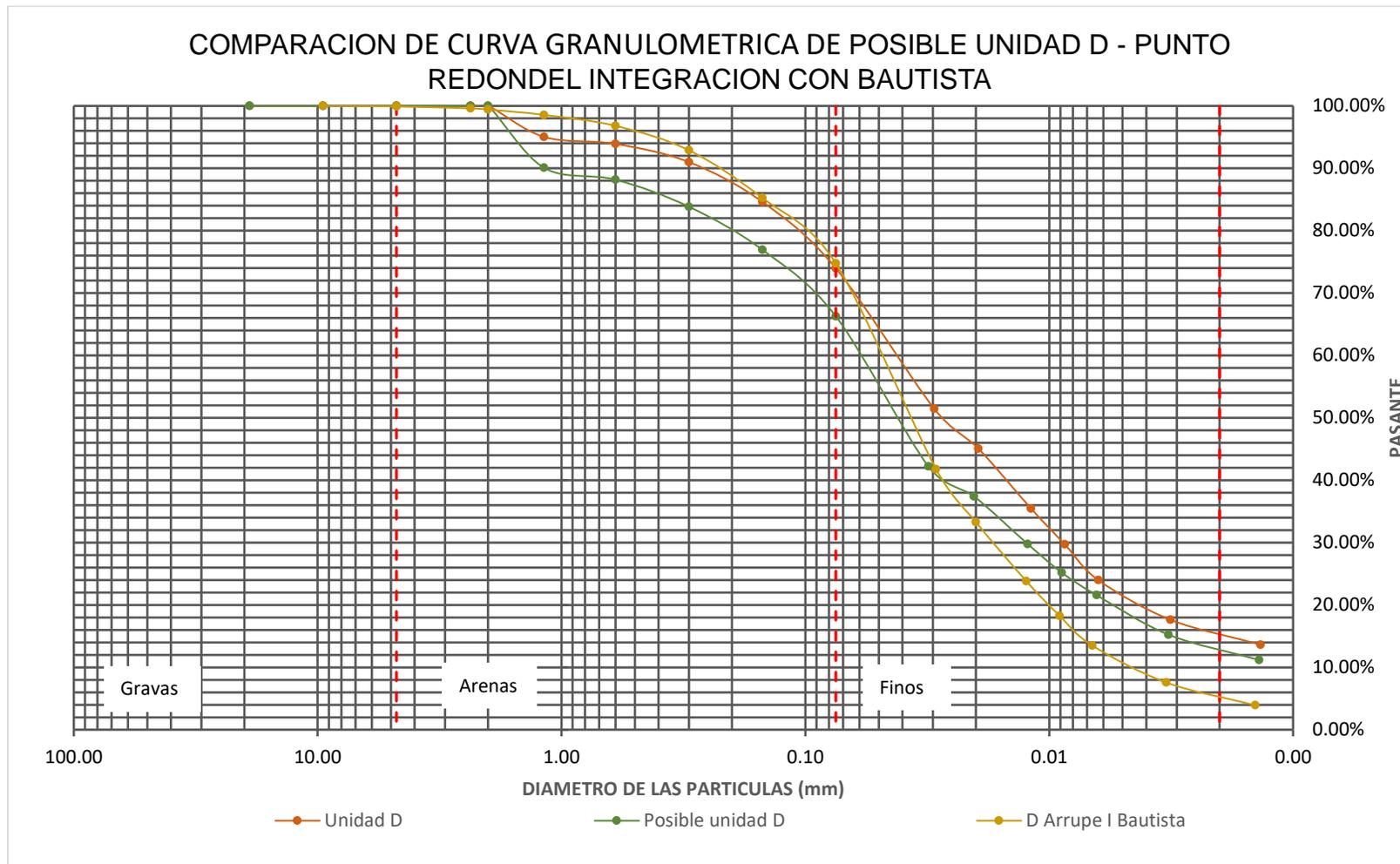


Figura No. 5.8: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad D en el punto Redondel Integración con unidad D de autoría propia y resultados de investigaciones de Bautista.
 Fuente: De los autores.

5.2.1.3 Punto UES

Para la identificación de las diferentes unidades en este punto, se realizó el siguiente análisis:

- Posible unidad G se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (G Arrupe I⁶) y Miranda (MA-11⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.10.
- Posible unidad F se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (F Arrupe I⁶) y Miranda (MA-8⁶), como se muestra en la Tabla No. 5.11.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD G		MA-11 ⁶		G ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		UNIDAD G MIRANDA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	-	19.000	-	19.000	100.00
3/8"	9.500	-	9.500	-	9.500	99.57
No.4	4.750	-	4.750	-	4.750	99.20
No. 8	2.360	-	2.360	100.00	2.360	98.69
No. 10	2.000	100.00	2.000	99.22	2.000	98.54
No. 16	1.180	99.00	1.180	98.54	1.180	97.87
No. 30	0.600	97.39	0.600	96.87	0.600	97.14
No. 50	0.300	93.81	0.300	93.81	0.300	94.76
No. 100	0.150	86.60	0.150	88.71	0.150	91.07
No. 200	0.075	76.14	0.075	80.21	0.075	84.91
HIDROMETRÍA	0.02920	49.05	0.02887	61.14	0.02633	60.60
	0.01947	41.55	0.01939	49.83	0.01824	50.88
	0.01196	31.17	0.01201	33.67	0.01177	37.40
	0.00864	27.12	0.00874	26.44	0.00878	29.46
	0.00621	23.93	0.00634	19.21	0.00641	23.53
	0.00317	16.50	0.00318	10.87	0.00324	15.27
	0.00132	15.70	0.00138	4.28	0.00142	11.33

ANÁLISIS : Para el punto analizado dentro de la zona media al foco de emisión, según su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad G, por lo que se procedió a su comparación con los resultados granulométricos de Bautista (G Arrupe I) y de Miranda (MA-11), que corresponden a puntos medios al foco de emisión (Ver Figura No. 5.9), de estos, se pudo analizar lo siguiente:

- Que al comparar los resultados para la posible unidad G, con las curvas granulométricas de los autores Bautista (G Arrupe I) y de Miranda (MA-11), notamos que existe una gran similitud en la tendencia de las curvas entre los límites de la fracción gruesa, siendo la curva posible unidad G un poco más gruesa que la de los autores.
- En los puntos medios de la curva, en relación a las curvas de Bautista (G Arrupe I) y de Miranda (MA-11), se observa una diferencia marcada, ya que esta presenta una granulometría más gruesa, que va de los rangos de tamaños desde 0.60 al 0.0087 mm.
- Para la fracción fina existe una mayor similitud con el estudio de Bautista (G Arrupe I) siendo la curva posible unidad G un poco más fina.

Con base a la comparación, podemos confirmar que la muestra "Posible unidad G" del punto UES se clasifica como "**Unidad G**", con una granulometría más gruesa en los tamaños intermedios.

Tabla No. 5.10: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad G, en el punto UES, con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.

Fuente: De los autores.

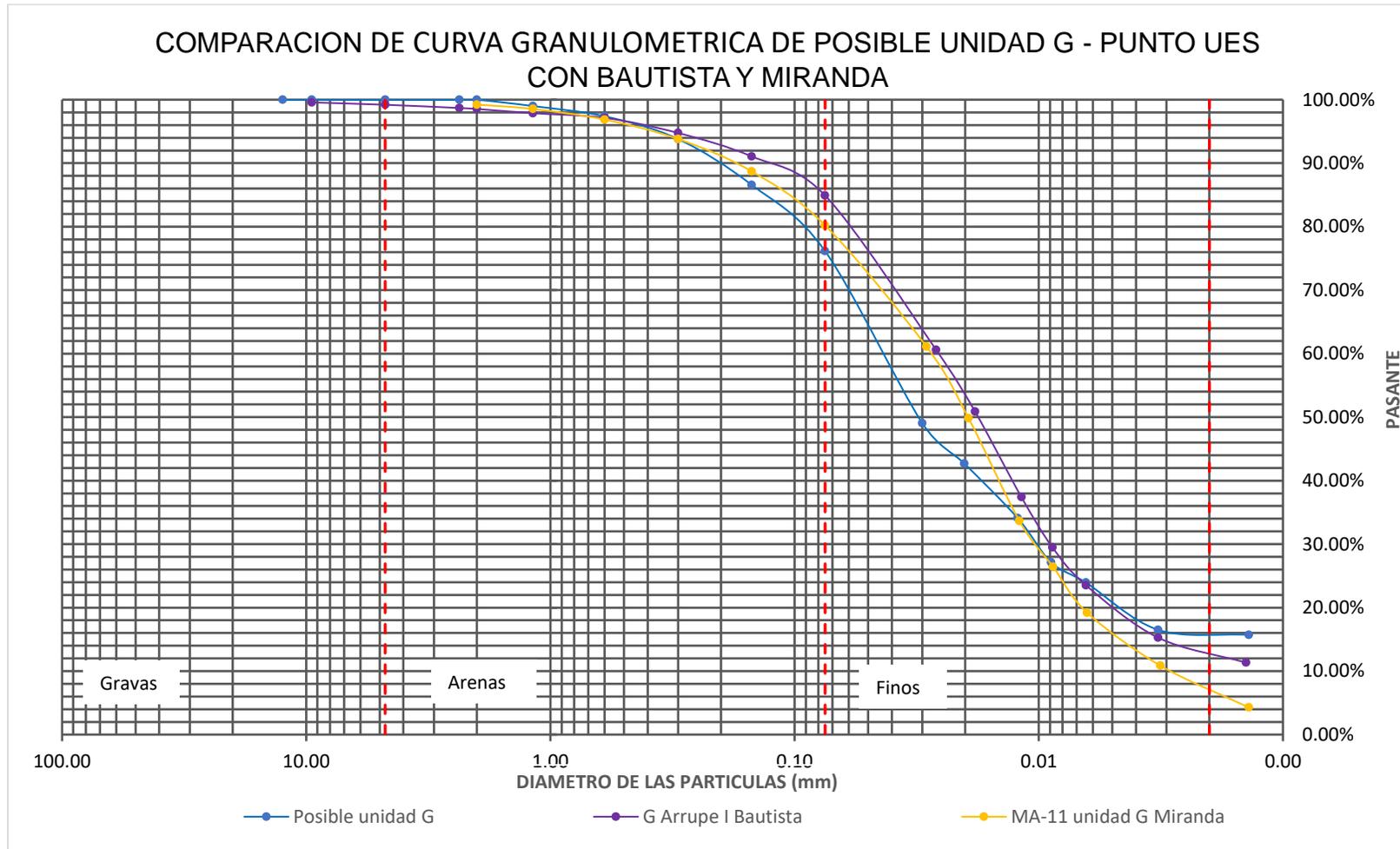


Figura No. 5.9: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad G, punto UES con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.

Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD F		MA-8 ⁶		F ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		UNIDAD F EVELYN		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1 1/2"	37.500	100.00	37.500	100.00	37.500	-
1"	25.000	99.75	25.000	99.91	25.000	-
3/4"	19.000	99.75	19.000	99.91	19.000	-
1/2"	12.500	98.85	12.700	99.52	12.500	100.00
3/8"	9.500	98.25	9.500	99.08	9.500	98.65
No.4	4.750	94.00	4.750	96.05	4.750	95.88
No. 8	2.360	90.20	2.360	-	2.360	90.98
No. 10	2.000	88.40	2.000	88.40	2.000	89.95
No. 16	1.180	81.75	1.180	83.78	1.180	85.85
No. 30	0.600	70.00	0.600	74.44	0.600	77.84
No. 50	0.300	56.53	0.300	60.77	0.300	65.97
No. 100	0.15000	44.23	0.15000	47.32	0.150	54.19
No. 200	0.07500	33.69	0.07500	35.74	0.075	44.70
HIDROMETRÍA	0.02940	25.45	0.03161	28.76	0.03337	16.97
	0.01972	20.96	0.02095	23.71	0.02187	14.06
	0.01205	16.16	0.01274	17.83	0.01308	11.15
	0.00887	12.57	0.00920	14.90	0.00945	9.11
	0.00642	10.17	0.00670	11.12	0.00677	7.46
	0.00332	5.21	0.00339	6.17	0.00338	5.24
	0.00141	2.51	0.00146	2.54	0.00147	3.09

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona media al foco de emisión, según su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone corresponde a la unidad F, por lo que se procedió a su comparación con los resultados granulométricos de Bautista (F Arrupe I) y de Miranda (MA-8), que corresponden a puntos medios al foco de emisión (Ver Figura No. 5.10), de estos, se pudo analizar lo siguiente:

- Al comparar los resultados para la posible unidad F, con las curvas granulométricas de los autores Bautista (F Arrupe I) y de Miranda (MA-8), notamos que existe una gran similitud en la tendencia de las curvas, principalmente con la de (MA-8), siendo la curva de la posible unidad F ligeramente más gruesa y con la curva de Bautista (F Arrupe I), notamos que existen similitudes en su tendencia principalmente en los límites de la fracción gruesa, siendo la curva posible unidad F un poco más gruesa.
- Sin embargo, en los rangos de tamaños desde 0.026 al 0.0034 mm se observa una diferencia marcada con la curva de Bautista (F Arrupe I), ya que la muestra posible unidad F presenta una granulometría más fina.

Con base a la comparación, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad F" del punto UES se identificaría como "**Unidad F**", con una granulometría más fina.

Tabla No. 5.11: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad F, punto UES con resultados de investigaciones de los autores Bautista y Miranda.

Fuente: De los autores.

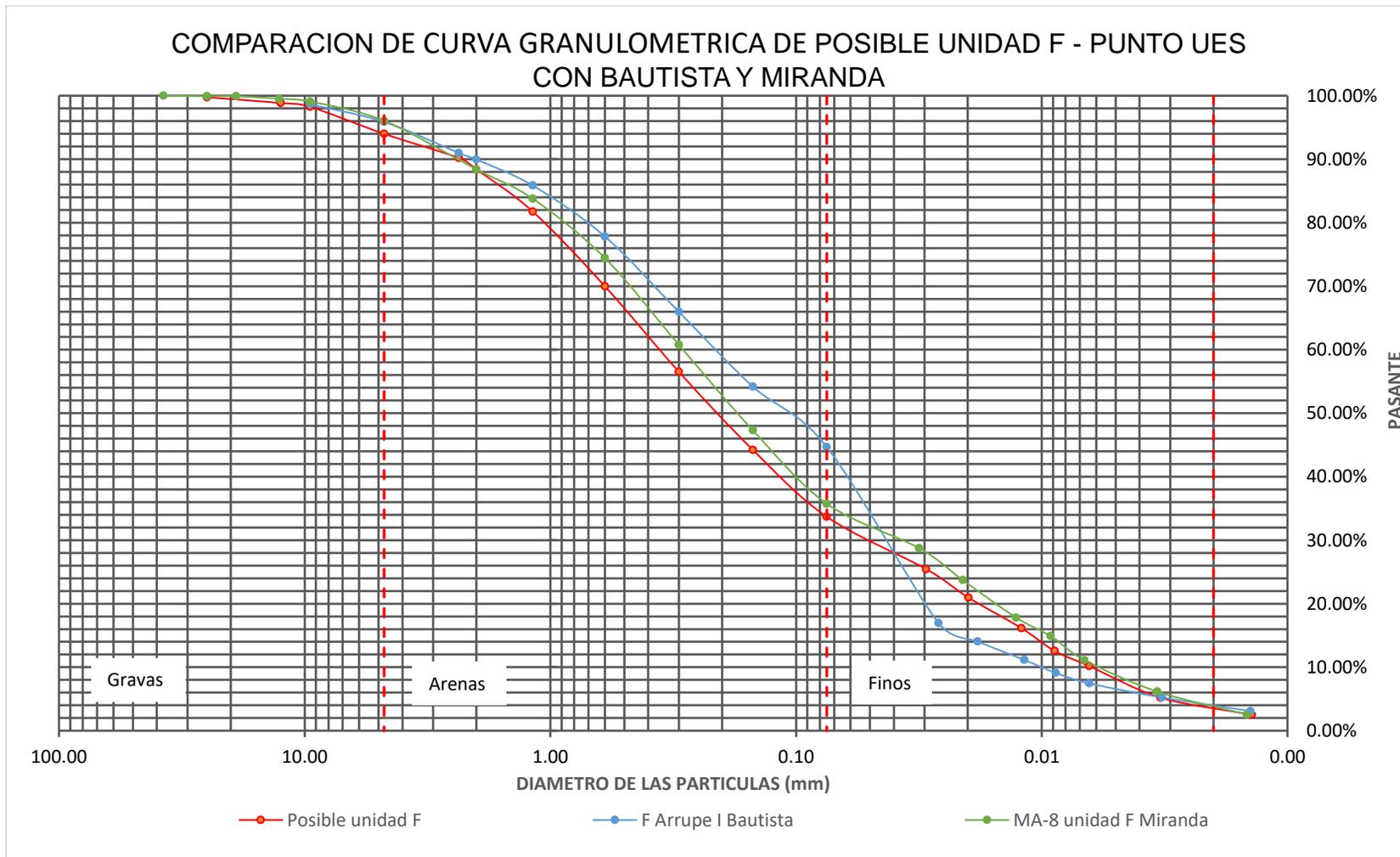


Figura No. 5.10: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad F, Punto UES con resultados de investigaciones de Bautista y Miranda.
Fuente: De los autores.

5.2.1.4 Punto Padre Arrupe

Para la identificación de las diferentes unidades en este punto, se realizó el siguiente análisis:

- Posible unidad G se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (G Arrupe I⁶), (F Arrupe I⁶) y Miranda (MA-11⁶) como se muestra en la Tabla No. 5.12
- Posible unidad F se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (F Arrupe I⁶) y Miranda (MA-8⁶) como se muestra en la Tabla No. 5.13.
- Posible unidad Ignimbrita Beta se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (F Arrupe I⁶) y Gómez (Talud Aeropuerto II Beta⁶) como se muestra en la Tabla No. 5.14.
- Posible unidad E Húmeda se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (E Húmeda Arrupe I⁶ y E Seca Arrupe I⁶). como se muestra en la Tabla No. 5.15.

- Posible unidad E Seca, se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (E Seca Arrupe I⁶). como se muestra en la Tabla No. 5.16.
- Posible unidad Ignimbrita Alpha se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (Alpha Arrupe I⁶ y D Arrupe I⁶) y Miranda (MA-1⁶). como se muestra en la Tabla No. 5.17.
- Posible unidad D se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (Alpha Arrupe I⁶ y D Arrupe I⁶) y Miranda (MA-1⁶). como se muestra en la Tabla No. 5.18.
- Posible unidad C se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (D Arrupe I⁶), Gómez (Talud Aeropuerto I Unidad C⁶) y Hernández (Unidad C⁶) como se muestra en la Tabla No. 5.19.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD G		MA-11 ⁶		G ARRUPE I ⁶		F ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		UNIDAD G MIRANDA		BAUTISTA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1/2"	12.700	100.00	12.700	-	12.700	100.00	12.500	100.00
3/8"	9.500	99.91	9.500	-	9.500	99.57	9.500	98.65
No.4	4.750	99.75	4.750	100.00	4.750	99.20	4.750	95.88
No. 8	2.360	99.62	2.360	99.22	2.360	98.69	2.360	90.98
No. 10	2.000	99.43	2.000	99.22	2.000	98.54	2.000	89.95
No. 16	1.180	98.50	1.180	98.54	1.180	97.87	1.180	85.85
No. 30	0.600	97.66	0.600	96.87	0.600	97.14	0.600	77.84
No. 50	0.300	95.71	0.300	93.81	0.300	94.76	0.300	65.97
No. 100	0.150	91.13	0.150	88.71	0.150	91.07	0.150	54.19
No. 200	0.075	81.57	0.075	80.21	0.075	84.91	0.075	44.70
HIDROMETRÍA	0.03000	52.58	0.0288700	61.14	0.02632	60.60	0.03337	16.97
	0.02016	41.97	0.0193900	49.83	0.0182	50.88	0.02187	14.06
	0.01220	32.59	0.0120100	33.67	0.01177	37.40	0.01308	11.15
	0.00889	25.95	0.0087400	26.44	0.00878	29.46	0.00945	9.11
	0.00641	21.97	0.0063400	19.21	0.00641	23.53	0.00677	7.46
	0.00324	15.07	0.0031800	10.87	0.00324	15.27	0.00338	5.24
	0.00138	10.17	0.0013800	4.28	0.00142	11.33	0.00147	3.09

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona media respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad G, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (G Arrupe I y F Arrupe I) y además Miranda (G miranda), que corresponden a puntos medios respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.11) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados existe una gran similitud entre la parte gruesa de la curva granulométrica de la muestra respecto a la unidad G de los autores Miranda y Bautista,
- En la parte media de la curva, se evidencia gran similitud respecto a unidad G de Miranda y Bautista en los tamaños de 4 mm a 0.15 mm, además se evidencia una marcada diferencia respecto a la unidad F Bautista que presenta granulometría mucho más gruesa para los tamaños entre 4 mm a 0.075 mm.
- Por la ubicación del punto de muestro (Padre Arrupe) esta presenta una granulometría más gruesa para los tamaños entre 0.075 mm a 0.009 mm, respecto a los otros autores.
- Para los tamaños finos en la curva, en los tamaños entre de 0.009 mm a 0.0015 la curva posible unidad G mantiene una tendencia muy similar a la unidad G de Bautista que se muestreo aproximadamente en la misma zona, sin embargo, presenta una tendencia más fina respecto a la unidad G tomada por Miranda.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad G" del punto Arrupe se clasifica como "Unidad G", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad G de Bautista y Evelyn. Con una granulometría más gruesa en los tamaños intermedios, con respecto a dichos autores.

Tabla No. 5.12: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad G, en el punto Padre Arrupe con resultados de investigaciones de los autores Miranda y Bautista.

Fuente: De los autores.

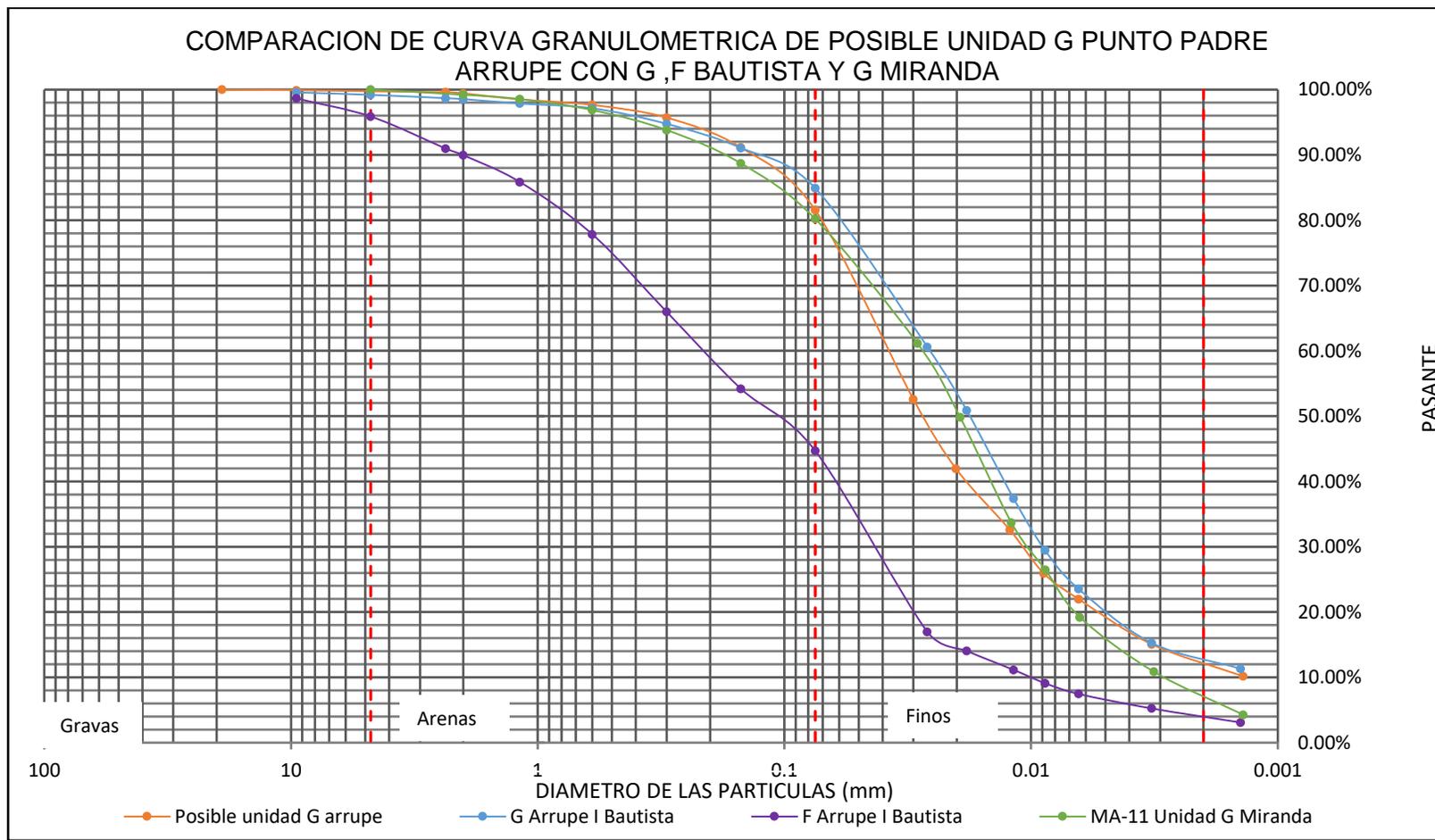


Figura No. 5.11: Comparación de Curva Granulométrica de posible Unidad G, punto Padre Arrupe con resultados de investigaciones de Miranda y Bautista.
 Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD F		MA-8 ⁶		F ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		UNIDAD F MIRANDA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1"	25.000	-	25.000	100.00	25.000	-
3/4"	19.000	-	19.000	99.91	19.000	-
1/2"	12.700	100.00	12.700	99.52	12.700	100.00
3/8"	9.500	99.46	9.500	99.08	9.500	98.65
No.4	4.750	98.16	4.750	99.05	4.750	95.88
No. 8	2.360	96.12	2.360	-	2.360	90.98
No. 10	2.000	95.63	2.000	88.40	2.000	89.95
No. 16	1.180	92.78	1.180	83.78	1.180	85.85
No. 30	0.600	86.78	0.600	74.44	0.600	77.84
No. 50	0.300	76.61	0.300	60.77	0.300	65.97
No. 100	0.150	63.56	0.150	47.32	0.150	54.19
No. 200	0.075	51.61	0.075	35.74	0.075	44.70
HIDROMETRÍA	0.03193	25.40	0.03161	28.76	0.03337	16.97
	0.02097	20.71	0.02095	23.71	0.02187	14.06
	0.01235	17.52	0.01274	17.83	0.01308	11.15
	0.00888	14.97	0.0092	14.90	0.00945	9.11
	0.00636	12.64	0.0067	11.12	0.00677	7.46
	0.00315	9.70	0.00339	6.17	0.00338	5.24
	0.00135	7.83	0.00146	2.54	0.00147	3.09

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona media respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad F, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (F Arrupe I) y además Miranda (F miranda), que corresponden a puntos medios respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.12) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados obtenidos, existe una gran similitud entre la parte gruesa de la curva granulométrica de la muestra respecto a la unidad F de Miranda, pero la curva posible unidad F es más fina al comparar con la unidad F de Bautista
- En la parte media de la curva, se evidencia una granulometría más fina para la muestra posible unidad F respecto a Bautista y Miranda, esto se cumple para los tamaños de partícula entre 4 mm y 0.075 mm (Arenas).
- Para la parte de los finos (tamaños menores a 0.075 mm) la curva se cruza con la curva de Miranda siendo más gruesa en los tamaños entre 0.01 a 0.04 mm y volviendo a más fino respecto a ambas curvas en los tamaños 0.009 a 0.002 mm.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad F" del punto Arrupe se clasifica como "Unidad F", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad F de Bautista, pero con una granulometría más fina.

Tabla No. 5.13: Comparación resultados granulométricos de la posible Unidad F, punto Padre Arrupe con resultados de investigaciones de los autores Miranda y Bautista.

Fuente: De los autores.

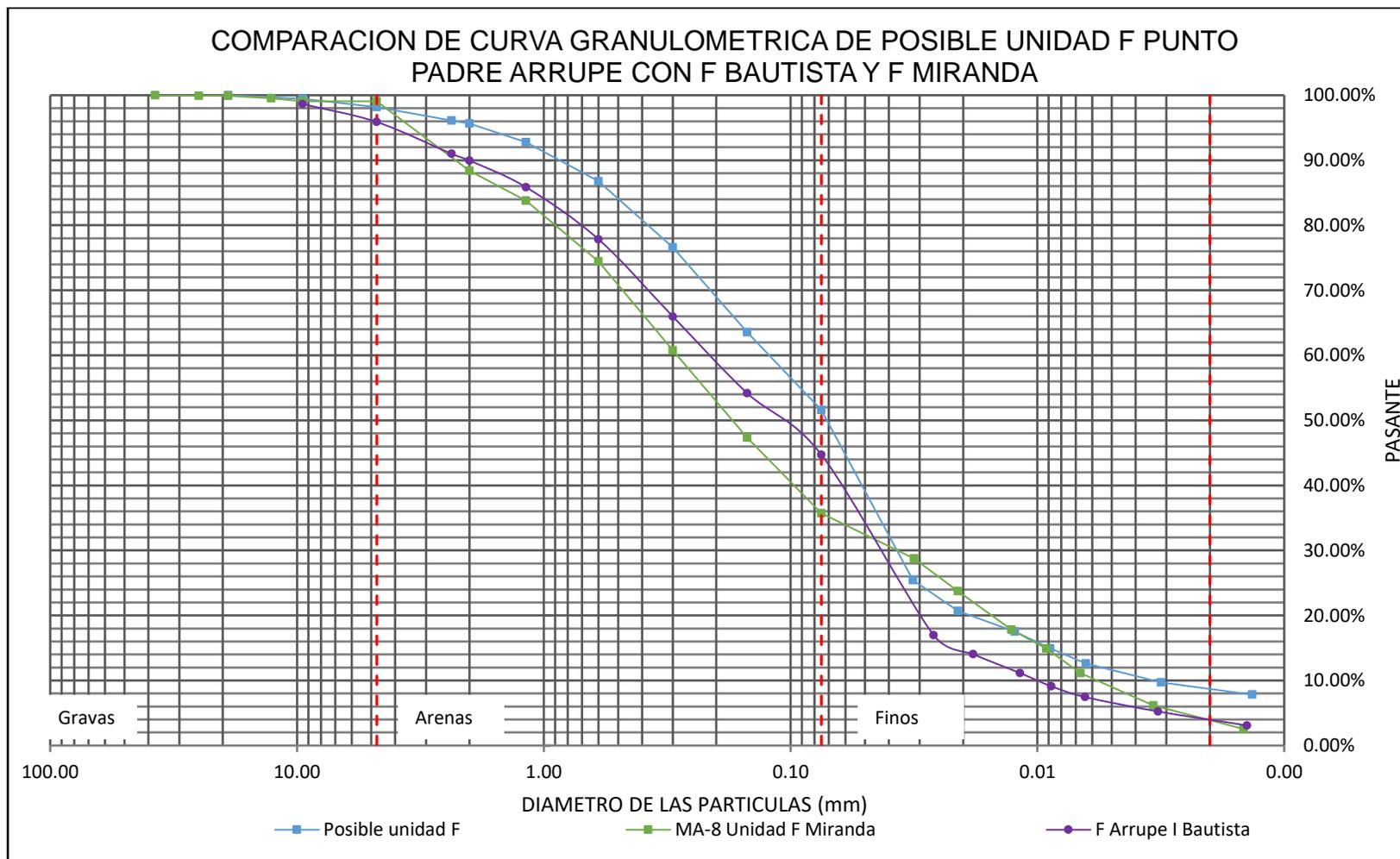


Figura No. 5.12: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad F, punto Padre Arrupe, con resultados de investigaciones de Miranda y Bautista.
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGNIMBRITA BETA		TALUD AEROPUERTO II UNIDAD BETA ⁶		F ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		GOMEZ		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1/2"	12.700	-	12.700	-	12.700	100.00
3/8"	9.500	-	9.500	100.00	9.500	98.65
No.4	4.750	-	4.750	99.90	4.750	95.88
No. 8	2.360	-	2.360	99.50	2.360	90.98
No. 10	2.000	100.00	2.000	99.10	2.000	89.95
No. 16	1.180	98.43	1.180	98.50	1.180	85.85
No. 30	0.600	92.25	0.600	92.10	0.600	77.84
No. 50	0.300	74.02	0.300	73.10	0.300	65.97
No. 100	0.150	60.92	0.150	56.20	0.150	54.19
No. 200	0.075	46.46	0.075	49.60	0.075	44.70
HIDROMETRÍA	0.03038	22.26	0.03401	18.60	0.03337	16.97
	0.01958	20.14	0.02177	16.50	0.02187	14.06
	0.01168	16.63	0.01282	13.30	0.01308	11.15
	0.00842	14.51	0.00924	10.10	0.00945	9.11
	0.00607	11.84	0.00664	7.00	0.00677	7.46
	0.00308	8.30	0.00332	3.80	0.00338	5.24
	0.00130	6.11	0.00139	2.80	0.00147	3.09

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona media respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad Ignimbrita Beta, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (F Arrupe I) y además Gómez (Unidad Beta Gómez), que corresponden a puntos medios respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.13) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados obtenidos, existe una gran similitud entre la parte gruesa de la curva granulométrica de la muestra respecto a la unidad Beta de Gómez, pero la curva posible unidad Beta es más fina al comparar con la unidad F de Bautista.
- En la parte media de la curva, para los tamaños mayores a 0.3 mm la posible unidad Beta es muy similar con respecto a la unidad Beta evaluada por Gómez, para los tamaños entre 0.1 mm a 0.3 mm la unidad Beta de Gómez posee una tendencia más fina, Este comportamiento se mantiene hasta tamaños 0.055 mm a partir de este punto la curva de Gómez presenta granulometría más gruesa.
- Para la parte de los finos (tamaños menores a 0.075 mm) la curva posible unidad Beta es un poco más gruesa respecto a la unidad Beta de Gómez.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad Ignimbrita Beta" del punto Arrupe se clasifica como "Unidad Ignimbrita Beta", obteniendo una tendencia muy similar a la unidad Beta estudiada por Gómez en sus características granulométricas.

Tabla No. 5.14: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Beta, punto Padre Arrupe con los resultados de investigación de Bautista y Gómez

Fuente: De los autores.

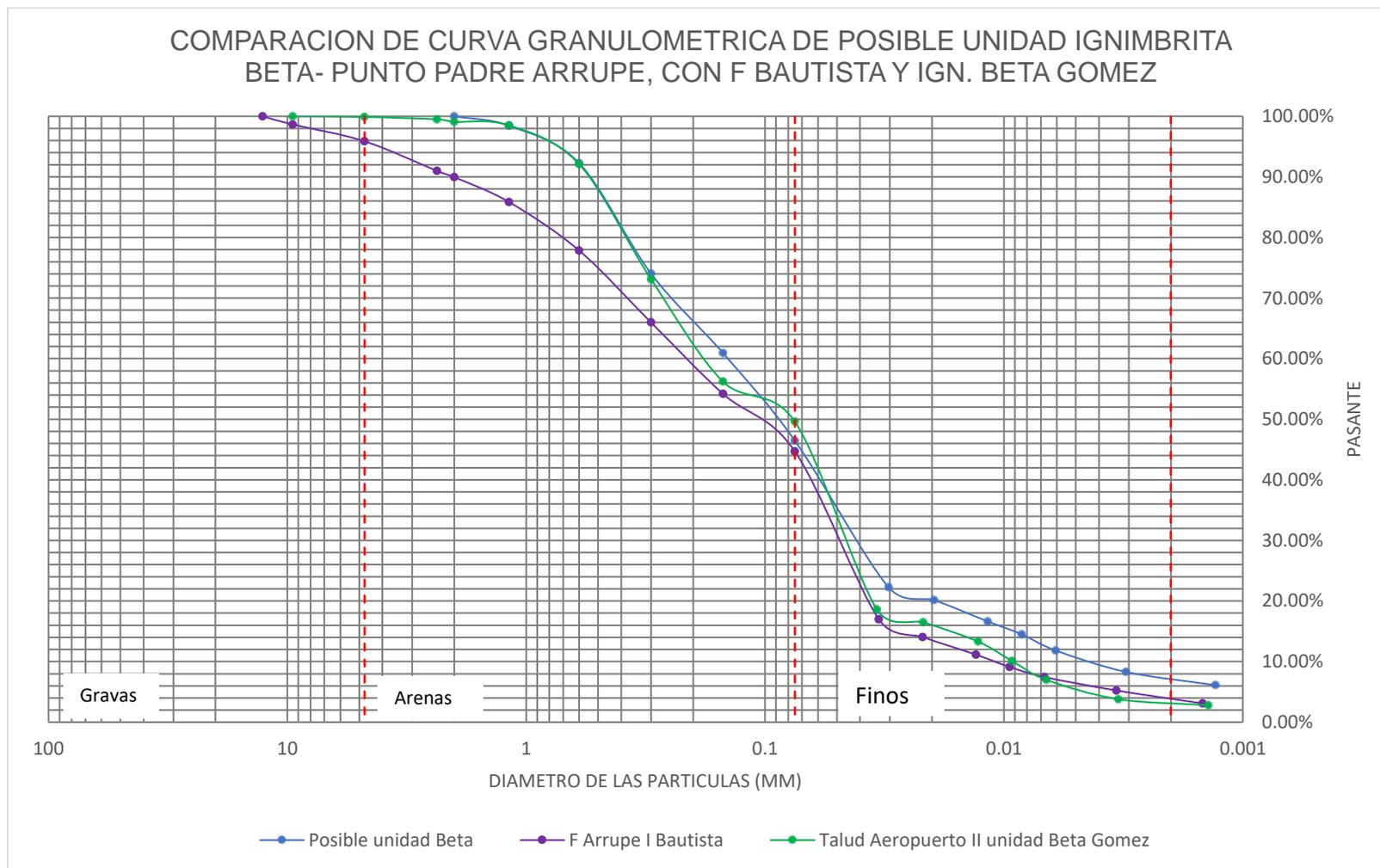


Figura No. 5.12: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad Ignimbrita Beta, punto Padre Arrupe, con Bautista y Gómez.
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E HUMEDA		E HUMEDA ARRUPE I ⁶		E SECA ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	-	19.000	-	19.000	100.00
1/2"	12.700	-	12.700	-	12.700	99.69
3/8"	9.500	100.00	9.500	100.00	9.500	97.08
No.4	4.750	99.82	4.750	99,96	4.750	86.15
No. 8	2.360	99.46	2.360	99.60	2.360	82.31
No. 10	2.000	98.31	2.000	99.39	2.000	64.56
No. 16	1.180	93.82	1.180	98.30	1.180	35.42
No. 30	0.600	84.82	0.600	93.33	0.600	11,44
No. 50	0.300	63.85	0.300	77.01	0.300	7.36
No. 100	0.150	49.61	0.150	58.52	0.150	6.79
No. 200	0.075	43.83	0.075	50.07	-	-
HIDROMETRÍA	0.03095	21.65	0.03034	23.49	-	-
	0.02000	19.55	0.01984	20.68	-	-
	0.01176	16.85	0.01192	17.25	-	-
	0.00850	14.41	0.00870	14.44	-	-
	0.00606	12.84	0.00631	11.94	-	-
	0.00305	9.24	0.00319	7.79	-	-
	0.00129	6.79	0.00138	5.49	-	-

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona media respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad E húmeda, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (E húmeda Arrupe I) y (E seca Arrupe I), que corresponde a punto medio respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.14) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados obtenidos, existe similitud en la parte media de la curva, se evidencia una granulometría más gruesa para la muestra posible unidad E húmeda respecto a Bautista, esto se cumple para los tamaños de partícula entre 1 mm y 0.075 mm (Arenas). Al comparar la curva granulométrica respecto a la curva E seca de Bautista la tendencia difiere totalmente, ya que esta última presenta una granulometría mucho más gruesa por tanto se determina que no corresponde a la Unidad E seca.
- Para la fracción de lo finos (tamaños menores a 0.075 mm) la curva posible Unidad E humedad es un poco más gruesa entre los tamaños de 0.075 mm a 0.01 mm.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad E húmeda" del punto Arrupe se clasifica como "**Unidad E húmeda**", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad E húmeda de Bautista, pero con una granulometría más gruesa.

Tabla No. 5.15: Comparación resultados granulométricos de la posible Unidad E Húmeda, punto Padre Arrupe con la investigación de Bautista

Fuente: De los autores.

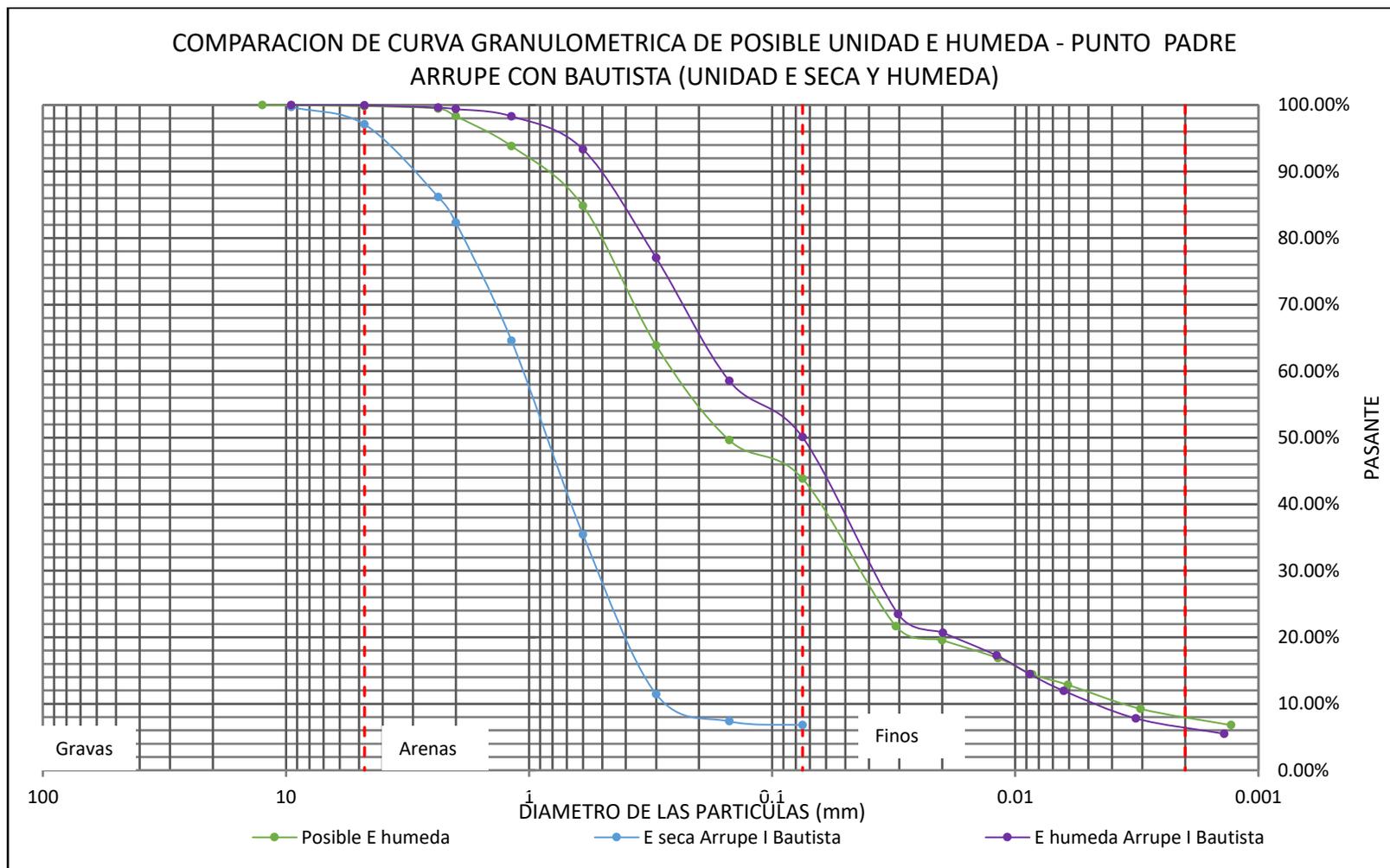


Figura No. 5.14: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad E Húmeda, punto Padre Arrupe, con la investigación de Bautista.
 Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E SECA		E SECA ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1"	25.000	100.00	25.000	-
1/2"	12.500	99.92	19.000	100.00
3/8"	9.500	98.44	12.700	99.69
No.4	4.750	93.09	9.500	97.08
No. 8	2.360	84.40	4.750	86.15
No. 10	2.000	81.27	2.360	82.31
No. 16	1.180	70.86	2.000	64.56
No. 30	0.600	46.16	1.180	35.42
No. 50	0.300	19.16	0.600	11.44
No. 100	0.150	5.12	0.300	7.36
No. 200	0.0750	3.58	0.150	6.79

ANALISIS: Para el punto analizado dentro de la zona media respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad E seca, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (E seca Arrupe I), que corresponden a puntos medios respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.15) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados en la parte gruesa de la curva granulométrica de la muestra posible unidad E seca respecto a la unidad E seca de Bautista, se evidencia tendencia más gruesa que se mantiene hasta los tamaños de 2 mm.
- En la parte media de la curva, se evidencia gran similitud respecto a unidad E seca de Bautista, para los tamaños entre 2 mm a 0.2 mm, la posible unidad E seca es más fina entre esos tamaños de partículas. Para los tamaños 0.2 mm y menores la tendencia cambia resultando más gruesa la granulometría al comparar con Bautista.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad E seca" del punto Arrupe se clasifica como "**Unidad E seca**", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad E seca de Bautista. Con una granulometría más gruesa en los tamaños grandes y más fina en los tamaños intermedios.

Tabla No. 5.16: Comparación resultados granulométricos de la posible Unidad E Seca, punto Padre Arrupe con la investigación de Bautista.

Fuente: De los autores.

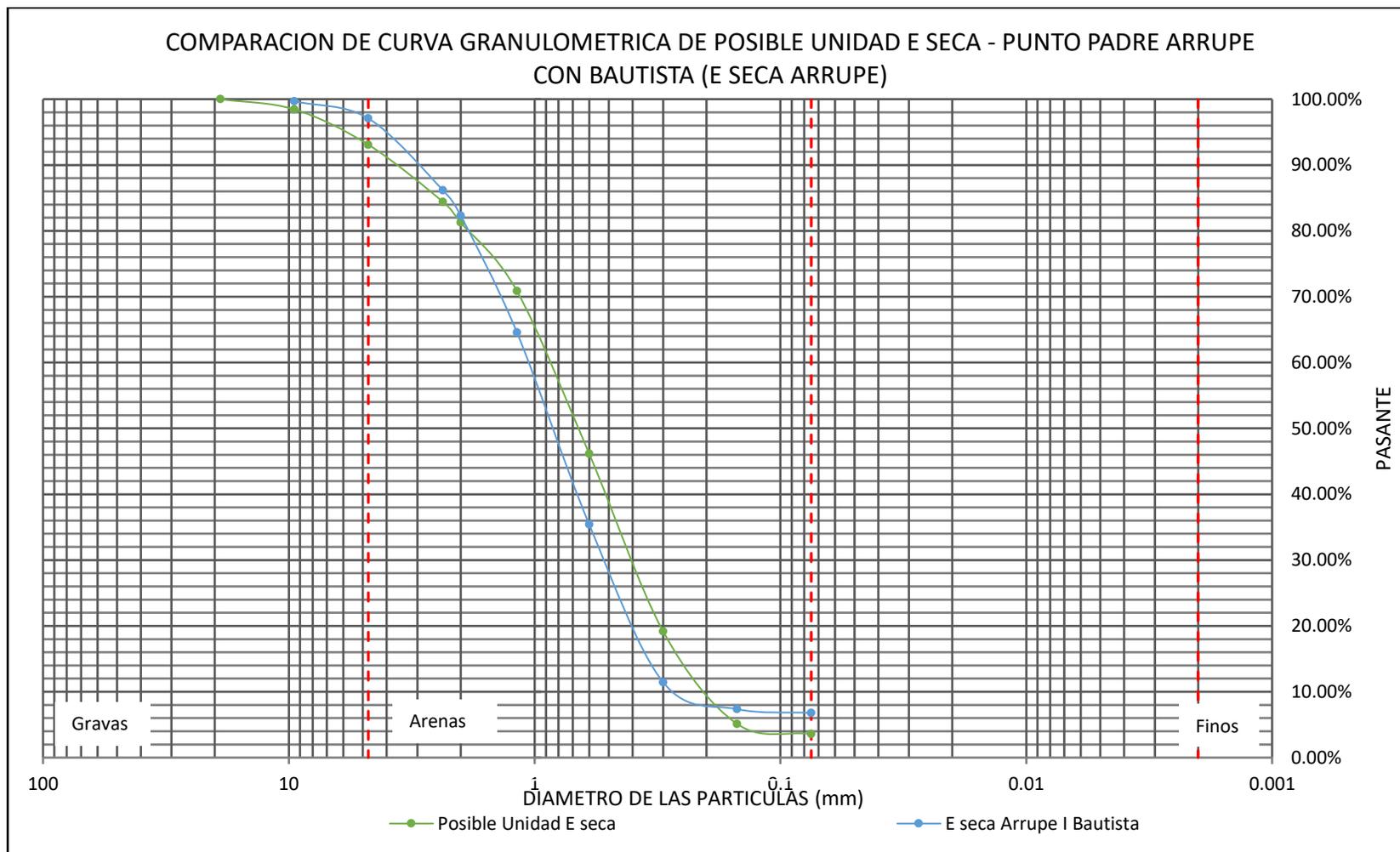


Figura No. 5.15: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad E Seca, punto Padre Arrupe con la investigación de Bautista
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGNI MBRITA ALPHA		MA-1 ⁶		ALPHA ARRUPE I ⁶		D ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		UNIDAD ALPHA MIRANDA		BAUTISTA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1/2"	12.700	-	12.70	100.00	12.70	100.00	19.000	-
3/8"	9.500	-	9.500	96.85	9.500	99.85	9.500	100.0
No.4	4.750	-	4.750	92.84	4.750	97.77	4.750	99.91
No. 8	2.360	-	2.360	-	2.360	93.02	2.360	99.60
No. 10	2.000	100.00	2.000	84.90	2.000	91.76	2.000	99.42
No. 16	1.180	99.42	1.180	77.87	1.180	87.81	1.180	98.56
No. 30	0.600	99.27	0.600	63.04	0.600	78.86	0.600	96.80
No. 50	0.300	98.16	0.300	45.78	0.300	64.24	0.300	92.88
No. 100	0.150	93.42	0.150	31.47	0.150	48.26	0.150	85.24
No. 200	0.075	85.37	0.075	20.70	0.075	33.30	0.075	74.76
HIDROMETRÍA	0.02942	61.29	0.03316	13.92	0.03400	6.21	0.02912	41.79
	0.02004	48.44	0.02154	10.47	0.02300	3.26	0.01996	33.27
	0.01244	33.44	0.01279	7.30	0.01300	1.99	0.01240	23.80
	0.00910	25.59	0.00915	5.73	0.01000	1.14	0.00907	18.27
	0.00660	19.88	0.00656	4.08	0.00700	0.72	0.00666	13.50
	0.00332	12.74	0.00326	1.84	0.00300	0.55	0.00331	7.57
	0.00140	9.18	0.00139	0.71	0.00100	0.17	0.00143	3.93

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona media respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad ignimbrita Alpha, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (Alpha Arrupe I y D Arrupe I) y además Miranda (Alpha Miranda), que corresponden a puntos medios y proximal respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.16) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados existe una gran similitud en la tendencia de toda la curva si se compara con la unidad D de Bautista, tanto en la parte gruesa como fina, con la diferencia que la curva en análisis es más fina.
- Al comparar la curva posible unidad Alpha con las curvas Alphas de Bautista y Miranda se demuestra que estas últimas son de granulometría mucho más gruesa, propias de las características granulométricas de las ignimbritas alfas

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad Ignimbrita Alpha" del punto Arrupe se clasifica como "**Unidad D**", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad D de Bautista, con una granulometría más fina respecto a la curva granulométrica de la Unidad D de dicho autor.

Tabla No. 5.17: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Alpha, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Bautista y Miranda

Fuente: De los autores.

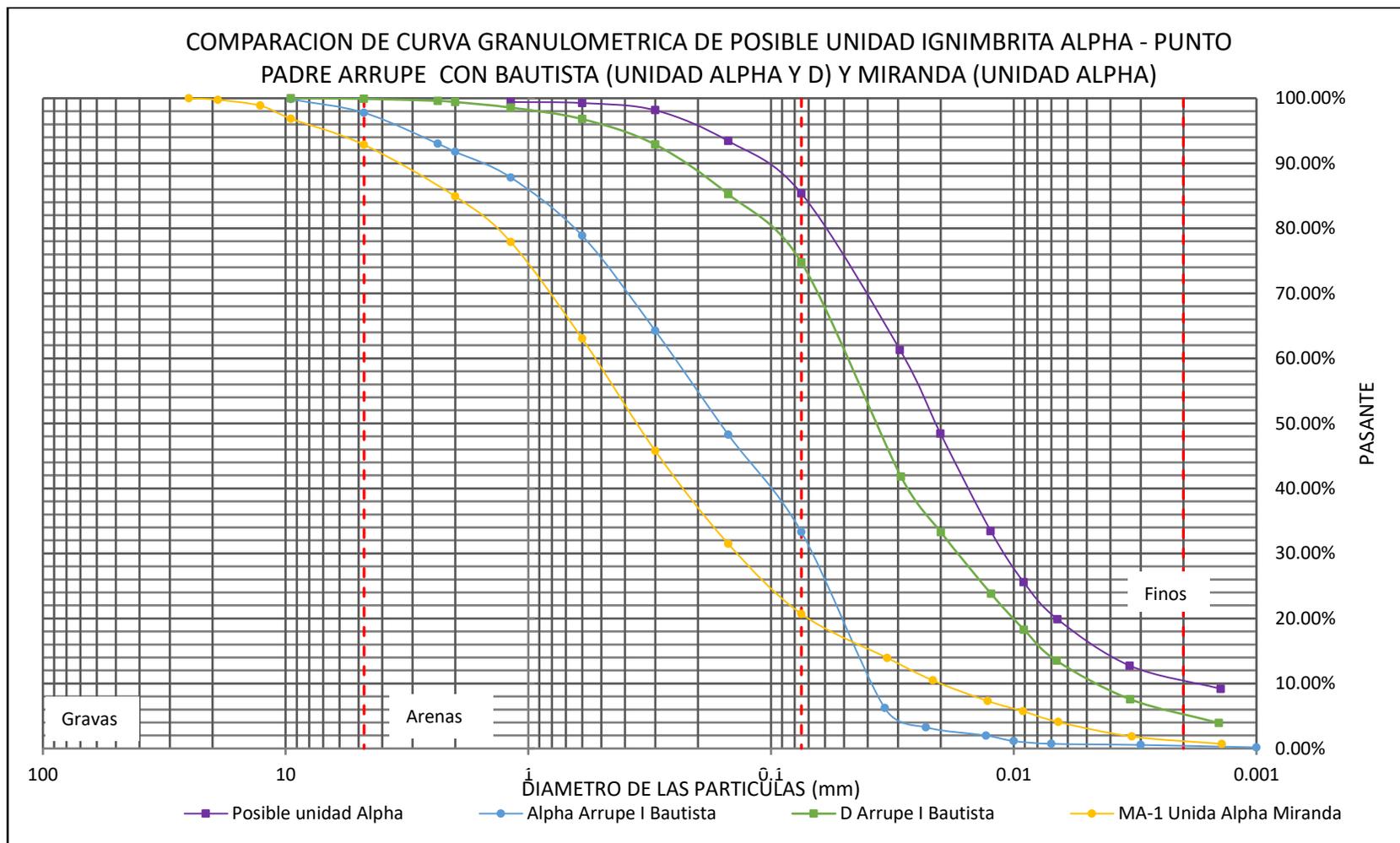


Figura No. 5.16: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad Ignimbrita Alpha, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Miranda y Bautista

Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD D		MA-1 ⁶		ALPHA ARRUPE I ⁶		D ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		UNIDAD ALPHA MIRANDA		BAUTISTA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	-	19.000	100.00	19.000	100.00	19.000	-
3/8"	9.500	-	9.500	96.85	9.500	99.85	9.500	100.00
No.4	4.750	-	4.750	92.84	4.750	97.77	4.750	99.91
No. 8	2.360	-	2.360	-	2.360	93.02	2.360	99.60
No. 10	2.000	100.0	2.000	84.90	2.000	91.76	2.000	99.42
No. 16	1.180	99.95	1.180	77.87	1.180	87.81	1.180	98.56
No. 30	0.600	99.58	0.600	63.04	0.600	78.86	0.600	96.80
No. 50	0.300	97.79	0.300	45.78	0.300	64.24	0.300	92.88
No. 100	0.150	92.73	0.150	31.47	0.150	48.26	0.150	85.24
No. 200	0.075	85.28	0.075	20.70	0.075	33.30	0.075	74.76
HIDROMETRÍA	0.02872	60.16	0.03316	13.92	0.03400	6.21	0.02912	41.79
	0.01912	51.50	0.02154	10.47	0.02300	3.26	0.01996	33.27
	0.01181	39.24	0.01279	7.30	0.01300	1.99	0.01240	23.80
	0.00864	31.95	0.00915	5.73	0.01000	1.14	0.00907	18.27
	0.00628	25.81	0.00656	4.08	0.00700	0.72	0.00666	13.50
	0.00321	16.29	0.00326	1.84	0.00300	0.55	0.00331	7.57
	0.00137	10.66	0.00139	0.71	0.00100	0.17	0.00143	3.93

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona media respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad D, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (Alpha Arrupe I y D Arrupe I) y además Miranda (Alpha Miranda), que corresponden a puntos medios y proximal respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.17) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados existe una gran similitud en la tendencia de toda la curva si se compara con la unidad D de Bautista, tanto en la parte gruesa como fina, con la diferencia que la curva en análisis es más fina
- Al comparar la curva posible unidad D con las curvas Alphas de Bautista y Miranda se demuestra que estas últimas son de granulometría mucho más gruesa, propias de las características granulométricas de las ignimbritas alfas
- Para los tamaños finos en la curva, en los tamaños de 0.075 mm a 0.001 la curva posible unidad Ignimbrita Alpha mantiene de igual forma una tendencia muy similar a la unidad D de Bautista que se muestreo aproximadamente en la misma zona, con una granulometría más fina respecto a la de Bautista.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad D" del punto Arrupe se clasifica como "Unidad D", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad D de Bautista, con una granulometría más fina respecto a la curva granulométrica de dicho autor.

Tabla No. 5.18: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad D, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Bautista y Miranda

Fuente: De los autores.

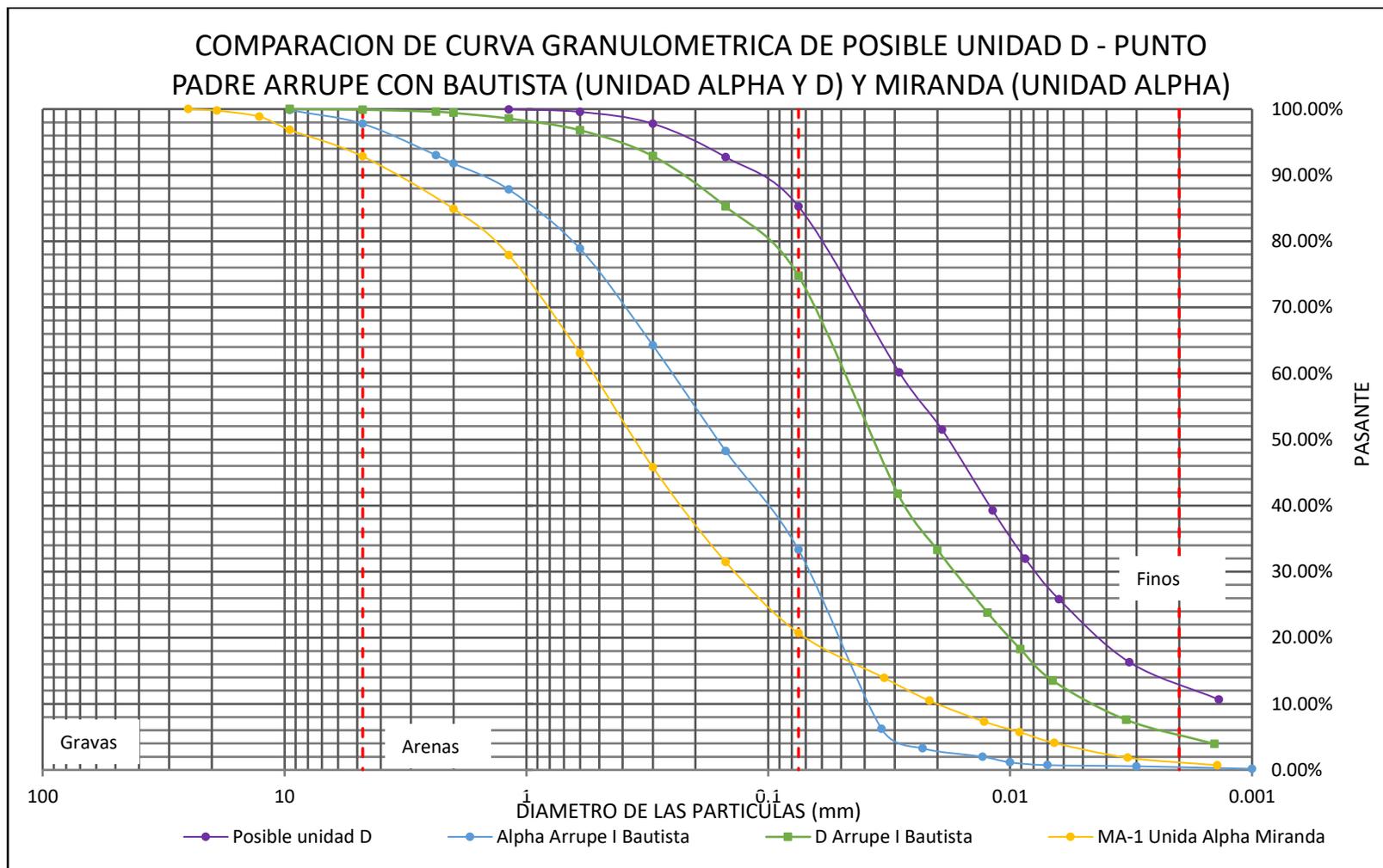


Figura No. 5.17: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad D, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Miranda y Bautista Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD C		TALUD AEROPUERTO I UNIDAD C ⁶		D ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		GOMEZ		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	-	19.000	100,00	19.000	-
3/8"	9.500	100.00	9.500	99.80	9.500	100.00
No.4	4.750	99.97	4.750	99,30	4.750	99.91
No. 8	2.360	99.81	2.360	98.00	2.360	99.60
No. 10	2.000	99.21	2.000	97.30	2.000	99.42
No. 16	1.180	88.68	1.180	94.50	1.180	98.56
No. 30	0.600	85.04	0.600	88.40	0.600	96.80
No. 50	0.300	81.42	0.300	77.70	0.300	92.88
No. 100	0.150	74.92	0.150	66.20	0.150	85.24
No. 200	0.075	64.34	0.075	54.60	0.075	74.76
HIDROMETRÍA	0.02972	47.09	0.03578	11.80	0.02912	41.79
	0.01959	40.49	0.02291	9.40	0.01996	33.27
	0.01192	31.50	0.01346	5.90	0.01240	23.80
	0.00869	27.00	0.00965	3.50	0.00907	18.27
	0.00632	21.91	0.00682	3.50	0.00666	13.50
	0.00318	17.49	0.00337	2.20	0.00331	7.57
	0.00137	13.26	0.00141	1.10	0.00143	3.93

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona media respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad C, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (D Arrupe I) y además Gómez (Unidad C), que corresponden a puntos medios y proximal respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.18) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados existe una gran similitud entre la parte gruesa de la curva granulométrica de la muestra respecto a la unidad D del autor Bautista,
- En la parte media de la curva, se evidencia que la posible unidad C para los tamaños de 2 mm a 0.5 mm, es gruesa, respecto a la Unidad D Arrupe y Unidad C Gómez, además se evidencia para los tamaños entre 0.5 mm y 0.04 mm, la muestra posible unidad C es más fina respecto a curva de Gómez, pero más gruesa respecto a la curva Unidad D de Bautista.
- Para los tamaños finos en la curva, en los tamaños que se encuentran de 0.04 mm a 0.001 mm la curva posible unidad C mantiene una tendencia muy similar a la unidad D de Bautista, con una granulometría más fina respecto a la de Bautista.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad C" del punto Arrupe se clasifica como "Unidad D", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad D de Bautista, con una granulometría más gruesa en la fracción de tamaños gruesos y más fina a partir de los tamaños 0.04 mm.

Tabla No. 5.19: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad C, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Bautista y Gómez.

Fuente: De los autores.

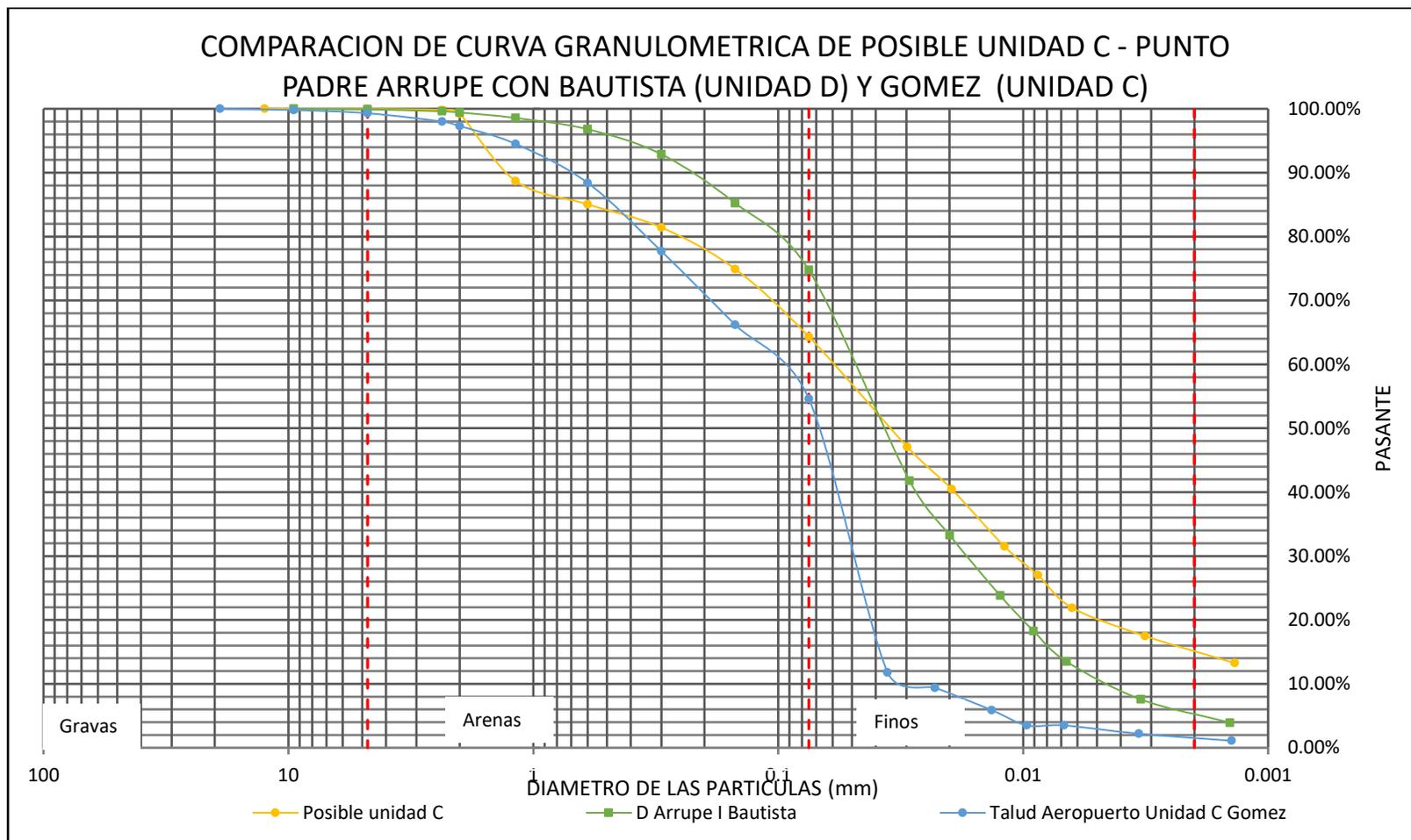


Figura No. 5.18: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad C, punto Padre Arrupe con las investigaciones de Bautista y Gómez
Fuente: De los autores.

5.2.1.5 Punto Arenal Seco

Para la identificación de las diferentes unidades en este punto, se realizó el siguiente análisis:

- Posible unidad F se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (F Arrupe I⁶) y Miranda (MA-8⁶ y MA-2⁶) como se muestra en la Tabla No. 5.20.
- Posible unidad E Húmeda se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (E Húmeda Arrupe I⁶). como se muestra en la Tabla No. 5.21.
- Posible unidad E Seca, se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (E Seca Arrupe I⁶). como se muestra en la Tabla No. 5.22.
- Posible unidad Ignimbrita Alpha superior se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (Alpha Superior Cipreses II⁶ y Alpha Inferior Cipreses II⁶) y Miranda (MA-1⁶). como se muestra en la Tabla No. 5.23.

- Posible unidad Ignimbrita Alpha inferior se comparó con los resultados granulométricos de las investigaciones de: Bautista (Alpha Superior Cipreses II⁶ y Alpha Inferior Cipreses II⁶) y Miranda (MA-1⁶). como se muestra en la Tabla No. 5.24.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD F		UNIDAD F ARRUPE I ⁶		MA-8 ⁶		MA-2 ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA		UNIDAD F MIRANDA		UNIDAD BETA MIRANDA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.000	100.00	19.000	100,00	19.000	-	19.000	-
3/8"	9.500	96.95	9.500	99,08	9.500	100.00	9.500	-
No.4	4.750	91.07	4.750	99.05	4.750	97.00	4.750	-
No. 8	2.360	82.77	2.360	88.40	2.360	95.00	2.360	-
No. 10	2.000	80,61	2.000	83.78	2.000	88.40	2.000	100.00
No. 16	1.180	70.62	1.180	74.44	1.180	83.78	1.180	99.68
No. 30	0.600	61.55	0.600	60.77	0.600	74.44	0.600	98.70
No. 50	0.300	48.66	0.300	47.32	0.300	60.77	0.300	95.23
No. 100	0.150	36.51	0.150	35.74	0.150	47.32	0.150	86.72
No. 200	0.075	26.71	0.075	28.76	0.075	35.74	0.075	69.04
HIDROMETRÍA	0.03408	13.57	0.02095	23.71	0.03161	28.76	0.03139	40.93
	0.02221	10.55	0.01274	17.83	0.02095	23.71	0.02089	29.83
	0.01310	8.13	0.00920	14.90	0.01274	17.83	0.01264	17.83
	0.00939	6.92	0.00670	11.12	0.00920	14.90	0.00909	13.19
	0.00671	5.72	0.00339	6.17	0.00670	11.12	0.00654	8.45
	0.00334	4.34	0.00146	2.54	0.00339	6.17	0.00325	3.25
	0.00140	3.74	0.00142	3.09	0.00146	2.54	0.00139	0.46

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona proximal respecto al foco de emisión, y dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad F, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (F Arrupe I) y además Miranda (F miranda y MA-2 Beta Miranda), que corresponden a puntos medios y proximales respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.19) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados obtenidos, existe una gran similitud entre la parte gruesa de la curva granulométrica de la muestra respecto a la unidad F de Bautista, pero la curva posible unidad F es más gruesa, posiblemente por la cercanía al foco.
- En la parte media de la curva, se mantiene una granulometría más gruesa para la muestra posible unidad F respecto a la unidad F de Bautista y Miranda, esto se cumple para los tamaños de partícula entre 4 mm y 0.075 mm (Arenas). Comparando la muestra con la unidad Beta Miranda existe una diferencia marcada para los tamaños intermedios, la muestra posible unidad F es mucho más gruesa en esa zona de la curva.
- Para la parte de los finos (tamaños menores a 0.075 mm) la curva de la muestra posible unidad F mantiene una granulometría más gruesa respecto a Miranda y Bautista para los tamaños de 0.075 mm a 0.004 mm. Para los tamaños entre 0.004 mm a 0.001 mm presenta una similitud en su tendencia respecto a la Unidad F de los autores Bautista y Miranda.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad F" del Arenal Seco se clasifica como "Unidad F", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad F de Miranda, pero con una granulometría más gruesa para los tamaños gruesos e intermedios en la curva.

Tabla No. 5.20: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad F, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista y Miranda

Fuente: De los autores.

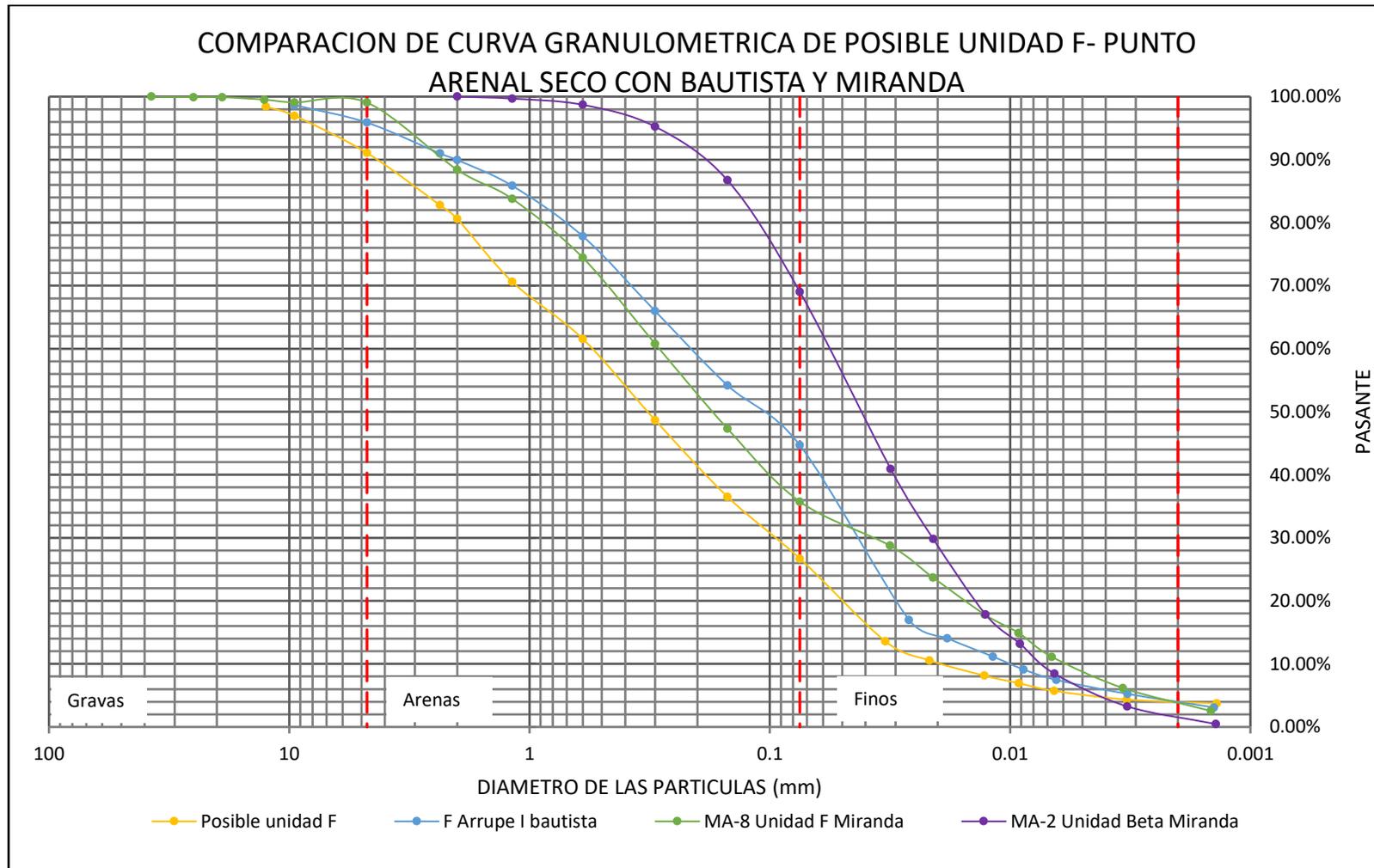


Figura No. 5.19: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad F, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista y Miranda.
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E HUMEDA		E HUMEDA ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.00	100.00	19.00	-
3/8"	9.500	99.89	9.500	100.00
No.4	4.750	99.20	4.750	99.96
No. 8	2.360	97.84	2.360	99.60
No. 10	2.000	97.18	2.000	99.39
No. 16	1.180	91.52	1.180	98.30
No. 30	0.600	80.23	0.600	93.33
No. 50	0.300	50.04	0.300	77.01
No. 100	0.150	28.13	0.150	58.52
No. 200	0.075	23.66	0.075	50.07
HIDROMETRÍA	0.03106	13.43	0.03034	23.49
	0.02029	11.61	0.01984	20.68
	0.01215	9.38	0.01192	17.25
	0.00872	8.49	0.00870	14.44
	0.00634	6.61	0.00631	11.94
	0.00322	5.07	0.00319	7.79
	0.00135	3.92	0.00138	5.49

ANALISIS: Para el punto analizado dentro de la zona proximal respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad E húmeda, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (E húmeda Arrupe I) que corresponde al punto medio respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.20) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados obtenidos, existe similitud, en la parte gruesa de la curva respecto a la Unidad E húmeda de Bautista.
- Analizando la parte media de la curva, se evidencia una granulometría más gruesa para la muestra posible unidad E húmeda respecto a Bautista, esto se cumple para los tamaños de partícula entre 4 mm y 0.075 mm (Arenas).
- Para la fracción de lo finos (tamaños menores a 0.075 mm) la curva posible Unidad E humedad es un poco más gruesa entre los tamaños de 0.075 mm a 0.001 mm, esto por encontrarse en una zona más cercana respecto al foco de emisión.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad E húmeda" del punto Arenal Seco se clasifica como "**Unidad E húmeda**", Obteniendo una tendencia parecida a la unidad E húmeda de Bautista, pero con una granulometría más gruesa.

Tabla No. 5.21: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Húmeda, punto Arenal Seco con la investigación de Bautista

Fuente: De los autores.

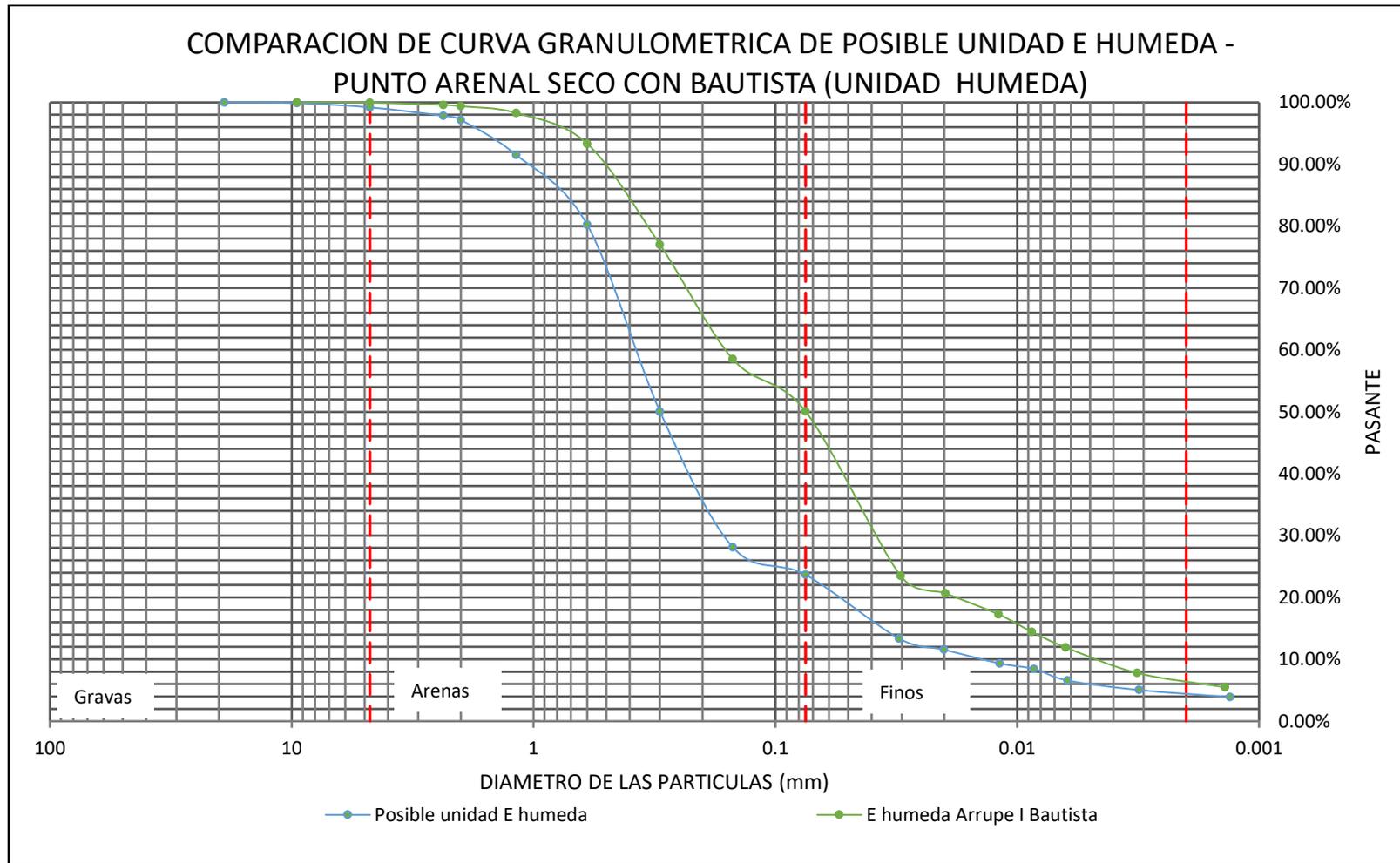


Figura No. 5.20: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad E Húmeda, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista
 Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD E SECA		E SECA ARRUPE I ⁶	
	PROMEDIO		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
1"	25.000	100.00	25.000	-
3/4"	19.00	99.53	19.00	100.00
3/8"	9.500	95.98	9.500	99.69
No.4	4.750	89.28	4.750	97.08
No. 8	2.360	77.46	2.360	86.15
No. 10	2.000	73.21	2.000	82.31
No. 16	1.180	57.35	1.180	64.56
No. 30	0.600	29.01	0.600	35.42
No. 50	0.300	6.61	0.300	11.44
No. 100	0.150	1.84	0.150	7.36
No. 200	0.075	0.65	0.075	6.79

ANALISIS: Para el punto analizado dentro de la zona proximal respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad E seca, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (E seca Arrupe I), que corresponden a puntos medios respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.21) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados en la parte gruesa de la curva granulométrica de la muestra posible E seca respecto a la unidad E seca de Bautista, se evidencia tendencia un poco más gruesa, con pómez de mayor tamaño.
- En la parte media de la curva, se evidencia gran similitud respecto a unidad E seca de Bautista, para los tamaños de 4 mm a 0.075 mm, la posible unidad E mantiene una granulometría más gruesa para esos tamaños de arenas, esto en relación a que la muestra proviene de la zona proximal a la caldera de Ilopango.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad E seca" del punto Arenal seco se clasifica como "**Unidad E seca**", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad E seca de Bautista. Con una granulometría más gruesa en todos los tamaños de la curva.

Tabla No. 5.22: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad E Seca, punto Arenal Seco con la investigación de Bautista

Fuente: De los autores.

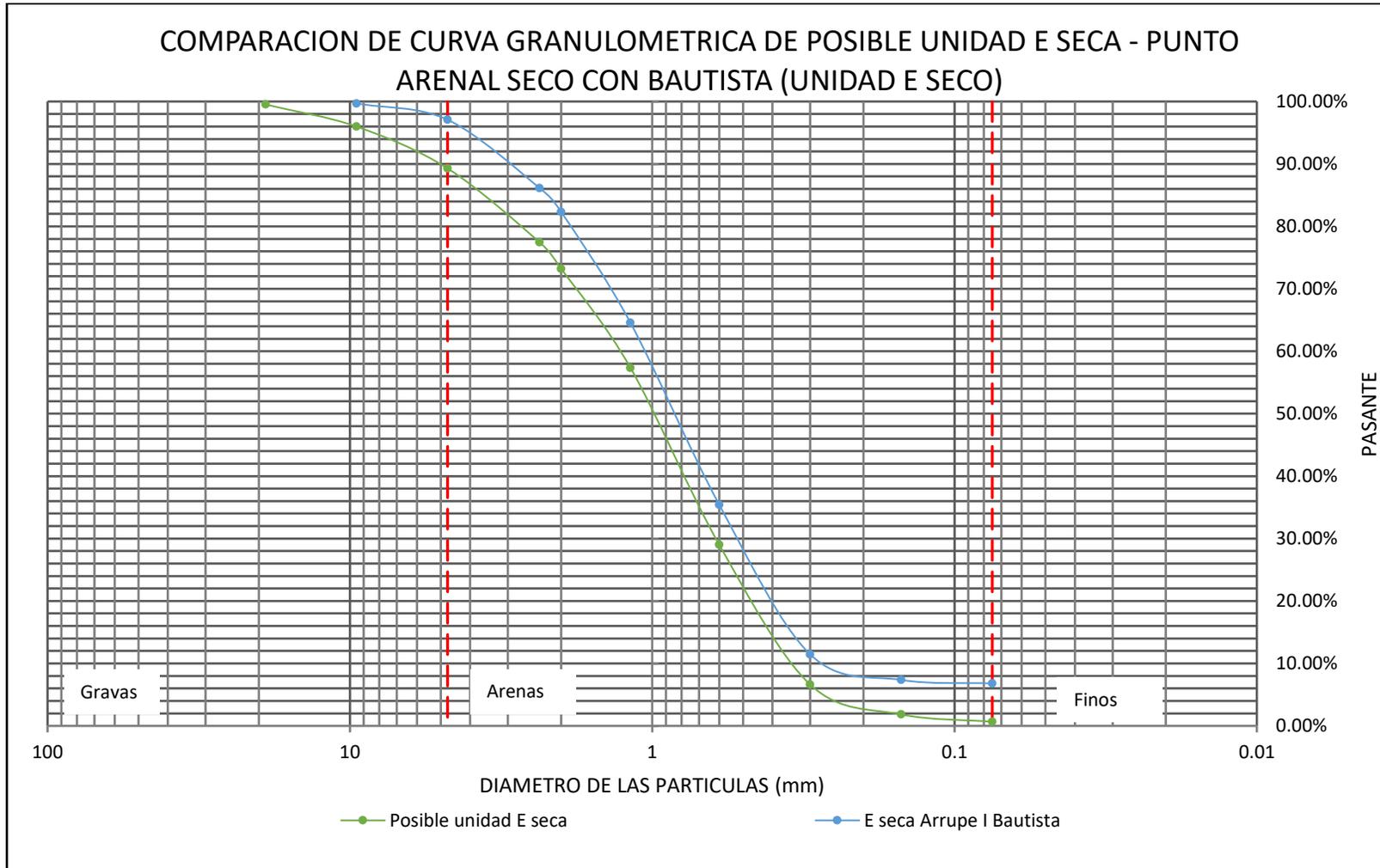


Figura No. 5.21: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad E Seca, punto Padre Arrupe con la investigación de Bautista
 Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGNIMBRITA ALPHA SUPERIOR		MA-1 ⁶		ALPHA SUP CIPRESES II ⁶		ALPHA INF CIPRESES II ⁶	
	PROMEDIO		UNIDAD ALPHA MIRANDA		BAUTISTA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	19.00	100.00	19.00	100,00	19.00	100,00	19.00	100.00
3/8"	9.500	98.79	9.500	96.85	9.500	99.85	9.500	99.84
No.4	4.750	95.88	4.750	92.84	4.750	97.77	4.750	99.40
No. 8	2.360	89.84	2.360	84.90	2.360	93.02	2.360	97.06
No. 10	2.000	87.84	2.000	84.90	2.000	91.76	2.000	95.92
No. 16	1.180	82.31	1.180	77.87	1.180	87.81	1.180	91.83
No. 30	0.600	68,75	0.600	63.04	0.600	78.86	0.600	84.77
No. 50	0.300	50.85	0.300	45.78	0.300	64.24	0.300	70.12
No. 100	0.150	35.45	0.150	31.47	0.150	48.26	0.150	53.02
No. 200	0.075	22.95	0.075	20.70	0.075	33.30	0.075	33.79
HIDROMETRÍA	0.03616	5.09	0.03316	13.92	0.03663	6.21	0.03425	8.30
	0.02309	4.37	0.02154	10.47	0.02414	3.26	0.02258	5.01
	0.01353	3.33	0.01279	7.30	0.01418	1.99	0.01336	3.13
	0.00967	2.80	0.00915	5.73	0.01013	1.14	0.00955	2.27
	0.00689	2.33	0.00656	4.08	0.00721	0.72	0.00680	1.72
	0.00344	1.64	0.00326	1.84	0.00348	0.55	0.00334	0.78
	0.00143	1.33	0.00139	0.71	0.00150	0.17	0.00143	0.47

ANÁLISIS: Para el punto analizado dentro de la zona proximal respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad ignimbrita Alpha, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (Alpha Superior Cipreses II y Alpha Inferior Cipreses II) y además Miranda (Alpha miranda), que corresponden a puntos en la zona proximal respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.22) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados existe una gran similitud entre la parte gruesa de la curva granulométrica de la muestra respecto a la unidad Alpha Superior de Bautista, pero con granulometría más gruesa, Además la muestra posible unidad Alpha superior es más fina respecto a la Unidad Alpha de Miranda.
- En la parte media de la curva, se evidencia gran similitud respecto a unidad Alpha de Miranda en los tamaños de 4 mm a 0.075 mm, con una granulometría más fina, además la posible Unidad Alpha Superior resulta más gruesa respecto a la unidad Alpha Superior e Inferior de Bautista.
- Para los tamaños finos en la curva, en los tamaños de 0.075 mm a 0.001 la curva posible unidad Ignimbrita Alpha mantiene de igual forma una tendencia muy similar a la unidad Alpha Superior de Bautista, con granulometría más gruesa de 0.075 mm a 0.03 mm, a partir de ahí se mantiene con una granulometría muy similar. Comparando con la curva de Miranda a partir de tamaño 0.06 mm y menores las curvas difieren, resultados posible Unidad Alpha Superior con una granulometría más gruesa respecto a dicho autor.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad Ignimbrita Alpha superior" del punto Arenal Seco se clasifica como "Unidad Ignimbrita Alpha Superior", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad Alpha Superior de Bautista, en el Punto Cipreses que de igual forma se encuentra próximo al foco de emisión.

Tabla No. 5.23: Comparación resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Alpha Superior, punto Arenal Seco con las investigaciones de Miranda y Bautista

Fuente: De los autores.

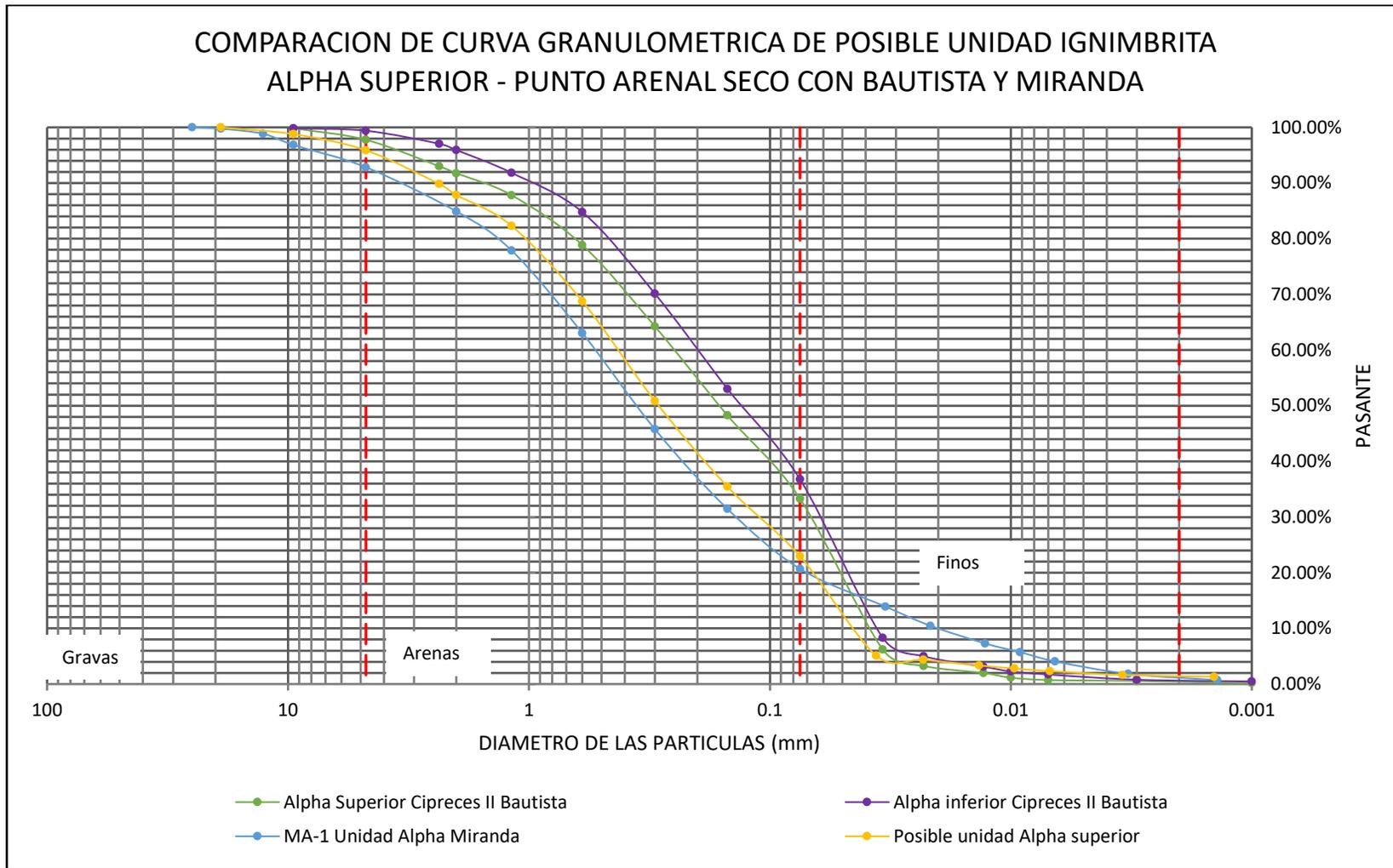


Figura No. 5.22: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad Alpha Superior, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista y Miranda
Fuente: De los autores.

TAMAÑO DE MALLA	POSIBLE UNIDAD IGNIMBRITA ALPHA INFERIOR		MA-1 ⁶		ALPHA SUP CIPRESSES II ⁶		ALPHA INF CIPRESSES II ⁶	
	PROMEDIO		UNIDAD ALPHA MIRANDA		BAUTISTA		BAUTISTA	
	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA	APERTURA (mm)	% QUE PASA
3/4"	25.000	100.00	19.00	100,00	19.00	100,00	19.00	100.00
3/8"	19.000	99.34	9.500	96.85	9.500	99.85	9.500	99.84
No.4	9.500	98.77	4.750	92.84	4.750	97.77	4.750	99.40
No. 8	4.750	94.54	2.360	84.90	2.360	93.02	2.360	97.06
No. 10	2.360	86.27	2.000	84.90	2.000	91.76	2.000	95.92
No. 16	2.000	83.65	1.180	77.87	1.180	87.81	1.180	91.83
No. 30	1.180	77.74	0.600	63.04	0.600	78.86	0.600	84.77
No. 50	0.600	62.54	0.300	45.78	0.300	64.24	0.300	70.12
No. 100	0.300	44.19	0.150	31.47	0.150	48.26	0.150	53.02
No. 200	0.150	29.00	0.075	20.70	0.075	33.30	0.075	33.79
HIDROMETRÍA	0.075	18.28	0.03316	13.92	0.03663	6.21	0.03425	8.30
	0.03553	5.48	0.02154	10.47	0.02414	3.26	0.02258	5.01
	0.02293	4.34	0.01279	7.30	0.01418	1.99	0.01336	3.13
	0.01334	3.91	0.00915	5.73	0.01013	1.14	0.00955	2.27
	0.00943	3.79	0.00656	4.08	0.00721	0.72	0.00680	1.72
	0.00673	3.37	0.00326	1.84	0.00348	0.55	0.00334	0.78
	0.00334	2.73	0.00139	0.71	0.00150	0.17	0.00143	0.47

ANALISIS: Para el punto analizado dentro de la zona proximal respecto al foco de emisión, dado su ubicación dentro de la estratigrafía de las TBJ y las características granulométricas de los materiales identificados in situ se supone como posible unidad ignimbrita Alpha Inferior, por lo que se compararon las curvas granulométricas de Bautista (Alpha Superior Cipreses II y Alpha Inferior Cipreses II), además Miranda (Alpha miranda) y Posible Unidad Alpha Superior que corresponden a puntos en la zona proximal respecto al foco de emisión (ver Figura No. 5.23) donde se analizó lo siguiente:

- Al comparar los resultados existe una gran similitud entre la parte gruesa de la curva granulométrica de la muestra respecto a la unidad Alpha Superior de Bautista, pero con granulometría más gruesa, Además la muestra posible unidad Alpha es más fina respecto a la Unidad Alpha de Miranda.
- En la parte media de la curva, se evidencia gran similitud respecto a unidad Alpha de Miranda en los tamaños de 4 mm a 0.075 mm, respecto a la curva de la posible Alpha superior posee una granulometría más gruesa.
- Para los tamaños finos en la curva, en los tamaños de 0.075 mm a 0.04 mm la curva posible unidad Ignimbrita Alpha Inferior mantiene de igual forma una tendencia más gruesa respecto a los otros autores, con granulometría idéntica en su tendencia para los tamaños de 0.04 mm y menores.

Con base a las características analizadas anteriormente, podemos confirmar que la muestra "Posible Unidad Ignimbrita Alpha Inferior" del punto Arenal Seco se clasifica como "Unidad Ignimbrita Alpha Inferior", Obteniendo una tendencia muy parecida a la unidad Ignimbrita Alpha Superior definida en la Tabla 5.23 anteriormente en la misma zona.

Tabla No. 5.24: Comparación de resultados granulométricos de la posible Unidad Ignimbrita Alpha Inferior, punto Arenal Seco con las investigaciones de Bautista y Miranda
Fuente: De los autores.

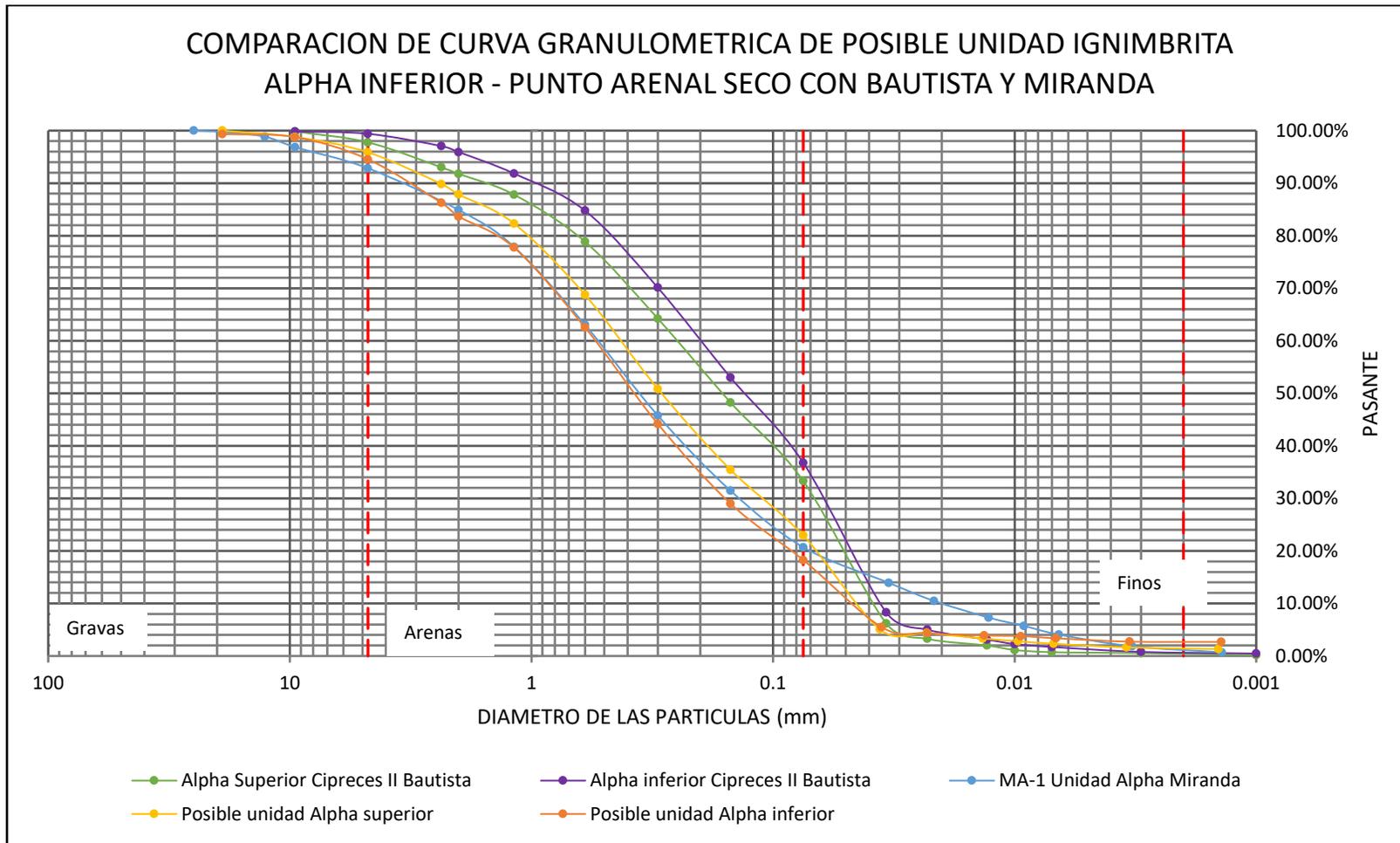


Figura No. 5.23: Comparación Curva Granulométrica Posible Unidad Ignimbrita Alpha Inferior, punto Arenal Seco con las investigaciones de Miranda y Bautista.
Fuente: De los autores.

5.2.2 RESUMEN DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE TBJ
DEFINIDAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO SEGÚN LA ZONA
DE ESTUDIO.

En la Tabla No 5.25 se presentan las unidades definidas de TBJ presentes en cada punto en estudio.

RESUMEN DE UNIDADES DEFINIDAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO				
ZONA DISTAL				
PUNTO	UBICACIÓN	DISTANCIA CON RESPECTO AL FOCO (KM)	CANTIDAD DE UNIDADES	UNIDADES DEFINIDAS
Prolongación Blvd Constitución	Prolongación Blvd Constitución	21.43	1	G
Redondel Integración	Redondel Integración	22.20	5	F
				IGNIMBRITA BETA
				E
				IGNIMBRITA ALPHA
D				
ZONA MEDIA				
PUNTO	UBICACIÓN	DISTANCIA CON RESPECTO AL FOCO (KM)	CANTIDAD DE UNIDADES	UNIDADES DEFINIDAS
UES	Universidad de El Salvador, San Salvador	17.56	2	G
				F
Padre Arrupe	Padre Arrupe, Carretera de Oro, Apopa	13.32	6	G
				F
				IGNIMBRITA BETA
				E
				D
C				
ZONA PROXIMAL				
PUNTO	UBICACIÓN	DISTANCIA CON RESPECTO AL FOCO (KM)	CANTIDAD DE UNIDADES	UNIDADES DEFINIDAS
Arenal Seco Punto 4	Arenal Seco, Ilopango	8.74	3	F
				E
				IGNIMBRITA ALPHA

Tabla No. 5.25 Resumen de unidades de TBJ definidas en los puntos muestreados.
Fuente: De los autores.

5.2.3 DESCRIPCION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE TBJ EN CADA PUNTO.

Con base en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio presentados en el capítulo 4 y en la interpretación y análisis realizado en el apartado 5.2.1, se detalla en las Tablas desde la No. 5.26 a la 5.30, un resumen de las propiedades físicas de las diferentes unidades de TBJ presentes en cada punto en estudio.

a. Punto Prolongación Blvd. Constitución

En este punto de muestreo se identificó la unidad G, la que presenta las siguientes características físicas (Ver Tabla No 5.26):

DESCRIPCIÓN	
No. de unidades	1
Nombre de unidad	G
Porcentaje de Grava (%)	0.00
Porcentaje de Arena (%)	25.09
Porcentaje de Limos (%)	60.75
Porcentaje de Arcilla (%)	14.16
Tamaño máximo	2 mm
Color	Café claro
Plasticidad	NP
Símbolo de grupo según SUCS	ML
Clasificación según SUCS	Limo con Arena (ML), color café claro, con presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y finos NP
Gravedad específica	2.46
Densidad húmeda (Kg/m ³)	1,424
Densidad seca (Kg/m ³)	1,310
Contenido de humedad (%)	8.69

Tabla No. 5.26: Cuadro resumen de las propiedades físicas de la unidad G presente en el punto Prolongación Blvd Constitución.

Fuente: De los autores.

Desde el punto de vista geológico, corresponde a depósitos de ceniza y flujos piroclásticos no consolidados, que al evaluar los resultados obtenidos existe una muy buena correspondencia, en base a lo siguiente:

- Presenta una matriz fina, que corresponde en mayor cuantía a limos en un 60.75% (NP), arcillas en un 14.16% y presencia de arena en un 25.09%, con un tamaño máximo de pómez de 2mm, la cual presentaba un color café claro.
- Por ser un depósito no consolidado, se observa que posee una densidad seca promedio de 1,310 Kg/m³, la cual se le podría atribuir a que se encuentra distal al punto de emisión.
- El valor de Gravedad Especifica promedio en la zona distal para esta unidad resulto de 2.46, este valor se le podría atribuir a la presencia de mayor cantidad de material fino, es decir, presenta un aumento de peso en relación a su volumen.

b. Punto Redondel Integración

En este punto de muestreo se identificaron las unidades: F, Ignimbrita Beta, E seca, E húmeda y D, las que presentaron las siguientes características físicas (Ver Tabla No 5.27):

DESCRIPCIÓN						
No. de unidades	4					
Nombre de unidad	F	Ignimbrita Beta	E			D
			Húmeda	Seca Superior	Seca Inferior	
Porcentaje de Grava (%)	0.40	0.08	0.00	0.68	0.92	0.00
Porcentaje de Arena (%)	41.24	58.76	69.20	98.23	96.95	33.73
Porcentaje de Limos (%)	44.10	36.50	27.20	1.09	2.13	51.03

Porcentaje de Arcilla (%)	14.26	4.66	3.60			15.24
Tamaño máximo	3/8"	3/8"	2 mm	3/4"	3/4"	2 mm
Cu	NA	NA	8.68	2.74	2.36	NA
Cc	NA	NA	0.36	1.00	0.96	NA
Color	Café claro	Café oscuro	Café oscuro	Café claro	Café claro	Café claro
Plasticidad	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Símbolo de grupo según SUCS	ML	SM	SM	SP	SP	ML
Clasificación según SUCS	Limo Arenoso (ML), color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/8" y finos NP	Arena Limosa (SM), color café oscuro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/8" y finos NP	Arena Limosa (SM), color café oscuro, con TM 2 mm y finos NP	Arena Mal Graduada (SP), color café claro, con TM 3/4" y finos NP	Arena Mal Graduada (SP), color café claro, con TM 3/4" y finos NP	Limo con Arena (ML), color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y finos NP
Gravedad específica	2.47	2.52	2.54	2.42	2.40	2.41
Densidad húmeda (Kg/m³)	1,298	1,363	1,280	1,570	1,570	1,414
Densidad seca (Kg/m³)	1,227	1,286	1,259	1,540	1,540	1,286
Contenido de humedad (%)	5.77	6.01	1.63	1.48	1.11	9.92

Tabla No. 5.27: Cuadro resumen de las propiedades físicas de las unidades de TBJ presentes en el punto Redondel Integración.
Fuente: De los autores.

- Para la unidad F se puede analizar:

La unidad F está compuesta desde el punto de vista geológico por varios flujos piroclásticos masivos, no consolidados, presenta matriz de cenizas gruesas con abundantes fragmentos de pómez en la parte superior y líticos en la parte inferior, que al evaluar los resultados obtenidos existe una muy buena correspondencia, en base a lo siguiente:

- Presenta una matriz gruesa, que corresponde en mayor cuantía a limos en un 44.10%, arcillas en un 14.26%, y presenta material

grueso de tamaño arena en un 41.24%, el tamaño máximo de pómez obtenido fue de 3/8", la cual presentaba un color café claro, sin embargo, el cambio en la matriz de gruesa en la zona proximal a fina en la zona distal, es producida por la distancia que recorre el material al ser depositado, reflejándose este hecho en una granulometría más fina.

- Por ser depósitos no consolidados, se observa que posee una densidad seca promedio de 1,227 Kg/m³.
- El valor de gravedad específica promedio obtenido en la zona distal para esta unidad resulto de 2.47, para esta unidad es alto, sin embargo, presentaba mayor cantidad de material fino, es decir, un aumento de peso en relación a su volumen.

- Para la unidad Ignimbrita Beta se puede analizar:

La unidad Ignimbrita Beta está constituida desde el punto de vista geológico por cenizas muy compactas, con abundante matriz fina con pómez y lítico en moderada presencia, que, al evaluar los resultados obtenidos, se puede determinar lo siguiente:

- Presenta una matriz fina, que corresponde en mayor cuantía a arenas medias a finas en un 69.20%, limos en un 36.50% y en

menor cantidad arcillas en un 4.66%, el tamaño máximo de pómez obtenido fue de 3/8", la cual presentaba un color café claro.

- A pesar de que debería ser un depósito consolidados, se observa que posee una densidad seca promedio de $1,286 \text{ kg/m}^3$, este cambio se le puede atribuir a la distancia que tienen que recorrer los materiales desde el punto de emisión y a presencia de pómez, por tanto, podrían estar menos consolidadas que en la zona proximal.
- ⊖ El valor de Gravedad Especifica promedio en la zona distal para esta unidad resulto de 2.52, este valor podría atribuirse a la presencia de líticos de color oscuro, bastante densos, es decir, los líticos tienen una densidad alta que hacen que incremente la densidad en conjunto del material.

- Para la unidad E, se encontró un estrato húmedo y dos secos (superior e inferior), de los cuales se puede analizar lo siguiente:
 - Para el estrato E húmeda se puede decir:

Está unidad está constituida desde el punto de vista geológico, por cenizas muy finas, bastante consolidadas, que al evaluar los resultados obtenidos se puede decir lo siguiente:

- Presenta una matriz fina, que corresponde en mayor cuantía a arenas medias a finas en un 69.20%, limos en un 27.20%, y en menor cantidad arcillas en un 3.60%, el tamaño máximo obtenido fue de 2 mm, la cual presentaba un color café oscuro.
- A pesar de que desde el punto de vista geológico este material es consolidado, presento una densidad seca de 1,259 Kg/m³, este resultado se le puede atribuir a la distancia que tiene que recorrer los materiales desde el punto de emisión, por tanto, se encuentran menos consolidadas que en la zona proximal.
- El valor de Gravedad Especifica promedio en la zona distal para esta unidad resulto de 2.54, este valor podría atribuirse a la presencia de líticos, bastante densos, es decir, los líticos tienen una densidad alta que hacen que incremente la densidad en conjunto del material.

- Para la unidad E Seca superior se puede decir:

Está unidad está constituida desde el punto de vista geológico, por cenizas gruesas no consolidadas, con piedra pómez, lapilli y líticos, que al evaluar los resultados obtenidos podemos mencionar:

- Presenta una matriz gruesa, que corresponde en mayor cuantía a arenas de media a finas en un 98.23%, finos en un 1.09% y el tamaño máximo obtenido de pómez fue de $\frac{3}{4}$ " , la cual presentaba un color café claro.
 - A pesar de que desde el punto de vista geológico es un depósito no consolidado, se observa que posee una densidad seca promedio alta, en el orden de $1,540 \text{ kg/m}^3$, este resultado se le puede atribuir a la presencia de líticos de color oscuro, bastante densos y que en este lugar el material se veía bastante consolidado.
 - El valor de densidad específica promedio en la zona distal para esta unidad resulto de 2.42, para este material es alto, ya que en su mayoría es de tipo pomítico, pero se le observaba mucha presencia de líticos de color oscuro, es decir, un aumento de peso en relación a su volumen.
- Para la unidad E seca inferior se puede decir:
 - Presenta una matriz gruesa, que corresponde en mayor cuantía a arenas de media a finas en un 96.95%, finos en un 2.13%, y el tamaño máximo obtenido de pómez fue de $\frac{3}{4}$ " , la cual presentaba un color café claro.

- A pesar de que desde el punto de vista geológico es un depósito no consolidado, se observa que posee una densidad seca promedio alta, en el orden de $1,540 \text{ kg/m}^3$, este resultado se le puede atribuir a la presencia de líticos de color oscuro, bastante densos y que en este lugar el material se veía bastante consolidado
- El valor de densidad específica promedio para la zona distal para esta unidad resulto de 2.40, para este material es alto, ya que en su mayoría es de tipo pomítico, pero se le observaba mucha presencia de líticos de color oscuro, es decir, un aumento de peso en relación a su volumen.

- Para la unidad D se puede decir:

Este depósito se caracteriza por ser rico en cenizas de grano fino, bien seleccionados desde el punto de vista geológico, pero mal graduado desde el punto de vista geotécnico. Este depósito en la facies intermedia y distales es no consolidado con ligeras variaciones entre un horizonte y otro, con base a esta descripción y evaluando los resultados se puede decir lo siguiente:

- Presenta una matriz fina que corresponde en mayor cuantía a limos en un 51.03%, arenas medias a finas en un 33.73%, y arcillas en

un 15.24%, el tamaño máximo de las cenizas fue de 2mm, la cual presentaba un color café claro.

- Desde el punto de vista geológico y dado su ubicación distal, es un depósito no consolidado, comprobándose con el valor de la densidad seca promedio, la cual es media, en magnitud de 1,286 Kg/m³.
- El valor de la gravedad específica promedio en la zona distal para esta unidad resulto de 2.41, este valor se le podría atribuir a la presencia de mayor cantidad de material fino, es decir, presenta un aumento de peso en relación a su volumen.

Comparando los resultados de las diferentes unidades se observa en relación con la Gravedad Especifica lo siguiente:

- Los mayores valores obtenidos corresponden a la Ignimbrita Beta con un valor de 2.52 y la unidad E_{humeda} con un valor de 2.54.
- El valor intermedio corresponde a la Unidad F con un valor de 2.47.
- Los valores más bajos correspondieron a la unidad E_{seca superior} con un valor de 2.42, unidad D con un valor de 2.41 y E_{seca inferior} con un valor de 2.40.
- Las variaciones de las gravedades específicas obtenidas se les atribuyen a las diferentes composiciones mineralógicas que las constituyen.

Comparando las densidades secas de los suelos que constituyen las diferentes unidades, se observa:

- La mayor densidad seca obtenido corresponde a la unidad E_{seca} Superior e Inferior con un valor promedio de 1,540 kg/m³.
- Los valores intermedios se obtuvieron para las unidades Ignimbrita Beta y D con un valor promedio de 1,286 kg/m³.
- Los menores valores se obtuvieron para la Unidad F con un valor promedio de 1,227 kg/m³; y la Unidad E_{humeda} con un valor promedio de 1,259 kg/m³.
- La variación de los pesos volumétricos entre unidades se relaciona directamente con la composición mineralógica, el tamaño y distribución de las partículas, y de la forma en que fueron depositados los materiales.

c. Punto UES

En este punto de muestreo se identificaron las unidades: G y F (Ver Tabla No. 5.28).

DESCRIPCIÓN		
No. de unidades	2	
Nombre de unidad	G	F
Porcentaje de Grava (%)	0.00	6.00
Porcentaje de Arena (%)	23.86	60.31
Porcentaje de Limos (%)	59.64	28.48
Porcentaje de Arcilla (%)	16.50	5.21
Tamaño máximo	2 mm	1 1/2"
Color	Café claro	Café claro
Plasticidad	NP	NP
Símbolo de grupo según SUCS	ML	SM

Clasificación según SUCS	Limo con Arena, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP	Arena limosa, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 1 1/2" y con finos NP
Gravedad específica	2.43	2.31
Densidad húmeda (kg/m ³)	1,379	1,290
Densidad seca (kg/m ³)	1,277	1,140
Contenido de humedad (%)	7.96	6.69

Tabla No. 5.28: Cuadro resumen de propiedades físicas de las unidades de TBJ presentes en el punto UES.

Fuente: De los autores.

- Para la unidad G se puede analizar:

La unidad G desde el punto de vista geológico corresponde a depósitos de ceniza y flujos piroclásticos no consolidados, que al evaluar los resultados obtenidos existe una muy buena correspondencia, en base a lo siguiente:

- Presenta una matriz fina, que corresponde en mayor cuantía a limos en un 59.64%, arcillas en un 16.50% y con arena media a fina en un 23.86%, el tamaño máximo de pómez obtenido fue de 2mm, la cual presentaba un color café claro.
- Por ser depósitos no consolidados, se observa que posee una densidad seca promedio de 1,277 kg/m³, la cual es atribuida a la distancia que tienen que recorrer los materiales desde el punto de emisión.
- El valor de Gravedad Específica promedio en la zona medía para esta unidad resulto de 2.43, este valor se le podría atribuir a la presencia de mayor cantidad de material fino, es decir, presenta un aumento de peso en relación a su volumen.

- Para la unidad F se puede analizar:

La unidad F está compuesta desde el punto de vista geológico por varios flujos piroclásticos masivos, no consolidados, presenta matriz de cenizas gruesas con abundantes fragmentos de pómez en la parte superior y líticos en la parte inferior, que al evaluar los resultados obtenidos existe una muy buena correspondencia, con base a lo siguiente:

- Presenta una matriz gruesa, que corresponde en mayor cuantía a arena media a fina en un 60.31%, limos en un 28.48% y en menor cantidad a arcillas en un 5.21%, el tamaño máximo de pómez obtenido fue de 1 ½", la cual presentaba un color café claro.
- Por ser depósitos no consolidados, se observa que posee una densidad seca promedio baja del orden de 1,140 kg/m³, este resultado se le puede atribuir la abundante presencia de pómez y la distancia que tienen que recorrer los materiales desde el punto de emisión.
- El valor de Gravedad Especifica promedio en la zona media para esta unidad resulto de 2.31, esto se debe a que la mayoría de los granos son gruesos, con abundante contenido de pómez, reduciendo su peso en relación a su volumen.

Comparando los resultados de las dos unidades se observa en relación con la Gravedad Especifica lo siguiente:

- La unidad G presenta una Gravedad Especifica mayor con un valor de 2.43, mientras que la unidad F es menor, con un valor de 2.31. Las variaciones de las gravedades específicas obtenidas se les atribuyen a las diferentes composiciones mineralógicas que las constituyen y a la presencia de pómez.

Comparando las densidades secas de los suelos que constituyen las diferentes unidades, se observa:

- La mayor densidad seca obtenido corresponde a la unidad G con un valor de 1,277 kg/m³, mientras que la unidad F obtuvo un valor de densidad seca menor, con un valor de 1,140 kg/m³. La variación de los pesos volumétricos entre estas dos unidades se relaciona directamente con la composición mineralógica, el tamaño y distribución de las partículas, y de la forma en que fueron depositados los materiales.

d. Punto Padre Arrupe

En este punto de muestreo se identificaron las unidades: G, F, Ignimbrita Beta, E húmeda, E seca y D (Ver Tabla No. 5.29).

DESCRIPCIÓN						
No. de unidades	5					
Nombre de unidad	G	F	Ignimbrita Beta	E		D
				Húmeda	Seca	
Porcentaje de Grava (%)	0.25	1.84	0.00	0.18	6.91	0.00
Porcentaje de Arena (%)	18.18	46.55	53.54	55.99	89.51	14.72

Porcentaje de Limos (%)	66.50	41.91	38.16	34.59	3.03	68.99
Porcentaje de Arcilla (%)	15.07	9.70	8.30	9.24	0.55	16.29
Tamaño máximo	¾"	¾"	2 mm	3/8"	1"	2 mm
Cu	NA	NA	NA	75.76	4.08	NA
Cc	NA	NA	NA	2.04	0.92	NA
Color	Café claro	Café claro	Café oscuro	Café oscuro	Café claro	Café claro
Plasticidad	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Símbolo de grupo según SUCS	ML	ML	SM	SM	SP	ML
Clasificación según SUCS	Limo con Arena, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM ¾" y con finos NP	Limo arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM ¾" y con finos NP	Arena Limosa, color café oscuro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP	Arena Limosa, color café oscuro, con TM 3/8" y con finos NP	Arena mal graduada, color café claro, con TM 1" y con finos NP	Limo, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP
Gravedad específica	2.45	2.38	2.50	2.58	2.38	2.48
Densidad húmeda (kg/m³)	880	1,584	1,888	1,859	1,568	1,119
Densidad seca (kg/m³)	814	1,352	1,594	1,540	1,329	996
Contenido de humedad (%)	8.10	17.20	18.46	20.69	17.94	12.35

Tabla No. 5.29: Cuadro resumen de las propiedades físicas de las unidades presentes de TBJ en el punto Padre Arrupe.

Fuente: De los autores.

- Para la unidad G se puede analizar:

La unidad G desde el punto de vista geológico corresponde a depósitos de ceniza y flujos piroclásticos no consolidados, que al evaluar los resultados obtenidos existe una muy buena correspondencia, en base a lo siguiente:

- Presenta una matriz fina, que corresponde en mayor cuantía a limos en un 66.50%, arcillas en un 15.07% y arena media a fina en un 18.18%, el tamaño máximo de pómez fue de ¾", la cual presentaba un color café claro.

- Esta unidad es caracterizada por ser un depósito no consolidado, lo cual se puede comprobar con el resultado de la densidad seca promedio, la cual es baja en el orden de 814 kg/m^3 .
- El valor de Gravedad Especifica promedio en la zona media para esta unidad resulto de 2.45, este valor se le podría atribuir a la presencia de mayor cantidad de material fino, es decir, presenta un aumento de peso en relación con su volumen.

- Para la unidad F se puede analizar:

La unidad F está compuesta desde el punto de vista geológico por varios flujos piroclásticos masivos, no consolidados, presenta matriz de cenizas gruesas con abundantes fragmentos de pómez en la parte superior y líticos en la parte inferior, que, al evaluar los resultados obtenidos, se analiza lo siguiente:

- Presenta una matriz gruesa corresponde en mayor cuantía a arenas medias a finas en un 46.55%, limos en un 41.91% y en menor cantidad a arcillas en un 9.70%, el tamaño máximo de pómez obtenido fue de $\frac{3}{4}$ ", la cual presentaba un color café claro.
- Por ser depósitos no consolidados, se observa que posee una densidad seca promedio de 1352 kg/m^3 , este resultado se le puede atribuir la presencia de pómez y la distancia que tienen que recorrer los materiales desde el punto de emisión.

- El valor de gravedad específica promedio en la zona media para esta unidad resulto de 2.38, esto se debe a que la mayoría de los granos son gruesos de tipo pomíticos, lo que hace que se disminuya este valor.

- Para la unidad Ignimbrita Beta se puede analizar:

La unidad Ignimbrita Beta está constituida desde el punto de vista geológico por cenizas muy compactas, con abundante matriz fina con pómez y lítico en moderada presencia, que, al evaluar los resultados obtenidos, se puede determinar lo siguiente:

- Presenta una matriz fina que corresponde en mayor cuantía a arenas medias a finas en un 53.54%, limos en un 38.16%, y en menor cantidad arcillas en un 8.30%, el tamaño máximo de pómez obtenido fue de 2 mm, la cual presentaba un color café oscuro.
- Esta unidad se caracteriza por contener cenizas muy compactas, lo cual se comprobó con el resultado obtenido de la densidad seca promedio alto, con un valor de 1,594 kg/m³.
- El valor de gravedad específica promedio en la zona media para esta unidad resulto de 2.50, este valor se le podría atribuir al contenido de finos, aumentando su peso en relación con su volumen.

- Para la unidad E, se encontró un estrato húmedo y dos secos (superior e inferior), de los cuales se puede analizar lo siguiente:
 - Para el estrato E húmeda se puede decir:

Esta unidad está constituida desde el punto de vista geológico, por cenizas muy finas, bastante consolidadas, que al evaluar los resultados obtenidos se puede decir lo siguiente:

- Presenta una matriz fina, que corresponde en mayor cuantía a arenas medias a finas en un 55.99%, limos en un 34.59% y en menor cantidad arcillas en un 9.24%, el tamaño máximo obtenido fue de 3/8", la cual presentaba un color café oscuro.
- Por ser un depósito consolidado, posee una densidad seca promedio alta, en el orden de 1,540 kg/m³.
- El valor de gravedad específica promedio en la zona media para esta unidad resulto de 2.58, este valor se le podría atribuir al contenido de finos, aumentando su peso en relación con su volumen.

- Para la unidad E Seca se puede decir:

Esta unidad está constituida desde el punto de vista geológico, por cenizas gruesas no consolidadas, con piedra pómez, lapilli y líticos, que al evaluar los resultados obtenidos podemos mencionar:

- Presenta una matriz gruesa, que corresponde en mayor cuantía a arenas de media a finas en un 89.51%, limos en un 3.03% y en menor cantidad arcillas en un 0.55% y el tamaño máximo obtenido de pómez fue de 1", la cual presentaba un color café claro.
- Por ser un depósito no consolidado, se observa que posee una densidad seca promedio en el orden de 1,329 kg/m³.
- El valor de densidad específica promedio en la zona media para esta unidad resulto de 2.38, esto se debe a que la mayoría de los granos son gruesos, con presencia de abundante contenido de pómez.

- Para la unidad D se puede decir:

Este depósito se caracteriza por ser rico en cenizas de grano fino, bien seleccionados desde el punto de vista geológico, pero mal graduado desde el punto de vista geotécnico. Este depósito en la facies intermedia y distales es no consolidado con ligeras variaciones entre un horizonte y otro, en base a esta descripción y evaluando los resultados se puede decir:

- Presenta una matriz fina que corresponde en mayor cuantía a limos en un 68.99%, arcillas en un 16.29% y arenas en un 14.72%; el tamaño máximo de las cenizas fue de 2mm, la cual presentaba un color café claro.

- Desde el punto de vista geológico es un depósito no consolidado, lo que se puede verificar al revisar el valor de densidad seca promedio, la cual es baja, en magnitud de 996 kg/m^3 .
- El valor de gravedad específica promedio en la zona media para esta unidad resulto de 2.48, este valor se le podría atribuir a la presencia de mayor cantidad de material fino.

Comparando los resultados de las diferentes unidades se observa en relación con la Gravedad Especifica lo siguiente:

- El mayor valor obtenido corresponde a la unidad E_{humeda} con un valor de 2.58.
- Los valores intermedios corresponden a la Unidad Ignimbrita Beta con un valor de 2.50, Unidad D con un valor de 2.48 y Unidad G con un valor de 2.45.
- Los valores más bajos correspondieron a la unidad F y E_{seca} con un valor promedio de 2.38.
- Las variaciones de las gravedades específicas obtenidas se les atribuyen directamente a los diferentes minerales que las constituyen.

Comparando las densidades secas de los suelos que constituyen las diferentes unidades, se observa:

- Las mayores densidades secas obtenidas corresponden a la unidad Ignimbrita Beta con un valor de 1594 kg/m³ y la unidad E_{húmeda} con un valor de 1,540 kg/m³.
- Los valores intermedios se obtuvieron para la unidad F con un valor de 1,352 kg/m³ y E_{seca} con un valor de 1,329 kg/m³.
- Los valores inferiores se obtuvieron para la Unidad D con un valor de 996 kg/m³; y la Unidad G con un valor de 814 kg/m³.
- La variación de los pesos volumétricos entre unidades se relaciona directamente con la composición mineralógica, el tamaño y distribución de las partículas, y de la forma en que fueron depositados los materiales.

e. Punto Arenal Seco

En este punto de muestreo se identificaron las unidades: F, E húmeda, E seca, Ignimbrita Alpha superior e Ignimbrita Alpha inferior, como se muestra en la Tabla No.5.30.

DESCRIPCIÓN					
No. de unidades	3				
Nombre de unidad	F	E		Ignimbrita Alpha	
		Húmeda	Seca	Superior	Inferior
Porcentaje de Grava (%)	8.93	0.80	10.72	4.12	5.46
Porcentaje de Arena (%)	64.36	75.54	88.63	72.92	76.26
Porcentaje de Limos (%)	22.37	18.59	0.65	21.32	15.55
Porcentaje de Arcilla (%)	4.34	5.07		1.64	2.73
Tamaño máximo	1"	½"	1"	1"	1"
Cu	NA	25.67	4.00	NA	NA
Cc	NA	5.61	0.77	NA	NA

Color	Café claro	Café oscuro	Café claro	Rosado tenue	Café claro
Plasticidad	NP	NP	NP	NP	NP
Símbolo de grupo según SUCS	SM	SM	SP	SM	SM
Clasificación según SUCS	Arena Limosa, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 1" y con finos NP	Arena Limosa, color café oscuro, con TM 1/2" y con finos NP	Arena Mal Graduada, color café claro, con TM 1" y con finos NP	Arena Limosa, color rosado tenue, presencia de fragmentos de pómez con TM 1" y con finos NP	Arena Limosa, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 1" y con finos NP
Gravedad específica	2.42	2.50	2.31	2.39	2.44
Densidad húmeda (kg/m ³)	1,830	-	-	1,490	1,490
Densidad seca (kg/m ³)	1,510	-	-	1,390	1,390
Contenido de humedad (%)	24.45	19.79	8.30	3.62	5.46

Tabla No. 5.30: Cuadro resumen de las propiedades físicas de las unidades de TBJ presentes de TBJ en el punto Arenal Seco.

Fuente: De los autores.

- Para la unidad F se puede analizar:

La unidad F está compuesta desde el punto de vista geológico por varios flujos piroclásticos masivos, no consolidados, presenta matriz de cenizas gruesas con abundantes fragmentos de pómez en la parte superior y líticos en la parte inferior, que al evaluar los resultados obtenidos existe una muy buena correspondencia, en base a lo siguiente:

- Presenta una matriz gruesa, corresponde en mayor cuantía a arenas medias a finas en un 64.36%, limos en un 22.37% y en menor cantidad a arcillas en un 4.34%, el tamaño máximo de pómez obtenido fue de 1", la cual presentaba un color café claro.

- A pesar de que esta unidad se caracteriza por ser un depósito no consolidado, se observa que posee una densidad seca promedio alta, en el orden de $1,510 \text{ kg/m}^3$, lo que se le puede atribuir a distancia respecto al foco de emisión en la que se encuentran, es decir, que los materiales más cercanos presentan mayores valores de densidades.
- El valor de gravedad específica promedio en la zona proximal para esta unidad resulto de 2.42, este resultado es alto para esta unidad, sin embargo, la mayoría de los granos son gruesos, con abundante contenido de pómez.
- Para la unidad E, se encontró un estrato húmedo y dos secos (superior e inferior), de los cuales se puede analizar lo siguiente:
 - Para el estrato E húmeda se puede decir:

Está unidad está constituida desde el punto de vista geológico, por cenizas muy finas, bastante consolidadas, que al evaluar los resultados obtenidos se puede decir lo siguiente:

- Presenta una matriz fina, que corresponde en mayor cuantía a arenas medias a finas en un 75.54%, limos en un 18.59% y en menor cantidad arcillas en un 5.07%, el tamaño máximo obtenido fue de $\frac{1}{2}$ "

- El valor de gravedad específica promedio en la zona proximal para esta unidad resulto de 2.50, este valor se le podría atribuir al contenido de finos, aumentando su peso en relación con su volumen.

- Para la unidad E Seca se puede decir:

Está unidad está constituida desde el punto de vista geológico, por cenizas gruesas no consolidadas, con piedra pómez, lapilli y líticos, que al evaluar los resultados obtenidos podemos mencionar:

- Presenta una matriz gruesa, que corresponde en mayor cuantía a arenas de media a finas en un 88.63%, finos en un 0.65% y el tamaño máximo obtenido de pómez fue de 1”.
- El valor de densidad específica promedio en la zona proximal para esta unidad es de 2.31, este valor se le podría atribuir a la presencia de abundante material pomítico, disminuyendo su peso en relación con su volumen.

- Para la unidad Ignimbrita Alpha superior se puede decir:

La unidad está constituida desde el punto de vista geológico, por depósito que posee techo de color rosado tenue y café, posee matriz rica en cenizas finas, pómez centimétricos y pocos líticos, cementada en la base por sulfatos y silicatos,

el resto de la unidad no está consolidada, con base a esta descripción y evaluando los resultados se puede decir:

- Presenta una matriz de cenizas fina que corresponde en mayor cuantía a arenas medias a finas en un 72.92%, limos en un 21.32%, y arcillas en un 1.64%, el tamaño máximo de las cenizas fue de 1", la cual presentaba un color café claro.
- Desde el punto de vista geológico es un depósito consolidado en la base, por la presencia de sulfatos y silicatos, el resto de la unidad es no consolidada, obteniendo una densidad seca promedio baja en un 1,390 kg/m³.
- El valor de gravedad específica promedio en la zona proximal para esta unidad resulto de 2.39, este valor se le podría atribuir a la presencia de abundante material grueso, disminuyendo su peso en relación con su volumen.

- Para la unidad Ignimbrita Alpha inferior se puede decir:

La unidad está constituida desde el punto de vista geológico, por depósito que posee techo de color rosado tenue y café, posee matriz rica en cenizas finas, pómez centimétricos y pocos líticos, cementada en la base por sulfatos y silicatos, el resto de la unidad no está consolidada, con base a esta descripción y evaluando los resultados se puede decir:

- Presenta una matriz de cenizas fina que corresponde en mayor cuantía a arenas medias a finas en un 76.26 %, limos en un 15.55%, y arcillas en un 2.73%, el tamaño máximo de las cenizas fue de 1", la cual presentaba un color de café claro.
- Desde el punto de vista geológico es un depósito consolidado en la base por la presencia de sulfatos y silicatos, el resto de la unidad es no consolidada, obteniendo una densidad seca promedio baja en un 1,390 kg/m³.
- El valor de gravedad específica promedio en la zona proximal para esta unidad resulto de 2.44, este valor se le podría atribuir a la presencia de abundante material grueso.

Comparando los resultados de las diferentes unidades se observa en relación con la Gravedad Especifica lo siguiente:

- El mayor valor obtenido corresponde a la unidad E_{humeda} con un valor de 2.50, mientras que los valores intermedios corresponden a la Unidad Ignimbrita Alpha Inferior con un valor de 2.44, Unidad F con un valor de 2.42 y Unidad Ignimbrita Alpha Superior con un valor de 2.39, el valor más bajo corresponde a la unidad E_{seca} con un valor de 2.31.
- Las variaciones de las gravedades específicas obtenidas se les atribuyen directamente a los diferentes minerales que las constituyen.

Comparando las densidades secas de los suelos que constituyen las diferentes unidades, se observa:

- La mayor densidad seca obtenida corresponde a la unidad F con un valor de $1,510 \text{ kg/m}^3$, mientras que los valores inferiores se obtuvieron para la Unidad Ignimbrita Alpha superior e inferior con un valor promedio de $1,390 \text{ kg/m}^3$.

La variación de los pesos volumétricos entre unidades se relaciona directamente con la composición mineralógica, el tamaño y distribución de las partículas, y de la forma en que fueron depositados los materiales

5.3. CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE TBJ.

A partir de lo anterior, se presenta a continuación el comportamiento de las propiedades físicas de cada unidad en estudio, tomando de referencia el punto más próximo al foco de emisión y comparándolo con los demás puntos en análisis, describiendo sus variaciones con respecto a la distancia.

5.3.1 Unidad G

Las variaciones de las características físicas obtenidas para esta unidad se detallan en la Tabla No.5.31 y Figura No.5.24, como se muestra a continuación:

ZONA	PROXIMAL	MEDIA	MEDIA	DISTAL
PUNTO	BOSQUEZ DE LA PAZ	PADRE ARRUPE	UES	PROLONGACIÓN BLVD. CONSTITUCIÓN
Distancia	9.74 km	13.32 km	17.56 km	21.43 km
Autoría	Ayala	Propia		
Contenido de humedad (%)	-	8.10	7.96	8.69re
Material				
%Grava	0.10	0.25	0.00	0.00
% R.Z.P ⁷		0.15	-0.10	-0.10
%Arena	32.53	18.18	23.86	25.09
% R.Z.P ⁷		-14.35	-8.67	-7.44
%Limos	61.70	66.50	59.64	60.75
% R.Z.P ⁷		4.80	-2.06	-0.95
%Arcilla	6.20	15.07	16.50	14.16
% R.Z.P ⁷		8.87	10.30	7.96
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
CU	NA	NA	NA	NA
CC	NA	NA	NA	NA
Clasificación	Limo arenoso ML café claro, TM 3/8" con finos NP.	Limo con Arena, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/4" y con finos NP	Limo con Arena, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP	Limo con Arena (ML), color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP
Símbolo	ML	ML	ML	ML
Gs	2.41	2.45	2.43	2.46
% R.Z.P ⁷		1.66	0.83	2.07
Densidad seca (kg/m ³).	800	880	1,277	1,310

⁷ % R.Z.P: Porcentaje respecto a la zona proximal

% R.Z.P ⁷		10.00	59.63	63.75
ANALISIS				
<p>Para esta unidad, se tiene información en la zona proximal por parte de Ayala en su trabajo de investigación, en la zona media y distal al foco de emisión de autoría propia; tomando de referencia el punto Bósquez de la Paz y comparando con las características granulométricas de los puntos Padre Arrupe, UES y Prolongación Blvd. Constitución, podemos analizar lo siguiente:</p>				
<ul style="list-style-type: none"> • La cantidad de grava en la zona media presento un incremento de 0.15% en el punto Padre Arrupe, una disminución del 0.10% en el punto UES y en la zona distal disminuyo en un 0.10% • La cantidad de arena disminuyo a medida se aleja del foco de emisión, en un rango de 14.35% a 8.67% en la zona media y en un 7.44% en la zona distal. • Respecto a la cantidad de limos aumento un 4.80% para la zona media en el punto Padre Arrupe y disminuye un 0.95% para la zona distal. • La cantidad de arcilla aumenta en el rango de 8.87% a 10.30% para la zona media y 7.96% para la zona distal. 				
<p>Comparando los resultados obtenidos en la zona media respecto a la zona proximal, se observa que la granulometría posee tendencia más fina a medida pasamos de la zona proximal a la media en la unidad G. Sin embargo, al comparar las características granulométricas en la zona media con la zona distal, para la fracción gruesa y media el comportamiento es muy similar en la curva con respecto al punto UES, esta tendencia se mantiene para los tamaños mayores a 0.03 mm; tamaños menores a 0.03 mm como arcilla se presentan en mayor cantidad en la zona media.</p>				
<p>Tomando de referencia el punto Bósquez de la Paz y comparando con la gravedad específica y densidad seca de los puntos Padre Arrupe, UES y Prolongación Blvd. Constitución, podemos analizar lo siguiente:</p>				
<ul style="list-style-type: none"> • La gravedad específica aumenta respecto se aleja del foco de emisión, en 1.66% para la zona media en punto Padre Arrupe, 0.83% para el punto UES y 2.07% en la zona distal. • La Densidad seca aumenta respecto se aleja del foco de emisión, en un rango de 10.00% a 59.63% en la zona media y en un 63.75% en la zona distal 				
<p>Podemos observar que existe una concentración de pómez en la zona proximal, por ser un material de peso liviano obtenemos una Gs igual a 2.41, en comparativa a los puntos medios que presentan un valor de 2.45 que significa que encontramos un material con mayor cantidad de finos.</p>				
<p>Se evidencia que la densidad seca presenta un incremento a medida nos alejamos del foco de emisión, siendo congruente al analizar el material encontrado ya que aumenta la cantidad de finos para la zona media y distal, es decir, se presentó un material con mayor cantidad de pómez y arena gruesa en la estructura granulométrica en la zona proximal, indicando un menor grado de consolidación.</p>				

Tabla No. 5.31: Cuadro comparativo de las características físicas para la unidad G, respecto a la distancia del foco de emisión.

Fuente: De los autores

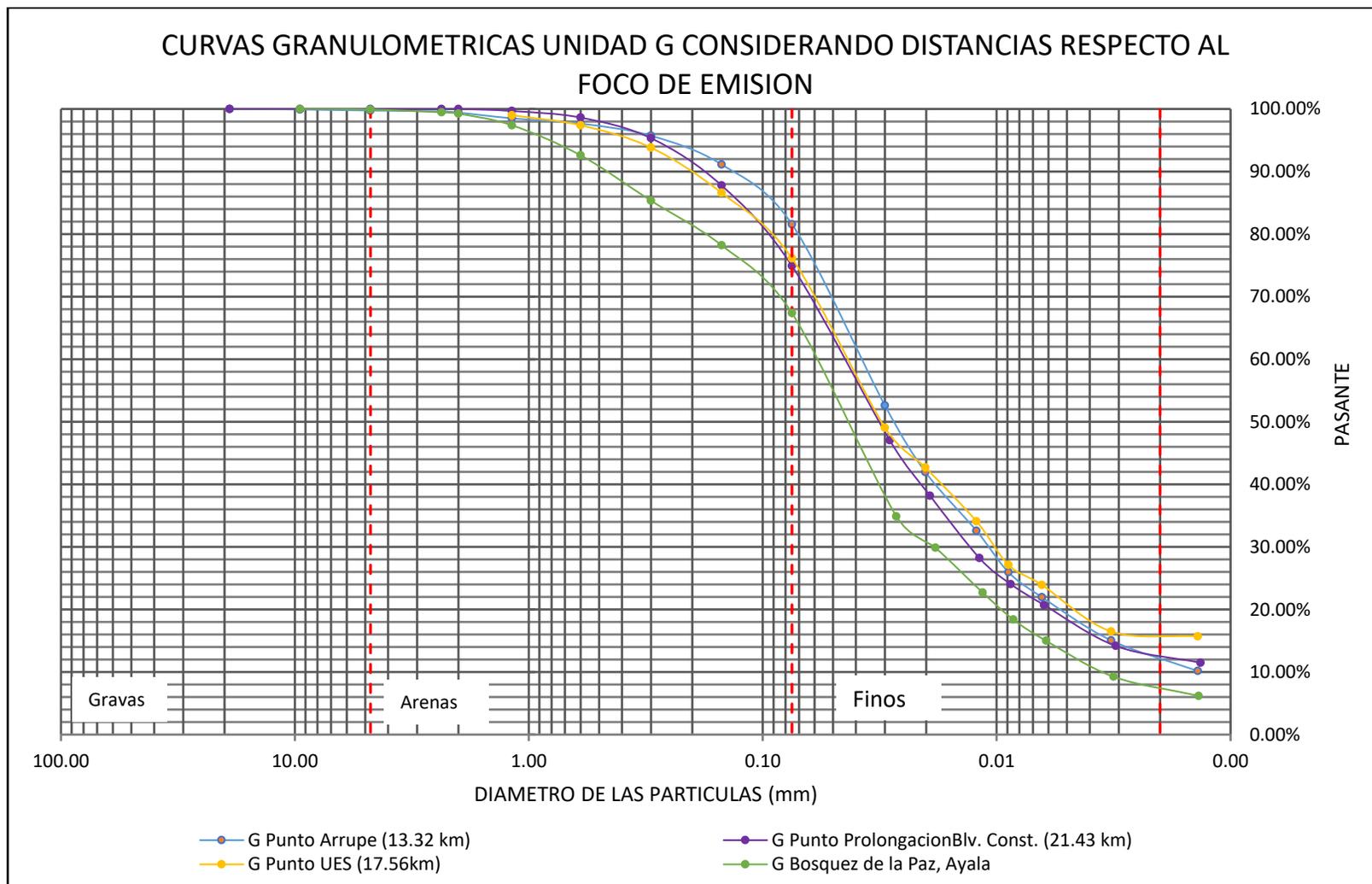


Figura No. 5.24: Comparación de las Curvas Granulométricas para la unidad G, respecto a la distancia al foco de emisión.
Fuente: De los autores

5.3.2 Unidad F

Las variaciones de las características físicas obtenidas para esta unidad se detallan en la Tabla No.5.32 y Figura No.5.25, como se muestra a continuación:

ZONA	PROXIMAL	MEDIA	MEDIA	DISTAL
PUNTO	ARENAL SECO	PADRE ARRUPE	UES	REDONDEL INTEGRACIÓN
Distancia	8.74 km	13.32 km	17.56 km	22.20 km
Autoría	Propia			
Contenido de humedad (%)	24.45	17.20	6.69	5.77
Material				
%Grava	8.93	1.84	6.00	0.40
% R.Z.P ⁷		-7.09	-2.93	-8.53
%Arena	64.36	46.55	60.31	41.24
% R.Z.P ⁷		-17.81	-4.05	-23.12
%Limos	22.37	41.9	28.49	44.10
% R.Z.P ⁷		19.53	6.12	21.73
%Arcilla	4.34	9.70	5.20	14.26
% R.Z.P ⁷		5.36	0.86	9.92
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Cu	NA	NA	NA	NA
Cc	NA	NA	NA	NA
Clasificación	Arena Limosa, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 1" y con finos NP	Limo arenoso, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/4" y con finos NP	Arena limosa, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 1 1/2" y con finos NP	Limo Arenoso (ML), color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/8" y finos NP
Símbolo	SM	ML	SM	ML

Gs	2.42	2.38	2.31	2.47
% R.Z.P⁷		-1.65	-4.55	2.07
Densidad seca (kg/m³).	1,510	1,352	1,140	1,227
% R.Z.P⁷		-10.46	-24.50	-18.74

ANÁLISIS

Para esta unidad, se tiene información en la zona proximal en el punto Arenal Seco, en la zona media y distal al foco de emisión todos de autoría propia; tomando de referencia el punto Arenal Seco y comparando con las características granulométricas de los puntos Padre Arrupe, UES y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente:

- La cantidad de grava en la zona media y distal, disminuye en el rango de 2.93 a 7.09%, en la zona distal en un 8.53%
- La cantidad de arena disminuye a medida se aleja del foco de emisión, en un rango de 17.81-4.05% en la zona media y de un 23.12% en la zona distal
- Respecto a la cantidad de limos aumenta en el rango de 19.53% a 6.12% para la zona media y aumenta de igual manera un 21.73% para la zona distal.
- La cantidad de arcilla aumenta en el rango de 5.36-0.86% para la zona media y 9.92% para la zona distal.

Comparando los resultados obtenidos en la zona media respecto a la zona proximal, se observa que la cantidad de arenas y pómez disminuye y la cantidad de finos aumenta, es decir una tendencia más fina en la curva granulométrica a medida pasamos de la zona proximal a la zona media, bajo este enfoque encontramos una arena limosa en la zona proximal y media, pasando a limo arenoso en la zona distal.

Tomando de referencia el punto Arenal Seco y comparando con la gravedad específica y densidad seca de los puntos Padre Arrupe, UES y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente:

- La gravedad específica disminuye respecto se aleja del foco de emisión, en rangos de 1.65 a 4.55% en la zona media, aumentando en 2.07% para la zona distal.
- La Densidad disminuye respecto se aleja del foco de emisión, en un rango de 10.46% a 24.50% en la zona media y en un 18.74% en la zona distal

La gravedad específica desde la zona proximal hasta la media, disminuye a medida nos alejamos del foco de emisión, evidenciando que materiales más gruesos quedan atrás y los finos avanzan mayores distancias.

El peso volumétrico seco desde el punto Arenal Seco hasta punto Redondel Integración disminuye a medida se aleja del foco de emisión que indica un grado de consolidación menor a mayores distancias.

*Tabla No. 5.32: Cuadro comparativo de las características físicas para la unidad F, respecto a la distancia del foco de emisión
Fuente: De los autores.*

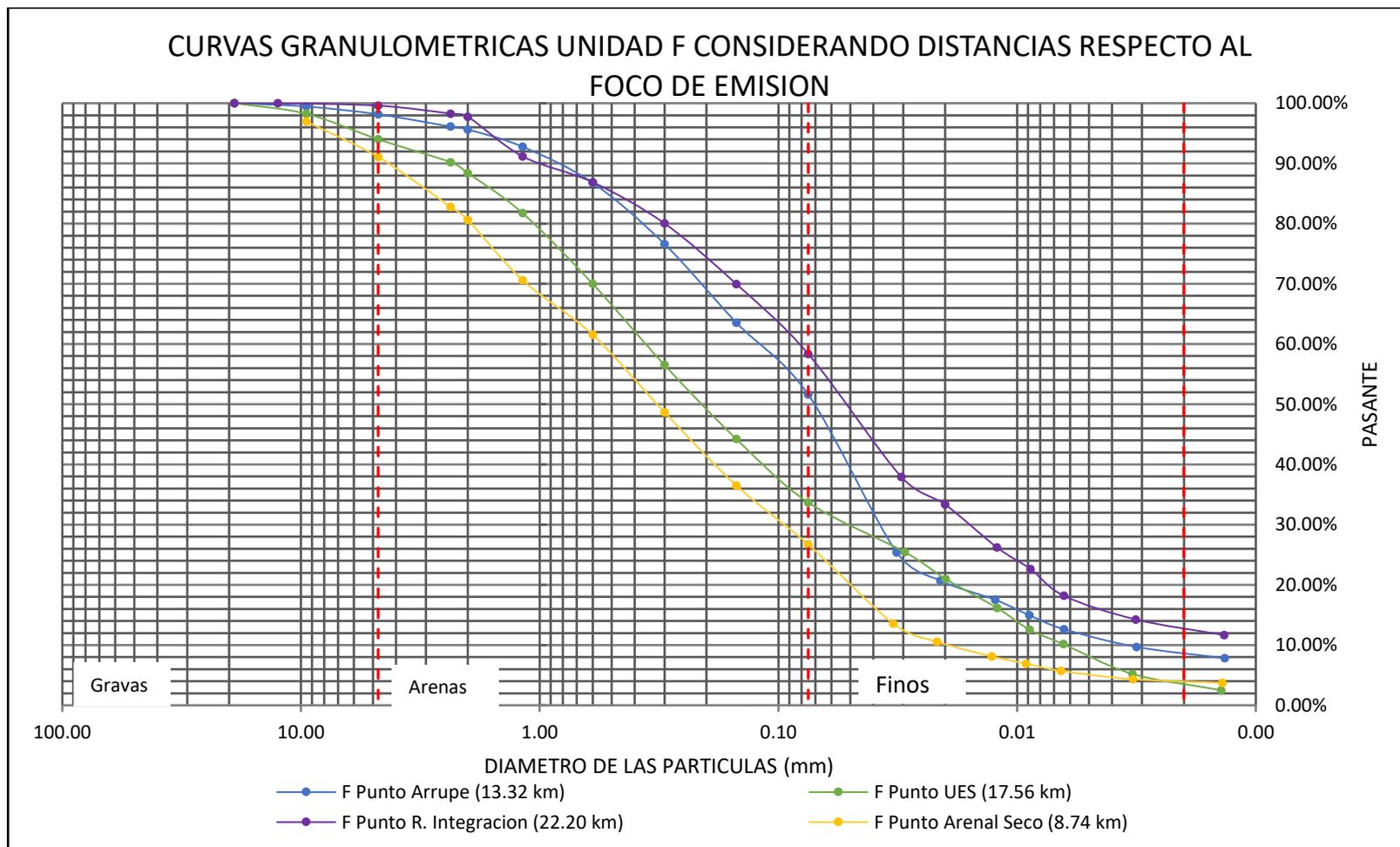


Figura No. 5.25: Comparación de las curvas Granulométricas para la unidad F respecto a la distancia al foco de emisión.
Fuente: De los autores.

5.3.3 Unidad Ignimbrita Beta

Las variaciones de las características físicas obtenidas para esta unidad se detallan en la Tabla No. 5.33 y Figura No.5.26, como se muestra a continuación:

ZONA	PROXIMAL	MEDIA	DISTAL
PUNTO	MA-2	PADRE ARRUPE	REDONDEL INTEGRACIÓN
Distancia	8.53 km	13.32 km	22.20 km
Autoría	Miranda	Propia	
Contenido de humedad (%)	19.47	18.46	6.01
Material			
%Grava	0.00	0.00	0.08
% R.Z.P ⁷		0.00	0.08
%Arena	30.96	53.54	58.76
% R.Z.P ⁷		22.58	27.80
%Limos	65.79	38.16	36.50
% R.Z.P ⁷		-27.63	-29.29
%Arcilla	3.25	8.30	4.66
% R.Z.P ⁷		5.05	1.41
Total	100.00	100.00	100.00
Cu	NA	NA	NA
Cc	NA	NA	NA
Clasificación	Limo Arenoso	Arena Limosa, color café oscuro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP	Arena Limosa (SM), color café oscuro, presencia de fragmentos de pómez con TM 3/8" y finos NP
Símbolo	ML	SM	SM
Gs	2.50	2.50	2.52
% R.Z.P ⁷	-	0.00	0.80
Densidad seca (kg/m³).	1,490	1,594	1,286
% R.Z.P ⁷	-	6.98	-13.69

ANALISIS

Para esta unidad, se tiene información en la zona proximal por parte de Miranda en su trabajo de investigación, en la zona media y distal al foco de emisión de autoría propia; tomando de referencia el punto MA-2 y comparándolo con las características granulométricas de los puntos Padre Arrupe y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente:

- La cantidad de grava se mantuvo constante en la zona media y en la zona distal aumento en un 0.08%
- La cantidad de arena aumento a medida se aleja del foco de emisión, en un 22.58% en la zona media y de un 27.80% en la zona distal
- Respecto a la cantidad de limos disminuye a medida se aleja del foco de emisión, en un 27.63% en punto Padre Arrupe y de un 29.29% para el punto Redondel Integración.
- La cantidad de arcilla aumenta en un 5.05% para la zona media y 1.41% para la zona distal.

Comparando los resultados obtenidos para el punto estudiado por Miranda en relación con el punto Padre Arrupe y Redondel Integración, se puede mencionar que las curvas granulométricas presentan una tendencia más gruesa a medida se aleja del foco de emisión entre las fracciones de grava, arena y limos; sin embargo, la zona proximal presento una menor cantidad en la fracción de arcillas en comparación con la zona media y distal, lo cual fue generado por presentar mayor cantidad de material pomítico.

Tomando de referencia el punto MA-2 y comparando con la gravedad específica y densidad seca de los puntos Padre Arrupe y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente:

- La gravedad específica respecto se aleja del foco de emisión se mantiene constante en la zona media y aumenta en 0.80% en la zona distal.
- La Densidad Seca aumenta en 6.98% en la zona media y disminuye en un 13.69% para la zona distal.

Con base a los resultados obtenidos en la zona proximal, media y distal, se puede decir que para esta unidad se mantienen constantes sus gravedades específicas a medida nos alejamos del foco de emisión, sin embargo, el punto Redondel Integración presento un leve aumento debido a los líticos presentes en ese punto.

Con base a los resultados obtenidos en la zona proximal, media y distal, se puede decir que las mayores densidades secas se presentan en los puntos MA-2 (proximal) y Padre Arrupe (media), y disminuyendo a medida nos alejamos del foco de emisión. Lo cual es producido por la mayor distancia que tienen que recorrer los materiales, aumento de material pomítico, tamaño y distribución de las partículas, y la forma en que han sido depositados.

*Tabla No. 5.33: Cuadro comparativo de las características físicas, para la Unidad Ignimbríta Beta respecto a la distancia del foco de emisión.
Fuente: De los autores*

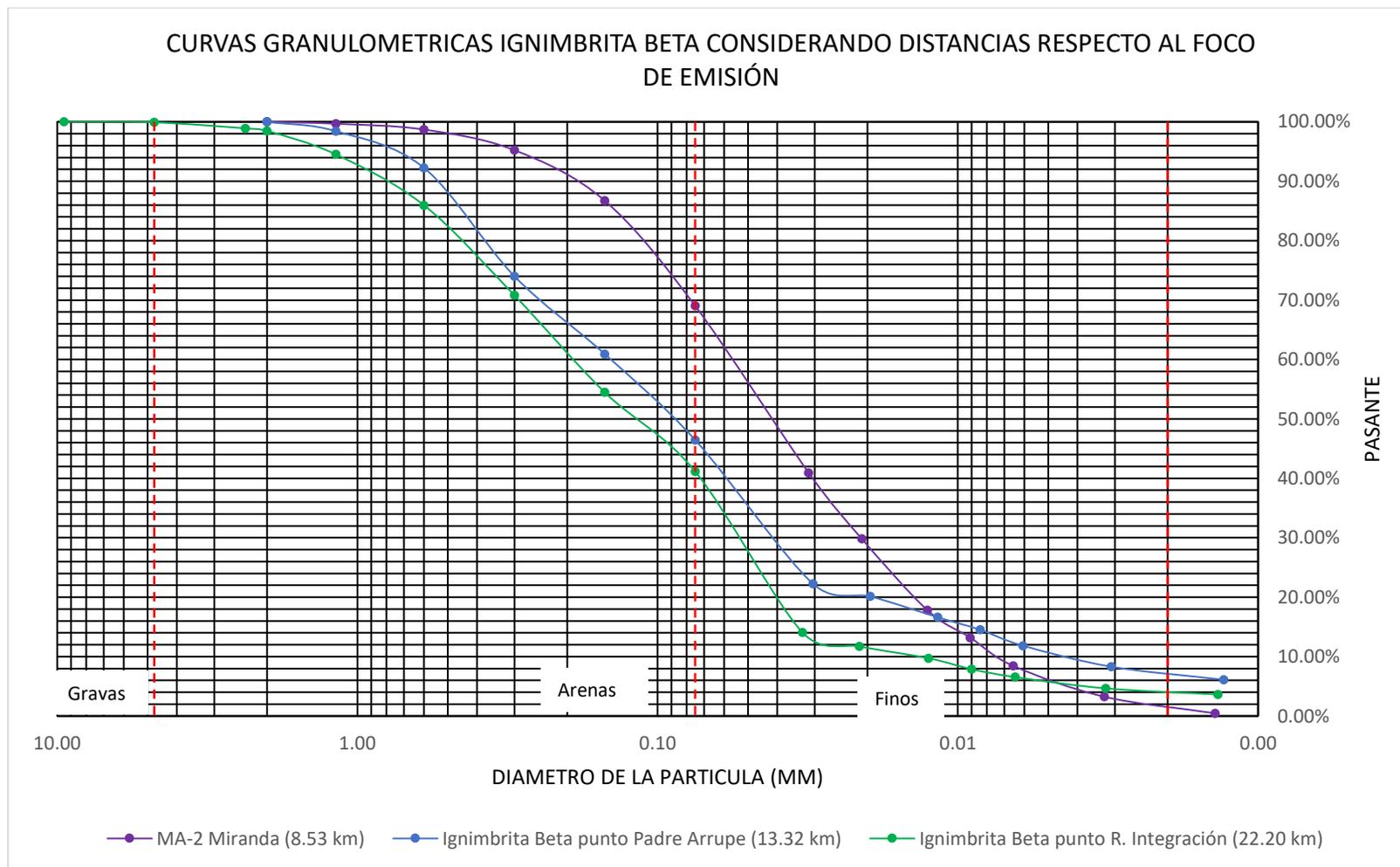


Figura No. 5.26: Comparación de las Curvas Granulométricas, para la unidad Ignimbrita Beta respecto a la distancia al foco de emisión.
Fuente: De los autores.

5.3.4 Unidad E húmeda

Las variaciones de las características físicas obtenidas para esta unidad se detallan en la Tabla No. 5.34 y Figura No.5.27, como se muestra a continuación:

ZONA	PROXIMAL	MEDIA	DISTAL
PUNTO	ARENAL SECO	PADRE ARRUPE	REDONDEL INTEGRACIÓN
Distancia	8.74 km	13.32 km	22.20 km
Autoría	Propia		
Contenido de humedad (%)	19.79	20.69	1.63
	Material		
%Grava	0.80	0.18	0.00
% R.Z.P ⁷		-0.62	-0.80
%Arena	75.54	55.99	69.20
% R.Z.P ⁷		-19.55	-6.34
%Limos	18.59	34.59	27.20
% R.Z.P ⁷		16.00	8.61
%Arcilla	5.07	9.24	3.60
% R.Z.P ⁷		4.17	-1.47
Total	100.00	100.00	100.00
Cu	25.67	89.29	8.68
Cc	5.61	2.40	0.36
Clasificación	Arena Limosa, color café oscuro, con TM 1/2" y con finos NP	Arena Limosa, color café oscuro, con TM 3/8" y con finos NP	Arena Limosa (SM), color café oscuro, con TM 2 mm y finos NP
Símbolo	SM	SM	SM
Gs	2.50	2.58	2.54
% R.Z.P ⁷	-	3.20	1.60
Densidad seca (kg/m³).	-	1,540	1,259
% R.Z.P ⁷	-	-	-18.25

ANALISIS

Para esta unidad, se tiene información en la zona proximal, media y distal al foco de emisión de autoría propia; tomando de referencia el punto Arenal Seco y comparándolo con las características granulométricas de los puntos Padre Arrupe y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente:

- La cantidad de grava disminuye a medida se aleja del foco de emisión, en un 0.62% en la zona media y de 0.80% en la zona distal.
- La cantidad de arena disminuye en un 19.55% en la zona media y de un 6.34% en la zona distal
- Respecto a la cantidad de limos aumenta en un 16.00% en el punto Padre Arrupe y de un 8.61% para el punto Redondel Integración.
- La cantidad de arcilla aumenta en un 4.17% para la zona media y disminuye en un 1.47% en la zona distal.

Comparando los resultados obtenidos para el punto Arenal Seco en relación con el punto Padre Arrupe, se puede decir que las curvas granulométricas presentan una tendencia mas fina a medida nos alejamos del foco de emisión, sin embargo, el punto Redondel Integración mostro un aumento en el material pomítico con respecto al punto Padre Arrupe, es decir, para la zona distal la curva granulométrica presento una tendencia mas gruesa a medida nos alejamos de la zona media.

Tomando de referencia el punto Arenal Seco y comparando con la gravedad específica y densidad seca de los puntos Padre Arrupe y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente:

- La gravedad específica aumentan en un 3.20% en la zona media y en un 1.60% en la zona distal.
- La Densidad Seca en la zona distal disminuye en un 16.49% con respecto a la zona media.

Con base a los resultados obtenidos en la zona proximal, media y distal, se muestra un aumento de la gravedad específica a medida nos alejamos del foco de emisión, debido a que los materiales más gruesos quedan atrás y los más finos avanzan mayores distancias. Sin embargo, para el punto Redondel Integración se ha mostrado un pequeño aumento en la fracción de arena en relación con el punto Padre Arrupe, lo cual genera una disminución en la gravedad específica.

La densidad seca disminuye a medida nos alejamos del foco de emisión, lo cual es producido por la mayor distancia que tienen que recorrer los materiales, distribución de las partículas, y la forma en que han sido depositados.

Tabla No. 5.34: Cuadro comparativo de las características físicas, para la unidad E Húmeda respecto a la distancia del foco de emisión.

Fuente: De los autores

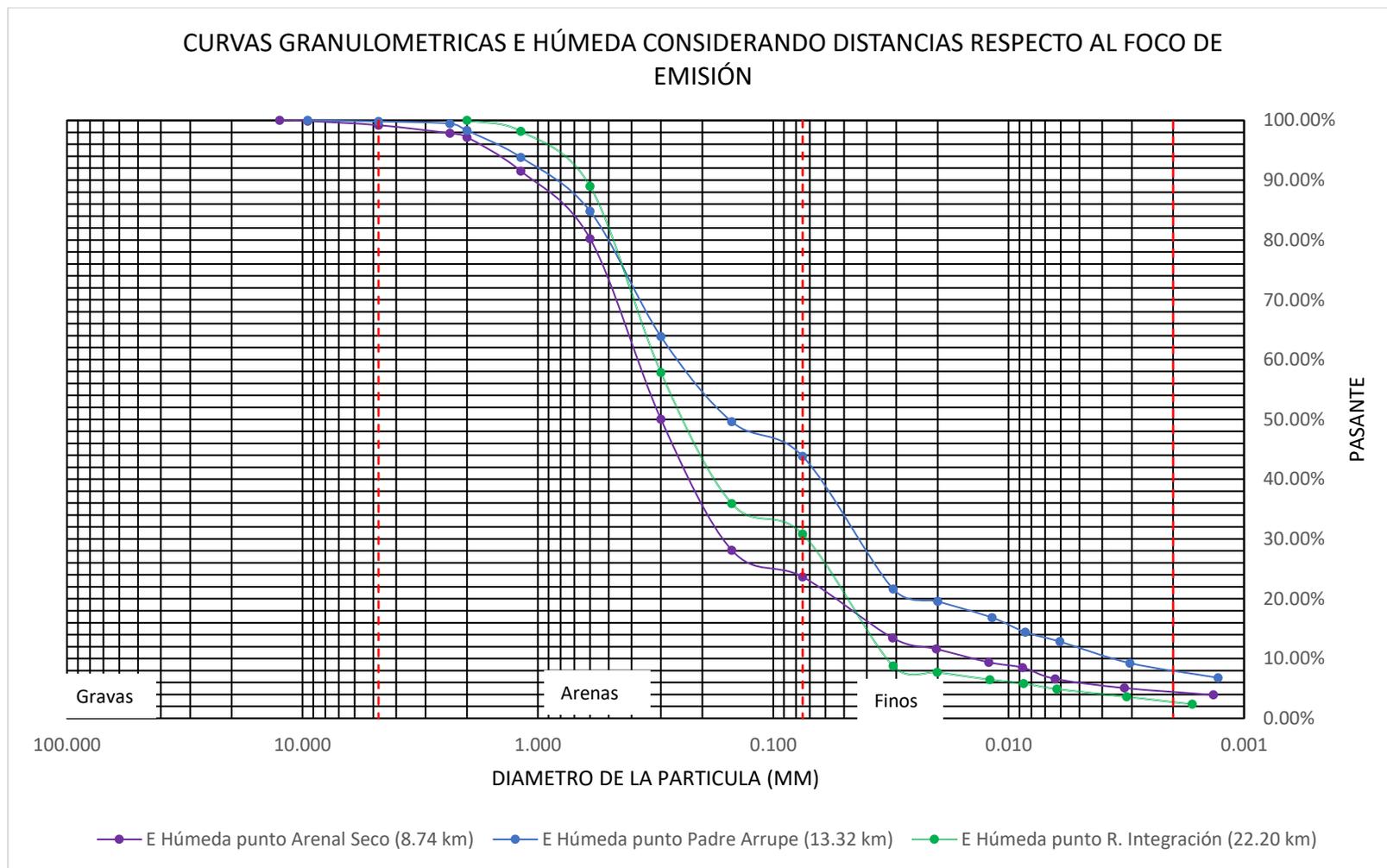


Figura No. 5.27: Comparación de las curvas Granulométricas para la unidad E Húmeda respecto a la distancia al foco de emisión.
Fuente: De los autores.

5.3.5 Unidad E seca

Las variaciones de las características físicas obtenidas para esta unidad se detallan en la Tabla No. 5.35 y Figura No.5.28, como se muestra a continuación:

ZONA	PROXIMAL	MEDIA	DISTAL	DISTAL
PUNTO	ARENAL SECO	PADRE ARRUPE	REDONDEL INTEGRACIÓN - SUPERIOR	REDONDEL INTEGRACIÓN - INFERIOR
Distancia	8.74 km	13.32 km	22.20 km	22.20 km
Autoría	Propia			
Contenido de humedad (%)	8.30	17.94	1.48	1.11
	Material			
%Grava	10.72	6.91	0.68	0.92
% R.Z.P ⁷	-	-3.81	-10.04	-9.80
%Arena	88.63	89.51	98.23	96.95
% R.Z.P ⁷	-	0.88	9.60	8.32
%Limo	0.65	3.03	1.09	2.13
%Arcilla		0.55		
% R.Z.P ⁷	-	2.93	1.25	1.48
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Cu	4.00	4.08	2,74	2.36
Cc	0.77	0.92	1.00	0.96
Clasificación	Arena Mal Graduada, color café claro, con TM 1" y con finos NP	Arena mal graduada, color café claro, con TM 1" y con finos NP	Arena Mal Graduada (SP), color café claro, con TM 3/4" y finos NP	Arena Mal Graduada (SP), color café claro, con TM 3/4" y finos NP
Símbolo	SP	SP	SP	SP
Gs	2.31	2.38	2.42	2.40
% R.Z.P ⁷	-	3.03	4.76	3.90
Densidad seca (kg/m ³)	-	1,329	1,540	1,540
% R.Z.P ⁷	-	-	15.88	15.88
ANALISIS				
Para esta unidad, se tiene información en la zona proximal, media y distal al foco de emisión de autoría propia; tomando de referencia el punto Arenal Seco y comparándolo con las características granulométricas de los puntos Padre Arrupe y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente:				
<ul style="list-style-type: none"> La cantidad de grava en la zona media aumenta en un 3.81%, así mismo, en la zona distal aumenta en un rango de 9.80 a 10.04%. 				

- La cantidad de arena incrementa a medida se aleja del foco de emisión, en un 0.88% en la zona media y en un rango de 8.32 a 9.60% en la zona distal.
- La cantidad de finos aumentó en 2.93% en la zona media a medida se aleja del foco de emisión y en un rango de 1.25 a 1.48% en la zona distal.

Con base a las variaciones en los porcentajes y al comparar las curvas de la Figura No. 5.28, podemos afirmar que la tendencia de las curvas granulométricas es más fina a medida nos alejamos del foco de emisión, sin embargo, la granulometría del punto distal "Redondel Integración Inferior" presenta una diferencia en el rango de tamaños de 0.30 mm a 0.075 mm, volviéndose más gruesa que el punto Padre Arrupe ubicado en la zona media, en este caso se puede afirmar que por condiciones climatológicas el arrastre de material grueso abarco mayores distancias.

Tomando de referencia el punto Arenal Seco y comparando con la gravedad específica y densidad seca de los puntos Padre Arrupe y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente:

- La gravedad específica aumenta respecto se aleja del foco de emisión, en 3.03% en la zona media y en un rango de 3.90% a 4.76% en la zona distal.
- Para los datos de la Densidad Seca, no se obtuvieron datos en la zona proximal al foco de emisión, por lo tanto, la comparación se realizó con los resultados de la zona media; y para los resultados de la zona distal estos incrementaban en un 15.88%.

Con base a los resultados obtenidos se puede observar un incremento en la gravedad específica de la zona proximal a la zona distal, siendo esta inversamente proporcional a la cantidad de material pomítico presentes en la unidad, así mismo dichos incrementos en las zonas distales pueden atribuirse a los líticos presentes.

Y para la Densidad Seca puede observarse un incremento desde la zona media a la zona distal el cual se le puede atribuir a la presencia de líticos y la ausencia de grano grueso tipo pomítico, presentando un mayor grado de consolidación.

*Tabla No. 5.35: Cuadro comparativo de las características físicas para la unidad E seca respecto a la distancia del foco de emisión
Fuente: De los autores*

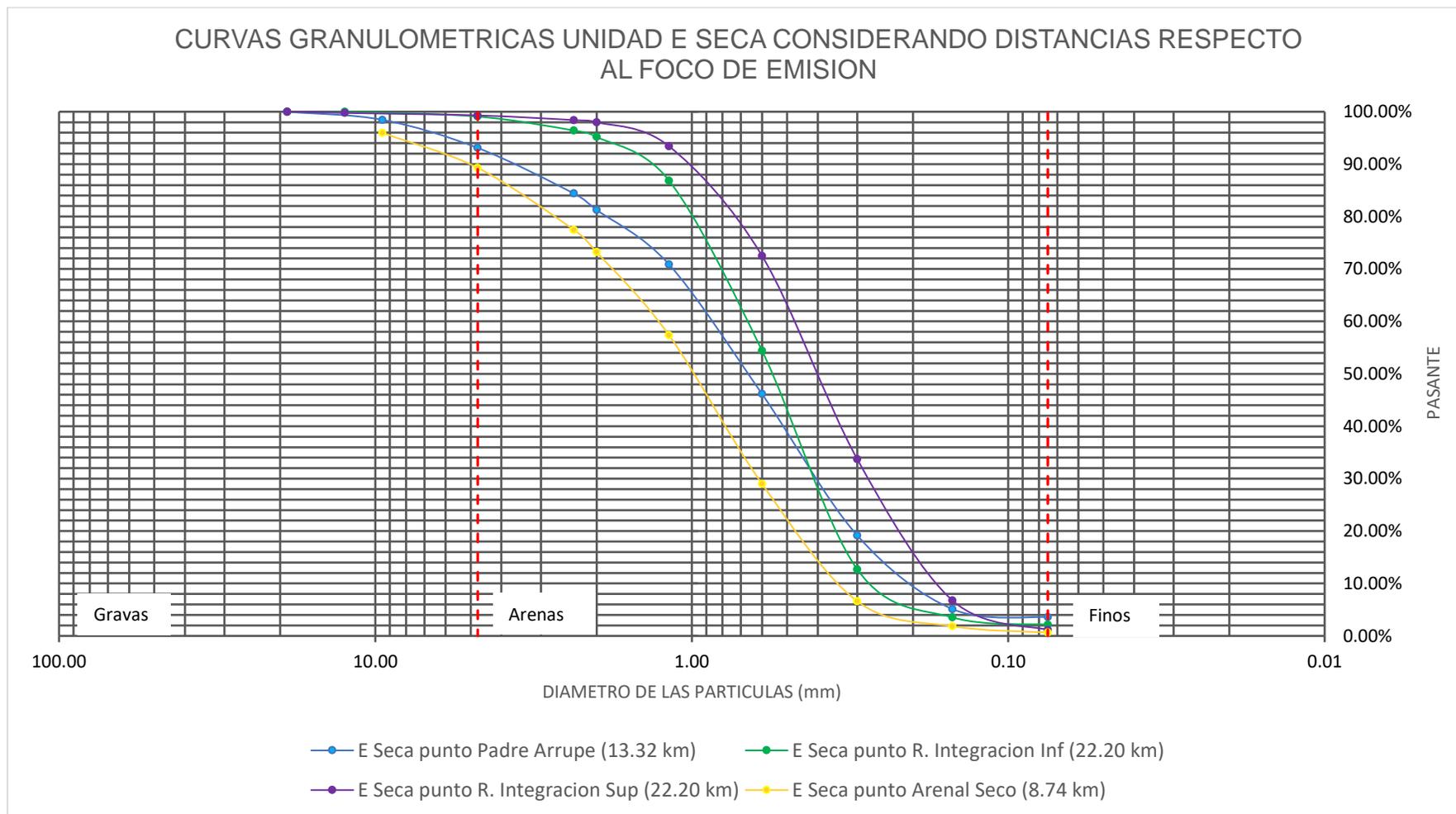


Figura No. 5.28: Comparación de las curvas Granulométricas, para la unidad E seca respecto a la distancia al foco de emisión
Fuente: De los autores

5.3.6 Unidad Ignimbrita Alpha

Las variaciones de las características físicas obtenidas para esta unidad se detallan en la Tabla No.5.36 y Figura No.5.29, como se muestra a continuación:

ZONA	PROXIMAL	PROXIMAL	PROXIMAL
PUNTO	MA-1	ARENAL SECO- SUPERIOR	ARENAL SECO- INFERIOR
Distancia	8.53 km	8.74 km	8.74 km
Autoría	Miranda	Propia	
Contenido de humedad (%)	7.64	3.62	5.46
		Material	
%Grava	7.16	4.12	5.46
% R.Z.P ⁷	-	-3.04	-1.70
%Arena	72.14	72.92	76.26
% R.Z.P ⁷	-	0.78	4.12
%Limos	18.86	21.32	15.55
% R.Z.P ⁷	-	2.46	-3.31
%Arcilla	1.84	1.64	2.73
% R.Z.P ⁷	-	-0.20	0.89
Total	100,00	100,00	100,00
Cu	NA	NA	NA
Cc	NA	NA	NA
Clasificación	Arena con limo (SM) y trazas de pómez, color beige, TM 1", con finos NP.	Arena Limosa, color rosado tenue, presencia de fragmentos de pómez con TM 1" y con finos NP	Arena Limosa, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 1" y con finos NP
Símbolo	SM	SM	SM
Gs	2.47	2.39	2.44
% R.Z.P ⁷	-	-3.24	-1.21
Densidad seca (kg/m³)	1,360	1,390	1,390
% R.Z.P ⁷	-	2.21	2.21

ANALISIS

Para la unidad Ignimbrita Alpha se tiene información solamente en la zona proximal al foco de emisión y estos son presentados por Miranda y autoría propia; tomando de referencia el punto MA-1 y comparando con las características granulométricas de los puntos Arenal Seco Superior e Inferior, y presentaron las siguientes variaciones:

- La cantidad de grava varía desde 1.70% a 3.04%.
- La cantidad de arena varía desde un 0.78% a un 4.12%.
- La cantidad de limos varía desde un 2.46% a un 3.31%.
- La cantidad de arcilla varía desde un 0.20% a un 0.89%.

Con base a las variaciones en los porcentajes podemos afirmar que los eventos eruptivos que dieron lugar a los depósitos de materiales ubicados en las zonas proximales al foco de emisión (Caldera de Ilopango), fueron de magnitud similar, así como lo representan las curvas granulométricas de la Figura No. 5.29, presentando variaciones marcadas con respecto al punto de Miranda (MA-1) en los rangos de tamaños de 0.033 mm a 0.0033 mm, siendo ésta más fina en ese rango, lo que se puede atribuir a condiciones climatológicas, donde el arrastre de material fino fue mayor en este sector.

Tomando de referencia el punto MA-1 y comparando con la gravedad específica y densidad seca de los puntos Arenal Seco Superior e Inferior, y presentaron las siguientes variaciones:

- La gravedad específica varía desde 1.21% a 3.24%.
- La Densidad Seca varía un 2.21%.

Para esta unidad solo se obtuvieron resultados en la zona proximal al foco de emisión, por lo tanto, se determinaron pequeñas variaciones en su gravedad específica, identificándose una leve variación que se le atribuye a las diferencias entre las cantidades de arenas y finos.

Y para la Densidad Seca se determinaron variaciones lo cual es producido por la distribución de las partículas, y la forma en que han sido depositados.

*Tabla No. 5.36: Cuadro comparativo características físicas para la unidad Ignimbrita Alpha respecto a la distancia del foco de emisión.
Fuente: De los autores*

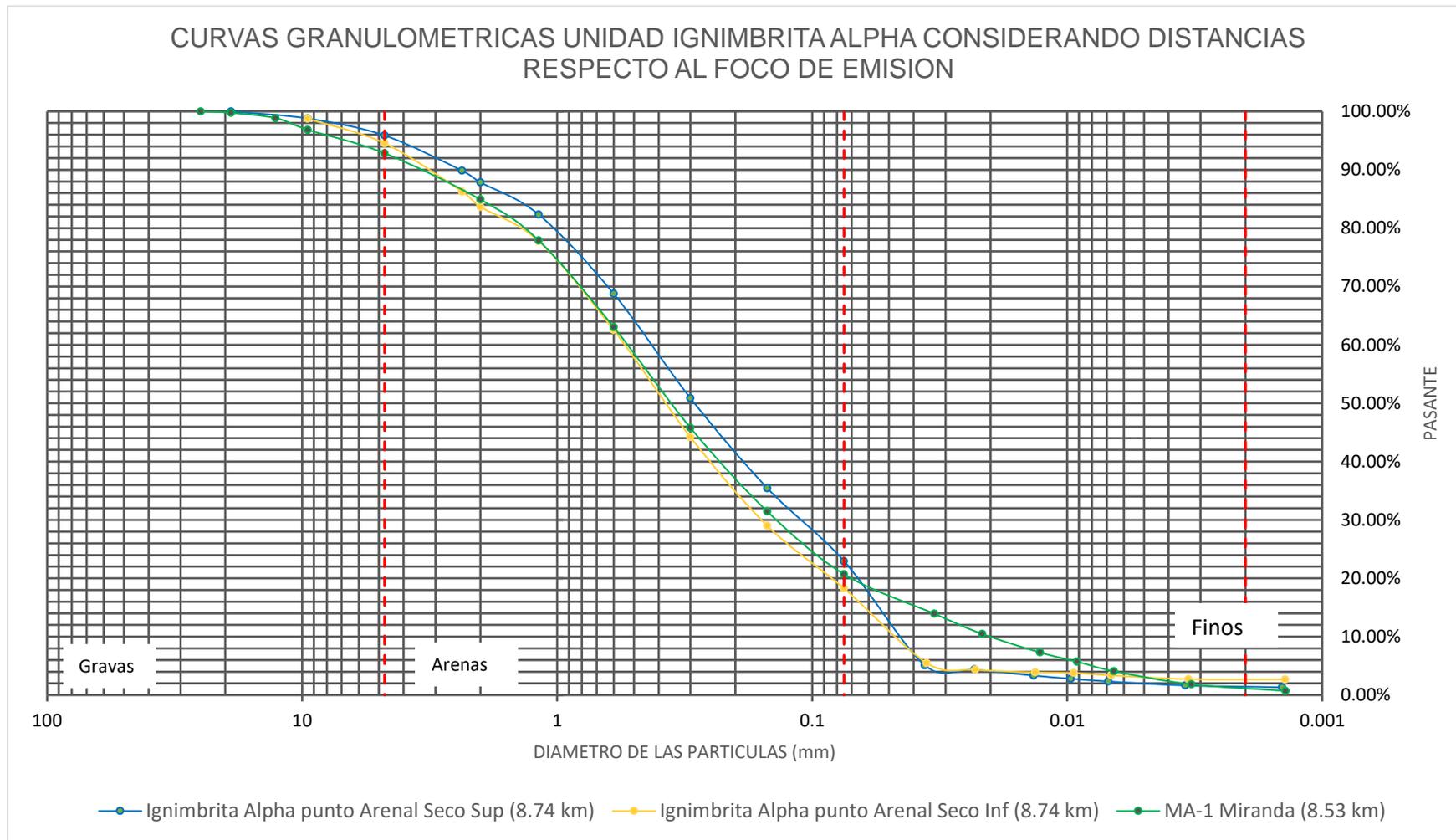


Figura No. 5.29: Comparación de las curvas Granulométricas para la unidad Ignimbrita Alpha respecto a la distancia al foco de emisión.
 Fuente: De los autores

5.3.7 Unidad D

Las variaciones de las características físicas obtenidas para esta unidad se detallan en la Tabla No.5.37 y Figura No.5.30, como se muestra a continuación:

ZONA	PROXIMAL	MEDIA	DISTAL
PUNTO	CIPRESES I	PADRE ARRUPE	REDONDEL INTEGRACIÓN
Distancia	9.49 km	13.32 km	22.20 km
Autoría	Bautista	Propia	
Contenido de humedad (%)	28.19	12.35	9.92
	Material		
%Grava	0.34	0.00	0.00
% R.Z.P ⁷	-	-0.34	-0.34
%Arena	44.76	14.72	33.73
% R.Z.P ⁷	-	-30.04	-11.03
%Limos	52.15	68.99	51.03
% R.Z.P ⁷	-	16.84	-1.12
%Arcilla	2.75	16.29	15.24
% R.Z.P ⁷	-	13.54	12.49
Total	100.00	100.00	100.00
Cu	NA	NA	NA
Cc	NA	NA	NA
Clasificación	Arena bien graduada y trazas de grava de tamaño máximo 19 mm	Limo, color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y con finos NP	Limo con Arena (ML), color café claro, presencia de fragmentos de pómez con TM 2 mm y finos NP
Símbolo	ML	ML	ML
Gs	2.39	2.48	2.41
% R.Z.P ⁷	-	3.77	0.84
Densidad seca (kg/m³).	1,030	996	1,286
% R.Z.P ⁷	-	-3.30	24.85

ANÁLISIS

Para esta unidad, se tiene información en la zona proximal por parte de Bautista en su trabajo de investigación, en la zona media y distal al foco de emisión de autoría propia; tomando de referencia el punto Cipreses I y comparando con las características granulométricas de los puntos Padre Arrupe y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente:

- Para la cantidad de grava, se encontró que, tanto en la zona distal como media disminuye en 0.34%.
- La cantidad de arena disminuyó a medida se aleja del foco de emisión, en un 30.04% en la zona media y en un 11.03% en la zona distal.
- La cantidad de limos aumentó en un 16.84% en la zona media a medida se aleja del foco de emisión y disminuyó en un 1.12% en la zona distal.
- La cantidad de arcilla aumentó a medida se aleja del foco de emisión, en un 13.54% en la zona media y en un 12.49% en la zona distal.

Con base a las variaciones en los porcentajes y al comparar las curvas de la Figura No. 5.30 podemos afirmar que la tendencia de las curvas granulométricas es más fina a medida nos alejamos del foco de emisión, sin embargo, la granulometría del punto distal "Redondel Integración Inferior", presenta una granulometría más gruesa en los rangos de 1.18 mm a 0.3 mm, posteriormente vuelve a ser más fina; en este caso puede afirmarse que, por las condiciones climatológicas el arrastre de material grueso abarca mayores distancias.

Tomando de referencia el punto Cipreses I y comparando con las gravedades específicas y densidades secas de los puntos Padre Arrupe y Redondel Integración, podemos analizar lo siguiente

- La gravedad específica aumenta respecto se aleja del foco de emisión, en 3.77% en la zona media y 0.84% en la zona distal.
- La Densidad Seca disminuye respecto se aleja del foco de emisión 3.30% en la zona media y aumenta en un 24.85% en la zona distal.

Con base a los resultados obtenidos se puede observar un incremento desde la zona proximal hasta la zona media y de igual forma desde la zona proximal a la zona distal, siendo esta inversamente proporcional a la cantidad de material pomítico presentes en la unidad.

Y para la Densidad Seca puede observarse una pequeña disminución de la zona proximal a la zona media considerando que, la fracción de arena en puntos medios es menor y que estos son más pesados que el material fino; para zonas distales el porcentaje aumenta y esto se debe a la cantidad de arenas y finos presentes logrando una mejor consolidación al rellenar los espacios intersticiales de la unidad.

Tabla No. 5.37: Cuadro comparativo de las características físicas para la unidad D respecto a la distancia del foco de emisión.

Fuente: De los autores

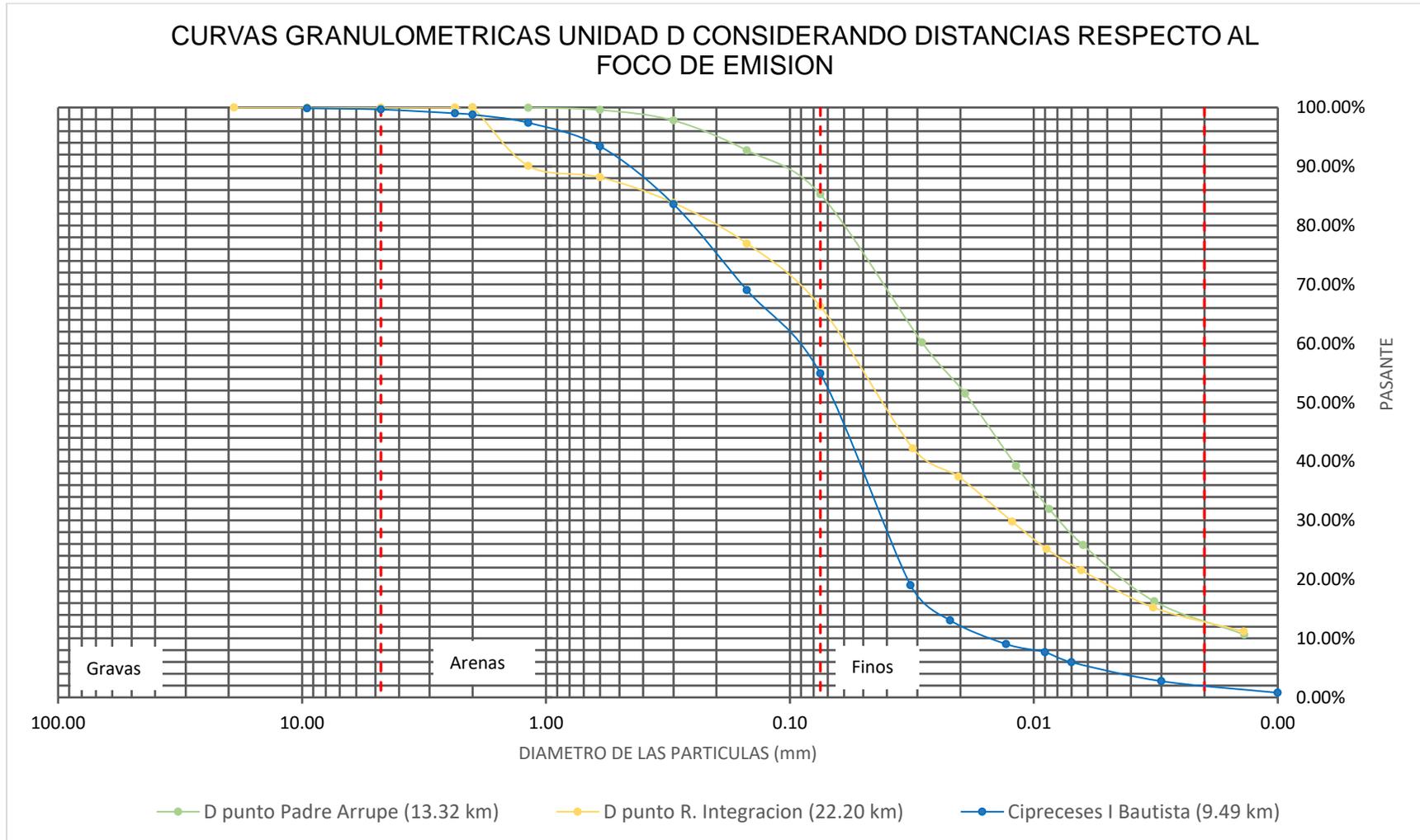


Figura No. 5.30: Comparación de las curvas Granulométricas, para la unidad D respecto a la distancia al foco de emisión.
Fuente: De los autores



CAPITULO No.6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se ha realizado una recopilación de propiedades físicas de las diferentes unidades de TBJ en el Área Metropolitana de San Salvador, dado que este municipio presenta la mayor densidad poblacional de todo el país, en el cual se encuentran asentadas infraestructuras de diferente índoles y los suelos donde se encuentran apoyadas son vulnerables a diferentes fenómenos, por ello, la importancia es obtener la mayor cantidad de información sobre los tipos de suelos característicos de la zona, por lo que se ha pretendido investigar sobre el comportamiento de las propiedades físicas de las TBJ, y las variaciones que se tienen a medida nos alejamos del centro de emisión.

En este capítulo se presentan de manera inicial, un resumen de los resultados de las propiedades físicas de los materiales de cada unidad en las diferentes zonas de estudio, que se han definido con respecto a la fuente de emisión (proximal, media y distal), posteriormente se presentan las conclusiones con base en la caracterización de las propiedades físicas presentes en cada unidad, a partir del análisis realizado en el capítulo anterior.

Por último, se presentan recomendaciones para complementar la investigación sobre el comportamiento de las diferentes unidades de TBJ en el AMSS

6.1.1 RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS DIFERENTES UNIDADES EN LOS PUNTOS ESTUDIADOS

- ZONA DISTAL

En esta zona se analizaron dos puntos, siendo estos: Prolongación Blvd Constitución y Redondel Integración.

- PUNTO PROLONGACIÓN BLVD CONSTITUCIÓN

En este punto solamente se encontraba expuesta la unidad de TBJ denominada: Unidad G, que presentó las siguientes propiedades físicas promedios:

- Unidad G: Clasificada geotécnicamente como **Limo con Arena (ML)** no plástico, con una gravedad específica de **2.46**, densidad seca de **1,310 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **8.69%**.

- PUNTO REDONDEL INTEGRACIÓN

En este punto se encuentran las unidades de TBJ siguientes: Unidad F, Ignimbrita Beta, E Húmeda, E Seca y D, cuyas propiedades físicas promedios fueron las siguientes:

- Unidad F: Clasificada geotécnicamente como **Limo Arenoso (ML)** no plástico, con traza de pómez, con una gravedad específica de **2.47**, densidad seca de **1,277 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **5.77%**.

- Unidad Ignimbrita Beta: Clasificada geotécnicamente como **Arena Limosa (SM)** no plástico, con una gravedad específica de **2.52**, densidad seca de **1,286 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **6.01%**.
- Unidad E húmeda: Clasificada geotécnicamente como **Arena Limosa (SM)** no plástico, con una gravedad específica de **2.54**, densidad seca de **1,259 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **1.63%**.
- Unidad E Seca Superior: Clasificada geotécnicamente como **Arena Mal Graduada (SP)**, con una gravedad específica de **2.42**, densidad seca de **1,540 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **1.48%**.
- Unidad E Seca Inferior: Clasificada geotécnicamente como **Arena Mal Graduada (SP)**, con una gravedad específica de **2.40**, densidad seca de **1,540 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **1.11%**.
- Unidad D: Clasificada geotécnicamente como **Limo con Arena (ML)** no plástico, con una gravedad específica de **2.41**, densidad seca de **1,286 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **9.92%**.

- ZONA MEDIA

En la zona media se extrajeron muestras en el punto Padre Arrupe y UES.

- PUNTO PADRE ARRUPE

En este punto se encuentran las unidades de TBJ siguientes: Unidad G, F, Ignimbrita Beta, E Húmeda, E Seca y D, cuyas propiedades físicas promedio son las siguientes:

- Unidad G: Clasificada geotécnicamente como **Limo con Arena (ML)** no plástico, con una gravedad específica de **2.45**, densidad seca de **814 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **8.10%**.
- Unidad F: Clasificada geotécnicamente como **Limo Arenoso (ML)** no plástico, con traza de pómez, con una gravedad específica de **2.38**, densidad seca de **1,352 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **17.20%**.
- Unidad Ignimbrita Beta: Clasificada geotécnicamente como **Arena Limosa (SM)** no plástico, con una gravedad específica de **2.50**, densidad seca de **1,594 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **18.46%**.
- Unidad E húmeda: Clasificada geotécnicamente como **Arena limosa (SM)** no plástico, con una gravedad específica de **2.58**, densidad seca de **1,540 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **20.69%**.
- Unidad E seca: Clasificada geotécnicamente como **Arena mal graduada (SP)**, con una gravedad específica de **2.38**, densidad seca de **1,329 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **17.94%**.
- Unidad D: Clasificada geotécnicamente como **Limo (ML)** no plástico, con una gravedad específica de **2.48**, densidad seca de **996 kg/m³**, con un contenido de humedad natural del **12.35%**.

- PUNTO UES

En este punto se encuentran las unidades de TBJ siguientes: Unidad G y F, cuyas propiedades físicas promedio fueron las siguientes:

- Unidad G: Clasificada geotécnicamente como **Limo con Arena (ML)** no plástico, con una gravedad específica de **2.43**, densidad seca de **1,277 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **7.96%**.
- Unidad F: Clasificada geotécnicamente como **Arena Limosa (SM)** no plástico, con trazas de pómez, con una gravedad específica de **2.31**, densidad seca de **1,140 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **6.69%**.

- ZONA PROXIMAL

- PUNTO ARENAL SECO

En esta zona se tomaron muestras del punto Arenal Seco cerca del Aeropuerto de Ilopango, donde se encuentran las unidades de TBJ siguientes: Unidad F, E seca, E húmeda, Ignimbrita Alpha Superior e Inferior, cuyas propiedades físicas promedio fueron las siguientes:

- Unidad F: Clasificada geotécnicamente como **Arena limosa (SM)** no plástico, con trazas de pómez, con una gravedad específica de **2.42**, densidad seca de **1,510 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **24.45%**.

- Unidad E húmeda: Clasificada geotécnicamente como **Arena limosa (SM)** no plástico, con una gravedad específica de **2.50**, y un contenido de humedad natural del **19.79%**.
- Unidad E seca: Clasificada geotécnicamente como **Arena mal graduada (SP)**, con una gravedad específica de **2.31**, y un contenido de humedad natural del **8.30%**.
- Unidad Ignimbrita Alpha Superior: Clasificada geotécnicamente como **Arena limosa (SM)** no plástico, con una gravedad específica de **2.39**, densidad seca de **1,390 kg/m³**, y con un contenido de humedad natural del **3.62%**.
- Unidad Ignimbrita Alpha Inferior: Clasificada geotécnicamente como **Arena limosa (SM)** no plástico, con una gravedad específica de **2.44**, densidad seca de **1,390 kg/m³**, y un contenido de humedad natural del **5.46%**.

6.1.2 CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE TBJ RESPECTO AL FOCO DE EMISION

De manera general, respecto al comportamiento de las propiedades físicas de las unidades de TBJ estudiadas y tomando de referencia el punto más próximo al foco de emisión, describiendo sus variaciones con respecto a la distancia, se concluye:

- Para la unidad G se determinó:
 - Las gravedades específicas, el porcentaje de gravas, arenas y limos disminuyen a medida se alejan del foco de emisión.
 - La densidad seca y el porcentaje de arcillas se incrementaron a medida se alejan de la Caldera de Ilopango.

- Respecto a la unidad F se determinó:
 - La gravedad específica disminuye en la zona media y aumenta en la zona distal.
 - Los porcentajes de gravas y arenas disminuyen mientras que los limos y arcillas aumentan a medida se alejan del foco de emisión.
 - A medida se aleja de la fuente de emisión la densidad seca disminuye.

- Para la unidad Ignimbrita Beta se determinó:
 - Para la zona media, la gravedad específica y el porcentaje de grava se mantienen constantes, sin embargo, para la zona distal presenta un aumento.
 - Los porcentajes de arena y arcillas aumentan a medida se alejan de la Caldera de Ilopango.
 - El porcentaje de limos disminuye a medida se alejan del foco de emisión.

- La densidad seca aumenta en la zona media y disminuye en la zona distal.
-
- Para la unidad E Húmeda se determinó:
 - La gravedad específica y el porcentaje de limos aumentan a medida se alejan del foco de emisión.
 - Los porcentajes de grava y arena disminuyen a medida se alejan de la Caldera de Ilopango.
 - El porcentaje de arcillas aumenta en la zona media y disminuye en la zona distal.
 - Para la densidad seca no se obtuvieron datos en la zona proximal al foco de emisión, por lo tanto, la comparación se realizó con los resultados de la zona media, disminuyendo en la zona distal.
-
- Para la unidad E Seca se determinó:
 - La gravedad específica, el porcentaje arenas y finos aumentan a medida se alejan del foco de emisión.
 - El porcentaje de grava disminuye a medida se aleja de la Caldera de Ilopango.
 - Para la densidad seca no se obtuvieron datos en la zona proximal al foco de emisión, por lo tanto, la comparación se realizó con los resultados de la zona media, incrementando en la zona distal.

- Para la unidad D se determinó:
 - La gravedad específica y el porcentaje de arcillas aumentan a medida se alejan del foco de emisión.
 - Los porcentajes de grava y arena disminuyen a medida se alejan de la Caldera de Ilopango.
 - El porcentaje de limos aumenta en la zona media y disminuyen en la zona distal.
 - La densidad seca disminuye en la zona media y aumenta en la zona distal.

6.1.3 CONCLUSIONES GENERALES

- Las unidades G, F y E seca presentaron una curva granulométrica con una tendencia más fina a medida nos alejamos del foco de emisión. Por el contrario, la unidad Ignimbrita Beta presenta una granulometría más gruesa a medida nos alejamos de la Caldera de Ilopango.
- La gravedad específica para las unidades G, Beta, E húmeda, E seca y D, aumentan a medida nos alejamos del foco emisión.
- La densidad seca para las unidades G y E Seca, aumentan de forma gradual a medida se aleja del foco de emisión, indicando un mayor grado de consolidación. Sin embargo, el comportamiento de las unidades F y E Húmeda, disminuye a medida se aleja de la Caldera de Ilopango.

- En la zona proximal y media las densidades secas más bajas se obtuvieron en las unidades G y D; y en la zona distal las unidades F y E húmeda.
- Las mayores densidades secas para la zona proximal se obtuvieron en las unidades F e Ignimbrita Beta; en la zona media se registraron en la unidad Ignimbrita Beta y E húmeda; y para la zona distal la unidad E seca

6.2. RECOMENDACIONES

- Con la finalidad de comprender el comportamiento de las diferentes unidades de TBJ, se recomienda ampliar los estudios sobre las propiedades físicas en otros puntos, en los cuales se encuentren más unidades y poder ampliar la información de los parámetros estudiados; utilizando los resultados obtenidos en este trabajo como base y respaldo para complementar la caracterización.
- Se sugiere que, en futuras investigaciones, se realicen ensayos sobre las propiedades mecánicas de cada una de las unidades de los puntos estudiados, con el objetivo de conocer el comportamiento ante la aplicación de carga en estos suelos y conociendo los espesores de las diferentes unidades de TBJ, se puedan evaluar los asentamientos de acuerdo a los niveles de carga que se les impongan.

- Es necesario realizar una zonificación del uso de suelo y crear una normativa fundamentada en investigaciones locales, de acuerdo con las características de la TBJ, que proporcione los requerimientos de diseño y construcción para el desarrollo de obras civiles en estos depósitos.
- Para las unidades G y D que obtuvieron una baja densidad seca, se recomienda que previo a apoyar cualquier estructura sobre estos suelos, se debe mejorar esta unidad por algún proceso de compactación mecánico, generando una densificación del suelo y disminuyendo así la relación de vacíos.
- Es recomendable contar con el acompañamiento de personal técnico capacitado que conozcan previamente la zona de muestreo, con el objetivo de aplicar técnicas de identificación y muestreo adecuadas para el estudio de las diferentes unidades presentes.
- Se recomienda ampliar la investigación obtenida para cada unidad de Tierra Blanca Joven incluyendo el estudio de la mineralogía de los materiales en cada punto de muestreo, con el objetivo de comprender las variaciones obtenidas en el comportamiento de la gravedad específica a medida se aleja del foco de emisión.

- A partir de los ensayos de laboratorio desarrollados en el presente trabajo de investigación, se recomienda para el aseguramiento de la calidad de los resultados, realizar la cantidad de ensayos para cada propiedad física detallada a continuación, para la granulometría, gravedad específica y densidad (por el método de parafina) se recomienda como mínimo desarrollar 4 ensayos, sin embargo para determinar la densidad para las unidades E seca, Ignimbrita Beta e Ignimbrita Alpha, se deberá realizar un mínimo de 6 pruebas de laboratorio, para el contenido de humedad se recomienda 3 ensayos por cada muestra extraída. Y de esta forma obtener resultados representativos.

6.3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ayala, O. (2013), “Aplicación de los modelos constitutivos para representar el comportamiento de Tierra Blanca Joven (TBJ), Unidad G”, Trabajo de Pregrado, Universidad de El Salvador.

- Gómez, C. (2018), “Obtención de la tasa de erosión en taludes conformados por Tierra Blanca Joven (TBJ) en la zona oriente del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)”, Trabajo de Pregrado, Universidad de El Salvador.

- Cienfuegos Gallardo, Jennifer Villca, Yanet Montalvo, Marilyn Taype, Milagros Franco (2018), “Densidad Aparente del suelo método de la parafina”.pp 3-19, Universidad Nacional de San Agustín, Escuela profesional de ingeniería Geofísica.

- Dr. Lorenzo Borselli,(2018-2019),Fac. de Ingeniería UASLP “Parte II: Clasificación ingenieril de los suelos”.

- Walter Hernández Geólogo de SNET., (2005), “Mecanismo de ruptura de taludes en ignimbritas de Tierra Blanca Joven, Caldera de Ilopango, El Salvador”.

- Hernández, W., (2004), “Características Geotécnicas y Vulcanológicas de las tefras de Tierra Blanca Joven, de Ilopango, El Salvador”, Proyecto final presentado para optar al grado de master en tecnologías geológicas en la Universidad Politécnica de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Bautista, W., Cruz, K., (2016), “Determinación de la tasa de deterioro en taludes constituidos por materiales piroclásticos en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)”.
- Avalos, J.R. y Castro R.M., (2010), “Caracterización Geológica y Geotécnica de la unidad “G” de Tierra Blanca Joven”. Trabajo de graduación presentado para optar al grado de Ingeniero Civil en la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), San Salvador, El Salvador.
- Rolo R., Bommer J.J., Houghton B.F., Vallance J.W., Berdousis P., Mavrommati C. y Murphy W., (2004), “Geologic and Engineering Characterization of Tierra Blanca Pyroclastic Ash Deposits”. Special paper 375, Geological Society of America.
- Amaya, C., & Hayem, E., (2000) “Introducción al estudio de suelos parcialmente saturados e inicio de la caracterización de la Tierra Blanca

del AMSS”, Trabajo de pregrado, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), San Salvador, El Salvador.

- Chávez, J., Hernández, W., & Kopecky, L., (2012) “Problemática y conocimiento actual de las tefras Tierra Blanca Joven en el Área Metropolitana de San Salvador, El Salvador”, Revista Geológica de América Central.
- Molina, B. M. et. al., (2009) “Caracterización Geotécnica de las tefras Tierra Blanca Joven: unidad G en la zona proximal y obras de protección“, Director: Alexander Chávez, Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA).
- Escalante Cerritos, K. J.; López Hernández, K. N. y Zepeda Castro, H. A., (2018), “Elaboración del mapa de características geotécnicas para el municipio de San Salvador y Propuesta de requerimientos mínimos necesarios en estudios de suelos para urbanizaciones, obras de protección, edificaciones de tres y más niveles.”, Trabajo de Pregrado, Universidad de El Salvador.
- SNET. (2019) Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/ver/geologia/geologia+de+el+salvador/>



ANEXOS

A continuación, se presentan los resultados de laboratorio obtenidos para la unidad F del punto Padre Arrupe:

ANEXO 1 - DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE UN SUELO EN LABORATORIO ● ASTM D - 2216		PROCESO:	LABORATORIO
			CÓDIGO:	<i>TBJ - H01</i>
			VERSIÓN:	2019
			REVISIÓN:	A
NOMBRE DE TRABAJO DE GRADUACIÓN:		CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS DIFERENTES		
UNIDADES DE LA TIERRA BLANCA JOVEN (TBJ) EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (AMSS).				
UBICACIÓN DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS:		AUTOPISTA DE ORO, CERCANO AL COLEGIO ESPAÑOL PADRE ARRUPE,		
SOYAPANGO, EL SALVADOR.				
POSIBLE UNIDAD:	F	FECHA DE MUESTREO:	26/6/2019	
ESPEJOR DE ESTRATO:	0.40 m	FECHA DE ENSAYO:	1/7/2019	
CODIGO DE ENSAYO:	CH - ARRUPE F	LABORATORISTA:	KEVIN RODRIGUEZ	
NÚMERO DE MUESTRA	1	2	3	
NÚMERO DE TARA	77	83	60	
PESO DE TARA, g.	10.13	10.06	10.69	
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO, g.	70.24	68.9	84.13	
PESO DE TARA + SUELO SECO, g.	62.77	61.62	74.95	
PESO DE SUELO SECO, g.	52.64	51.56	64.26	
PESO DEL AGUA, g.	7.47	7.28	9.18	
CONTENIDO DE HUMEDAD, %.	14.19	14.12	14.29	
HUMEDAD PROMEDIO, %.	14.20			

ANEXO 2 - DENSIDAD APARENTE DEL SUELO (DENSIDAD DE CAMPO)

 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO "METODO DE LA PARAFINA"	PROCESO:	LABORATORIO
		CÓDIGO:	TBJ - H01
		VERSIÓN:	2019
		REVISIÓN:	A

NOMBRE DE TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE LA TIERRA BLANCA JOVEN (TBJ) EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (AMSS).

UBICACIÓN DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS: AUTOPISTA DE ORO, CERCANO AL COLEGIO ESPAÑOL PADRE ARRUPE, SOYAPANGO, EL SALVADOR.

POSIBLE UNIDAD:	F	FECHA DE MUESTREO:	26/6/2019
ESPESOR DE ESTRATO:	0.40 m	FECHA DE ENSAYO:	4/7/2019
CLASIFICACIÓN DE SUELO:	ML	LABORATORISTA:	KEVIN RODRIGUEZ
CODIGO DE ENSAYO:	DC - ARRUPE F		

NÚMERO DE MUESTRA	1	
PESO DE MUESTRA, g.	1174.10	
PESO DE MUESTRA + PARAFINA, g.	1307.73	
PESO DE CANASTILLA, g.	802.00	
PESO DE MUESTRA + PARAFINA + CANASTILLA, g.	1201.50	
DENSIDAD DE AGUA, (g/cm³).	1.00	
DENSIDAD DE PARAFINA, (g/cm³).	0.80	
VOLUMEN DE MUESTRA, (cm³).	741.19	
DENSIDAD DE MUESTRA, (g/cm³).	1.58	
PROMEDIO DE DENSIDAD DE MUESTRA, (g/cm³).	1584	

ANEXO 3 - GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS

 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DEL SUELO POR EL MÉTODO DEL PICNOMETRO CON AGUA  ASTM D - 854	PROCESO:	LABORATORIO
		CÓDIGO:	TBJ - H01
		VERSIÓN:	2019
		REVISIÓN:	A

NOMBRE DE TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS DIFERENTES
UNIDADES DE LA TIERRA BLANCA JOVEN (TBJ) EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (AMSS).

UBICACIÓN DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS: AUTOPISTA DE ORO, CERCANO AL COLEGIO ESPAÑOL PADRE ARRUPE, SOYAPANGO, EL SALVADOR

POSIBLE UNIDAD: F **FECHA DE MUESTREO:** 1/2/2020

ESPESOR DE ESTRATO: 0.40 m **FECHA DE ENSAYO:** 4/2/2020

CODIGO DE ENSAYO: GS - ARRUPE F **LABORATORISTA:** LAURA CUELLAR

NÚMERO DE MATRAZ	T1	T2
CAPACIDAD DE PICNÓMETRO, cm ³ .	500	500
TEMPERATUR DE ENSAYO, (°C).	24.7	24.7
PESO DE TARA, g.	51.1	50.25
PESO TARA + SUELO SECO, g.	143.16	141.82
PESO PICN. + AGUA + SUELO, g.	712.01	710.6
PESO SUELO SECO, g.	92.06	91.57
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO, g.	659.00	657.13
GRAVEDAD ESPECIFICA.	2.36	2.40
GRAVEDAD ESPECIFICA A 20 °C.	2.35	2.40
PROMEDIO DE GRAVEDAD ESPECIFICA.	2.38	

CORRECCIÓN POR MENISCO, C_m :	1
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE, C_d :	1
FACTOR DE CORRECCIÓN, a :	1.024

TIEMPO TRANSCURRIDO, Minutos.	LECTURA REAL DEL HIDRÓMETRO (R_r), g/l	TEMPERATURA, °C.	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (C_t), °C.	LECTURA CORREGIDA DEL HIDRÓMETRO (R_c), gl.	% DE SUELO QUE PERMANECE EN SUSPENSIÓN	% QUE PASA	HIDRÓMETRO CORREGIDO POR MENISCO (R), g/l	DISTANCIA DE CAIDA (L), cm.	DIÁMETRO DE PARTICULAS (D), mm.
2	30	25.5	1.48	30.7	48.52%	26.07%	31	11.4	0.03192
5	25	25.5	1.48	25.7	40.61%	21.82%	26	12.2	0.02089
15	21	26.0	1.65	21.9	34.69%	18.64%	22	12.9	0.01225
30	18	26.0	1.65	18.9	29.94%	16.09%	19	13.3	0.00879
60	15	26.5	1.83	16.2	25.62%	13.76%	16	13.8	0.00634
250	11	28.0	2.50	13.3	21.04%	11.30%	12	14.5	0.00311
1440	10	26.5	1.83	11.2	17.70%	9.51%	11	14.7	0.00134

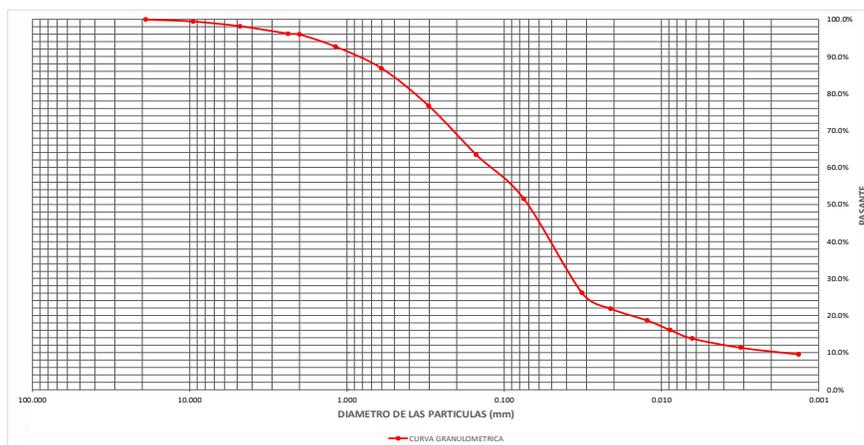
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA EL MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 10

NÚMERO DE TARA:	11 - 3.
PESO DE TARA, g.:	65.4
PESO DE TARA + SUELO SECO, g.:	96.05
PESO DE SUELO SECO, g.:	30.65
PESO DE SUELO PERDIDO POR LAVADO, g.:	34.05
TOTAL DE SUELO, g.:	64.70

MALLAS	APERTURA, mm.	PESO DE TARA, g.	PESO DE TARA + SUELO SECO, g.	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO COMPENSADO, g.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA	% QUE PASA LA MALLA REFERIDA DE MUESTRA TOTAL
MALLA No. 16	1.180	65.59	67.81	2.22	2.22	0.03	3.4%	96.6%	92.7%
MALLA No. 30	0.600	65.35	69.32	3.97	3.97	0.06	9.6%	90.4%	86.8%
MALLA No. 50	0.300	65.91	72.81	6.9	6.90	0.11	20.2%	79.8%	76.5%
MALLA No. 100	0.150	50.54	59.4	8.86	8.86	0.14	33.9%	66.1%	63.4%
MALLA No. 200	0.075	92.72	100.71	7.99	7.99	0.12	46.3%	53.7%	51.6%
PASANTE DE MALLA No. 200		79.85	80.49	34.69	34.76	0.54	100.0%	0.0%	0.0%
TOTAL				64.63	64.70	100.00%			

CLASIFICACIÓN:	LIMO ARENOSO (ML), COLOR CAFÉ CLARO, PRESENCIA DE FRAGMENTOS DE POMEZ CON TM 3/4" Y FINOS NP
PESO DE SUELO A COMPENSAR, g.:	0.07
MALLA CORREGIDA:	PASANTE DE MALLA No. 200
PORCENTAJE DE ERROR, %:	0.11%

CURVA GRANULOMÉTRICA



 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DE SUELOS <small>® ASTM D - 422</small>	PROCESO:	LABORATORIO
		CÓDIGO:	TBJ - G01
		VERSIÓN:	2019
		REVISIÓN:	A

NOMBRE DE TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS DIFERENTES UNIDADES DE LA TIERRA BLANCA JOVEN (TBJ)

EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (AMSS).

UBICACIÓN DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS: AUTOPISTA DE ORO, CERCANO AL COLEGIO ESPAÑOL PADRE ARRUPE, SOYAPANGO, EL SALVADOR

POSIBLE UNIDAD:	F	FECHA DE MUESTREO:	26/6/2019
ESPESOR DE ESTRATO:	0.40 m	FECHA DE ENSAYO:	15/7/2019
CODIGO DE ENSAYO:	GR02 - ARRUPE F	LABORATORISTA:	JHOSSE RODRIGUEZ

PESO DE MUESTRA SECA TOTAL, g.:	947.67
PESO DE MUESTRA SECA QUE PASA LA MALLA No. 10, g.:	903.16
PESO DE MUESTRA SECA RETENIDA EN MALLA No. 10, g.:	44.51

HUMEDAD HIGROSCÓPICA

NÚMERO DE TARA:	83	No. 34
PESO DE TARA, g.:	10.06	10.31
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO, g.:	26.57	27.89
PESO DE TARA + SUELO SECO, g.:	26.55	27.87
PESO DE SUELO SECO, g.:	16.49	17.56
CONTENIDO DE HUMEDAD, %:	0.12%	0.11%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO, %:	0.12%	

% RETENIDO EN LA MALLA No. 10:	4.7%
% QUE PASA LA MALLA No. 10:	95.3%

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA EL MATERIAL QUE SE RETIENE EN LA MALLA No. 10

MALLAS	APERTURA, mm.	PESO DE TARA, g.	PESO DE TARA + SUELO SECO, g.	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO COMPENSADO, g.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA	OBSERVACIONES
MALLA 3/4"	19.000	65.78	65.78	0	0.00	0.0%	0.0%	100.0%	GRAVA FINA
MALLA 3/8"	9.500	65.78	71.06	5.28	5.28	11.9%	11.9%	99.4%	
MALLA No.4	4.750	65.78	78.08	12.3	12.30	27.6%	39.5%	98.1%	
MALLA No. 8	2.360	65.78	85.73	19.95	19.95	44.8%	84.3%	96.0%	
MALLA No. 10	2.000	65.78	72.76	6.98	6.98	15.7%	100.0%	95.3%	
PASANTE DE MALLA No. 10									
TOTAL				44.51	44.51	100.00%			

ANÁLISIS HIDROMÉTRICO

PESO DE TARA, g.:	52.57	LECTURA EN AGUA DE MENISCO SUPERIOR:	1
PESO DE TARA + SUELO, g.:	117.57	LECTURA EN AGUA DE MENISCO INFERIOR:	2
PESO DE SUELO, g.:	65	LECTURA EN DEFLOCULANTE DE MENISCO SUPERIOR:	5
PESO DE SUELO CORREGIDO POR HUMEDAD HIGROSCÓPICA, g.:	64.92	LECTURA EN DEFLOCULANTE DE MENISCO INFERIOR:	6
Gs DE LOS SÓLIDOS:	2.38		

CORRECCIÓN POR MENISCO, C _{mc} :	1
CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE, C _d :	1
FACTOR DE CORRECCIÓN, a:	1.024

TIEMPO TRANSCURRIDO, Minutos.	LECTURA REAL DEL HIDRÓMETRO (Rr), g/l	TEMPERATURA, °C.	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (Ct), °C.	LECTURA CORREGIDA DEL HIDRÓMETRO (Rc), gl.	% DE SUELO QUE PERMANECE EN SUSPENSIÓN	% QUE PASA	HIDRÓMETRO CORREGIDO POR MENISCO (R), g/l	DISTANCIA DE CAIDA (L), cm.	DIÁMETRO DE PARTICULAS (D), mm.
2	28	26.0	1.65	28.9	45.61%	0.24724	29	11.7	0.03195
5	22	26.0	1.65	22.9	36.15%	19.59%	23	12.7	0.02105
15	18	26.5	1.83	19.2	30.26%	16.40%	19	13.3	0.01245
30	15	26.5	1.83	16.2	25.53%	13.84%	16	13.8	0.00897
60	12	27.0	2.00	13.5	21.23%	11.51%	13	14.3	0.00637
250	8	27.0	2.00	9.5	14.92%	8.09%	9	15.0	0.00320
1440	6	26.5	1.83	7.2	11.33%	6.14%	7	15.3	0.00136

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA EL MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 10

NÚMERO DE TARA:	21
PESO DE TARA, g.:	52.55
PESO DE TARA + SUELO SECO, g.:	83.25
PESO DE SUELO SECO, g.:	30.7
PESO DE SUELO PERDIDO POR LAVADO, g.:	34.22
TOTAL DE SUELO, g.:	64.92

MALLAS	APERTURA, mm.	PESO DE TARA, g.	PESO DE TARA + SUELO SECO, g.	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO COMPENSADO, g.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA	% QUE PASA LA MALLA REFERIDA DE MUESTRA TOTAL
MALLA No. 16	1.180	65.59	67.24	1.65	1.65	0.03	2.5%	97.5%	92.9%
MALLA No. 30	0.600	65.35	69.51	4.16	4.16	0.06	8.9%	91.1%	86.8%
MALLA No. 50	0.300	65.91	72.79	6.88	6.88	0.11	19.5%	80.5%	76.7%
MALLA No. 100	0.150	50.54	59.37	8.83	8.83	0.14	33.1%	66.9%	63.7%
MALLA No. 200	0.075	92.72	100.93	8.21	8.21	0.13	45.8%	54.2%	51.7%
PASANTE DE MALLA No. 200		79.85	80.78	35.15	35.19	0.54	100.0%	0.0%	0.0%
TOTAL				64.88	64.92	100.00%			

CLASIFICACIÓN:	LIMO ARENOSO (ML), COLOR CAFÉ CLARO, PRESENCIA DE FRAGMENTOS DE POMEZ CON TM 3/4" Y FINOS NP
PESO DE SUELO A COMPENSAR, g.:	0.04
MALLA CORREGIDA:	PASANTE DE MALLA No. 200
PORCENTAJE DE ERROR, %:	0.06%

CURVA GRANULOMÉTRICA

