

CAPÍTULO 5:

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIOTICO

TOMO 2

Índice

Índice	5-1
Índice de tablas	5-1
Índice de figuras	5-6
5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	5-12
5.1 MEDIO ABIÓTICO	5-12
5.1.7 Calidad del Agua	5-12
5.1.8 Usos del agua	5-160
5.1.9 Hidrogeología.....	5-172
5.1.10 Geotecnia.....	5-277
5.1.11 Atmósfera	5-331
5.1.12 Ruido.....	5-362

Índice de tablas

TABLA 5.1-1 COORDENADAS DE LAS ESTACIONES MUESTREO ESTABLECIDAS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS CUERPOS DE AGUA	5-16
TABLA 5.1-2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO	5-17
TABLA 5.1-3 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E1 – E7	5-28
TABLA 5.1-4 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E8 – E14	5-30
TABLA 5.1-5 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS.....	5-32
TABLA 5.1-6 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E1 – E3	5-34
TABLA 5.1-7 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E4 – E6	5-34
TABLA 5.1-8 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E7 – E9	5-35
TABLA 5.1-9 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E10 – E12	5-36
TABLA 5.1-10 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E13 Y E14	5-36
TABLA 5.1-11 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS LÉNTICO 2 Y LÉNTICO 3	5-37
TABLA 5.1-12 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS LÉNTICO 4.....	5-38
TABLA 5.1-13 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS EN TÉRMINOS DE CONDUCTIVIDAD	5-44

TABLA 5.1-14	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA/NSF) Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	5-62
TABLA 5.1-15	RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EVALUADAS	5-65
TABLA 5.1-16	RESULTADOS DE AFORO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EVALUADAS	5-67
TABLA 5.1-17	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA DOIMA (E1)	5-68
TABLA 5.1-18	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA SAN JAVIER (E2)	5-69
TABLA 5.1-19	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA OPIA (E3)	5-70
TABLA 5.1-20	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA DOIMA(E4)	5-72
TABLA 5.1-21	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA SAN JAVIER (5)	5-73
TABLA 5.1-22	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA OPIA (E6)	5-74
TABLA 5.1-23	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA OPIA (E7)	5-75
TABLA 5.1-24	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA SAN JAVIER (E8)	5-77
TABLA 5.1-25	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA DOIMA (E10)	5-79
TABLA 5.1-26	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA ARMADILLOS (E11).....	5-80
TABLA 5.1-27	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA SAN GUAICO (E12)	5-81
TABLA 5.1-28	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA LA PERICA (E13).....	5-83
TABLA 5.1-29	DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA LA BARBONA (E14)	5-84
TABLA 5.1-30	RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E1 – E7	5-86
TABLA 5.1-31	RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E8 – E14	5-88
TABLA 5.1-32	RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS.....	5-90
TABLA 5.1-33	RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E1 – E3	5-92
TABLA 5.1-34	RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E4 – E6	5-92
TABLA 5.1-35	RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E7 – E10	5-93
TABLA 5.1-36	RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA MONITOREADOS ESTACIÓN E11 – E14	5-93
TABLA 5.1-37	RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS LÉNTICO 2 Y LÉNTICO 3	5-94
TABLA 5.1-38	RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS <i>IN SITU</i> DE CADA UNA DE LAS SUBMUESTRAS DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS LÉNTICO 4.....	5-95

TABLA 5.1-39 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA/NSF) Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	5-119
TABLA 5.1-40 RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EVALUADAS	5-123
TABLA 5.1-41 RESULTADOS DE AFORO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO EVALUADAS	5-125
TABLA 5.1-42 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA DOIMA (E1)	5-126
TABLA 5.1-43 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA SAN JAVIER (E2)	5-127
TABLA 5.1-44 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA OPIA (E3)	5-128
TABLA 5.1-45 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA DOIMA (E4)	5-130
TABLA 5.1-46 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA SAN JAVIER (E5)	5-131
TABLA 5.1-47 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA OPIA (E6)	5-132
TABLA 5.1-48 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA OPIA (E7)	5-133
TABLA 5.1-49 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA SAN JAVIER (E8)	5-134
TABLA 5.1-50 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA DOIMA (E10)	5-136
TABLA 5.1-51 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA ARMADILLOS (E11).....	5-137
TABLA 5.1-52 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA SAN GUAICO (E12)	5-138
TABLA 5.1-53 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA LA PERICA (E13).....	5-139
TABLA 5.1-54 DISTANCIAS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PARCIALES, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD MEDIA EN CADA VERTICAL PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA LA BARBONA (E14)	5-141
TABLA 5.1-55 COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA/NFS) ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMÁTICAS	5-156
TABLA 5.1-56 COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMATICAS ...	5-158
TABLA 5.1-57 COMPARACIÓN DEL CAUDAL ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMÁTICAS.....	5-159
TABLA 5.1-58 USOS Y USUARIOS IDENTIFICADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	5-164
TABLA 5.1-59 RELACIÓN DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA REVISADA PARA LA ELABORACIÓN DE LA HIDROGEOLOGÍA DEL PRESENTE EIA	5-176
TABLA 5.1-60 CLASIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS SEGÚN EL CRITERIO DE CAPACIDAD ESPECÍFICA	5-182
TABLA 5.1-61 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DEFINIDAS PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA	5-186
TABLA 5.1-62 PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA CLASIFICADOS COMO POZOS PROFUNDOS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA	5-196
TABLA 5.1-63 USOS ACTUALES DE AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA	5-204
TABLA 5.1-64 CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS PROFUNDOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA .	5-206
TABLA 5.1-65 COORDENADAS Y UBICACIÓN DE LOS SONDEOS REALIZADOS. SISTEMA DE COORDENADAS CTM12 ORIGEN NACIONAL	5-208

TABLA 5.1-66 VALORES DE RESISTIVIDAD PARA ALGUNOS MATERIALES, SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS. FUENTE: CORTOLIMA (2013).	5-212
TABLA 5.1-67 NIVELES DE AGUA SUBTERRÁNEO REGISTRADOS.....	5-224
TABLA 5.1-68 VALORACIÓN DEL POTENCIAL DE RECARGA	5-227
TABLA 5.1-69 PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO "PENDIENTE"	5-228
TABLA 5.1-70 PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO "TIPO DE SUELO"	5-230
TABLA 5.1-71 PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO "TIPO DE ROCA"	5-231
TABLA 5.1-72 VALORACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL PARA LA ZONIFICACIÓN RECARGA	5-233
TABLA 5.1-73 VALORACIÓN DE USO ACTUAL DEL SUELO PARA LAS ZONAS DE RECARGA	5-235
TABLA 5.1-74 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL POTENCIAL DE RECARGA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO ...	5-237
TABLA 5.1-75 CATEGORÍAS DE VULNERABILIDAD PARA LA METODOLOGÍA GODS	5-241
TABLA 5.1-76 FACTOR PARÁMETRO SUELO (S) EMPELADO EN EL MÉTODO GODS.....	5-242
TABLA 5.1-77 FACTOR PARÁMETRO GRADO DE CONFINAMIENTO (G) EMPELADO EN EL MÉTODO GODS.....	5-242
TABLA 5.1-78 FACTOR PARÁMETRO O EMPELADO EN EL MÉTODO GODS.....	5-243
TABLA 5.1-79 FACTOR PARÁMETRO D EMPELADO EN EL MÉTODO GODS	5-243
TABLA 5.1-80 FACTOR PARÁMETRO SUELO (S) EMPELADO EN EL MÉTODO GODS.....	5-244
TABLA 5.1-81 PARÁMETROS TENIDOS EN CUENTA PARA EL USO DE LA METODOLOGÍA GODS	5-245
TABLA 5.1-82 DATOS UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DEL FLUJO DE AGUA SOMERO O LOCAL	5-247
TABLA 5.1-83 DATOS UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DEL FLUJO DE AGUA INTERMEDIO.....	5-248
TABLA 5.1-84 LOCALIZACIÓN 5 PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	5-251
TABLA 5.1-85 ERROR ACEPTABLE EN BALANCE IÓNICO SEGÚN LA CONDUCTIVIDAD	5-261
TABLA 5.1-86 ERROR ACEPTABLE EN BALANCE IÓNICO SUMATORIA DE ANIONES	5-261
TABLA 5.1-87 CLASIFICACIÓN POR DUREZA, CUSTODIO Y LLAMAS, 1976	5-262
TABLA 5.1-88. CLASIFICACIÓN POR DUREZA, PÉREZ 1997	5-262
TABLA 5.1-89. CLASIFICACIÓN POR DUREZA PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS	5-262
TABLA 5.1-90 LOCALIZACIÓN 5 PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	5-263
TABLA 5.1-91 RESULTADOS IN SITU DE LOS PUNTOS MONITOREADOS	5-264
TABLA 5.1-92 RESULTADOS LABORATORIO AGUA SUBTERRÁNEA	5-266
TABLA 5.1-93 CALIFICACIÓN DE CADA VARIABLE.....	5-279
TABLA 5.1-94 CRITERIOS DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA ESPECÍFICOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO	5-280
TABLA 5.1-95 VALORACIÓN DE LOS RANGOS DE PENDIENTES PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	5-282
TABLA 5.1-96 VALORACIÓN DEL TIPO DE MATERIAL PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	5-285
TABLA 5.1-97 VALORACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	5-288
TABLA 5.1-98 VALORACIÓN DE GEOMORFOLOGÍA PARA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	5-292
TABLA 5.1-99 VALORACIÓN EDAFOLÓGICA PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	5-294
TABLA 5.1-100 VALORACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLOGÍAS PARA LA VARIABLE DE HIDROGEOLOGÍA....	5-298
TABLA 5.1-101 VALORACIÓN DE USO ACTUAL DEL SUELO PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	5-299
TABLA 5.1-102 ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA PARA LA DEFINICIÓN DE LA ESTABILIDAD GEOTÉCNICA...	5-302
TABLA 5.1-103 RANGOS PARA CLASIFICACIÓN DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA PARA EL ÁREA DE ESTUDIO ...	5-305
TABLA 5.1-104 RANGOS PARA CLASIFICACIÓN DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA PARA EL ÁREA DE ESTUDIO ...	5-305
TABLA 5.1-105 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	5-306
TABLA 5.1-106 APIQUES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	5-308
TABLA 5.1-107 PRIMERA Y/O SEGUNDA LETRA	5-321
TABLA 5.1-108 RESULTADOS ENSAYOS DE CONTENIDO DE CLORUROS, SULFATOS Y SULFUROS	5-324
TABLA 5.1-109 CLASIFICACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DEL ION SULFATOS EN SUELOS.....	5-325

TABLA 5.1-110. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	5-332
TABLA 5.1-111 AFOROS VEHICULARES ESTUDIO DE RUIDO AMBIENTAL.....	5-337
TABLA 5.1-112 GRAFICAS DE TEMPERATURA.....	5-339
TABLA 5.1-113 PRESIÓN ATMOSFÉRICA (MBAR).....	5-340
TABLA 5.1-114 PRECIPITACIÓN ACUMULADA	5-342
TABLA 5.1-115 HUMEDAD RELATIVA	5-343
TABLA 5.1-116 VELOCIDAD DE VIENTOS	5-344
TABLA 5.1-117 ESCALA DE VELOCIDAD DEL VIENTO DE BEAUFORT	5-345
TABLA 5.1-118 RADIACIÓN	5-348
TABLA 5.1-119 NUBOSIDAD FRECUENCIA HORARIA	5-349
TABLA 5.1-120. FECHA Y COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE 1RA CAMPAÑA DE MONITOREO	5-352
TABLA 5.1-121. FECHA Y COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE 2DA CAMPAÑA DE MONITOREO	5-352
TABLA 5.1-122 EQUIPOS EMPLEADOS EN EL MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE	5-353
TABLA 5.1-123 ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE	5-358
TABLA 5.1-124 ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE	5-360
TABLA 5.1-125. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN 1RA CAMPAÑA.....	5-363
TABLA 5.1-126. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN 2DA CAMPAÑA	5-363
TABLA 5.1-127 INFORMACIÓN GENERAL DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN - DÍA ORDINARIO JORNADA DIURNA Y NOCTURNA	5-364
TABLA 5.1-128 INFORMACIÓN GENERAL DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN - DÍA FESTIVO JORNADA DIURNA Y NOCTURNA	5-364
TABLA 5.1-129. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN – DÍA ODINARIO JORNADA DIURNA Y NOCTURNA.	5-364
TABLA 5.1-130. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN – DÍA DOMINICAL JORNADA DIURNA Y NOCTURNA.....	5-365
TABLA 5.1-131. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN 1RA CAMPAÑA	5-365
TABLA 5.1-132. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN 2DA CAMPAÑA	5-366
TABLA 5.1-133. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS DE CAMPO.....	5-367
TABLA 5.1-134. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS DE CAMPO.....	5-369
TABLA 5.1-135 PUNTOS DE MEDICIÓN Y CLASIFICACIÓN	5-371
TABLA 5.1-136. COMPARACIÓN NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL DÍA ORDINARIO DIURNO Y NOCTURNO CON LA NORMATIVIDAD.....	5-372
TABLA 5.1-137. COMPARACIÓN DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL DÍA DOMINICAL CON LA NORMATIVIDAD	5-372
TABLA 5.1-138. RESULTADOS PUNTO RA-4-24 HORAS ORDINARIO DIURNO Y NOCTURNO.....	5-372
TABLA 5.1-139. RESULTADOS PUNTO RA-4-24 HORAS DOMINICAL DIURNO Y NOCTURNO	5-373
TABLA 5.1-140. RESULTADOS PUNTO 5-24 HORAS ORDINARIO DIURNO Y NOCTURNO	5-374
TABLA 5.1-141. RESULTADOS PUNTO 5-24 HORAS DOMINICAL DIURNO Y NOCTURNO	5-375
TABLA 5.1-142. COMPARACIÓN NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL DÍA ORDINARIO DIURNO Y NOCTURNO CON LA NORMATIVIDAD.....	5-376
TABLA 5.1-143. COMPARACIÓN DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL DÍA DOMINICAL CON LA NORMATIVIDAD	5-376
TABLA 5.1-144. RESULTADOS PUNTO RA-5-24 HORAS ORDINARIO DIURNO Y NOCTURNO.....	5-376
TABLA 5.1-145. RESULTADOS PUNTO RA-5-24 HORAS DOMINICAL DIURNO Y NOCTURNO	5-377
TABLA 5.1-146. RESULTADOS PUNTO RA-6-24 HORAS ORDINARIO DIURNO Y NOCTURNO.....	5-378
TABLA 5.1-147. RESULTADOS PUNTO RA-6 24 HORAS DOMINICAL DIURNO Y NOCTURNO.....	5-379

Índice de figuras

FIGURA 5.1-1 PUNTOS DE MUESTREO PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS CUERPOS DE AGUA UBICADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	5-15
FIGURA 5.1-2 VALORES DE PH DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E1 A LA E7.	5-40
FIGURA 5.1-3 VALORES DE PH DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E8 A LA E14.	5-41
FIGURA 5.1-4 VALORES DE PH DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS.	5-41
FIGURA 5.1-5 VALORES DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-43
FIGURA 5.1-6 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E1 A LA E7.	5-44
FIGURA 5.1-7 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E8 A LA E14.	5-45
FIGURA 5.1-8 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS.....	5-45
FIGURA 5.1-9 VALORES DE TEMPERATURA (T°C) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E1 A LA E7.	5-47
FIGURA 5.1-10 VALORES DE TEMPERATURA (T°C) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E8 A LA E14.	5-47
FIGURA 5.1-11 VALORES DE TEMPERATURA (T°C) DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS... 5-48	48
FIGURA 5.1-12 VALORES DE TURBIDEZ DE LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-49
FIGURA 5.1-13 VALORES DE DQO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.....	5-51
FIGURA 5.1-14 VALORES DE OXÍGENO DISUELTO (OD) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E1 A LA E7. ...	5-52
FIGURA 5.1-15 VALORES DE OXÍGENO DISUELTO (OD) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E8 A LA E14.	5-52
FIGURA 5.1-16 VALORES DE OXÍGENO DISUELTO (OD) DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS.....	5-53
FIGURA 5.1-17 VALORES DE FÓSFORO TOTAL REGISTRADO PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-54
FIGURA 5.1-18 VALORES DE GRASAS Y ACEITES REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS*.....	5-56
FIGURA 5.1-19 VALORES DE LOS COLIFORMES FECALIS TERMO-TOLERANTES (E. COLI) REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-57
FIGURA 5.1-20 VALORES DE LOS COLIFORMES TOTALES REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-58
FIGURA 5.1-21 VALORES DE SULFATOS REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-59
FIGURA 5.1-22 VALORES DE CLORUROS REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-60
FIGURA 5.1-23 VALORES DE POTASIO REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-61
FIGURA 5.1-24 PERFIL QUEBRADA DOIMA (E1).	5-68
FIGURA 5.1-25 PERFIL QUEBRADA SAN JAVIER (E2).....	5-70
FIGURA 5.1-26 PERFIL QUEBRADA OPIA (E3).	5-71
FIGURA 5.1-27 PERFIL QUEBRADA DOIMA(E4).	5-72
FIGURA 5.1-28 PERFIL QUEBRADA SAN JAVIER (5).....	5-73
FIGURA 5.1-29 PERFIL QUEBRADA OPIA (E6).	5-75

FIGURA 5.1-30 PERFIL QUEBRADA OPIA (E7).	5-76
FIGURA 5.1-31 PERFIL QUEBRADA SAN JAVIER (E8).	5-77
FIGURA 5.1-32 PERFIL QUEBRADA ARMADILLOS (E9).	5-78
FIGURA 5.1-33 PERFIL QUEBRADA DOIMA (E10).	5-79
FIGURA 5.1-34 PERFIL QUEBRADA ARMADILLOS (E11).	5-81
FIGURA 5.1-35 PERFIL QUEBRADA SAN GUAICO (E12).	5-82
FIGURA 5.1-36 QUEBRADA LA PERICA (E13).	5-83
FIGURA 5.1-37 QUEBRADA LA BARBONA (E14).	5-85
FIGURA 5.1-38 VALORES DE PH DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E1 A LA E7.	5-97
FIGURA 5.1-39 VALORES DE PH DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E8 A LA E14.	5-97
FIGURA 5.1-40 VALORES DE PH DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS.	5-98
FIGURA 5.1-41 VALORES DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-100
FIGURA 5.1-42 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E1 A LA E7.	5-101
FIGURA 5.1-43 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E8 A LA E14.	5-101
FIGURA 5.1-44 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS.	5-102
FIGURA 5.1-45 VALORES DE TEMPERATURA (T°C) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E1 A LA E7.	5-103
FIGURA 5.1-46 VALORES DE TEMPERATURA (T°C) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E8 A LA E14.	5-103
FIGURA 5.1-47 VALORES DE TEMPERATURA (T°C) DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS... 5- 104	
FIGURA 5.1-48 VALORES DE TURBIDEZ DE LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-105
FIGURA 5.1-49 VALORES DE DBO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-106
FIGURA 5.1-50 VALORES DE DQO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-107
FIGURA 5.1-51 VALORES DE OXÍGENO DISUELTO (OD) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E1 A LA E7.	5-108
FIGURA 5.1-52 VALORES DE OXÍGENO DISUELTO (OD) DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO E8 A LA E14. 5- 109	
FIGURA 5.1-53 VALORES DE OXÍGENO DISUELTO (OD) DE LOS CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS MONITOREADOS.	5-109
FIGURA 5.1-54 VALORES DE FÓSFORO TOTAL REGISTRADO PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-111
FIGURA 5.1-55 VALORES DE GRASAS Y ACEITES REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-112
FIGURA 5.1-56 VALORES DE LOS COLIFORMES FECALIS TERMO-RESISTENTES (E. COLI) REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-113
FIGURA 5.1-57 VALORES DE LOS COLIFORMES TOTALES REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-114
FIGURA 5.1-58 VALORES DE SULFATOS REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-115
FIGURA 5.1-59 VALORES DE CLORUROS REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-116
FIGURA 5.1-60 VALORES DE POTASIO REGISTRADOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREADO EVALUADAS.	5-118
FIGURA 5.1-61 PERFIL QUEBRADA DOIMA (E1).	5-127
FIGURA 5.1-62 PERFIL QUEBRADA SAN JAVIER (E2).	5-128
FIGURA 5.1-63 PERFIL QUEBRADA OPIA (E3).	5-129
FIGURA 5.1-64 PERFIL QUEBRADA DOIMA (E4).	5-130

Ibagué y Piedras (Tolima)

FIGURA 5.1-65 PERFIL QUEBRADA SAN JAVIER (5).....	5-132
FIGURA 5.1-66 PERFIL QUEBRADA OPIA (E6).	5-133
FIGURA 5.1-67 PERFIL QUEBRADA OPIA (E7).	5-134
FIGURA 5.1-68 PERFIL QUEBRADA SAN JAVIER (E8).....	5-135
FIGURA 5.1-69 PERFIL QUEBRADA DOIMA (E10).	5-137
FIGURA 5.1-70 PERFIL QUEBRADA ARMADILLOS (E11).	5-138
FIGURA 5.1-71 PERFIL QUEBRADA SAN GUAICO (E12).....	5-139
FIGURA 5.1-72 QUEBRADA LA PERICA (E13).	5-140
FIGURA 5.1-73 QUEBRADA LA BARBONA (E14).....	5-142
FIGURA 5.1-74 COMPARACIÓN DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMATICAS.....	5-144
FIGURA 5.1-75 COMPARACIÓN DE LOS CLORUROS ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMÁTICAS.....	5-146
FIGURA 5.1-76 COMPARACIÓN DE LOS SULFATOS ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMATICAS.....	5-146
FIGURA 5.1-77 COMPARACIÓN DE TURBIDEZ ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMÁTICAS.....	5-147
FIGURA 5.1-78 COMPARACIÓN DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMATICAS.....	5-148
FIGURA 5.1-79 COMPARACIÓN DE LOS SÓLIDOS SEDIMENTABLES ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMÁTICAS.....	5-149
FIGURA 5.1-80 COMPARACIÓN DEL FÓSFORO TOTAL ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMÁTICES.....	5-150
FIGURA 5.1-81 COMPARACIÓN DE LAS GRASAS Y ACEITES ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMATICAS.....	5-152
FIGURA 5.1-82 COMPARACIÓN DE LOS IONES POTASIO ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMÁTICAS.....	5-153
FIGURA 5.1-83 COMPARACIÓN DE COLIFORMES TOTALES ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMATICAS.....	5-154
FIGURA 5.1-84 COMPARACIÓN DE LOS COLIFORMES FECALIS TERMOTOLERANTES (E. COLI) ENTRE LAS ÉPOCAS CLIMATICAS.....	5-155
FIGURA 5.1-85 JAGÜEYES SISTEMA RIEGO (USO AGRÍCOLA).....	5-161
FIGURA 5.1-86 CANALES ACEQUIAS (USO AGRÍCOLA).....	5-161
FIGURA 5.1-87 TANQUES (USO DOMÉSTICO).....	5-162
FIGURA 5.1-88 USO RECREATIVO.....	5-162
FIGURA 5.1-89 ESTANQUES PISCÍCOLAS (USOS ACUICULTURA Y PESCA).....	5-163
FIGURA 5.1-90 USO PECUARIO.....	5-163
FIGURA 5.1-91 LOCALIZACIÓN DE USOS Y USUARIOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	5-172
FIGURA 5.1-92 UBICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICA EN EL MAPA DE PROVINCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE COLOMBIA.....	5-179
FIGURA 5.1-93 DIRECCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA A NIVEL REGIONAL.....	5-185
FIGURA 5.1-94 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICA.....	5-187
FIGURA 5.1-95 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL ACUÍFERO ABANICO DE IBAGUÉ.....	5-189
FIGURA 5.1-96 CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DEL ACUÍFERO ABANICO DE IBAGUÉ.....	5-189
FIGURA 5.1-97 UNIDAD HIDROGEOLÓGICA ABANICO DE IBAGUÉ.....	5-189
FIGURA 5.1-98 UNIDAD HIDROGEOLÓGICA ACUÍFERO CUATERNARIO.....	5-191
FIGURA 5.1-99 UNIDAD HIDROGEOLÓGICA ACUÍFERO CUATERNARIO.....	5-191
FIGURA 5.1-100 UNIDAD HIDROGEOLÓGICA ACUÍFERO CUATERNARIO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBÍOTICA.....	5-192
FIGURA 5.1-101 MEDICIÓN DE PROFUNDIDAD Y NIVEL DEL AGUA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	5-194
FIGURA 5.1-102 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA.....	5-194
FIGURA 5.1-103 POZOS DE AGUA SUBTERRÁNEA PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA.....	5-195
FIGURA 5.1-104 EQUIPO GEOAMP303.....	5-207
FIGURA 5.1-105 LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBÍOTICA.....	5-209
FIGURA 5.1-106 UBICACIÓN DE LOS SONDEOS ELECTICOS VERTICALES.....	5-210
FIGURA 5.1-107 ARREGLO TIPO SCHLUMBERGER.....	5-211

FIGURA 5.1-108 ESQUEMA DE INTERPRETACIÓN DE UN SEV.	5-213
FIGURA 5.1-109 ANÁLISIS DE SEV 1	5-215
FIGURA 5.1-110 ANÁLISIS DE SEV 2	5-216
FIGURA 5.1-111 ANÁLISIS DE SEV 3	5-217
FIGURA 5.1-112 ANÁLISIS DE SEV 4	5-218
FIGURA 5.1-113 ANÁLISIS DE SEV 5	5-219
FIGURA 5.1-114 ANÁLISIS DE SEV 6	5-220
FIGURA 5.1-115 ANÁLISIS DE SEV 7	5-221
FIGURA 5.1-116 ANÁLISIS DE SEV 8	5-222
FIGURA 5.1-117 PERFIL A- A' INTERPRETATIVO DE CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS SEVS REALIZADOS.	5-223
FIGURA 5.1-118 MAPA DE PENDIENTES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA.....	5-229
FIGURA 5.1-119 UNIDADES DE SUELO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICA	5-230
FIGURA 5.1-120 UNIDADES GEOLÓGICAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA	5-232
FIGURA 5.1-121 MAPA DE COBERTURAS DE TIERRA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA	5-234
FIGURA 5.1-122 USO ACTUAL DEL SUELO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA	5-236
FIGURA 5.1-123 POTENCIAL DE RECARGA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA	5-238
FIGURA 5.1-124 DESCARGA ANTRÓPICA DE AGUA SUBTERRÁNEA	5-239
FIGURA 5.1-125 MÉTODO DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS (FOSTER).....	5-240
FIGURA 5.1-126 VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS	5-246
FIGURA 5.1-127 LÍNEA DE FLUJO SUBTERRÁNEO LOCAL MAPA DE ISOPIEZAS FLUJO SOMERO	5-248
FIGURA 5.1-128 LÍNEA DE FLUJO SUBTERRÁNEO LOCAL MAPA DE ISOPIEZAS FLUJO INTERMEDIO	5-249
FIGURA 5.1-129 PUNTOS DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA	5-252
FIGURA 5.1-130 DIAGRAMA STIFF MUESTRA PZ-01. ABANICO DE IBAGUÉ	5-253
FIGURA 5.1-131 DIAGRAMA STIFF MUESTRA PZ-03. ABANICO DE IBAGUÉ	5-254
FIGURA 5.1-132 DIAGRAMA STIFF MUESTRA PZ-04. ABANICO DE IBAGUÉ	5-254
FIGURA 5.1-133 DIAGRAMA STIFF MUESTRA PZ-05. ABANICO DE IBAGUÉ	5-255
FIGURA 5.1-134 DIAGRAMA STIFF MUESTRA PZ-09. ABANICO DE IBAGUÉ	5-255
FIGURA 5.1-135 DIAGRAMA PIPER MUESTRA PZ-01	5-256
FIGURA 5.1-136 DIAGRAMA PIPER MUESTRA PZ-03	5-257
FIGURA 5.1-137 DIAGRAMA PIPER MUESTRA PZ-04	5-257
FIGURA 5.1-138 DIAGRAMA PIPER MUESTRA PZ-05	5-258
FIGURA 5.1-139 DIAGRAMA PIPER MUESTRA PZ-09	5-258
FIGURA 5.1-140 DIAGRAMA PIPER PARA LOS 5 MONITOREOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA .. 5- 259	
FIGURA 5.1-141 SECUENCIA DE CHEVOTAREV	5-260
FIGURA 5.1-142 PUNTOS DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA	5-264
FIGURA 5.1-143 TEMPERATURA REGISTRADA EN LOS PUNTOS MONITOREADOS	5-265
FIGURA 5.1-144 PH REGISTRADO EN LOS PUNTOS MONITOREADOS	5-266
FIGURA 5.1-145 SÓLIDOS EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS	5-269
FIGURA 5.1-146 COLOR REAL PARA LAS MUESTRAS DE AGUA ANALIZADAS	5-269
FIGURA 5.1-147 TURBIEDAD PARA LAS MUESTRAS DE AGUA ANALIZADAS	5-270
FIGURA 5.1-148 ACIDEZ TOTAL, ALCALINIDAD TOTAL Y BICARBONATOS REGISTRADOS EN LOS PUNTOS MONITOREADOS.....	5-271
FIGURA 5.1-149 DUREZA TOTAL PARA LOS POZOS ANALIZADOS	5-272

FIGURA 5.1-150 ARSÉNICO TOTAL PARA LOS POZOS ANALIZADOS	5-272
FIGURA 5.1-151 CADMIO TOTAL PARA LOS POZOS ANALIZADOS	5-273
FIGURA 5.1-152 COBALTO TOTAL PARA LOS POZOS ANALIZADOS	5-273
FIGURA 5.1-153 CROMO TOTAL PARA LOS POZOS ANALIZADOS.....	5-273
FIGURA 5.1-154 HIERRO TOTAL PARA LOS POZOS ANALIZADOS	5-274
FIGURA 5.1-155 MERCURIO TOTAL PARA LOS POZOS ANALIZADOS.....	5-274
FIGURA 5.1-156 MOLIBDENO TOTAL PARA LOS POZOS ANALIZADOS	5-275
FIGURA 5.1-157 MAGNESIO TOTAL PARA LOS POZOS ANALIZADOS	5-275
FIGURA 5.1-158 MAPA DE PENDIENTES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA.....	5-283
FIGURA 5.1-159 BAJAS PENDIENTES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA (1-3%).....	5-284
FIGURA 5.1-160 BAJAS PENDIENTES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA (7-12%).....	5-284
FIGURA 5.1-161 MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICA .	5-286
FIGURA 5.1-162 UNIDAD GEOLÓGICA ABANICO DE IBAGUÉ. GRADO DE ESTABILIDAD MEDIA	5-287
FIGURA 5.1-163 UNIDAD GEOLÓGICA DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES	5-287
FIGURA 5.1-164 MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA ...	5-289
FIGURA 5.1-165 COBERTURA DE TIERRA DE ARROZ. ESTABILIDAD BAJA.....	5-290
FIGURA 5.1-166 COBERTURA DE TIERRA DE PASTOS LIMPIOS. ESTABILIDAD MODERADA	5-290
FIGURA 5.1-167 COBERTURA DE TIERRA DE CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES.....	5-291
FIGURA 5.1-168 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICA.....	5-293
FIGURA 5.1-169 UNIDAD GEOMORFOLÓGICA LAHAR	5-294
FIGURA 5.1-170 UNIDAD GEOMORFOLÓGICA VALLECITO	5-294
FIGURA 5.1-171 UNIDAD DE SUELO PWDB	5-295
FIGURA 5.1-172 UNIDAD DE SUELO PWFA.....	5-296
FIGURA 5.1-173 UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA	5-297
FIGURA 5.1-174 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICA.....	5-298
FIGURA 5.1-175 USO ACTUAL DEL SUELO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICA	5-300
FIGURA 5.1-176 USO ACTUAL CULTIVOS TRANSITORIOS INTENSIVOS	5-300
FIGURA 5.1-177 USO ACTUAL RESIDENCIAL.....	5-301
FIGURA 5.1-178 USO ACTUAL PROTECCIÓN.....	5-301
FIGURA 5.1-179 CUENCAS HIDROGRÁFICAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA	5-304
FIGURA 5.1-180 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA	5-307
FIGURA 5.1-181 LOCALIZACIÓN DE LOS APIQUES 1 A 13	5-309
FIGURA 5.1-182 LOCALIZACIÓN DE LOS APIQUES 13 A 24	5-310
FIGURA 5.1-183 DESCRIPCIÓN O SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DE LOS APIQUES 1 A 5 CON LOS PERFILES A LAS PROFUNDIDADES DE ESTUDIO	5-311
FIGURA 5.1-184 DESCRIPCIÓN O SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DE LOS APIQUES 6 A 10 CON LOS PERFILES A LAS PROFUNDIDADES DE ESTUDIO	5-312
FIGURA 5.1-185 DESCRIPCIÓN O SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DE LOS APIQUES 11 A 15 CON LOS PERFILES A LAS PROFUNDIDADES DE ESTUDIO	5-313
FIGURA 5.1-186 DESCRIPCIÓN O SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DE LOS APIQUES 16 A 20 CON LOS PERFILES A LAS PROFUNDIDADES DE ESTUDIO	5-314
FIGURA 5.1-187 DESCRIPCIÓN O SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DE LOS APIQUES 21 A 24 CON LOS PERFILES A LAS PROFUNDIDADES DE ESTUDIO	5-315
FIGURA 5.1-188 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS EN CADA UNA DE LAS MUESTRAS	5-317
FIGURA 5.1-189 LÍMITES DE ATTERBERG OBTENIDOS EN LABORATORIO, PARA CADA UNO DE LOS MATERIALES DE LOS APIQUES 1 AL 12	5-317

FIGURA 5.1-190 LÍMITES DE ATTERBERG OBTENIDOS EN LABORATORIO, PARA CADA UNO DE LOS MATERIALES DE LOS APIQUES 13 AL 24	5-318
FIGURA 5.1-191 GRANULOMETRÍA DE LAS MUESTRAS RECOLECTAS Y CLASIFICADAS EN EL LABORATORIO DE LOS APIQUES 1 A 12.....	5-319
FIGURA 5.1-192 GRANULOMETRÍA DE LAS MUESTRAS RECOLECTAS Y CLASIFICADAS EN EL LABORATORIO DE LOS APIQUES 13 A 24.....	5-319
FIGURA 5.1-193 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS AASHTO	5-321
FIGURA 5.1-194 MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN USCS.....	5-322
FIGURA 5.1-195 CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE.....	5-323
FIGURA 5.1-196 CORRELACIONES PARA DETERMINAR EL CBR	5-326
FIGURA 5.1-197 RESUMEN DE LOS VALORES DE CBR, SEGÚN LAS CORRELACIONES OBTENIDAS.....	5-327
FIGURA 5.1-198 RESULTADOS DEL CBR A PARTIR DEL ENSAYO CON PDC	5-328
FIGURA 5.1-199. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIÓN ESTACIÓN 2	5-333
FIGURA 5.1-200. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIÓN ESTACIÓN 2	5-334
FIGURA 5.1-201. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIÓN ESTACIÓN 3	5-335
FIGURA 5.1-202. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIÓN ESTACIÓN 4	5-336
FIGURA 5.1-203 ROSA DE VIENTOS ANUAL.....	5-346
FIGURA 5.1-204 ROSA DE VIENTOS DIURNA (IZQUIERDA) Y NOCTURNA (DERECHA).....	5-346
FIGURA 5.1-205 DATOS DE CALIDAD DEL AIRE PARA PM ₁₀ . - TEMPORADA HÚMEDA.....	5-354
FIGURA 5.1-206. DIAGRAMA DE CAJA PARA PM ₁₀	5-355
FIGURA 5.1-207 DATOS DE CALIDAD DEL AIRE PARA PM ₁₀	5-356
FIGURA 5.1-208. DIAGRAMA DE CAJA PARA PM ₁₀	5-357
FIGURA 5.1-209. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE AREA DE INFLUENCIA.....	5-359
FIGURA 5.1-210. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE AREA DE INFLUENCIA.....	5-361

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.7 Calidad del Agua

5.1.7.1 Cuerpos de agua continentales

Dando cumplimiento a los términos de referencia (TdR-015) para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica, se realizó la caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales para la época de lluvias y la época seca en el área de influencia del proyecto, con el fin de conocer y diagnosticar el estado y/o cambios en el transcurso del tiempo de los cuerpos de agua en relación con las actividades que se están efectuando en la zona. Hay que tener en cuenta que, en algunos puntos de monitoreos no fue posible realizar las mediciones de ciertos parámetros fisicoquímicos ya que se encontraron cuerpos sin flujo sin importar la temporada.

La caracterización fisicoquímica y microbiológica de las fuentes de agua superficial para el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La fue realizada por la empresa Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S. De acuerdo con lo anterior, los análisis de cada uno de los parámetros monitoreados y el procedimiento de muestreo está acreditado por el IDEAM según Resolución 3183 del 27 de diciembre del 2018, en cumplimiento del Decreto MADS 1076 de 2015, Capítulo 9, Sección 1.

La caracterización se llevó a cabo en 18 puntos de monitoreo sobre diferentes cuerpos de agua ubicados dentro del área de influencia, entre los días 8 y 22 de junio de 2021 para la época de lluvias y del 26 de julio al 4 de agosto de 2021 para la época seca en los cuerpos de agua susceptibles del área de influencia del proyecto. Durante la fase de campo, se realizaron mediciones in situ de algunos parámetros y se colectaron muestras

de agua para los posteriores análisis fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos en laboratorio.

La evaluación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas superficiales, consistió en su comparación con los criterios de calidad establecidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, en sus artículos 2.2.3.3.9.3 (tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico), 2.2.3.3.9.4 (desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico), 2.2.3.3.9.5 (criterios de calidad para uso agrícola), 2.2.3.3.9.6 (Criterios de calidad para uso pecuario) y 2.2.3.3.9.10 (Criterios de calidad para preservación de flora y fauna). Adicionalmente, se determinaron los índices de contaminación (ICO's) e índice de calidad de agua (ICA), de acuerdo con los parámetros evaluados y obtenidos en el monitoreo.

➤ **Monitoreo de calidad de agua superficial**

La calidad del agua se determina por su composición química y características físicas y biológicas, sostenidas en procesos naturales y antropogénicos, los cuales se relacionan con el contacto y la disolución de los componentes minerales de las rocas sobre las cuales el recurso actúa como agente meteorizante.

La calidad del agua natural y su variación espaciotemporal se modifica bien sea por el influjo de las múltiples actividades socioeconómicas, de acuerdo con las características propias de estas dinámicas, así mismo como por procesos naturales. Comúnmente la calidad del agua se expresa en términos de cantidades mensurables y relacionadas con su uso potencial. La composición general de los diversos tipos de agua en la hidrosfera puede estudiarse mejor dentro del marco de referencia del ciclo hidrológico.

La caracterización y evaluación de las condiciones de calidad de las aguas en el área de influencia del EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La es fundamental, tanto desde el punto de vista ambiental, como desde la perspectiva de la planificación y gestión del proyecto, ya que permite identificar la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y así mismo poder atender las diferentes demandas. La propuesta de la Directiva Marco del Agua de

la Unión Europea, indica cuáles son aquellas condiciones que deben darse en los cuerpos de agua para que se mantenga un ecosistema equilibrado y para que cumpla unos determinados objetivos de calidad.

En esta sección se presenta la identificación de las condiciones de línea base de los cuerpos de agua superficiales que se encuentran dentro del área de influencia EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, que podrían ser directa o indirectamente impactados por las actividades del proyecto.

5.1.7.1.1 Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo

Para el área de influencia del EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La se identificaron los cuerpos de aguas susceptibles de intervención por ocupaciones de cauce. De igual forma, se identificaron los sitios de muestreo con el fin de proponer una red de monitoreo que permita el seguimiento de los ecosistemas hídricos durante la construcción y operación del proyecto. Los criterios utilizados para la localización de los puntos de muestreo fueron:

- Distribución espacial en las microcuencas del proyecto
- Puntos de monitoreo aguas abajo de los centros poblados
- Puntos de monitoreo aguas abajo de actividades impactantes realizadas actualmente por las diferentes industrias y/o comunidad.
- Puntos de monitoreo en los principales cuerpos lenticos del área de influencia físico-biótica
- Puntos susceptibles de intervención por ocupaciones de cauce del proyecto.

De igual forma, se caracterizaron las comunidades hidrobiológicas presentes en los mismos sitios donde se realizó el muestreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de forma simultánea, teniendo presente las variaciones en sus atributos comunitarios y sus características como bioindicadores.

Ibagué y Piedras (Tolima)

En la Figura 5.1-1 se presenta la localización de los puntos de muestreo de agua superficial y en la Tabla 5.1-1 se establecen las respectivas coordenadas.

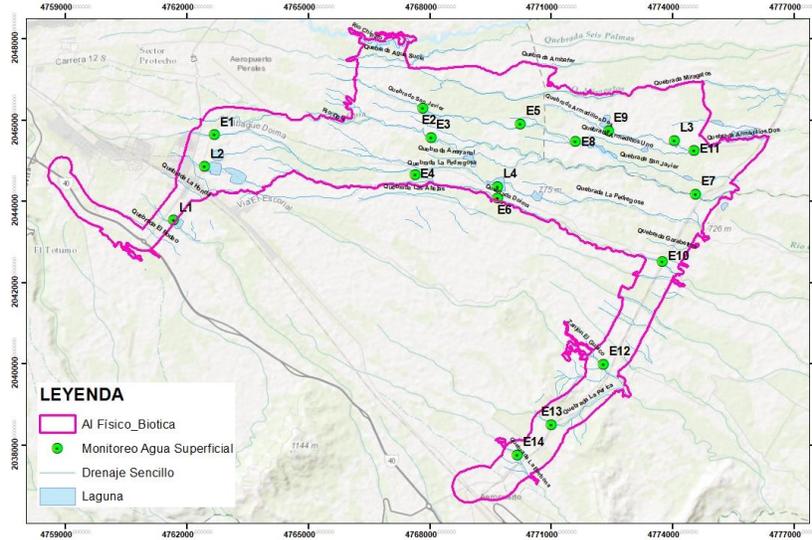


Figura 5.1-1 Puntos de muestreo para la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia del proyecto.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Tabla 5.1-2 se muestra la descripción general de los sitios de muestreo tanto de los cuerpos de agua lénticos como de los lóxicos, las condiciones ambientales en el momento del muestreo, el tipo de sustrato del lecho, las propiedades organolépticas del espejo de agua, y el respectivo registro fotográfico.

Tabla 5.1-1 Coordenadas de las estaciones muestreo establecidas para la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los cuerpos de agua

Código de la estación	Nombre de la estación	Coordenada			Temporada			
		(Datum Magna Sirgas Origen Nacional)			Lluvias		Seca	
					Fecha de Monitoreo	Hora de muestreo	Fecha de Monitoreo	Hora de muestreo
		E	N	Z				
E1	Quebrada Doima	4762702,00	2045644,00	935 m	2021/06/09	12:07 m	2021/08/04	9:20 am
E2	Quebrada San Javier	4767835,09	2046299,82	841 m	2021/06/10	9:50 a. m.	2021/07/27	11:01 am
E3	Quebrada Opia	4768040,37	2045579,24	848 m	2021/06/10	13:15 pm	2021/07/27	13:40 pm
E4	Quebrada Doima	4767649,49	2044661,85	852 m	2021/06/09	9:20 a. m.	2021/07/26	13:30 pm
E5	Quebrada San Javier	4770250,17	2045907,40	710 m	2021/06/15	15:30 pm	2021/07/27	8:52 am
E6	Quebrada Opia	4769718,16	2044192,91	710 m	2021/06/15	11:17 a. m.	2021/07/28	13:28 pm
E7	Quebrada Opia	4774569,24	2044174,82	713 m	2021/06/17	13:21 pm	2021/08/02	12:30 m
E8	Quebrada San Javier	4771613,64	2045472,98	723 m	2021/06/16	9:22 a. m.	2021/07/29	9:10 am
E9	Quebrada Armadillos	4772416,40	2045742,97	771 m	2021/06/16	13:48 pm	2021/07/29	11:42 am
E10	Quebrada Doima	4773745,26	2042511,10	660 m	2021/06/21	11:18 a. m.	2021/08/03	8:30 am
E11	Quebrada Armadillos	4774537,45	2045254,88	701 m	2021/06/17	11:35 a. m.	2021/07/29	13:18 pm
E12	Quebrada San Javier El Guaico	4772297,08	2039983,48	731 m	2021/06/21	14:10 pm	2021/08/03	11:15 am
E13	Quebrada La Perica	4771009,04	2038494,05	722 m	2021/06/22	9:30 a. m.	2021/08/03	14:01 pm
E14	Quebrada La Barbona	4770172,50	2037749,81	741 m	2021/06/22	11:50 a. m.	2021/08/04	11:40 am
L1	Lentico 1	4761693,56	2043539,79	946 m	2021/06/21	8:00 am	2021/07/29	15:50 pm
L2	Lentico 2	4762459,14	2044860,57	914 m	2021/06/21	8:08 am	2021/07/28	8:00 am
L3	Lentico 3	4774044,51	2045501,79	711 m	2021/06/17	8:50 am	2021/08/02	9:08 am
L4	Lentico 4	4769584,20	2044273,11	754 m	2021/06/09	12:57 m	2021/07/26	9:00 am

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-2 Descripción general de las estaciones de muestreo

Nombre y descripción de las estaciones de muestreo	Fotografía	
	Temporada de lluvias	Temporada seca
<p>Quebrada Doima (E1)</p> <p>Cuerpo de agua color café-grisáceo, sustrato rocoso-arenoso y corriente rápida. Vegetación riparia conformada principalmente por árboles que generan sombra sobre el cuerpo de agua. Sin presencia de vegetación acuática. Impacto antrópico de un puente, donde constantemente pasan vehículos de trabajo agrícola y carga pesada. Se evidencia contaminación por residuos sólidos como ropa, zapatos, botellas, bolsas plásticas, fibras y costales. Aledaño al punto de muestreo se encuentra un cementerio y cultivos de arroz, por lo que el cuerpo de agua está expuesto a vertidos agrícolas.</p>		
Quebrada Doima		
<p>Quebrada San Javier (E2)</p> <p>Cauce inundado y turbio (temporada lluviosa), debido a lluvias previas al monitoreo. Cuerpo de agua color gris-opaco, sustrato lodoso-arenoso, corriente lenta. Una parte del cauce natural se encuentra canalizado y modificado con un muro de contención, por lo cual el punto de muestreo se ubicó aguas arriba de dicha modificación. Presencia de vegetación riparia, principalmente árboles y arbustos; depósitos de materia orgánica de origen vegetal. Se evidencia contaminación de residuos sólidos alrededor del cuerpo de agua, especialmente botellas y bolsas plásticas. El cuerpo de agua es utilizado para el riego de cultivos arroceros, y se encuentra ubicado más o</p>		
Quebrada San Javier		

Ibagué y Piedras (Tolima)

Nombre y descripción de las estaciones de muestreo	Fotografía	
	Temporada de lluvias	Temporada seca
menos a 50 metros de los cultivos. A su vez está expuesto a vertidos agrícolas.		
<p>Quebrada Opia (E3)</p> <p>Cauce inundado y turbio. Cielo nublado, reciente lluvia (temporada lluviosa), corriente rápida, intenso olor a materia orgánica vegetal en descomposición. Cuerpo de agua color café-grisáceo, sustrato rocoso-arenoso. El punto de muestreo se ubicó detrás de un molino de arroz, por lo que se evidencia un "botadero" de escombros, basuras sólidas y basuras domésticas cercano a la orilla de la quebrada, más o menos a unos 100 metros. Igualmente, el cuerpo de agua está expuesto a vertidos agrícolas debido a que es aledaño a cultivos arroceros.</p>		
	Quebrada Opia	
<p>Quebrada Doima (E4)</p> <p>Cuerpo de agua color grisáceo, corriente rápida, se presentaron lluvias previo al monitoreo (temporada lluviosa), cielo parcialmente nublado, nivel de agua normal, sustrato rocoso-arenoso, orillas erosionadas, sin espejo de agua, depósitos de hojarasca y troncos. Presencia de basuras como: bolsas y botellas plásticas, fibras, costales y ropa. El punto monitoreado del cuerpo de agua transcurre a lo largo de un sitio estrecho, ubicado a unos 200 metros de cultivos arroceros.</p>		
	Quebrada Doima	

Ibagué y Piedras (Tolima)

Nombre y descripción de las estaciones de muestreo	Fotografía	
	Temporada de lluvias	Temporada seca
<p>Quebrada San Javier (E5)</p> <p>Cuerpo de agua color café-grisáceo, corriente lenta, nivel de agua normal, cielo parcialmente nublado al momento del monitoreo. Presencia de depósitos de materia orgánica vegetal, cobertura riparia como árboles y arbustos que le brinda sombra al cuerpo de agua. Esta quebrada está ubicada a unos 60 metros de carretera y cultivos arroceros. Se presencia paso de ganado por los alrededores del cuerpo de agua, así misma contaminación de residuos sólidos como bolsas y botellas plásticas.</p>		
	Quebrada San Javier	
<p>Quebrada Opia (E6)</p> <p>Cuerpo de agua color café-grisáceo, cercano a cultivos arroceros. Nivel del agua normal, orillas erosionadas, depósitos de troncos y hojarascas, vegetación riparia, principalmente árboles, olor intenso a materia vegetal en descomposición. A unos 60 metros aproximadamente del punto monitoreado, pasa una canal probablemente derivada de aguas arribas de la quebrada Opia. Se evidencia contaminación de residuos sólidos a los alrededores como ropa, bolsas y botellas plásticas, envolturas de alimentos, servilletas, fibras y papel de cuaderno. Es posible que el cuerpo de agua este expuesto a vertidos agrícolas.</p>		
	Quebrada Opia	

Ibagué y Piedras (Tolima)

Nombre y descripción de las estaciones de muestreo	Fotografía	
	Temporada de lluvias	Temporada seca
<p>Quebrada Opia (E7)</p> <p>Nivel del agua normal, cuerpo de agua color café, corriente rápida, sustrato rocoso con presencia de cantos rodados y arenas gruesas. Fuerte olor a materia vegetal en descomposición, cobertura vegetal riparia conformada principalmente por arbustos y árboles, que le brindan sombra a la quebrada. Se evidencia basuras como: fibras y costales. En el punto monitoreado, el cuerpo de agua posee un muro de contención a un solo lado del cauce. A su vez, posee el impacto de un puente, donde constantemente pasa ganado, vehículos de trabajo agrícola y transporte de carga extradimensionada y/o extrapesada.</p>		
	Quebrada Opia	
<p>Quebrada San Javier (E8)</p> <p>Cuerpo de agua aledaño a cultivos arroceros y a un molino de arroz, aproximadamente a unos 100 metros. El color de agua es gris, nivel del agua normal, corriente rápida, sustrato rocoso-arenoso, orillas erosionadas, vegetación riparia, conformado principalmente por árboles. Se evidencia paso de ganado cercano al cuerpo de agua, depósitos de troncos, hojarasca y contaminación de residuos sólidos como botellas y bolsas plásticas. Sobre el cuerpo de agua pasa una canal. Es posible que el cuerpo de agua este expuesto a vertidos.</p>		
	Quebrada San Javier	

Ibagué y Piedras (Tolima)

Nombre y descripción de las estaciones de muestreo	Fotografía	
	Temporada de lluvias	Temporada seca
<p>Quebrada Armadillos (E9)</p> <p>Cuerpo de agua color gris, aguas estancadas con depósitos de troncos y hojarasca. La frontera agrícola alcanzó al cuerpo de agua y al bosque ripario, por lo cual, el cuerpo de agua se encuentra en medio de dos cultivos arroceros. De esta manera, una parte del cauce natural ha sido modificado y canalizado hacia un cultivo de arroz, siendo vulnerable a vertidos agrícolas. Destaca, además, que en uno de cultivos aledaños se observó ganado. Punto seco en temporada seca.</p>		
Quebrada Armadillos		
<p>Quebrada Doima (E10)</p> <p>Cuerpo de agua color café-verdoso, corriente rápida, nivel del agua normal, sustrato lodoso y rocoso con presencia de cantos rodados. Depósitos de materia de origen vegetal, orillas erosionadas, vegetación riparia, que genera sombra sobre el cuerpo de agua. Se evidencia descargas de aguas provenientes de un canal, probablemente cercana a cultivos arroceros. Impacto antrópico de un puente, donde pasa ganado, vehículos de trabajo agrícola y transporte de carga extradimensionada y/o extrapesada.</p>		
Quebrada Doima		

Nombre y descripción de las estaciones de muestreo	Fotografía	
	Temporada de lluvias	Temporada seca
<p>Quebrada Armadillos (E11)</p> <p>Punto de muestreo está ubicado a borde carretera, donde es constante el paso de ganado, vehículos de trabajo agrícola y de transporte de carga extrapesada. Cuerpo de agua color gris-verdoso, sustrato rocoso con presencia de cantos rodados y arenoso. Orillas erosionadas, depósitos de materia vegetal, frecuentes corrientes de aire, vegetación riparia. Contaminación de basuras como fibras y costales. Potreros aledaños de ganado. El cauce natural del cuerpo de agua está reducido por la presencia de un dique, por lo que el flujo de agua se presencia después del dique. Se evidencia que el cuerpo de agua es utilizado para el riego de cultivos arroceros aledaños, por lo cual es probable que el agua este expuesto a vertidos.</p>		
	Quebrada Armadillos	
<p>Quebrada San Guaico (E12)</p> <p>Se evidencia reciente desbordamiento del cauce (temporada lluviosa), intenso olor a materia orgánica en descomposición, residuos domésticos y vertidos agrícolas. Color agua verde-cristalina, sustrato rocoso-arenoso, orillas erosionadas, presencia de depósitos de materia vegetal. Impacto antrópico de un puente, donde se refleja el tránsito de vehicular de carga pesada y ganado. Contaminación de residuos sólidos como envolturas de alimentos, bolsas y botellas plásticas.</p>		
	Quebrada San Guaico	

Ibagué y Piedras (Tolima)

Nombre y descripción de las estaciones de muestreo	Fotografía	
	Temporada de lluvias	Temporada seca
<p>Quebrada La perica (E13)</p> <p>Se evidencia crecimiento e inundación del cauce (temporada lluviosa), corriente rápida, agua turbia, olor intenso a materia en descomposición y a residuos domésticos. Sustrato rocoso-arenoso, color del agua café-gris, orillas erosionadas, contaminación por residuos sólidos como envolturas de alimentos, madera, tablas de cama, bolsas y botellas plásticas, ropa y/o trapos, costales, fibras, y pedazos de acero. Se evidencia constante tránsito vehicular de carga pesada y de ganado a través del puente. Presencia de un dique. La quebrada es utilizada para el riego de cultivos arroceros adyacentes, por lo cual el cuerpo de agua es vulnerable a vertidos.</p>		
Quebrada La perica		
<p>Quebrada La Barbona (E14)</p> <p>Cuerpo de agua contiguo a cultivos de arroz. Agua incolora, sustrato rocoso con presencia de cantos rodados y arenas gruesas, depósitos de troncos y hojarasca. No se observó contaminación por residuos sólidos, sin embargo, se evidencia paso vehicular por medio de la quebrada. Presencia de Impacto antrópico de un puente, en el que es regular el paso de ganado, vehículos de trabajo agrícola y carga pesada. El cuerpo de agua es utilizado para el riego de cultivos arroceros cercanos, por lo cual es expuesto a vertidos y captaciones por parte de los pobladores de la zona.</p>		
Quebrada La Barbona (E14)		

Ibagué y Piedras (Tolima)

Nombre y descripción de las estaciones de muestreo	Fotografía	
	Temporada de lluvias	Temporada seca
<p>Léntico 1 (L1)</p> <p>Se evidencia que el cuerpo de agua ha sido drenado mediante la canalización de transporte gravitacional. Esto se debe a que el uso del suelo es utilizado principalmente para construcción urbana, dado que hace parte de predios privados y se encuentra ubicado a la autopista nacional. El agua remanente es utiliza como jagüey para la hidratación del ganado.</p>		
Léntico 1 (L1)		
<p>Léntico 2 (L2)</p> <p>Cuerpo de agua color verdoso, sustrato lodoso-arenoso, presencia de pastos inundados, orillas erosionadas, cobertura riparia que bordean gran parte del cuerpo de agua y pastos limpios a sus alrededores que se utilizan para la alimentación de ganado. Se evidencia prácticas de pesca por parte de personas que viven cerca de la zona. Contaminación por residuos sólidos como ropa, zapatos, botellas y bolsas plásticas, fibras y envolturas de alimentos. El uso del agua es para el riego de los cultivos arroceros adyacentes, lo que lo hace vulnerable a vertidos y posibles captaciones por parte de los pobladores.</p>		
Léntico 2 (L2)		

Ibagué y Piedras (Tolima)

Nombre y descripción de las estaciones de muestreo	Fotografía	
	Temporada de lluvias	Temporada seca
<p>Léntico 3 (L3)</p> <p>Cuerpo de agua ubicado a borde de carretera y cercanos cultivos arroceros. El uso del agua es principalmente para el riego de los cultivos, por lo que esta impactado con vertidos agrícolas. Color del agua café-grisáceo, corriente lenta, sustrato rocoso-arenoso, depósitos de materia vegetal. Sin vegetación flotante, pero cobertura riparia, especialmente árboles y arbustos.</p>		
Léntico 3 (L3)		
<p>Léntico 4 (L4)</p> <p>Cuerpo de agua color grisáceo, sustrato rocoso-arenoso, sin vegetación acuática, pero con pastos inundados. Presencia de palizadas, cobertura riparia, sobre todo árboles que bordea el cuerpo de agua. Además, pastos limpios que utilizan para la alimentación del ganado. Impacto antrópico de una canal para el drenaje de agua que va directo a los cultivos arroceros adyacentes. Contaminación de basuras como botellas de agroquímicos, bolsas plásticas, envolturas de alimentos, ropa, y zapatos.</p>		
Léntico 4 (L4)		

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Para los cuerpos de agua monitoreado se ejecutaron las metodologías para la caracterización fisicoquímica y microbiológica; evaluando los parámetros in situ, así como realizando la toma de muestras integrada para el análisis de laboratorio de los demás parámetros, como se evidencia a continuación desde la Fotografía V.1 1 a la Fotografía V.1 4.



Fotografía V.1 1 Análisis de los parámetros in situ

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente, 2021



Fotografía V.1 2 Toma de muestras integrada para el análisis en Laboratorio

Biota Consultoría y Medio Ambiente, 2021



Fotografía V.1 3 Toma de muestra puntual para análisis de grasas y aceites

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente, 2021



Fotografía V.1 4 Toma de muestra puntual para análisis microbiológico

Biota Consultoría y Medio Ambiente, 2021

5.1.7.1.2 resultados temporada lluviosa

El tipo de muestreo realizado a los cuerpos de agua superficial del área de influencia físico-biótica del proyecto Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Fotovoltaico Shangri-La para la época lluviosa fue realizado de forma integral. Los resultados de las variables fisicoquímicas y microbiológicas se presentan de la Tabla 5.1-3 a la Tabla 5.1-5. Mientras que los resultados de las variables fisicoquímicas *in situ* para cada una de las submuestras de los cuerpos de agua lóticos y lénticos se presentan de la Tabla 5.1-6 a la Tabla 5.1-12. Estos resultados se compararon con lo establecido en el decreto 1076 de 2015 artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10, teniendo en cuenta los usos potenciales de este cuerpo de agua.

En términos generales, los resultados del presente monitoreo fisicoquímico y microbiológico dan una base sobre el estado actual de la calidad del agua del sistema hídrico ubicado en el área de influencia del proyecto, esto será un punto de partida fundamental para conocer la calidad del agua en la zona y de esta forma poder darle trazabilidad a las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas antes, durante y después de la ejecución de las actividades del proyecto.

Tabla 5.1-3 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua monitoreados Estación E1 – E7

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Doima (E1)	Quebrada San Javier (E2)	Quebrada Opia (E3)	Quebrada Doima(E4)	Quebrada San Javier (5)	Quebrada Opia (E6)	Quebrada Opia (E7)	DECRETO 1076 DE 2015					
									ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10.	
No. Muestra		MN220085	MN220295	MN220296	MN220293	MN220652	MN220653	MN221169						
FECHA	A-M-D	2021-06-08	2021-06-10	2021-06-10	2021-06-09	2020-06-15	2021-06-15	2021-06-17						
HORA	h: min	12:50	9:50	13:15	9:35	15:45	11:35	13:46						
Caudal	L/s	205,8	286,2	7338,825	320,875	99,1365	333,905	1372,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	11,0	<9,9	10,5	14,7	<9,9	<9,9	14,9	250	250	N.E.	N.E.	N.E.	
Coliformes fecales Termotolerantes (E. Coli)	NMP/100 mL	23300	22470	111990	36540	10630	34480	5540	2000	N.E.	1000	N.E.	N.E.	
Coliformes Totales	NMP/100 mL	115300	38730	155310	41060	198630	48840	27230	20000	1000	5000	N.	N.E.	
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg O ₂ /L	8,26	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg O ₂ /L	39,2	18,5	16,1	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
Fenoles	mg Fenol/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.	
Fósforo Total	mg P/L	0,602	0,437	0,276	0,333	0,228	0,320	0,767	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
Grasas y aceites	mg/L	0,475	<0,200	0,372	0,635	0,301	0,296	0,201	S.P.V.	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	0.01	
Hidrocarburos	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
Potasio Total	mg K/L	5,99	4,92	3,92	3,94	4,63	3,17	5,06	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Doima (E1)	Quebrada San Javier (E2)	Quebrada Opia (E3)	Quebrada Doima(E4)	Quebrada San Javier (5)	Quebrada Opia (E6)	Quebrada Opia (E7)	DECRETO 1076 DE 2015				
									ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10.
No. Muestra		MN220085	MN220295	MN220296	MN220293	MN220652	MN220653	MN221169	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FECHA	A-M-D	2021-06-08	2021-06-10	2021-06-10	2021-06-09	2020-06-15	2021-06-15	2021-06-17					
HORA	h: min	12:50	9:50	13:15	9:35	15:45	11:35	13:46					
Sólidos disueltos totales	mg/L	226	282	276	222	218	210	200	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos sedimentales	mL/L	0,7	0,600	0,500	0,300	<0,1	0,100	0,100	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	109	129	138	32,5	<10,0	59,5	264	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	23,2	<5,0	18,0	26,3	19,8	25,9	22,8	400	400	N.E.	N.E.	N.E.
Surfactantes: Anionicos como SAAM	mg SAAM/L calculado como LAS (PM=288, 38)	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	0,5	0,5	N.E.	N.E.	0,143
Turbidez	NTU	100	174	158	47	70	95	254	N.E.	10	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-4 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua monitoreados Estación E8 – E14

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	DECRETO 1076 DE 2015				
		San Javier (E8)	Armadillos (E9)	Doima (E10)	Armadillos (E11)	San Guaico (E12)	La Perica (E13)	La Barbona (E14)	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10.
No. Muestra		MN220901	MN220902	MN221666	MN221170	MN221667	MN221738	MN221739					
FECHA	A-M-D	2021-06-16	2021-06-16	2021-06-21	2021-06-17	2021-06-21	2021-06-22	2021-06-22					
HORA	h: min	9:50	12:04	11:47	11:42	14:40	10:00	12:08					
Caudal	L/s	60,75	<0,1	466,62	<0,1	<0,1	1537,6	22,44	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	<9,9	13,0	12,0	11,5	16,4	10,7	20,4	250	250	N.E.	N.E.	N.E.
Coliformes fecales Termotolerantes (E. Coli)	NMP/100 mL	2010	7500	11300	1210	200	72300	1480	2000	N.E.	1000	N.E.	N.E.
Coliformes Totales	NMP/100 mL	48840	103900	81640	16740	9340	275500	7430	20000	1000	5000	N.	N.E.
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg O ₂ /L	7,03	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg O ₂ /L	19,9	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	16,7	5,67	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles	mg Fenol/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo Total	mg P/L	0,130	0,291	0,792	0,190	0,130	0,707	0,377	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y aceites	mg/L	0,953	0,720	1,76	0,204	<0,200	0,761	0,442	S.P.V.	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	0.01
Hidrocarburos	mg/L	0,326	0,219	<0,2	<0,2	<0,2	0,231	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

Ibagué y Piedras (Tolima)

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada San Javier (E8)	Quebrada Armadillos (E9)	Quebrada Doima (E10)	Quebrada Armadillos (E11)	Quebrada San Guaico (E12)	Quebrada La Perica (E13)	Quebrada La Barbona (E14)	DECRETO 1076 DE 2015				
		No. Muestra	MN220901	MN220902	MN221666	MN221170	MN221667	MN221738	MN221739	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.
FECHA	A-M-D	2021-06-16	2021-06-16	2021-06-21	2021-06-17	2021-06-21	2021-06-22	2021-06-22					
HORA	h: min	9:50	12:04	11:47	11:42	14:40	10:00	12:08					
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Potasio Total	mg K/L	4,14	7,62	4,42	6,49	7,94	3,67	7,08	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos disueltos totales	mg/L	144	162	180	146	252	188	250	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos sedimentales	mL/L	<0,1	0,200	1,60	0,200	0,100	0,400	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<10,0	150	505	48,0	<10,0	181	<10,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ / L	13,2	17,3	27,6	<5,0	31,7	24,9	32,4	400	400	N.E.	N.E.	N.E.
Surfactantes: Anionicos como SAAM	mg SAAM/L calculado como LAS (PM=288, 38)	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	0,5	0,5	N.E.	N.E.	0,143
Turbidez	NTU	25	139	457	49	8,7	169	9,8	N.E.	10	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-5 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua monitoreados

PARÁMETRO	UNIDADES	Léntico 2 (L2)	Léntico 3 (L3)	Léntico 4 (L4)	DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN221668	MN221168	MN220294	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA CÁLIDA)
FECHA	A-M-D	2021-06-21	2021-06-17	2021-06-09					
HORA	h: min	8:32	9:15	13:25					
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	<9,9	<9,9	14,2	250	250	N.E.	N.E.	N.E.
Coliformes fecales Termotolerantes (E. Coli)	NMP/100 mL	<1	<1	1340	2000	N.E.	1000	N.E.	N.E.
Coliformes Totales	NMP/100 mL	3130	29090	61310	20000	1000	5000	N.	N.E.
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg O ₂ /L	<5,0	<5,0	<5,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg O ₂ /L	<5,00	<5,00	<5,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles	mg Fenol/L	<0,100	<0,100	<0,100	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo Total	mg P/L	0,212	0,339	0,368	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y aceites	mg/L	0,411	<0,200	0,411	S.P.V.	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	0.01
Hidrocarburos	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	<3,00	<3,00	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Potasio Total	mg K/L	3,30	6,98	6,36	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos disueltos totales	mg/L	138	152	200	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

Ibagué y Piedras (Tolima)

PARÁMETRO	UNIDADES	Léntico 2 (L2)	Léntico 3 (L3)	Léntico 4 (L4)	DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN221668	MN221168	MN220294	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA CÁLIDA)
FECHA	A-M-D	2021-06-21	2021-06-17	2021-06-09					
HORA	h: min	8:32	9:15	13:25					
Sólidos sedimentales	mL/L	0,100	0,600	0,700	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	41	105	10,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ / L	20,8	<5,0	15,7	400	400	N.E.	N.E.	N.E.
Surfactantes: Anionicos como SAAM	mg SAAM/L calculado como LAS (PM=288, 38)	<0,500	<0,500	<0,500	0,5	0,5	N.E.	N.E.	0,143
Turbidez	NTU	36	96	118	N.E.	10	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-6 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua monitoreados Estación E1 – E3

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Doima (E1)			Quebrada San Javier (E2)						Quebrada Opia (E3)						DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN220085			MN220295						MN220296						ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10.
FECHA	A-M-D	2021-06-08			2021-06-10						2021-06-10										
HORA	h: min	12:50	12:57	13:04	9:50	10:00	10:04	10:10	10:15	10:20	13:15	13:25	13:30	13:36	13:40	13:48					
Submuestra		1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6					
Temperatura del agua	°C	22,4	22,5	22,6	21,6	21,8	21,9	21,9	21,10	21,10	21,4	21,6	21,6	21,9	22,0	22,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,55	7,48	7,79	7,96	8,17	8,31	8,44	8,47	8,49	8,51	8,67	8,70	8,73	8,76	8,75	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9	N.E.	4,5-9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	241	221	221	445	422	424	421	426	427	626	604	602	601	600	600	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	mg/L	6,98	7,00	6,96	7,89	7,91	7,91	7,89	7,89	7,89	7,78	7,81	7,80	7,83	7,80	7,79	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-7 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua monitoreados Estación E4 – E6

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Doima(E4)			Quebrada San Javier (E5)			Quebrada Opia (E6)						DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN220293			MN220652			MN220653						ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10.
FECHA	A-M-D	2021-06-09			2020-06-15			2021-06-15										
HORA	h: min	9:35	9:40	9:50	15:45	15:54	16:07	11:35	11:39	11:46	11:50	11:54	11:57					
Submuestra		1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	6					
Temperatura del agua	°C	22,0	22,0	22,3	24,2	24,2	24,3	22,2	22,2	22,2	22,5	22,6	22,6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

Ibagué y Piedras (Tolima)

pH	Unidades	8,06	8,07	8,21	7,58	7,65	7,73	7,29	8,01	8,05	8,07	8,05	8,14	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9	N.E.	4,5-9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	851	751	747,5	757	709	710	905	911	927	921	922	920	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	mg/L	7,81	7,71	7,72	5,91	5,87	5,30	6,12	6,35	6,18	6,39	6,42	6,47	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-8 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua monitoreados Estación E7 – E9

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Opia (E7)										Quebrada San Javier (E8)				Quebrada Armadillos (E9)			DECRETO 1076 DE 2015				
		MN221169										MN220901				MN220902			ARTÍCULO	ARTÍCULO	ARTÍCULO	ARTÍCULO	ARTÍCULO
No. Muestra	A-M-D	2021-06-17										2021-06-16				2021-06-16							
FECHA	h: min	13:46	13:50	13:58	14:06	14:15	14:20	14:30	14:33	14:36	14:40	9:50	9:55	10:05	10:07	14:02	14:06	14:10					
HORA	Submuestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	1	2	3					
Temperatura del agua	°C	24,0	24,0	24,1	24,2	24,5	24,4	24,2	24,4	24,6	24,8	22,6	22,6	22,7	22,7	22,8	22,8	22,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,95	8,10	8,15	8,16	8,17	8,16	8,18	8,21	8,10	8,14	7,64	7,81	7,94	7,92	7,27	7,30	7,36	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9	N.E.	4,5- 9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	269	243	242	242	243	243	242	243	233	243	200,9	200,6	200,4	200,55	211,6	196,5	195,7	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	mg/L	7,11	7,48	7,44	7,51	7,58	7,58	7,48	7,55	7,42	7,60	7,59	7,59	7,64	7,66	5,32	5,48	5,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-9 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua monitoreados Estación E10 – E12

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Doima (E10)						Quebrada Armadillos (E11)			Quebrada San Guaico (E12)						DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN221666						MN221170			MN221667						ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6	ARTÍCULO
FECHA	A-M-D	2021-06-21						2021-06-17			2021-06-21										
HORA	h: min	11:47	11:50	11:55	11:59	12:05	12:09	11:42	11:46	11:54	14:40	14:49	14:52	14:56	14:59	15:06					
Submuestra		1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	4	5	6					
Temperatura del agua	°C	22,3	22,5	22,6	22,6	22,7	22,8	24,4	24,4	24,65	27,7	27,9	28,1	28,1	28,2	28,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,81	7,85	7,89	8,12	8,14	8,18	7,47	7,69	7,73	7,61	7,69	7,69	7,68	7,63	7,61	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9	N.E.	4,5-9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	242	244	241	244	240	233	181,2	163,6	164	258	265	375	378	378	384	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	mg/L	6,9	7,37	7,32	7,42	7,35	7,49	7,09	7,20	7,25	6,35	6,07	6,14	6,11	5,92	5,95	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-10 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua monitoreados Estación E13 y E14

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada La Perica (E13)						Quebrada La Barbona (E14)			DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN221738						MN221739			ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA CÁLIDA
FECHA	A-M-D	2021-06-22						2021-06-22							
HORA	h: min	10:00	10:08	10:12	10:16	10:20	10:29	12:08	12:12	12:15					
Submuestra		1	2	3	4	5	6	1	2	3					
Temperatura del agua	°C	21,2	21,5	22,8	22,00	22,2	22,5	23,0	23,2	23,3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,29	7,79	7,77	7,84	7,85	7,81	7,63	7,85	7,96	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9	N.E.	4,5-9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	261	249	251	251	252	251,5	370	356	357	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Oxígeno disuelto	mg/L	7,39	7,41	7,35	7,39	7,37	7,36	7,01	7,06	7,13	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4
------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-11 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua lénticos monitoreados Léntico 2 y Léntico 3

PARÁMETRO	UNIDADES	Léntico 2 (L2)									Léntico 3 (L3)									DECRETO 1076 DE 2015				
		MN221668									MN221168									ARTÍCULO	ARTÍCULO	ARTÍCULO	ARTÍCULO	ARTÍCULO
No. Muestra	A-M-D	2021-06-21									2021-06-17													
FECHA																								
HORA	h: min	8:32	8:35	8:41	8:51	8:55	9:02	9:05	9:10	9:20	9:15	9:18	9:22	9:26	9:29	9:33	9:36	9:39	9:42	ARTÍCULO	ARTÍCULO	ARTÍCULO	ARTÍCULO	ARTÍCULO
Submuestra		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
Temperatura del agua	°C	27,2	27,5	27,5	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,65	24,9	25,0	25,0	25,2	25,5	25,6	25,7	25,7	25,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	9,0	9,03	9,08	9,11	9,12	9,09	9,13	9,08	9,09	7,3	7,82	7,82	7,86	7,96	7,90	7,83	7,66	7,91	5,0 -	6,5 -	4,5 -	N.E.	4,5- 9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	192,8	198,8	193,4	196,1	196,6	191,3	194,3	194,5	201,35	169	115,4	112,2	115,5	117,0	110,6	116,8	113,9	115,7	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	mg/L	6,27	6,21	6,24	6,48	6,47	6,43	6,60	6,78	6,655	7,47	7,55	7,24	7,41	7,56	7,27	7,62	7,35	8,04	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-12 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua lénticos monitoreados Léntico 4

PARÁMETRO	UNIDADES	Léntico 4 (L4)									DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN220294									ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA CALIDA)
FECHA	A-M-D	2021-06-09													
HORA	h: min	13:25	13:30	13:35	13:40	13:45	13:50	14:00	14:08	14:10					
Submuestra		1	2	3	4	5	6	7	8	9					
Temperatura del agua	°C	26,1	26,3	26,3	26,8	26,8	27,0	27,0	27,0	27,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,70	7,81	7,98	8,00	7,94	8,04	8,00	8,01	8,02	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9	N.E.	4,5-9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	533	461	460	488	461	468	455	437	461	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	mg/L	5,74	5,39	6,49	6,32	6,27	6,39	5,86	5,96	6,25	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

A continuación, se presenta el análisis de los resultados, de acuerdo con los parámetros que se relacionan entre así:

- pH
- Sólidos suspendidos, sólidos disueltos totales, sólidos sedimentables, turbiedad, conductividad y temperatura
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), y Oxígeno Disuelto (OD).
- Compuestos nitrogenados y Fósforo
- Hidrocarburos totales, aceites y grasas
- Coliformes fecales y coliformes totales

5.1.7.1.2.1 pH

El **Potencial de Hidrogeno (pH)** mide las concentraciones de iones hidronio presentes en el agua, lo cual permite determinar las características básicas o alcalinas del agua, condición que influye en el desarrollo de la vida acuática (Roldan Restrepo & Ramírez Restrepo, 2008). Los cambios en este parámetro naturalmente se dan por procesos de degradación de materia orgánica proveniente de vegetación en descomposición que promueven la generación de ácido carbónico (H_2CO_3) debido a la interacción del CO_2 con el agua; adicionalmente, se puede dar por la presencia de minerales de calcio y de magnesio que provienen de la roca caliza o por la presencia de sales ácidas. Otras fuentes externas pueden ser la lluvia ácida o fuentes de agua con alto contenido de sustancias ácidas o alcalinas.

En la Figura 5.1-2 y Figura 5.1-3 se relacionan los valores de pH obtenidos para cada una de las submuestras de las 14 estaciones de monitoreo de naturaleza lótica y su comparación normativa frente al Decreto 1076 de 2015; los valores de pH de las submuestras 2, 3, 4, 5 y 6 de la estación Quebrada Opia (E3) se encuentran por encima del límite superior de pH establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4, lo que denota condiciones tendientes a la alcalinidad de este cuerpo de agua. Con relación a los demás artículos,

se evidencia el cumplimiento de los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 de las demás estaciones de monitoreo, indicando que el recurso puede ser destinado para consumo humano, uso agrícola y preservación de fauna y flora.

Respecto a los cuerpos de agua lénticos en la Figura 5.1-4 se evidencia que el pH obtenido en el Léntico 2 (L2), se encuentra por fuera de los rangos máximos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10, indicando que el recurso hídrico es apto para destinación de consumo humano y doméstico únicamente (Art. 2.2.3.3.9.4). Los demás cuerpos de agua lénticos monitoreados pueden ser destinados para consumo humano, uso agrícola y preservación de fauna y flora.

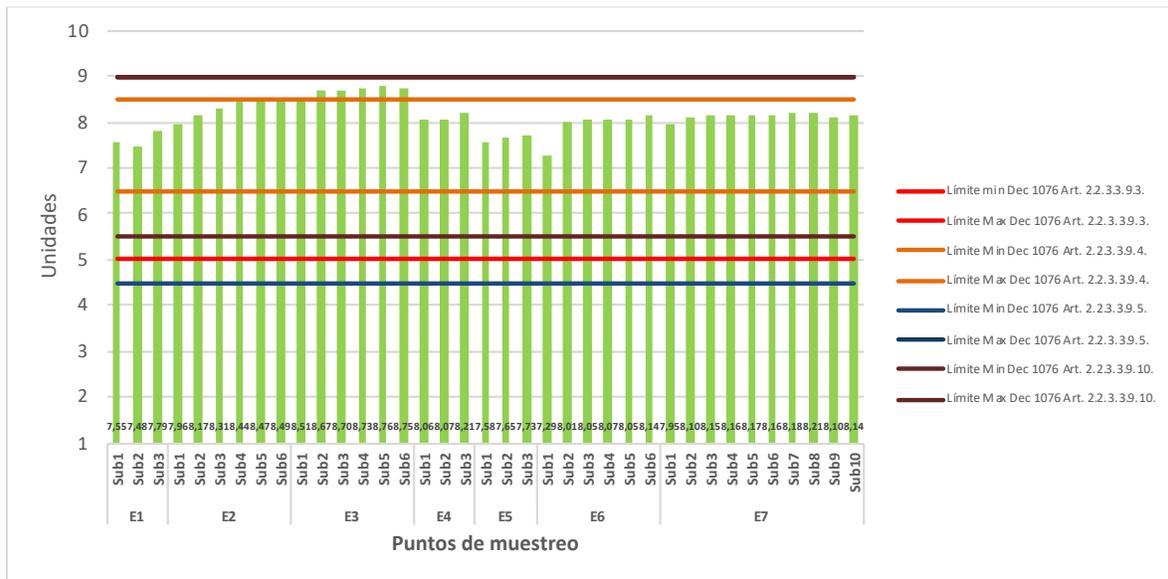


Figura 5.1-2 Valores de pH de las estaciones de monitoreo E1 a la E7.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

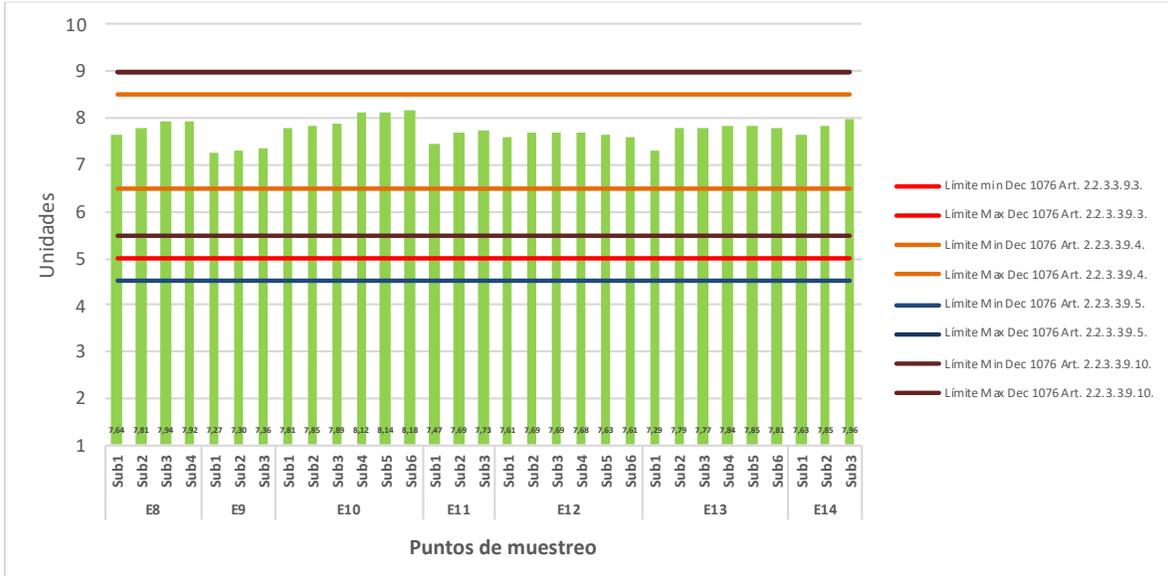


Figura 5.1-3 Valores de pH de las estaciones de monitoreo E8 a la E14.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

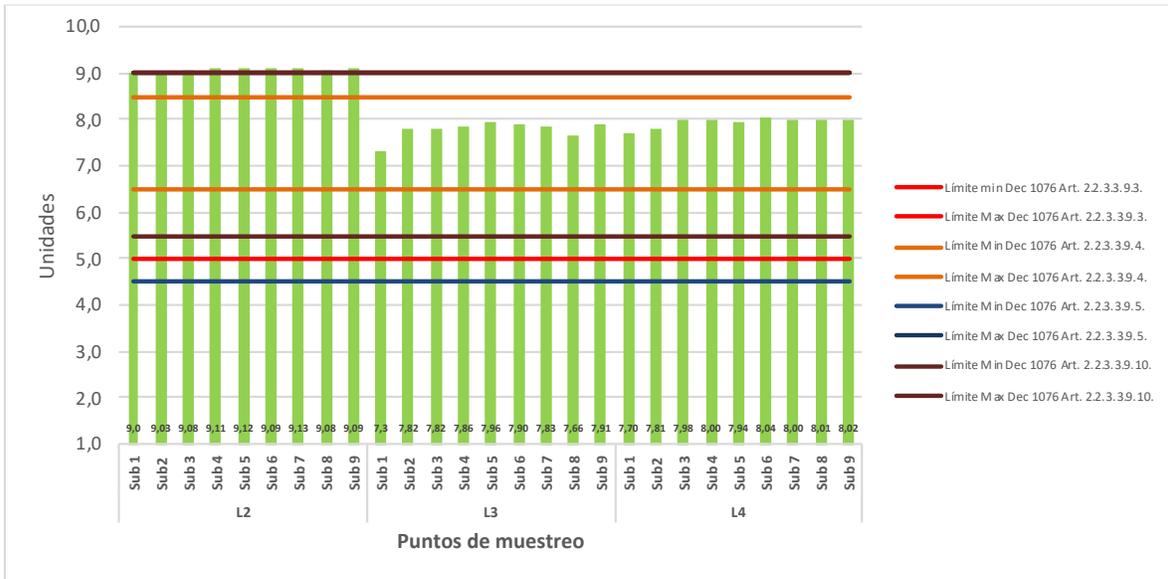


Figura 5.1-4 Valores de pH de los cuerpos de agua lénticos monitoreados.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.2.2 Sólidos suspendidos (SST), sólidos disueltos totales, sólidos sedimentables, turbiedad, conductividad y temperatura

Los **Sólidos Suspendidos Totales** hacen referencia a partículas coloidales, generalmente limo fino, bacterias, partículas causantes de color, virus, etc., los cuales no sedimentan sino después de periodos razonables, y su efecto global se traduce en el color y la turbiedad de las aguas (IDEAM, 2007). Para algunos puntos de monitoreo se reportaron concentraciones poco significativas e inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica reportada por el laboratorio; es el caso de las estaciones de monitoreo Quebrada San Javier (E5), Quebrada San Javier (E8), Quebrada San Guaico (E12) y Quebrada La Barbona (E14). Las demás estaciones de monitoreo registraron valor de SST entre 32,5 y 505 mg/L (Figura 5.1-5).

Ramírez y Viña (1998) establecen un valor límite de 150 mg/L de SST que al ser sobrepasado se consideraría un cuerpo de agua contaminado, tal es el caso de las estaciones de monitoreo Quebrada Opia (E7), Quebrada Doima (E10) y Quebrada La Perica (E13), sin embargo, hay que tener en cuenta que la presencia de Sólidos Suspendidos Totales obedece también a la dinámica del cuerpo de agua, al tipo de material del lecho y el clima de la región, en particular la precipitación, situación que se presentó durante todo el monitoreo.

En cuanto a lo normativo el Decreto 1076 de 2015 no establece límite restrictivo para este parámetro.

Los **Sólidos Disueltos Totales (SDT)** son una medida indirecta de las sales inorgánicas disueltas. Su valor es proporcional a la Conductividad Eléctrica del agua (CE); generalmente, los sólidos disueltos corresponden al 50% del valor de la conductividad (Jiménez Cisneros, 2005). Para los 17 puntos de monitoreo se reportaron valores entre 138 mg/L y 282 mg/L, acordes con las concentraciones de iones cloruros y sulfatos capaces de transmitir carga eléctrica. En cuanto a lo normativo, el Decreto 1076 de 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro.

Ibagué y Piedras (Tolima)

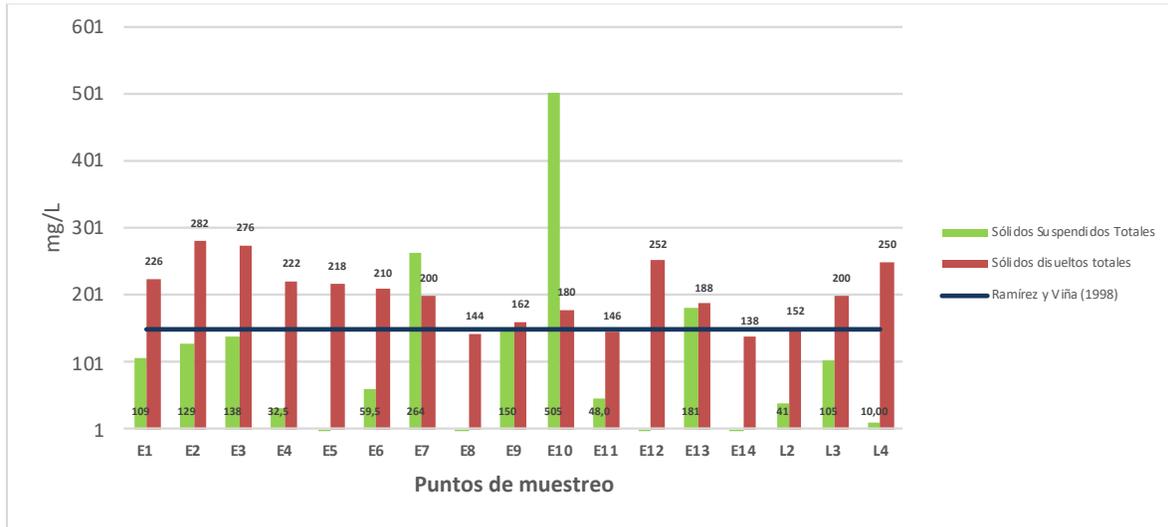


Figura 5.1-5 Valores de los Sólidos suspendidos Totales (SST) y Sólidos disueltos Totales (SDT) de las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Los **Sólidos Sedimentables** hacen referencia a los sólidos que se sedimentan de una suspensión en un período de tiempo definido, debido a la influencia de la gravedad. Únicamente se sedimentarán los sólidos suspendidos más gruesos y con gravedad específica mayor que la del agua (Roldan Restrepo & Ramírez Restrepo, 2008). Las concentraciones de sólidos sedimentables en los 17 puntos de monitoreo de agua superficial fueron poco significativos, con valores por debajo del límite de cuantificación (0,1 ml/L) de la técnica e instrumento de medición empleado para su determinación para las estaciones Quebrada San Javier (5), Quebrada San Javier (8) y Quebrada La Barbona (E14), evidenciando bajas concentraciones de sustancias gruesas en suspensión en estos cuerpos de agua, sin embargo, para la estación de monitoreo Quebrada Doima (E10) se registró el valor mas alto con 1,6 ml/L.

En cuanto a lo normativo, el Decreto 1076 de 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro.

La **Conductividad** del agua registró valores que oscilaron entre 164 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 927 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para los cuerpos de agua lóticos, mientras que para los cuerpos de agua lénticos varió entre 110,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 533 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 5.1-6 a la Figura 5.1-8). De acuerdo con los

resultados obtenidos es posible determinar, que las estaciones de muestreo Quebrada Doima (E1), Quebrada Opia (E7), Quebrada San Javier (E8), Quebrada Doima (E10), Quebrada San Guaico (E12) y Quebrada La Perica (E13) presentan una mineralización "Media acentuada", mientras que las estaciones Quebrada San Javier (E2), Quebrada Opia (E3) y Quebrada La Barbona (E14) presentan una mineralización "Media", finalmente, las estaciones Quebrada Doima(E4), Quebrada San Javier (5) y Quebrada Opia (E6) presentan un grado de "Mineralización importante", mientras que las demás estaciones presentan una mineralización "Débil", de acuerdo con la clasificación dada por RODIER, 1998 (Tabla 5.1-13). Los valores de conductividad son acordes con las concentraciones de iones cloruros reportados.

Tabla 5.1-13 Clasificación de las aguas en términos de conductividad

Conductividad	Grado de mineralización
< 100 uS/cm	Muy Débil
100 < 200 uS/cm	Débil
200 < 333 uS/cm	Media acentuada
333 < 666 uS/cm	Media
666 < 1000 uS/cm	Mineralización importante
> 1000 uS/cm	Mineralización excesiva

Fuente: RODIER, 1998. Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, aguas de mar

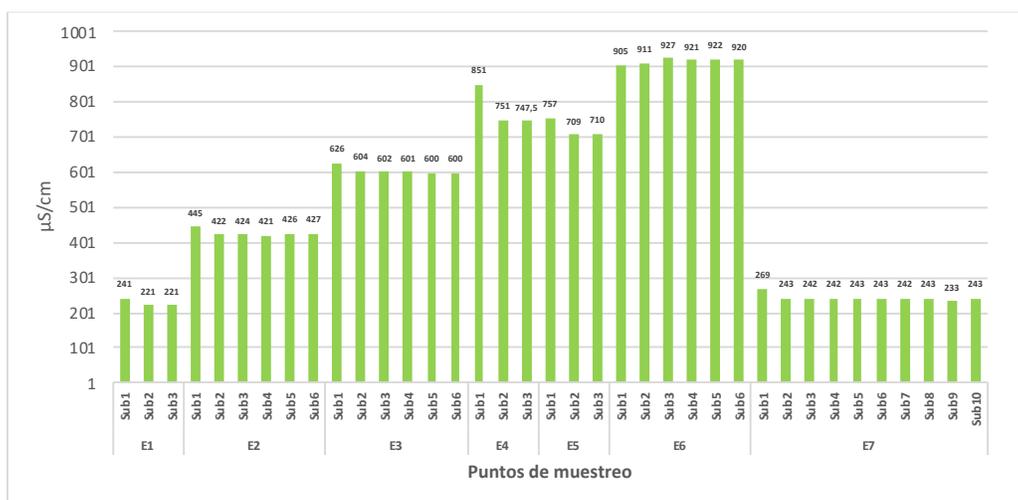


Figura 5.1-6 Valores de conductividad eléctrica (CE) de las estaciones de monitoreo E1 a la E7.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-7 Valores de conductividad eléctrica (CE) de las estaciones de monitoreo E8 a la E14.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Respecto a los cuerpos de agua lénticos el Léntico 2 y Léntico 3 presentan un grado de mineralización "debil", mientras que para el Léntico 4 se presentó un grado de mineralización "medio" (Figura 5.1-8) El Decreto 1076 de 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro.

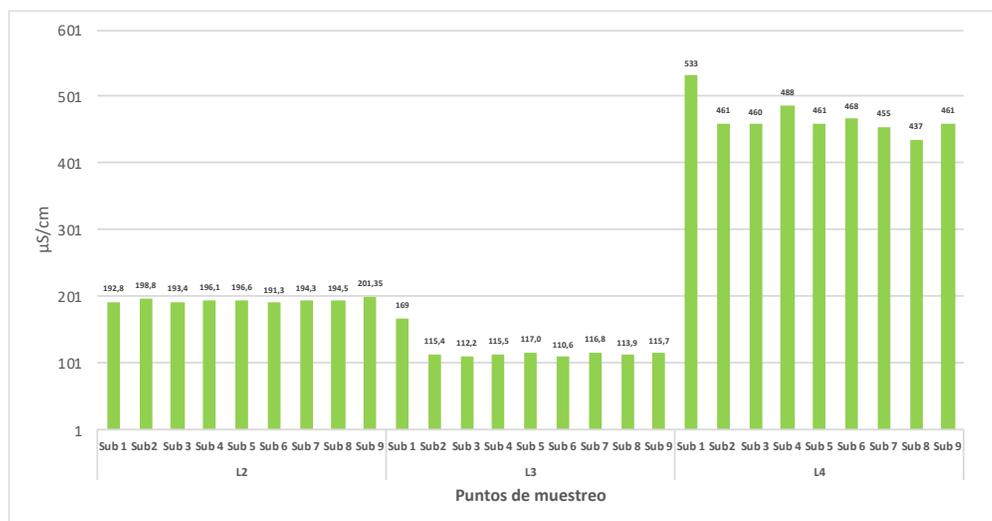


Figura 5.1-8 Valores de conductividad eléctrica (CE) de los cuerpos de agua lénticos monitoreados.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La **Temperatura** del agua está determinada por la cantidad de energía calórica que es absorbida por el cuerpo de agua y juega un papel fundamental en todos los procesos biológicos. Esta variable depende de la profundidad, hora de toma de la muestra y el tipo de sustrato. Regula propiedades químicas y físicas de factores como el pH, la densidad y la solubilidad de los gases, la turbidez y el color, estas dos últimas están ligadas de manera indirecta de forma paralela. También está involucrada en procesos vitales para los organismos vivos, pues influye en la cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua, la velocidad de fotosíntesis de las algas y otras plantas acuáticas, la velocidad metabólica de los organismos, la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades y épocas de reproducción, migración y estivación de organismos acuáticos. El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales y la velocidad de las reacciones del metabolismo acelerando la putrefacción.

Las estaciones de monitoreo que registraron los menores valores de temperatura en cada una de las submuestras corresponden a la Quebrada San Javier (E2) y Quebrada Opia (E3), con valores que varían entre 2,10°C y 22,0°C (Figura 5.1-9); mientras que la mayor temperatura se registró para la estación Quebrada San Guaico (E12) con valores entre 27,7°C y 28,2°C (Figura 5.1-10). A partir de los resultados obtenidos de temperatura es posible establecer la relación existente entre las condiciones climáticas y meteorológicas de la zona y la temperatura de las muestras; en todos los casos se reportaron temperaturas de las muestras inferiores a la temperatura ambiente, lo que se asocia con las características lóxicas de los cuerpos de agua monitoreados, es decir, el movimiento de la corriente evita la conservación del calor.

Respecto a los cuerpos de agua lénticos se registraron temperaturas más altas, las cuales variaron entre 24,9°C y 27,65°C (Figura 5.1-11), hay que tener en cuenta que la penetración de la luz a diferentes profundidades determina el establecimiento de los diferentes componentes bióticos dentro del sistema. Frente a lo normativo, el Decreto 1076 de 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro.

Ibagué y Piedras (Tolima)

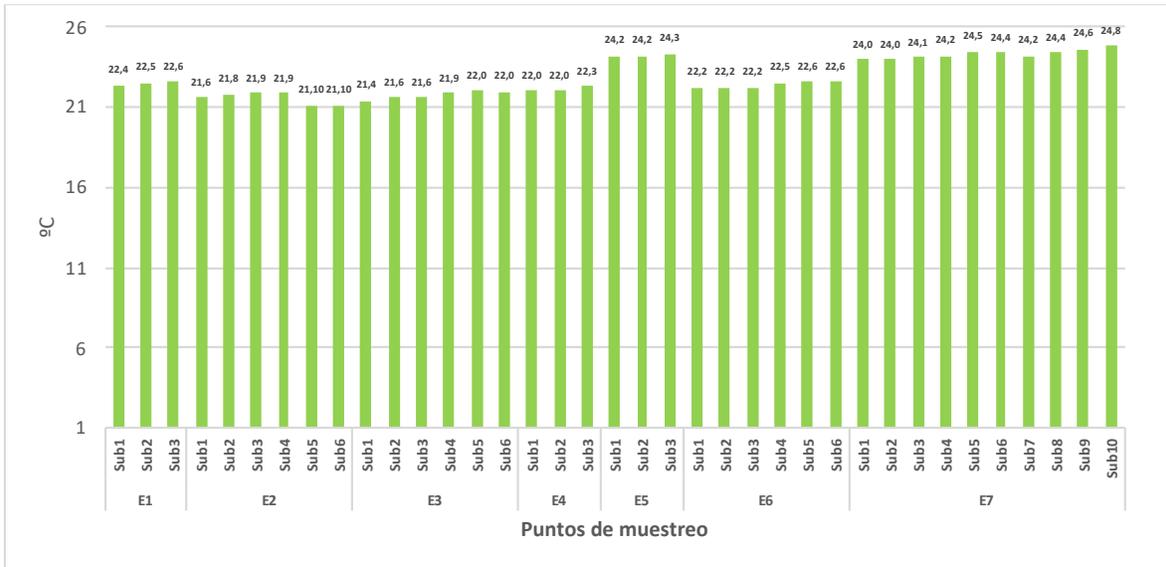


Figura 5.1-9 Valores de Temperatura (T°C) de las estaciones de monitoreo E1 a la E7.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

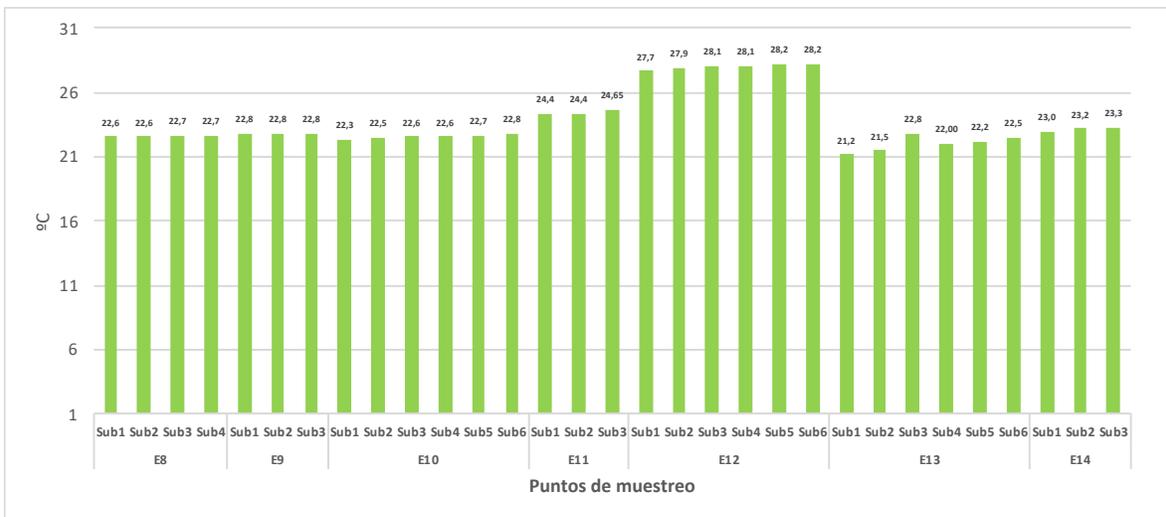


Figura 5.1-10 Valores de Temperatura (T°C) de las estaciones de monitoreo E8 a la E14.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

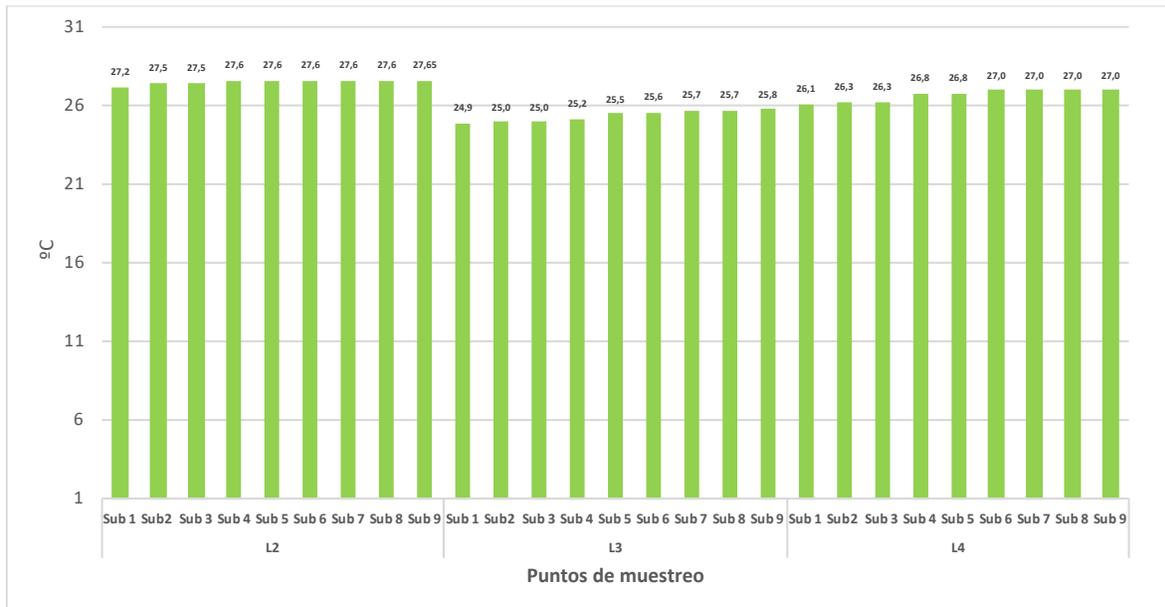


Figura 5.1-11 Valores de Temperatura (T°C) de los cuerpos de agua lénticos monitoreados.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La **Turbiedad** es un parámetro que permite determinar el grado de transparencia del recurso hídrico, por lo que mide el grado de dispersión de la luz generado por los sólidos en suspensión (arcilla, sedimentos materia orgánica y microorganismos), el efecto que causa la turbiedad es la interferencia con la penetración de la luz a través del agua, por lo que afecta los procesos de fotosíntesis. La dispersión de la luz de las partículas depende de su tamaño, su forma, el índice de refracción y su composición. Su presencia disminuye la producción de oxígeno por fotosíntesis, restringe los usos del agua, indica deterioro estético del cuerpo de agua e interfiere en la desinfección.

Para las estaciones de monitoreo evaluadas se presentó un valor de Turbidez entre 8,7 NTU o 0,4611 UJT, considerado bajo y 457 NTU O 24,221 UJT, considerado alto (Figura 5.1-12), la turbidez y la cantidad de sólidos disueltos alta reduce la penetración de la luz en los cuerpos de agua; al disminuir la cantidad de luz, se afecta la fotosíntesis que realizan los organismos fitoplanctónicos, al igual que la vegetación que se encuentra sumergida. La productividad de los peces depende totalmente de la vida de las plantas y de la fauna bentónica. Si la turbidez es muy elevada, el sistema ecológico estaría en

peligro. A partir de lo anterior y analizando los resultados del muestreo, se puede afirmar que durante la época lluviosa la mayoría de los cuerpos de agua presentan condiciones de mala calidad para la biodiversidad y la vida acuática del lugar, al registrarse valores altos de Turbidez, según Borbolla (2006)¹.

En cuanto a lo normativo, únicamente la estación Quebrada La Barbona (E14) se encuentra por debajo del límite máximo permisible (10 UJT) establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, las demás estaciones sobrepasan este valor (Figura 5.1-12).

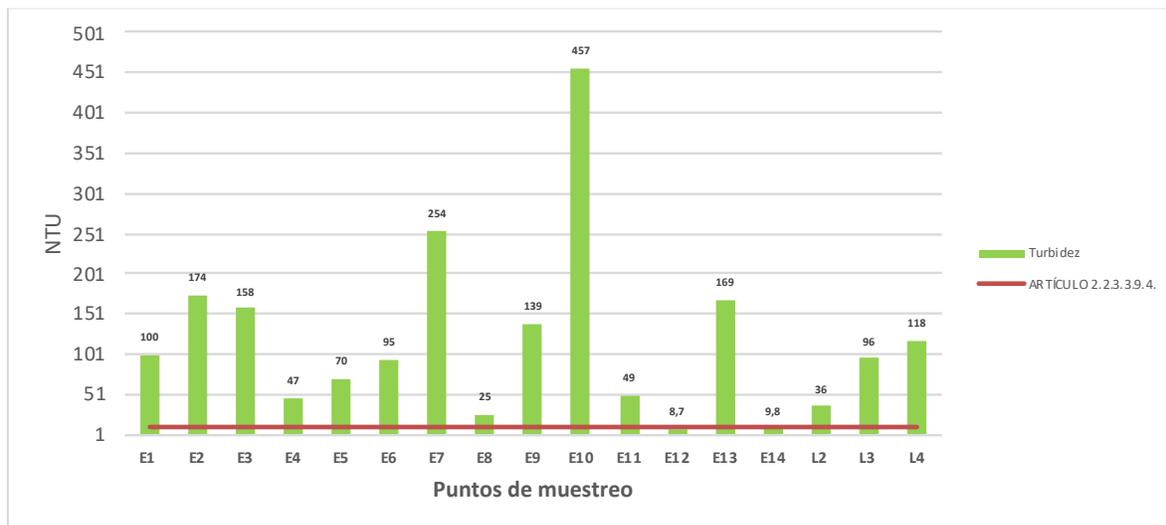


Figura 5.1-12 Valores de Turbidez de las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.2.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), y oxígeno disuelto (OD).

La **Demanda Bioquímica de Oxígeno** (DBO5) permite determinar el potencial de consumo de Oxígeno debido a la degradación biológica de materia orgánica en el agua (Rodier, Geoffray, Rodi, & Balagué Dolz, 1996). Con relación a este parámetro, para la

¹ Borbolla, M. (2006). Calidad del agua en Tabasco. México: Red Salud en Tabasco. Recuperado de: <http://site.ebrary.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr:2048/lib/sibdilibrosp/docDetail.action?docID=10113047&p00=sulfatos>.

mayoría de las estaciones monitoreadas se registraron valores inferiores al límite de cuantificación (<5,0 mg/L) de la técnica analítica empleada, a excepción de las estaciones Quebrada Doima (E1) y Quebrada San Javier (E8) donde se registró un valor de 8,26 mg/L y 7,03 mg/L, respectivamente, evidenciando que estos cuerpos de agua presentan bajas concentraciones de materia orgánica biodegradable. La DBO5 presenta una relación inversamente proporcional con el oxígeno disuelto, es decir a mayor DBO5, menor será la concentración de oxígeno disuelto en el agua; dicho esto, cabe mencionar que las concentraciones de OD de las estaciones de monitoreo evaluadas son congruentes con la DBO5 y muestran buenas condiciones de aireación y por tanto aptas para el establecimiento de la vida acuática. Frente a lo normativo el Decreto 1076 de 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro.

Por otra parte, la **demanda química de oxígeno (DQO)** determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la totalidad de la materia orgánica e inorgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Para las estaciones Quebrada Doima (E4), Quebrada San Javier (E5), Quebrada Opia (E6), Quebrada Opia (E6) , Quebrada Doima (E10), Quebrada Armadillos (E11) y Quebrada San José El Guaico (E12) se reportaron valores de DQO inferiores al límite de cuantificación (<5,0 mg/L) de la técnica analítica empleada. Mientras que para las demás estaciones se registraron valores entre 5,67 mg/L y 39,2 mg/L (Figura 5.1-13), evidenciando bajo contenido de materia orgánica biodegradable e inorgánica en las muestras evaluadas. Los valores de DQO son acordes a los valores de DBO5, es decir la DQO representa la concentración total de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica e inorgánica, por tanto, es mayor a la DBO5. En cuanto a lo normativo el Decreto 1076 de 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro.

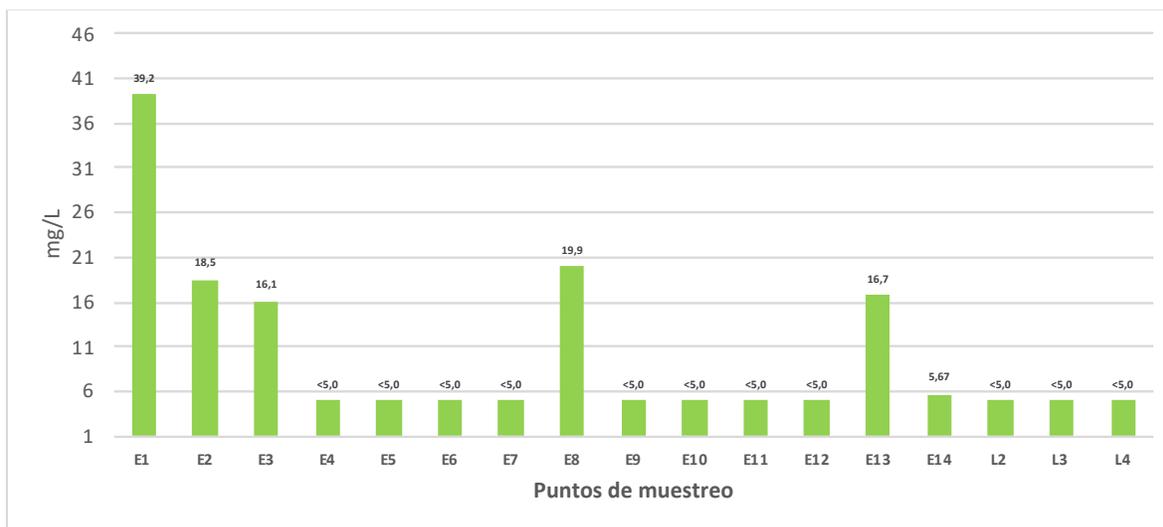


Figura 5.1-13 Valores de DQO de las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El **Oxígeno Disuelto (OD)** es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida aerobia. Asimismo, el OD es fundamental en procesos de óxido-reducción de la materia orgánica. No obstante, el oxígeno es ligeramente soluble en el agua; la cantidad real de oxígeno que puede estar presente en la solución está determinada por la solubilidad del gas, presión parcial del gas en la atmósfera, la temperatura, y la pureza del agua (salinidad, sólidos suspendidos) (IDEAM, 2004).

Para las 17 estaciones de monitoreo se reportaron concentraciones de OD entre 5,05 mg/L y 8,04 mg/L este último valor registrado en la submuestra 9 del cuerpo de agua Léntico 3 (Figura 5.1-14 , Figura 5.1-15 y Figura 5.1-16). Las concentraciones de OD son acordes a la temperatura de la muestra y la altitud de la zona de estudio; los valores de OD se explican por condiciones de re-oxigenación dadas durante el movimiento del agua. En cuanto a lo normativo, todas las estaciones evaluadas se encuentran por encima del límite mínimo de OD establecido en el artículo 2.2.3.3.9.10 para agua cálida dulce (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015, indicando que las aguas presentan buenas condiciones para la preservación de flora y fauna.

Ibagué y Piedras (Tolima)

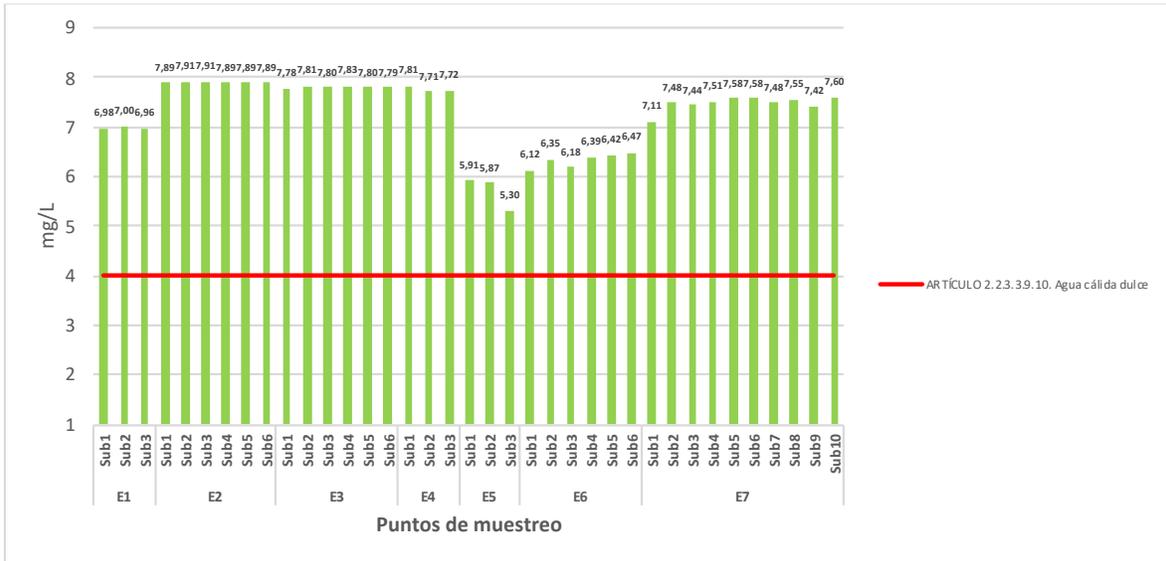


Figura 5.1-14 Valores de oxígeno disuelto (OD) de las estaciones de monitoreo E1 a la E7.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

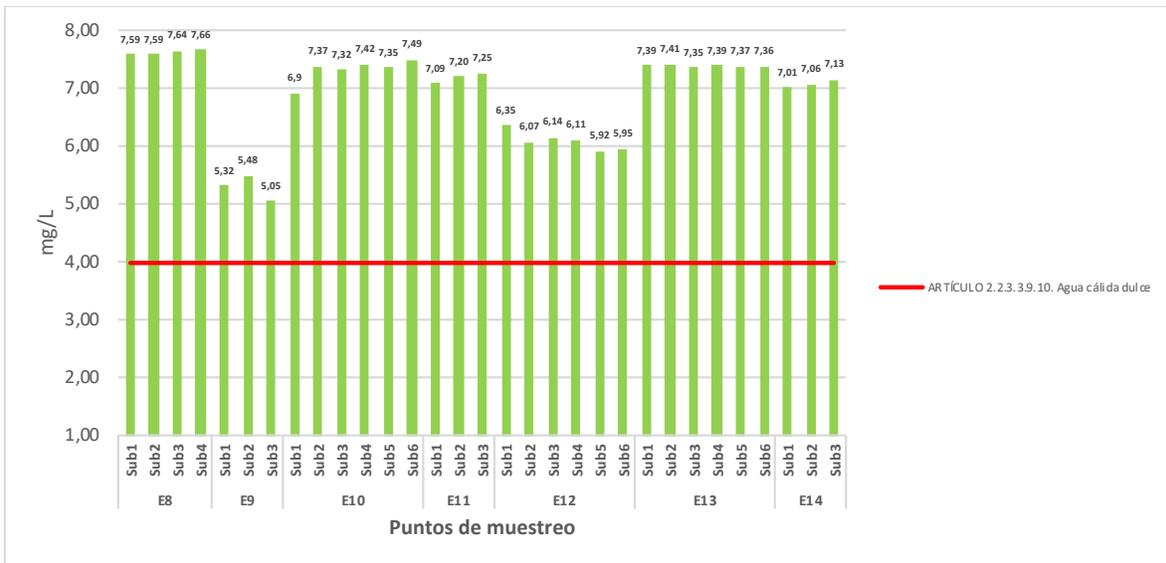


Figura 5.1-15 Valores de oxígeno disuelto (OD) de las estaciones de monitoreo E8 a la E14.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

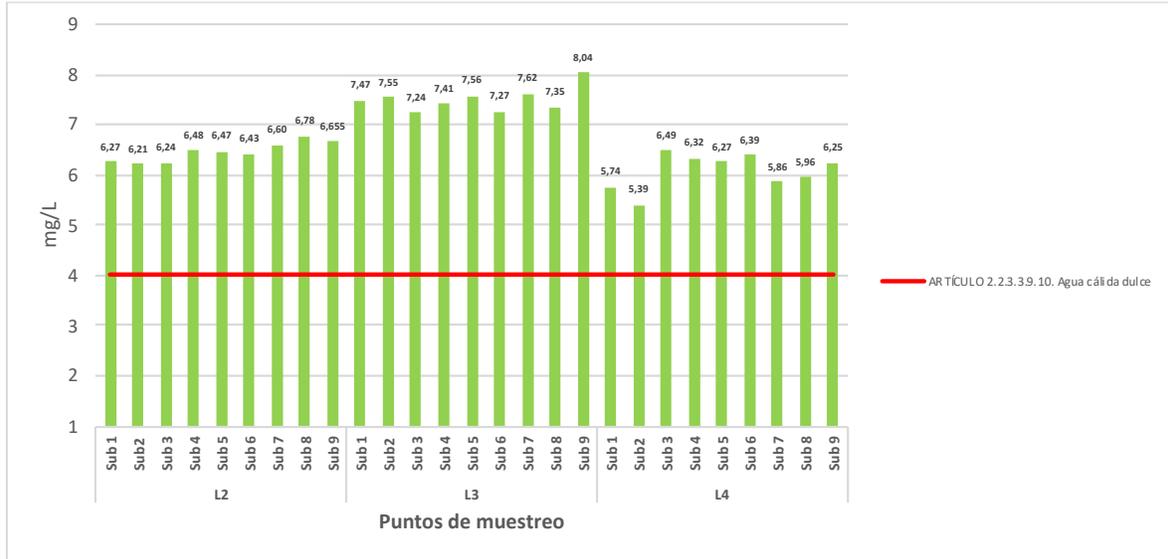


Figura 5.1-16 Valores de oxígeno disuelto (OD) de los cuerpos de agua lénticos monitoreados.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.2.4 Compuestos nitrogenados y fósforo

El **Nitrógeno Total** es una medida de todas las varias formas de nitrógeno que se encuentran en una muestra de agua. El nitrógeno es un nutriente necesario para el crecimiento de plantas acuáticas y algas. No todas las formas de nitrógeno pueden ser utilizadas fácilmente por las plantas acuáticas y las algas, especialmente el nitrógeno vinculado con materia orgánica disuelta o partículas. Sin embargo, para las 17 estaciones de monitoreo se presentaron concentraciones poco significativas con valores por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<3,00 mg/L). En cuanto a lo normativo el Decreto 1076 de 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro.

El **Fósforo** es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales. Actualmente se considera como uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de algas, encontrándose en aguas naturales y residuales. Para las estaciones de monitoreo evaluadas se reportaron concentraciones de fósforo total entre 0,130 mg/L y 0,792 mg/L (Figura 5.1-17). Teniendo en cuenta los resultados de este nutriente, es posible evidenciar concentraciones bajas de este parámetro en los cuerpos lóticos y lénticos. El

comportamiento observado de este parámetro se asocia con la presencia de materia orgánica, por lo que tiene una relación directamente proporcional con las demandas de oxígeno y presencia de microorganismos. Frente a lo normativo el Decreto 1076 de 2015 no establece límite restrictivo para este parámetro.

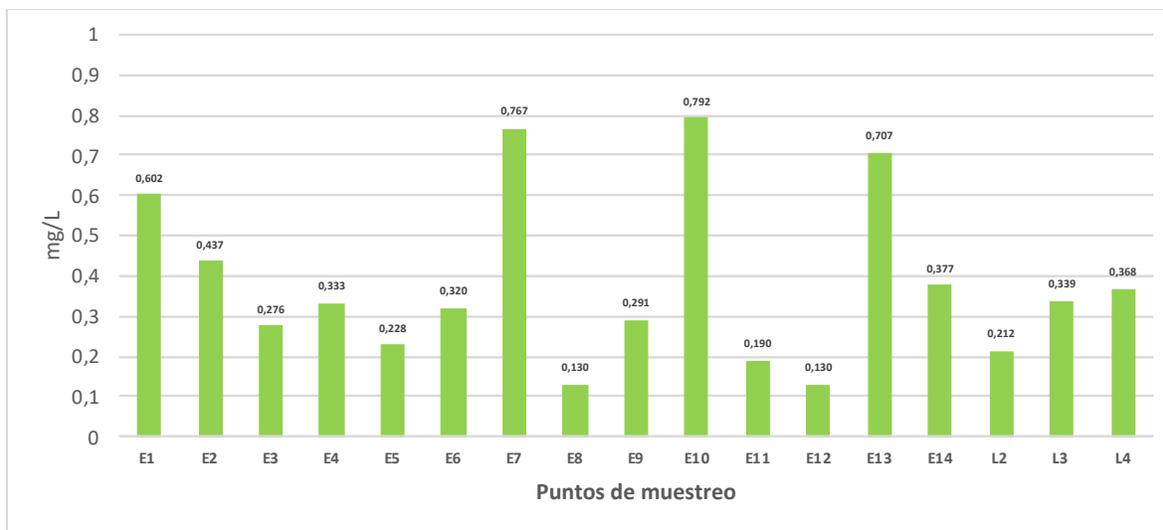


Figura 5.1-17 Valores de Fósforo Total registrado para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.2.5 Hidrocarburos, Fenoles, aceites y grasas

Los hidrocarburos de petróleo son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono que suponen entre el 50% y el 98% de la composición, su origen es el petróleo crudo (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), 2016). Para la mayoría de las estaciones monitoreadas se reportaron concentraciones poco significativas para el parámetro de **hidrocarburos**, obteniéndose valores por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<0,2 mg/L), a excepción de las estaciones Quebrada San Javier (E8), Quebrada Armadillos (E9) y Quebrada La Perica (E13) para las cuales se registraron concentraciones de 0,326 mg/L, 0,219 mg/L y 0,231 mg/L, respectivamente; hay que tener en cuenta que la presencia de hidrocarburos, generalmente se asocia a aportes directos o indirectos de agentes que se derivan de

estos compuestos. A nivel normativo, el Decreto 1076 del 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro.

Los **aceites y grasas** procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos, ya que disminuye la interacción aire-agua, y a la vez la difusión y concentración del oxígeno en el agua. Los **fenoles** pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor. Los Fenoles para todas las estaciones monitoreadas, registraron valores indetectables por medio de la técnica analítica empleada ($<0,100$ mg/L), mientras que lo que respecta al contenido de grasas y aceites (G&A) en las aguas recolectas de los sistemas hídricos evaluados, registraron concentración entre 0,201 mg/L y 1,76 mg/L (Figura 5.1-18), siendo este último valor obtenido para la estación Quebrada Doima (E10), esto debido probablemente a que aguas arriba del punto de monitoreo se observó un vertimiento.

Con base a los resultados obtenidos, es posible afirmar que el contenido de grasas y aceites es mínimo para la mayoría de las estaciones monitoreadas. A nivel normativo, el Decreto 1076 del 2015 no estipula un límite máximo para las grasas y aceites, no obstante, especifica que no debe apreciarse una película visible sobre el recurso, la cual, según el registro de campo, no fue detectada durante el monitoreo. Sin embargo, en el artículo 2.2.3.3.9.10. establece los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas, donde la concentración de grasas y aceites debe ser inferior al 0,01 mg/L, evidenciándose en la Figura 5.1-18 que ninguna de las estaciones monitoreadas cumple con este límite.

Ibagué y Piedras (Tolima)

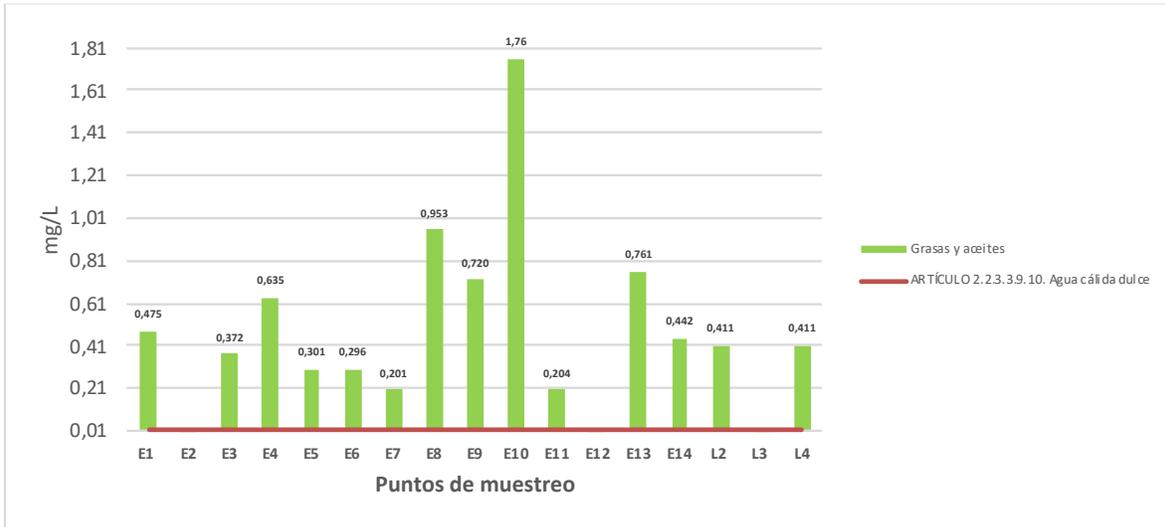


Figura 5.1-18 Valores de grasas y aceites registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas*.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

*En las estaciones E2, E12 y L3, el valor registrado es menor al límite de cuantificación para el método (i.e. <0,200; ver ANEXO D.1 Campaña lluviosa).

5.1.7.1.2.6 Coliformes Fecales y Coliformes Totales

Las bacterias coliformes son un tipo de microorganismos que por lo general habitan en el intestino de hombres y animales de sangre caliente, por lo que una de sus principales aplicaciones es la bioindicación de contaminación por heces en aguas y alimentos. Si bien no todos los coliformes son de origen fecal se hace necesario hacer especial énfasis en éstos últimos. Para su distinción se discriminan en dos tipos: Coliformes totales y coliformes fecales. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

Se considera que aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Los coliformes fecales se denominan termo tolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a coliformes totales y fecales. La capacidad de los coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos (sangre caliente) es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad y otros nutrientes.

Para el parámetro **Coliformes Fecales Termotolerantes (*E. Coli*)** se tienen valores significativos para la mayoría de las estaciones excediendo el límite máximo permisible de los artículos 2.2.3.3.9.3 (2000 NMP/100 mL) y 2.2.3.3.9.5 (1000 NMP/100 mL) del Decreto 1076 de 2015 (Figura 5.1-19), lo que sugiere que el agua de los cuerpos lóticos evaluados no podría emplearse para uso agrícola y consumo humano y doméstico previo tratamiento convencional, la presencia de coliformes en estos cuerpos de agua indican contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los sistemas hídricos. A excepción de las estaciones Quebrada San Guaico (E12), Léntico 2 y Léntico 3 las cuales registraron valores bajos no excediendo los artículos 2.2.3.3.9.3 (2000 NMP/100 mL) y 2.2.3.3.9.5 (1000 NMP/100 mL) del Decreto 1076 de 2015.

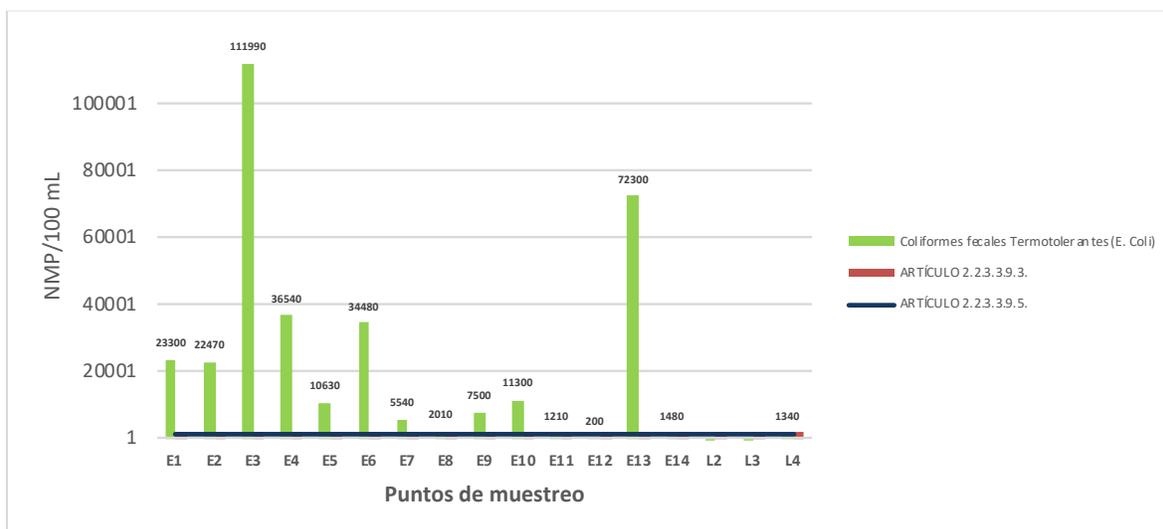


Figura 5.1-19 Valores de los Coliformes fecales Termotolerantes (*E. Coli*) registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Figura 5.1-20 se observan los resultados para el parámetro **Coliformes Totales**; en general se reportaron valores que exceden el límite máximo permisible establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3., 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, con base a ello, es posible afirmar que las aguas de todas las estaciones monitoreadas no son aptas para destinación a consumo humano, doméstico y agrícola, exceptuando el cuerpo de

agua Léntico 2, el cual no excede el valor establecido en el Artículo 2.2.3.3.9.5.(5000 NMP/100 mL), por lo que son aptas para uso agrícola.

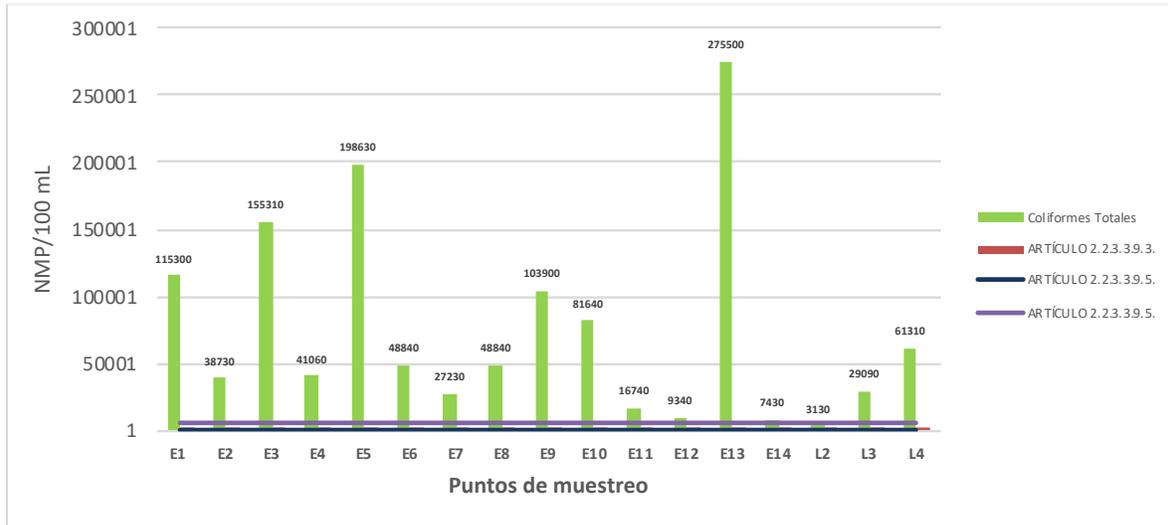


Figura 5.1-20 Valores de los Coliformes Totales registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.2.7 Sulfatos y Cloruros

Los **Sulfatos** son descargados al ambiente acuático a través de las aguas residuales. La quema de combustibles fósiles es también una fuente importante de sulfuro a la atmósfera. La mayoría de las emisiones provocadas por el hombre a la atmósfera, cerca del 95%, son en forma de SO_2 . Al mezclarse con iones de Calcio y Magnesio en aguas de consumo humano, producen un efecto laxante, en condiciones aeróbicas favorecen la formación de Ácido Sulfúrico, con los problemas de olor y corrosión asociados a estos compuestos (Romero Rojas, 2009). Las concentraciones para este parámetro en las estaciones monitoreadas se encontraron entre $<5,0$ mg/L SO_4 y 32,4 mg/L SO_4 ; las concentraciones más altas se registraron en las estaciones Quebrada San Guaico (E12) y Quebrada La Barbona (E14) (Figura 5.1-21). En general, la concentración de sulfatos se considerada media, si se tiene en cuenta que las aguas naturales presentan valores desde 2 mg/L hasta 10 mg/L, aunque hay que tener en cuenta que estos cuerpos de agua

nacen en una región volcánica andina y por lo tanto puede presentar valores cercanos o superiores a 50 mg/L.

Frente a lo normativo, todas las estaciones monitoreadas se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido en los artículos 2.3.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, por lo que el agua de los cuerpos lóticos y lénticos eventualmente podrían emplearse para consumo humano y doméstico, previo tratamiento convencional y desinfección.

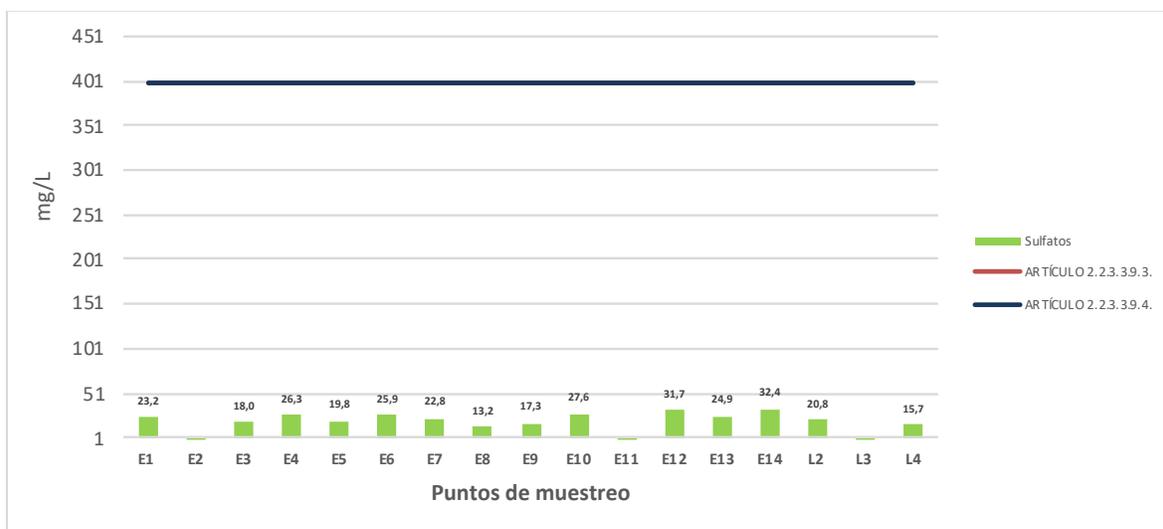


Figura 5.1-21 Valores de Sulfatos registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El ion **Cloruro** es uno de los indicadores típicos de contaminación por agua residual doméstica, cuando no hay influencia de aguas marinas. Es altamente corrosivo y genera deterioros en tuberías y sistemas de distribución de aguas, así como en equipos industriales que trabajen con aguas que presenten altos concentraciones de este anión. La presencia de cloruro en aguas naturales se atribuye a la disolución de depósitos de halita, contaminaciones provenientes de diversos efluentes de la actividad industrial, contaminación difusa proveniente de riegos agrícolas, etc. En aguas naturales, las concentraciones típicas de cloruro están en el orden de 1 mg/L a 100 mg/L. El cloruro es un elemento esencial para la biota terrestre y acuática y debido a su alta solubilidad

presenta pocas reacciones de precipitación y solubilización, por los que su patrón de distribución está relacionado con el movimiento del agua.

Las concentraciones de cloruros para las estaciones Quebrada San Javier (E2), Quebrada San Javier (5), Quebrada Opia (E6), Quebrada San Javier (E8), Léntico 2 y Léntico 3 registraron valores inferiores al límite de cuantificación (9,9 mg/L) de la técnica analítica empleada, mientras que para las demás estaciones los valores de cloruros oscilaron entre 10,5 mg/L y 20,4 mg/L, encontrándose por debajo del límite máximo permisible de los artículos 2.2.3.3.9.3. y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, Figura 5.1-22 .

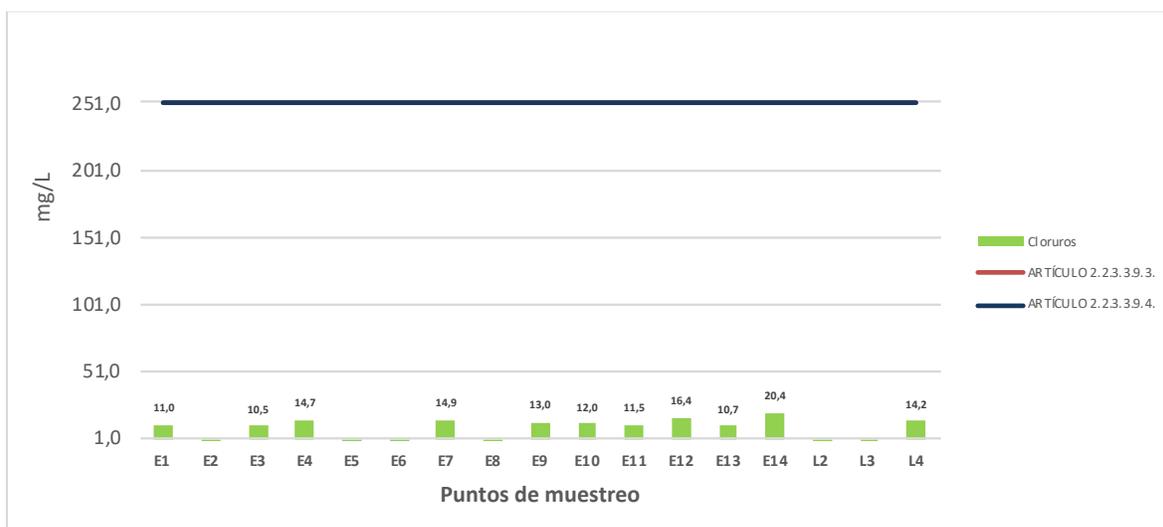


Figura 5.1-22 Valores de Cloruros registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.2.8 Surfactantes: anionicos como SAAM

Con respecto a los **Surfactantes: Anionicos como SAAM** se registró una concentración inferior al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio (0,500 mg/L) para todas las estaciones monitoreadas. Por lo que en ninguno de los casos se supera el límite establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 del 2015, lo que sugiere que el agua es apta para consumo humano y doméstico previo tratamiento convencional y desinfección.

5.1.7.1.2.9 Iones Potasio

Durante el proceso de disolución de las sustancias químicas contenidas en el agua, procedentes de la composición de los terrenos, la atmósfera y la lluvia, ocurre la disociación de iones (cationes y aniones) cuando se disuelven en el agua. Los iones más importantes que se encuentran en las aguas naturales son los carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos. Ellos se encuentran en combinación con cationes como calcio, sodio, potasio, hierro, magnesio y sílice.

En aguas naturales las concentraciones de potasio son menores a 10 mg K⁺/L, aunque puede aumentar por escorrentía de terrenos agrícolas e influencia de drenajes de irrigación. Dado que son elementos esenciales, para la nutrición de las plantas, su presencia en el agua es beneficiosa. En la Figura 5.1-23 se observa la concentración de iones potasio para cada una de las estaciones monitoreadas, las cuales pueden ser consideradas normales. A nivel normativo, el Decreto 1076 del 2015 no estipula un límite máximo para estos iones.

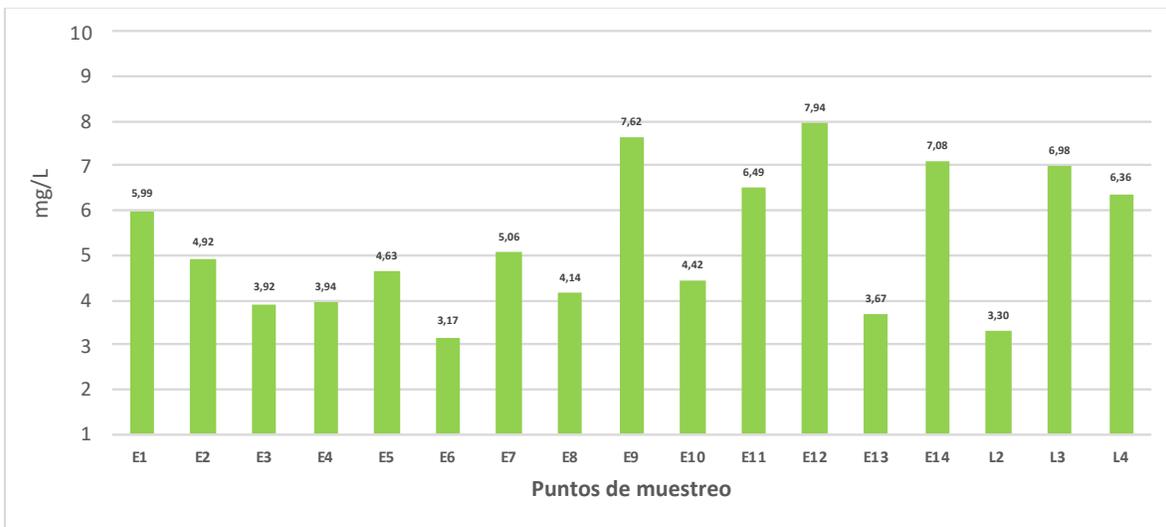


Figura 5.1-23 Valores de Potasio registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.2.10 Índice de Calidad de agua (ICA-INFS)

En el presente estudio se calcula el Índice de Calidad de Aguas (ICA) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NFS)², mediante el Software Icatest v1.0.0.44. El cual es una herramienta metodológica para la valoración de la calidad del agua de las aguas superficiales del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Fotovoltaico Shangri-La. Para las variables que estuvieron por debajo del límite de cuantificación se tomó como valor el del límite de detección, siendo esta la condición más desfavorable para las condiciones actuales del cuerpo de agua.

En la Tabla 5.1-14 se presentan los valores calculados del ICA-INFS para cada una de las estaciones de monitoreadas, sin embargo, hay que tener en cuenta que las mediciones para los diferentes constituyentes son representativas de varios puntos en la sección transversal del cuerpo de agua en un instante dado, por lo que el resultado obtenido sólo representa la calidad del agua en un punto en específico del sistema hídrico.

Tabla 5.1-14 Índice de calidad de agua (ICA/NSF) y parámetros de calidad de las estaciones de monitoreo en el área de influencia del proyecto

Estación de monitoreo	DBO	OD (Promedio)	OD % SAT	Coliformes Fecales	pH (Promedio)	Cambio de T°	Turbidez	ICA	Calificación
Quebrada Doima (E1)	8,26	6,98	75,3	23300	7,60	0,3	100	27,59	Mala
Quebrada San Javier (E2)	5,0	7,89	85,1	22470	8,30	0,45	174	22,13	Muy mala
Quebrada Opia (E3)	5,0	7,80	85,2	111990	8,68	0,35	158	20,93	Muy mala
Quebrada Doima(E4)	5,0	7,74	85,3	36540	8,11	0,2	47	38	Mala
Quebrada San Javier (E5)	5,0	5,69	65,1	10630	7,65	3,0	70	37,53	Mala
Quebrada Opia (E6)	5,0	6,32	70,0	34480	7,93	4,55	95	39,86	Mala
Quebrada Opia (E7)	5,0	7,47	85,2	5540	8,13	4,5	254	34,77	Mala

² CANTER, Larry. Manual de evaluación de impacto ambiental; técnicas de evaluación de estudios de impacto. Madrid. Mc Graw Hill. 1998. 841 p.

Estación de monitoreo	DBO	OD (Promedio)	OD % SAT	Coliformes Fecales	pH (Promedio)	Cambio de T°	Turbidez	ICA	Calificación
Quebrada San Javier (E8)	7,03	7,62	85	2010	7,82	0,15	25	35,88	Mala
Quebrada Armadillos (E9)	5,0	5,28	60	7500	7,31	4,2	139	35,98	Mala
Quebrada Doima (E10)	5,0	7,30	80,1	11300	7,99	6,1	457	32,56	Mala
Quebrada Armadillos (E11)	5,0	7,18	84	1210	7,63	2,9	49	39,38	Mala
Quebrada San Guaico (E12)	5,0	6,09	75	200	7,65	2,0	8,7	49,69	Mala
Quebrada La Perica (E13)	5,0	7,37	82	72300	7,72	0,8	169	38,33	Mala
Quebrada La Barbona (E14)	5,0	7,06	80	1480	7,81	2,0	9,8	47	Mala
Léntico 2 (L2)	5,0	6,45	70	1	9,1	0,9	36	58,49	Media
Léntico 3 (L3)	5,0	7,50	90	1	7,8	0,6	96	61,99	Media
Léntico 4 (L4)	5,0	6,07	73	1340	7,94	1,0	118	44,33	Mala

Escala de calidad **Muy Mala:** 0 – 25 **Mala:** 26 – 50 **Media:** 51 – 70 **Buena:** 71 – 90
Excelente: 91 – 100

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.2.11 Índices de Contaminación (ICO)

A partir de los resultados obtenidos en los cuerpos de agua evaluados se procedió a calcular los índices de contaminación. En la Tabla 5.1-15 se relacionan los resultados obtenidos para los índices en la época lluviosa. Las estaciones de monitoreo Quebrada Doima (E1), Quebrada San Javier (E8) y Quebrada Armadillos (E9) reportaron valores para ICOMO catalogados como "Altos" cuyo índice varió entre 0,613 y 0,75. Las demás estaciones de monitoreo reportaron para el ICOMO una contaminación catalogada como "Media" y un índice que varía entre 0,419 y 0,596, debido a las concentraciones de coliformes totales y DBO, aunque hay que tener en cuenta que las concentraciones de DBO para la mayoría de estos cuerpos de agua es inferior al límite de cuantificación (5 mg/L), y estos valores se presentan como la peor condición de estos cuerpos de agua, éstas concentraciones bajas de DBO5 indican concentraciones bajas de materia orgánica susceptible de ser biodegrada; adicionalmente, se sabe que los coliformes son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los

animales de sangre caliente, lo que imparte un grado de contaminación microbiológica a los cuerpos lóaticos, elevando los valores de índice y por ende disminuye el oxígeno disuelto, lo cual eleva aún más el valor del ICOMO (Chavarro & Gélvez Bernal, 2016).

Asimismo, para el ICOpH a excepción del cuerpo de agua Léntico 2, los puntos de monitoreo no presentan "ninguna" contaminación por pH, lo que denota equilibrio de sustancias ácidas y básicas en los cuerpos de agua. El alto valor de pH que por consiguiente cataloga a la estación Léntico 2 con contaminación "media" puede deberse a exceso de minerales disueltos en esta laguna.

En cuanto al índice ICOSUS, las estaciones de monitoreo Quebrada Doima(E4), Quebrada San Javier (5), Quebrada Opia (E6), Quebrada San Javier (E8), Quebrada Armadillos (E11), Quebrada San Guaico (E12), Quebrada La Barbona (E14), Léntico 2 y Léntico 4 no presentan contaminación por sólidos suspendidos, evidenciando ausencia de sustancias coloidales en los cuerpos de agua, lo que se corrobora con los bajos valores de turbiedad. Respecto a las estaciones Quebrada Doima (E1), Quebrada San Javier (E2), Quebrada Opia (E3) y Léntico 3 presentan una contaminación baja, con valores que oscilan entre 0,2 y 0,4, mientras que la Quebrada Armadillos (E9) y Quebrada La Perica (E13) presentaron un grado de contaminación medio con valores entre 0,4 y 0,6. Finalmente, las estaciones de monitoreo que presentaron un alto grado de contaminación por sólidos suspendidos corresponden a la Quebrada Opia (E7) y Quebrada Doima (E10), esto concuerda con los altos valores obtenidos para el parámetro Turbidez.

Por último, el ICOTRO para las 17 estaciones de monitoreo evaluadas reportaron valores entre 0,02 – 1,00 lo que permite catalogar el agua con "Eutrofia". Los valores del ICOTRO fueron probablemente influenciados por los fertilizantes a base de fósforo utilizados en los cultivos aledaños a los cuerpos de agua, al arrastre de material por lavado de los suelos y a las descargas de aguas residuales domésticas de algunos asentamientos urbanos localizados en esta zona.

Tabla 5.1-15 Resultados de los índices de Contaminación de las estaciones de monitoreo evaluadas

Código	Cuerpo de agua	Índices de contaminación									
		ICOMO			CONTAMINACIÓN	ICOpH	CONTAMINACIÓN	ICOSUS	CONTAMINACIÓN	ICOTRO	CONTAMINACIÓN
		Oxígeno %	Coliformes totales	DBO-5		pH		SST		Fósforo (mg/L)	
E1	Quebrada Doima	75,3	115300	8,26	0,75	7,60	0,001	109	0,307	0,602	Eutrofia
E2	Quebrada San Javier	85,1	38730	5,0	0,53	8,30	0,03	129	0,367	0,437	Eutrofia
E3	Quebrada Opia	85,2	155310	5,0	0,53	8,68	0,03	138	0,394	0,276	Eutrofia
E4	Quebrada Doima	85,3	41060	5,0	0,53	8,11	0,03	32,5	0,076	0,333	Eutrofia
E5	Quebrada San Javier	65,1	198630	5,0	0,596	7,65	0,001	10,0	0,01	0,228	Eutrofia
E6	Quebrada Opia	70,0	48840	5,0	0,58	7,93	0,001	59,5	0,157	0,320	Eutrofia
E7	Quebrada Opia	85,2	27230	5,0	0,53	8,13	0,03	264	0,772	0,767	Eutrofia
E8	Quebrada San Javier	85	48840	7,03	0,717	7,82	0,001	10,0	0,01	0,130	Eutrofia
E9	Quebrada Armadillos	60	103900	5,0	0,613	7,31	0,001	150	0,43	0,291	Eutrofia
E10	Quebrada Doima	80,1	81640	5,0	0,546	7,99	0,001	505	1	0,792	Eutrofia
E11	Quebrada Armadillos	84	16740	5,0	0,508	7,63	0,001	48,0	0,124	0,190	Eutrofia
E12	Quebrada San Guaico	75	9340	5,0	0,491	7,65	0,001	10,0	0,01	0,130	Eutrofia
E13	Quebrada La Perica	82	275500	5,0	0,54	7,72	0,001	181	0,523	0,707	Eutrofia
E14	Quebrada La Barbona	80	7430	5,0	0,456	7,81	0,001	10,0	0,01	0,377	Eutrofia
L2	Léntico 2	70	3130	5,0	0,419	9,1	0,493	41	0,103	0,212	Eutrofia

Ibagué y Piedras (Tolima)

Código	Cuerpo de agua	Índices de contaminación										
		ICOMO			CONTAMINACIÓN	ICOpH	CONTAMINACIÓN	ICOSUS	CONTAMINACIÓN	ICOTRO	CONTAMINACIÓN	
		Oxígeno %	Coliformes totales	DBO-5		pH		SST		Fósforo (mg/L)		
L3	Léntico 3	90	29090	5,0	0,513	7,8	0,001	105	0,295	0,339	Eutrofia	
L4	Léntico 4	73	61310	5,0	0,57	7,94	0,001	10,0	0,01	0,368	Eutrofia	
Indicación		<p>Ninguna: 0-0,2 Bajo: 0,2-0,4 Medio: 0,4-0,6 Alto: 0,6-0,8 Muy Alto: 0,8-1</p>									<p>Oligotrofia: < 0.01 Mesotrofia: 0.01 – 0.02 Eutrofia: 0.02 – 1.00 Hipereutrofia: > 1.00</p>	

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.2.12 Caudales

En la Tabla 5.1-16 se presentan los resultados del cálculo de caudal en cada uno de los puntos de monitoreo. En general se observan resultados variables que obedecen a las distintas configuraciones que presentan los cuerpos de agua.

Tabla 5.1-16 Resultados de aforo de las estaciones de monitoreo evaluadas

PARÁMETRO	FECHA	HORA	Caudal
UNIDADES	A-M-D	h: min	L/s
Quebrada Doima (E1)	2021-06-08	12:50	205,8
Quebrada San Javier (E2)	2021-06-10	9:50	286,2
Quebrada Opia (E3)	2021-06-10	13:15	7338,825
Quebrada Doima(E4)	2021-06-09	9:35	320,875
Quebrada San Javier (5)	2020-06-15	15:45	99,1365
Quebrada Opia (E6)	2021-06-15	11:35	333,905
Quebrada Opia (E7)	2021-06-17	13:46	1372,5
Quebrada San Javier (E8)	2021-06-16	9:50	60,75
Quebrada Armadillos (E9)	2021-06-16	12:04	<0,1
Quebrada Doima (E10)	2021-06-21	11:47	466,62
Quebrada Armadillos (E11)	2021-06-17	11:42	<0,1
Quebrada San Guaico (E12)	2021-06-21	14:40	<0,1
Quebrada La Perica (E13)	2021-06-22	10:00	1537,6
Quebrada La Barbona (E14)	2021-06-22	12:08	22,44

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Con el fin de caracterizar el drenaje de las fuentes hídricas aforadas, se presentan de la Figura 5.1-24 a la Figura 5.1-37 los perfiles de las secciones transversales de los cuerpos de agua monitoreados en los puntos donde se realizó el aforo, junto con las tablas que muestran las distancias desde la orilla en las cuales se midieron las velocidades en cada una de las secciones parciales, las profundidades en cada una de ellas y las velocidades medias calculadas en las secciones verticales tomadas.

- **Quebrada Doima (E1)**

En la Tabla 5.1-17 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Doima (E1)". El cuerpo lotico tiene un ancho superficial

aproximado de 4 m, velocidad media de 0,21 m/s y velocidad máxima de 0,5 m/s. La estación Quebrada Doima (E1) reporta un caudal de 205,8 L/s o 0,206 m³/s.

Tabla 5.1-17 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Doima (E1)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,40	0,25	0,13	0,1	0,10	0,10
2	0,80	0,23	0,12	0,1	0,10	0,20
3	1,20	0,18	0,9	0,3	0,30	0,30
4	1,60	0,21	0,11	0,3	0,30	0,40
5	2,00	0,13	0,10	0,5	0,50	0,50
6	2,40	0,11	0,11	0,5	0,50	0,25
7	2,80	0,20	0,10	0,0	0,00	0,15
8	3,20	0,16	0,10	0,3	0,30	0,15
9	3,60	0,10	0,10	0,0	0,00	0,00
10	4,00	0,80	0,0	0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

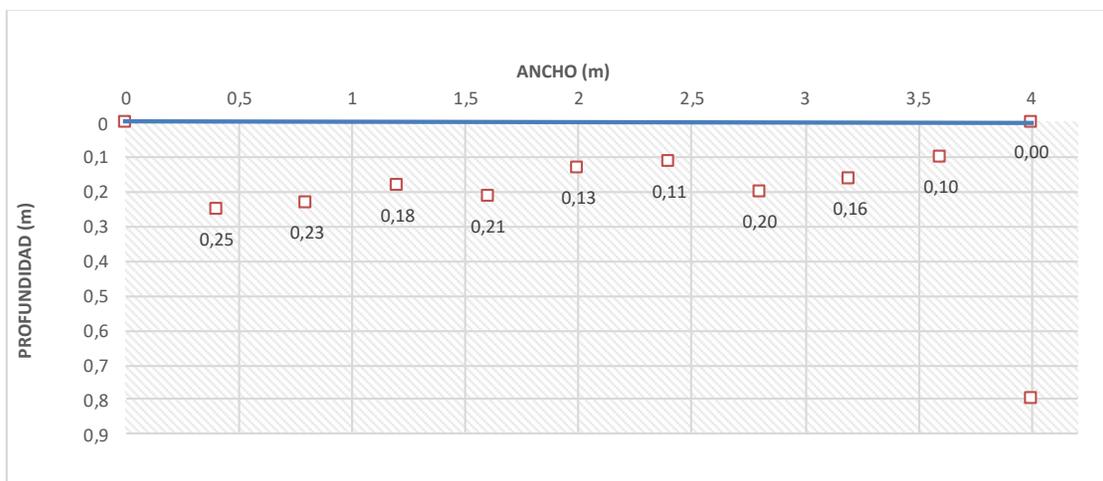


Figura 5.1-24 Perfil Quebrada Doima (E1).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada San Javier (E2)**

En la Tabla 5.1-18 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "**Quebrada San Javier (E2)**". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 4 m, velocidad media de 0,07 m/s y velocidad máxima de 0,1 m/s. La estación **Quebrada San Javier (E2)** reporta un caudal de 286,2 L/s o 0,286 m³/s.

Tabla 5.1-18 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada San Javier (E2)

DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
	P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
0,0	0,19	0,10	0,0	0,00	0,00
0,40	0,78	0,20	0,0	0,00	0,00
0,40	0,78	0,60	0,0	0,00	0,05
0,80	0,80	0,20	0,1	0,10	0,10
0,80	0,80	0,60	0,1	0,10	0,10
1,20	0,76	0,18	0,1	0,10	0,10
1,20	0,76	0,55	0,1	0,10	0,10
1,60	0,70	0,15	0,1	0,10	0,10
1,60	0,70	0,50	0,1	0,10	0,10
2,00	0,68	0,15	0,1	0,10	0,10
2,00	0,68	0,50	0,1	0,10	0,10
2,40	0,69	0,15	0,1	0,10	0,10
2,40	0,69	0,50	0,1	0,10	0,10
2,80	0,60	0,12	0,1	0,10	0,10
2,80	0,60	0,48	0,1	0,10	0,05
3,20	0,60	0,12	0,0	0,00	0,05
3,20	0,60	0,48	0,1	0,10	0,05
3,60	0,56	0,10	0,0	0,00	0,05
3,60	0,56	0,40	0,1	0,10	0,05
4,00	0,20	0,10	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

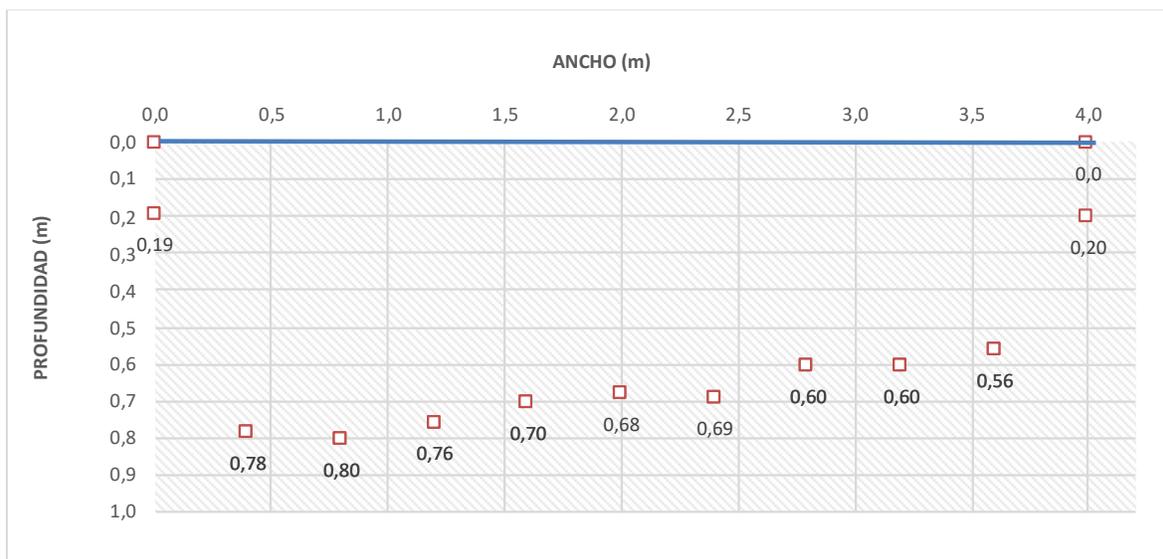


Figura 5.1-25 Perfil Quebrada San Javier (E2).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Opia (E3)**

En la Tabla 5.1-19 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Opia (E3)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 13 m, velocidad media de 0,79 m/s y velocidad máxima de 1,35 m/s. La estación Quebrada Opia (E3) reporta un caudal de 7338,825 L/s o 7,339 m³/s.

Tabla 5.1-19 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Opia (E3)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,00	0,50	0,00	0,0	0,00	0,30
2	1,30	0,44	0,22	0,6	0,60	0,50
3	2,60	0,55	0,15	0,4	0,40	0,40
4	2,60	0,55	0,35	0,4	0,40	0,85
5	3,90	0,50	0,15	1,3	1,30	1,15
6	3,90	0,50	0,35	1,0	1,00	1,05
7	5,20	0,39	0,20	1,1	1,10	1,15
8	6,50	0,48	0,24	1,2	1,20	1,35

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
9	7,80	0,42	0,22	1,5	1,50	1,25
10	9,10	0,42	0,22	1,0	1,00	0,80
11	10,40	0,28	0,14	0,6	0,60	0,85
12	11,70	0,34	0,17	1,1	1,10	0,60
13	13,00	0,23	0,17	0,1	0,10	0,05

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

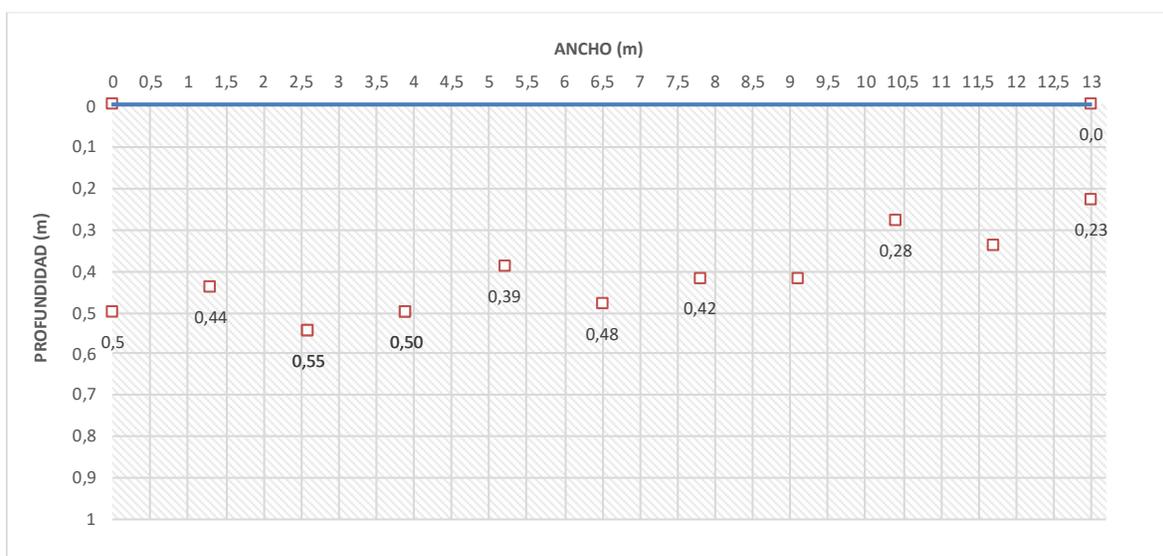


Figura 5.1-26 Perfil Quebrada Opia (E3).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Doima(E4)**

En la Tabla 5.1-20 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Doima(E4)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 6,50 m, velocidad media de 0,11 m/s y velocidad máxima de 0,35 m/s. La estación **Quebrada Doima(E4)** reporta un caudal de 320,28 L/s o 0,320 m³/s.

Tabla 5.1-20 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Doima(E4)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
0	0,00	0,15	0,10	0,0	0,00	0,10
1	0,65	0,14	0,10	0,2	0,20	0,15
2	1,30	0,24	0,12	0,1	0,10	0,05
3	1,95	0,35	0,17	0,0	0,00	0,00
4	2,60	0,35	0,17	0,0	0,00	0,10
5	3,25	0,29	0,15	0,2	0,20	0,10
6	3,90	0,11	0,10	0,0	0,00	0,00
7	4,55	0,70	0,0	0,0	0,00	0,20
8	5,20	0,24	0,12	0,4	0,40	0,35
9	5,85	0,22	0,12	0	0,30	0,15
10	6,50	0,10	0,10	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

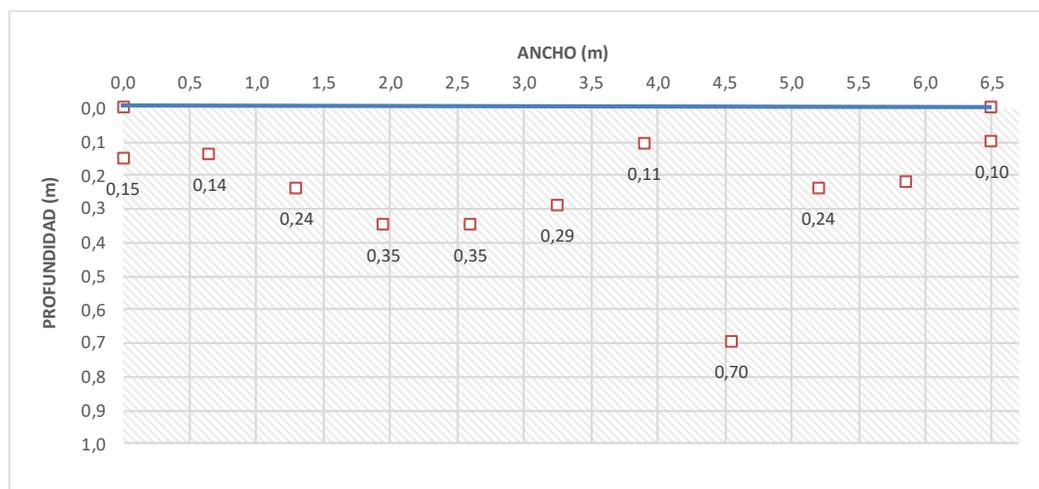


Figura 5.1-27 Perfil Quebrada Doima(E4).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada San Javier (5)**

En la Tabla 5.1-21 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada San Javier (5)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial

aproximado de 3,50 m, velocidad media de 0,02 m/s y velocidad máxima de 0,10 m/s. La estación **Quebrada San Javier (5)** reporta un caudal de 99,13 L/s o 0,099 m³/s.

Tabla 5.1-21 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada San Javier (5)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,18	0,10	0,0	0,00	0,00
2	0,35	0,23	0,12	0,0	0,00	0,00
3	0,70	0,35	0,17	0,0	0,00	0,00
4	1,05	0,36	0,18	0,0	0,00	0,00
5	1,40	0,39	0,20	0,0	0,00	0,05
6	1,75	0,37	0,18	0,1	0,10	0,10
7	2,10	0,36	0,18	0,1	0,10	0,05
8	2,45	0,36	0,15	0,0	0,00	0,00
9	2,80	0,23	0,12	0,0	0,00	0,00
10	3,15	0,10	0,10	0,0	0,00	0,00
11	3,50	0,50	0,0	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

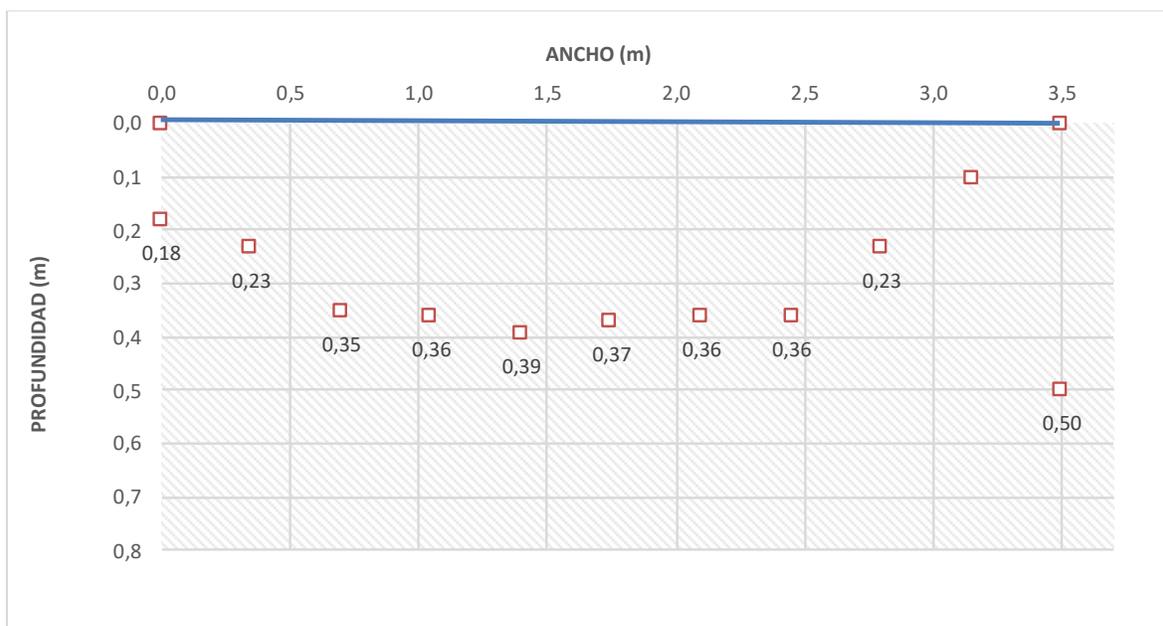


Figura 5.1-28 Perfil Quebrada San Javier (5).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Opia (E6)**

En la Tabla 5.1-22 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Opia (E6)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 5,50 m, velocidad media de 0,11 m/s y velocidad máxima de 0,30 m/s. La estación **Quebrada Opia (E6)** reporta un caudal de 333,905 L/s o 0,334 m³/s.

Tabla 5.1-22 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Opia (E6)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,19	0,10	0,0	0,00	0,00
2	0,55	0,20	0,10	0,0	0,00	0,00
3	1,10	0,29	0,15	0,0	0,00	0,00
4	1,65	0,32	0,16	0,0	0,00	0,05
5	2,20	0,35	0,17	0,1	0,10	0,20
6	2,75	0,50	0,15	0,3	0,30	0,20
7	2,75	0,50	0,35	0,1	0,10	0,25
8	3,30	0,50	0,15	0,4	0,40	0,30
9	3,30	0,50	0,35	0,2	0,20	0,20
10	3,85	0,40	0,20	0,2	0,20	0,20
11	4,40	0,48	0,24	0,2	0,20	0,01
12	4,95	0,41	0,20	0,10	0,10	0,00
13	5,50	0,15	0,10	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

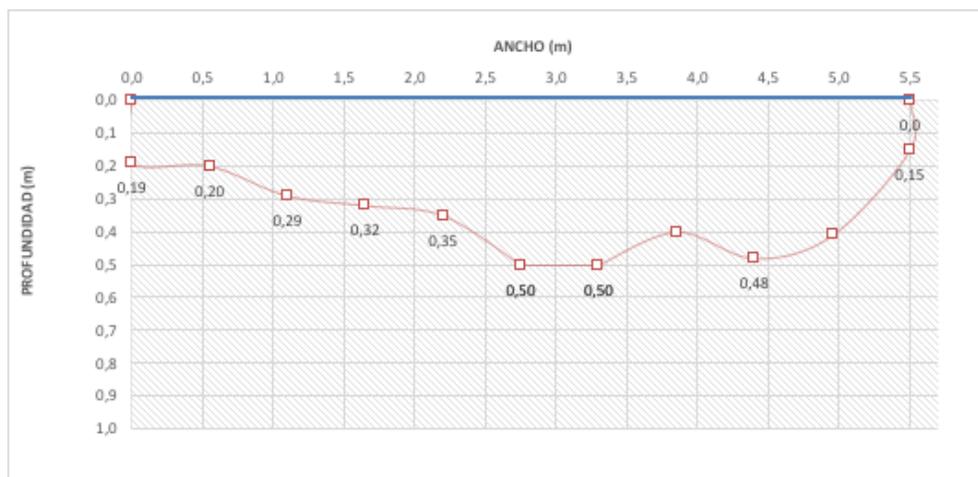


Figura 5.1-29 Perfil Quebrada Opia (E6).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Opia (E7)**

En la Tabla 5.1-23 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Opia (E7)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 10 m, velocidad media de 0,10 m/s y velocidad máxima de 0,25 m/s. La estación Quebrada Opia (E7) reporta un caudal de 1372,5 L/s o 1,372 m³/s.

Tabla 5.1-23 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Opia (E7)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,27	0,14	0,0	0,00	0,00
2	1,00	0,28	0,14	0,0	0,00	0,00
3	2,00	0,35	0,17	0,0	0,00	0,00
4	3,00	0,32	0,16	0,0	0,00	0,00
5	4,00	0,29	0,15	0,0	0,00	0,05
6	5,00	0,26	0,13	0,1	0,10	0,10
7	6,00	0,24	0,12	0,1	0,10	0,10
8	7,00	0,26	0,13	0,1	0,10	0,15
9	8,00	0,30	0,15	0,2	0,20	0,25

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
10	9,00	0,49	0,25	0,3	0,30	0,25
11	10,00	0,45	0,22	0,2	0,20	0,20

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

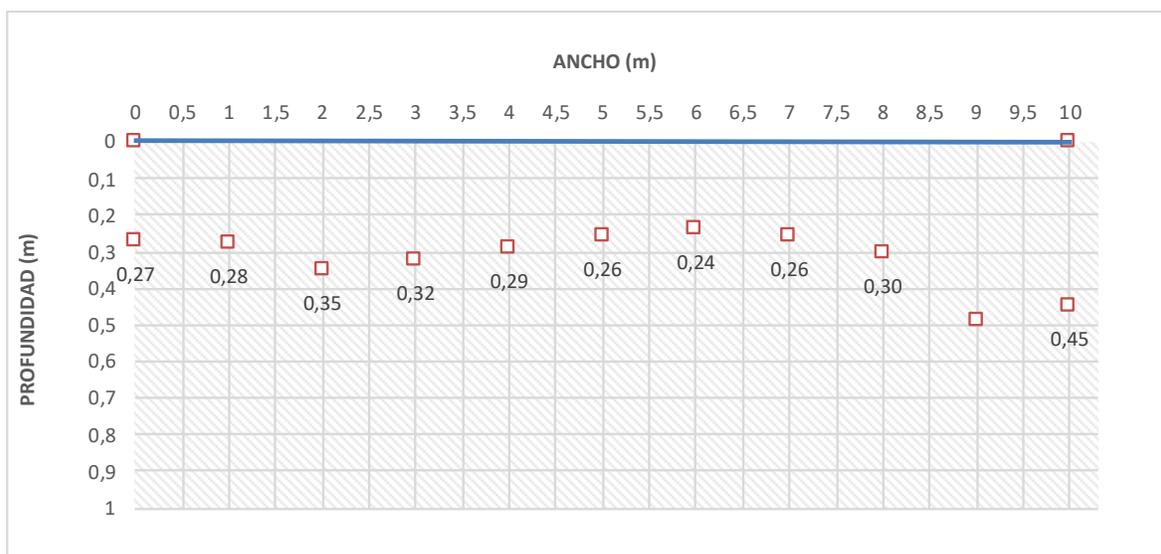


Figura 5.1-30 Perfil Quebrada Opia (E7).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada San Javier (E8)**

En la Tabla 5.1-24 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada San Javier (E8)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 3,0 m, velocidad media de 0,04 m/s y velocidad máxima de 0,1 m/s. La estación **Quebrada San Javier (E8)** reporta un caudal de 60,75 L/s o 0,061 m³/s.

Tabla 5.1-24 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada San Javier (E8)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,12	0,10	0,0	0,00	0,00
2	0,30	0,19	0,10	0,0	0,00	0,00
3	0,60	0,25	0,12	0,0	0,00	0,05
4	0,90	0,34	0,17	0,1	0,10	0,10
5	1,20	0,35	0,17	0,1	0,10	0,10
6	1,50	0,37	0,18	0,1	0,10	0,10
7	1,80	0,33	0,16	0,1	0,10	0,05
8	2,10	0,26	0,13	0,0	0,00	0,00
9	2,40	0,24	0,12	0,0	0,00	0,00
10	2,70	0,16	0,10	0,0	0,00	0,00
11	3,00	0,80	0,0	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

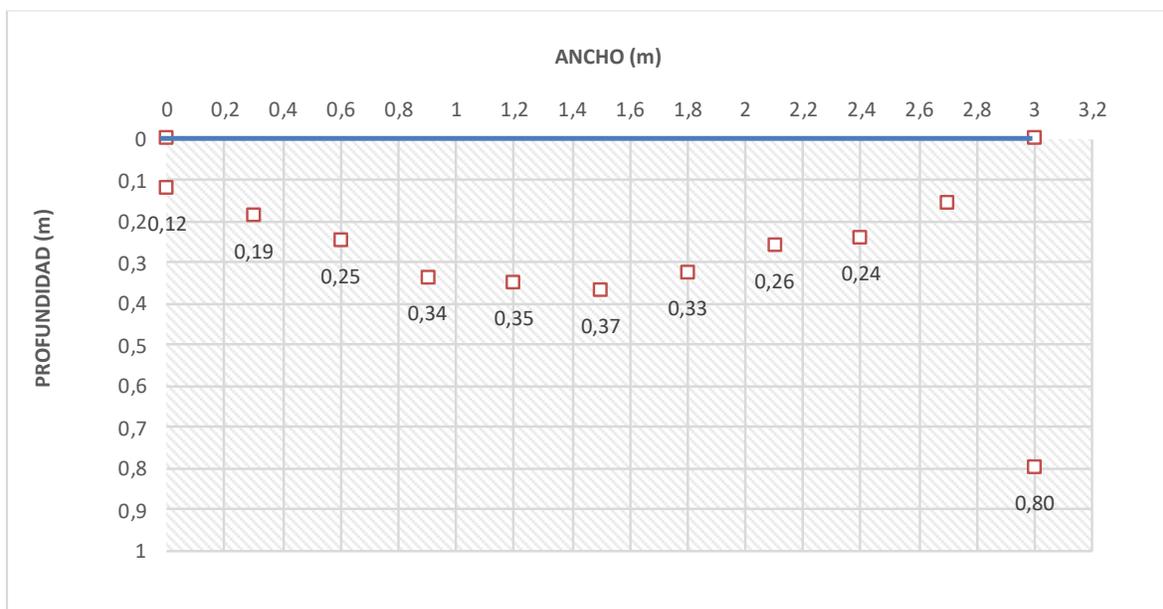


Figura 5.1-31 Perfil Quebrada San Javier (E8).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Armadillos (E9)**

La estación de monitoreo **Quebrada Armadillos (E9)** tiene un ancho superficial aproximado de 1,80 m, reportando un valor de velocidad inferior al límite de detección del micromolinetes (0,1 m/s), razón por la cual el caudal reportado se indica con el signo menor a <0,1 L/s o <0,1 m³/s, Figura 5.1-32 .

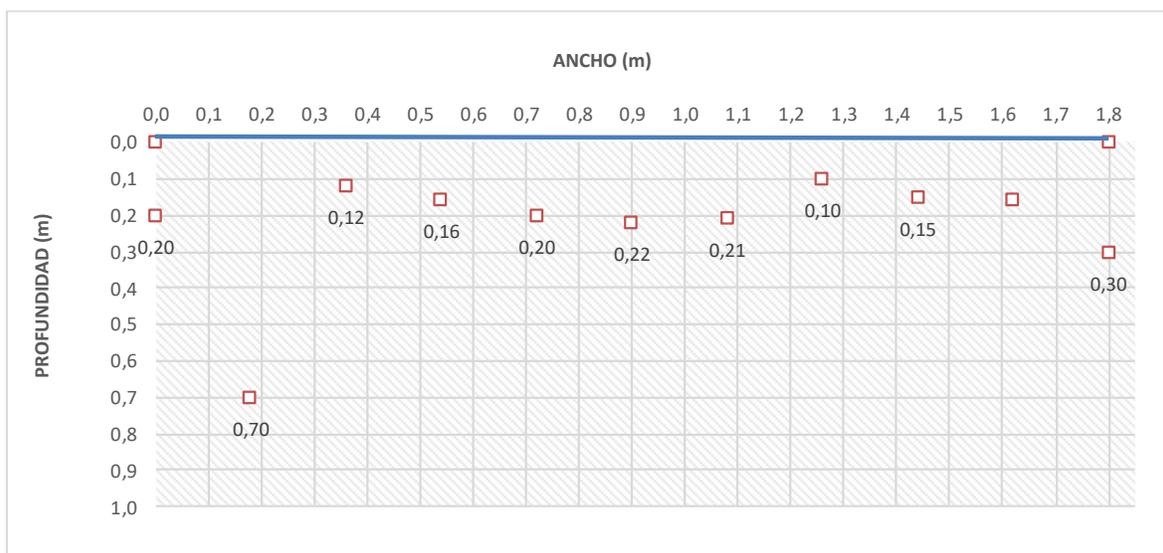


Figura 5.1-32 Perfil Quebrada Armadillos (E9).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Doima (E10)**

En la Tabla 5.1-25 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "**Quebrada Doima (E10)**". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 6,60 m, velocidad media de 0,15 m/s y velocidad máxima de 0,30 m/s. La estación **Quebrada Doima (E10)** reporta un caudal de 466,62 L/s o 0,467 m³/s.

Tabla 5.1-25 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Doima (E10)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,22	0,11	0,0	0,00	0,10
2	0,66	0,28	0,14	0,2	0,20	0,25
3	1,32	0,28	0,14	0,3	0,30	0,30
4	1,98	0,21	0,11	0,3	0,30	0,25
5	2,64	0,26	0,13	0,2	0,20	0,20
6	3,30	0,26	0,13	0,2	0,20	0,20
7	3,96	0,31	0,15	0,2	0,20	0,20
8	4,62	0,37	0,18	0,2	0,20	0,15
9	5,28	0,34	0,17	0,1	0,10	0,05
10	5,94	0,30	0,15	0,0	0,00	0,00
11	6,60	0,25	0,12	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

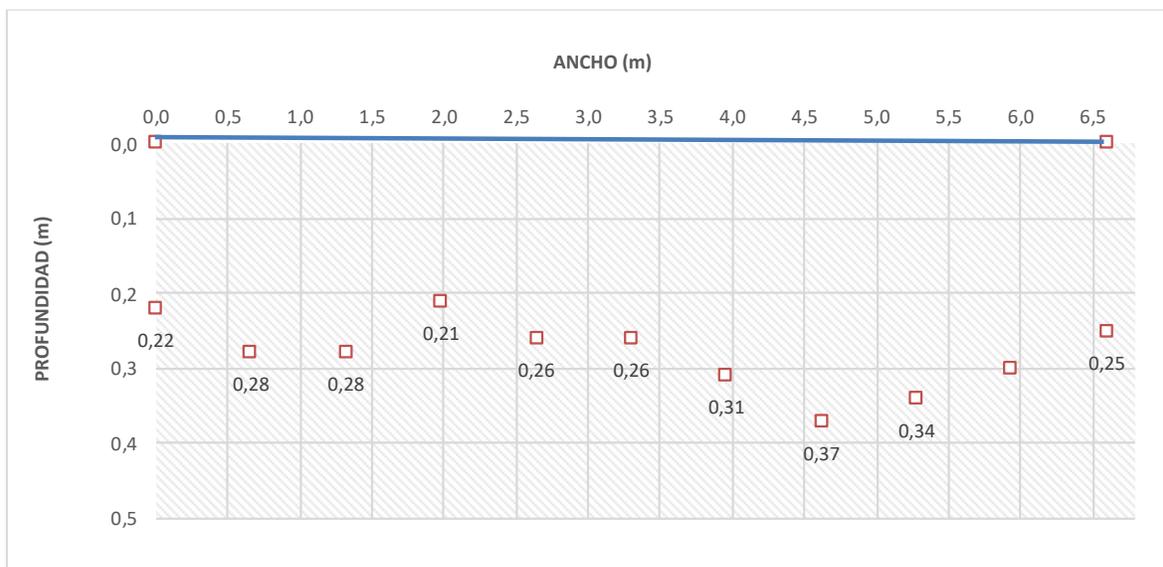


Figura 5.1-33 Perfil Quebrada Doima (E10).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Armadillos (E11)**

La estación de monitoreo **Quebrada Armadillos (E11)** tiene un ancho superficial aproximado de 2,80 m, reportando un valor de velocidad inferior al límite de detección del micromolineté (0,1 m/s), razón por la cual el caudal reportado se indica con el signo menor a <0,1 L/s o <0,1 m³/s, Tabla 5.1-26.

Tabla 5.1-26 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Armadillos (E11)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,10	0,10	0,0	0,00	0,00
2	0,28	0,17	0,10	0,0	0,00	0,00
3	0,56	0,26	0,13	0,0	0,00	0,00
4	0,84	0,26	0,13	0,0	0,00	0,00
5	1,12	0,29	0,15	0,0	0,00	0,00
6	1,40	0,34	0,17	0,0	0,00	0,00
7	1,68	0,36	0,18	0,0	0,00	0,00
8	1,96	0,36	0,18	0,0	0,00	0,00
9	2,24	0,35	0,18	0,0	0,00	0,00
10	2,52	0,35	0,18	0,0	0,00	0,00
11	2,80	0,14	0,10	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

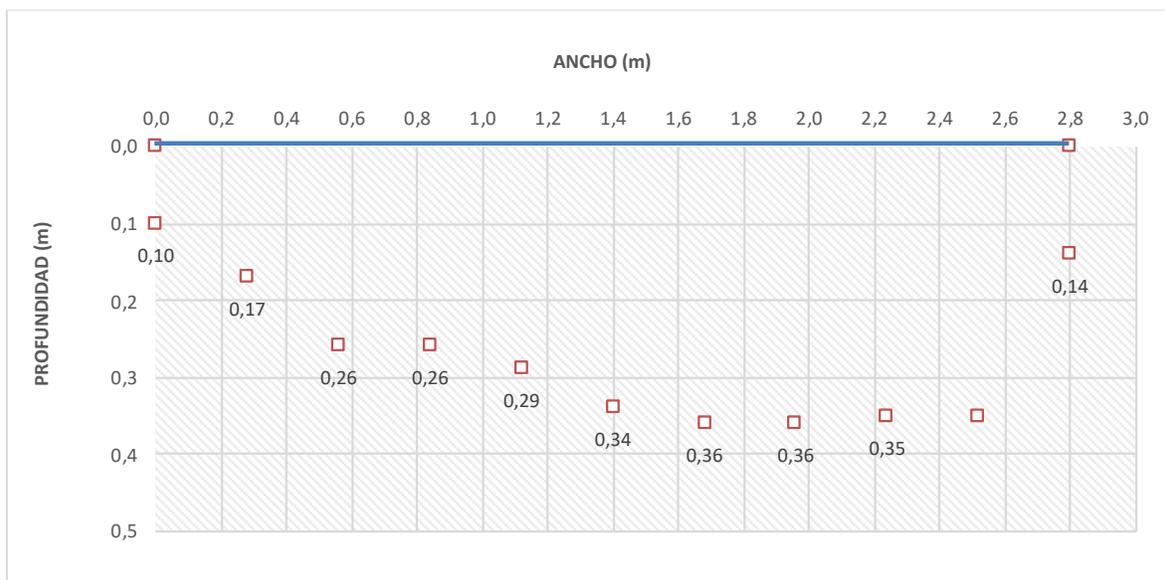


Figura 5.1-34 Perfil Quebrada Armadillos (E11).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada San Guaico (E12)**

La estación de monitoreo **Quebrada San Guaico (E12)**, Tabla 5.1-27, tiene un ancho superficial aproximado de 7 m, reportando un valor de velocidad inferior al límite de detección del micromolinetete (0,1 m/s), razón por la cual el caudal reportado se indica con el signo menor a <0,1 L/s o <0,1 m³/s.

Tabla 5.1-27 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada San Guaico (E12)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,45	0,22	0,0	0,00	0,00
2	0,70	0,54	0,10	0,0	0,00	0,00
3	0,70	0,54	0,40	0,0	0,00	0,00
4	1,40	0,54	0,10	0,0	0,00	0,00
5	1,40	0,54	0,40	0,0	0,00	0,00
6	2,10	0,58	0,15	0,0	0,00	0,00
7	2,10	0,58	0,45	0,0	0,00	0,00

Ibagué y Piedras (Tolima)

8	2,80	0,41	0,20	0,0	0,00	0,00
9	3,50	0,32	0,16	0,0	0,00	0,00
10	4,20	0,34	0,17	0,0	0,00	0,00
11	4,90	0,35	0,17	0,0	0,00	0,00
12	5,60	0,28	0,14	0,0	0,00	0,00
13	6,36	0,16	0,10	0,0	0,00	0,00
14	7,00	0,5	0,00	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

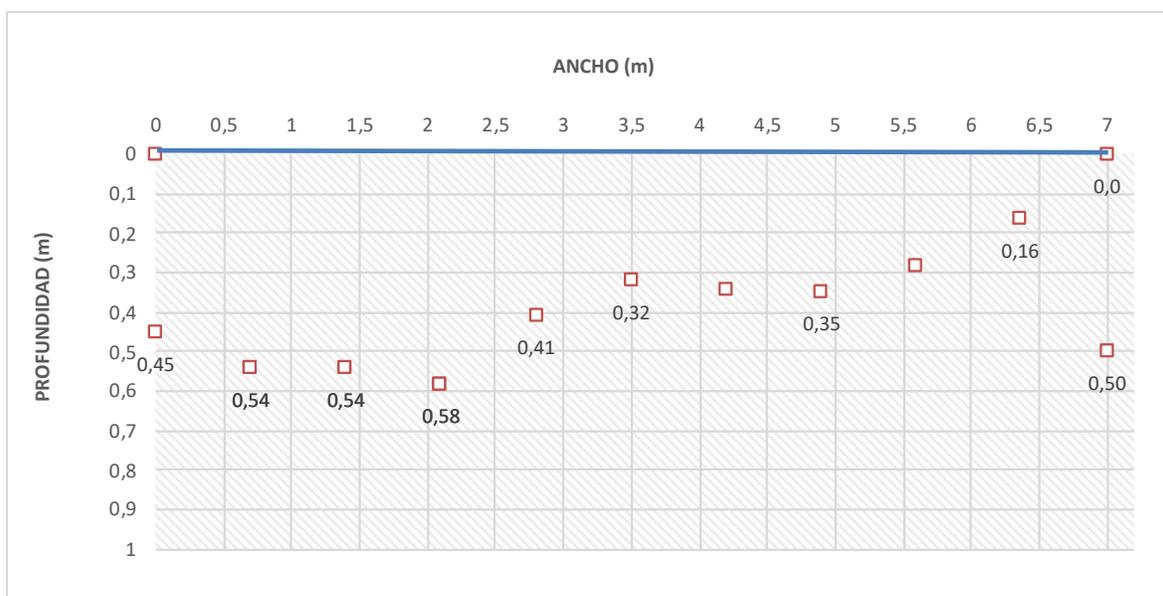


Figura 5.1-35 Perfil Quebrada San Guaico (E12).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada La Perica (E13)**

En la Tabla 5.1-28 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada La Perica (E13)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 8 m, velocidad media de 0,35 m/s y velocidad máxima de 0,65 m/s. La estación **Quebrada La Perica (E13)** reporta un caudal de 1537,6 L/s o 1,537 m³/s.

Tabla 5.1-28 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada La Perica (E13)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,14	0,10	0,1	0,10	0,10
2	0,80	0,15	0,10	0,1	0,10	0,15
3	1,60	0,26	0,13	0,2	0,20	0,25
4	2,40	0,29	0,15	0,3	0,30	0,35
5	3,20	0,27	0,14	0,4	0,40	0,50
6	4,00	0,28	0,14	0,6	0,60	0,45
7	4,80	0,28	0,14	0,3	0,30	0,35
8	5,60	0,35	0,17	0,4	0,40	0,50
9	6,40	0,40	0,20	0,6	0,60	0,65
10	7,20	0,37	0,18	0,7	0,70	0,40
11	8,00	0,21	0,11	0,1	0,10	0,10

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

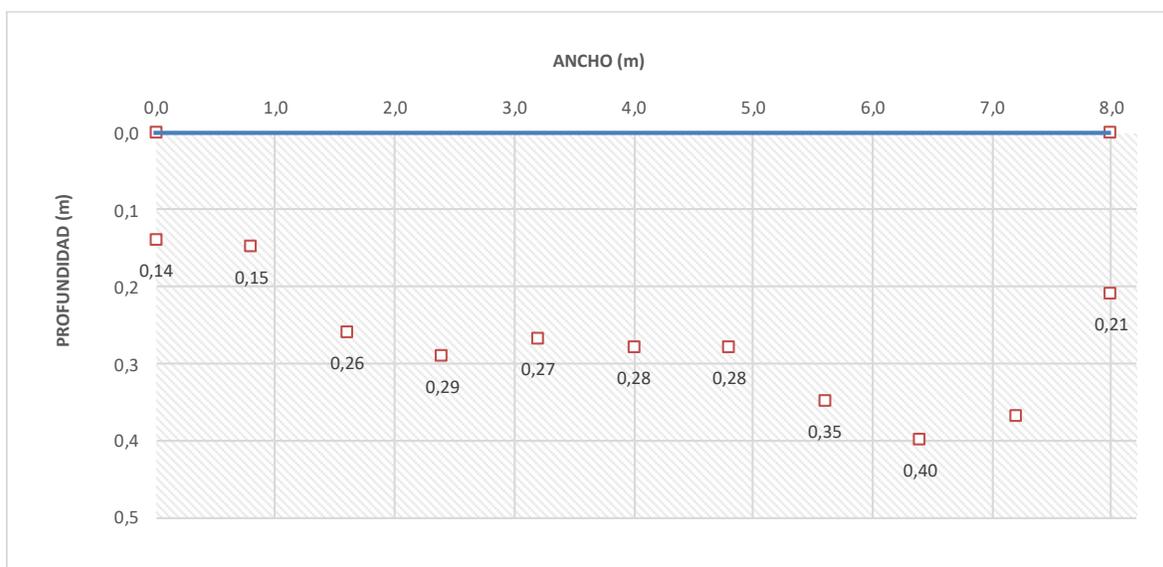


Figura 5.1-36 Quebrada La Perica (E13).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada La Barbona (E14)**

En la Tabla 5.1-29 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "**Quebrada La Barbona (E14)**". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 1,60 m, velocidad media de 0,02 m/s y velocidad máxima de 0,10 m/s. La estación **Quebrada La Barbona (E14)** reporta un caudal de 22,44 L/s o 0,022 m³/s.

Tabla 5.1-29 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada La Barbona (E14)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,31	0,15	0,0	0,00	0,00
2	0,16	0,32	0,16	0,0	0,00	0,00
3	0,32	0,39	0,20	0,0	0,00	0,05
4	0,48	0,45	0,22	0,1	0,10	0,10
5	0,64	0,52	0,12	0,1	0,10	0,05
6	0,64	0,52	0,45	0,0	0,00	0,05
7	0,80	0,50	0,10	0,1	0,10	0,05
8	0,80	0,50	0,40	0,0	0,00	0,00
9	0,96	0,48	0,24	0,0	0,00	0,00
10	1,12	0,42	0,21	0,0	0,00	0,00
11	1,28	0,36	0,18	0,0	0,00	0,00
12	1,44	0,32	0,16	0,0	0,00	0,00
13	1,60	0,30	0,10	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

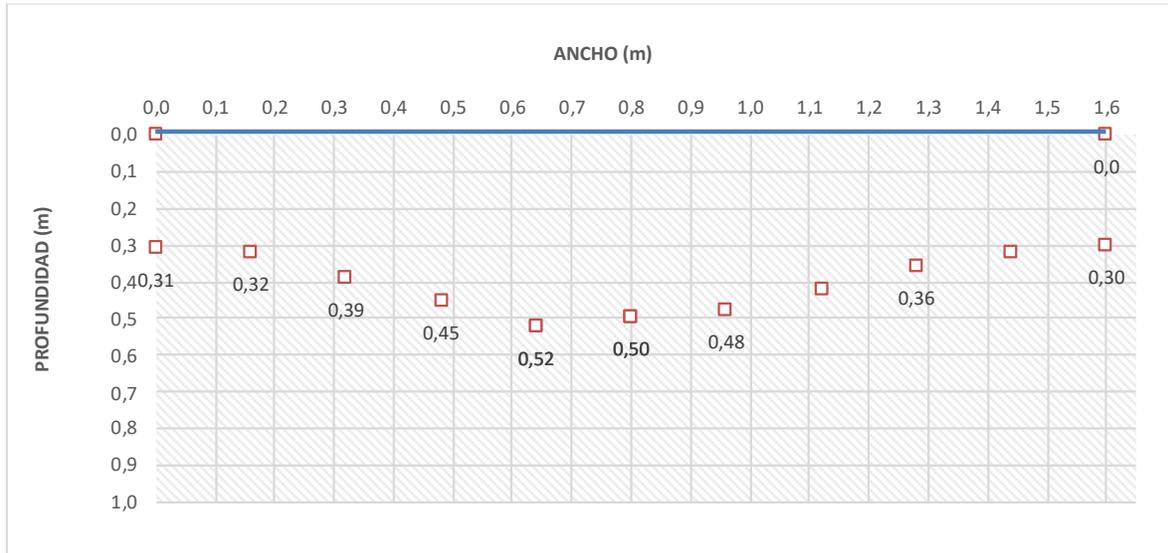


Figura 5.1-37 Quebrada La Barbona (E14).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.3 resultados temporada seca

El tipo de muestreo realizado a los cuerpos de agua superficial del área de influencia físico-biótica del proyecto Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Fotovoltaico Shangri-La para la época seca fue realizado de forma integral. Los resultados de las variables fisicoquímicas y microbiológicas se presentan de la Tabla 5.1-30 a la Tabla 5.1-32 . Por su lado, los resultados de las variables fisicoquímicas *in situ* para cada una de las submuestras de los cuerpos de agua lóticos y lénticos se presentan de la Tabla 5.1-33 a la Tabla 5.1-38 . Estos resultados se compararon con lo establecido en el decreto 1076 de 2015 artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10, teniendo en cuenta los usos potenciales de este cuerpo de agua.

Tabla 5.1-30 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua monitoreados Estación E1 – E7

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	DECRETO 1076 DE 2015				
		Doima (E1)	San Javier (E2)	Opia (E3)	Doima(E4)	San Javier (E5)	Opia (E6)	Opia (E7)	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA)
No. Muestra		MN228511	MN226980	MN226981	MN226867	MN226979	MN227213	MN228140					
FECHA	A-M-D	2021-08-04	2021-07-27	2021-07-27	2021-07-26	2027-06-21	2021-07-28	2021-08-02					
HORA	h: min	9:20	11:01	13:40	12:00	8:52	13:28	12:30					
Caudal	L/s	309,92	17,15	2211,6	160,06	201	952,12	698,75	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	14,6	23,6	19,7	22,6	32,1	13,4	13,1	250	250	N.E.	N.E.	N.E.
Coliformes fecales Termotolerantes (E. Coli)	NMP/100 mL	5820	7840	12030	4490	498	14170	3320	2000	N.E.	1000	N.E.	N.E.
Coliformes Totales	NMP/100 mL	104620	54750	86640	34480	2755	241960	28510	20000	1000	5000	N.	N.E.
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg O ₂ /L	<5,0	7,75	6,11	6,63	<5,0	<5,0	<5,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg O ₂ /L	12,9	15,0	<5,00	21,9	<5,00	19,5	11,6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles	mg Fenol/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo Total	mg P/L	0,897	0,643	0,488	0,501	0,716	0,437	0,406	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y aceites	mg/L	0,516	<0,200	0,336	0,459	0,353	<0,200	<0,200	S.P.V.	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	0.01
Hidrocarburos	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

Ibagué y Piedras (Tolima)

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	DECRETO 1076 DE 2015				
		Doima (E1)	San Javier (E2)	Opia (E3)	Doima(E4)	San Javier (E5)	Opia (E6)	Opia (E7)	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA)
No. Muestra		MN228511	MN226980	MN226981	MN226867	MN226979	MN227213	MN228140					
FECHA	A-M-D	2021-08-04	2021-07-27	2021-07-27	2021-07-26	2027-06-21	2021-07-28	2021-08-02					
HORA	h: min	9:20	11:01	13:40	12:00	8:52	13:28	12:30					
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	4,91	4,37	<3,00	3,28	<3,00	<3,00	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Potasio Total	mg K/L	4,14	6,34	4,10	9,80	12,8	3,74	7,28	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos disueltos totales	mg/L	196	202	164	222	250	174	212	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos sedimentales	mL/L	1,000	0,600	1,000	0,300	0,300	0,300	0,300	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	141	48,0	296	45,0	26,5	150	43,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ / L	30,5	43,5	29,7	38,1	54,6	29,0	26,5	400	400	N.E.	N.E.	N.E.
Surfactantes: Anionicos como SAAM	mg SAAM/L calculado como LAS (PM=288, 38)	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	0,5	0,5	N.E.	N.E.	0,143
Turbidez	NTU	107	44	145	44	36	159	49	N.E.	10	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-31 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua monitoreados Estación E8 – E14

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	DECRETO 1076 DE 2015				
		San Javier (E8)	Doima (E10)	Armadillos (E11)	San Guaico (E12)	La Perica (E13)	La Barbona (E14)	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA CÁLIDA)
No. Muestra		MN227860	MN228355	MN227861	MN228356	MN228358	MN228512					
FECHA	A-M-D	2021-07-29	2021-08-03	2021-07-29	2021-08-03	2021-08-03	2021-08-04					
HORA	h: min	9:16	8:30	13:18	11:15	14:01	11:40					
Caudal	L/s	92,4	284,1	***	13	1196	8,255	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	28,5	15,1	13,1	32,1	11,7	54	250	250	N.E.	N.E.	N.E.
Coliformes fecales Termotolerantes (E. Coli)	NMP/100 mL	2490	1580	2160	1730	1890	714	2000	N.E.	1000	N.E.	N.E.
Coliformes Totales	NMP/100 mL	9590	22470	18500	11620	50120	1782	20000	1000	5000	N.	N.E.
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg O ₂ /L	<5,0	5,29	<5,0	5,78	<5,0	6,37	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg O ₂ /L	<5,0	17,8	15,7	25,4	<5,00	16,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles	mg Fenol/L	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo Total	mg P/L	0,260	0,425	0,269	0,374	0,440	0,218	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y aceites	mg/L	0,741	0,804	0,812	0,314	0,914	0,614	S.P.V.	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	0.01
Hidrocarburos	mg/L	0,253	<0,2	0,324	<0,2	0,205	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

Ibagué y Piedras (Tolima)

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada	DECRETO 1076 DE 2015				
		San Javier (E8)	Doima (E10)	Armadillos (E11)	San Guaioco (E12)	La Perica (E13)	La Barbona (E14)	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA CÁLIDA)
No. Muestra		MN227860	MN228355	MN227861	MN228356	MN228358	MN228512					
FECHA	A-M-D	2021-07-29	2021-08-03	2021-07-29	2021-08-03	2021-08-03	2021-08-04					
HORA	h: min	9:16	8:30	13:18	11:15	14:01	11:40					
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	3,28	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Potasio Total	mg K/L	15,9	8,18	5,82	31,0	5,52	6,65	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos disueltos totales	mg/L	236	192	162	322	194	294	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos sedimentales	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,200	0,200	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<10,0	10,5	19,0	12,0	24,0	26,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ / L	30,7	22,3	24,6	26,9	24,0	26,6	400	400	N.E.	N.E.	N.E.
Surfactantes: Anionicos como SAAM	mg SAAM/L calculado como LAS (PM=288, 38)	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	0,5	0,5	N.E.	N.E.	0,143
Turbidez	NTU	20	9,00	11	12	26	13	N.E.	10	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-32 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua lénticos monitoreados

PARÁMETRO	UNIDADES	Léntico 2 (L2)	Léntico 3 (L3)	Léntico 4 (L4)	DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN227210	MN228139	MN226866	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA CÁLIDA DULCE)
FECHA	A-M-D	2021-07-28	2021-08-02	2021-07-26					
HORA	h: min	8:00	9:08	8:44					
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	<9,9	14,1	12,4	250	250	N.E.	N.E.	N.E.
Coliformes fecales Termotolerantes (E. Coli)	NMP/100 mL	2750	3160	1029	2000	N.E.	1000	N.E.	N.E.
Coliformes Totales	NMP/100 mL	54750	82970	19863	20000	1000	5000	N.	N.E.
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg O ₂ /L	<5,0	5,49	5,19	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg O ₂ /L	10,9	36,5	21,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles	mg Fenol/L	<0,100	<0,100	<0,100	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo Total	mg P/L	0,203	0,158	0,196	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y aceites	mg/L	<0,200	0,411	<0,200	S.P.V.	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	0.01
Hidrocarburos	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg N/L	<3,00	<3,00	<3,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Potasio Total	mg K/L	5,01	12,9	7,63	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos disueltos totales	mg/L	152	226	118	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos sedimentales	mL/L	0,100	0,100	0,900	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	31,0	12,0	45,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ / L	22,6	27,5	19,5	400	400	N.E.	N.E.	N.E.

Ibagué y Piedras (Tolima)

PARÁMETRO	UNIDADES	Léntico 2 (L2)	Léntico 3 (L3)	Léntico 4 (L4)	DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN227210	MN228139	MN226866	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10. (AGUA CÁLIDA DULCE)
FECHA	A-M-D	2021-07-28	2021-08-02	2021-07-26					
HORA	h: min	8:00	9:08	8:44					
Surfactantes: Anionicos como SAAM	mg SAAM/L calculado como LAS (PM=288, 38)	<0,500	<0,500	<0,500	0,5	0,5	N.E.	N.E.	0,143
Turbidez	NTU	36	18	36	N.E.	10	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-33 Resultados fisicoquímicos in situ de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua monitoreados Estación E1 – E3

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Doima (E1)			Quebrada San Javier (E2)						Quebrada Opia (E3)					
No. Muestra		MN220085			MN220295						MN220296					
FECHA	A-M-D	2021-06-08			2021-06-10						2021-06-10					
HORA	h: min	9:30	9:33	9:37	11:09	11:13	11:19	11:25	11:28	11:33	13:58	14:02	14:09	14:13	14:16	14:20
Submuestra		Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6	Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6
Temperatura del agua	°C	19,4	19,2	19,3	21,8	21,9	22,0	22,1	22,1	22,2	22,5	22,8	22,7	22,9	23,0	23,0
pH	Unidades	7,57	7,91	7,93	7,67	7,91	7,98	7,99	7,89	7,89	7,56	7,91	8,19	8,07	8,06	8,04
Conductividad eléctrica	µS/cm	283	266	267	313	293	293	293	293	293	236	223	224	222	221	221
Oxígeno disuelto	mg/L	5,90	5,35	5,30	7,37	7,45	7,41	7,47	7,40	7,43	7,43	7,49	7,56	7,53	7,46	7,44

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-34 Resultados fisicoquímicos in situ de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua monitoreados Estación E4 – E6

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Doima(E4)						Quebrada San Javier (E5)			Quebrada Opia (E6)					
No. Muestra		MN220293						MN220652			MN220653					
FECHA	A-M-D	2021-06-09						2020-06-15			2021-06-15					
HORA	h: min	12:24	12:30	12:35	12:40	12:46	12:51	9:03	9:07	9:12	13:55	13:58	14:05	14:10	14:13	14:16
Submuestra		Sub 1	Sub2	Sub3	Sub4	Sub5	Sub6	Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6
Temperatura del agua	°C	23,4	23,5	23,6	23,7	23,7	23,7	21,8	21,9	21,8	23,5	23,4	23,7	23,8	24,0	24,0
pH	Unidades	7,69	7,69	7,79	8,19	8,33	7,63	7,67	7,93	7,95	8,67	8,63	8,57	8,53	8,65	8,57
Conductividad eléctrica	µS/cm	335	320	333	324	322	322	375	352	349	256	247	249	246	251	248
Oxígeno disuelto	mg/L	7,20	7,38	7,41	7,46	7,47	7,5	7,49	7,55	7,57	7,64	7,58	7,53	7,58	7,66	7,69

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-35 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua monitoreados Estación E7 – E10

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Opia (E7)										Quebrada San Javier (E8)			Quebrada Doima (E10)					
No. Muestra		MN221169										MN220901			MN221666					
FECHA	A-M-D	2021-06-17										2021-06-16			2021-06-21					
HORA	h: min	12:58	12:59	13:02	13:04	13:08	13:11	13:14	13:16	13:18	13:20	9:16	9:19	9:26	8:47	8:50	8:54	9:01	9:05	9:07
Submuestra		Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9	Sub 10	Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6
Temperatura del agua	°C	23,6	24,0	24,0	24,4	24,4	24,1	24,2	24,0	24,0	24,0	23,0	23,2	23,4	22,1	21,8	21,9	21,7	22,1	22,1
pH	Unidades	7,84	8,33	8,37	8,39	8,38	8,39	8,42	8,40	8,38	8,38	7,56	7,91	7,95	7,19	8,12	8,28	7,32	8,35	8,36
Conductividad eléctrica	µS/cm	336	288	290	290	288	288	288	289	288	286	344	321	310	354	294	293	291	294	295
Oxígeno disuelto	mg/L	7,49	7,59	7,51	7,61	7,56	7,59	7,55	7,52	7,50	7,51	7,07	7,13	7,18	6,66	6,50	5,50	5,56	5,25	6,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-36 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua monitoreados Estación E11 – E14

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Armadillos (E11)			Quebrada San Guaico (E12)						Quebrada La Perica (E13)						Quebrada La Barbona (E14)		
No. Muestra		MN221170			MN221667						MN221738						MN221739		
FECHA	A-M-D	2021-06-17			2021-06-21						2021-06-22						2021-06-22		
HORA	h: min	13:37	13:41	13:13	11:35	11:40	11:43	11:48	11:51	11:54	14:26	14:30	14:34	14:37	14:41	14:45	11:48	11:50	11:53
Submuestra		Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6	Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6	Sub 1	Sub2	Sub 3

Ibagué y Piedras (Tolima)

PARÁMETRO	UNIDADES	Quebrada Armadillos (E11)			Quebrada San Guaico (E12)						Quebrada La Perica (E13)					Quebrada La Barbona (E14)			
No. Muestra		MN221170			MN221667						MN221738					MN221739			
FECHA	A-M-D	2021-06-17			2021-06-21						2021-06-22					2021-06-22			
HORA	h: min	13:37	13:41	13:13	11:35	11:40	11:43	11:48	11:51	11:54	14:26	14:30	14:34	14:37	14:41	14:45	11:48	11:50	11:53
Temperatura del agua	°C	25,7	25,4	25,3	25,2	25,3	25,4	25,5	25,1	25,1	23,8	23,3	23,5	23,3	23,3	23,3	23,0	23,1	23,4
pH	Unidades	7,60	6,60	7,59	7,68	7,79	7,80	7,80	7,73	7,72	7,58	7,84	7,94	7,96	7,85	7,94	7,70	7,80	7,82
Conductividad eléctrica	µS/cm	223	209,8	208,7	536	515	516	515	517	515	324	311	310	312	312	313	395	380	380
Oxígeno disuelto	mg/L	6,46	6,73	6,51	3,08	4,65	4,50	4,57	4,45	4,8	4,70	5,50	4,80	4,90	4,80	5,10	4,50	4,75	4,55

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-37 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua lénticos monitoreados Léntico 2 y Léntico 3

PARÁMETRO	UNIDADES	Léntico 2 (L2)									Léntico 3 (L3)								
No. Muestra		MN221668									MN221168								
FECHA	A-M-D	2021-06-21									2021-06-17								
HORA	h: min	8:52	9:58	9:03	9:06	9:10	9:15	9:25	9:30	9:34	9:26	9:29	9:33	9:37	9:40	9:42	9:45	9:47	9:50
Submuestra		Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9	Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Temperatura del agua	°C	25,2	25,5	25,2	25,9	25,5	25,5	25,5	25,4	25,5	25,7	26,2	26,3	25,3	25,9	26,2	26,6	25,7	25,5
pH	Unidades	8,75	9,00	9,10	9,13	9,13	9,16	9,17	9,18	9,17	8,38	8,63	8,68	8,76	8,83	8,81	8,76	8,82	8,83
Conductividad eléctrica	µS/cm	256	214,2	212,6	212,6	212,8	212,8	212,5	212,7	212,5	373	310	309	307	308	310	308	308	307

Ibagué y Piedras (Tolima)

Oxígeno disuelto	mg/L	5,98	5,74	5,92	5,01	6,02	5,80	5,89	5,86	5,36	7,05	7,73	7,50	7,49	7,43	7,35	7,35	7,25	7,21
------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-38 Resultados fisicoquímicos *in situ* de cada una de las submuestras de los cuerpos de agua lénticos monitoreados Léntico 4

PARÁMETRO	UNIDADES	Léntico 4 (L4)									DECRETO 1076 DE 2015				
No. Muestra		MN220294									ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.6.	ARTÍCULO 2.2.3.3.9.10.
FECHA	A-M-D	2021-06-09													
HORA	h: min	8:52	8:58	9:03	9:06	9:10	9:15	9:25	9:30	9:34					
Submuestra		Sub 1	Sub2	Sub 3	Sub 4	Sub 5	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9					
Temperatura del agua	°C	27,4	27,6	27,4	27,4	27,6	27,8	27,8	27,9	27,9	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unidades	7,96	6,29	8,42	8,76	8,79	8,85	8,86	8,82	8,88	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9	N.E.	4,5-9,0
Conductividad eléctrica	µS/cm	214	156	168,2	167,3	166,8	168,6	168,3	168,7	168,3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	mg/L	7,27	7,31	7,12	6,94	7,01	7,04	7,08	6,97	7,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

A continuación, se presenta el análisis de los resultados, de acuerdo con los parámetros que se relacionan entre así:

- pH
- Sólidos suspendidos, sólidos disueltos totales, sólidos sedimentables, turbiedad, conductividad y temperatura
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), y Oxígeno Disuelto (OD).
- Compuestos nitrogenados y Fósforo
- Hidrocarburos totales, aceites y grasas
- Coliformes fecales y coliformes totales

5.1.7.1.3.1 pH

Como se aprecia en la Figura 5.1-38 a la Figura 5.1-40 , se reportaron valores de **pH** que fluctuaron entre 6,6 unidades y 8,67 unidades; para los cuerpos de agua lóticos mostrando que los puntos evaluados presentan características tanto ácidas como alcalinas, con una preponderancia alcalina, comportamiento que se encuentra relacionado principalmente con la composición del lecho de los cuerpos de agua, la actividad biológica y la naturaleza fisicoquímica y mineral de los suelos por donde discurren dichas aguas (Sierra, 2011). Es de aclarar que en general los pH registrados en las diferentes submuestras se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015, sin embargo, para las seis submuestras de la estación **Quebrada Opia (E6)** el pH se encuentra por fuera del rango máximo permisible estipulado en el artículo 2.2.3.3.9.4, requiriendo un tratamiento convencional para la potabilización del recurso proveniente de dichos cuerpos de agua.

Respecto a los cuerpos de agua léticos en la Figura 5.1-40 se evidencia que el pH obtenido en el **Léntico 2 (L2)**, se encuentra por fuera de los rangos máximos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.10. Mientras que la estación

Léntico 3 (L3) reporta valores de pH por encima del valor máximo permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4, al igual que los valores registrados en la estación **Léntico 4 (L4)**

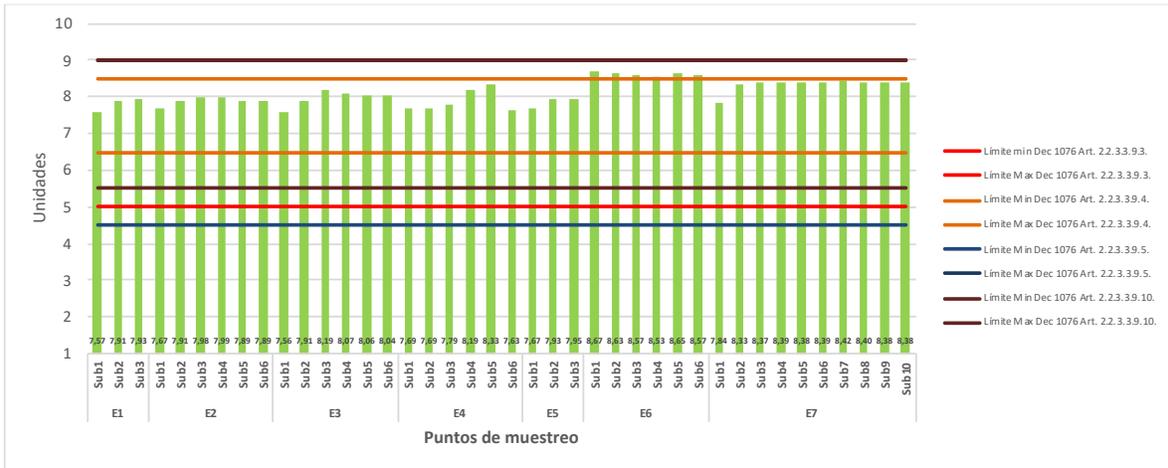


Figura 5.1-38 Valores de pH de las estaciones de monitoreo E1 a la E7.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-39 Valores de pH de las estaciones de monitoreo E8 a la E14.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

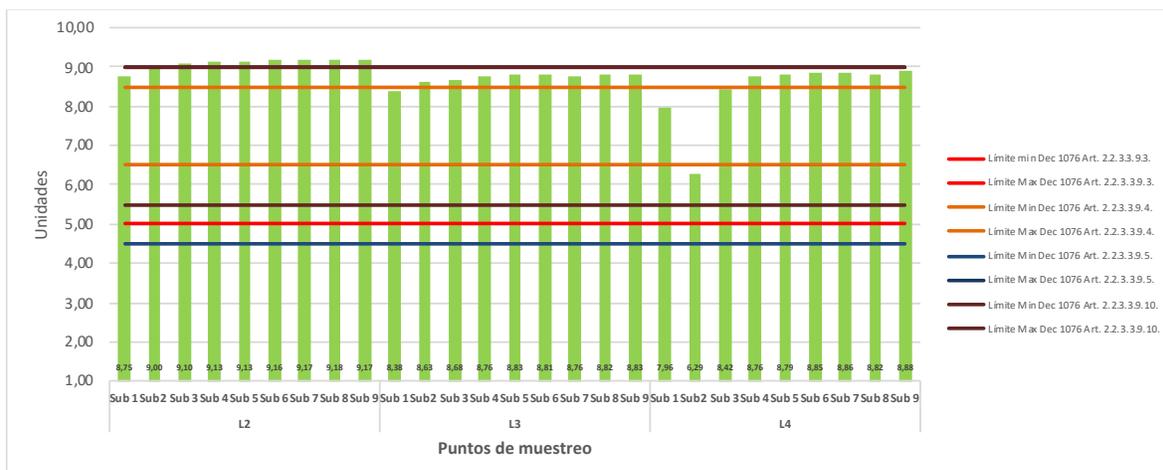


Figura 5.1-40 Valores de pH de los cuerpos de agua lénticos monitoreados.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.3.2 Sólidos suspendidos (SST), sólidos disueltos totales, sólidos sedimentables, turbiedad, conductividad y temperatura

Con respecto a los **Sólidos Suspendidos Totales**, en los puntos monitoreados se reportaron valores comprendidos entre inferiores al límite de cuantificación <10 mg/L (**Quebrada San Javier (8)**) y 296 mg/L (**Quebrada Opia (E3)**) (Figura 5.1-41). Los resultados evidencian influencia de materia orgánica e inorgánica particulada en las muestras de agua analizadas, lo cual, también se refleja en la turbiedad (IDEAM, 2007). Además, los resultados obtenidos, permiten inferir la presencia de arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, sedimentos procedentes de la erosión, organismos planctónicos y microorganismos que constituyen los lechos de cada sistema hídrico monitoreado, favorecidos por el flujo del agua en cada sitio, así como el tipo de suelo por el cual discurren las aguas (Romero, 2009). Es importante tener en cuenta que para este parámetro no se definen límites permisibles en la normativa ambiental aplicable (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10).

Ramírez y Viña (1998) establecen un valor límite de 150 mg/L de SST que al ser sobrepasado se consideraría un cuerpo de agua contaminado, tal es el caso de la estación de monitoreo **Quebrada Opia (E3)** (Figura 5.1-41), sin embargo, hay que tener

en cuenta que la presencia de Sólidos Suspendidos Totales obedece también a la dinámica del cuerpo de agua, al tipo de material del lecho y el clima de la región, en particular la precipitación, situación que se presentó durante todo el monitoreo.

Los **Sólidos Disueltos Totales** influyen en la conductividad del agua, puesto que se asocian a sales inorgánicas (principalmente compuestos de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos). Los sólidos disueltos determinados en las muestras de agua objeto de estudio (Figura 5.1-41), presentaron valores que fluctuaron entre 118 mg/L (**Léntico 4**) y 322 mg/L (**Quebrada San Guaico (E12)**); confirmando el comportamiento de la conductividad, lo anterior también permite corroborar presencia de sales y sólidos disueltos en bajas, moderadas y altas proporciones, condiciones dadas principalmente por la disolución del sustrato rocoso y el suelo por donde discurren dichas aguas, además de los aportes que se dan por efectos de la erosión del cauce, al arrastre de sedimentos y la escorrentía provocada por lluvias. En cuanto a los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015, en ellos no se definen límites permisibles para este parámetro.

Por su parte, los **Sólidos Sedimentables**, según Romero (2008); son aquellos que se sedimentan, en condiciones tranquilas, por acción de gravedad después de un tiempo de reposo y cuya cantidad se determina precipitándolos en un cono Imhoff. Este tipo de sólidos registraron concentraciones inferiores al límite mínimo de cuantificación (<0,1 mL/L-h) para las estaciones **Quebrada San Javier (8)**, **Quebrada Doima (E10)**, **Quebrada Armadillos (E11)** y **Quebrada San Guaico (E12)**, mientras que para los demás puntos de monitoreo se registró una concentración máxima de 1,0 mL/L-h (**Quebrada Doima (E1)**), lo que permite evidenciar una baja influencia de este tipo de material en las muestras de agua superficial objeto de estudio, favorecida por las características y el tipo de sistema hídrico (léntico y lótico). Es de resaltar, que, para dicha variable, la normativa ambiental aplicable (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10) no dispone límites permisibles.

Ibagué y Piedras (Tolima)

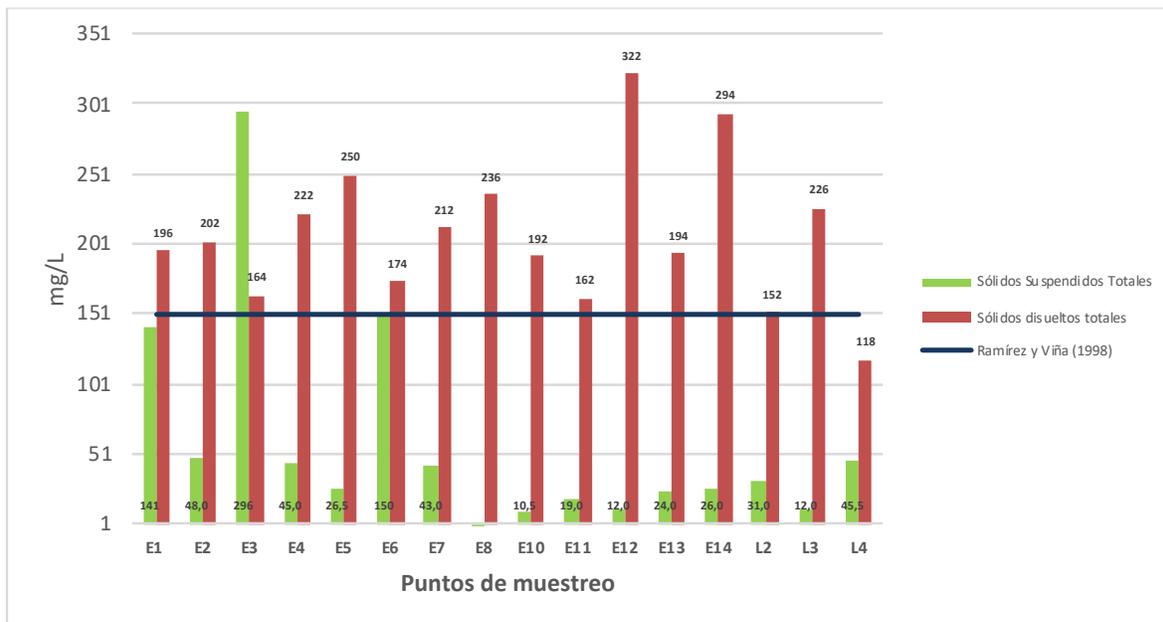


Figura 5.1-41 Valores de los Sólidos suspendidos Totales (SST) y Sólidos disueltos Totales (SDT) de las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En relación a la **Conductividad Eléctrica**, como se aprecia en la Figura 5.1-42 y Figura 5.1-43, se registraron concentraciones comprendidas entre 209,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Quebrada Armadillos (E11) Sub2**) y 536 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Quebrada San Guaico (E12)**); indicando variaciones entre puntos, así mismo, son conductividades bajas y moderadas, que permiten inferir que en las muestras de agua analizadas hay cierto contenido de iones en solución, además estos resultados denotan un grado de mineralización que va de "Media acentuada" a "Media" (<200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a > 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Rodier, 2009). Cabe resaltar que el Decreto 1076 de 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro (artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10).

Respecto a los cuerpos de agua lénticos se registraron valores entre 156 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 373 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 5.1-44), donde los cuerpos de agua presentan un grado de mineralización "Débil" y "Media".

Ibagué y Piedras (Tolima)

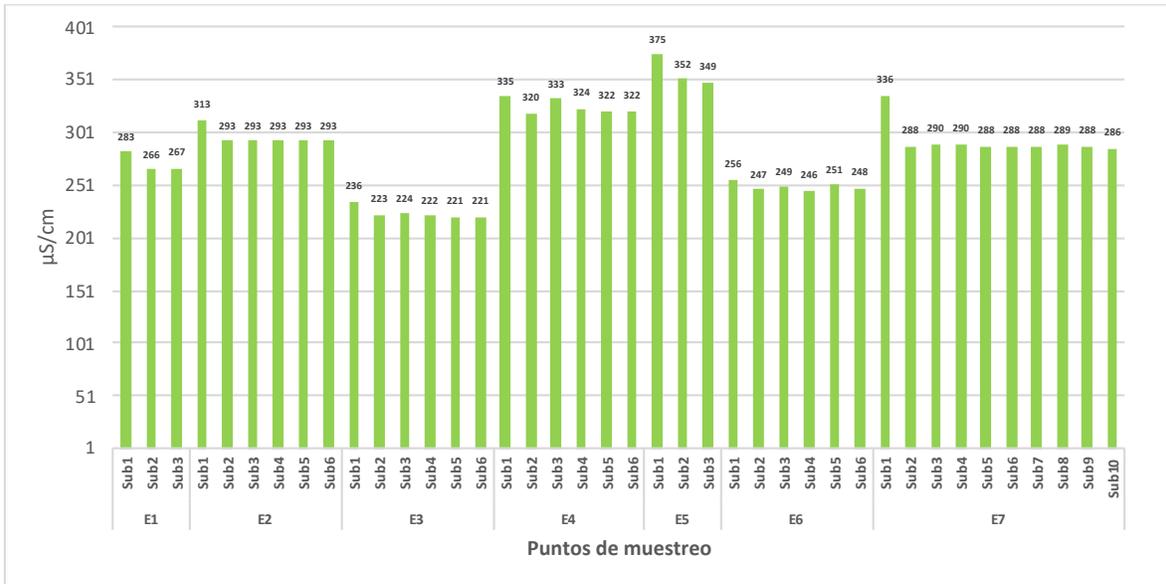


Figura 5.1-42 Valores de conductividad eléctrica (CE) de las estaciones de monitoreo E1 a la E7.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

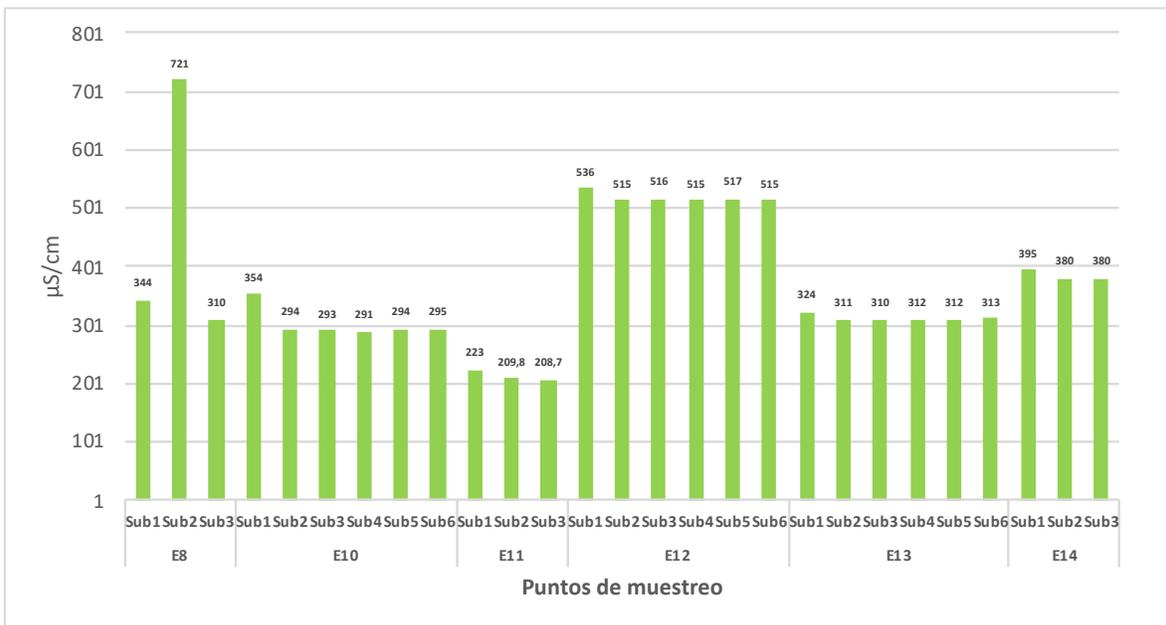


Figura 5.1-43 Valores de conductividad eléctrica (CE) de las estaciones de monitoreo E8 a la E14.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

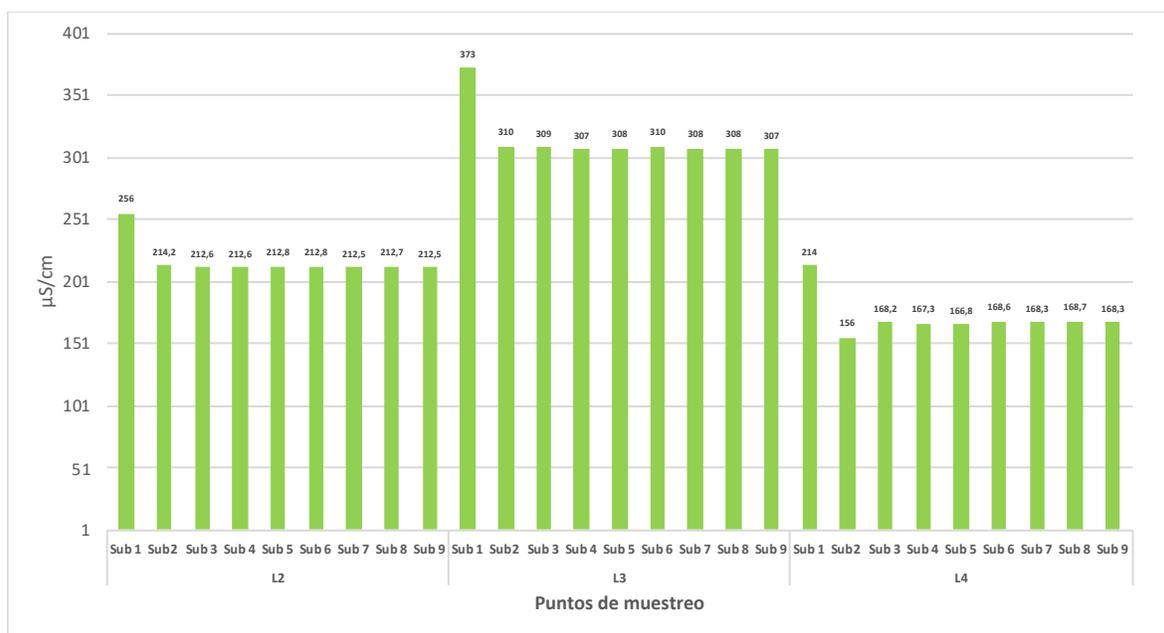


Figura 5.1-44 Valores de conductividad eléctrica (CE) de los cuerpos de agua lénticos monitoreados.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La **temperatura** de los puntos monitoreados en los cuerpos de agua lénticos osciló entre 19,2°C (**Quebrada Doima (E1) Sub1**) y 25,7°C (**Quebrada Armadillos (E11) Sub1**) (Figura 5.1-45 y Figura 5.1-46), observando cierta variación entre los puntos de monitoreo y entre las submuestras,, no obstante, es un comportamiento normal, ya que la temperatura del agua puede ser respuesta a las condiciones climáticas en el área de influencia, sin descartar las acciones antrópicas (Allan y Castillo, 2007), así como también por las condiciones físicas y el tipo de cuerpo de agua, por lo que se puede inferir que con relación a esta variable la hidrobiota presente en los cuerpos de agua refleja condiciones favorables para su sobrevivencia. Es importante tener en cuenta que la norma de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10) no define límites permisibles para la variable.

Ibagué y Piedras (Tolima)

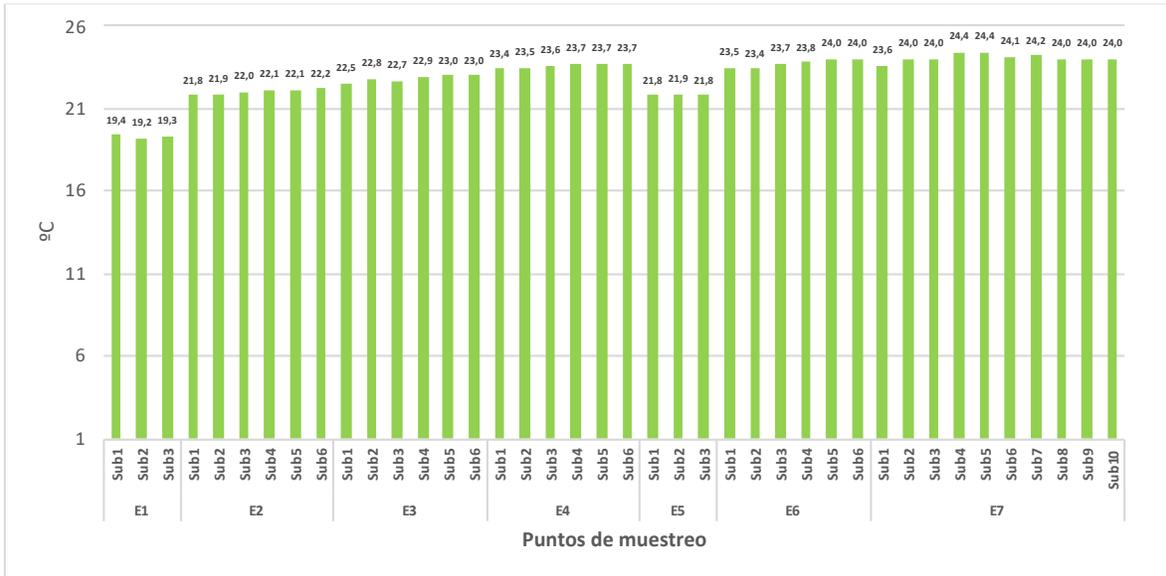


Figura 5.1-45 Valores de Temperatura (T°C) de las estaciones de monitoreo E1 a la E7.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

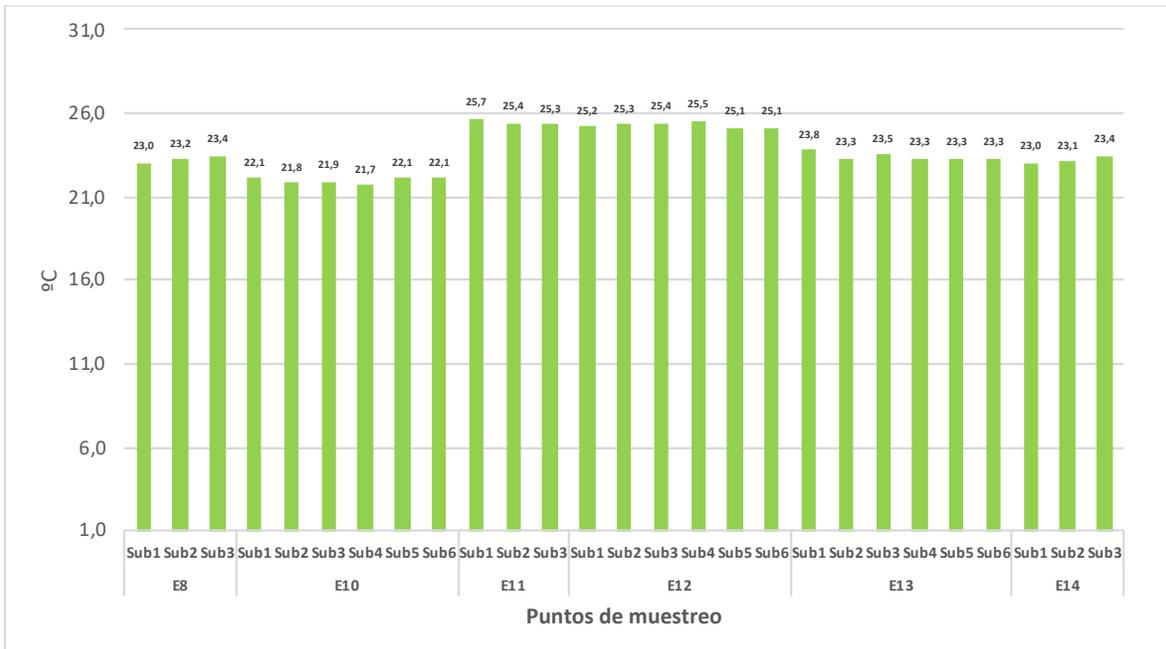


Figura 5.1-46 Valores de Temperatura (T°C) de las estaciones de monitoreo E8 a la E14.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Respecto a los cuerpos de agua lénticos se registraron temperaturas más altas, las cuales variaron entre 25,2°C (**Léntico 2 Sub3**) y 27,9°C (**Léntico 4 Sub8,9**) (Figura 5.1-47), hay que tener en cuenta que la penetración de la luz a diferentes profundidades determina el establecimiento de los diferentes componentes bióticos dentro del sistema.

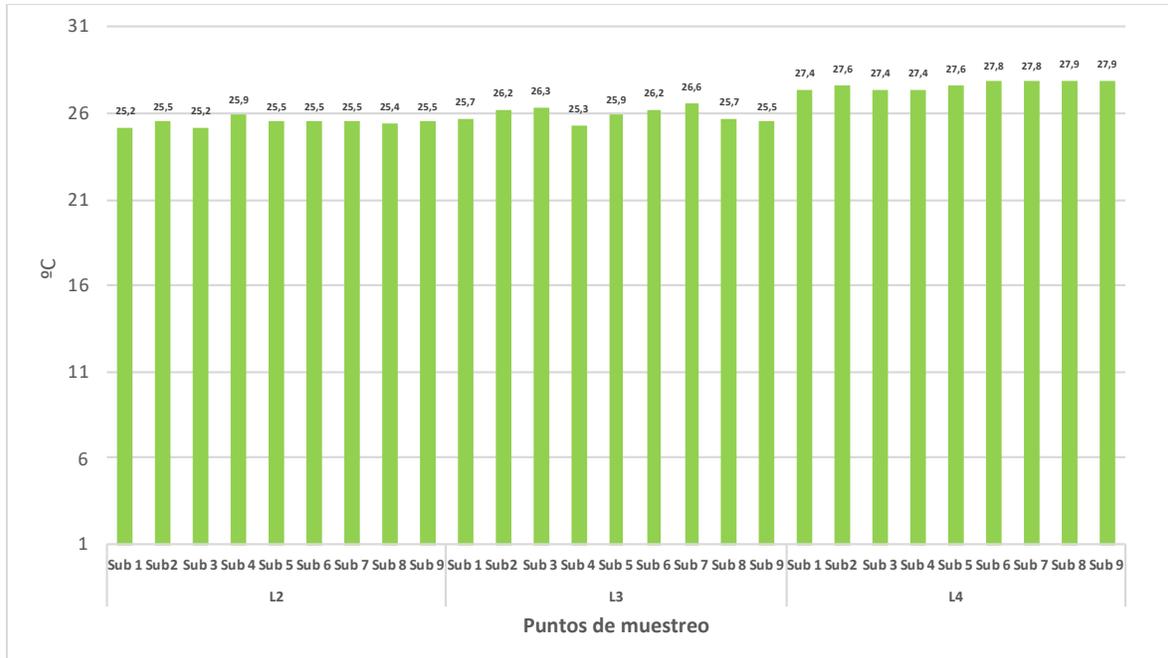


Figura 5.1-47 Valores de Temperatura (T°C) de los cuerpos de agua lénticos monitoreados.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La **Turbiedad** es la capacidad que tiene la materia finamente dividida o en estado coloidal de dispersar la luz. Este parámetro se relaciona con el contenido de sólidos suspendidos que se encuentran en el agua, los cuales corresponden al material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas (<0,2 µm). La turbiedad suele tener un comportamiento proporcional a la concentración de los sólidos suspendidos encontrados, ya que esta aumenta a razón de la cantidad de partículas en suspensión en el agua (Romero, 2009). De esta manera se obtuvieron valores que oscilaron entre 11 NTU o 0,583 UJT (**Quebrada Armadillos (E11)**) y 159 NTU o 8,427 UJT (**Quebrada Opia (E6)**) (Figura 5.1-48), siendo resultados entre bajos y altos, sin embargo, la presencia de turbiedad en este tipo de aguas se relaciona principalmente

con la descomposición y acumulación del material en suspensión y el arrastre del material vegetal presente en los cuerpos de agua, debido a la escorrentía.

Es importante resaltar que se realiza la conversión de unidades nefelométricas de turbiedad (NTU) a unidades Jackson de turbiedad (UJT), ya que la norma de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículo 2.2.3.3.9.4), establece un límite máximo de 10 UJT, en ese sentido, todos los puntos monitoreados cumplen satisfactoriamente con el criterio de calidad dispuesto. Se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 no se definen límites permisibles para dicha variable.

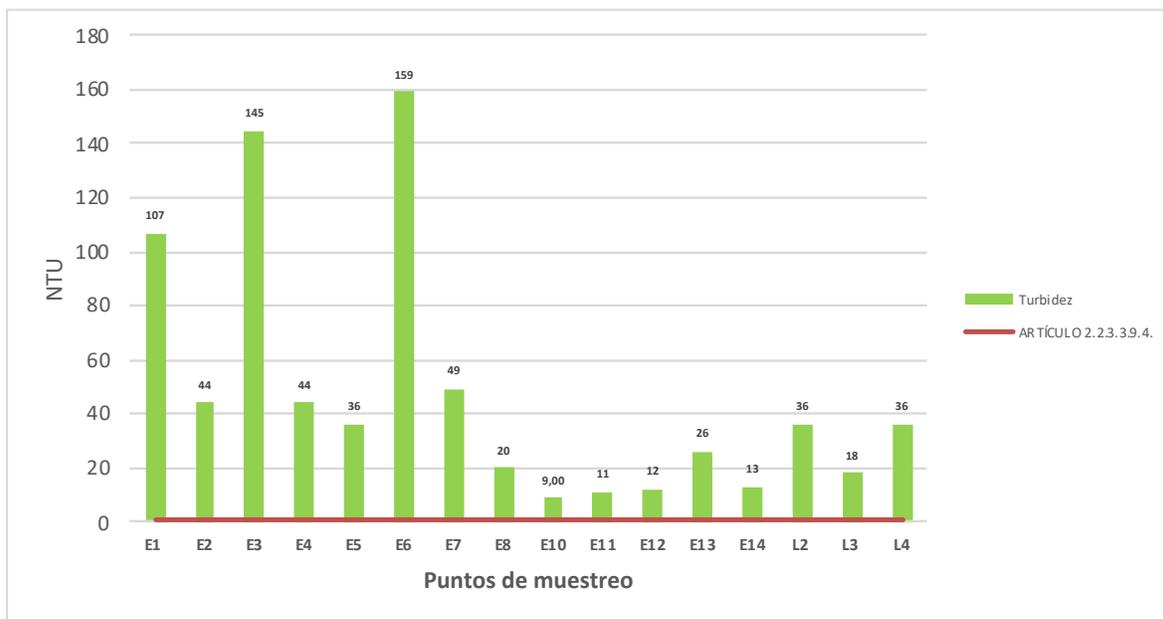


Figura 5.1-48 Valores de Turbidez de las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.3.3 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), y oxígeno disuelto (OD).

La **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)** corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos

compuestos químicos reductores (Barrenechea, 2004). Este parámetro reportó en su mayoría concentraciones inferiores al límite cuantificable de la técnica analítica empleada para su determinación (<5,0 mg O₂/L), mientras que para las estaciones Quebrada San Javier (E2), Quebrada Opia (E3), Quebrada Doima (E4), Quebrada Doima (E10), Quebrada San Guaico (E12), Quebrada La Barbona (E14), Léntico 3 (L3) y Léntico 4 (L4) las concentraciones variaron entre 5,19 mg O₂/L y 7,75 mg O₂/L (Figura 5.1-49), denotando cierta presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua monitoreados, originada principalmente por la descomposición de plantas y/o animales además de sus productos de desecho (Roldán & Ramírez, 2008). Cabe mencionar que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites máximos permisibles para este parámetro.

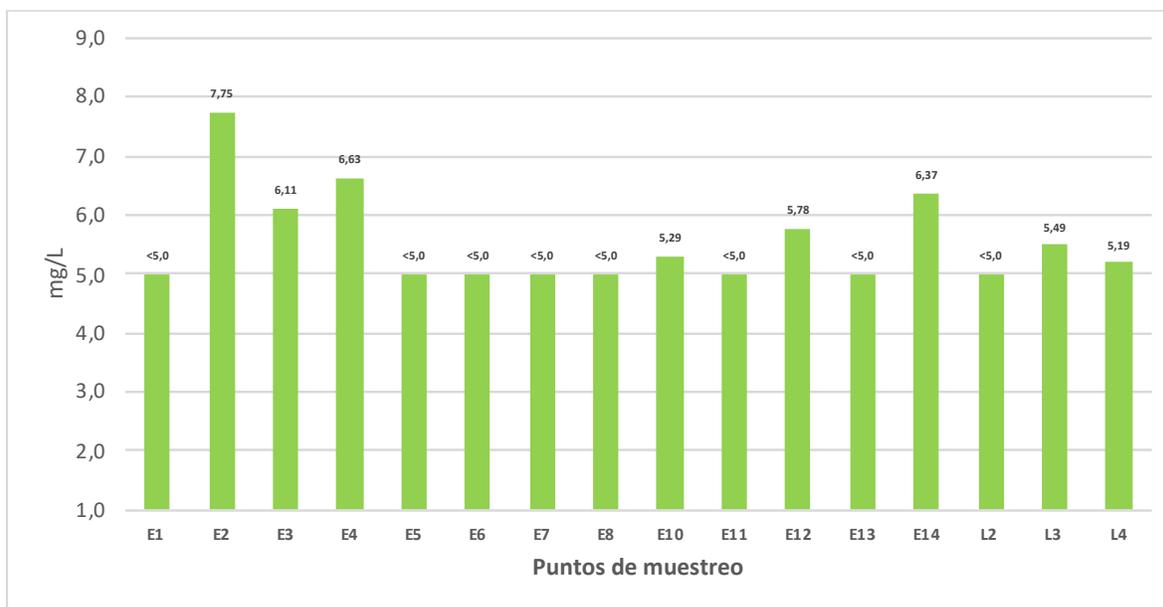


Figura 5.1-49 Valores de DBO de las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

De igual forma, la **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de este parámetro es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante

fuerte (Romero, 2008). Para dicha variable también se reportaron valores inferiores al límite de cuantificación por la técnica analítica empleada para su determinación (<5,0 mg O₂/L) en las estaciones Quebrada Opia (E3), Quebrada San Javier (5), Quebrada San Javier (8) y Quebrada La Perica (E13), señalando escasa presencia de materia orgánica oxidable, en tanto, para los puntos restantes se obtuvieron concentraciones que fluctuaron entre 10,9 mg O₂/L y 36,5 mg O₂/L (Figura 5.1-50). Con respecto a la comparación normativa, se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites máximos permisibles para la variable en mención.

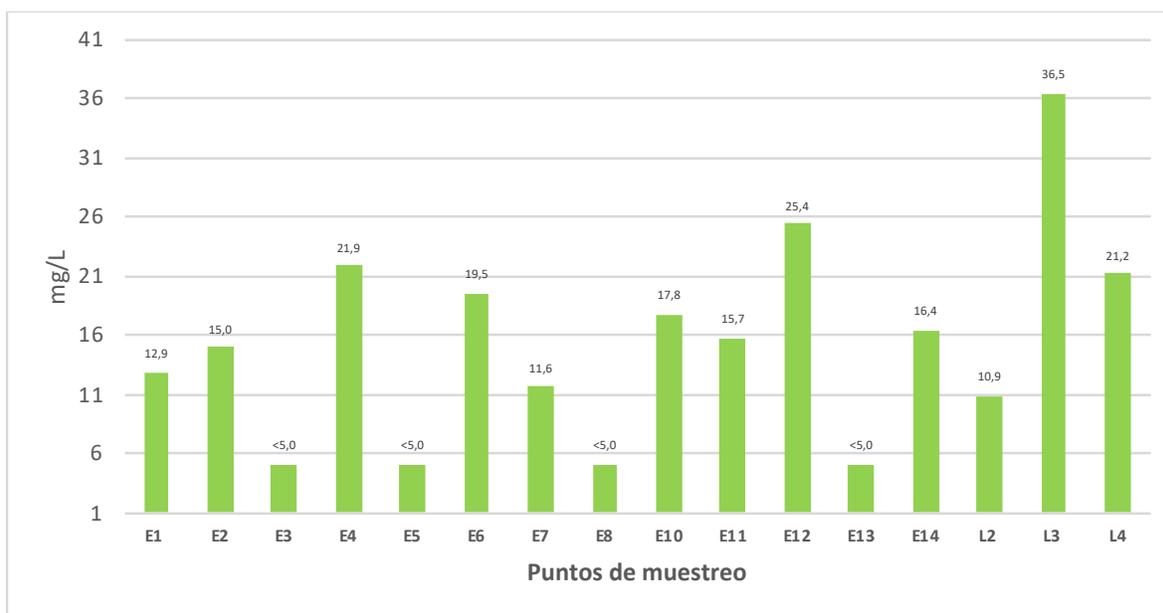


Figura 5.1-50 Valores de DQO de las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La concentración de **oxígeno disuelto** de las diferentes submuestras varió entre 3,08 mg O₂/L (Quebrada Doima (E1) sub 1) y 7,73 mg O₂/L (Quebrada Opia (E6) sub 6), como se muestra en la Figura 5.1-51 , Figura 5.1-52 y Figura 5.1-53 , indicando concentraciones variables entre los puntos, dadas las características del sistema hídrico (léntico y lóxico) y la composición del agua en cada sitio, así mismo, para el punto en el que se obtuvo una concentración de 3,0 mg O₂/L se consideran aguas hipóxicas, condición que por lo

Ibagué y Piedras (Tolima)

general resulta de la combinación de una alta productividad biológica y un intercambio de agua reducido (Behita & Barahona, 2010), en tanto para los puntos cuyas concentraciones fueron más altas se infieren condiciones adecuadas en los cuerpos de agua. En cuanto a lo normativo, la mayoría de las estaciones evaluadas se encuentran por encima del límite mínimo de OD establecido en el artículo 2.2.3.3.9.10 para agua cálida dulce (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015, indicando que las aguas presentan buenas condiciones para la preservación de flora y fauna, a excepción de la submuestra 1 de la estación Quebrada San Guaico (E12) para la cual se registró una concentración de 3,08 mg/L.

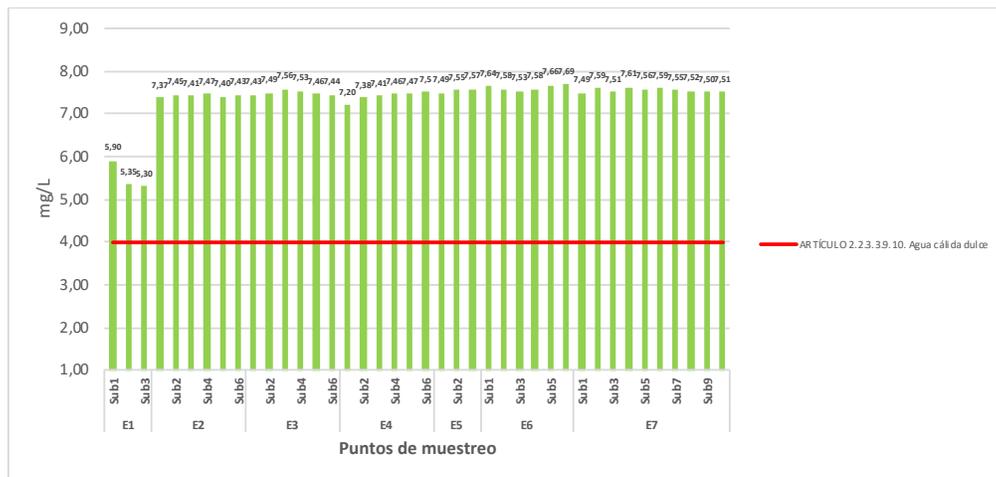


Figura 5.1-51 Valores de oxígeno disuelto (OD) de las estaciones de monitoreo E1 a la E7.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

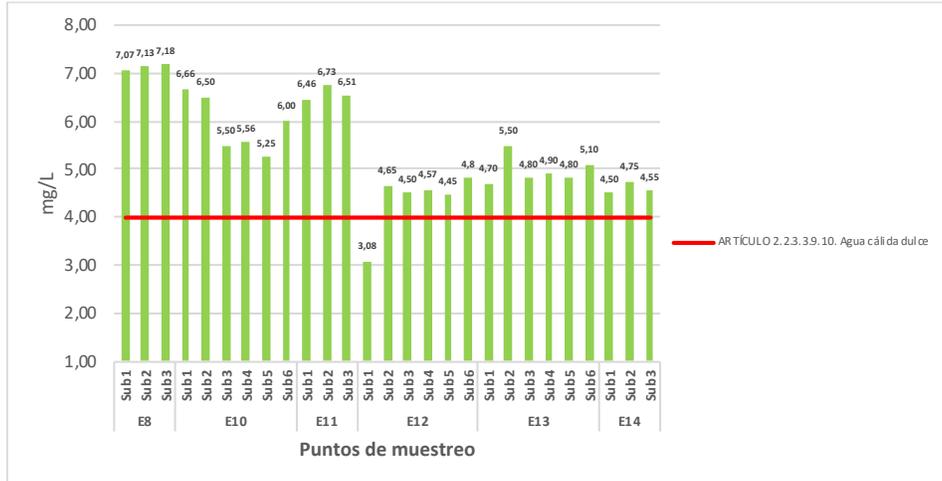


Figura 5.1-52 Valores de oxígeno disuelto (OD) de las estaciones de monitoreo E8 a la E14.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

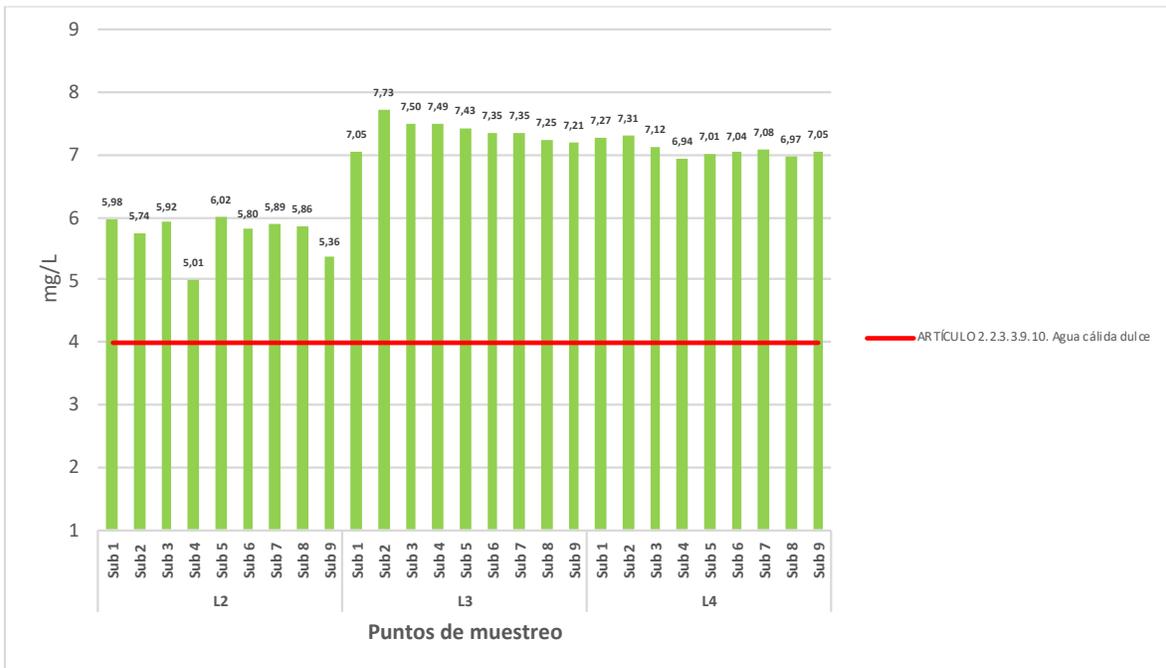


Figura 5.1-53 Valores de oxígeno disuelto (OD) de los cuerpos de agua lénticos monitoreados.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.3.4 Compuestos nitrogenados y fósforo

El **Nitrógeno total** está compuesto por el nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico, y este está constituido por las formas de nitrógeno correspondientes al nitrato, nitrito y amonio. El Nitrógeno Total Kjeldahl en el presente monitoreo, arrojó concentraciones por debajo del límite cuantificable por la técnica analítica empleada en laboratorio para su determinación (<3,00 mg N/L), para la mayoría de las estaciones, sin embargo, para las estaciones Quebrada Doima (E1), Quebrada San Javier (E2), Quebrada Doima(E4) y Quebrada La Perica (E13) se registraron valores entre 3,28 mg N/L y 4,91 mg N/L. Es de mencionar que para este parámetro no se establece un límite reglamentario en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015.

El fósforo proviene de la disolución de las rocas fosfatadas y de la mineralización de la materia orgánica que retorna al medio el fósforo inorgánico por los procesos de descomposición microbiana. Para las estaciones de monitoreo evaluadas se reportaron concentraciones de fósforo total entre 0,158 mg/L y 0,897mg/L (Figura 5.1-54). Teniendo en cuenta los resultados de este nutriente, es posible evidenciar concentraciones bajas de este parámetro en los cuerpos lóticos y lénticos. El comportamiento observado de este parámetro se asocia con la presencia de materia orgánica en el medio, por lo que tiene una relación directamente proporcional con las demandas de oxígeno y presencia de microorganismos. Frente a lo normativo el Decreto 1076 de 2015 no establece límite restrictivo para este parámetro.

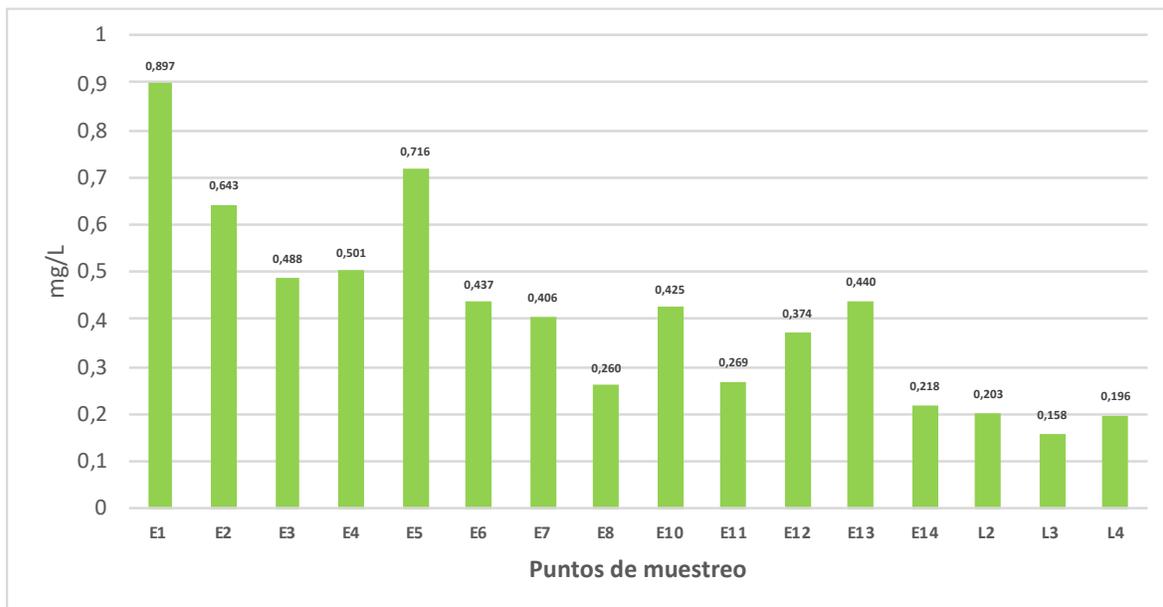


Figura 5.1-54 Valores de Fósforo Total registrado para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.3.5 Hidrocarburos, Fenoles, aceites y grasas

Por otra parte, compuestos tales como; las **Grasas y Aceites** y los **Hidrocarburos Totales**, son un conjunto de sustancias tipo lipídico, pobremente solubles en agua, que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes, que dificultan el intercambio de gases entre la superficie del agua y la atmósfera (Romero, 2009). Estos pueden aparecer en las aguas por causas naturales o por la actividad antrópica, generando olores fuertes y deterioro estético de los sistemas hídricos (Romero, 2009).

Para la mayoría de las estaciones monitoreadas se reportaron concentraciones poco significativas para el parámetro de hidrocarburos, obteniéndose valores por debajo del límite de detección de la técnica analítica empleada por el laboratorio (<0,200 mg/L), a excepción de las estaciones Quebrada San Javier (E8) y Quebrada La Perica (E13) para las cuales se registraron concentraciones de 0,253 mg/L y 0,205 mg/L, respectivamente, hay que tener en cuenta que la presencia de hidrocarburos, generalmente se asocia a aportes directos o indirectos de agentes que se derivan de estos compuestos. A nivel normativo, el Decreto 1076 del 2015 no establece límites restrictivos para este parámetro.

Con base a los resultados obtenidos, es posible afirmar que el contenido de grasas y aceites es mínimo para la mayoría de las estaciones monitoreadas, registrando concentraciones que oscilaron entre 0,314 mg/L y 0,914 mg/L. A nivel normativo, el Decreto 1076 del 2015 no estipula un límite máximo para las grasas y aceites, no obstante, especifica que no debe apreciarse una película visible sobre el recurso, la cual, según el registro de campo, no fue detectada durante el monitoreo. Sin embargo, en el artículo 2.2.3.3.9.10. establece los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas, donde la concentración de grasas y aceites debe ser inferior al 0,01 mg/L, evidenciándose en la Figura 5.1-55 que la mayoría de las estaciones monitoreadas no cumple con este límite.



Figura 5.1-55 Valores de grasas y aceites registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Los Fenoles para todas las estaciones monitoreadas, registraron valores indetectables por medio de la técnica analítica empleada (<0,100 mg/L). Frente a lo normativo el Decreto 1076 de 2015 no establece límite restrictivo para este parámetro.

5.1.7.1.3.6 Coliformes Fecales y Coliformes Totales

Para el parámetro **Coliformes Fecales Termotolerantes (E. Coli)** se tienen valores significativos para la mayoría de las estaciones excediendo el límite máximo permisible de los artículos 2.2.3.3.9.3 (2000 NMP/100 mL) y 2.2.3.3.9.5 (1000 NMP/100 mL) del Decreto 1076 de 2015 (Figura 5.1-56), lo que sugiere que el agua de los cuerpos lóticos evaluados no podría emplearse para uso agrícola y consumo humano y doméstico previo tratamiento convencional, la presencia de coliformes en estos cuerpos de agua indican contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los sistemas hídricos. A excepción de las estaciones Quebrada San Javier (5) y Quebrada La Barbona (E14) las cuales registraron valores bajos no excediendo los artículos 2.2.3.3.9.3 (2000 NMP/100 mL) y 2.2.3.3.9.5 (1000 NMP/100 mL) del Decreto 1076 de 2015.

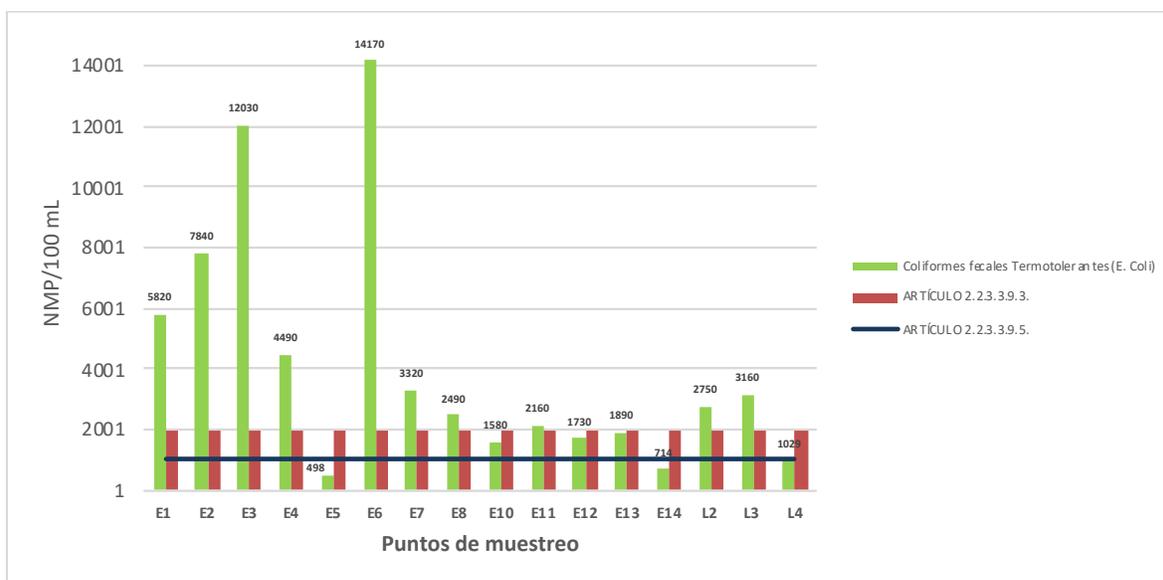


Figura 5.1-56 Valores de los Coliformes fecales Termotolerantes (E. Coli) registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Figura 5.1-57 se observan los resultados para el parámetro **Coliformes Totales**; en general se reportaron valores que exceden el límite máximo permisible establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3., 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, con base a ello, es posible afirmar que las aguas de todas las estaciones monitoreadas no son aptas

para destinación a consumo humano, doméstico y agrícola, exceptuando el cuerpo de agua Quebrada La Barbona (E14), el cual no excede el valor establecido en el Artículo 2.2.3.3.9.3. (2000 NMP/100 mL), por lo que son aptas para consumo humano y doméstico

La presencia de estos microorganismos en las aguas superficiales, pueden estar asociada con actividades agropecuarias cercanas a las áreas en donde se encuentran los puntos de monitoreo, que por escorrentía pueden llegar hasta los sistemas hídricos, no obstante, es recomendable llevar a cabo un proceso de desinfección previo si se desea destinar el recurso con fines de consumo humano previo tratamiento convencional.

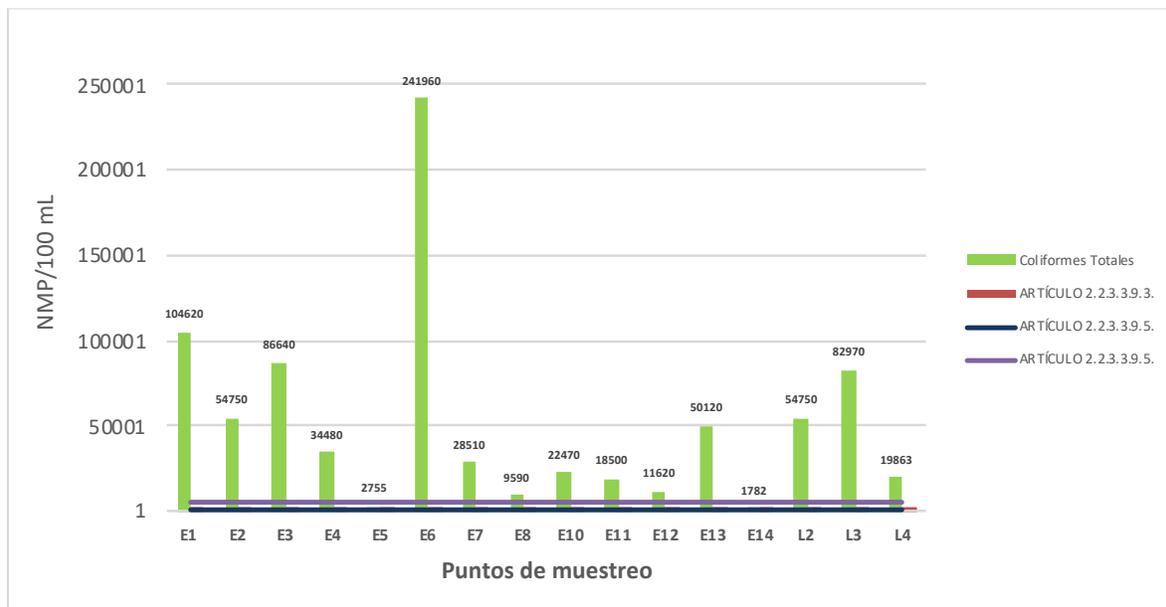


Figura 5.1-57 Valores de los Coliformes Totales registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.3.7 Sulfatos y Cloruros

Los **Sulfatos** (SO₄-2) formados por la combinación entre el azufre hexavalente y el oxígeno, son solubles en agua y sus principales fuentes incluyen volcanes, descomposición y combustión de materia orgánica y aguas residuales. Estos pueden ser usados como fuente de oxígeno por algunas bacterias, en condiciones anaerobias (Behita

& Barahona, 2010). Las concentraciones para este parámetro en las estaciones monitoreadas se encontraron entre 19,5 mg/L SO₄ (Léntico 4 (L4)) y 54,6 mg/L SO₄ (Quebrada San Javier (5)) (Figura 5.1-58). En general, la concentración de sulfatos se considerada media, si se tiene en cuenta que las aguas naturales presentan valores desde 2 hasta 10 mg/L, aunque hay que tener en cuenta que estos cuerpos de agua nacen en una región volcánica andina y por lo tanto puede presentar valores cercanos o superiores a 50 mg/L.

En general hay cumplimiento frente al límite permisible estipulado en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015. Es importante resaltar que los artículos 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015, no presentan límites máximos permisibles para el parámetro en mención.

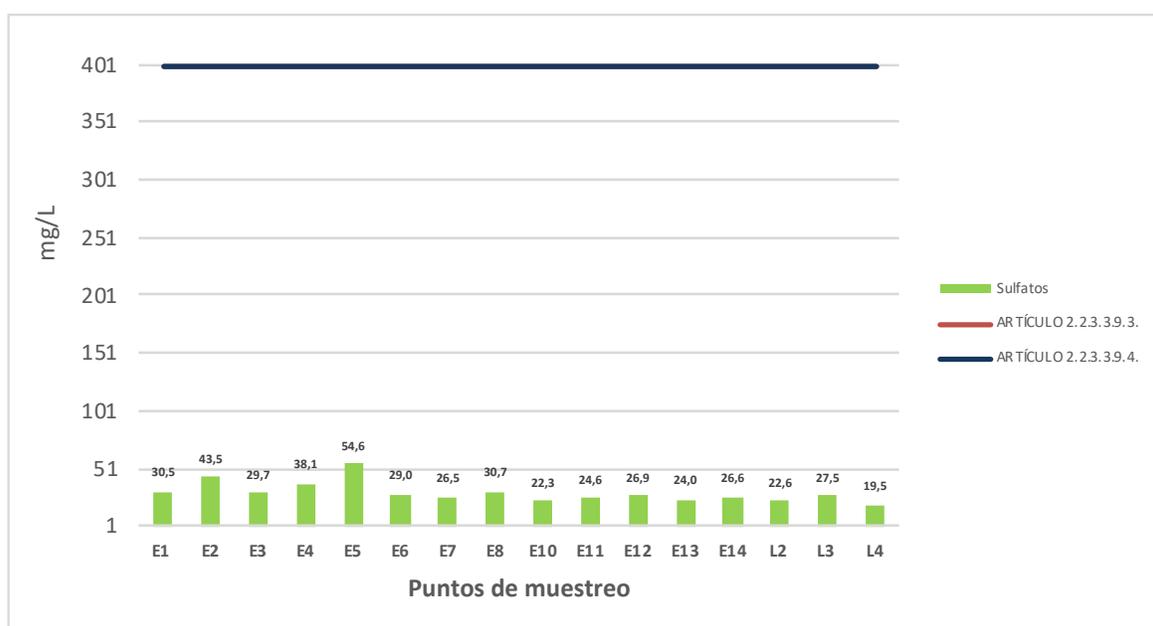


Figura 5.1-58 Valores de Sulfatos registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El parámetro **cloruros** se encuentra relacionado con la naturaleza geoquímica de las cuencas; es indicador de contaminación por actividad agrícola y puede llegar a incrementarse por influencia humana debido a la generación de excrementos. En las

muestras de agua superficial analizadas, se registraron concentraciones comprendidas entre el límite mínimo cuantificable por la respectiva técnica analítica empleada para su determinación en laboratorio (<9,9 mg Cl-/L); para la estación Léntico 2 (L2) y 54 mg Cl-/L en la Quebrada La Barbona (E14) (Figura 5.1-59). Estos resultados indican que en los cuerpos de agua no se presentan efectos importantes por actividades antrópicas, debido a que algunos de estos iones son producto de fuentes contaminantes de origen doméstico principalmente. Con respecto a la comparación normativa, en general las concentraciones halladas estuvieron por debajo del límite contemplado en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, donde se estipula como máximo permisible un valor de 250 mg Cl-/L. Cabe resaltar que los artículos 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 no establecen límites restrictivos para el parámetro evaluado.

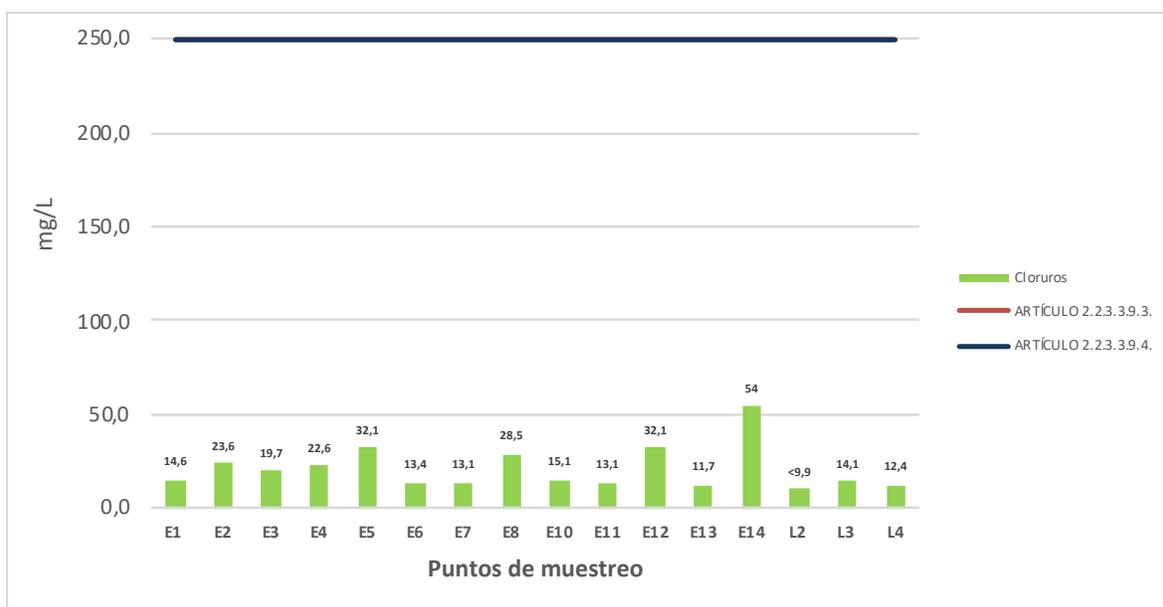


Figura 5.1-59 Valores de Cloruros registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.3.8 Surfactantes: aniónicos como SAAM

Con respecto a los Surfactantes: anionicos como SAAM se registró una concentración inferior al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio (0,500 mg/L) para todas las estaciones monitoreadas. Por lo que en ninguno de los casos se supera el límite establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 del 2015, lo que sugiere que el agua es apta para consumo humano y doméstico previo tratamiento convencional y desinfección.

5.1.7.1.3.9 Iones Potasio

El **Potasio** registró valores que se movieron en un rango de 3,74 mg K/L (Quebrada San Javier (5)) a 31,0 mg K/L (Quebrada San Guaico (E12)) (Figura 5.1-60), siendo en todos los casos concentraciones acordes al tipo de agua analizada, que no representan riesgo, ya que se relacionan con las aguas de escorrentía, las cuales, aportan a los cuerpos de agua minerales y compuestos de diferentes zonas. En aguas naturales las concentraciones de potasio son menores a 10 mg K⁺/L, aunque puede aumentar por escorrentía de terrenos agrícolas e influencia de drenajes de irrigación. Dado que son elementos esenciales, para la nutrición de las plantas, su presencia en el agua es beneficiosa. En relación con la normativa ambiental de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10), no se fijan límites permisibles para estos iones.

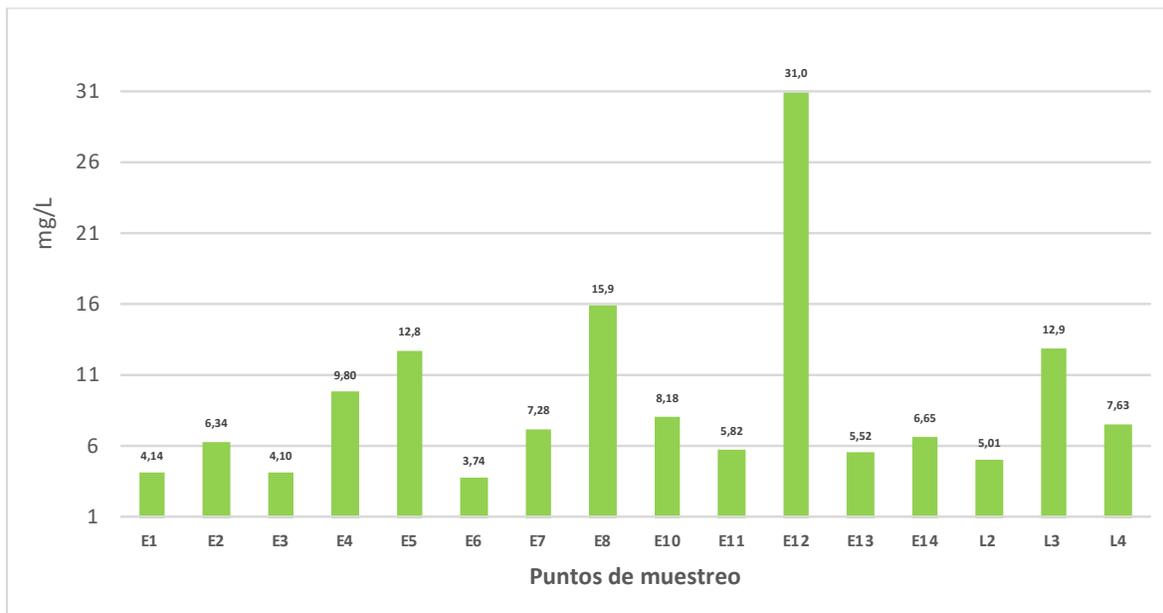


Figura 5.1-60 Valores de Potasio registrados para las estaciones de monitoreo evaluadas.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.3.10 Índice de Calidad de agua (ICA-INFS)

En el presente estudio se calcula el Índice de Calidad de Aguas (ICA) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NFS)³, mediante el Software Icatost v1.0.0.44. El cual es una herramienta metodológica para la valoración de la calidad del agua de las aguas superficiales del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Fotovoltaico Shangri-La. Para las variables que estuvieron por debajo del límite de cuantificación se tomó como valor el del límite de detección, siendo esta la condición más desfavorable para las condiciones actuales del cuerpo de agua.

En la Tabla 5.1-39 se presentan los valores calculados del ICA-INFS para cada una de las estaciones de monitoreadas, sin embargo, hay que tener en cuenta que las mediciones para los diferentes constituyentes son representativas de varios puntos en la

³ CANTER, Larry. Manual de evaluación de impacto ambiental; técnicas de evaluación de estudios de impacto. Madrid. Mc Graw Hill. 1998. 841 p.

sección transversal del cuerpo de agua en un instante dado, por lo que el resultado obtenido sólo representa la calidad del agua en un punto en específico del sistema hídrico.

Tabla 5.1-39 Índice de calidad de agua (ICA/NSF) y parámetros de calidad de las estaciones de monitoreo en el área de influencia del proyecto

Estación de monitoreo	DBO	OD (Promedio)	OD % SAT	Coliformes fecales	pH (Promedio)	Cambio de T°	Turbidez	ICA	Calificación
Quebrada Doima (E1)	<5,0	5,52	59	5820	7,80	10	107	44,82	Mala
Quebrada San Javier (E2)	7,75	7,42	85	7840	7,88	2	44	54,95	Media
Quebrada Opia (E3)	6,11	7,48	82	12030	7,97	4	145	48,42	Mala
Quebrada Doima(E4)	6,63	7,40	84	4490	7,89	2	44	55,34	Media
Quebrada San Javier (E5)	<5,0	7,53	82	498	7,85	0,7	36	63,29	Media
Quebrada Opia (E6)	<5,0	7,61	86,0	14170	8,60	2,5	159	47,3	Mala
Quebrada Opia (E7)	<5,0	7,54	85	3320	8,32	6	49	60,25	Media
Quebrada San Javier (E8)	<5,0	7,13	80	2490	7,8	3	20	65,02	Media
Quebrada Doima (E10)	5,29	5,91	66	1580	7,93	2	9,00	55,89	Media
Quebrada Armadillos (E11)	<5,0	6,56	75	2160	7,26	5	11	64,24	Media
Quebrada San Guaico (E12)	5,78	4,34	51	1730	7,75	1	12	50,61	Mala

Estación de monitoreo	DBO	OD (Promedio)	OD % SAT	Coliformes fecales	pH (Promedio)	Cambio de T°	Turbidez	ICA	Calificación
Quebrada La Perica (E13)	<5,0	4,97	57	1890	7,85	5	26	56,1	Mala
Quebrada La Barbona (E14)	6,37	4,6	54	714	7,77	6	13	49,17	Mala
Léntico 2 (L2)	<5,0	5,73	66	2750	9,09	2	36	53,52	Media
Léntico 3 (L3)	5,49	7,37	85	3160	8,72	2	18	57,72	Media
Léntico 4 (L4)	5,19	7,08	85	1029	8,4	5	36	55,33	Media

Escala de calidad **Muy Mala:** 0 – 25 **Mala:** 26 – 50 **Media:** 51 – 70 **Buena:** 71 – 90
Excelente: 91 – 100

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Según los datos obtenidos, los cuerpos de agua evaluados presentaron una calidad de agua "media" en 10 de las estaciones monitoreadas, comportamiento asociado a los porcentajes de saturación de oxígeno y bajos valores de DBO, lo que permite la autodepuración de las aguas y favorece la calidad de las mismas. Por el contrario, 6 de las estaciones evaluadas, la calidad del agua fue "mala"; lo que es influenciado por el bajo porcentaje de saturación de oxígeno, altos valores de turbidez y a las variaciones de temperatura en estos sitios, dadas las características de los sistemas hídricos y el lecho por donde discurren las aguas, además de la carga orgánica y las concentraciones de coliformes fecales provenientes de las actividades ganaderas que se llevan a cabo en la zona.

5.1.7.1.3.11 Índices de Contaminación (ICO)

A partir de los resultados obtenidos en los cuerpos de agua evaluados se procedió a calcular los índices de contaminación. En la Tabla 5.1-40 se relacionan los resultados obtenidos para los índices de contaminación en la época seca. En el caso del índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), se utilizó el límite cuantificable de la

DBO5, como valor para su estimación, teniendo en cuenta que para la mayoría de los puntos de monitoreo se obtuvieron concentraciones inferiores a este límite (<5,0 mg/L).

Índice de contaminación por materia orgánica - ICOMO: Se obtiene a partir de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), los coliformes fecales y el porcentaje de saturación de oxígeno. Este índice arrojó en 4 estaciones de monitoreo una contaminación "baja", en 9 estaciones una contaminación "media" y en tres estaciones una contaminación "alta". Para aquellos cuerpos de agua con una contaminación baja, se debe principalmente al escaso contenido de materia orgánica, reflejado en las concentraciones de DBO5 y DQO obtenidas; las cuales en su mayoría fueron inferiores al límite mínimo de cuantificación, así mismo, el porcentaje de saturación fue moderado en dichos puntos de monitoreo. En cuanto a los cuerpos de agua en donde la contaminación fue media y alta, es una condición influenciada por la presencia de materia orgánica en descomposición, reflejada en la DBO, debido al impacto de actividades de pastoreo y ganadería cerca a los sistemas hídricos, así como también, la baja saturación de oxígeno y la concentración de coliformes en la zona.

Índice de contaminación por pH - ICOpH: Este índice señala las condiciones de pH apropiadas para la vida acuática, ya que en aguas naturales el rango compatible es entre 5 unidades y 9 unidades, siendo el más favorable entre 6 unidades y 7,2 unidades. Es índice reportó para la mayoría de puntos muestreados (15), una contaminación "muy baja", tan solo en una muestra (Léntico 2) se determinó contaminación "media", lo cual permite establecer que el pH de los cuerpos de agua se encuentra dentro en un rango óptimo.

Índice de contaminación por sólidos suspendidos - ICOSUS: Hace referencia a compuestos y partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión. En 13 estaciones evaluadas, la contaminación estuvo comprendida entre "muy baja", infiriendo un mínimo contenido de sólidos suspendidos en los cuerpos de agua, caso contrario se evidenció en 3 puntos, en donde se obtuvo una contaminación de "media" a "alta", resultado relacionado con el ingreso y aporte del material alóctono a los sistemas

hídricos, provocado por la escorrentía, la descomposición de la materia orgánica y la influencia de actividades agrícolas y ganaderas en la zona.

Índice de contaminación trófico - ICOTRO: Se calcula con base en la concentración del fósforo total. Para el presente monitoreo, se registraron valores entre 0,158 y 0,897, señalando que en el agua de dichos puntos existen procesos de eutrofización a hipereutrofización, situación influenciada en gran parte por el ingreso de fósforo a los cuerpos de agua (debido al lavado de los suelos), derivado de agroquímicos y fertilizantes utilizados en las actividades ganaderas y agrícolas desarrolladas en el área de influencia, lo que tiende a aumentar la presencia de nutrientes que podrían ser aprovechados por las algas, favoreciendo estas condiciones.

Tabla 5.1-40 Resultados de los Índices de Contaminación de las estaciones de monitoreo evaluadas

Código	Cuerpo de agua	Índices de contaminación									
		ICOMO			CONTAMINACIÓN	ICOpH	CONTAMINACIÓN	ICOSUS	CONTAMINACIÓN	ICOTRO	CONTAMINACIÓN
		Oxígeno %	Coliformes Fecales	DBO-5		pH		SST		Fósforo (mg/L)	
E1	Quebrada Doima	59	5820	<5,0	0,506	7,80	0,001	141	0,403	0,897	Eutrofia
E2	Quebrada San Javier	85	7840	7,75	0,63	7,88	0,001	48,0	0,124	0,643	Eutrofia
E3	Quebrada Opia	82	12030	6,11	0,675	7,97	0,001	296	0,868	0,488	Eutrofia
E4	Quebrada Doima	84	4490	6,63	0,588	7,89	0,001	45,0	0,115	0,501	Eutrofia
E5	Quebrada San Javier	82	498	<5,0	0,206	7,85	0,001	26,5	0,058	0,716	Eutrofia
E6	Quebrada Opia	86,0	14170	<5,0	0,488	8,60	0,03	150	0,43	0,437	Eutrofia
E7	Quebrada Opia	85	3320	<5,0	0,374	8,32	0,03	43,0	0,109	0,406	Eutrofia
E8	Quebrada San Javier	80	2490	<5,0	0,367	7,8	0,001	<10,0	0,01	0,260	Eutrofia
E10	Quebrada Doima	66	1580	5,29	0,564	7,93	0,001	10,5	0,01	0,425	Eutrofia
E11	Quebrada Armadillos	75	2160	<5,0	0,372	7,26	0,001	19,0	0,037	0,269	Eutrofia
E12	Quebrada San Guaico	51	1730	5,78	0,621	7,75	0,001	12,0	0,016	0,374	Eutrofia
E13	Quebrada La Perica	57	1890	<5,0	0,421	7,85	0,001	24,0	0,052	0,440	Eutrofia
E14	Quebrada La Barbona	54	714	6,37	0,539	7,77	0,001	26,0	0,058	0,218	Eutrofia
L2	Léntico 2	66	2750	<5,0	0,422	9,09	0,493	31,0	0,073	0,203	Eutrofia
L3	Léntico 3	85	3160	5,49	0,557	8,72	0,03	12,0	0,016	0,158	Eutrofia

Ibagué y Piedras (Tolima)

Código	Cuerpo de agua	Índices de contaminación									
		ICOMO			CONTAMINACIÓN	ICOpH	CONTAMINACIÓN	ICOSUS	CONTAMINACIÓN	ICOTRO	CONTAMINACIÓN
		Oxígeno %	Coliformes Fecales	DBO-5		pH		SST		Fósforo (mg/L)	
L4	Léntico 4	85	1029	5,19	0,466	8,4	0,03	45,5	0,115	0,196	Eutrofia
Indicación		Ninguna: 0-0,2 Bajo: 0,2-0,4 Medio: 0,4-0,6 Alto: 0,6-0,8 Muy Alto: 0,8-1								Oligotrofia: < 0.01 Mesotrofia: 0.01 – 0.02 Eutrofia: 0.02 – 1.00 Hipereutrofia: > 1.00	

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.3.12 Caudales

En la Tabla 5.1-41 , se presentan los resultados del aforo de caudal realizado en los puntos de interés. Es importante resaltar que para algunos puntos de monitoreo no fue posible realizar el aforo del caudal debido a las condiciones que presentó el cuerpo de agua durante el monitoreo (ausencia de flujo, zona muerta o estancada o cuerpo de agua léntico).

Tabla 5.1-41 Resultados de aforo de las estaciones de monitoreo evaluadas

PARÁMETRO	FECHA	HORA	CAUDAL
UNIDADES	A-M-D	h: min	L/s
Quebrada Doima (E1)	2021-08-04	9:20	309,92
Quebrada San Javier (E2)	2021-07-27	11:01	17,15
Quebrada Opia (E3)	2021-07-27	13:40	2211,6
Quebrada Doima(E4)	2021-07-26	12:00	160,06
Quebrada San Javier (E5)	2027-06-21	8:52	201
Quebrada Opia (E6)	2021-07-28	13:28	952,12
Quebrada Opia (E7)	2021-08-02	12:30	698,75
Quebrada San Javier (E8)	2021-07-29	9:10	92,4
Quebrada Doima (E10)	2021-08-03	8:30	284,1
Quebrada Armadillos (E11)	2021-07-29	13:18	<0,1
Quebrada San Guaico (E12)	2021-08-03	11:15	13
Quebrada La Perica (E13)	2021-08-03	14:01	1196
Quebrada La Barbona (E14)	2021-08-04	11:40	8,255

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Con el fin de caracterizar el drenaje de las fuentes hídricas aforadas, se presentan de la Figura 5.1-61 a la Figura 5.1-73 los perfiles de las secciones transversales de los cuerpos de agua monitoreados en los puntos donde se realizó el aforo, junto con las tablas que muestran las distancias desde la orilla en las cuales se midieron las velocidades en cada una de las secciones parciales, las profundidades en cada una de ellas y las velocidades medias calculadas en las secciones verticales tomadas.

- **Quebrada Doima (E1)**

En la Tabla 5.1-42 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Doima (E1)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 4,30 m, velocidad media de 0,22 m/s y velocidad máxima de 0,4 m/s. La estación Quebrada Doima (E1) reporta un caudal de 309,92 L/s o 0,310 m³/s.

Tabla 5.1-42 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Doima (E1)

N°	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,00	0,10
2	0,43	0,11	0,10	0,2	0,20	0,15
3	0,86	0,14	0,10	0,1	0,10	0,25
4	1,29	0,20	0,10	0,4	0,40	0,30
5	1,72	0,17	0,10	0,2	0,20	0,15
6	2,15	0,13	0,10	0,1	0,10	0,25
7	2,58	0,18	0,10	0,4	0,40	0,40
8	3,01	0,18	0,10	0,4	0,40	0,40
9	3,44	0,22	0,11	0,4	0,40	0,30
10	3,87	0,25	0,12	0,2	0,20	0,10
11	4,30	0,8	0,00	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

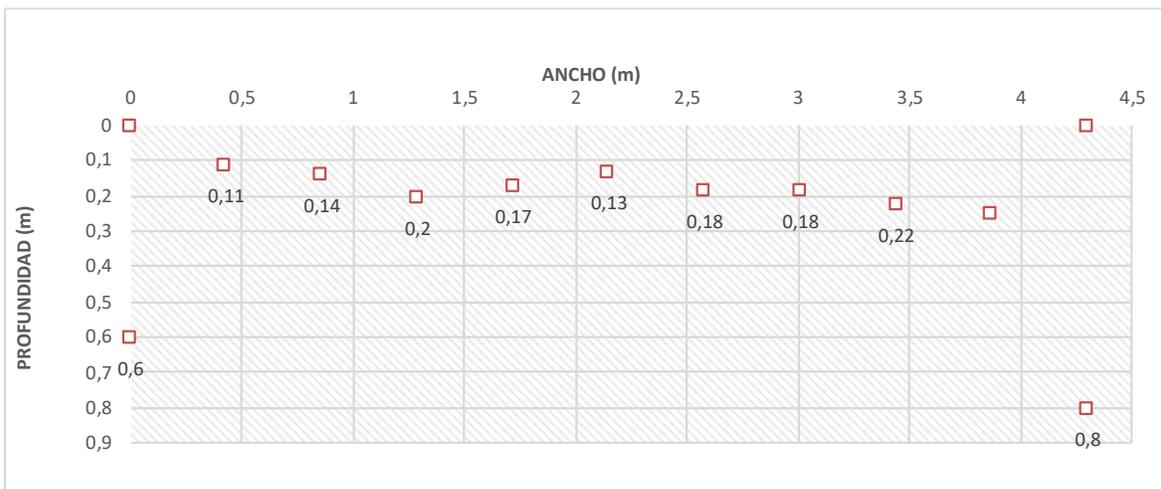


Figura 5.1-61 Perfil Quebrada Doima (E1).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada San Javier (E2)**

En la Tabla 5.1-43 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada San Javier (E2)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 3,50 m, velocidad media de 0,01 m/s y velocidad máxima de 0,05 m/s. La estación **Quebrada San Javier (E2)** reporta un caudal de 17,15 L/s o 0,017 m³/s.

Tabla 5.1-43 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada San Javier (E2)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,16	0,10	0,0	0,00	0,00
2	0,35	0,31	0,15	0,0	0,00	0,00
3	0,70	0,31	0,15	0,0	0,00	0,00
4	1,05	0,30	0,15	0,0	0,00	0,00
5	1,40	0,30	0,15	0,0	0,00	0,00
6	1,75	0,30	0,15	0,0	0,00	0,05
7	2,10	0,32	0,16	0,1	0,10	0,05
8	2,45	0,40	0,20	0,0	0,00	0,00
9	2,80	0,44	0,22	0,0	0,00	0,00
10	3,15	0,40	0,20	0,0	0,00	0,00

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
11	3,50	0,28	0,14	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

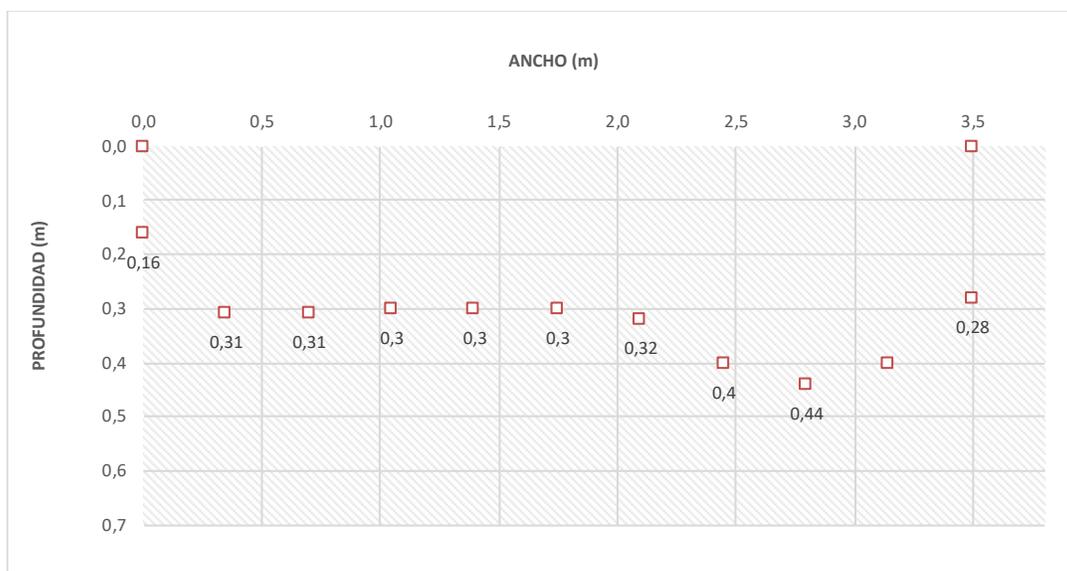


Figura 5.1-62 Perfil Quebrada San Javier (E2).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Opia (E3)**

En la Tabla 5.1-44 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Opia (E3)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 12 m, velocidad media de 0,40 m/s y velocidad máxima de 0,85 m/s. La estación **Quebrada Opia (E3)** reporta un caudal de 2211,6 L/s o 2,212 m³/s.

Tabla 5.1-44 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Opia (E3)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,8	0,0	0,0	0,00	0,05
2	1,20	0,13	0,10	0,1	0,10	0,10

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
3	2,40	0,14	0,10	0,1	0,10	0,35
4	3,60	0,22	0,11	0,6	0,60	0,50
5	4,80	0,32	0,16	0,4	0,40	0,70
6	6,00	0,35	0,17	1,0	1,00	0,85
7	7,20	0,24	0,12	0,7	0,70	0,80
8	8,40	0,22	0,11	0,9	0,90	0,50
9	9,60	0,20	0,10	0,1	0,10	0,25
10	10,80	0,26	0,12	0,4	0,40	0,25
11	12,00	0,15	0,10	0,1	0,10	0,10

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

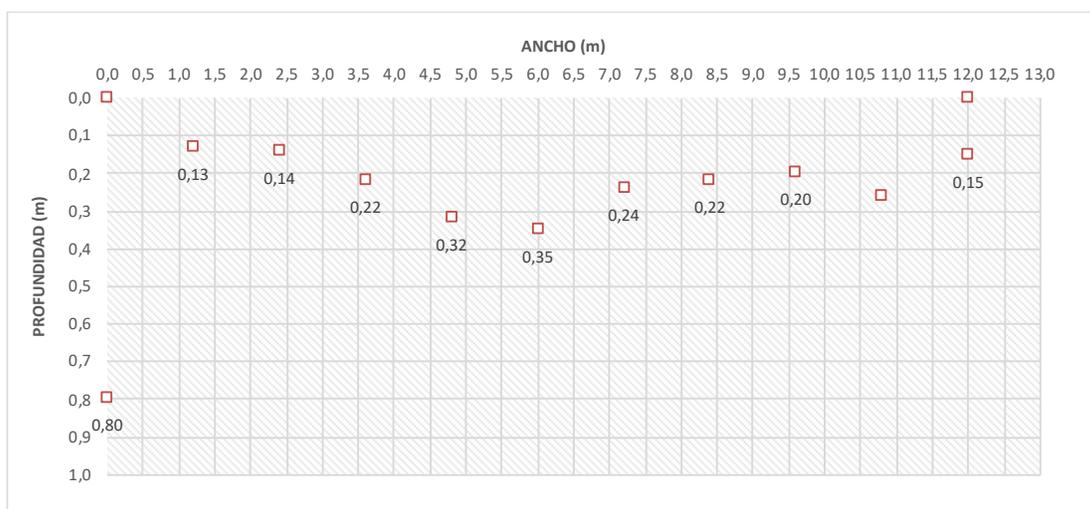


Figura 5.1-63 Perfil Quebrada Opia (E3).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Doima (E4)**

En la Tabla 5.1-45 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Doima (E4)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 6,50 m, velocidad media de 0,06 m/s y velocidad máxima de 0,2 m/s. La estación **Quebrada Doima (E4)** reporta un caudal de 160,06 L/s o 0,160 m³/s.

Tabla 5.1-45 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Doima (E4)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
0	0,0	0,10	0,10	0,0	0,00	0,05
1	0,65	0,14	0,10	0,1	0,10	0,10
2	1,30	0,20	0,10	0,1	0,10	0,05
3	1,95	0,30	0,15	0,0	0,00	0,00
4	2,60	0,30	0,15	0,0	0,00	0,05
5	3,25	0,25	0,13	0,1	0,10	0,05
6	3,90	0,10	0,10	0,0	0,00	0,00
7	4,55	0,70	0,10	0,0	0,00	0,10
8	5,20	0,20	0,10	0,2	0,20	0,20
9	5,85	0,18	0,10	0,2	0,20	0,10
10	6,50	0,08	0,0	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

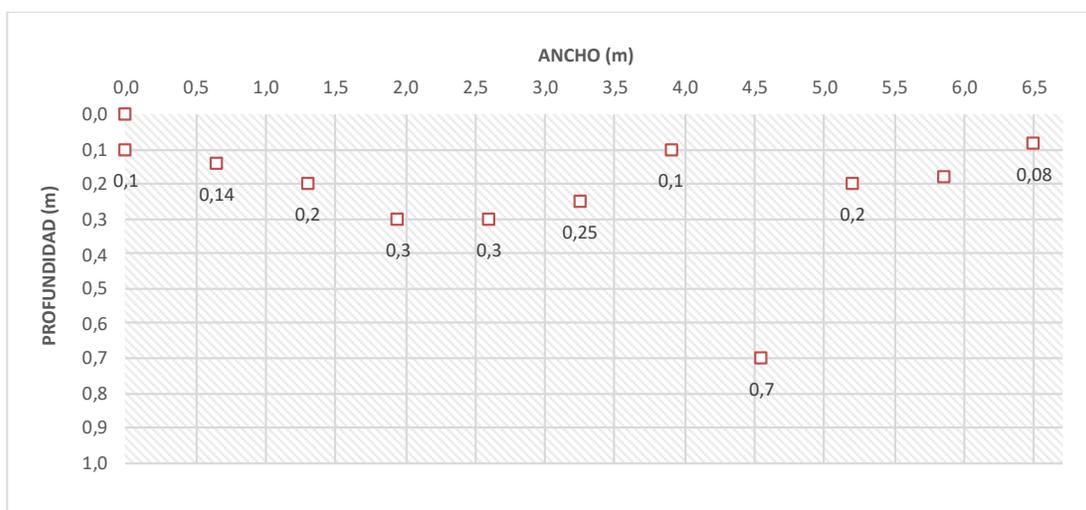


Figura 5.1-64 Perfil Quebrada Doima (E4).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada San Javier (E5)**

En la Tabla 5.1-46 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada San Javier (E5)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 3,70 m, velocidad media de 0,08 m/s y velocidad máxima de 0,2 m/s. La estación **Quebrada San Javier (E5)** reporta un caudal de 201 L/s o 0,201 m³/s.

Tabla 5.1-46 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada San Javier (E5)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,00	0,00
2	0,37	0,20	0,10	0,0	0,00	0,00
3	0,74	0,28	0,14	0,0	0,00	0,00
4	1,11	0,39	0,20	0,0	0,00	0,00
5	1,48	0,44	0,22	0,0	0,00	0,05
6	1,85	0,50	0,25	0,1	0,10	0,15
7	2,22	0,55	0,11	0,2	0,20	0,10
8	2,22	0,55	0,44	0,0	0,00	0,15
9	2,59	0,57	0,14	0,3	0,30	0,20
10	2,59	0,57	0,46	0,1	0,10	0,15
11	2,96	0,50	0,25	0,2	0,20	0,15
12	3,33	0,49	0,24	0,10	0,10	0,05
13	3,70	0,32	0,16	0,00	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

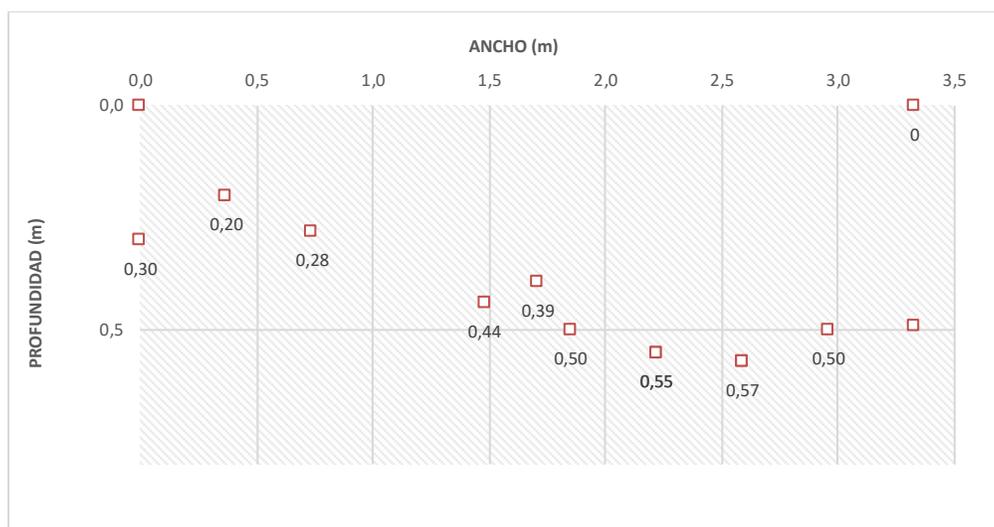


Figura 5.1-65 Perfil Quebrada San Javier (5).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Opia (E6)**

En la Tabla 5.1-47 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Opia (E6)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 5,0 m, velocidad media de 0,19 m/s y velocidad máxima de 0,35 m/s. La estación **Quebrada Opia (E6)** reporta un caudal de 952,125 L/s o 0,952 m³/s.

Tabla 5.1-47 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Opia (E6)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,25	0,13	0,0	0,00	0,05
2	0,50	0,33	0,16	0,1	0,10	0,20
3	1,00	0,34	0,17	0,3	0,30	0,35
4	1,50	0,29	0,15	0,4	0,40	0,35
5	2,00	0,36	0,18	0,3	0,30	0,25
6	2,50	0,45	0,23	0,2	0,20	0,25
7	3,00	0,54	0,11	0,3	0,30	0,20
8	3,00	0,54	0,43	0,1	0,10	0,10
9	3,50	0,65	0,13	0,1	0,10	0,10
10	3,50	0,65	0,52	0,1	0,10	0,10
11	4,00	0,65	0,13	0,1	0,10	0,10
12	4,00	0,65	0,52	0,1	0,10	0,15
13	4,50	0,58	0,12	0,2	0,20	0,15
14	4,50	0,58	0,46	0,1	0,10	0,20
15	5,00	0,22	0,11	0,3	0,30	0,30

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

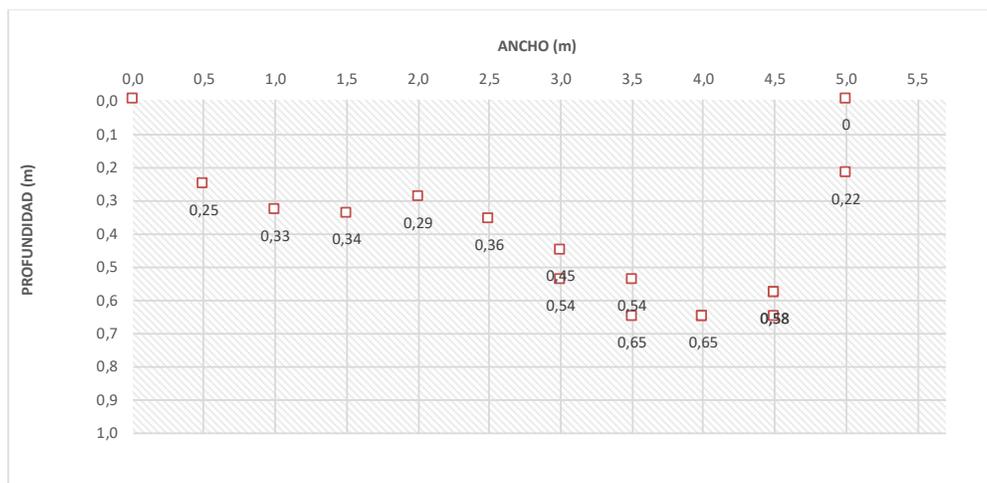


Figura 5.1-66 Perfil Quebrada Opia (E6).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Opia (E7)**

En la Tabla 5.1-48 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Opia (E7)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 10 m, velocidad media de 0,13 m/s y velocidad máxima de 0,25 m/s. La estación Quebrada Opia (E7) reporta un caudal de 698,75 L/s o 0,699m³/s.

Tabla 5.1-48 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Opia (E7)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,50	0,25	0,1	0,10	0,20
2	1,00	0,55	0,11	0,3	0,30	0,25
3	1,00	0,55	0,44	0,2	0,20	0,25
4	2,00	0,38	0,19	0,3	0,30	0,25
5	3,00	0,27	0,13	0,2	0,20	0,15
6	4,00	0,22	0,11	0,1	0,10	0,10
7	5,00	0,21	0,10	0,1	0,10	0,10
8	6,00	0,29	0,14	0,1	0,10	0,15
9	7,00	0,28	0,14	0,2	0,20	0,10
10	8,00	0,25	0,12	0,0	0,00	0,00

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
11	9,00	0,29	0,14	0,0	0,00	0,00
12	10,00	0,30	0,15	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

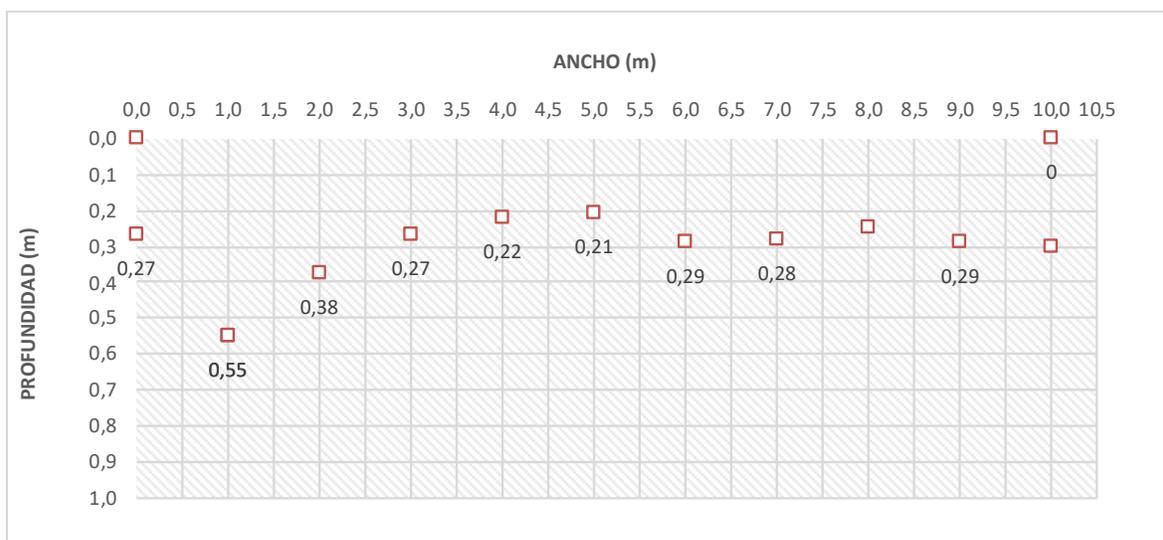


Figura 5.1-67 Perfil Quebrada Opia (E7).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada San Javier (E8)**

En la Tabla 5.1-49 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada San Javier (E8)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 3,0 m, velocidad media de 0,06 m/s y velocidad máxima de 0,1 m/s. La estación **Quebrada San Javier (E8)** reporta un caudal de 92,4 L/s o 0,092 m³/s.

Tabla 5.1-49 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada San Javier (E8)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,8	0,00	0,0	0,00	0,00

Ibagué y Piedras (Tolima)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
2	0,30	0,11	0,10	0,0	0,00	0,05
3	0,60	0,22	0,11	0,1	0,10	0,10
4	0,90	0,28	0,14	0,1	0,10	0,10
5	1,20	0,34	0,17	0,1	0,10	0,10
6	1,50	0,32	0,16	0,1	0,10	0,10
7	1,80	0,34	0,17	0,1	0,10	0,10
8	2,10	0,34	0,17	0,1	0,10	0,10
9	2,40	0,28	0,19	0,1	0,10	0,05
10	2,70	0,16	0,10	0,0	0,00	0,00
11	3,00	0,90	0,0	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

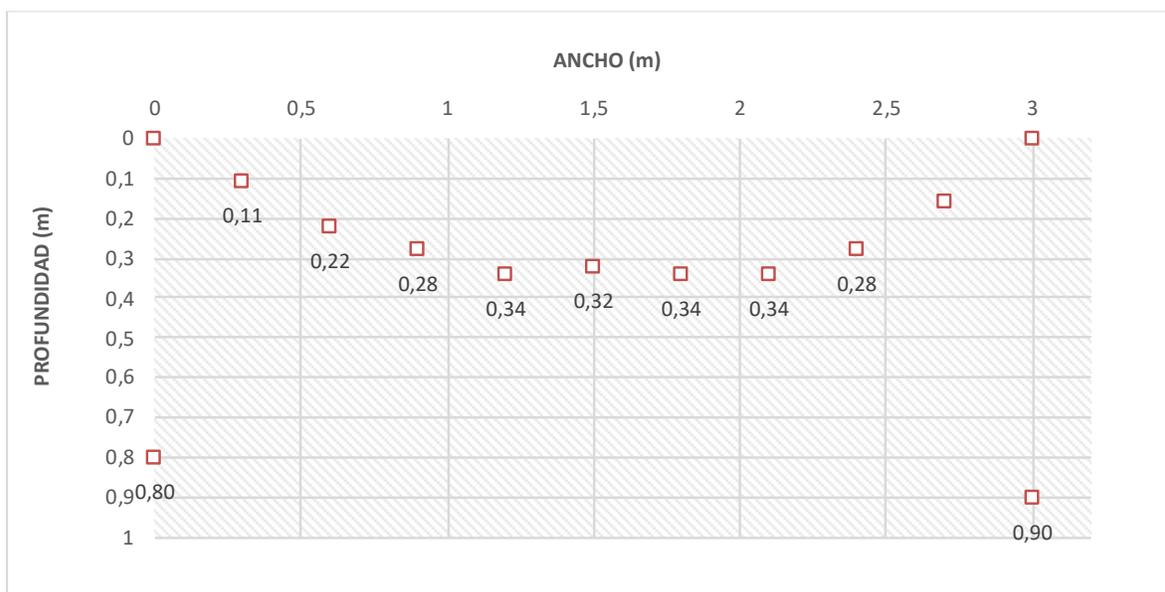


Figura 5.1-68 Perfil Quebrada San Javier (E8).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Doima (E10)**

En la Tabla 5.1-50 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada Doima (E10)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 6,00 m, velocidad media de 0,18 m/s y velocidad máxima de 0,4 m/s. La estación **Quebrada Doima (E10)** reporta un caudal de 284,1 L/s o 0,284 m³/s.

Tabla 5.1-50 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Doima (E10)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,8	0,00	0,0	0,00	0,00
2	0,60	0,11	0,10	0,00	0,00	0,05
3	1,20	0,27	0,13	0,1	0,10	0,15
4	1,80	0,30	0,15	0,2	0,20	0,20
5	2,40	0,20	0,10	0,2	0,20	0,20
6	3,00	0,14	0,10	0,2	0,20	0,30
7	3,60	0,13	0,10	0,4	0,40	0,40
8	4,20	0,13	0,10	0,4	0,40	0,30
9	4,80	0,11	0,10	0,2	0,20	0,25
10	5,40	0,13	0,10	0,3	0,30	0,15
11	6,00	0,08	0,00	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

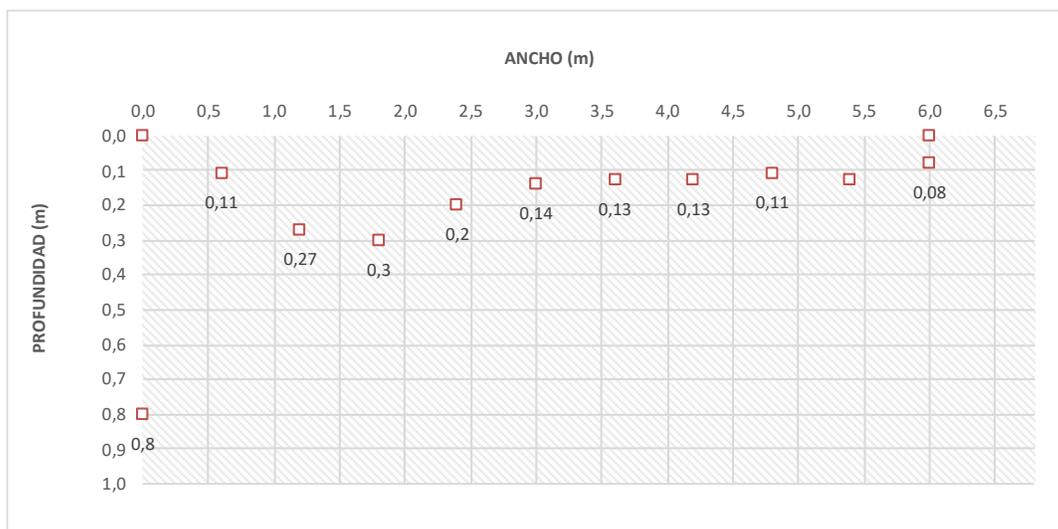


Figura 5.1-69 Perfil Quebrada Doima (E10).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada Armadillos (E11)**

La estación de monitoreo **Quebrada Armadillos (E11)** tiene un ancho superficial aproximado de 2,30 m, reportando un valor de velocidad inferior al límite de detección del micromolinet (0,1 m/s), razón por la cual el caudal reportado se indica con el signo menor a <0,1 L/s o <0,1 m³/s (Tabla 5.1-51).

Tabla 5.1-51 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada Armadillos (E11)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,20	0,10	0,0	0,00	0,00
2	0,23	0,30	0,15	0,0	0,00	0,00
3	0,46	0,34	0,17	0,0	0,00	0,00
4	0,69	0,34	0,17	0,0	0,00	0,00
5	0,92	0,33	0,17	0,0	0,00	0,00
6	1,15	0,30	0,15	0,0	0,00	0,00
7	1,38	0,28	0,14	0,0	0,00	0,00
8	1,61	0,25	0,13	0,0	0,00	0,00
9	1,83	0,26	0,13	0,0	0,00	0,00
10	2,06	0,24	0,12	0,0	0,00	0,00

11	2,30	0,11	0,10	0,0	0,00	0,00
----	------	------	------	-----	------	------

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

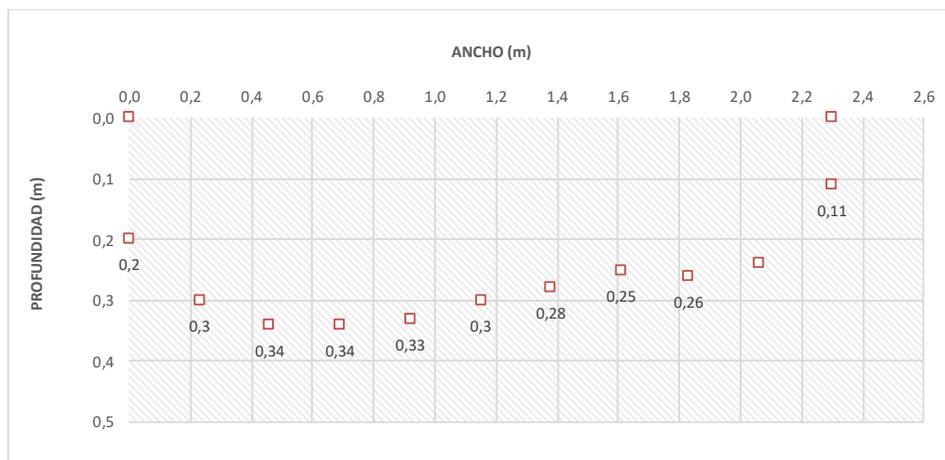


Figura 5.1-70 Perfil Quebrada Armadillos (E11).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada San Guaico (E12)**

En la Tabla 5.1-52 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada San Guaico (E12)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 3,40 m, velocidad media de 0,01 m/s y velocidad máxima de 0,05 m/s. La estación **Quebrada San Guaico (E12)** reporta un caudal de 13,0 L/s o 0,013 m³/s.

Tabla 5.1-52 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada San Guaico (E12)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,8	0,00	0,0	0,00	0,00
2	0,34	0,14	0,10	0,0	0,00	0,00
3	0,68	0,22	0,11	0,0	0,00	0,00
4	1,02	0,22	0,11	0,0	0,00	0,00
5	1,36	0,27	0,13	0,0	0,00	0,05
6	1,70	0,25	0,12	0,1	0,10	0,05
7	2,04	0,24	0,12	0,0	0,00	0,00
8	2,38	0,24	0,12	0,0	0,00	0,00

9	2,72	0,12	0,10	0,0	0,00	0,00
10	3,06	0,12	0,10	0,0	0,00	0,00
11	3,40	0,10	0,10	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

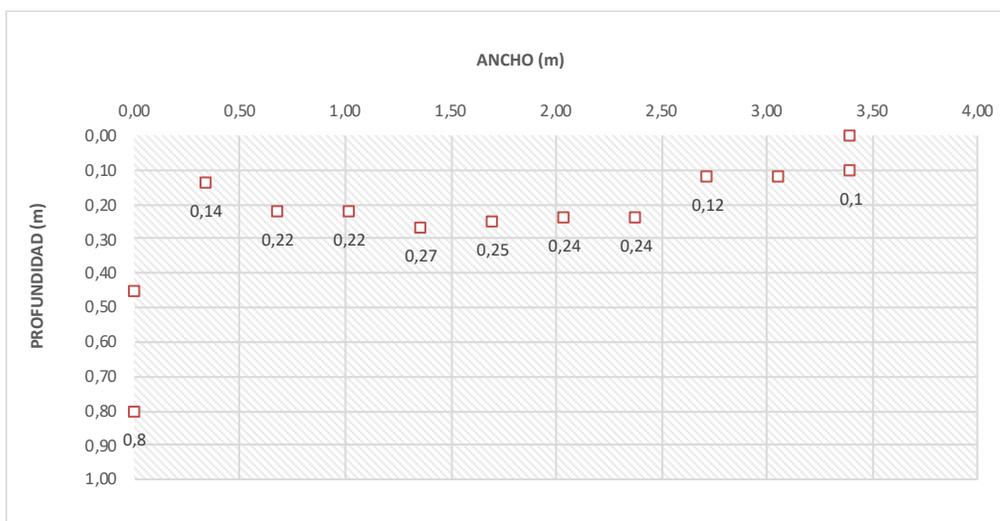


Figura 5.1-71 Perfil Quebrada San Guaico (E12).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada La Perica (E13)**

En la Tabla 5.1-53 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada La Perica (E13)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial aproximado de 8 m, velocidad media de 0,29 m/s y velocidad máxima de 0,60 m/s. La estación **Quebrada La Perica (E13)** reporta un caudal de 1196 L/s o 1,196 m³/s.

Tabla 5.1-53 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada La Perica (E13)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,20	0,10	0,4	0,40	0,35

Ibagué y Piedras (Tolima)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
2	0,80	0,22	0,11	0,3	0,30	0,45
3	1,60	0,30	0,15	0,6	0,60	0,60
4	2,40	0,37	0,18	0,6	0,60	0,40
5	3,20	0,30	0,15	0,2	0,20	0,25
6	4,00	0,37	0,18	0,3	0,30	0,40
7	4,80	0,30	0,15	0,5	0,50	0,40
8	5,60	0,40	0,20	0,3	0,30	0,21
9	6,40	0,40	0,20	0,1	0,11	0,11
10	7,20	0,20	0,10	0,1	0,10	0,05
11	8,00	0,25	0,13	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

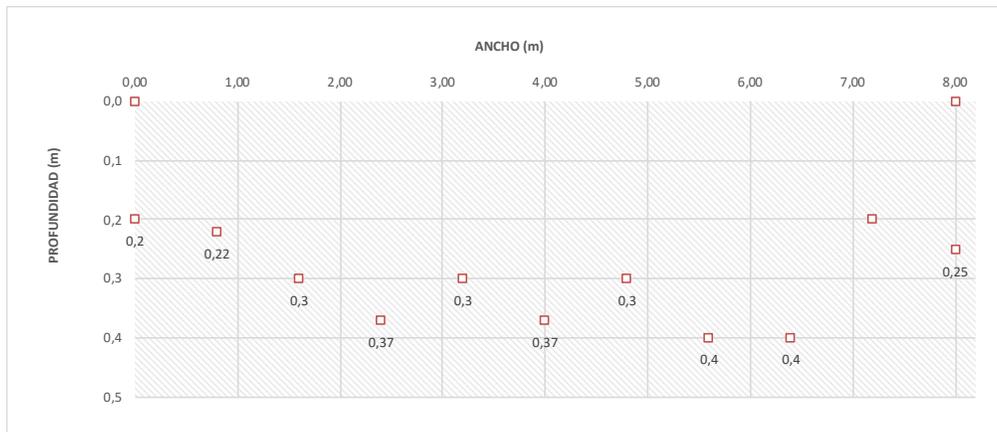


Figura 5.1-72 Quebrada La Perica (E13).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- **Quebrada La Barbona (E14)**

En la Tabla 5.1-54 se presentan las distancias de las secciones parciales del punto de monitoreo "Quebrada La Barbona (E14)". El cuerpo lótico tiene un ancho superficial

aproximado de 1,30 m, velocidad media de 0,02 m/s y velocidad máxima de 0,10 m/s. La estación **Quebrada La Barbona (E14)** reporta un caudal de 8,255 L/s o 0,008 m³/s.

Tabla 5.1-54 Distancias de cada una de las secciones parciales, profundidad, velocidad media en cada vertical para la estación Quebrada La Barbona (E14)

No.	DISTANCIAS DESDE ORILLA (m)	PROFUNDIDADES (m)		VELOCIDADES (m/s)		
		P Total	P Aforo	VP	VMV	VM
1	0,0	0,5	0,00	0,0	0,00	0,00
2	0,13	0,18	0,10	0,0	0,00	0,05
3	0,26	0,20	0,10	0,1	0,10	0,10
4	0,39	0,23	0,12	0,1	0,10	0,05
5	0,52	0,26	0,13	0,0	0,00	0,00
6	0,65	0,29	0,14	0,0	0,00	0,00
7	0,78	0,29	0,14	0,0	0,00	0,00
8	0,91	0,25	0,13	0,0	0,00	0,00
9	1,04	0,25	0,13	0,0	0,00	0,00
10	1,17	0,23	0,12	0,0	0,00	0,00
11	1,30	0,16	0,10	0,0	0,00	0,00

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

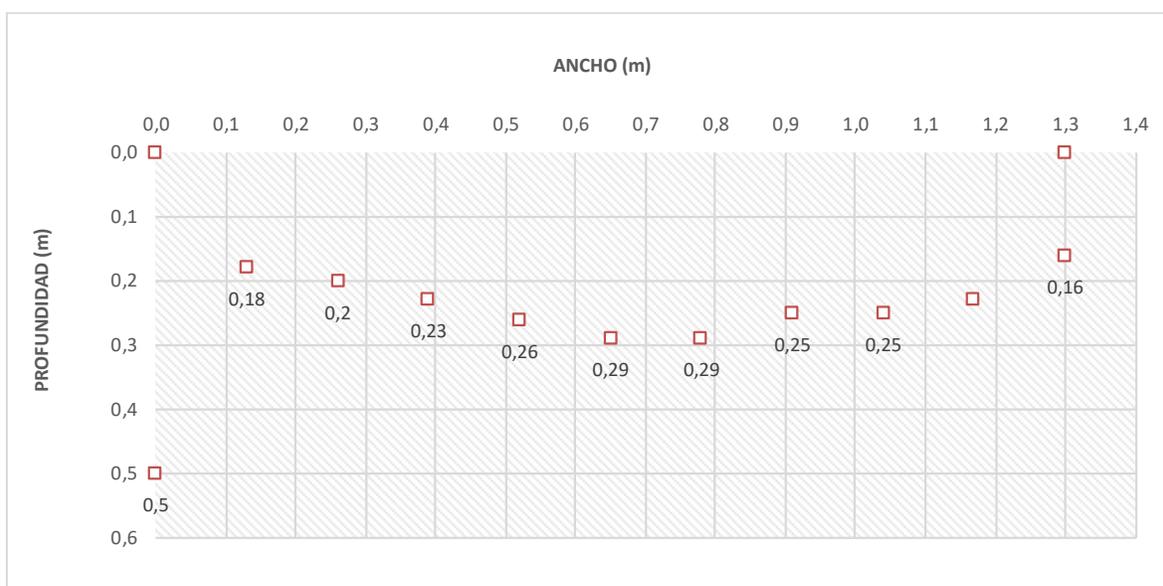


Figura 5.1-73 Quebrada La Barbona (E14).

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.4 Análisis comparativo entre épocas climáticas

Se realiza la comparación entre los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para las dos temporadas climáticas (lluvia y seca) en la zona de estudio (Ibagué y Piedras - Tolima). Los dos monitoreos fueron ejecutados por Biota Consultoria y Medio Ambiente S.A.S. Es importante señalar que para el monitoreo realizado en la temporada de lluvias para el punto Léntico 1 (L1) no fue posible la toma de muestra ya el cuerpo de agua se encontraba seco, al igual que para la época seca los puntos Quebrada Armadillos (E9) y Léntico 1 (L1) se encontraron secos en el momento del monitoreo.

5.1.7.1.4.1 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

La **Temperatura** registrada en las diferentes submuestras para la época lluviosa presentó valores entre 21,10°C y 28,2 °C. En relación con la época seca se evidenciaron valores que oscilaron entre 19,2 °C y 25,7°C. Los resultados son acordes a las condiciones climatológicas presentes en el área de influencia en cada época de muestreo, no se observan alteraciones térmicas por la variación considerable entre los registros. El Decreto 1076 de 2015 en sus artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.2.3.3.9.10, no establece límites máximos permisibles para la variable en mención, por lo que no se emite un juicio de cumplimiento normativo al respecto.

El **Oxígeno Disuelto** reportó para la época lluviosa un valor mínimo de 5,05 mgO₂/L y un valor máximo de 7,89 mgO₂/L; para la época seca, los valores presentaron una fluctuación entre 3,08 mgO₂/L y 7,69 mgO₂/L. La variación observada en las concentraciones de este parámetro entre cada época climática se atribuye a la relación área superficie, área-profundidad y el periodo del año analizado (Baptiste et al., 2011 en Suarez Castillo, 2011), además podría ser influenciada por la temperatura del agua, lo que representa el mantenimiento de las condiciones naturales de los cuerpos de agua en los puntos evaluados a lo largo de los monitoreos y el consumo del oxígeno por los

organismos acuáticos. Se observaron menores concentraciones en los cuerpos de agua de tipo léntico, condición relacionada con la ausencia de flujo y la acumulación de material vegetal. En cuanto a la comparación normativa, se evidenció que, todas las estaciones evaluadas se encuentran por encima del límite mínimo de OD establecido en el artículo 2.2.3.3.9.10 para agua cálida dulce (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015, indicando que las aguas presentan buenas condiciones para la preservación de flora y fauna, a excepción de la submuestra 1 de la estación Quebrada San Guaico (E12) para la cual se registró una concentración de 3,08 mg/L.

Para el **pH** se determinó una mayor representatividad de las condiciones alcalinas en ambas épocas climáticas, con un valor mínimo de 7,27 Unidades y un valor máximo de 8,76, para la época lluviosa; en cuanto a la época seca se obtuvieron registros entre 6,6 unidades y 8,67 unidades. Debido a que las épocas climáticas (seca y lluviosa) suponen cambios en la temperatura del agua y dada la relación de esta medida con el pH, al alterar las constantes de disociación de las sustancias, se implica entonces que el pH varíe en función de la temperatura por lo que se presentaron estos ligeros cambios naturales entre épocas. Se observa cumplimiento normativo frente a los criterios de calidad establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015, no obstante, algunas submuestras se encontraron por debajo del rango mínimo establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4, por lo que es necesario que se lleve a cabo un tratamiento de tipo convencional si se desea destinar el recurso con fines de consumo humano y/o doméstico.

La **Conductividad Eléctrica** presentó su menor valor en la estación Léntico 3 (L3) (110,6 $\mu\text{S/cm}$) y su mayor valor en la estación Quebrada Opia (E6) (927 $\mu\text{S/cm}$) en época lluviosa, mientras que para la época seca se obtuvieron valores entre 156 $\mu\text{S/cm}$ (Léntico 4 (L4)) y 536 $\mu\text{S/cm}$ (Quebrada San Guaico (E12)). Lo anterior refleja una amplia variabilidad de concentraciones, relacionada con la pluviosidad diferencial entre épocas climáticas y la composición fisicoquímica de los lechos en cada cuerpo de agua.

Sin embargo, aunque este parámetro no tiene concentraciones especificadas para cumplimiento en la norma base de referencia para este estudio, algunos autores reportan que la conductividad repercute en las diversidades de las especies, por lo que su medición en los cuerpos de agua superficial es importante (Roldán, 2003).

Los **Sólidos Disueltos Totales** reportaron concentraciones en la época lluviosa que oscilaron entre 138 mg/L en la Quebrada La Barbona (E14) y 282 mg/L en la Quebrada San Javier (E2); entre tanto, para la época seca se determinaron concentraciones que variaron en un rango entre 118 mg/L en el cuerpo de agua Léntico 4 y 322 mg/L en la Quebrada San Guaico (E12), como se evidencia en la Figura 5.1-74 , en la mayoría de las estaciones hay una tendencia de aumento del parámetro en época lluviosa, comportamiento posiblemente relacionado con el aumento en el arrastre de materiales del lecho en los cuerpos de agua de tipo lótico y la re-suspensión de sales y sólidos en disolución por causa de la mezcla horizontal de las aguas en los cuerpos de tipo lentic. El Decreto 1076 de 2015 no establece límites máximos permisibles en ninguno de los artículos de comparación en el presente estudio (2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10).

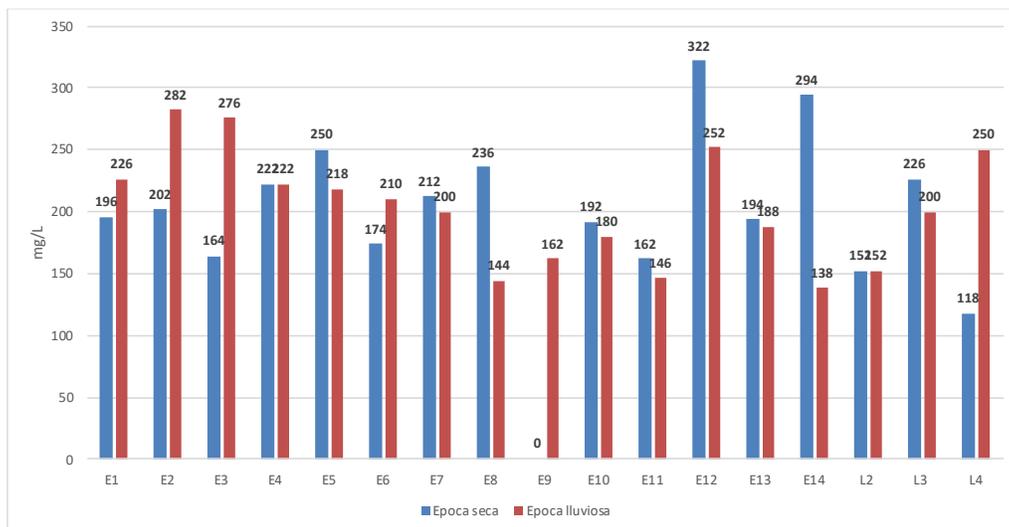


Figura 5.1-74 Comparación de los sólidos disueltos entre las épocas climáticas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

Los **cloruros** mostraron concentraciones para la época seca que fluctuaron entre el límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en laboratorio para su determinación (<9,9 mg/L) en la estación Léntico 2 (L2) y 54 mg/L en la Quebrada La Barbona (E14) (Figura 5.1-75). Para la época lluviosa se observó una disminución en las concentraciones del parámetro, mostrando un valor mínimo inferior al límite de cuantificación (<9,9 mg/L) en varias estaciones y un valor máximo de 20,4 mg/L en la Quebrada La Barbona (E14). Las concentraciones en la totalidad de puntos, en ambas épocas, cumplen con el límite máximo permisible establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5 (250 mg/L).

Así mismo, los **sulfatos** presentaron concentraciones en época seca que variaron desde 19,5 mg/L en el cuerpo de agua Léntico 6 (L4) hasta 54,6 mg/L en la Quebrada San Javier (5); en cuanto a la época lluviosa se determinó un valor mínimo inferior al límite de la técnica analítica (<5,0 mg/L) y un valor máximo de 31,7 mg/L en la Quebrada San Guaico (E12) (Figura 5.1-76), por lo que ninguna de las estaciones monitoreadas exceden el límite establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 (400 mg/L). Tanto los cloruros como los sulfatos se encuentran relacionados con la naturaleza geoquímica de las cuencas, por la actividad agrícola y puede llegar a incrementarse por influencia humana debido a la generación de excrementos.

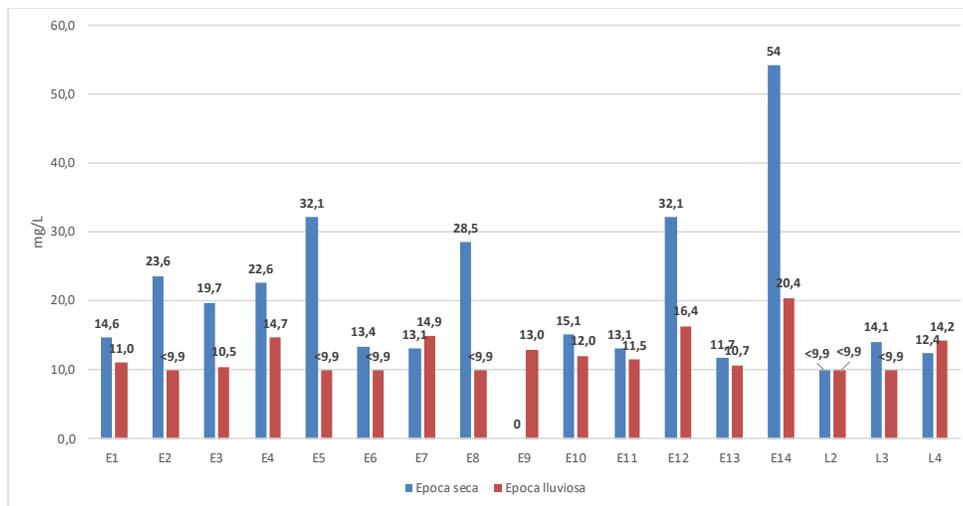


Figura 5.1-75 Comparación de los cloruros entre las épocas climáticas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

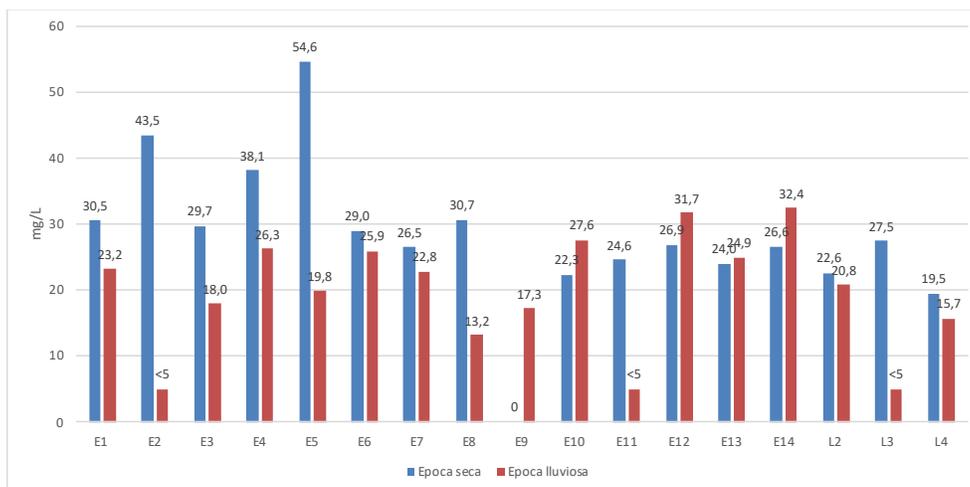


Figura 5.1-76 Comparación de los sulfatos entre las épocas climáticas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

A pesar de que los sólidos no presentan límites en la normatividad ambiental, influyen en el grado de turbidez de las aguas, y son considerados un tipo de contaminación, pues pueden afectar los procesos fotosintéticos que realizan las plantas acuáticas. Dentro de los factores que pueden influir en el contenido de materiales suspendidos registrados son la estacionalidad, la hidrología, la erosión, la actividad agropecuaria y la contaminación (Wetzel y Likens, 2000). En este sentido la **Turbiedad**, en la época seca, reportó un valor mínimo de 9 NTU equivalente a 0,477 UJT en la Quebrada Doima (E10) y un valor máximo de 159 NTU, equivalente a 8,427 UJT en la Quebrada Opia (E6). Para la época lluviosa se obtuvieron valores entre 8,7 NTU, equivalente a 0,4611 UJT en la Quebrada San Guaico (E12) y 457 NTU equivalente a 24,221 UJT en la Quebrada Doima (E10) (Figura 5.1-77). En ese sentido, se evidencia un aumento de la Turbidez durante la época lluviosa y tanto para la época lluviosa como para la seca, se excedió el límite máximo permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015.

Ibagué y Piedras (Tolima)

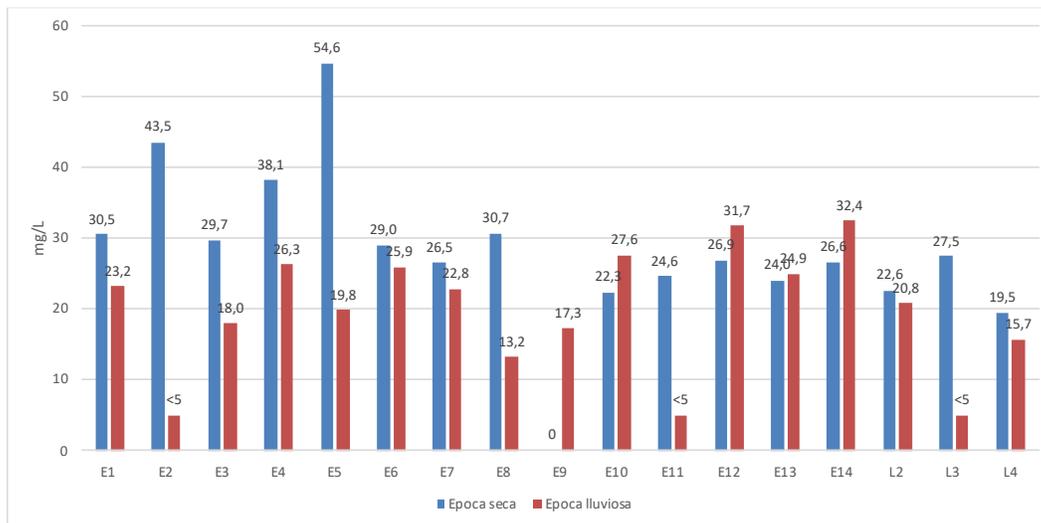


Figura 5.1-77 Comparación de turbidez entre las épocas climáticas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Respecto a los **sólidos suspendidos**, este parámetro arrojó un valor inferior al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada (<10 mg/L) para la estación Quebrada San Javier (E8) y un valor máximo de 296 mg/L (Quebrada Opia (E3)) en época seca; para el caso de la época lluviosa se determinaron registros entre <10 mg/L para 4 de las estaciones monitoreadas y 505 mg/L en la Quebrada Doima (E10) (Figura 5.1-78).

Ibagué y Piedras (Tolima)

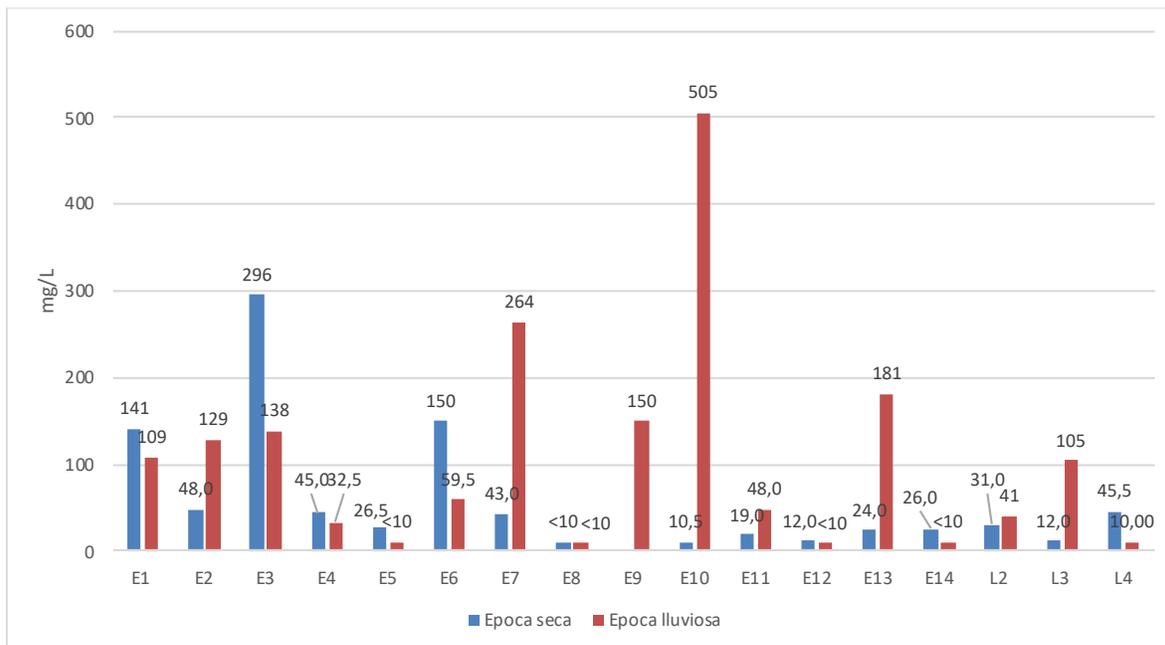


Figura 5.1-78 Comparación de los sólidos suspendidos entre las épocas climáticas
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Los **sólidos sedimentables** presentaron registros bajos en ambas épocas con valores que oscilaron entre <0,1 mL/L en la mayoría de los puntos y 1,0 mL/L (época seca) y 1,60 mL/L (época lluviosa) (Figura 5.1-79). La variación entre épocas climáticas puede estar atribuida a los cambios en los niveles de precipitación y el aumento o disminución en el arrastre del lecho o ingreso de materiales aloctonos. Con relación a la normatividad el Decreto 1076 de 2015 no establece límites máximos permisibles en ninguno de los artículos de comparación (2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10).

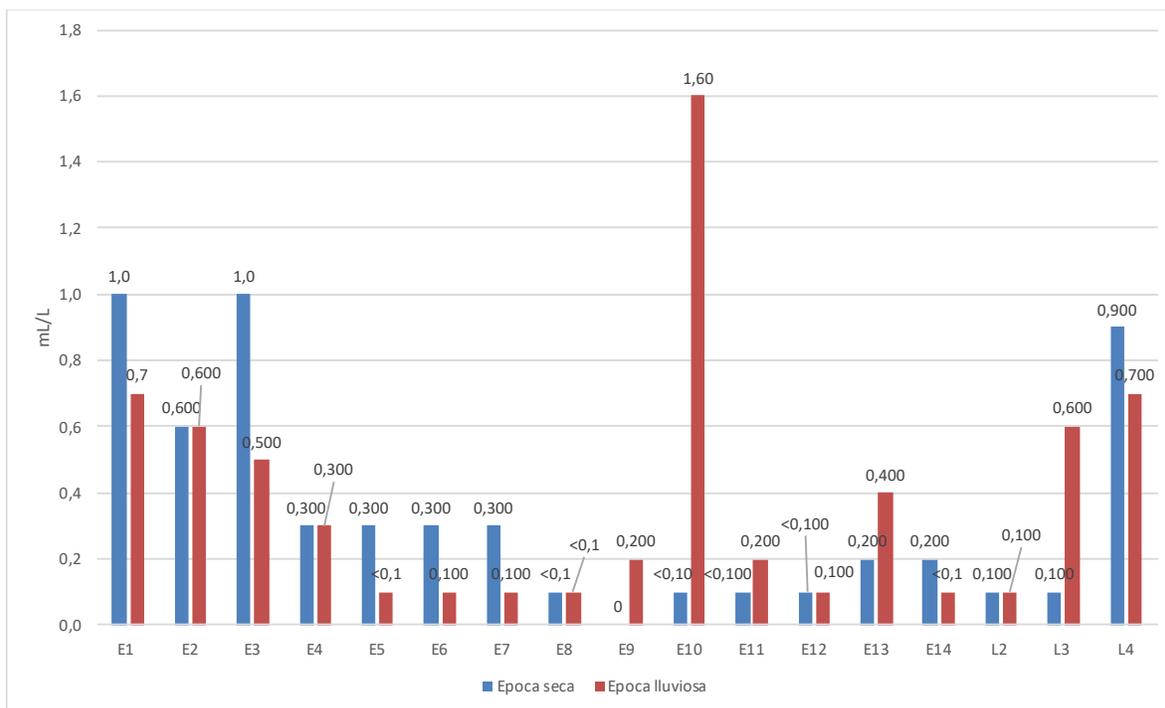


Figura 5.1-79 Comparación de los sólidos sedimentables entre las épocas climáticas
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En cuanto a los resultados obtenidos para el parámetro **Nitrógeno Total Kjeldahl**, se registraron concentraciones por debajo del límite cuantificable por la técnica analítica empleada en laboratorio para su determinación (<3,00 mg N/L) para la mayoría de las estaciones monitoreadas, a excepción de la Quebrada Doima (E1), la Quebrada San Javier (E2) y Quebrada Doima (E4) en la época seca, donde se registraron valores de 4,91 mg N/L, 4,37 mg N/L y 3,28 mg N/L, respectivamente. Mientras que para la época lluviosa la totalidad de muestras analizadas, registraron concentraciones por debajo del límite cuantificable por la técnica analítica empleada en laboratorio para su determinación (<3,00 mg N/L).

El **Fósforo Total** reportó concentraciones de 0,130 mg P/L y 0,792 mg P/L para la época lluviosa, mientras que, para la época seca, se registraron valores entre 0,158 mg P/L y 0,897 mg P/L (Figura 5.1-80), infiriendo condiciones eutróficas en todas las estaciones de monitoreo.

Ibagué y Piedras (Tolima)

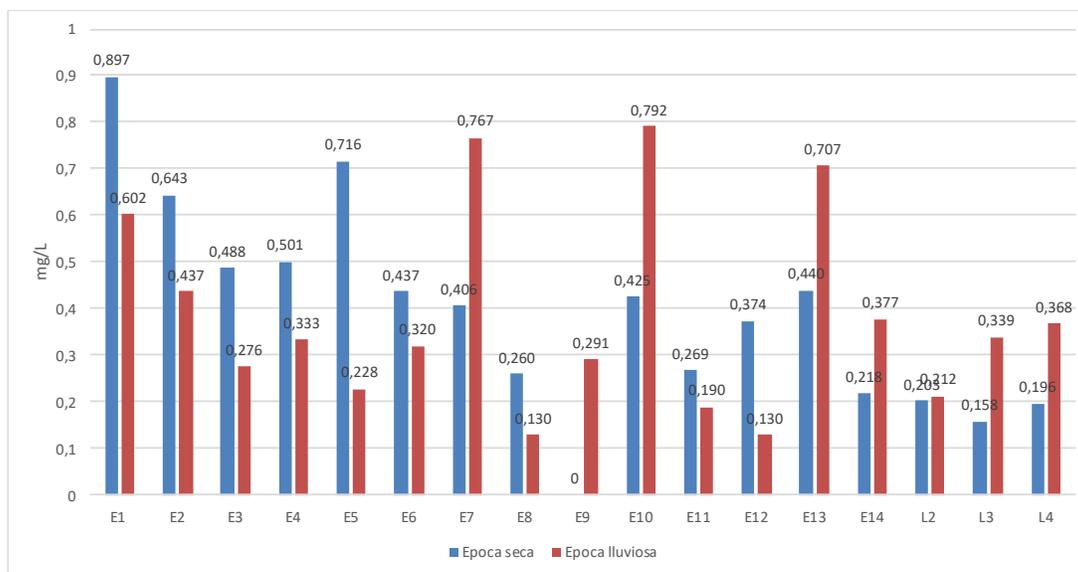


Figura 5.1-80 Comparación del fósforo total entre las épocas climáticas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La **DBO5**, reportó concentraciones, en la mayoría de los puntos analizados, inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en laboratorio para su determinación (<5,0 mgO₂/L), en ambas temporadas, sin embargo, las mayores concentraciones obtenidas corresponden a 8,26 mgO₂/L en la Quebrada Doima (E1) (época lluviosa) y 7,75 mgO₂/L en la Quebrada San Javier (E2) (época seca). La **DQO** presenta una situación similar a la anteriormente descrita, con concentraciones inferiores al límite de cuantificación de la técnica (<5,0 mgO₂/L) en la mayoría de las estaciones en ambos periodos climáticos, donde la concentración máxima fue de 36,5 mg/L en la estación Léntico 3 (L3) (época seca) y 39,2 mg/L en la estación Quebrada Doima (E1) (época lluviosa). Este comportamiento permite deducir que hay cierta variabilidad en el grado de contaminación orgánica según las condiciones que se presenten en las distintas épocas, producto posiblemente del arrastre de material orgánico que llega a estos cuerpos de agua. Con respecto a la comparación normativa, el Decreto 1076 de 2015 no estipula criterios de calidad en ninguno de los artículos de comparación del presente estudio (2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10)

Los compuestos orgánicos tales como los **Tensoactivos (SAAM) y Fenoles Totales**, reportaron concentraciones inferiores a los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas para su análisis en la totalidad de puntos monitoreados en cada época climática. De esta manera se considera que no existen afectaciones relacionadas con estos compuestos en ninguno de los puntos evaluados, a lo largo del tiempo de monitoreo. A partir de lo anterior, fue posible concluir que se presenta total cumplimiento frente a los límites máximos permisibles contemplados en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015, para los casos en los que aplica.

Respecto al contenido de **Grasas y Aceites** se registraron concentraciones inferiores a los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas para su análisis (<0,200 mg/L) y 0,914 mg/L durante la época seca, mientras que para la época lluviosa se registraron valores entre el límite de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas para su análisis (<0,200 mg/L) y 1,76 mg/L (Figura 5.1-81). conforme a estos resultados se puede decir que las estaciones de monitoreo evaluadas que presentaron concentraciones inferiores al límite de cuantificación cumplen con lo establecido en el artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015.

Para los **Hidrocarburos Totales** se registraron concentraciones inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada para su análisis (<0,2 mg/L) en la mayoría de las estaciones monitoreadas en ambos periodos climáticos, sin embargo, la estación Quebrada San Javier (E8) presentó una concentración de hidrocarburos totales de 0,253 mg/L para la época seca y de 0,326 mg/L para la época lluviosa, al igual que la estación Quebrada La Perica (E13) donde para la época seca se registró un valor de 0,205 mg/L, mientras que para la época lluviosa fue de 0,231 mg/L, evidenciando así una tendencia hacia el aumento durante el periodo de lluvias.

Ibagué y Piedras (Tolima)

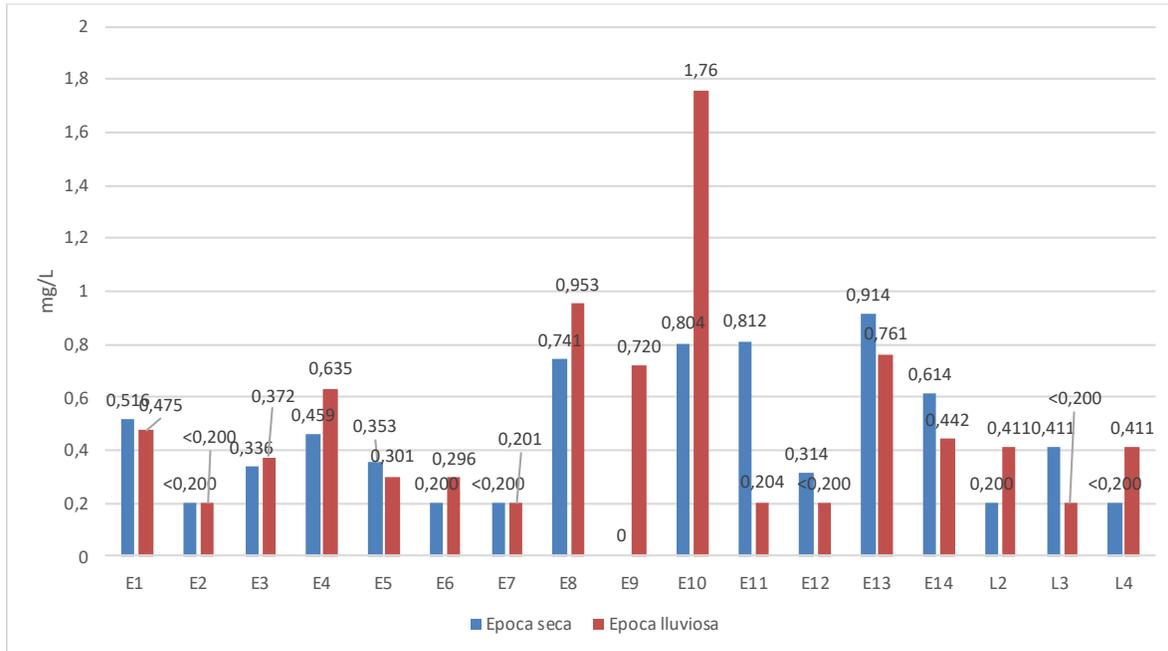


Figura 5.1-81 Comparación de las Grasas y Aceites entre las épocas climáticas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El **Potasio** mostró una tendencia de aumento, con valores que oscilaron entre 3,74 mg/L (Quebrada Opia (E6)) y 31 mg/L (Quebrada San Guaico (E12)) en época seca, por otro lado, en la época lluviosa se determinaron concentraciones desde 3,17 mg/L (Quebrada Opia (E6)) y 7,94 mg/L (Quebrada San Guaico (E12)) (Figura 5.1-82). Los resultados obtenidos son coherentes con la carga de sólidos disueltos y la conductividad obtenida en cada punto. Se aclara que la norma de referencia (Decreto 1076 de 2015, artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6, 2.2.3.3.9.7 y 2.2.3.3.9.8) no establece normas de calidad para este parámetro mencionado.

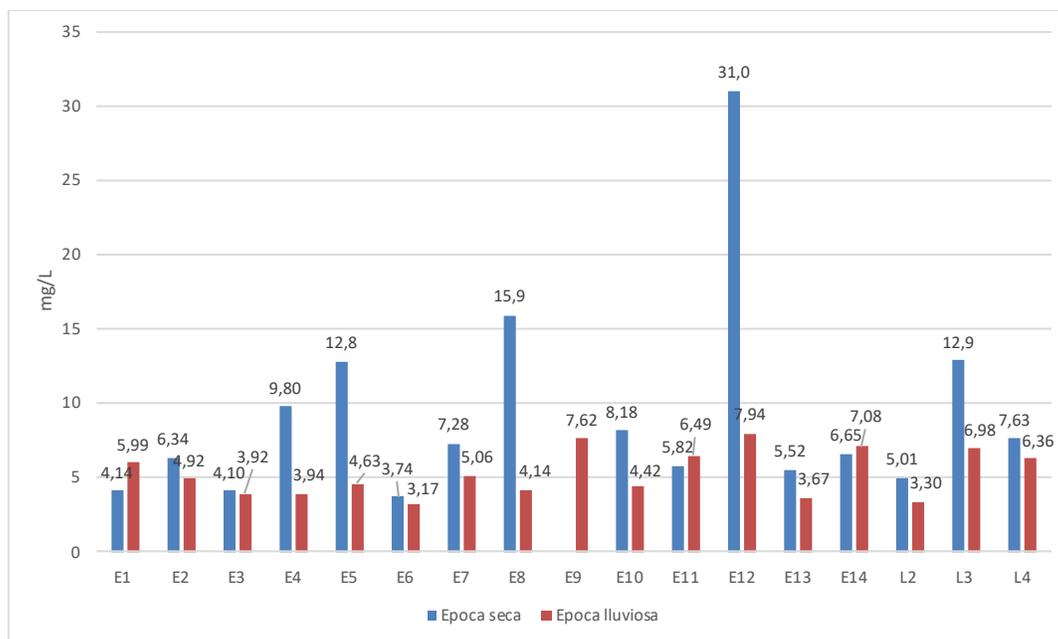


Figura 5.1-82 Comparación de los iones potasio entre las épocas climáticas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En cuanto a los parámetros microbiológicos analizados, las concentraciones de **Coliformes Totales** mostraron una alta variabilidad, con valores en época seca entre 1782 NMP/100mL en la Quebrada La Barbona (E14) y 241960 NMP/100ml en la Quebrada Opia (E6). Para la época de lluvias se obtuvo el menor valor en la estación Léntico 2 (L2) con 3130 NMP/100ml y el mayor valor en la Quebrada La Perica (E13) con 275500 NMP/100ml, valores que en su mayoría no cumplen con los límites establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (2000 NMP/100ml), 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.8 (5000 NMP/100ml), 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.7 (1000 NMP/100ml) del Decreto 1076 de 2015. En la Figura 5.1-83 se evidencia una tendencia hacia la disminución de los coliformes totales durante la época seca para la mayoría de las estaciones monitoreadas.

Por su parte, los **Coliformes Termotolerantes** (fecales), presentaron para las estaciones Léntico 2 (L2) y Léntico 3 (L3) valores inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio para su determinación, mientras que la estación Quebrada Opia (E3) registró el mayor valor con 111990 NMP/100ml, durante la época

Ibagué y Piedras (Tolima)

lluviosa. Mientras que para la época seca la estación Quebrada La Barbona (E14) registró el valor más bajo de coliformes con 714 NMP/100ml y la estación Quebrada Opia (E6) el valor más alto con 14170 NMP/100ml (Figura 5.1-84). Los resultados pueden estar relacionados las actividades de ganadería presentes en cercanías a los puntos evaluados.

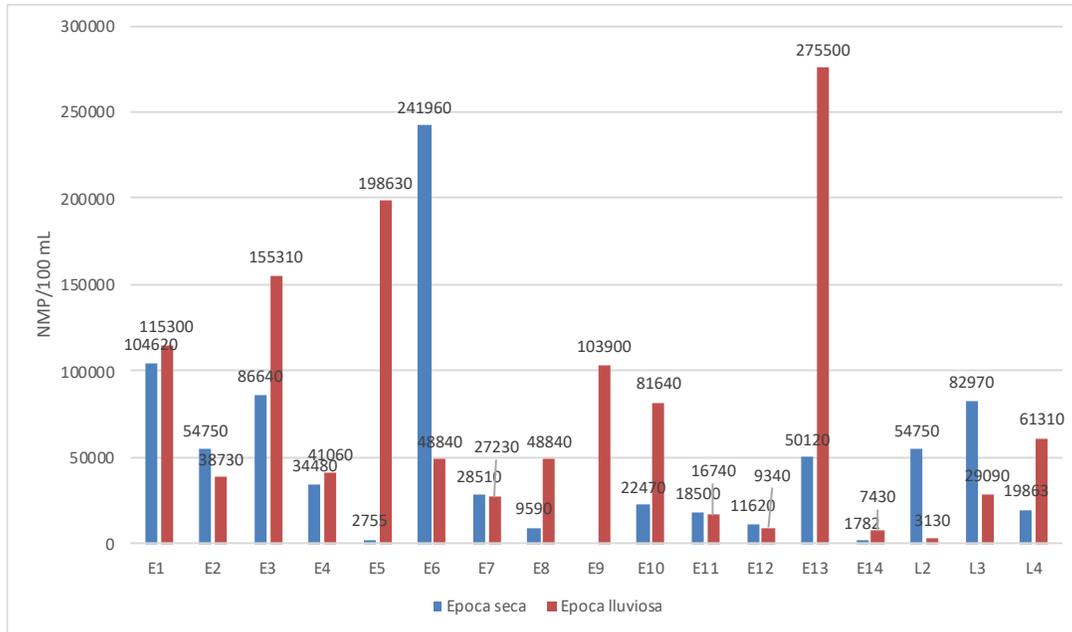


Figura 5.1-83 Comparación de Coliformes Totales entre las épocas climaticas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

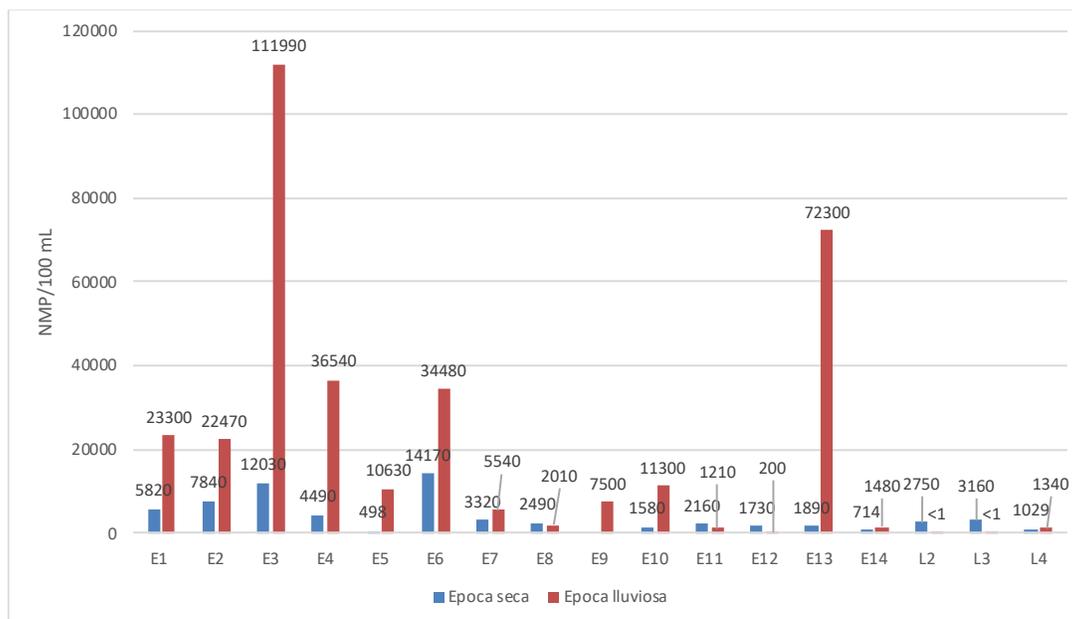


Figura 5.1-84 Comparación de los Coliformes fecales Termotolerantes (E. Coli) entre las épocas climáticas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.4.2 Índice de calidad del agua (ICA)

En la Tabla 5.1-55 se muestra el índice de calidad de agua de las diferentes estaciones de monitoreo evaluadas en las dos épocas climáticas, a nivel general se evidencia que los cuerpos de agua Quebrada Doima (E1), Quebrada Opia (E6), Quebrada San Guaico (E12), Quebrada La Perica (E13) y Quebrada La Barbona (E14) mantuvieron una calidad de agua "Mala" para ambas épocas climáticas, al igual que el Léntico 2 (L2) y el Léntico 3 (L3), los cuales presentaron una calidad de agua "Media" para las dos épocas climáticas. Respecto a los cuerpos de agua Quebrada San Javier (E2), Quebrada Opia (E3) y Léntico 4 (L4) se evidencio un cambio en la calidad del agua para la época seca, presentando una disminución del índice, fenómeno relacionado con el aumento en las concentraciones de sólidos disueltos (que aumentan el grado de mineralización) y de la disminución de las concentraciones de oxígeno disuelto en temporada de lluvias.

Tabla 5.1-55 Comparación del índice de calidad del agua (ICA/NFS) entre las épocas climáticas

Estación de monitoreo	Época climática			
	Lluviosa		Seca	
	ICA	Calificación	ICA	Calificación
Quebrada Doima (E1)	27,59	Mala	44,82	Mala
Quebrada San Javier (E2)	22,13	Muy mala	54,95	Media
Quebrada Opia (E3)	20,93	Muy mala	48,42	Mala
Quebrada Doima(E4)	38	Mala	55,34	Media
Quebrada San Javier (5)	37,53	Mala	63,29	Media
Quebrada Opia (E6)	39,86	Mala	47,3	Mala
Quebrada Opia (E7)	34,77	Mala	60,25	Media
Quebrada San Javier (E8)	35,88	Mala	65,02	Media
Quebrada Armadillos (E9)	35,98	Mala	-	-
Quebrada Doima (E10)	32,56	Mala	55,89	Media
Quebrada Armadillos (E11)	39,38	Mala	64,24	Media
Quebrada San Guaico (E12)	49,69	Mala	50,61	Mala
Quebrada La Perica (E13)	38,33	Mala	56,1	Mala
Quebrada La Barbona (E14)	47	Mala	49,17	Mala
Léntico 2 (L2)	58,49	Media	53,52	Media
Léntico 3 (L3)	61,99	Media	57,72	Media
Léntico 4 (L4)	44,33	Mala	55,33	Media

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.4.3 Índices de contaminación

En la Tabla 5.1-56 se muestra el índice de calidad de agua de las diferentes estaciones de monitoreo evaluadas en las dos épocas climáticas.

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO): Se observó, en general, un aumento de la contaminación por materia orgánica en las estaciones Quebrada San Javier (E2), Quebrada Opia (E3) y Quebrada San Guaico (E12) para la época seca, mientras que para las estaciones Quebrada Doima (E1), Quebrada San Javier (E5), Quebrada San

Javier (E8) y Quebrada Armadillos (E12) se presentó una disminución del índice para la época seca, vinculado, posiblemente, a que en la época de lluvias se da un aumento en el arrastre de material vegetal (raíces, ramas, hojarasca), el crecimiento de la vegetación acuática y la correspondiente disminución de los valores de oxígeno disuelto. Las demás estaciones de monitoreo presentaron un índice de contaminación ICOMO "Medio" en ambas épocas climáticas.

Índice de contaminación por pH (ICOpH): Este índice no presentó variaciones, mostrando un comportamiento constante para las dos épocas climáticas, pues se determinaron niveles muy bajos de contaminación en los puntos evaluados, a excepción del Léntico 2 (L2) en donde se observó una categoría de contaminación "media", siendo este el punto con el valor de pH más alto en ambas temporadas.

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS): A diferencia de los índices anteriormente mencionados, para este se pudo observar un aumento de los niveles de contaminación de "bajo" a "medio" para la estación Quebrada Doima (E1), de "bajo" a "muy alto" para la estación Quebrada Opia (E3), y de "ninguno" a "medio" para la estación Quebrada Opia (E6) durante la época seca. Mientras que las estaciones Quebrada San Javier (E2), Quebrada Opia (E7), Quebrada Doima (E10), Quebrada La Perica (E13) y Léntico 3 (L3) registraron una disminución considerable del ICOSUS para la época seca. Las demás estaciones de monitoreo presentaron un índice de contaminación muy bajo "ninguno" en ambas épocas climáticas.

Índice de contaminación Tráfico (ICOTRO): Este índice no mostró fluctuaciones considerables en las concentraciones de fósforo total obtenidas en cada estación de muestreo para las dos épocas climáticas, por lo que estos cuerpos de agua son considerados como Eutróficos.

Tabla 5.1-56 Comparación de los índices de contaminación entre las épocas climáticas

Código	Cuerpo de agua	Índices de contaminación						Lluviosa-seca
		ICOMO		ICOpH		ICOSUS		
		Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	
E1	Quebrada Doima	0,75	0,506	0,001	0,001	0,307	0,403	Eutrofia
E2	Quebrada San Javier	0,53	0,63	0,03	0,001	0,367	0,124	Eutrofia
E3	Quebrada Opia	0,53	0,675	0,03	0,001	0,394	0,868	Eutrofia
E4	Quebrada Doima	0,53	0,588	0,03	0,001	0,076	0,115	Eutrofia
E5	Quebrada San Javier	0,596	0,206	0,001	0,001	0,01	0,058	Eutrofia
E6	Quebrada Opia	0,58	0,488	0,001	0,03	0,157	0,43	Eutrofia
E7	Quebrada Opia	0,53	0,374	0,03	0,03	0,772	0,109	Eutrofia
E8	Quebrada San Javier	0,717	0,367	0,001	0,001	0,01	0,01	Eutrofia
E9	Quebrada Armadillos	0,613	-	0,001	-	0,43	-	Eutrofia
E10	Quebrada Doima	0,546	0,564	0,001	0,001	1	0,01	Eutrofia
E11	Quebrada Armadillos	0,508	0,372	0,001	0,001	0,124	0,037	Eutrofia
E12	Quebrada San Guaico	0,491	0,621	0,001	0,001	0,01	0,016	Eutrofia
E13	Quebrada La Perica	0,54	0,421	0,001	0,001	0,523	0,052	Eutrofia
E14	Quebrada La Barbona	0,456	0,539	0,001	0,001	0,01	0,058	Eutrofia
L2	Léntico 2	0,419	0,422	0,493	0,493	0,103	0,073	Eutrofia
L3	Léntico 3	0,513	0,557	0,001	0,03	0,295	0,016	Eutrofia
L4	Léntico 4	0,57	0,466	0,001	0,03	0,01	0,115	Eutrofia

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.7.1.4.4 Caudal

Esta variable presentó una tendencia de aumento en época lluviosa en la mayoría de los cuerpos de agua monitoreados (Tabla 5.1-57); adquirió su mayor valor en época seca en la **Quebrada Opia (E3)** con 2211,6 L/s y el menor valor en la **Quebrada San Guaico (E12)** con 13 L/s. Para la época lluviosa, los caudales oscilaron entre 22,44 L/s en la **Quebrada La Barbona (E14)** y 7338,825 L/s en la **Quebrada Opia (E3)**. La variabilidad en los registros de caudal se relaciona con las características estructurales propias de cada cuerpo de agua y con la temporada climática de cada monitoreo.

Tabla 5.1-57 Comparación del caudal entre las épocas climáticas

Estación de monitoreo	Época climática	
	Lluviosa	Seca
Quebrada Doima (E1)	205,8	309,92
Quebrada San Javier (E2)	286,2	17,15
Quebrada Opia (E3)	7338,825	2211,6
Quebrada Doima(E4)	320,875	160,06
Quebrada San Javier (5)	99,1365	201
Quebrada Opia (E6)	333,905	952,12
Quebrada Opia (E7)	1372,5	698,75
Quebrada San Javier (8)	60,75	92,4
Quebrada Armadillos (E9)	<0,1	-
Quebrada Doima (E10)	466,62	284,1
Quebrada Armadillos (E11)	<0,1	<0,1
Quebrada San Guaico (E12)	<0,1	13
Quebrada La Perica (E13)	1537,6	1196
Quebrada La Barbona (E14)	22,44	8,255

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.8 Usos del agua

Se identificaron los usos actuales y prospectivos de las corrientes de directa intervención por el uso y aprovechamiento del recurso y de aquellas presentes en el área de influencia y que estén expuestas a los posibles impactos por el desarrollo del proyecto, para lo cual se tuvo en cuenta los usos reconocidos en el inventario de usos y usuarios de recurso hídrico realizado en campo.

Se deben identificar los usos de acuerdo con lo establecidos en el artículo 2.2.3.2.7.6 del Decreto 1076 de 2015 utilizando información primaria.

Aunque se realizó consulta a Cortolima sobre este tema, a través de los radicados No.9694 de 01/07/2021 y 27/09/2021 (ANEXO B), No se obtuvo respuesta específica sobre el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico - RURH elaborado por esta autoridad, por lo que se realizó un levantamiento de información primaria detallada de todos los usos y usuarios en todos los tramos afectados por el proyecto (e.g. ocupación de cauces).

5.1.8.1 Usos actuales

Como producto del levantamiento de información sobre usos del agua en el área de influencia del proyecto, efectuado entre el 12 al 16 de mayo de 2021, se identificaron los usos del agua principales "*Utilización para necesidades domésticas individuales*" y "*Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca*", y el uso del agua secundario "*Usos recreativos individuales*" que se muestran en la Tabla 5.1-58.

La ubicación espacial de estos usos se muestra en la Figura 5.1-91

A continuación, de la Figura 5.1-85 a la Figura 5.1-90 , se muestran algunas fotografías de los usos identificados.

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-85 Jagüeyes sistema riego (uso agrícola)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-86 Canales acequias (uso agrícola)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-87 Tanques (uso doméstico)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-88 Uso recreativo

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-89 Estanques piscícolas (usos acuicultura y pesca)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-90 Uso pecuario

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-58 Usos y usuarios identificados en el área de influencia del proyecto

NOMBRE	ID USOS AGUA	DIA	CTM12_ESTE	CTM12_NORTE	TIPO	NOMBRE CUERPO DE AGUA	USO PRINCIPAL	USO SECUNDARIO	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS
PUNTO USO AGUA UA_1	UA_1	12/05/2021	4762341	2045980	Canal	Canal manejo agua	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Saca agua cultivos de arroz. Erodable.
PUNTO USO AGUA UA_2	UA_2	12/05/2021	4774590	2044126	Río	Río Opía	Utilización para necesidades domésticas individuales		Uso a una casa, bombeo electrobomba. 2 mangueras 1/2.
PUNTO USO AGUA UA_3	UA_3	12/05/2021	4774388	2044632	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Llena con agua. Con servidumbre río Combeima. Espejo de agua cubierto con macrófitas.
PUNTO USO AGUA UA_4	UA_4	13/05/2021	4774127	2045457	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Para cultivos de arroz. Espejo sin macrófitas. Recibe agua de sistema de riego río Combeima.

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID USOS AGUA	DIA	CTM12_ESTE	CTM12_NORTE	TIPO	NOMBRE CUERPO DE AGUA	USO PRINCIPAL	USO SECUNDARIO	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS
PUNTO USO AGUA UA_5	UA_5	13/05/2021	4773950	2046117	Canal	Canal acequia	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Distrito riego para cultivo arroz.
PUNTO USO AGUA UA_6	UA_6	13/05/2021	4772428	2046165	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Recibe agua de distrito de riego en verano e invierno. Agua de un pozo contiguo se usa para cultivos de arroz mediante acequias. Pesca.
PUNTO USO AGUA UA_7	UA_7	13/05/2021	4772393	2046136	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Se llena con agua distrito de riego. Agua verde clara. Usos: pesca y riegos cultivos.

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID USOS AGUA	DIA	CTM12_ESTE	CTM12_NORTE	TIPO	NOMBRE CUERPO DE AGUA	USO PRINCIPAL	USO SECUNDARIO	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS
PUNTO USO AGUA UA_8	UA_8	13/05/2021	4772677	2044971	Canal	Canal en concreto	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Manejo de aguas para cultivos de arroz. Va al oriente.
PUNTO USO AGUA UA_9	UA_9	13/05/2021	4772539	2045092	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Recibe agua de distrito de riego. Uso para cultivo de arroz.
PUNTO USO AGUA UA_10	UA_10	13/05/2021	4772459	2045155	Jagüey	Jagüey piscicultura	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Cachama, mojarras. Usa agua del distrito de riego del río Combeima. Finca La Carolina.
PUNTO USO AGUA UA_11	UA_11	13/05/2021	4772323	2045212	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Para agua de riego cultivo arroz.

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID USOS AGUA	DIA	CTM12_ESTE	CTM12_NORTE	TIPO	NOMBRE CUERPO DE AGUA	USO PRINCIPAL	USO SECUNDARIO	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS
PUNTO USO AGUA UA_12	UA_12	13/05/2021	4772024	2045344	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Para riego de cultivos de arroz.
PUNTO USO AGUA UA_13	UA_13	14/05/2021	4762311	2044592	Canal	Canal del distrito de riego	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Para cultivos de arroz. Agua para Piamonte escobal La Miel.
PUNTO USO AGUA UA_14	UA_14	14/05/2021	4762407	2044821	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca	Usos recreativos individuales	Usos: cultivos de arroz, pesca y recreativo. Se llena con canal, lluvia y escorrentías.
PUNTO USO AGUA UA_15	UA_15	14/05/2021	4762457	2045022	Canal	Canal acequia.	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Lleva agua para cultivos de arroz. Jagüeyes en este sector se secan en verano.

Ibagüé y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID USOS AGUA	DIA	CTM12_ESTE	CTM12_NORTE	TIPO	NOMBRE CUERPO DE AGUA	USO PRINCIPAL	USO SECUNDARIO	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS
PUNTO USO AGUA UA_16	UA_16	14/05/2021	4763001	2044842	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Usos: cultivo de arroz y ganado. Tiene fauna silvestre.
PUNTO USO AGUA UA_17	UA_17	14/05/2021	4762702	2045023	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Cultivo de arroz. Se seca en verano fuerte. Macrófitas. Sistemas de Jagüeyes. Estas son cabeceras.
PUNTO USO AGUA UA_18	UA_18	14/05/2021	4763296	2045951	Canal	Canal acequia.	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Para cultivos de arroz.
PUNTO USO AGUA UA_19	UA_19	14/05/2021	4767590	2045595	Canal	Tanque	Utilización para necesidades domésticas individuales		Uso del agua doméstico. Toman agua de acequia. Bombea a planta en la casa del taller.

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID USOS AGUA	DIA	CTM12_ESTE	CTM12_NORTE	TIPO	NOMBRE CUERPO DE AGUA	USO PRINCIPAL	USO SECUNDARIO	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS
PUNTO USO AGUA UA_20	UA_20	14/05/2021	4767739	2045643	Canal	Taller Finca La Pradera.	Utilización para necesidades domésticas individuales		Se le echa cloro y clarec. Agua sólo para baños, carbón mineral. Consumo doméstico 3 personas.
PUNTO USO AGUA UA_21	UA_21	14/05/2021	4768308	2045592	Canal	Hacienda El Reposo	Utilización para necesidades domésticas individuales		Toman agua de la acequia para uso doméstico. El agua de consumo la traen en tanques de fincas vecinas. Agua doméstica tiene filtros y tanques y distribuyen.
PUNTO USO AGUA UA_22	UA_22	14/05/2021	4768011	2045729	Canal	Tanque	Utilización para necesidades domésticas individuales		Tanque 20 usuarios uso doméstico. Acequia 98 l/s, en verano 30 l/s. Lotes con pluviómetro cada zona, últimos 10 años 102 mm máximo aguacero.

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID USOS AGUA	DIA	CTM12_ESTE	CTM12_NORTE	TIPO	NOMBRE CUERPO DE AGUA	USO PRINCIPAL	USO SECUNDARIO	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS
PUNTO USO AGUA UA_23	UA_23	14/05/2021	4769109	2045507	Canal	Canal acequia.	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Para cultivos de arroz.
PUNTO USO AGUA UA_24	UA_24	14/05/2021	4767393	2045905	Canal	Captación acequia.	Utilización para necesidades domésticas individuales		Para uso doméstico. Sistema pretratamiento desarenador.
PUNTO USO AGUA UA_26	UA_25	15/05/2021	4769595	2044288	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Usos: cultivos de arroz y pesca. Pescadores en faena.
PUNTO USO AGUA UA_27	UA_26	15/05/2021	4771405	2043969	Canal	Canal acequia.	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Manejo para cultivos arroz.

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID USOS AGUA	DIA	CTM12_ESTE	CTM12_NORTE	TIPO	NOMBRE CUERPO DE AGUA	USO PRINCIPAL	USO SECUNDARIO	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS
PUNTO USO AGUA UA_28	UA_27	15/05/2021	4772211	2039597	Canal	Canal acequia.	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Manejo de agua para cultivos arroz.
PUNTO USO AGUA UA_29	UA_28	15/05/2021	4758731	2044957	Jagüey	Jagüey	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Usos: cultivo arroz y pesca. Frente a estación Mirolindo.
PUNTO USO AGUA UA_30	UA_29	16/05/2021	4771476	2045453	Jagüey	Represa quebrada San Javier	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Captación. Sacan agua para riego.
PUNTO USO AGUA UA_31	UA_30	16/05/2021	4770166	2045423	Canal	Manejo agua	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca		Cultivos de arroz con agua libre.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

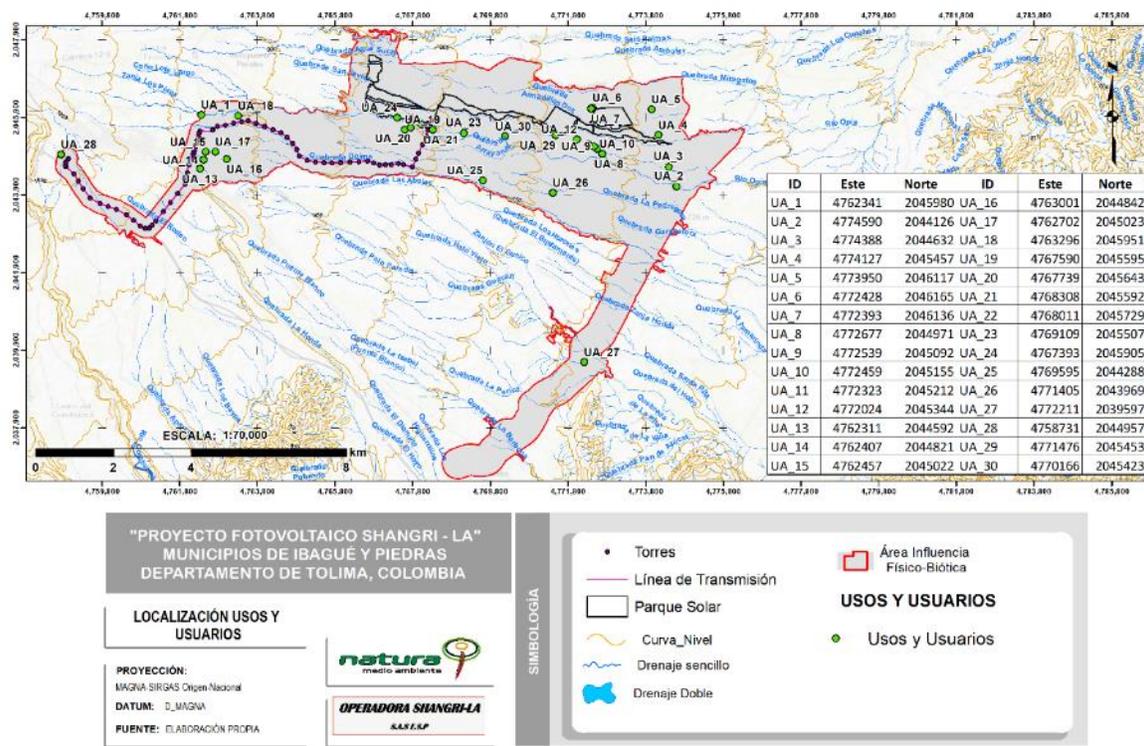


Figura 5.1-91 Localización de usos y usuarios en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.8.2 Usos prospectivos

De manera prospectiva, se tiene que en el área de influencia los usos del agua a futuro tienen la potencialidad de continuar sustentando los usos actuales. En el escenario del desarrollo del proyecto se estima una disminución del consumo de agua en los lotes que se instale la infraestructura por efecto del retiro de los cultivos de arroz.

5.1.9 Hidrogeología

La caracterización hidrogeológica de un sitio permite establecer el potencial hidrogeológico de las rocas y sedimentos presentes, la productividad de los acuíferos, la geometría y extensión de los mismos, los usos y usuarios, la calidad del agua subterránea, la sensibilidad de los acuíferos a ser adversamente contaminados y en general describir el funcionamiento del sistema hidrogeológico de la zona de evaluación.

5.1.9.1 Marco de referencia

La hidrogeología es la ciencia que estudia el almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en las zonas saturada y no saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre.

De acuerdo con la clasificación de las unidades de roca frente al comportamiento hidrogeológico, se consideran los siguientes tipos:

- **Acuíferos:** Estrato o formación geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua por sus poros y/o grietas. Dentro de estos depósitos y/o formaciones se puede encontrar con materiales muy variados como gravas, calizas fracturadas, areniscas porosas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas, depósitos de dunas, entre otras; que son económicamente explotables. Dentro de esta categoría se encuentran además rocas ígneas y metamórficas que presenten porosidad secundaria.
- **Acuicludos:** Formación geológica que, conteniendo agua en su interior, incluso hasta la saturación, no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos de arcillas de cualquier origen.
- **Acuitardos:** Formación geológica que, conteniendo apreciables cantidades de agua, la transmite muy lentamente, por lo que no son aptas para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante en ciertos casos.
- **Acuífugos:** Formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo un macizo granítico que no esté fisurado o unas rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación; estas se consideran impermeables.

La recarga es el proceso por el cual el agua lluvia y/o de escorrentía, que una vez satisface las necesidades de humedad del suelo, entra al sistema hidrogeológico o más precisamente percola y alcanza la zona freática y renueva las reservas del acuífero.

La zona de recarga o alimentación es el área en la superficie del terreno donde se dan los procesos de infiltración del agua y generalmente se presenta en donde las unidades acuíferas afloran en la superficie o a través de otros acuíferos por goteo o por recarga lateral. Estas zonas son por lo general son sensibles a la contaminación y de ellas puede depender el abastecimiento de agua en el futuro, por ende, se deben tomar medidas de protección.

La descarga natural es el volumen de agua que en un periodo de tiempo sale del acuífero a través de los manantiales terrestres y también por evapotranspiración, si la zona saturada queda próxima a la superficie en amplias áreas, existe descarga natural cuando se presenta un aporte del acuífero al flujo base de los ríos. También se puede generar descarga artificial a través de las captaciones de pozos y aljibes.

La zona de descarga es la zona donde el agua sale del acuífero, puede ser por un manantial, por la descarga a un río o al mar.

La caracterización hidrogeológica de un sitio permite establecer el potencial hidrogeológico de las rocas y sedimentos presentes, la productividad de los acuíferos, la geometría y extensión de los mismos, los usos y usuarios, la calidad del agua subterránea, la sensibilidad de los acuíferos a ser adversamente contaminados y en general describir el funcionamiento del sistema hidrogeológico de la zona de evaluación.

Como principales objetivos de este estudio se encuentran:

- Describir el funcionamiento del sistema hidrogeológico del área de estudio, con la identificación de las unidades potencialmente acuíferas en espesor y extensión, los usos actuales y potenciales, la vulnerabilidad de los acuíferos a ser adversamente contaminados y la calidad del agua.

- Generar el mapa en escala 1:25.000 de las unidades hidrogeológicas, que sirva como insumo para el análisis del estado actual del recurso hídrico subterráneo.
- Describir las unidades hidrogeológicas presentes en el área y realizar una caracterización de las mismas según sus propiedades litológicas, geo eléctricas e hidráulicas.
- Establecer los perímetros de protección de los pozos y aljibes utilizados para abastecimiento público.
- Inventario de puntos de agua subterránea.
- Identificación de las direcciones del flujo subterráneo.
- Identificación de zonas de recarga y descarga.
- Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación.
- Caracterización hidrogeoquímica de las unidades hidrogeológicas.

5.1.9.1.1 Revisión de información secundaria

La revisión de información hidrogeológica se partió inicialmente a escala regional, consultando institutos como el INGEOMINAS (actualmente Servicio Geológico Colombiano), el Ministerio de Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial (actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y el IDEAM, tomando de estos, respectivamente, la clasificación de unidades hidrogeológicas incluidas en el Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia (INGEOMINAS, 2000), y algunos indicadores de disponibilidad y demanda del recurso hídrico subterráneo, incluido en la Política Nacional para la

Gestión Integral del Recurso Hídrico (MAVDT, 2010), y en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2014).

En la Tabla 5.1-59, se presenta la relación de la información utilizada, así como lo extraído en cada uno de estos documentos, dentro de la cual se puede mencionar, información de inventario de puntos de agua subterránea, hidráulica subterránea, hidrogeoquímica, prospección geoeléctrica, entre otros

Tabla 5.1-59 Relación de la información secundaria revisada para la elaboración de la hidrogeología del presente EIA

Documento consultado	Información de referencia
Evaluación hidrogeológica del Abanico de Ibagué. Departamento del Tolima. Versión del año 1997.	Características hidrogeológicas e hidráulicas del Abanico de Ibagué.
Desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual del municipio de Saldaña (fase 2)	Características hidrogeológicas e hidráulicas del Abanico de Ibagué.
Clasificación de acuíferos mediante la determinación de parámetros hidráulicos en el abanico aluvial de Ibagué Tolima	Características hidrogeológicas e hidráulicas del Abanico de Ibagué.
Estudio Nacional de Agua (2010, 2014, 2018)	Cartografía hidrogeológica, prospección geoeléctrica e hidráulica subterránea
POMCA río Totare (CORTOLIMA et al, 2018)	Cartografía hidrogeológica, prospección geoeléctrica e hidráulica subterránea
POMCA río Coello (CORTOLIMA et al, 2018)	Hidráulica subterránea
PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT) DEL MUNICIPIO DEL TOLIMA	Características hidrogeológicas e hidráulicas del Abanico de Ibagué.
ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (EOT) DEL MUNICIPIO DE PIEDRAS	Características hidrogeológicas e hidráulicas del Abanico de Ibagué.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.2 Marco hidrogeológico Regional

El IDEAM identificó en el país 16 Provincias Hidrogeológicas y un área potencial de acuíferos equivalente al 74,5% del territorio nacional con reservas estimadas del orden de 5.848 Km³ (IDEAM, 2010a). En el 2013 se realizó la clasificación y codificación

hidrogeológica de Colombia en la cual estas provincias se agrupan en Provincias hidrogeológicas Montanas e Intramontanas (PM), Provincias hidrogeológicas Costeras e Insulares (PC) y Provincias hidrogeológicas Pericratónicas (PP) (IDEAM, 2013b).

La identificación y delimitación de los sistemas acuíferos que componen las diferentes provincias hidrogeológicas fue realizado inicialmente por el IDEAM en el año 2013, considerando información geológica detallada e informes técnicos existentes aportados por entidades estatales como el Servicio Geológico Colombiano y Autoridades Ambientales y universidades del país. Se identificaron en ese entonces 44 Sistemas Acuíferos que abarcan entre el 10% y el 15% del área cubierta por las Provincias Hidrogeológicas (IDEAM, 2013b). En el ENA 2014 se identificaron y caracterizaron 61 sistemas acuíferos y se cruzaron las capas de delimitación con las generadas en el Atlas Hidrogeológico de Colombia publicados por el Ingeominas, hoy SGC (Ingeominas, 2004)

Regionalmente el Área de Influencia físico-biótica "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI LA" se localiza en la provincia Hidrogeológica Andina-Vertiente Atlántica, la cual comprende el sistema montañoso de las tres cordilleras, así como sus respectivos valles inter montañosos, constituida hacia su extremo occidental por rocas ígneas ácidas y metamórficas del Precámbrico y Paleozoico, y por rocas volcánicas básicas del Cretáceo, mientras que hacia la parte central y oriental existen rocas sedimentarias marinas, cretáceas y terciarias y rocas continentales terciarias, presentándose en menor proporción, sedimentos del cuaternario (INGEOMINAS 2000).

Localmente el área de estudio se ubica en la Cuenca Sedimentaria del Valle Alto del Magdalena-VSM, en donde, las rocas aflorantes tienen edades que oscilan entre el Jurásico y el Cuaternario (reciente). Para este sector IDEAM, en el Estudio Nacional del Agua 2010, define el sistema acuífero del Valle Alto del Magdalena, conformado por acuíferos que pueden ser por porosidad primaria y secundaria, de tipo libre, semiconfinados a confinados, con valores de conductividades hidráulicas de 1 a 3 m/d, transmisividad de 50 a 2200 m² /d y coeficientes de almacenamiento de 4E-4 a 6E-4. Por

su parte el MAVDT presenta para los acuíferos de la zona hidrográfica del Valle Medio del Río Magdalena, recursos dinámicos de 0,205 km³ /año y reservas pasivas de 7.000 km³ (MAVDT, 2010). La ubicación del área de estudio a nivel regional se presenta en la Figura 5.1-92.

Ibagué y Piedras (Tolima)

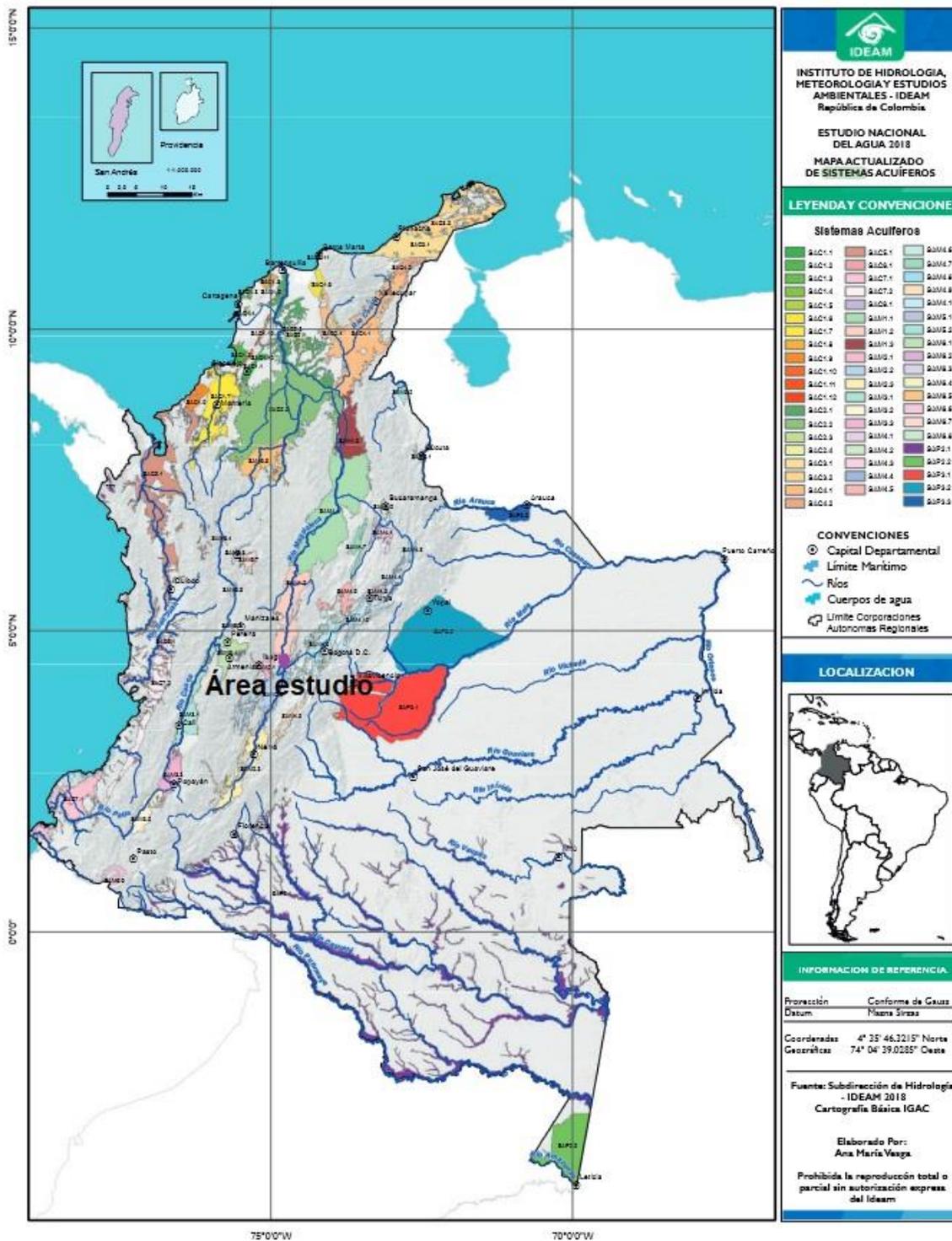


Figura 5.1-92 Ubicación del área de influencia físico biótica en el mapa de provincias hidrogeológicas de Colombia

Fuente: IDEAM, 2018

A nivel regional y de acuerdo con el INGEOMINAS, hoy en día SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO; el área de estudio se localiza sobre los Depósitos Cuaternarios del Abanico de Ibagué. Con este nombre se denomina una serie de depósitos generados principalmente por eventos del Volcán Nevado Del Tolima, que rellenaron una paleotopografía deprimida a través de "pulsos sucesivos". Los materiales se desplazaron utilizando el cauce del Río Combeima y por las características topográficas de la zona se depositaron como conos de deyección. En el ápice de abanico está localizada la ciudad de Ibagué sobre una delgada franja de estos depósitos volcánicos (INGEOMINAS, 1997).

Los depósitos reconocidos como de alta energía en el Abanico de Ibagué, corresponden a lahares, flujos piroclásticos y en menor proporción flujos de canales de corriente. La energía necesaria para transportar inmensos volúmenes de masas rocosas y escombros de diverso tamaño, está determinada principalmente por la pendiente de la cuenca hidrográfica y el agua disponible para el movimiento de los sedimentos. Cuando estas masas se encuentran un cambio brusco de pendiente se produce una acumulación de materiales, con diferentes direcciones en forma de cono, los cuales han sido definidos en estudios anteriores como "Conos Aluviales o de Deyección" (INGEOMINAS, 1997).

Por las características y mecanismos de depositación de estos flujos, se presenta una gran variabilidad en la estratificación y textura de los diferentes depósitos, como también en la potencia y continuidad de las capas. A continuación, se describen los diferentes depósitos presentes en el Abanico de Ibagué:

Lahares: Cuando se inicia una fase eruptiva, que generalmente viene acompañada de movimientos sísmicos y fuerte precipitaciones, se producen flujos gravitatorios de sedimentos que se mueven como masas altamente viscosas, en las cuales la matriz soporta clastos en flotación. La compactación en general es alta con tendencia a moderada hacia las partes más distales del abanico. La fracción gruesa se compone aproximadamente en un 85% de fragmentos de roca de composición andesíticas, en un 10% de rocas metamórficas, generalmente esquistos y en un 5% de rocas ígneas intrusivas de tipo granodioritas (INGEOMINAS, 1997).

Desde el punto de vista hidrogeológico los Lahares generalmente presentan cambios verticales en su granulometría por lo cual su permeabilidad puede ser moderada en las partes de tamaño fino, aumentando considerablemente en las partes donde se concentran depósitos de tamaños gruesos. Es de anotar que sobre los depósitos de abanico existe una capa de alta compactación, conocida en la región como "hard pna", de espesor variable entre 40 y 50 cm, formada al parecer por desecación. Esta capa hace que la infiltración efectiva sobre estos depósitos sea muy baja (INGEOMINAS, 1997).

Depósitos Piroclásticos: Se formaron a partir de nubes ardientes u oleadas de material volcánico (pómez, líticos y cenizas), que se encausaron por el Río Combeima. Están conformados de techo a base por limos arcillo-arenosos, café claros, compuestos principalmente por ceniza, lapilli, esporádicos fragmentos de pómez y en menor proporción gravas angulares de andesitas, esquistos y cuarzo. Hacia la base aumenta el tamaño de las pumitas (con diámetros de hasta 30 cm), las cuales constituyen alrededor del 70% de todo el depósito. Desde el punto de vista hidrogeológico la compactación de los depósitos piroclásticos es moderada a alta y tienen una permeabilidad que puede ser media (INGEOMINAS, 1997).

Para el desarrollo de la caracterización de las unidades hidrogeológicas y su respectiva cartografía, se tomó como base la cartografía y descripciones geológicas elaboradas para la presente estudio de impacto ambiental, siguiendo los lineamientos propuestos en los estándares internacionales, adoptando la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) en la Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos (UNESCO, 1983), adaptada por INGEOMINAS, 2000, que asigna las categorías hidrogeológicas con base en el potencial de rocas y sedimentos para almacenar y transmitir agua subterránea, en función de la composición, permeabilidad y capacidad específica de cada unidad geológica evaluada.

La siguiente tabla (Tabla 5.1-60), presenta la clasificación utilizada para la definición de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia físico-biótica del presente proyecto.

Tabla 5.1-60 Clasificación de unidades hidrogeológicas según el criterio de capacidad específica

Características Hidrogeológicas	Capacidad Específica Promedio (l/s/m)	Nivel de Importancia	Características del área de influencia
<i>Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular</i>			
Acuíferos continuos de extensión regional, de muy alta productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial. Acuíferos libres y confinados con aguas de buena calidad química para consumo humano.	Mayor de 5,0	A1	No definida dentro del área de estudio
Acuíferos continuos de extensión regional de alta productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente fluvial, glaciofluvial, marino y volcanoclástico. Acuíferos libres y confinados. Con aguas de buena calidad química para consumo humano.	Entre 2,0 y 5,0	A2	Dentro de esta categoría se encuentra la unidad hidrogeológica Acuífero Abanico de Ibagué. Acuífero con capacidad específica A2.
Acuíferos continuos de extensión regional, de mediana productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente fluvial, glaciofluvial, marino y volcanoclástico. Acuíferos generalmente confinados. Con aguas de buena calidad química.	Entre 1,0 y 2,0	A3	No definida dentro del área de estudio
Acuíferos discontinuos de extensión local, de baja productividad, conformados por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente aluvial lacustre, coluvial, eólico y marino marginal. Acuíferos libres y confinados. Con aguas de regular calidad química para consumo humano.	Entre 0,05 y 1,0	A4	Dentro de esta categoría se encuentran las unidades hidrogeológicas tipo A4, es decir el Acuífero Cuaternario.
<i>Rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas)</i>			
Acuíferos discontinuos de extensión regional, de muy alta productividad, conformados por rocas sedimentarias carbonatas cretácicas, consolidadas de	Mayor de 5,0	B1	No definida dentro del área de estudio

Características Hidrogeológicas	Capacidad Específica Promedio (l/s/m)	Nivel de Importancia	Características del área de influencia
ambiente marino. Acuíferos generalmente confinados con aguas de buena calidad química para consumo humano.			
Acuíferos discontinuos de extensión regional, de alta productividad conformado por rocas sedimentarias clásicas y carbonatas, terciarias y cretácicas consolidadas de ambiente transicional a marino. Acuíferos confinados con aguas de buena calidad química para consumo humano, generalmente duras.	Entre 2,0 y 5,0	B2	No definida dentro del área de estudio
Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad conformados por rocas sedimentarias y volcánicas piroclásticas de ambiente marino y continental. Acuíferos libres y confinados con aguas de buena calidad química. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica.	Entre 1,0 y 2,0	B3	No definida dentro del área de estudio
Acuíferos discontinuos de extensión regional y local de baja productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas, terciarias a paleozoicas consolidadas, de ambiente marino y continental. Acuíferos generalmente confinados, con aguas de buena calidad química para consumo humano.	Entre 0,05 y 1,0	B4	No definida dentro del área de estudio.
<i>Sedimentos y Rocas con limitado a ningún recurso de agua subterránea</i>			
Complejo de sedimentos y rocas con muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos, y por rocas sedimentarias terciarias o cretácicas poco consolidadas a muy consolidadas, de origen continental o marino. Almacenan aguas de regular a mala calidad química para consumo humano, generalmente salada en regiones costeras.	Menor de 0,05	C1	No definida dentro del área de estudio
Complejo de rocas ígneo-metamórficas con muy baja a ninguna productividad, muy compactas y en ocasiones fracturadas, terciarias a precámbricas. Con	Menor de 0,05	C2	No definida dentro del área de estudio

Características Hidrogeológicas	Capacidad Específica Promedio (l/s/m)	Nivel de Importancia	Características del área de influencia
frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica.			

Fuente: Guía Metodológica para la Formulación de Proyectos de Protección Integrada de Aguas Subterráneas, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, 2002, adaptado por OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.2.1 Movimiento del agua subterránea regional

El mapa de isopiezas a nivel regional fue realizado sistemáticamente por el método de interpolación lineal Kriging del programa Surfer para Windows, utilizando los datos de profundidad del agua medidos en puntos nivelados topográficamente y los obtenidos por métodos geofísicos por diferencia de resistividades. En este mapa se pueden observar dos tendencias regionales del flujo de agua subterránea, a saber (INGEOMINAS, 1997):

- Una con dirección oriente-nororiente hacia el municipio de Alvarado, lo cual indica una posible descarga natural hacia el Valle Alto del Magdalena.
- La otra dirección de flujo es sur-suroriente, indicando una posible descarga hacia el Río Coello. Esta descarga se refleja además en el aumento de los caudales de los afluentes al Coello en las proximidades a su desembocadura, como se ve en la base topográfica de los mapas.

Estas tendencias regionales de flujo de agua subterránea, que también se reflejan en las corrientes superficiales, pueden estar controladas por la presencia de un alto estructural detectado por métodos geofísicos, desde alrededores de la inspección de Policía de Picaleña y hasta el norte de la inspección de Policía de Buenos Aires, cerca de la Hacienda Piamonte (INGEOMINAS, 1997):

Ibagué y Piedras (Tolima)

Con el mapa de isopiezas se determinó un gradiente hidráulico de 0,03 para la zona occidental, donde se observan mayores pendientes topográficas y un estrechamiento de las curvas de isopiezas, que indican aumento en la velocidad del agua subterránea (Figura 5.1-93).

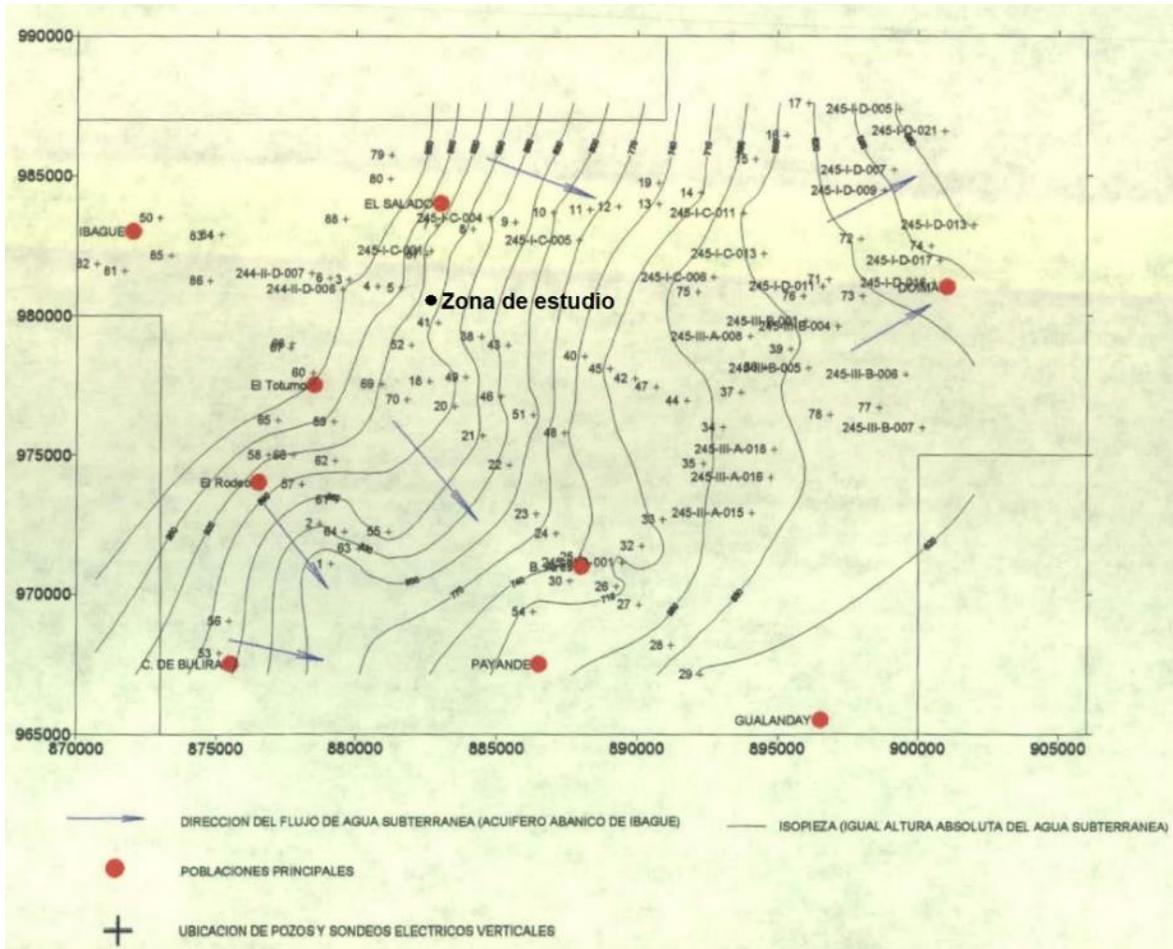


Figura 5.1-93 Dirección de agua subterránea a nivel regional

Fuente: INGEOMINAS, 1997

5.1.9.1.3 Marco hidrogeológico local

En el área de estudio se presentan rocas por porosidad primaria, las cuales se dividen en acuíferos de baja a mediana productividad. El de baja productividad se asocia con los Depósitos Aluviales Recientes y de alta productividad con el Abanico de Ibagué.

En este sentido, la Tabla 5.1-61 muestra, la clasificación de unidades hidrogeológicas para el área de influencia físico-biótica, teniendo en cuenta su capacidad específica.

Tabla 5.1-61 Unidades hidrogeológicas definidas para el área de influencia físico-biótica

Características Hidrogeológicas	Capacidad Específica Promedio (l/s/m)	Nivel de Importancia (Capacidad específica)	Características del área de influencia
<i>Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular</i>			
Acuíferos continuos de extensión regional de alta productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente fluvial, glaciofluvial, marino y volcanoclástico. Acuíferos libres y confinados. Con aguas de buena calidad química para consumo humano.	Entre 2,0 y 5,0	A2	Dentro de esta categoría se encuentra la unidad hidrogeológica Acuífero Abanico de Ibagué. Acuífero con capacidad específica A2.
Acuíferos discontinuos de extensión local, de baja productividad, conformados por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente aluvial lacustre, coluvial, eólico y marino marginal. Acuíferos libres y confinados. Con aguas de regular calidad química para consumo humano.	Entre 0,05 y 1,0	A4	Dentro de esta categoría se encuentran las unidades hidrogeológicas tipo A4, es decir el Acuífero Cuaternario.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La distribución de las unidades hidrogeológicas, dentro del área de influencia físico-biótica se presenta en la Figura 5.1-94.

Ibagué y Piedras (Tolima)

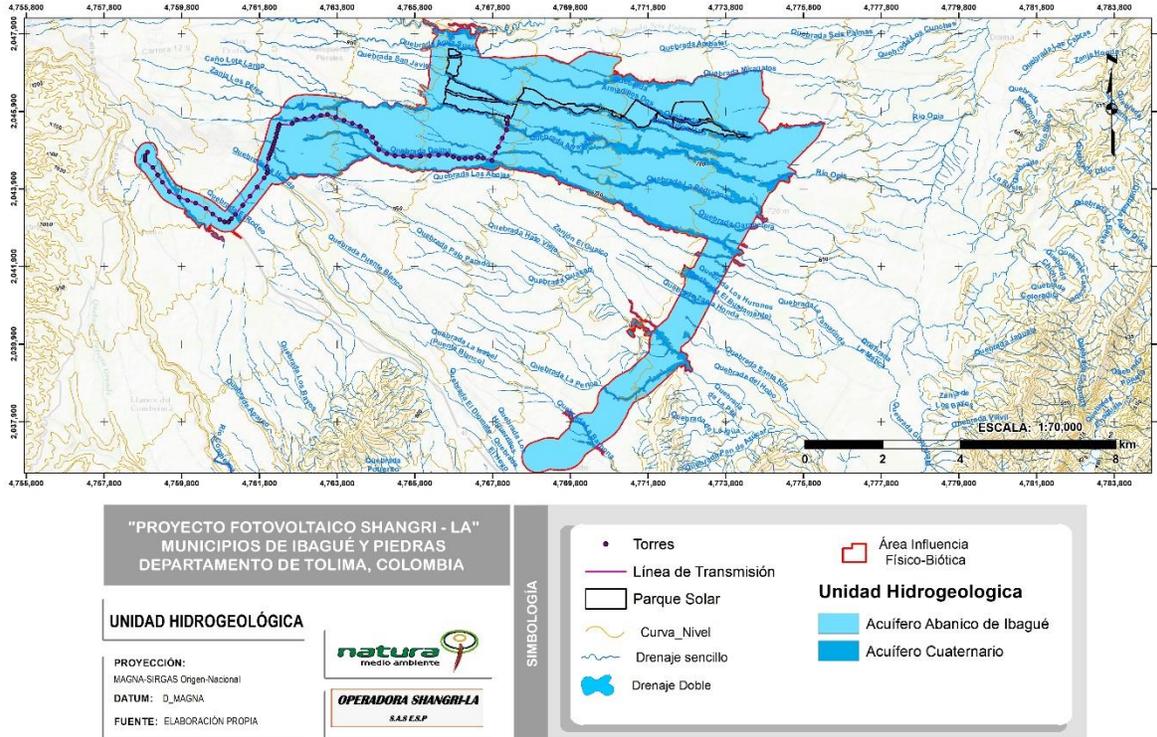


Figura 5.1-94 Unidades hidrogeológicas dentro del área de influencia físico biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- Acuífero de alta productividad, capacidad específica entre 2,0 a 5,0 l/s/m

Se encuentra conformado por el Abanico de Ibagué (Acuífero Abanico de Ibagué). El Acuífero del Abanico de Ibagué se conformó por diversos eventos de la actividad del Volcán Nevado del Tolima, compuesto principalmente por lahares, flujos piroclásticos, depósitos aluviales y flujos de canales de corriente. Estos depósitos se encuentran interdigitados en toda la zona de estudio, generando variaciones litológicas importantes que dan diferentes porosidades y permeabilidades. En el área de estudio el Acuífero de Ibagué, tiene una extensión de 4.139,79 ha, equivalente a 83,52% de dicha zona. Presenta una topografía suavemente ondulada e inclinada hacia el sur y oriente en zonas aledañas a las poblaciones de Doima y Buenos Aires. Para esta unidad hidrogeológica las resistividades características varían entre 40 y 300 ohm-m (INGEOMINAS, 1997).

Ibagué y Piedras (Tolima)

A pesar de que el Acuífero Abanico de Ibagué se considera una sola unidad hidrogeológica, en el área de estudio se encontraron algunas diferencias entre las zonas occidental y oriental, producto de las variaciones laterales de facies generadas por mecanismos de depositación de los sedimentos.

Sobre la inspección de Policía de Buenos Aires, se encuentran los espesores máximos del Abanico de Ibagué, el cual corresponde a aproximadamente 300 m. Estos espesores se encuentran en la vía Ibagué-Alvarado cerca de la Hacienda La Ceiba, en la inspección de Policía Picaleña y en el km 7 de la vía al Aeropuerto Perales. De acuerdo con el mapa de Isópacas, los mayores espesores del acuífero son de aproximadamente 270 y 240 m y están ubicados al occidente y suroccidente de la inspección de Policía de Doima, cerca de las Haciendas Las Pollitas y Santa Ana, respectivamente (INGEOMINAS, 1997).

Algunas características geológicas y geomorfológicas del Acuífero Abanico de Ibagué, dentro del área de estudio, se presenta a continuación de la Figura 5.1-95 a la Figura 5.1-97.



Figura 5.1-95 Características hidrogeológicas del Acuífero Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-96 Características litológicas del acuífero Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-97 Unidad hidrogeológica Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En las pruebas de bombeo realizadas en el Abanico de Ibagué por INGEOMINAS (1997), se pudo establecer una rápida estabilización de las curvas de abatimiento (entre 10 y

780 minutos), lo que sugiere la presencia de una capa semiconfinante que produce un goteo hacia el acuífero. Esta capa debe estar saturada con agua proveniente de prácticas de riego y de canales. Tomando espesores mínimos del acuífero de 100 y 300 m, obtenidos con el mapa de Isópacas, se calcularon conductividades hidráulicas del orden de 1 a 3,5 m/días.

Los radios de influencia de los pozos calculados para el tiempo de estabilización de las curvas de abatimiento, variaron entre 35 y 605 m, indicando que la distancia mínima entre los pozos deberá estar entre 600 y 800 aproximadamente, con el fin de evitar interferencias entre los conos de abatimiento (SGC, 1996).

- Acuífero Cuaternario, capacidad específica entre 0,05 a 1,0 l/s/m

En esta categoría se agrupan los acuíferos de los Depósitos cuaternarios de ambientes fluviales (aluvial), depositadas en un ambiente de llanura de inundación fluvial. Los depósitos aluviales están conformados por gravas, arenas finas a medias, limos y arcillas no consolidadas. Corresponden a los depósitos aledaños a las principales quebradas y ríos dentro del área de estudio, los cuales tiene un espesor aproximado de 10m y cubren el 16,48% del área de influencia físico-biótica (Figura 5.1-98 y Figura 5.1-99).



Figura 5.1-98 Unidad hidrogeológica Acuífero Cuaternario

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-99 Unidad hidrogeológica Acuífero Cuaternario

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Por su extensión y espesor todos los depósitos cuaternarios generan sistemas acuíferos discontinuos de extensión local, libres, que almacenan agua recomendable para cualquier uso, ya que sus características hidrogeoquímicas indican que estas son bicarbonatadas sódicas a bicarbonatadas cálcicas, con conductividad eléctrica que va de 6 a 1.000 uS/cm, valores indicativos de baja a importante mineralización y pH de tendencia moderadamente ácida a moderadamente alcalina. En relación con los parámetros hidráulicos de estas unidades, según pruebas de bombeo realizadas en cercanías al área de influencia físico-biótica por CORTOLIMA (2018), se pudo definir para los Depósitos Aluviales Recientes, valores de transmisividad de 11,2 a 66,2 m²/d, valores de conductividad hidráulica de 3,20 a 19,19 m/d y capacidades específicas de 0,36 a 1,39 l/s/m, con valores de coeficiente de almacenamiento variable de 1,06E-2 a 4,37E-5, que lo denotan como un acuífero de libre a confinado (Figura 5.1-100).



Figura 5.1-100 Unidad hidrogeológica Acuífero Cuaternario dentro del área de influencia fisicobiótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.4 Inventario de puntos de agua subterránea

El inventario es un método de recopilación y análisis de los datos relacionados con la hidrogeología, que procede de la información proporcionada por los usuarios de los denominados puntos de agua (lugares donde se tiene acceso directo o indirecto a un acuífero determinado): Es el sistema más idóneo para empezar a conocer las características hidrogeológicas de una zona dada. Permite evaluar la disponibilidad y uso del recurso hídrico subterráneo y tener una visión global de las características y comportamiento de las diferentes unidades geológicas potencialmente acuíferas. En sentido estricto, se puede definir un punto de agua subterránea como un lugar, obra civil o circunstancia que permita un acceso directo o indirecto a un acuífero. Estos pueden incluir perforaciones existentes, ya sean o no explotadas, abandonadas o colapsadas como pozos, aljibes y piezómetros; también se cuentan los manantiales o surgencias, que deben considerarse como descargas naturales de los acuíferos.

Dentro del área de influencia físico-biótica se realizó el inventario de puntos de agua subterránea, entre el 23 de marzo al 30 de marzo de 2021 (Figura 5.1-101). Durante este inventario se registraron un total de 10 puntos de agua subterránea, clasificados en 10

pozos profundos, 0 manantiales, 0 piezómetros. La información primaria fue levantada en periodo climático seco.

La captura de información se realizó en el Formulario Único Nacional para Inventario de Puntos de Agua Subterránea (FUNIAS) elaborado por el IDEAM, INGEOMINAS y MAVDT ahora SGC y MADS (Ver Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrogeología - FUNIAS) en el cual se registran entre otros aspectos, la localización, características constructivas de las captaciones, usos y usuarios, caudales y el diagnóstico sanitario de las mismas. De esta manera se obtuvo una ficha de información de cada uno de los puntos con registro fotográfico. La georreferenciación y cota de los puntos inventariados se realizó con un geoposicionador satelital GPS 60CSx marca Garmin, que presenta un margen de error en la horizontal de ± 5 m y en vertical de ± 10 pies. Los niveles de la tabla de agua y las profundidades de las captaciones se midieron con una sonda de niveles de precisión al milímetro, con alarma sonora y luminosa marca Solinst Model 101.



Figura 5.1-101 Medición de profundidad y nivel del agua dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La localización de los puntos de agua subterránea, registrados dentro del área de influencia físico-biótica, se presenta a continuación en la Figura 5.1-102:

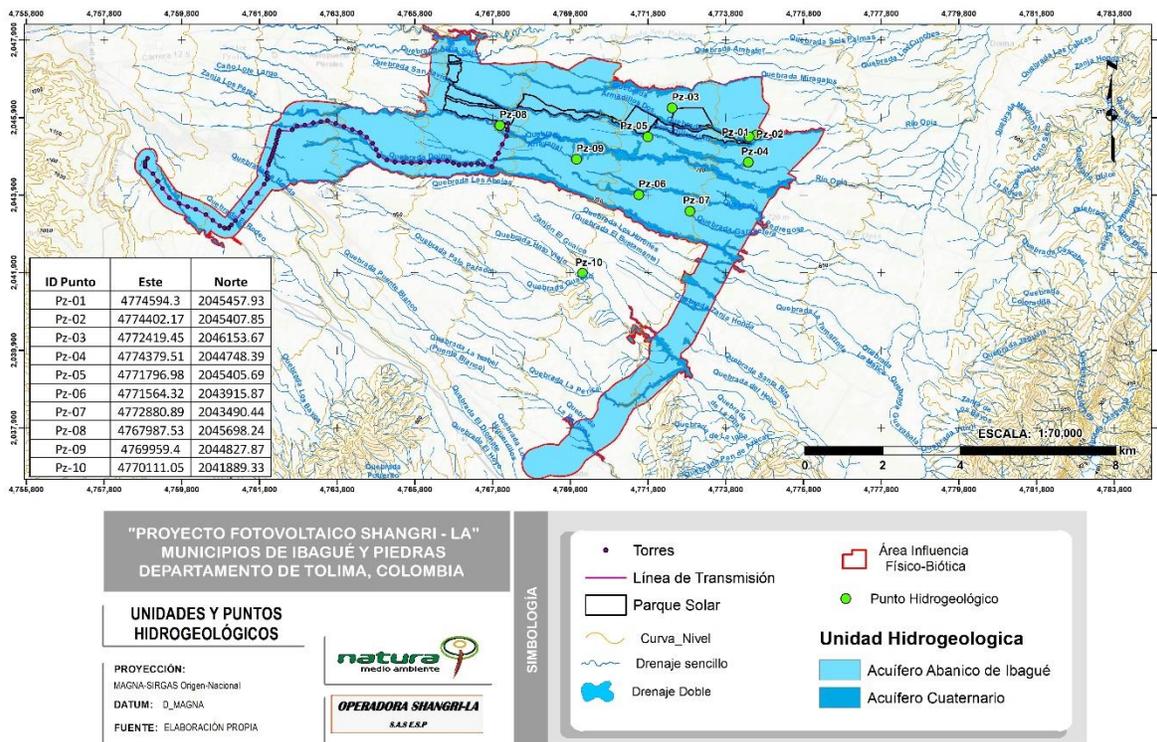


Figura 5.1-102 Localización de puntos de agua subterránea dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.4.1 Pozos profundos

Un pozo profundo es un orificio abierto en el suelo mediante una perforación, generalmente vertical, con el fin de transportar agua subterránea a la superficie de la tierra. En su construcción se utilizan equipos de perforación mecánica tales como taladros. Su diámetro máximo puede alcanzar normalmente las 12 pulgadas, es decir

Ibagué y Piedras (Tolima)

alrededor de 30 cm y su profundidad supera la mayor parte de las veces los 50 m. Su revestimiento es de PVC, hierro o acero (Corpocesar, 2003).

Una vez realizado el inventario de puntos de agua subterránea, fue posible verificar la existencia de diez (10) pozos profundos, localizados superficialmente sobre las unidades hidrogeológicas: Acuífero Abanico de Ibagué. Las coordenadas y distribución de los pozos profundos, se muestra a continuación en la Figura 5.1-103.

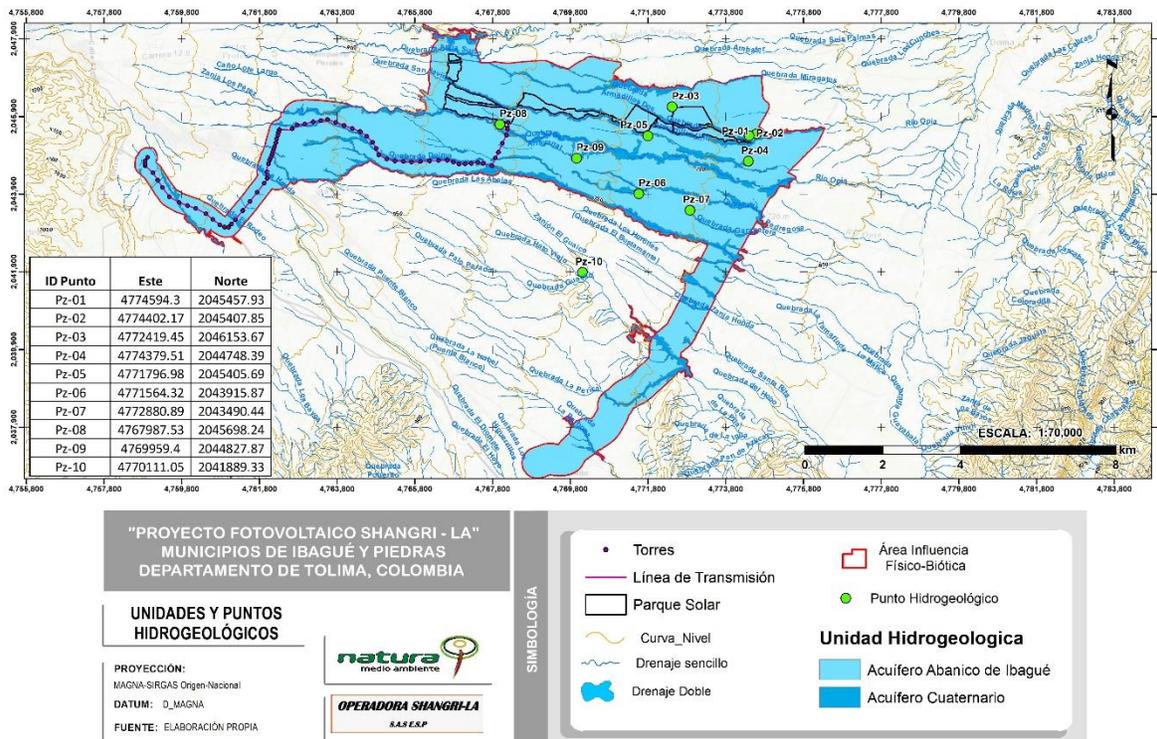


Figura 5.1-103 Pozos de agua subterránea puntos de agua subterránea dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Las características de los pozos profundos dentro del área de influencia físico-biótica se presentan a continuación en la Tabla 5.1-62:

Tabla 5.1-62 Puntos de agua subterránea clasificados como pozos profundos dentro del área de influencia físico-biótica

NOMBRE	ID_PUNTO_H	FOTOGRAFÍA	COTA	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
				COOR_ESTE	COOR_NORTE
Pozo 01	Pz-01		710	4774594,30	2045457,93
Pozo 02	Pz-02		710	4774402,17	2045407,85

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID_PUNTO_H	FOTOGRAFÍA	COTA	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
				COOR_ESTE	COOR_NORTE
Pozo 03	Pz-03		760	4772419,45	2046153,67
Pozo 04	Pz-04		765	4774379,51	2044748,39

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID_PUNTO_H	FOTOGRAFÍA	COTA	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
				COOR_ESTE	COOR_NORTE
Pozo 05	Pz-05		760	4771796,98	2045405,69
Pozo 06	Pz-06		770	4771564,32	2043915,87

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID_PUNTO_H	FOTOGRAFÍA	COTA	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
				COOR_ESTE	COOR_NORTE
Pozo 07	Pz-07		772	4772880,89	2043490,44
Pozo 08	Pz-08		762	4767987,53	2045698,24

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	ID_PUNTO_H	FOTOGRAFÍA	COTA	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL CTM-12	
				COOR_ESTE	COOR_NORTE
Pozo 09	Pz-09		760	4769959,40	2044827,87
Pozo 10	Pz-10		764	4770111,05	2041889,33

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.4.2 Aljibes

Un aljibe es un pozo de diámetro superior a 30 ó 40 cm (normalmente 1 a 1.5 metros) y cuya profundidad no supera los 40 ó 50 metros. Su construcción generalmente se lleva a cabo por métodos manuales. Su revestimiento generalmente es de concreto o ladrillo (Corpocesar, 2003).

Corresponde básicamente a una excavación manual de gran diámetro, que alcanza la tabla de agua o nivel freático y se profundiza por debajo de esta para acumular agua subterránea que está disponible para ser bombeada (IDEAM, 2009).

Dentro del área de influencia físico-biótica del presente proyecto, no se registraron aljibes.

5.1.9.1.4.3 Manantiales

Los manantiales son puntos o áreas de la superficie del terreno donde de manera natural aflora un flujo de agua proveniente de un acuífero o embalse subterráneo. Algunos factores geológicos pueden determinar la ocurrencia de manantiales clasificadas en4:

- Manantiales por filtración: Este tipo de ocurrencias se manifiesta cuando se presenta un cambio en la pendiente en una formación con flujo intergranular, y el nivel del suelo se cruza con el nivel freático
- Manantiales por contacto geológico: Este tipo de ocurrencia se da cuando hay una formación permeable sobre un estrato o formación de baja permeabilidad, resultando un manantial en el contacto entre ambos, debido a la imposibilidad de infiltración de las aguas subterráneas a través de los estratos de granos grueso sobre los de grano fino.

⁴ LLAMAS, J. Hidrología general, principios y aplicaciones, editorial Universitaria del País Vasco, Bilbao, España, 1993

- Manantiales por control estructural: Este tipo de ocurrencias se producen a partir del movimiento relativo entre bloques a lo largo de fallas que ponen en contacto formaciones permeables versus formaciones impermeables; también se pueden dar cuando existen patrones de fracturas en los diferentes acuíferos, haciendo que el agua subterránea aflore a través de las mismas.
- Manantiales por depresión: Este tipo de ocurrencia se da cuando la superficie del terreno se encuentra por debajo de la tabla de agua, formando una depresión, la cual puede crear un sistema de flujo local convirtiendo el manantial en un punto de descarga, dichas depresiones pueden ser creadas por acción eólica en zonas con arenas finas, deslizamientos que destapen el acuífero, actividad tectónica o por colapso de la superficie en caso de intervención antrópica.
- Manantiales kársticos: Este tipo de ocurrencia se da sobre formaciones de caliza y dolomitas, donde comúnmente los manantiales descargan hacia cavernas que están siendo disectadas por la incisión de los drenajes superficiales.

Un manantial es una surgencia superficial de aguas de origen subterráneo que se produce a través de planos de estratificación, discontinuidades de las rocas como fracturas, grietas o cambios de litología en lugares donde la superficie topográfica corta el nivel freático (IDEAM, 2009).

Dentro del área de influencia físico-biótica del presente proyecto, no se registraron manantiales.

5.1.9.1.4.4 Piezómetro

Piezómetro es un instrumento que se utiliza para medir la presión de poros o nivel del agua en perforaciones, terraplenes, cañerías y estanques a presión. La aplicación geotécnica más común es para determinar la presión de agua en el terreno o el nivel de agua en perforaciones (UDCA, 2018).

Dentro del área de influencia físico-biótica del presente proyecto, no se registraron piezómetros.

5.1.9.1.4.5 Usos actuales

De los puntos inventariados la mayoría se concentra en el municipio de Piedras e Ibagué, en el departamento del Tolima. Todos los puntos de agua subterránea son aprovechados en la actualidad, principalmente para uso doméstico y para el riego de cultivos agrícolas, especialmente arroz y caña de azúcar.

En términos generales, dentro del área de estudio, se registraron cinco (5) pozos profundos, los cuales tienen uso principal (U_APROV_1), los usos agropecuarios comunitarios, comprendidas a la acuicultura y la Pesca. Los restantes cinco (5) pozos profundos, tienen como uso principal (U_APROV_1), la utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural. El cultivo que se riega es arroz (Tabla 5.1-63).

Tabla 5.1-63 Usos actuales de agua subterránea dentro del área de influencia fisicobiótica

ID_PUN TO_H	CONDI_ PUNT	PROP_P TO	U_APROV_1	D_U_A PR_1	U_APROV_2	D_U_A PR_2	D_USO _TOT	N_US_ PUB	N_US_ DOM
Pz-01	En uso	Descon ocido	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural	2	Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca	2	4	20	20
Pz-02	En uso	Descon ocido	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca	4			4	5	5
Pz-03	En uso	Descon ocido	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca	4			4	5	5
Pz-04	En uso	Descon ocido	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca	4			4	3	3
Pz-05	En uso	Descon ocido	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca	3			3	2	2
Pz-06	En uso	Descon ocido	Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca	4			4	2	2
Pz-07	En uso	Descon ocido	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural	2	Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca	1,5	3,5	3	3
Pz-08	En uso	Descon ocido	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural	1	Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca	1	2	3	3
Pz-09	En uso	Descon ocido	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural	2	Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca	2,5	4,5	3	3
Pz-10	En uso	Descon ocido	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural	1	Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca	1	2	3	3

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.4.5.1 *Características de los pozos profundos*

Se inventariaron 10 pozos de agua (Tabla 5.1-64), construidos entre 2007 y 2015 que presentan entre 80 a 110 m de profundidad, con diámetros variables entre 0,10 metros y 0,25 metros, revestido en hierro galvanizado (9) pozos y PVC (1 Pozo). Todos se extraen mediante bomba sumergible. El agua es almacenada en general en su mayoría en tanques y albercas con capacidades entre 500 litros a 13 m³. Los pozos productivos son utilizados para actividades domésticas, agropecuarias. En los puntos se abastecen entre 2 y 50 personas, de 5 a 500 cabezas de ganado, entre 10 a 50 hectáreas de arroz; usándose también para piscicultura y cría de cabras, gallinas, caballos y búfalos; el uso industrial corresponde a la explotación de arroz. Los caudales de explotación varían entre 0,1 y 2 l/s. El nivel de la tabla de agua en acuíferos libres varía entre 697 a 710 msnm.

En cuanto a sus propiedades organolépticas en general el agua es incolora, de apariencia clara e inolora. En cercanía de los pozos de abastecimiento se presentan letrinas a una distancia entre los 15 y 200 metros, charcos cerca de la captación, con borde que permite el ingreso de agua se escorrentía, presentando cubierta adecuada, cuentan con piso de cemento alrededor. Los residuos sólidos producidos son en su mayoría de origen doméstico y agropecuario, son tratados mediante incineración, compostaje, botadero a cielo abierto, enterramiento, reciclaje y en menor medida dispuestos en relleno sanitario.

Tabla 5.1-64 Características de los pozos profundos del área de influencia fisicobiótica

ID_PUNTO_H	FEC_CON_ST	DIAM_E_XT	DIAM_I_NT	ANC_E_XT	LAR_E_TX	PROFUND_M	LONG_SUP_ER	NIV_PIEZ_OM	PER_COR_PO	CAUDA_CO_RP	MATERIAL	MET_EXPLO_T	T_ENERG_IA
Pz-01	15/05/2005	0,15	0,15	0	0	80	0,4	697	No	0	Hierro Galvanizado	Bomba sumergible	Eléctrica
Pz-02	15/07/2010	0,254	0,254	0	0	102	0,9	697	No	0	Hierro Galvanizado	Bomba sumergible	Eléctrica
Pz-03	10/08/2011	0,15	0,15	0	0	106	0,7	704	No	0	Hierro Galvanizado	Bomba sumergible	Eléctrica
Pz-04	11/09/2015	0,254	0,254	0	0	107	0,9	705	No	0	Hierro Galvanizado	Bomba sumergible	Eléctrica
Pz-05	10/08/2017	0,1016	0,1016	0	0	80	0,7	704	No	0	Hierro Galvanizado	Bomba sumergible	Eléctrica
Pz-06	11/07/2018	0,15	0,15	0	0	110	0,6	705	No	0	Hierro Galvanizado	Bomba sumergible	Eléctrica
Pz-07	10/05/2018	0,254	0,254	0	0	110	0,7	704	No	0	Hierro Galvanizado	Bomba de superficie	Eléctrica
Pz-08	10/05/2015	0,1016	0,1016	0	0	80	0,7	704	No	0	Hierro Galvanizado	Bomba sumergible	Eléctrica
Pz-09	11/08/2017	0,254	0,254	0	0	100	0,9	710	No	0	Hierro Galvanizado	Bomba sumergible	Eléctrica
Pz-10	7/08/2007	0,05	0,05	0	0	80	0,5	710	No	0	PVC	Bomba sumergible	Eléctrica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.5 Prospección geofísica (Sondeos eléctricos verticales)

5.1.9.1.5.1 Campaña de prospección geoelectrica

El objetivo de la prospección geofísica mediante el método geoelectrico con la implementación de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en la zona de estudio, es aportar al modelo hidrogeológico y cálculo de vulnerabilidad, la geometría de las unidades geológicas, el tipo de material presente y el nivel freático encontrado en cada punto. Esto se obtiene a partir de las medidas de resistividad registrada.

Para la realización de estas mediciones se utilizó el equipo GeoAmp 303 (Figura 5.1-104). El Equipo GeoAmp 303 es un equipo diseñado para realizar prospección geoelectrica aplicando el método de resistividad DC, la unidad central del equipo es la encargada de generar un voltaje DC de 200 voltios con una corriente máxima de 4 amperios.



Figura 5.1-104 Equipo GeoAmp303

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

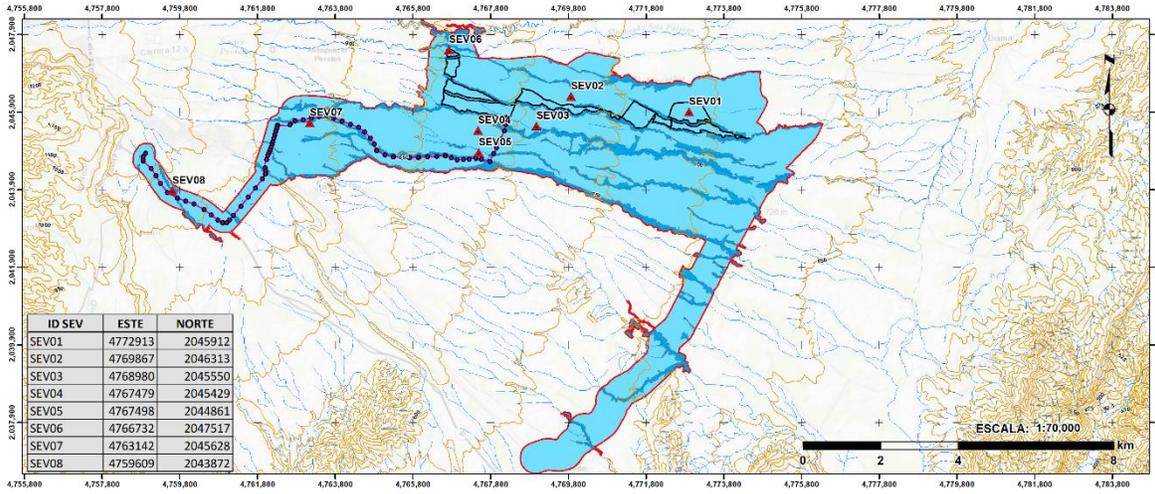
En total en la zona se realizaron ocho (8) SEV con longitudes AB/2 entre 160 y 300 m, distribuidos dentro del polígono de intervención. Las zonas planas favorecen el método realizado, ya que los SEV están diseñados para realizarse en zonas de pendiente plana a levemente inclinada. En la en la Tabla 5.1-65, Figura 5.1-105 y Figura 5.1-106, se presenta las coordenadas y la ubicación de cada punto.

Tabla 5.1-65 Coordenadas y ubicación de los sondeos realizados. Sistema de coordenadas CTM12 origen Nacional.

ID	X [m]	Y [m]	Z [m s.n.m]	AB/2	Fecha	Dirección
SEV1	4772913	2045912	720	160	12/05/2021	E-W
SEV2	4769867	2046313	773	160	13/05/2021	E-W
SEV3	4768980	2045550	824	160	13/05/2021	E-W
SEV4	4767479	2045429	814	160	13/05/2021	N45E
SEV5	4767498	2044861	823	300	14/05/2021	E-W
SEV6	4766732	2047517	874	300	14/05/2021	E-W
SEV7	4763142	2045628	901	300	14/05/2021	E-W
SEV8	4759609	2043872	991	300	14/05/2021	N45W

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



ID SEV	ESTE	NORTE
SEV01	4772913	2045912
SEV02	4769867	2046313
SEV03	4768980	2045550
SEV04	4767479	2045429
SEV05	4767498	2044861
SEV06	4766732	2047517
SEV07	4763142	2045628
SEV08	4759609	2043872

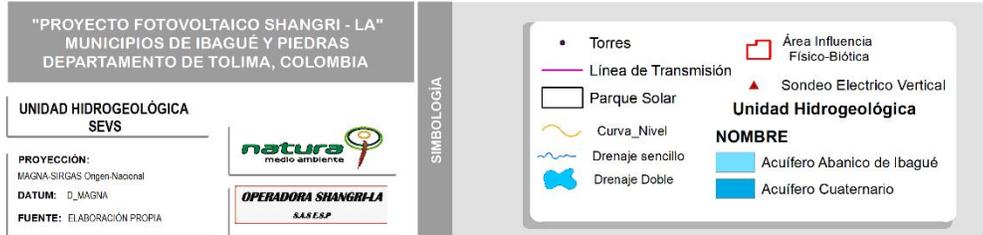


Figura 5.1-105 Localización de los sondeos eléctricos verticales en el área de influencia fisicobiótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-106 Ubicación de los sondeos electricos verticales

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

A continuación, se presenta la metodología utilizada.

5.1.9.1.5.2 Metodología

Los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) consisten en una serie de medidas realizadas alrededor de un punto donde se induce corriente eléctrica y se mide voltaje a cierta distancia para obtener lecturas de resistividad. Las medidas de resistividad forman una curva que permite identificar en profundidad zonas con potencial de agua subterránea e intercalaciones de sedimentos (Vélez, M.V., 2001).

En la zona de estudio se empleó el arreglo electródico Schlumberger (Figura 5.1-107), en el cual la separación entre los electrodos de potencial es mucho menor que entre los electrodos de corriente. En este arreglo los impulsos eléctricos son enviados al terreno mediante dos electrodos de emisión A y B de corriente, a través de los cuales se hace circular cierta intensidad de corriente (I) por el subsuelo. El circuito se cierra mediante otros dos electrodos M y N denominados de potencial, en los que se percibe la respuesta del campo eléctrico generado por los primeros. De este modo se obtiene una diferencia de potencial (ΔV) que se manifiesta mientras perdure el campo.

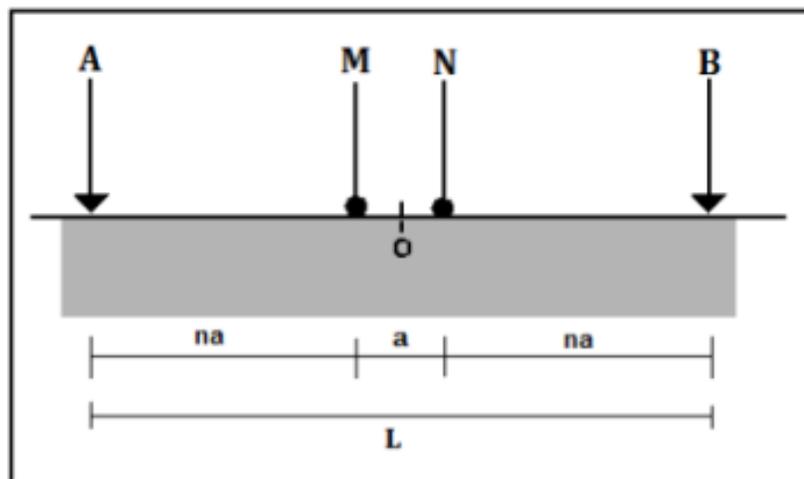


Figura 5.1-107 Arreglo tipo Schlumberger.

Fuente: UNAM, 2010.

En este ensayo se mueven los electrodos de corriente para alcanzar mayores profundidades y la profundidad máxima que alcanza el sondeo es $1/3$ de la longitud $AB/2$.

Es importante anotar que, durante la recolección de datos en campo se puede generar ruido en el medio que afecta las mediciones y algunos datos resultan anómalos. Estos deben ser removidos de la tendencia para evitar errores altos en el modelo de capas, por lo tanto, estos SEV pueden presentar menor profundidad.

Con el objetivo de limitar los amplios rangos de resistividades que existen actualmente en la literatura, en este estudio se utilizan las resistividades obtenidas en el estudio *HIDROGEOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN DEL ACUÍFERO DEL ABANICO ALUVIAL DE IBAGUÉ- TOLIMA* (Cortolima, et al, 2013). Los rangos de resistividad empleados para la litología en la zona de estudio se presentan en la siguiente tabla (Tabla 5.1-66).

Tabla 5.1-66 Valores de resistividad para algunos materiales, según sus características litológicas.

Fuente: Cortolima (2013).

Material	Resistividad [Ohm.m]	Unidad geológica
Arcilla, arcillolita	0 - 20	Abanico Aluvial y depósitos aluviales (Qai - Qal)
Arcilla arenosa	20 - 50	
Arena arcillosa	50 - 80	
Arenas saturadas	80 - 300	
Conglomerados y cantos saturados	300 - 500	
Roca ígnea	> 1.000	Batolito de Ibagué (Ji)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La resistividad está en función no solo de la mineralogía, sino también de la granulometría, la disposición estratigráfica, el estado de los materiales en cuanto a meteorización y la disposición estructural, la presencia o ausencia de agua en el medio y la química.

El proceso de análisis de los datos se ejecutó mediante el software IPI2WIN el cual interpreta de manera automática o semiautomática datos en 1D. Con esta herramienta es posible elegir, según el criterio del interpretador, entre un juego de soluciones equivalentes, la que mayor se ajuste tanto a los datos geofísicos (la que produzca un menor error de ajuste) como a los datos geológicos (Universidad Estatal de Moscú, 2000).

El programa representa las medidas realizadas en campo en un gráfico logarítmico, donde la distancia $AB/2$ se ubica en las abscisas, y la resistividad aparente en las ordenadas, esta representación de datos y el proceso de la interpretación se presenta en la Figura 5.1-108

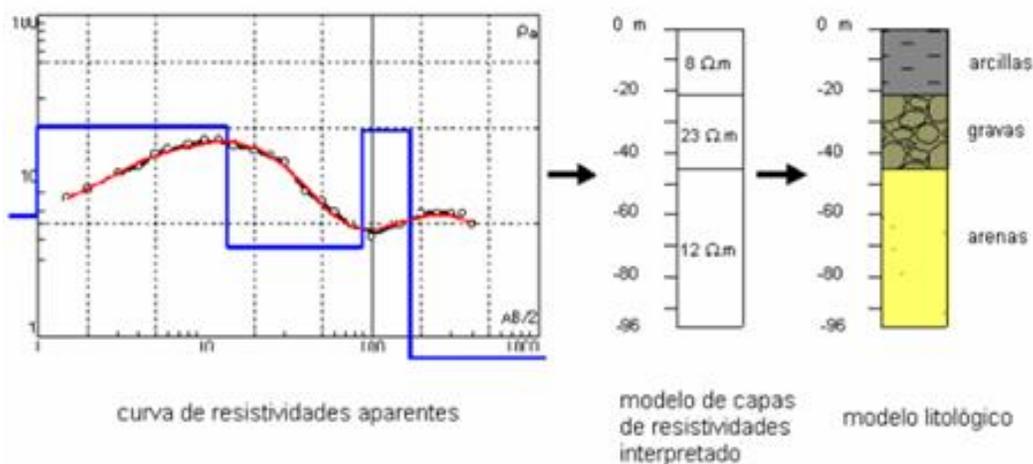


Figura 5.1-108 Esquema de interpretación de un SEV.

Fuente: Gómez, 2012.

Para cada SEV se presenta la curva de resistividades interpretada (línea roja) por el IPI2win a partir de los datos de campo de resistividades aparentes (círculos blancos) y el modelo resistividades con espesores y profundidades (línea azul).

El modelo resultante de la interpretación realizada por el software se presenta al lado derecho de la curva de resistividades, indicando lo siguiente: el símbolo ρ , representa el valor de la resistividad real; h , el espesor del estrato o capa asociada a el valor de ρ ; d ,

el espesor acumulado de las capas consecutivas, y Alt, representa la profundidad de la base de las capas, referentes a un nivel de cero metros.

En la parte inferior se presenta la información anterior, asociando un tipo de roca a un valor o rango de resistividades y en el sector derecho elabora una columna litológica representativa del SEV con referencia a un nivel de medida cero metros (0 m) a partir de la correlación litológica, adicionalmente se presenta el nivel freático inferido. A continuación de la Figura 5.1-109 a la Figura 5.1-116, se presenta la interpretación de los 8 SEV realizados para la zona.

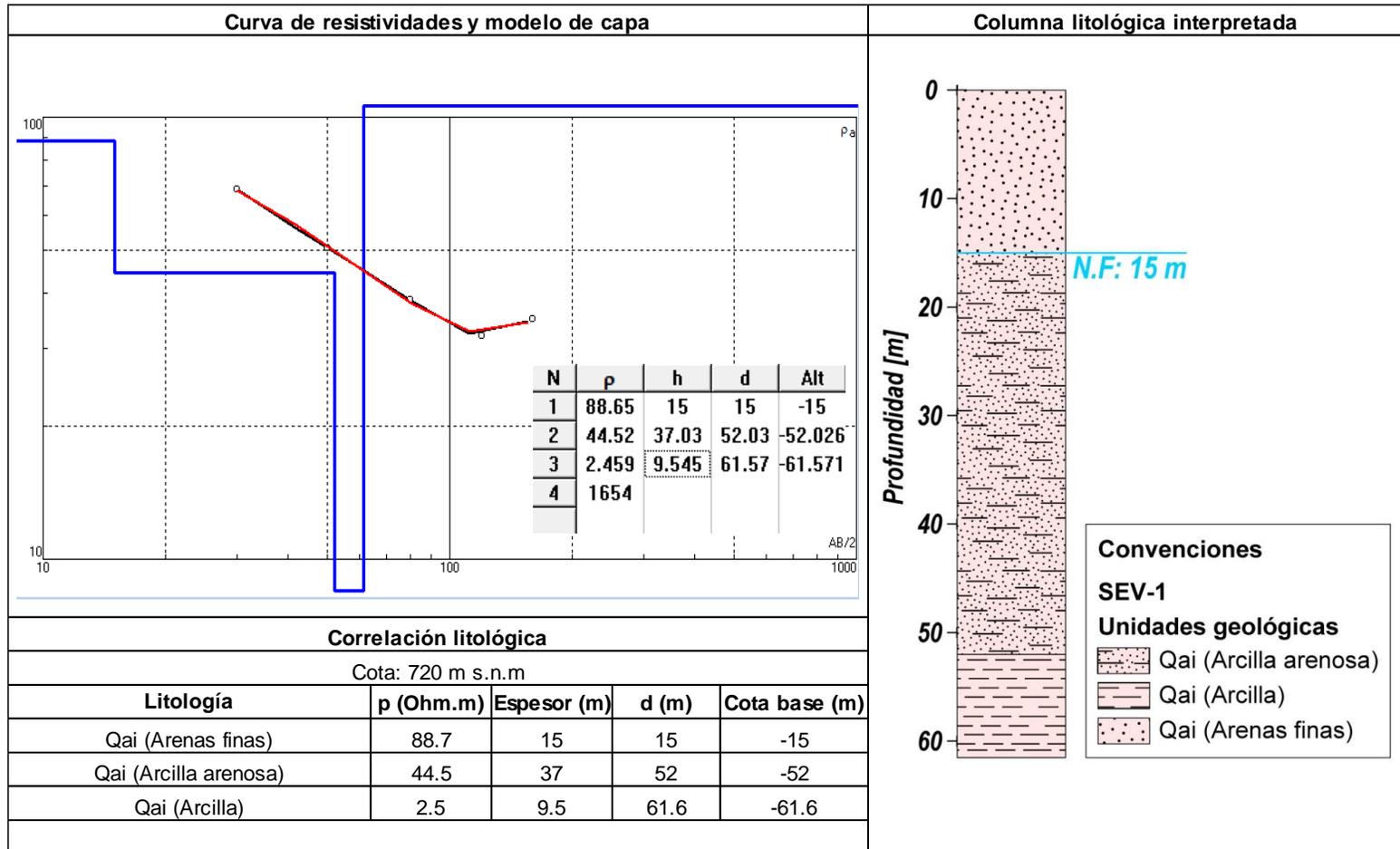


Figura 5.1-109 Análisis de SEV 1

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

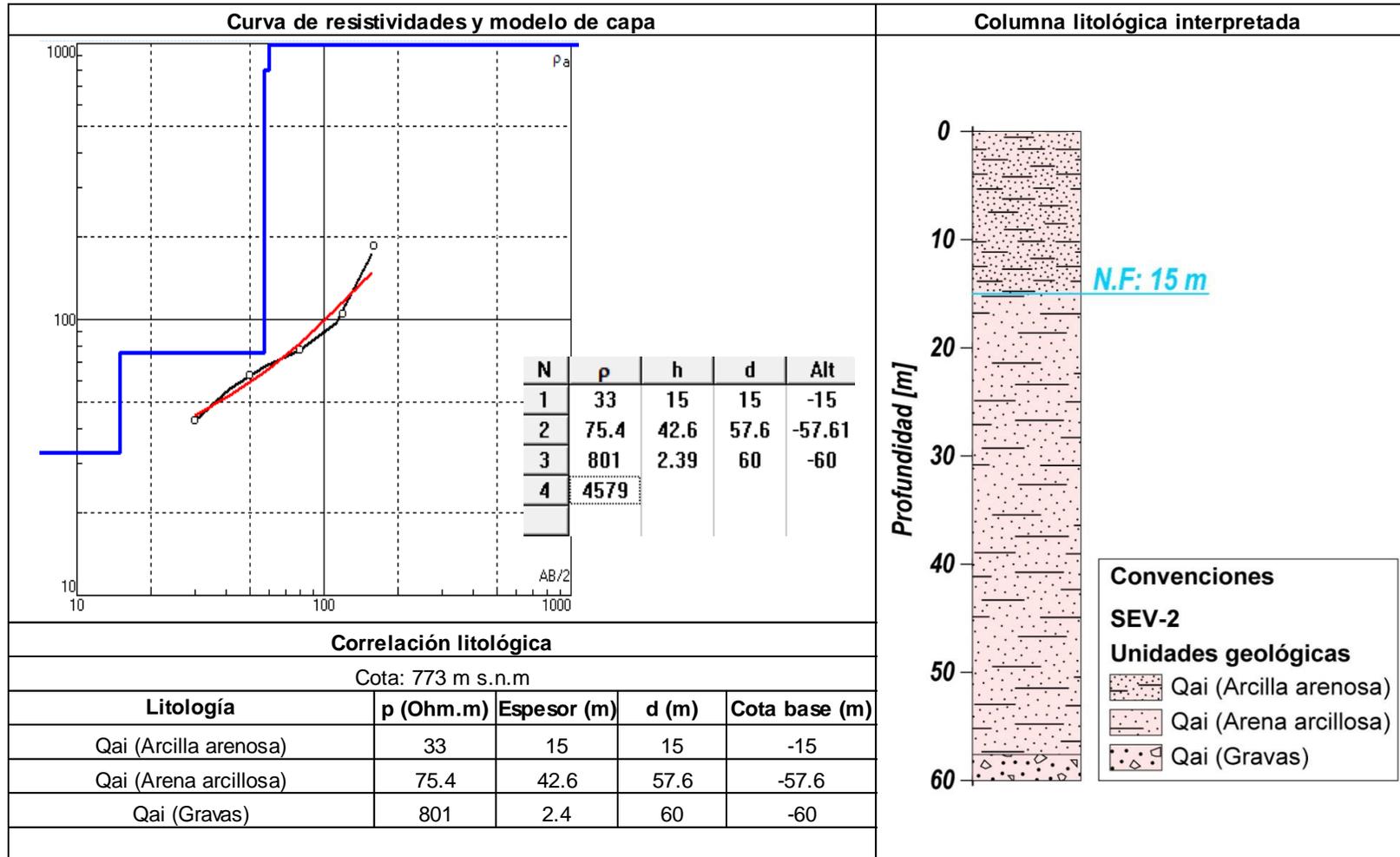


Figura 5.1-110 Análisis de SEV 2

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

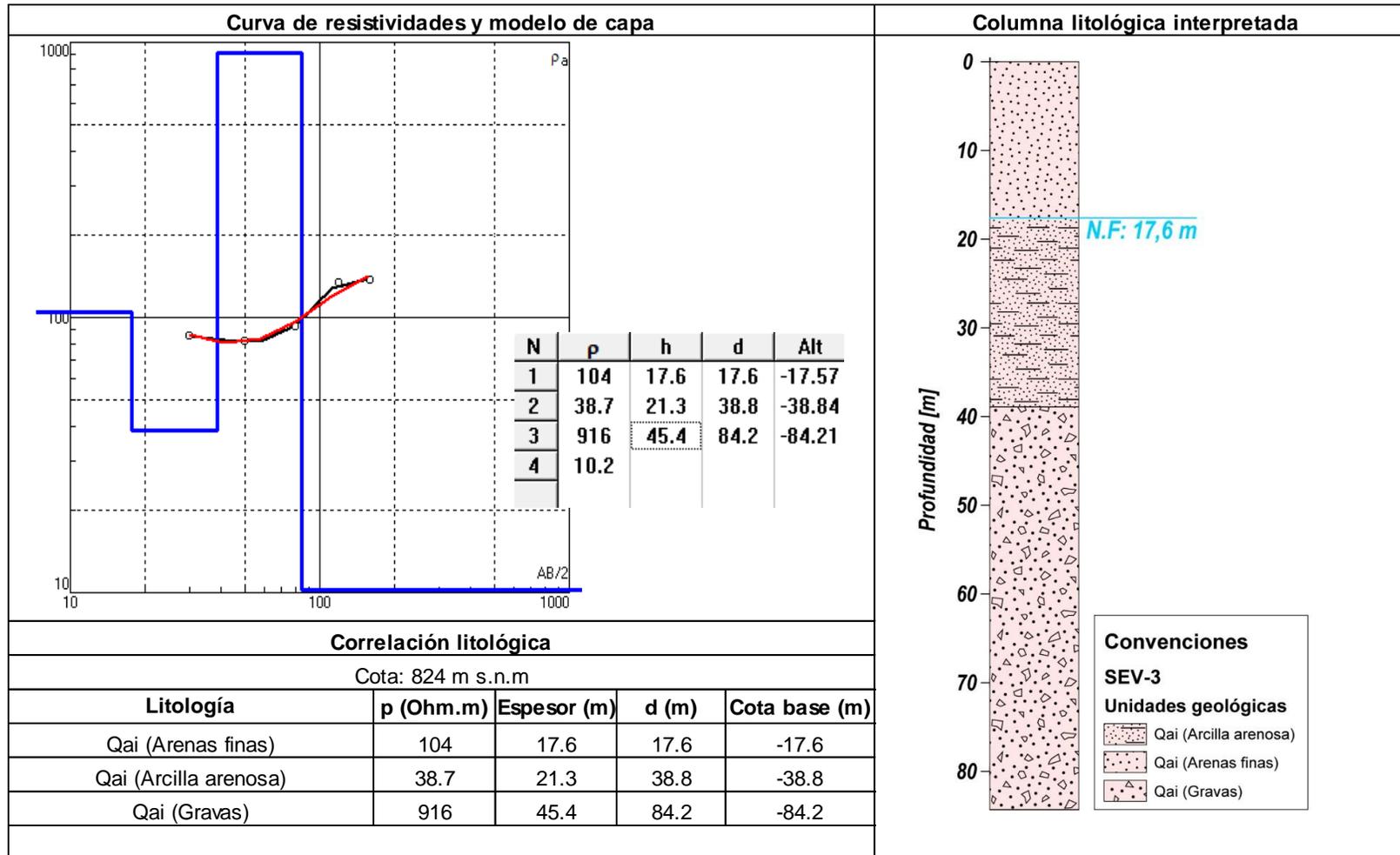


Figura 5.1-111 Análisis de SEV 3

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

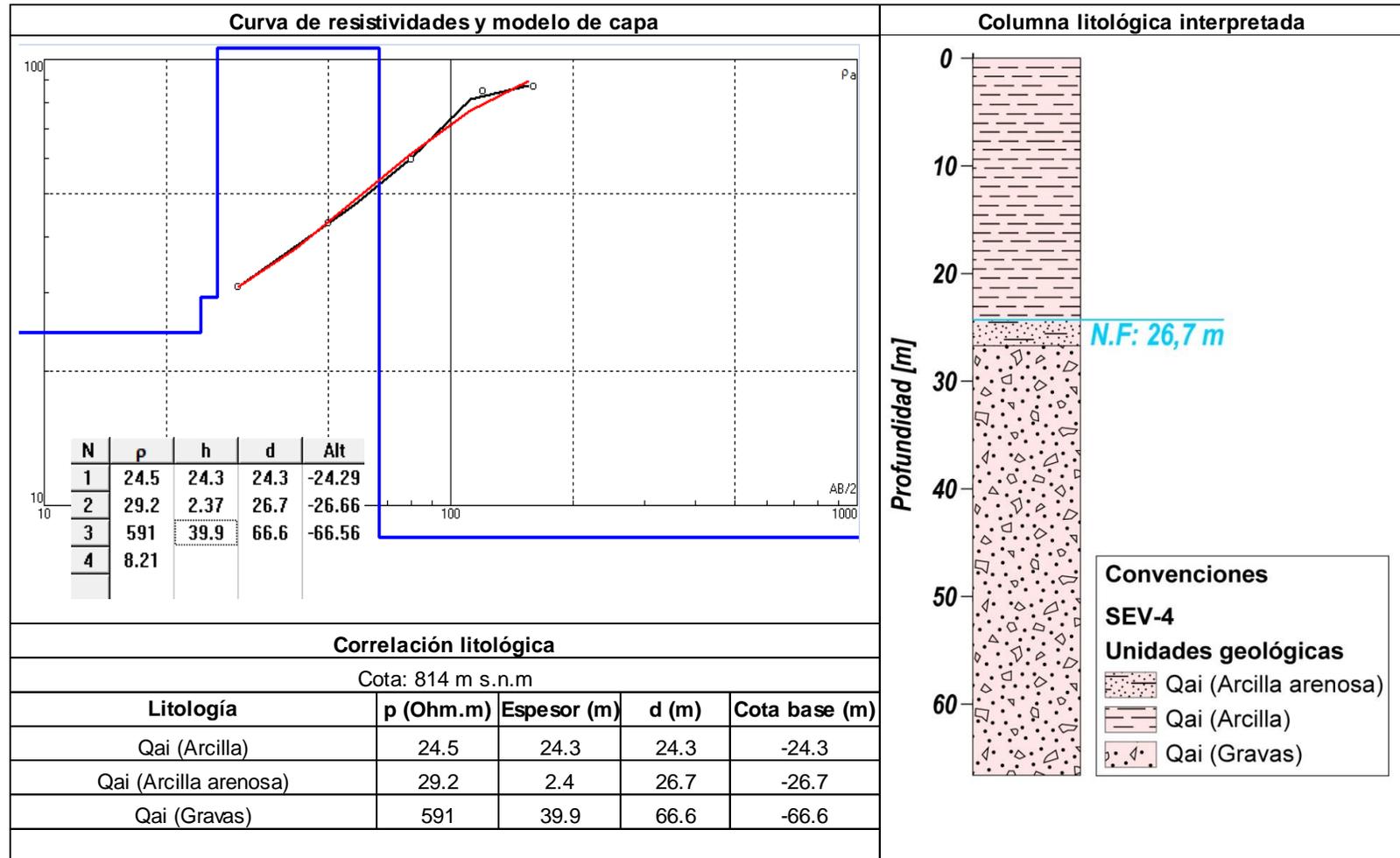


Figura 5.1-112 Análisis de SEV 4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

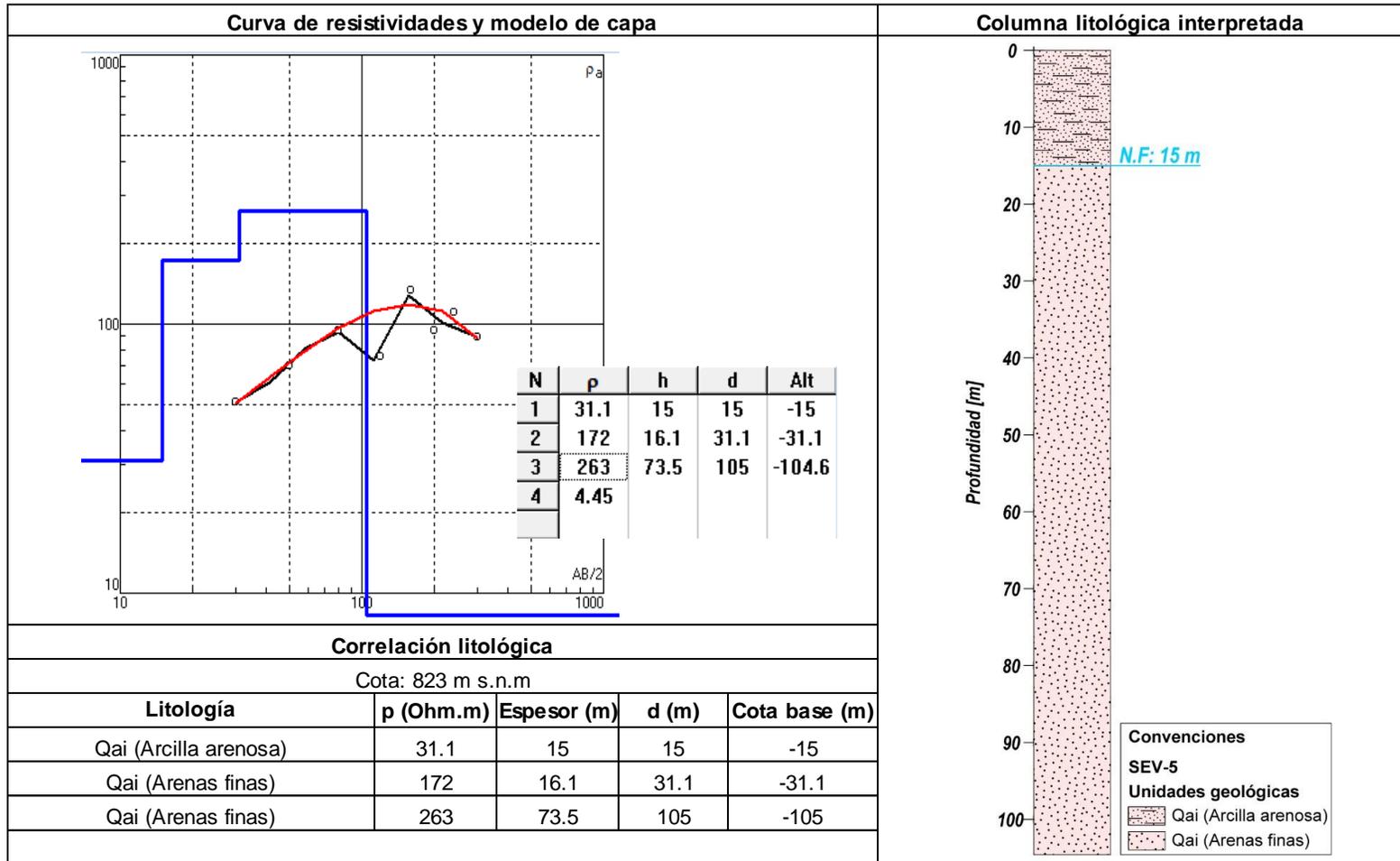


Figura 5.1-113 Análisis de SEV 5

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

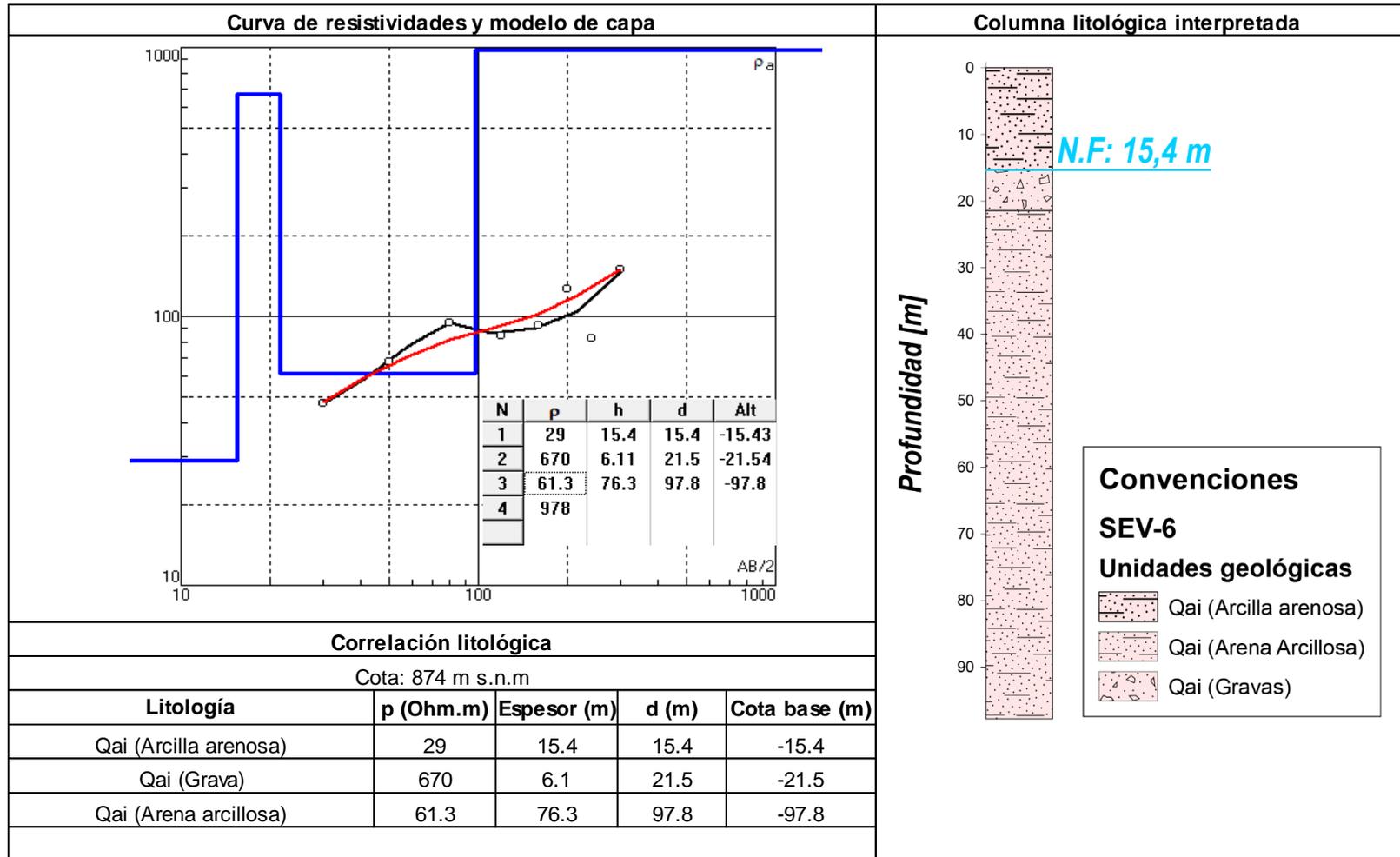


Figura 5.1-114 Análisis de SEV 6

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

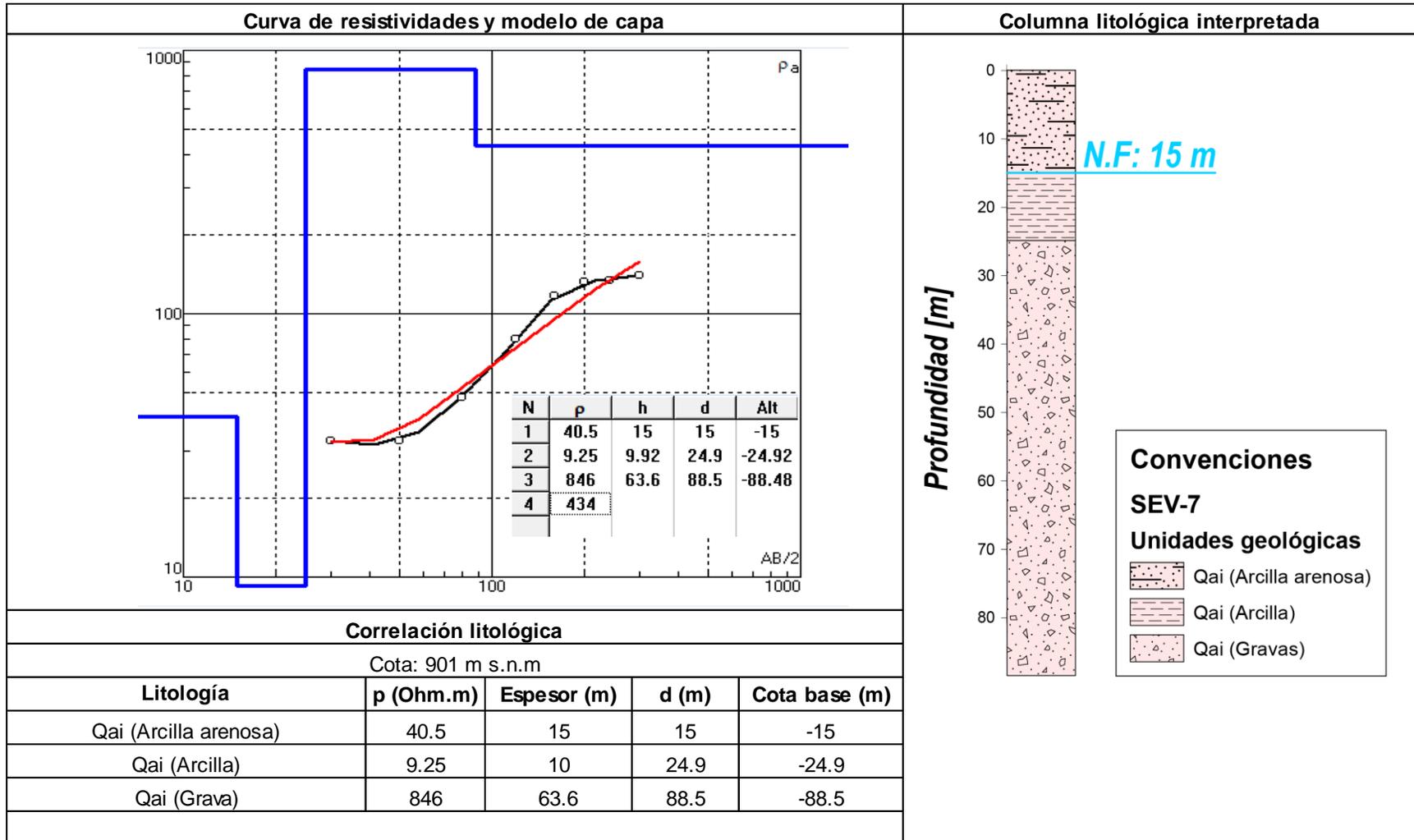


Figura 5.1-115 Análisis de SEV 7

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

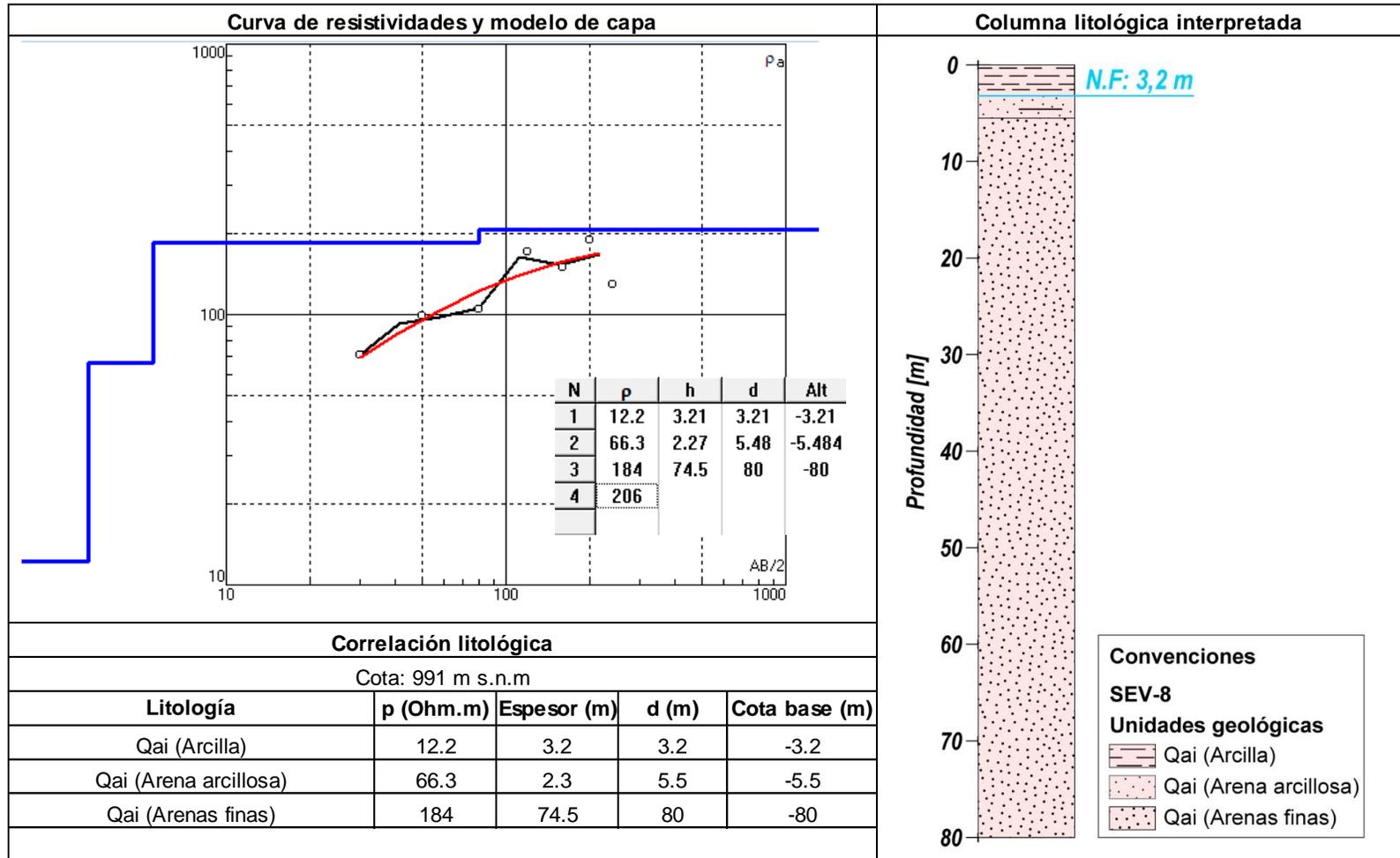


Figura 5.1-116 Análisis de SEV 8

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Figura 5.1-117 se presenta un perfil interpretativo de la estratigrafía de la zona, correlacionando los resultados obtenidos en los sondeos eléctricos verticales.

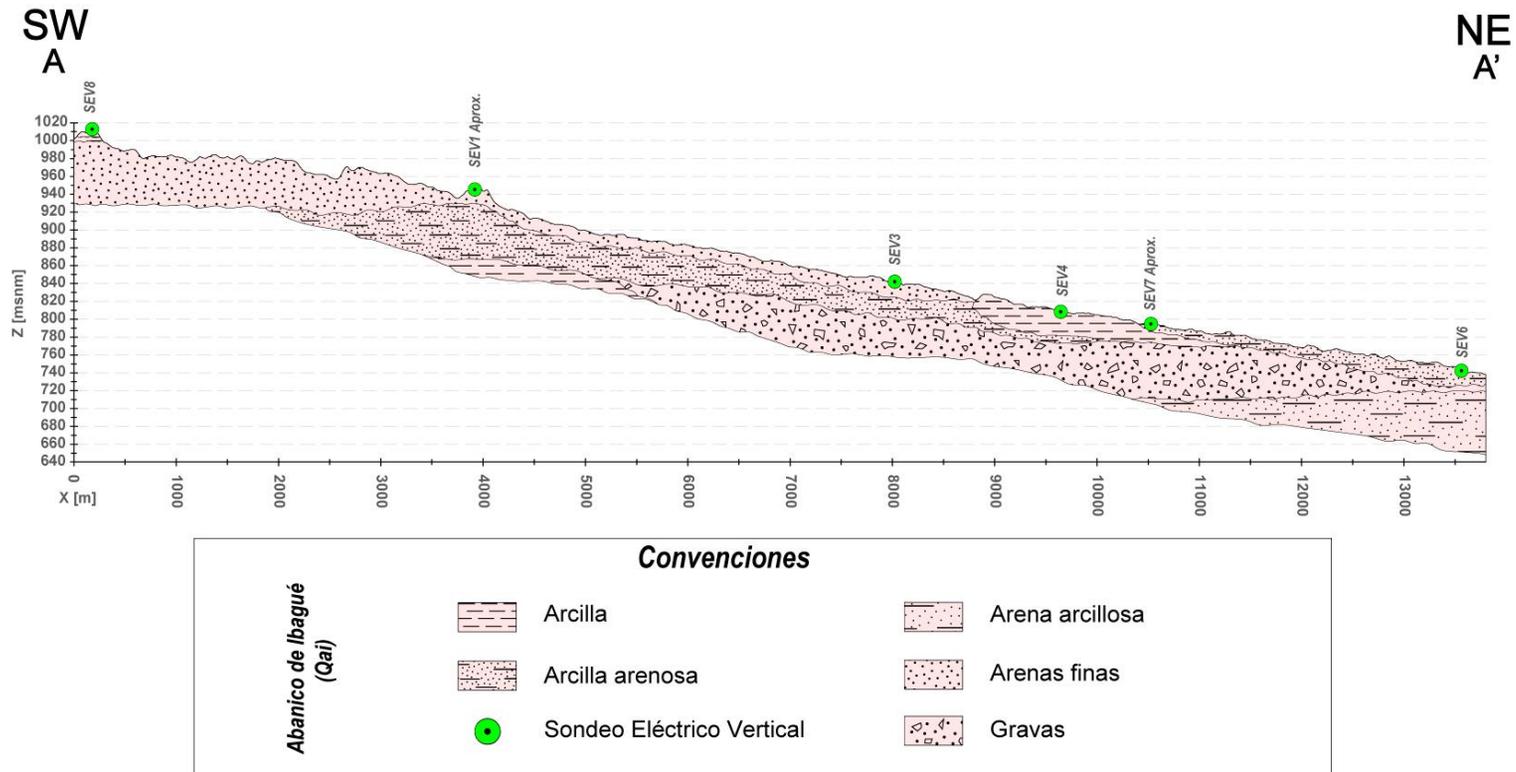


Figura 5.1-117 Perfil A- A' interpretativo de correlación estratigráfica de los SEVs realizados.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Como se observa en los resultados de todos los SEV, la litología predominante en las columnas son los materiales asociados a los depósitos de la Unidad Geológica del Abanico de Ibagué, compuesta principalmente por intercalaciones de gravas, arenas finas y paquetes de arcilla en algunos casos superiores a 5 m de espesor. En general los materiales definidos, indican que en la zona predominan los materiales con porosidad primaria y con potencial acuífero. De acuerdo con la interpretación de los resultados se tienen profundidades de exploración de hasta 100 m.

En las columnas estratigráficas se realiza una interpretación geológica de las profundidades de acuerdo con el ensayo en campo. Es importante mencionar que los ensayos geoelectricos son una medida indirecta de las propiedades del subsuelo y para su verificación se necesitan métodos directos de exploración como son las perforaciones.

Se observó que la presencia de agua subterránea se registra en las zonas con resistividades entre 75,4 y 670 Ohm.m, A continuación, en la Tabla 5.1-67, se presenta el nivel de agua inferido en cada SEV.

Tabla 5.1-67 Niveles de agua subterráneo registrados.

N° SEV	Unidad geológica	Nivel de agua [m]
1	Abanico aluvial	15
2	Abanico aluvial	15
3	Abanico aluvial	17,6
4	Abanico aluvial	26,7
5	Abanico aluvial	15
6	Abanico aluvial	15,4
7	Abanico aluvial	15
8	Abanico aluvial	3,2

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.5.3 Conclusiones

Geológicamente la zona de estudio corresponde a la unidad geológica del Abanico de Ibagué, compuesto por una serie de depósitos fluvio volcánicos que se encuentran distribuidos a lo largo del municipio de Ibagué y Piedras. Constituidos por material piroclástico predominantemente cenizas del Nevado del Tolima. En la zona de estudio tiene un espesor mayor a los 100 m, y corresponde a una unidad acuífera.

Con el fin de conocer el nivel de agua subterránea y los distintos materiales litológicos en la zona de estudio se realizó una campaña de prospección geoelectrica con la implementación de 8 Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V) distribuidos a lo largo de la zona de estudio. Los resultados arrojan que los niveles freáticos en la zona de estudio son variables. Estos oscilan entre 3 y 26,7 m de profundidad y están principalmente en las zonas compuestas de materiales arenosos cuyas resistividades oscilan entre 75,4 y 670 Ohm.m.

En el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrogeología – SEVS - Informe_SEVS Anexo Hidrogeología_Informe_Proyecto Shangri La, p, puede ser consultado en mayor detalle los resultados de la prospección geofísica.

5.1.9.1.6 Zonas de recarga y descarga

En términos generales se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior o del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante en general) y de las aguas superficiales (importante en climas poco lluviosos), hasta la transferencia desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistema acuífero en consideración (Custodio, 2001).

La recarga procedente de la infiltración de la lluvia es la entrada neta de agua al terreno (infiltración menos evaporación, menos escorrentía superficial), que se transmite hacia los acuíferos; se mide como una tasa (altura, tiempo o un caudal) (Unesco, 1998). Este proceso ocurre de manera natural cuando el agua lluvia se infiltra hacia el acuífero a través del suelo con alta capacidad de infiltración o roca suficientemente permeable, la zona en donde ocurre este proceso se define como el área o zona de recarga.

Conocer las zonas de recarga de los acuíferos permite tomar medidas de protección, ya que son la principal entrada de agua a los mismos, pero también son áreas de alta susceptibilidad a la entrada de contaminantes.

La infiltración es el volumen de agua procedente de las precipitaciones (a veces también de los ríos o de la recarga artificial), que, en un determinado tiempo, atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo o de las formaciones geológicas subyacentes, este volumen es lo que se considera infiltración eficaz, recarga natural o recarga profunda, no toda la infiltración alcanza la zona saturada (Custodio, 2001).

La recarga natural tiene el límite de la capacidad de almacenamiento del acuífero, de tal forma que en un determinado momento el agua que llega al acuífero no puede ser ya almacenada y pasa a otra área, superficie terrestre, río, lago, o incluso a otro acuífero; la capacidad de almacenamiento de un acuífero dependerá del espesor y profundidad, esto se refiere a la geometría de los acuíferos solos, en conjunto o interconectados (Faustino J. (2006) citado por Matus (2007)).

5.1.9.1.6.1 Delimitación de las zonas de recarga potencial

La mayoría de los métodos aplicados para este tipo de zonificación se basan en la evaluación del potencial del terreno para permitir la infiltración del agua lluvia (Bueso Campos, 2010, Charles, 1993; Silva, 2007). Para ello se analizan variables relacionadas a la topografía, geología, suelos, uso del suelo y factores climáticos. La definición del tipo

y cantidad de variables depende en gran medida de la escala del estudio y del objeto específico de esta zonificación. En general las zonas de recarga potencial se presentan categorizadas como altas, medias o bajas.

En este estudio se adoptó la metodología desarrollada por Silva (2007), para la clasificación del terreno con base en su potencial para funcionar como zona de recarga, las variables que utilizadas son insumos generados dentro del presente estudio.

En la metodología propuesta por Silva (2007), las variables que determinan el potencial de una región para funcionar como zona de recarga de acuíferos son: pendiente del terreno, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal y uso del suelo. Cada una de estas variables es discretizada en rangos, a los cuales se les asigna un valor de 1 a 5 dependiendo de su potencial para contribuir a la recarga, siendo 5 el potencial "muy alto" y 1 "muy bajo".

A cada factor se le establece un peso relativo, que se ajustan de acuerdo con las características de la cuenca en estudio posteriormente se suman estos factores mediante la siguiente ecuación:

$$ZR = (0,27 * Pendiente) + (0,23 * Tipo suelo) + (0,12 * Tipo de roca) + (0,25 * Cobertura vegetal) + (0,13 * Uso del suelo).$$

Los resultados obtenidos determinan el potencial de recarga para el área de estudio según su valor, como se muestra en la Tabla 5.1-68.

Tabla 5.1-68 Valoración del potencial de recarga

Potencial de recarga	Valor resultante
Muy alta	4,1 – 5,0
Alta	3,5 – 4,09
Moderada	2,6 – 3,49
Baja	2,0 – 2,59

Ibagué y Piedras (Tolima)

Potencial de recarga	Valor resultante
Muy baja	0,75 -1,99

Fuente: SILVA, M. (2007).

Una vez discretizada y ponderada cada variable, mediante la superposición y suma de las capas de información, usando Sistemas de Información Geográfica - SIG, se obtuvo la delimitación de las zonas de recarga.

Los mapas de las variables usadas fueron elaborados en el presente estudio en escala 1:25.000, dentro de los diferentes numerales de la caracterización de la cuenca, relacionados con los mapas de pendientes, de textura de suelo, geología, cobertura vegetal y uso de suelo; las ponderaciones asignadas para cada una de estas variables fueron las establecidas por la metodología de Silva (2007).

A continuación, se presentan los valores asignados, según las características de la zona, para cada una de las variables:

5.1.9.1.6.1.1 Pendientes

La pendiente del terreno es un factor importante, pues determina el momento de la escorrentía y sus efectos en el suelo, así relieves planos no favorecen la escorrentía del agua y permiten un mayor tiempo de contacto del agua con el suelo ayudando a la infiltración, las altas pendientes aumentan la velocidad de la escorrentía. Las ponderaciones para el área de evaluación se presentan en la siguiente tabla (Tabla 5.1-69).

Tabla 5.1-69 Ponderación del parámetro "pendiente"

Pendiente (%), Silva 2007	Potencial de recarga	Ponderación
0-6	Muy alta	5
6-15	Alta	4

Fuente: TOMADO DE SILVA, M. (2007), MODIFICADO ETSA S.A.S., 2021

Debido a que las pendientes en general son bajas (menores al 12%), la zona de evaluación ofrece en general un potencial de recarga que varía entre Alta a Muy Alta (Figura 5.1-118).

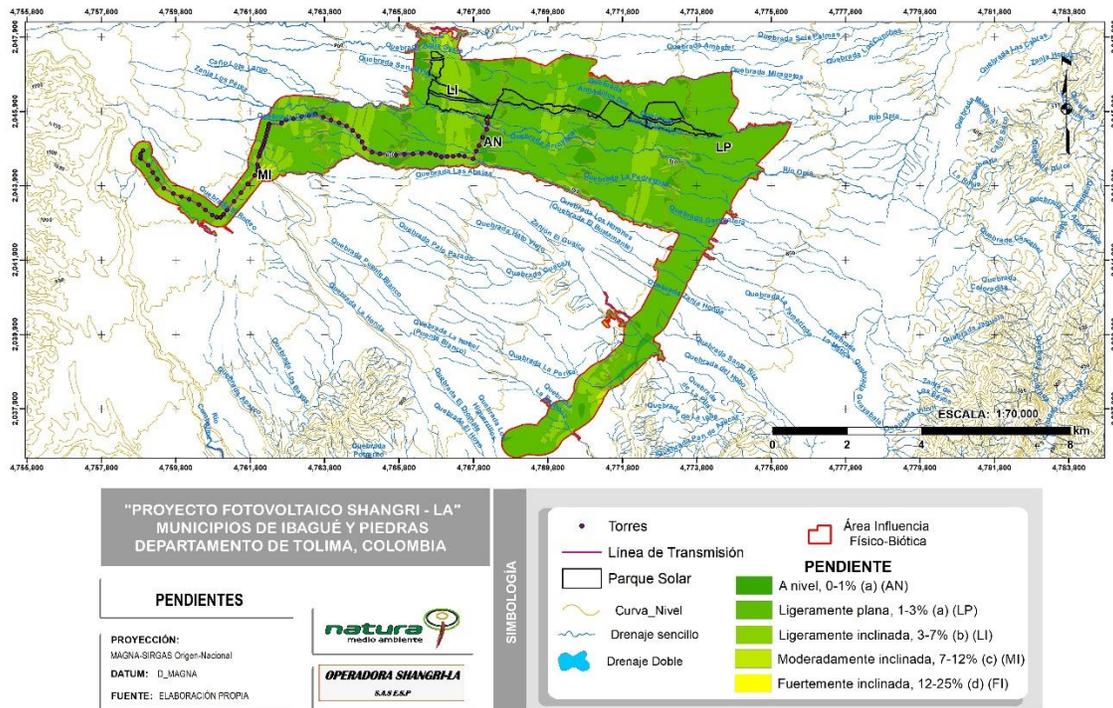


Figura 5.1-118 Mapa de pendientes dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.6.1.2 Suelos

Entre las características de los suelos que influyen en la recarga se encuentra la textura, que corresponde a una propiedad básica del suelo y ejerce influencia en las relaciones hídricas, la fuerza o succión con que el agua es retenida por los coloides o arcillas del suelo y el rango de disponibilidad del agua para las plantas. La infiltración es siempre mayor en suelos de textura gruesa que en suelos de textura fina.

Para el área de evaluación se identificó una clase textural, tipo Franco-Arcillo-Arenoso. La categorización según la textura del suelo se presenta en la Tabla 5.1-70.

Tabla 5.1-70 Ponderación del parámetro "Tipo de suelo"

Clase textural, Silva 2007	Clase textural cuenca	Fases o tipos de suelo	Potencial de recarga	Ponderación
Franco arcillo-arenoso	Franca fina	PWDb, PWFa	Baja	2
No suelo			Baja	2

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La variable suelo presenta en general un potencial de recarga de bajo, con predominio de texturas franco arcillo-arenoso-franco arcilloso (Figura 5.1-119).

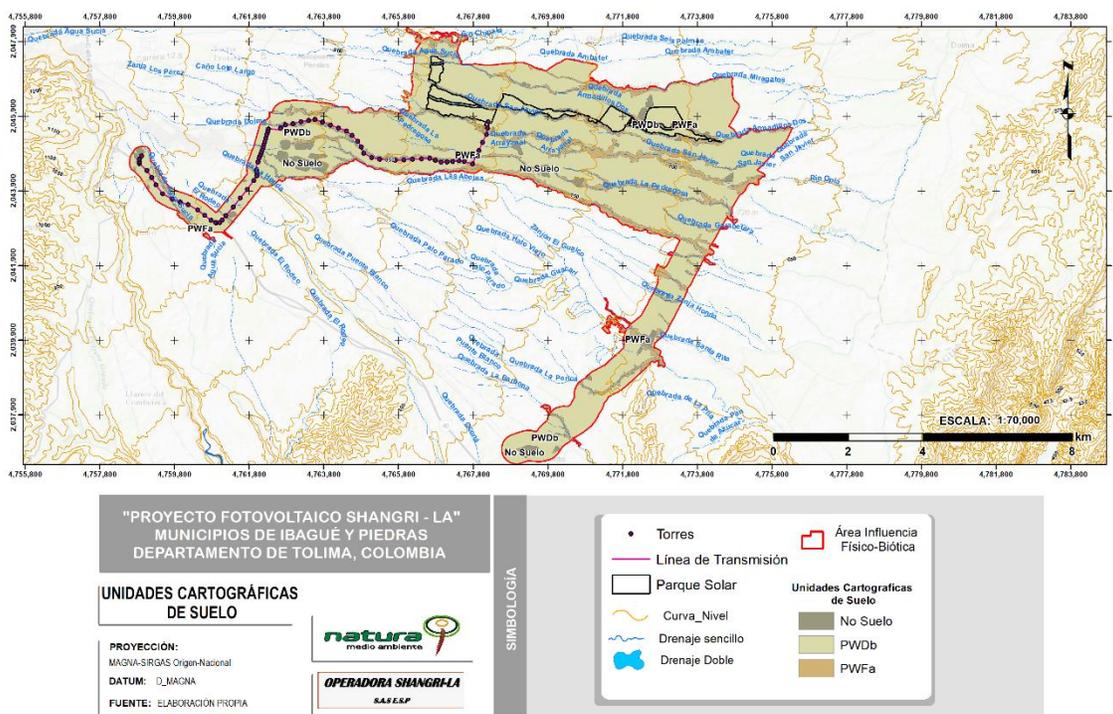


Figura 5.1-119 Unidades de suelo dentro del área de influencia físico biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.6.1.3 *Tipo de roca*

Las ponderaciones son asignadas con base en las características de las unidades geológicas, en función de su permeabilidad, a través de las cuales circula el agua con gran facilidad, favoreciendo la recarga de los acuíferos. Para el área de estudio, se tienen las siguientes calificaciones para el tipo de roca (Tabla 5.1-71 y Figura 5.1-120).

Tabla 5.1-71 Ponderación del parámetro "Tipo de roca"

Tipo de roca, Silva 2007	Unidad Geológica	Litología	Ponderación	Potencial de recarga
Permeables suaves	Depósito Aluvial Cuaternario. Abanico de Ibagué.	Sedimentos limo-arcillosos y de arenas de grano fino a medio, arcillosas.	4	Alta

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

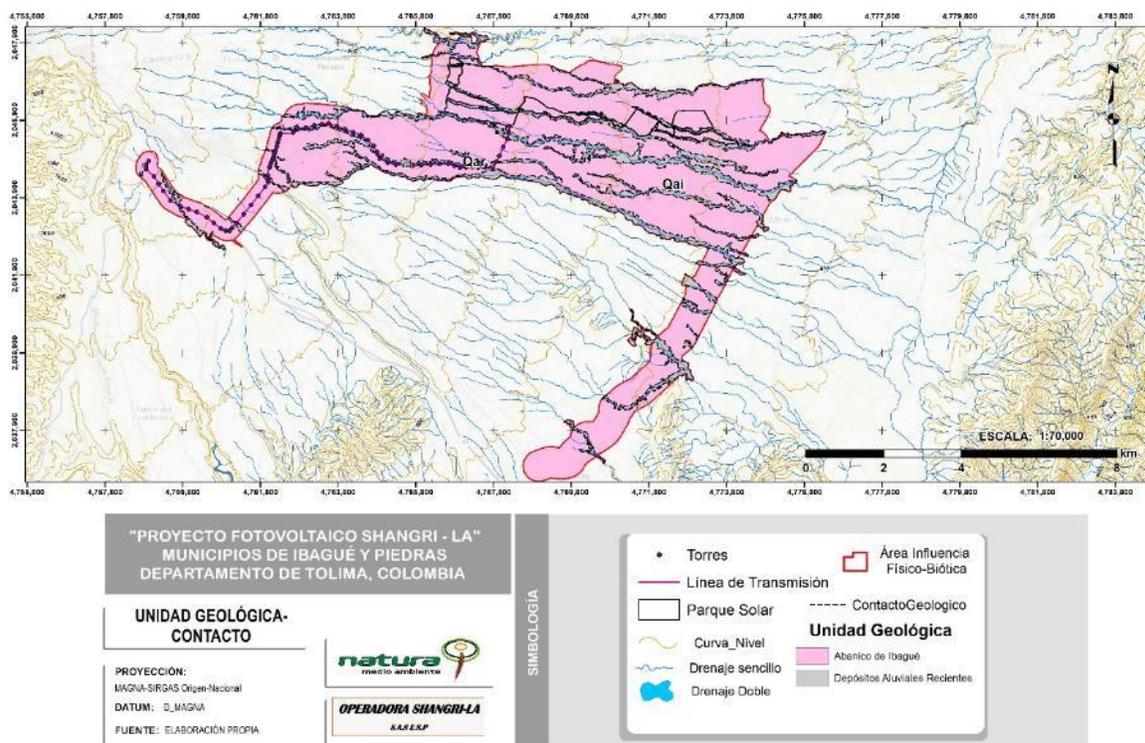


Figura 5.1-120 Unidades geológicas dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.6.1.4 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal disminuye la escorrentía superficial, permitiendo mayor contacto del agua con la superficie, atenuando la velocidad de escorrentía, la erosión, el impacto de las gotas de lluvia, la compactación y la resequead producto de los rayos del sol, contribuyendo de esta manera a conservar las características del suelo que favorecen la recarga hídrica. La vegetación retarda además el recorrido superficial del agua, que de este modo está más tiempo expuesta a su posible infiltración y las raíces abren conductos en el suelo que facilitan la penetración del agua.

A continuación (Tabla 5.1-72 y Figura 5.1-121), se presenta la ponderación para la cobertura vegetal, de acuerdo con el mapa de coberturas de tierra elaborado para el presente proyecto.

Tabla 5.1-72 Valoración de la cobertura vegetal para la zonificación recarga

Cobertura vegetal	Calificación	Zonificación recarga
Tejido urbano discontinuo	1	Muy baja
Tejido Urbano Continuo	1	Muy baja
Pastos limpios	3	Media
Pastos arbolados	3	Media
Pastos enmalezados	3	Media
Bosque de galería y ripario	4	Alta
Plantación forestal	3	Media
Tierras desnudadas y degradadas	1	Muy baja
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2	Baja
Cuerpos de agua artificiales	2	Baja
Zonas Industriales	1	Muy Baja
Red vial y territorios asociados	1	Muy Baja
Aeropuerto sin infraestructura asociada	1	Muy Baja
Otras explotaciones mineras	1	Muy Baja
Explotación de materiales de construcción	1	Muy Baja
Otras zonas verdes urbanas	1	Muy Alta
Parque cementerio	1	Muy Alta
Áreas deportivas	1	Muy Alta
Arroz	3	Media
Vegetación secundaria alta	4	Alta
Vegetación secundaria baja	4	Alta
Estanques para acuicultura continental	3	Media

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

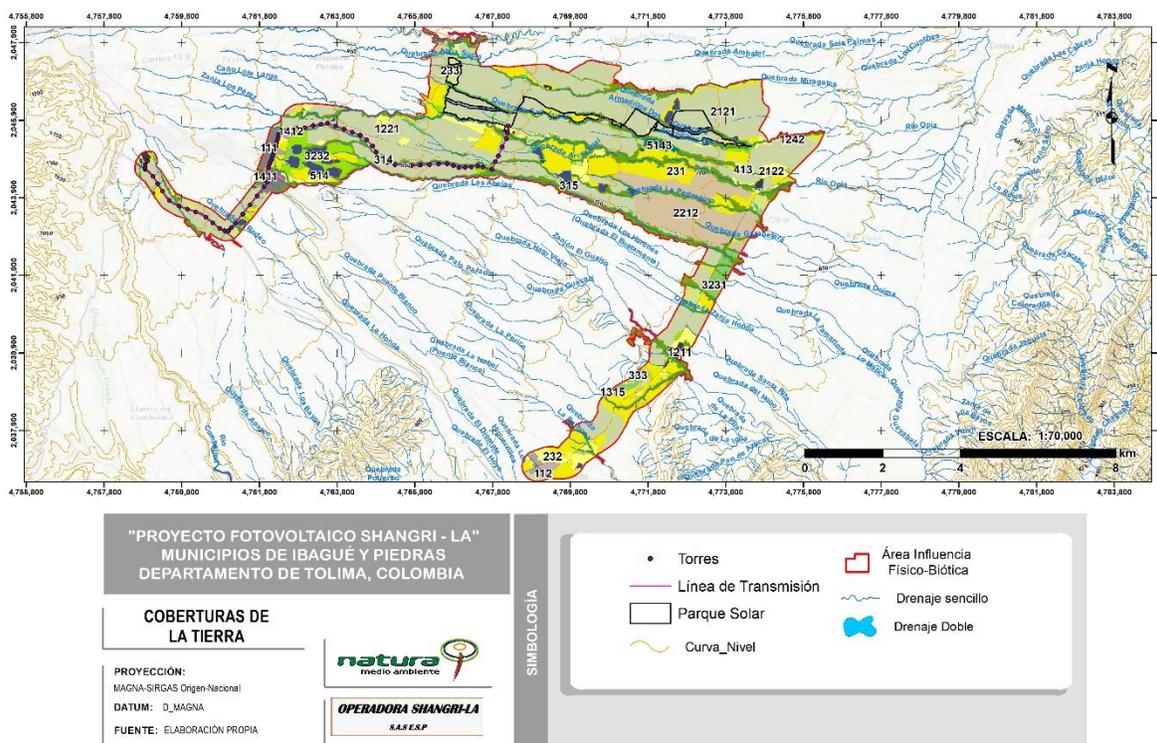


Figura 5.1-121 Mapa de coberturas de tierra dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.6.1.5 Usos del suelo

El uso del suelo es el elemento más cambiante e influenciado por la actividad antrópica; el uso inadecuado del suelo contribuye a disminuir la recarga del acuífero aumentando la pérdida del suelo por erosión y los riesgos naturales (Forges, citado por Matus, 2007). Es un elemento que establece el grado de influencia de una determinada actividad o cambio de uso, tanto en el deterioro de sus características (erosión y compactación), como en la reducción de la infiltración y/o recarga hídrica.

En este aspecto, se trata de establecer los usos que por su connotación y características favorecen la infiltración del agua, como sistemas silvopastoriles y/o agroforestales, el uso e incorporación de materia orgánica, asociados de cultivos, entre otros y diferenciar aquellos que afectan las características del suelo favoreciendo la evaporación, la

compactación y el escurrimiento superficial, como la agricultura intensiva sin obras de conservación de suelo y agua, ganadería extensiva, labranza convencional con excesivo uso de maquinaria, etc (Tabla 5.1-73 y Figura 5.1-122).

Tabla 5.1-73 Valoración de uso actual del suelo para las zonas de recarga

Grupo	Tipo de Uso	Símbolo	Calificación	Zonificación recarga
Agricultura	Cultivos transitorios intensivos	CTI	3	Media
Asentamiento	Residencial	RSD	1	Muy baja
Infraestructura	Servicios	SRV	1	Muy baja
Conservación	Protección	CFP	4	Muy Alta
Asentamiento	Recreacional	REC	1	Muy baja
Infraestructura	Piscicultura	PSI	1	Muy baja
Forestal	Producción-protección	FPR	4	Muy Alta
Ganadería	Pastoreo extensivo	PEX	3	Media
Infraestructura	Transporte	TRANS	1	Muy baja
Minería	Materiales de construcción	MIN	1	Muy baja
Infraestructura	Industrial	IND	1	Muy baja

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

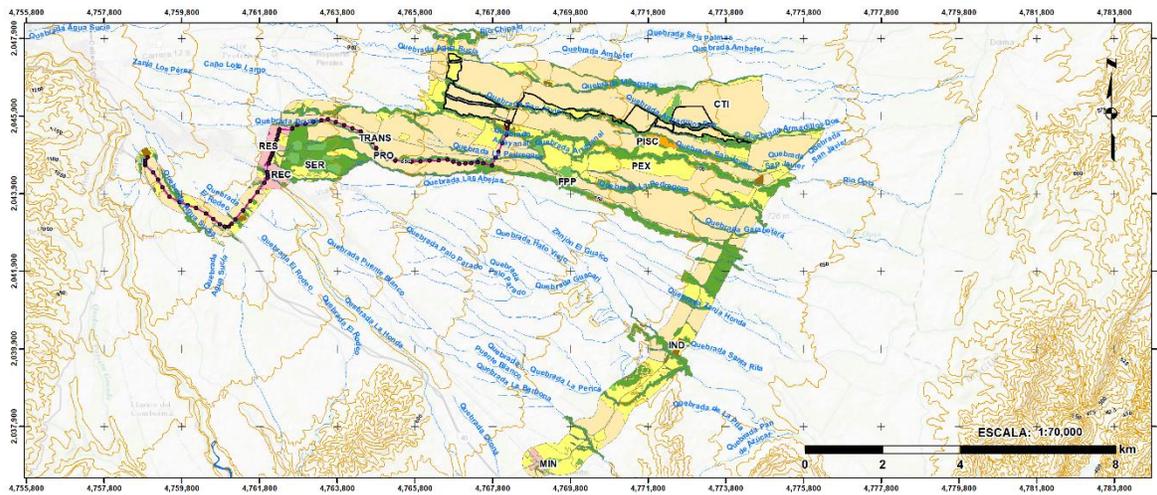


Figura 5.1-122 Uso actual del suelo dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.6.2 Zonificación de las áreas de recarga potencial

Los pesos relativos asignados a cada variable para la determinación de la recarga potencial del área de estudio se ajustaron a los propuestos en la metodología de Silva (2007), ya que la misma propone que: "los pesos relativos asignados en la metodología no son absolutos para todas las zonas, sino que están en consecuencia o relación a las características de cada una y criterios del especialista".

Por tanto, se realizó el ajuste, especialmente en relación con las pendientes, ya que la zona es muy plana y este elemento no sería el de mayor importancia para definir el potencial de recarga, quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$ZR = (0,12 * Pendiente) + (0,23 * Tipo suelo) + (0,27 * Tipo de roca) + (0,25 *$$

Cobertura vegetal) + (0,13* Uso del suelo).

Como resultado se obtuvo que el área de estudio, se hallan zonas con potencial de recarga desde moderada a baja, predominado el potencial de recarga moderada, asociado principalmente con el material fino predominante en la zona de estudio, el grado de inclinación de las laderas (bajas pendientes) y el tipo de cobertura. Las áreas y los porcentajes de cada categoría se presentan en la siguiente tabla (Tabla 5.1-74).

Tabla 5.1-74 Distribución porcentual del potencial de recarga dentro del área de estudio

Potencial de recarga, Silva 2007	Área de influencia físico-biótica (Ha)	% Área de influencia físico-biótica
Muy Baja	0,00	0,00
Baja	276,68	5,58
Moderada	4679,71	94,42
Alta	0,00	0,00
Muy Alta	0,00	0,00
TOTAL	4.956,39	100

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Las zonas de recarga dentro del área de estudio se presentan a continuación en la Figura 5.1-123:

Ibagué y Piedras (Tolima)

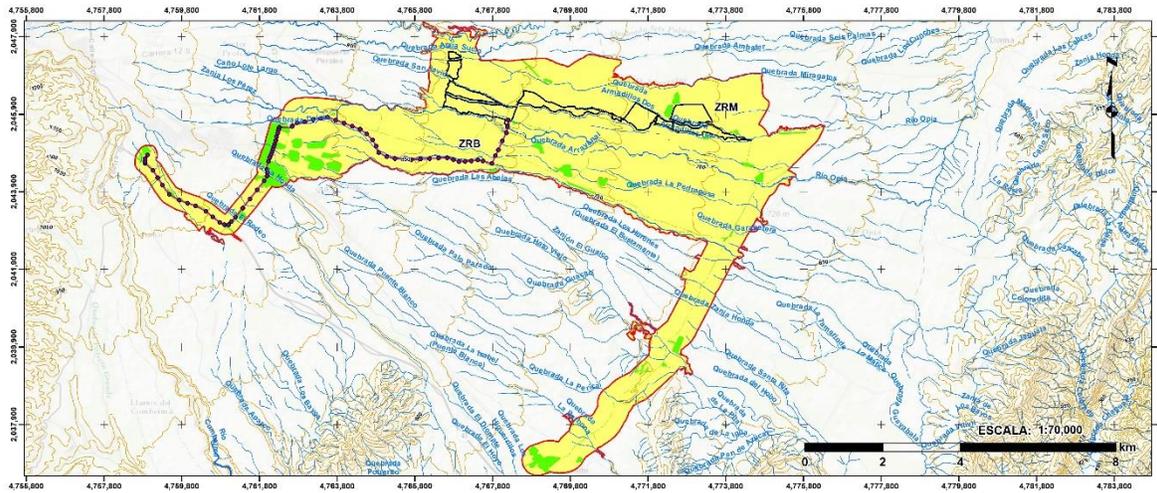


Figura 5.1-123 Potencial de recarga dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.7 Descarga hídrica subterránea

La descarga de los acuíferos presentes en el área de influencia físico-biótica del presente proyecto se da de manera natural en el aporte al flujo base de los ríos y quebradas, ya que no se registraron manantiales. Por su parte, la descarga artificial se da por la explotación y extracción del agua subterránea por parte de los pobladores de la región mediante pozos profundos. Dichas zonas de descarga antrópica, se presenta en la siguiente figura (Figura 5.1-124).

Ibagué y Piedras (Tolima)

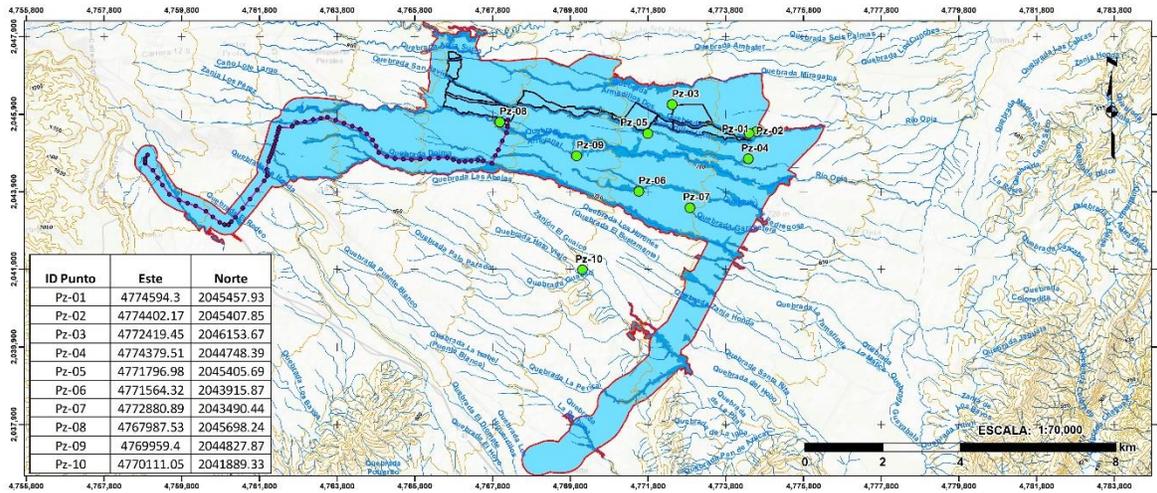


Figura 5.1-124 Descarga antrópica de agua subterránea

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.8 Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos

Foster et al. (2002) establecen que la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación depende de la combinación de cuatro parámetros cuyas iniciales le confieren el nombre de método **GODS**. El método GODS evalúa básicamente dos componentes de la vulnerabilidad: la inaccesibilidad hidráulica del contaminante y la capacidad de autodepuración que tiene la zona no saturada. El primer componente está relacionado con el tipo de acuífero, atendiendo a la presión a la que se encuentra el agua subterránea (el grado de confinamiento hidráulico como parámetro G) y con la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea o el techo del acuífero en el caso de los confinados (parámetro D). El parámetro O responde al componente de la capacidad de atenuación del contaminante debido al sustrato, en función del tamaño de granos o fisuras y a las

Ibagué y Piedras (Tolima)

propias características litológicas de los estratos. Así mismo, el parámetro S tiene en cuenta la forma de atenuación del contaminante y su eliminación debido al contenido de materia orgánica. Dicho método permite clasificar a la vulnerabilidad en nula, despreciable, baja, media, alta y extrema. El método **GODS** (Foster et. al., 1996, citado por CVC, 1999) utiliza los mismos parámetros que el índice GOD, más por consenso de algunos investigadores, se decidió incluir el efecto que tiene el suelo, (parámetro S) sobre la vulnerabilidad (Figura 5.1-125).

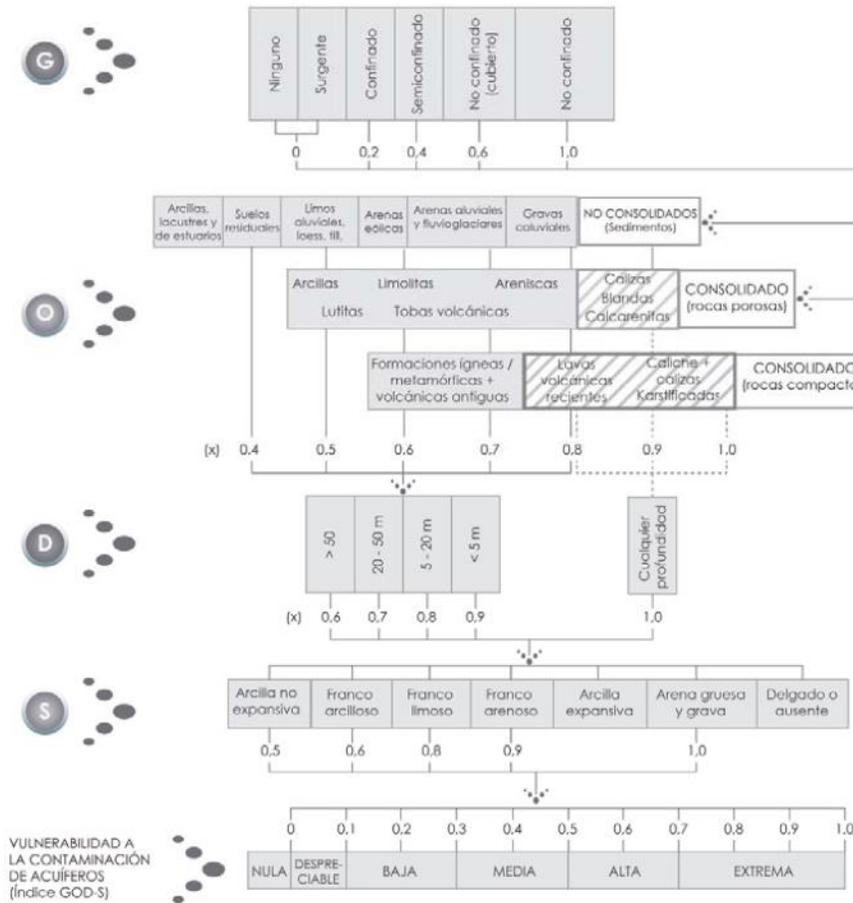


Figura 5.1-125 Método de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos (Foster)

Fuente: Foster, 2002.

$$\text{Índice Vulnerabilidad}_{GODS} = G \cdot O \cdot D \cdot S$$

Tanto para el índice GOD como para el GODS, la vulnerabilidad es categorizada en cinco intervalos.

Entre 0,7 y 1,0 la vulnerabilidad es muy alta; entre 0,5 y 0,7 la vulnerabilidad es alta; entre 0,3 y 0,5 la vulnerabilidad es moderada; entre 0,1 y 0,3, la vulnerabilidad es baja y para menos de 0,1 la vulnerabilidad es calificada como muy baja (Tabla 5.1-75).

Tabla 5.1-75 Categorías de vulnerabilidad para la metodología GODS

Puntaje	Vulnerabilidad
0,7 – 1, 0	Extrema
0,5 – 0,7	Alta
0,3 – 0,5	Moderada
0,1 – 0,3	Baja
<0,1	Muy Baja - Nula

Fuente: Vargas et al, 2010

Una de las mayores falencias de la metodología GOD, es que no considera el tipo de suelo, parámetro importante para la determinación de la vulnerabilidad, acercando el resultado más a la realidad (Buitrago, 2016). Por ello, para este estudio también se empleó la metodología GODS (G –Groundwater occurrence; O –Overall aquifer class; D –Depth; S –Soil), la cual toma en cuenta las características texturales del suelo pero no considera la recarga ni la topografía del terreno (Brito, 2006; Rubio et al, 2002; Silva et al, 2008), refinando notoriamente la vulnerabilidad si es comparada con los resultados de la metodología GOD, si se considera la capacidad que tiene un suelo de amortiguar el paso de un contaminante debido, básicamente, a dos factores: por un lado, la capacidad de los organismos del suelo de metabolizar una carga contaminante y, por otro, la textura del suelo que regula la velocidad del pasaje de un contaminante (Sasal et al, 2011). El suelo mineral constituye la primera capa que debe atravesar el agua en su movimiento vertical/lateral hacia el acuífero. El tipo de suelo (textura, capacidad de infiltración, conductividad hidráulica) determina la cantidad de agua que percolará y que

llegará al acuífero. Suelos arcillosos y limosos tienen baja capacidad de infiltración y una alta capacidad de retención y por tanto incrementan el tiempo de paso del agua por la zona no saturada. (Fallas, 2002). El suelo aporta protección en sectores arcillosos dando lugar a la presencia de vulnerabilidades baja y moderada, la vulnerabilidad alta se ubica en los sectores de suelos más permeables y la vulnerabilidad muy alta para niveles freáticos muy someros (Ríos et al, 2008). En la Tabla 5.1-76, se presenta el factor del parámetro suelo de acuerdo con las características texturales del suelo.

Tabla 5.1-76 Factor parámetro suelo (S) empelado en el método GODS

Textura	Factor del Suelo
Franco arcilloso	0,6
Franco Arcilloso-arenoso	0,7
Franco Arenoso	0,8

Fuente: Brito, 2006

5.1.9.1.8.1 Grado de confinamiento hidráulico

Dentro del área de estudio, se identificaron dos grados de confinamiento. El primero no confinado, asociado con el Acuífero Cuaternario. El segundo clasificado como Acuífero Semiconfinado, asociado con el Acuífero Abanico de Ibagué (Tabla 5.1-77).

Tabla 5.1-77 Factor parámetro grado de confinamiento (G) empelado en el método GODS

Unidad hidrogeológica	Grado de confinamiento	Calificación
Acuífero Cuaternario	1	No confinado
Acuífero Abanico de Ibagué	1	Semiconfinado

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.8.2 Parámetro O

El mapa temático del parámetro O, identifica principalmente 2 áreas. La primera compuesta por el Acuífero Cuaternario, la cual se encuentra conformado por limos aluviales. La segunda se asocia con Tobas Volcánicas, areniscas y conglomerados (Tabla 5.1-78).

Tabla 5.1-78 Factor parámetro O empelado en el método GODS

Unidad hidrogeológica	Grado de confinamiento	Calificación
Acuífero Cuaternario	0,5	Limos aluviales
Acuífero Abanico de Ibagué	0,8	Tobas, Areniscas y Conglomerados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.8.3 Parámetro D

Por su parte, los mapas temáticos del parámetro D, que considera la profundidad hasta el nivel del agua subterránea (Sasal et al, 2011), identifica localmente zonas donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie y otros en los que la tabla se agua se encuentra a más de 20 metros de profundidad. En gran porcentaje del área de estudio, el nivel del agua subterránea se presenta a una profundidad menor de 5 metros (Tabla 5.1-79).

Tabla 5.1-79 Factor parámetro D empelado en el método GODS

Unidad hidrogeológica	Grado de confinamiento	Calificación
Acuífero Cuaternario	Menor a 5 m	0,9
Acuífero Abanico de Ibagué	5-20 m	0,8

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.8.4 Parámetro S

Para el área de estudio se identificaron una textura clasificada como Franco Arcilloso, Tabla 5.1-80.

Tabla 5.1-80 Factor parámetro suelo (S) empelado en el método GODS

Textura	Factor del Suelo
Acuífero Cuaternario	0,6
Acuífero Abanico de Ibagué	0,6

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

A continuación en la Tabla 5.1-81 y la Figura 5.1-126 se presentan los parámetros tenidos en cuenta para el uso de la metodología GODS y Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos respectivamente.

Tabla 5.1-81 Parámetros tenidos en cuenta para el uso de la metodología GODS

Unidad hidrogeológica	Grado de confinamiento (g)		Ocurrencia sustrato suprayacente (o)		Profundidad (d)		Suelos (S)		Vulnerabilidad	
	Tipo de acuífero	Valor (G)	Litología	Valor (O)	Profundidad (m)	Valor (D)	Suelos	Valor	Valor GODS	V
Acuífero Cuaternario	Acuífero Libre	1	Limos aluviales	0,5	Menor a 5 m	0,9	Franco arcilloso	0,6	0,27	Moderada
Acuífero Abanico de Ibagué	Acuífero Semiconfinado	1	Tobas, Areniscas y Conglomerados	1	Entre 5-20 m	0,8	Franco arcilloso	0,6	0,5	Alta

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

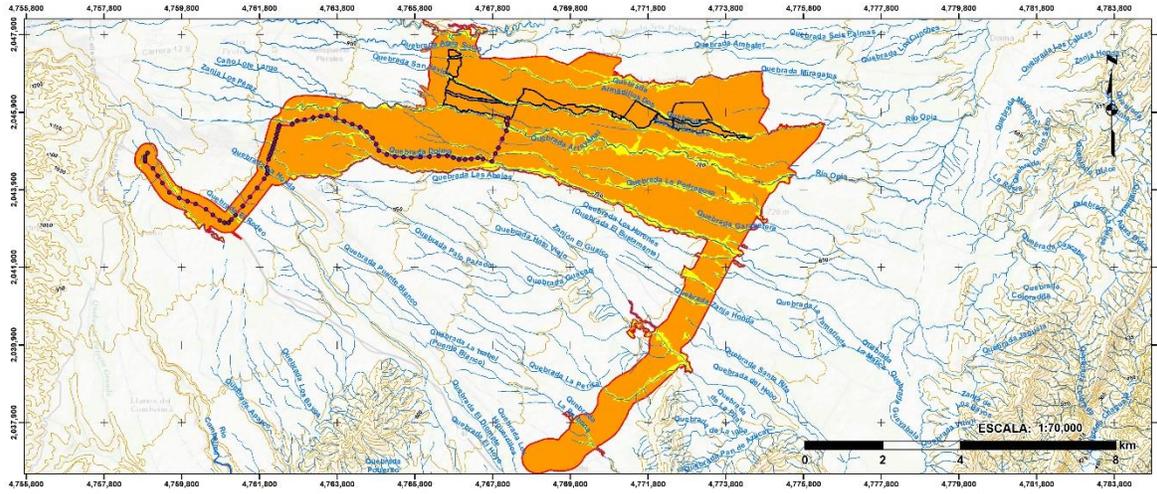


Figura 5.1-126 Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.9 Dirección del flujo de agua subterránea

Con los valores de los niveles de la tabla de agua del inventario de puntos de agua subterránea se determinaron las direcciones de flujo de aguas someras e intermedias. Utilizando el DEM generado para el presente proyecto se establecieron las cotas de los puntos, en el caso de pozos se restó a la cota del terreno en ese punto la profundidad del nivel de la tabla de agua, obteniéndose así la elevación de la superficie piezométrica.

5.1.9.1.9.1 Flujo de agua subterránea somero o local

La caracterización del flujo subterráneo somero o local, que fluye a través de los niveles más superficiales del acuífero del Abanico de Ibagué y de los acuíferos Cuaternarios, se

realizó con base en la elevación del nivel de la tabla de agua de la mayoría de los pozos con menos de 20 m de profundidad.

Para la interpolación se utilizaron un total de 2 puntos, correspondientes a 2 pozos profundos. Se utilizó, la cota sobre el nivel del mar para el cálculo de las isopiezas, teniendo en cuenta que para los pozos se le resto el nivel piezométrico medido en cada uno de estos puntos de agua subterránea. A partir de esta información fue construido el mapa de isopiezas que se presenta a continuación en la Tabla 5.1-82.

Tabla 5.1-82 Datos utilizados para el cálculo del flujo de agua somero o local

ID_PUNTO_H	PROFUND_M	NIV_PIEZOM	COTA	COOR_ESTE	COOR_NORTE	COTA ISOPIEZAS (m.s.n.m)
Pz-01	80	13	710	4774594,30	2045457,93	697
Pz-02	102	13	710	4774402,17	2045407,85	697

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Lo que se denomina en la tabla anterior como Cota Isopiezas (m.s.n.m), corresponde a la altura sobre el nivel del agua, luego de restarle la posición del nivel frático medido en campo.

Las líneas isopotenciales y las direcciones de flujo somero se muestran a continuación en la Figura 5.1-127, donde se observa que en general siguen la topografía del área, en dirección Oeste-Este, con alguna variación local. En este sentido debido a la poca cantidad de pozos existentes que captan de la parte somera del Acuífero Abanico de Ibagué, fue necesario interpolar la información para conocer la dirección del flujo de agua subterránea en el nivel intermedio.

Ibagué y Piedras (Tolima)

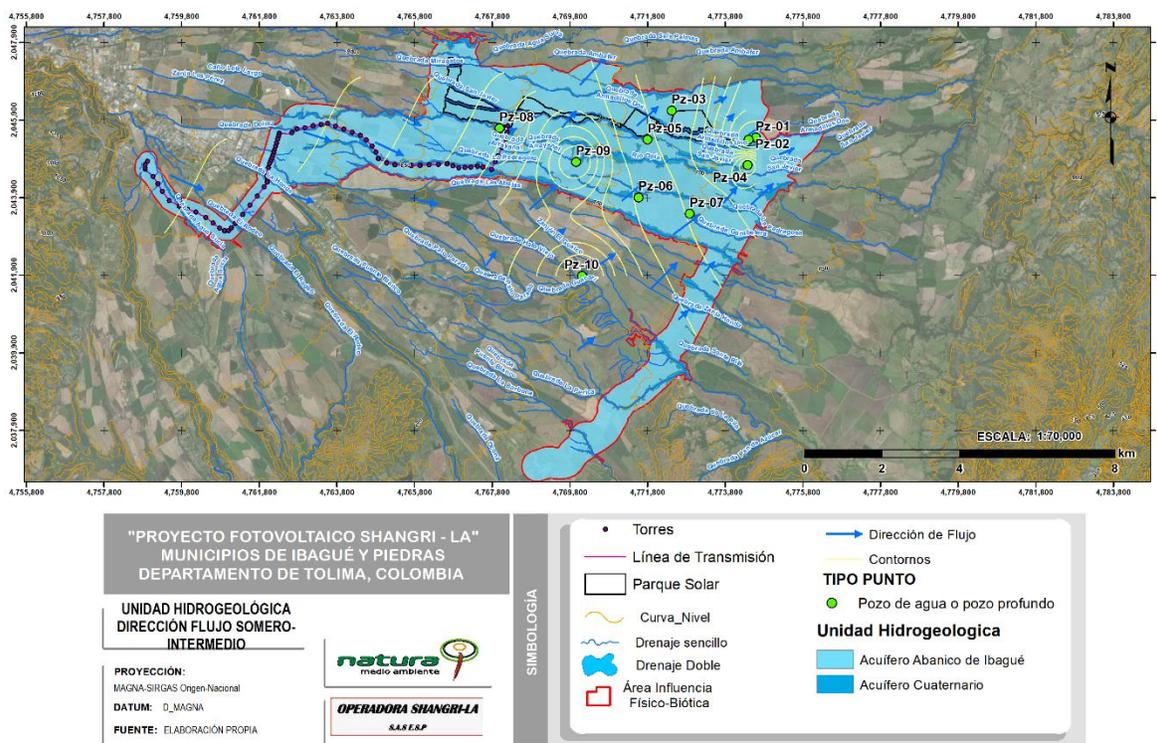


Figura 5.1-127 Línea de flujo subterráneo local Mapa de isopiezas Flujo somero

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.9.2 Flujo de agua subterránea intermedio

Para generar la superficie piezométrica del flujo subterráneo intermedio, se utilizó la información de 8 pozos con profundidades entre 80 y 110m, distribuidos en una pequeña parte del área de estudio y que captan niveles acuíferos de Abanico de Ibagué (Tabla 5.1-83 y Figura 5.1-128).

Tabla 5.1-83 Datos utilizados para el cálculo del flujo de agua intermedio

ID_PUNTO_H	PROFUND_M	NIV_PIEZOM	COTA	COOR_ESTE	COOR_NORTE	COTA ISOPIEZAS (m.s.n.m)
Pz-03	106	56	760	4772419,45	2046153,67	704
Pz-04	107	60	765	4774379,51	2044748,39	705
Pz-05	80	56	760	4771796,98	2045405,69	704

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID_PUNTO_H	PROFUND_M	NIV_PIEZOM	COTA	COOR_ESTE	COOR_NORTE	COTA ISOPIEZAS (m.s.n.m)
Pz-06	110	65	770	4771564,32	2043915,87	705
Pz-07	110	68	772	4772880,89	2043490,44	704
Pz-08	80	58	762	4767987,53	2045698,24	704
Pz-09	100	50	760	4769959,40	2044827,87	710
Pz-10	80	54	764	4770111,05	2041889,33	710

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

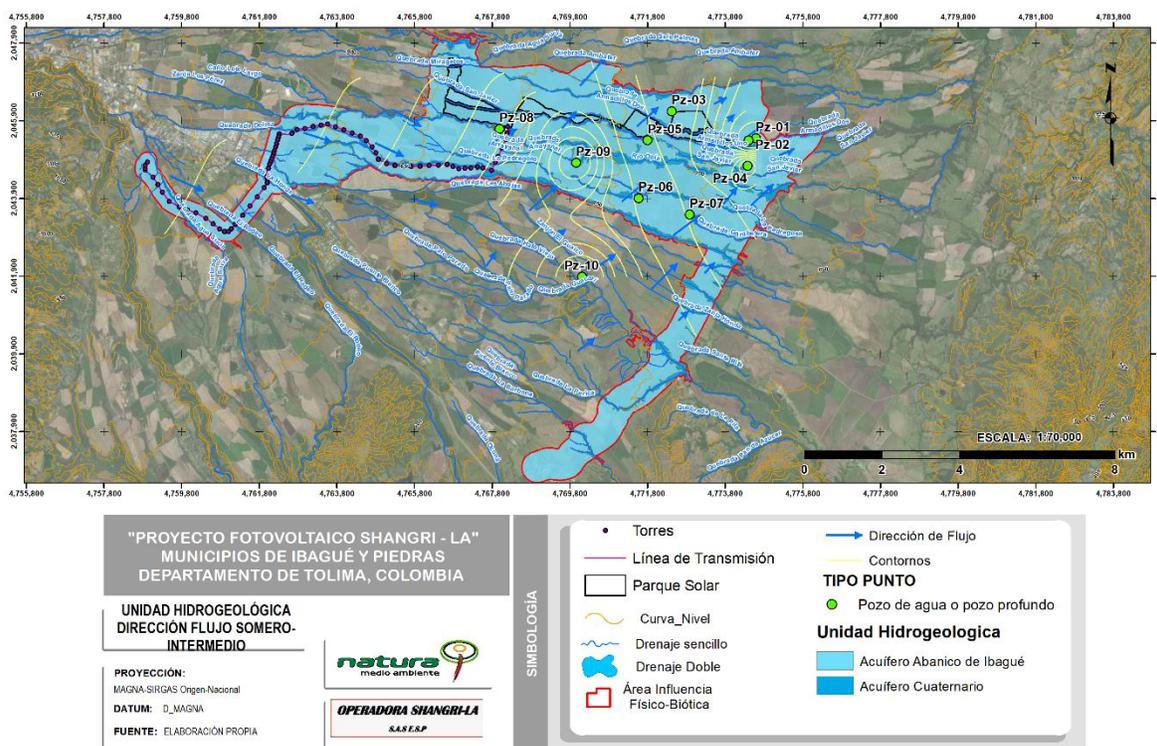


Figura 5.1-128 Línea de flujo subterráneo local Mapa de isopiezas Flujo intermedio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.10 Parámetros hidrogeológicos

De acuerdo con la información suministrada por el Servicio Geológico Colombiano, en las pruebas de bombeo realizadas sobre el Abanico de Ibagué, se presenta una rápida estabilización de las curvas de abatimiento (entre 10 y 780 minutos), lo que sugiere una presencia de una capa confinante que produce un goteo hacia el acuífero. Esta capa debe estar saturada con agua proveniente de prácticas de riego y de canales (SGC, 1997).

Con el procesamiento de las pruebas de bombeo, realizadas por el SGC, se obtuvieron transmisividades promedio para la zona occidente entre 50 y 210 m²/día y para la zona oriental entre 280 a 2250 m²/día, los valores altos pueden deberse a la mayor permeabilidad de los sedimentos en la zona oriental (SGC, 1997).

Tomando espesores mínimo y máximo del acuífero de 100 y 300 m, obtenidos con el mapa de isópacas, se calcularon conductividades hidráulicas del orden de 1 a 3,5 m/día, respectivamente (SGC, 1997).

Los radios de influencia de los pozos, calculados para el tiempo de estabilización de las curvas de abatimiento, variaron entre 35 y 605 m, indicando que la distancia mínima entre los pozos deberá entre 600 y 800 metros aproximadamente, con el fin de evitar interferencias entre los conos de abatimiento (SGC, 1997).

5.1.9.1.11 Caracterización hidrogeoquímica del agua subterránea

La hidrogeoquímica es una rama de las Geociencias que articula la hidrogeología y la química, en la cual se analiza la composición mineralógica del agua subterránea para detallar características como el tipo de roca con la que ha interactuado y los procesos y reacciones químicas de los que ha hecho parte.

Como insumo para el análisis hidrogeoquímico y para tener una línea base del estado actual de las aguas subterráneas en la zona, se utilizaron los resultados obtenidos con

los 5 monitoreos realizados en los puntos propuestos de manifestaciones de agua subterránea; asociados con pozos profundos; los cuales fueron seleccionados del inventario realizado en el área de estudio, teniendo en cuenta la distribución espacial, la representatividad por tipo de punto y su estado actual (en uso) (Tabla 5.1-84 y Figura 5.1-129).

Tabla 5.1-84 Localización 5 puntos de monitoreo de aguas subterráneas

NOMBRE	ID_PUNTO_M	FC_MON_SUB	ID_RELAC_IO	OBSERV	COTA	COORDENADAS	COORDENADAS
Pozo 01	Pz-01	Punto Hidrogeológico	Pz-01	Corresponde a un licenciamiento nuevo	710	4774594	2045458
Pozo 03	Pz-03	Punto Hidrogeológico	Pz-03	Corresponde a un licenciamiento nuevo	760	4772419	2046154
Pozo 04	Pz-04	Punto Hidrogeológico	Pz-04	Corresponde a un licenciamiento nuevo	765	4774380	2044748
Pozo 05	Pz-05	Punto Hidrogeológico	Pz-05	Corresponde a un licenciamiento nuevo	760	4771797	2045406
Pozo 09	Pz-09	Punto Hidrogeológico	Pz-09	Corresponde a un licenciamiento nuevo	760	4769959	2044828

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

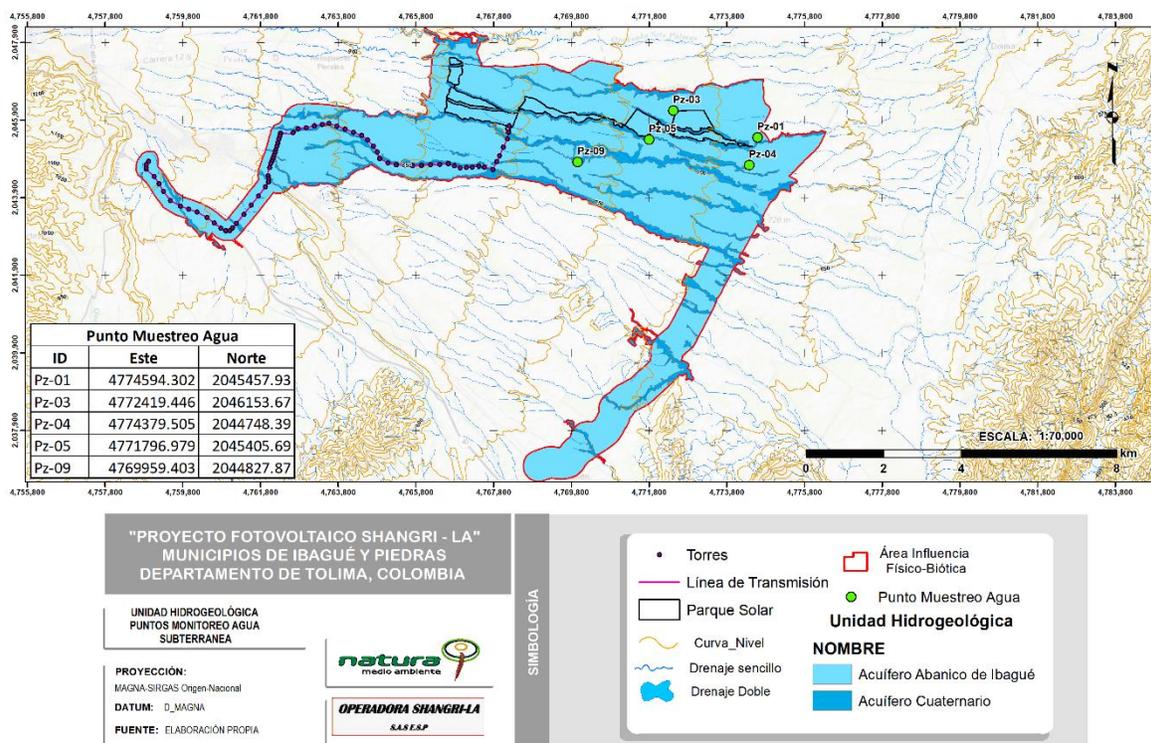


Figura 5.1-129 Puntos de monitoreo de agua subterránea dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

A continuación, se hace el análisis hidrogeoquímico de los monitoreos de aguas subterráneas realizado en el área de estudio, utilizando los diagramas de Stiff y Piper.

5.1.9.1.11.1 Diagrama de Stiff

Esta gráfica está compuesta por tres ejes horizontales, cada uno de ellos uniendo un catión y un anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Siempre el Na^+ se confronta con el Cl^- , el Ca^{+2} con el HCO_3^- y el Mg^{+2} con el SO_4^{-2} (a veces también se pueden mostrar otros dos iones, como el Fe^{+2} contra el NO_3). Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/l.

Dos características sobresalen en este tipo de diagrama: por un lado permite visualizar claramente diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular) y, en forma simultánea, permite dar idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica), A continuación se muestran algunas apreciaciones de este diagrama que caracterizan varios tipos de aguas, además permite apreciar los valores de las relaciones iónicas con respecto a la unidad y la variación de las relaciones entre cationes y entre aniones de una muestra, también pueden representarse en un mapa, con lo que se visualiza rápidamente la variación espacial de la mineralización del agua en el acuífero.

Para los diferentes puntos de captación de aguas subterráneas analizados se tiene los siguientes diagramas de Stiff:

Según el Diagrama de Stiff resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas subterráneas naturales, con una mayor mineralización en calcio, carbonatos y bicarbonatos, Figura 5.1-130.

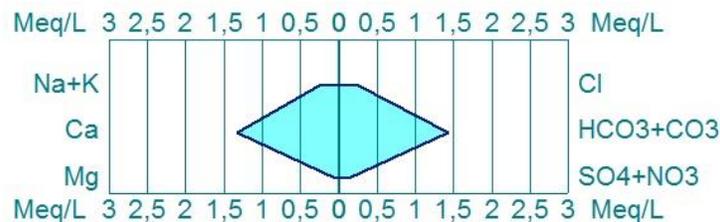


Figura 5.1-130 Diagrama Stiff Muestra Pz-01. Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Según el Diagrama de Stiff resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas subterráneas naturales, con una mayor mineralización en calcio, carbonatos y bicarbonatos, Figura 5.1-131.

Ibagué y Piedras (Tolima)

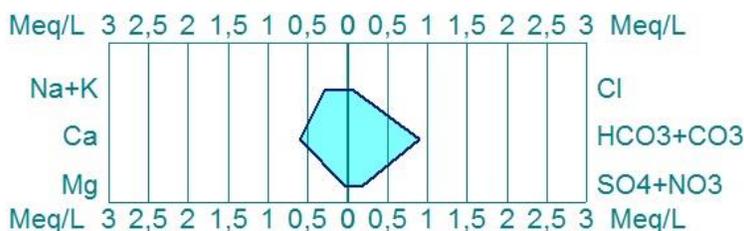


Figura 5.1-131 Diagrama Stiff Muestra Pz-03. Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Según el Diagrama de Stiff resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas subterráneas naturales, con una mayor mineralización en carbonatos y bicarbonatos, Figura 5.1-132.

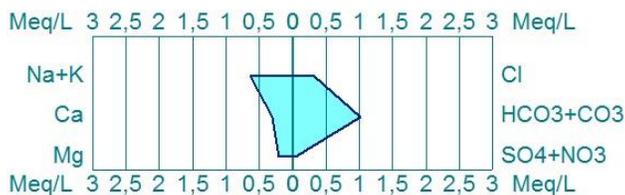


Figura 5.1-132 Diagrama Stiff Muestra Pz-04. Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Según el Diagrama de Stiff resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas subterráneas naturales, con una mayor mineralización en carbonatos y bicarbonatos, Figura 5.1-133.

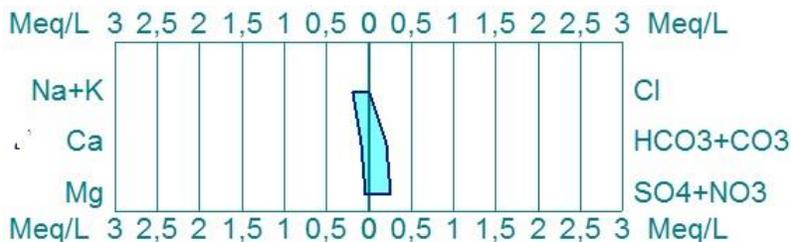


Figura 5.1-133 Diagrama Stiff Muestra Pz-05. Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Según el Diagrama de Stiff resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas subterráneas naturales, con una mayor mineralización en calcio, carbonatos y bicarbonatos, Figura 5.1-134.

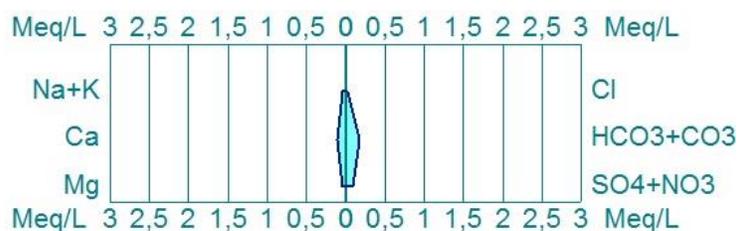


Figura 5.1-134 Diagrama Stiff Muestra Pz-09. Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En general se observan en los puntos monitoreados mayores mineralizaciones en carbonatos y bicarbonatos, lo que obedece a rocas con abundancia de minerales ricos en sales solubles. Los diagramas presentan forma de "punta de flecha" el cual se asocia a aguas subterráneas naturales; sin intervención antrópica.

En estos diagramas se puede destacar, que las muestras de agua analizadas se clasifican como bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, con menor proporción de bicarbonatadas sódicas.

5.1.9.1.11.2 Diagrama de Piper

Es una de las gráficas más utilizadas, en él se incluyen aniones y cationes en forma simultánea.

Este gráfico permite representar muchos análisis sin dar origen a confusiones. Las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas (CUSTODIO 1965).

Está formado por dos triángulos equiláteros, donde se representan los cationes y aniones mayoritarios. Los vértices del triángulo de cationes son Ca_2^+ , Mg^{2+} y Na^+ , K^+ . Los vértices del triángulo de aniones son SO_4^{-2} , Cl -y HCO_3^- . Los datos de los diagramas triangulares se proyectan en un rombo central en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes.

Las concentraciones de los iones dadas en meq/l se expresan como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes respectivamente. En cada triángulo se reúnen solo tres aniones y tres cationes. A cada vértice le corresponde el 100% de un anión o catión.

Este tipo de diagramas permite diferenciar tipos de agua y los procesos o rocas relacionadas con las mismas.

Para los diferentes puntos de captación de aguas subterráneas analizados se tienen los siguientes diagramas de Piper, de la Figura 5.1-135 a la Figura 5.1-139:

Para el Pz-01, según el Diagrama de Piper resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas tipo Bicarbonatadas cálcicas.

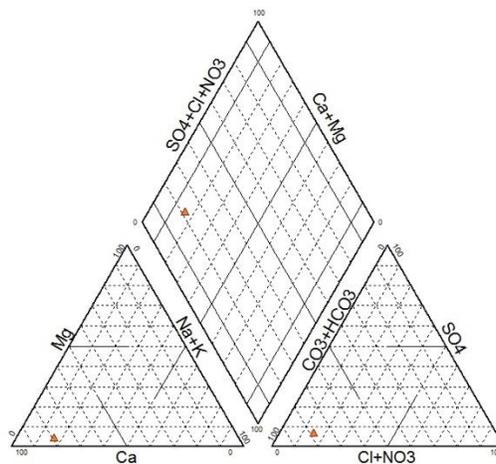


Figura 5.1-135 Diagrama Piper Muestra Pz-01

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Para el Pz-03, según el Diagrama de Piper resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas tipo Bicarbonatadas cálcicas.

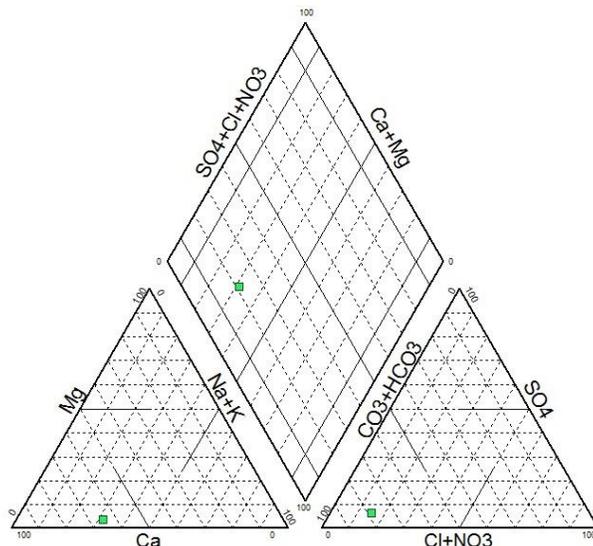


Figura 5.1-136 Diagrama Piper Muestra Pz-03

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Para el Pz-04, según el Diagrama de Piper resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas tipo Bicarbonatadas sódicas.

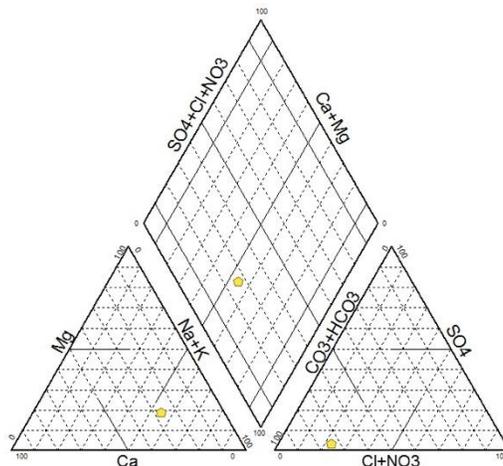


Figura 5.1-137 Diagrama Piper Muestra Pz-04

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Para el PZ-09, según el Diagrama de Piper resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas tipo Bicarbonatadas magnésicas.

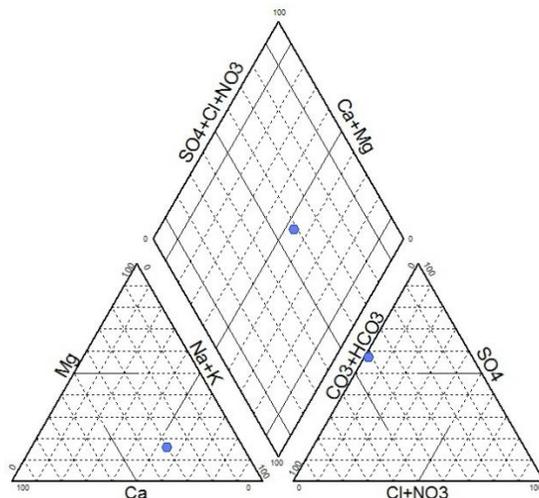


Figura 5.1-138 Diagrama Piper Muestra Pz-05

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Para el Pz-09, según el Diagrama de Piper resultante, esta muestra de agua corresponde a aguas tipo Bicarbonatadas cálcicas.

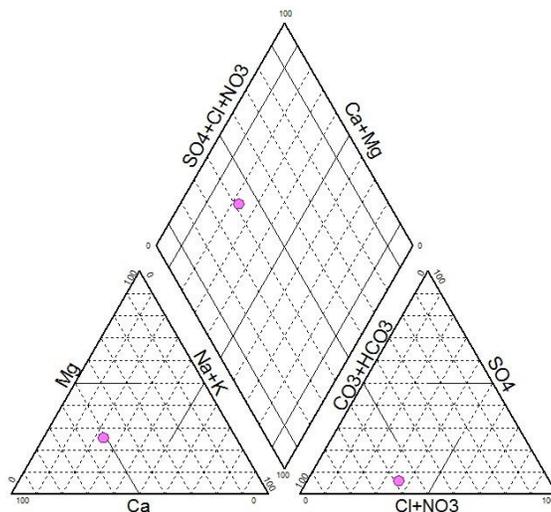


Figura 5.1-139 Diagrama Piper Muestra Pz-09

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En general por la ubicación de los puntos en el rombo central del diagrama las aguas se asocian: hacia la parte inferior a rocas con intercambio iónico, en la derecha a rocas sedimentarias y hacia la parte izquierda del rombo, rocas con presencia de sales carbonatadas (Figura 5.1-140).

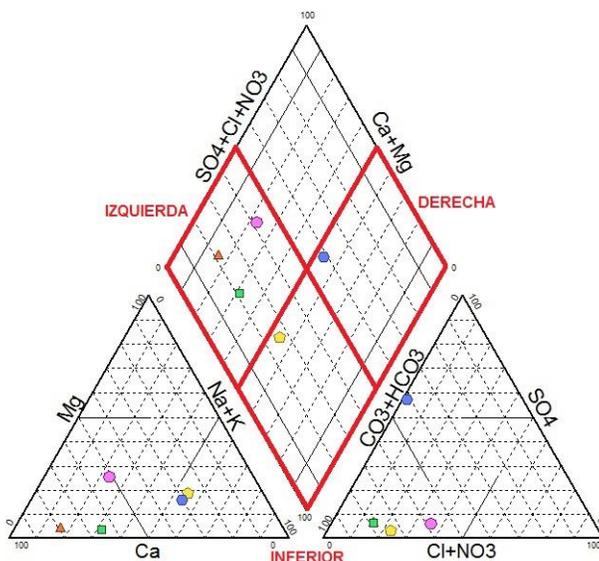


Figura 5.1-140 Diagrama Piper para los 5 monitoreos en el área de influencia físico-biótica
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.11.3 Conductividad eléctrica

La siguiente figura muestra el cambio de aniones, y los relaciona con la salinidad del agua teniendo en cuenta el recorrido y tiempo de permanencia del agua en el acuífero (secuencia de Chevotarev), esto permite tener una idea sobre el comportamiento de la conductividad eléctrica, pues su relación es directamente proporcional (Figura 5.1-141).

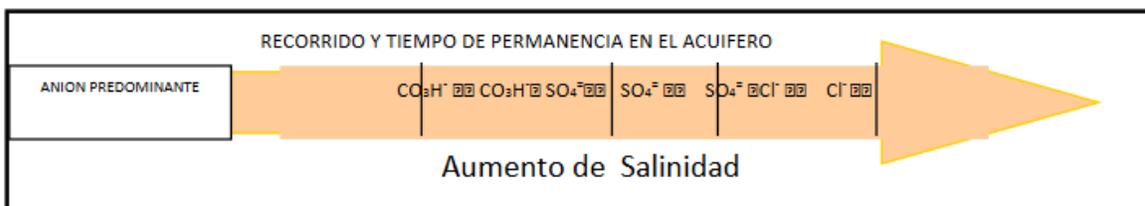


Figura 5.1-141 Secuencia de Chevotarev

Fuente: SGC, 2018

La clasificación geoquímica no indica el grado de salinidad del agua, esta se obtiene a través de la conductividad. En el presente estudio la conductividad del agua subterránea está en un rango de 98 a 1015 umhos/cms, por lo que se clasifica como dulce.

5.1.9.1.11.4 Temperatura

Los sistemas hídricos evaluados describen un comportamiento de temperatura casi constante, donde se encontró que la amplitud térmica fluctuó entre 23,20 °C y 28,80 °C, valores que resultan ser acordes con los registros climatológicos de la región (temperatura media y radiación solar), la diferencia marcada entre los diferentes puntos de muestreo se ve sustentada por dos fenómenos puntuales como lo son la nubosidad y el área de exposición del recurso a la radiación solar, adicionalmente la zona se encuentra en temporada de lluvias, en los sitios donde se desarrolló el monitoreo, se presentaron leves precipitaciones.

5.1.9.1.11.5 Balance Iónico

Mide la diferencia entre el total de aniones y cationes expresados en miliequivalentes por litro (meq/l), determinados analíticamente. El error del balance iónico se define según la siguiente ecuación, y hace parte de un requerimiento mínimo que debe hacerse dentro de la evaluación del análisis químico, para establecer la confiabilidad de los resultados del laboratorio (Tabla 5.1-85 y Tabla 5.1-86).

$$EN (\%) = [\Sigma \text{Cationes} + \Sigma \text{Aniones} / \Sigma \text{Cationes} - \Sigma \text{Aniones}] * 100$$

Tabla 5.1-85 Error aceptable en balance iónico según la conductividad

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (μ/CM)	NOMBRE INVENTARIO	50	200	500	2000	>2000
ERROR ACEPTABLE %		±30	±10	±8	±4	±4
Pz-01	Pozo 01	11,28				
Pz-03	Pozo 03	17,6				
Pz-04	Pozo 04	38,9				
Pz-05	Pozo 05	20,44				
Pz-09	Pozo 09	42,2				
BALANCE IÓNICO	Pozo 01	10,1				
BALANCE IÓNICO	Pozo 03	9,8				
BALANCE IÓNICO	Pozo 04	7,0				
BALANCE IÓNICO	Pozo 05	6,5				
BALANCE IÓNICO	Pozo 09	4,0				

Fuente: GÓMEZ J. C., Geología, Geofísica, Hidrogeoquímica e Isótopos, como Herramientas para Definir un Modelo Conceptual Hidrogeológico, caso de Aplicación: Acuífero Costero del Municipio de Turbo. 2009

Tabla 5.1-86 Error aceptable en balance iónico sumatoria de aniones

Σaniones (meq/L)	Error aceptable (%)
0-3	+/- 0,2
3-10	+/- 2
10-800	+/- 5

Fuente: GÓMEZ J. C., Geología, Geofísica, Hidrogeoquímica e Isótopos, como Herramientas para Definir un Modelo Conceptual Hidrogeológico, caso de Aplicación: Acuífero Costero del Municipio de Turbo. 2009

El error de los aniones para la totalidad de las muestras analizadas es menor al 0,2%

5.1.9.1.11.6 Clasificación por dureza

Puede variar según la zona y el uso específico que se dé al agua, por esta razón, en la literatura se encuentran rangos que pueden variar de un autor a otro. En las siguientes

tablas (Tabla 5.1-87 y Tabla 5.1-88), se presenta la clasificación según Custodio y Llamas (1976), y según Pérez (1997).

Tabla 5.1-87 Clasificación por dureza, Custodio y Llamas, 1976

Tipo de agua	mg/L como CaCo3
Blanda	0-60
Algo dura	61-120
Dura	121-250
Muy Dura	Mayor a 250

Fuente: GÓMEZ J. C., Geología, Geofísica, Hidrogeoquímica e Isótopos, como Herramientas para Definir un Modelo Conceptual Hidrogeológico, caso de Aplicación: Acuífero Costero del Municipio de Turbo. 2009

Tabla 5.1-88. Clasificación por dureza, Pérez 1997

Tipo de agua	mg/L como CaCo3
Blanda	Menor a 100
Medianamente dura	100-200
Dura	200-300

Fuente: GÓMEZ J. C., Geología, Geofísica, Hidrogeoquímica e Isótopos, como Herramientas para Definir un Modelo Conceptual Hidrogeológico, caso de Aplicación: Acuífero Costero del Municipio de Turbo. 2009

A continuación, en la Tabla 5.1-89, se presenta la clasificación por dureza para las muestras analizadas en la zona de estudio, de acuerdo con Pérez, 1997.

$$\text{Dureza (mg/l de CaCO}_3\text{)} = 2,50 [\text{Ca}^{++}] + 4,116 [\text{Mg}^{++}].$$

Tabla 5.1-89. Clasificación por dureza para las muestras analizadas

PUNTO	NOMBRE INVENTARIO	CLASIFICACIÓN
Pozo 01	Pozo 01	Blanda
Pozo 03	Pozo 03	Blanda
Pozo 04	Pozo 04	Blanda
Pozo 05	Pozo 05	Blanda
Pozo 09	Pozo 09	Blanda

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12 Calidad del agua subterránea

Como insumo para el análisis de calidad de agua subterránea, se realizó el monitoreo de parámetros físicos-químicos en cinco (5) puntos. La localización y distribución, se presenta a continuación en la Tabla 5.1-90 y Figura 5.1-142.

Tabla 5.1-90 Localización 5 puntos de monitoreo de aguas subterráneas

NOMB RE	ID_PUNTO _M	FC_MON_SUB	ID_RELAC IO	OBSERV	COT A	COOR_ES TE	COOR_NO RTE
Pozo 01	Pz-01	Punto Hidrogeológico	Pz-01	Corresponde a un licenciamiento nuevo	710	4774594, 30	2045457,93
Pozo 03	Pz-03	Punto Hidrogeológico	Pz-03	Corresponde a un licenciamiento nuevo	760	4772419, 45	2046153,67
Pozo 04	Pz-04	Punto Hidrogeológico	Pz-04	Corresponde a un licenciamiento nuevo	765	4774379, 51	2044748,39
Pozo 05	Pz-05	Punto Hidrogeológico	Pz-05	Corresponde a un licenciamiento nuevo	760	4771796, 98	2045405,69
Pozo 09	Pz-09	Punto Hidrogeológico	Pz-09	Corresponde a un licenciamiento nuevo	760	4769959, 40	2044827,87

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

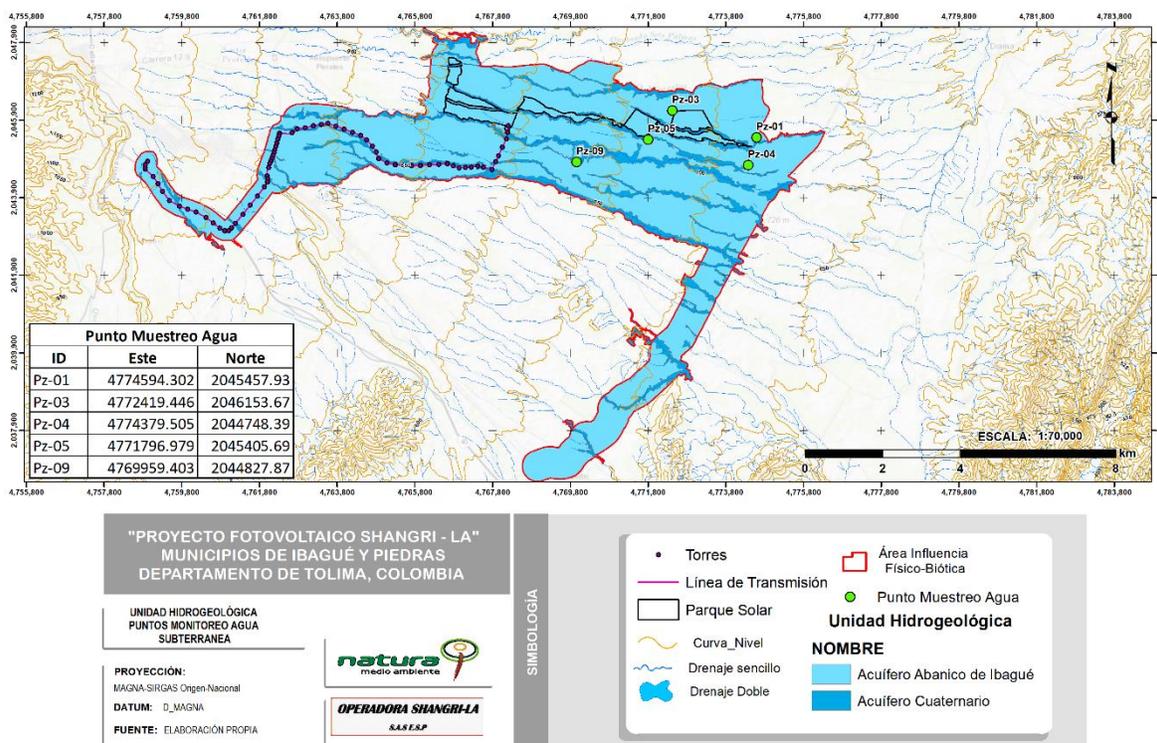


Figura 5.1-142 Puntos de monitoreo de agua subterránea dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1 Resultados

A continuación, en la Tabla 5.1-91, se visualizan los resultados de los parámetros monitoreados en campo también llamados in situ.

Tabla 5.1-91 Resultados In Situ de los puntos monitoreados

Muestra	pH	Temperatura Muestra	Temperatura ambiente
	Unidades pH	Grados centígrados	Grados centígrados
Pozo 01	6,58	28,2	34,5
Pozo 03	5,97	27,9	30,5
Pozo 04	4,96	30,5	33,1
Pozo 05	6,78	28,2	34,2
Pozo 09	6,89	28,3	31,5

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.1 Temperatura

Los resultados de temperatura de la muestra se encontraron en un rango de 27,7 °C a 30,5 °C (Figura 5.1-143), indicando un comportamiento aparentemente normal entre temperatura de la muestra y temperatura ambiente. El punto con menor valor de temperatura de la muestra fue el punto Pozo 03 y el que registró la mayor temperatura fue Finca progreso Pozo 01. Este parámetro no está contemplado en los límites dictados por la normativa ambiental vigente.

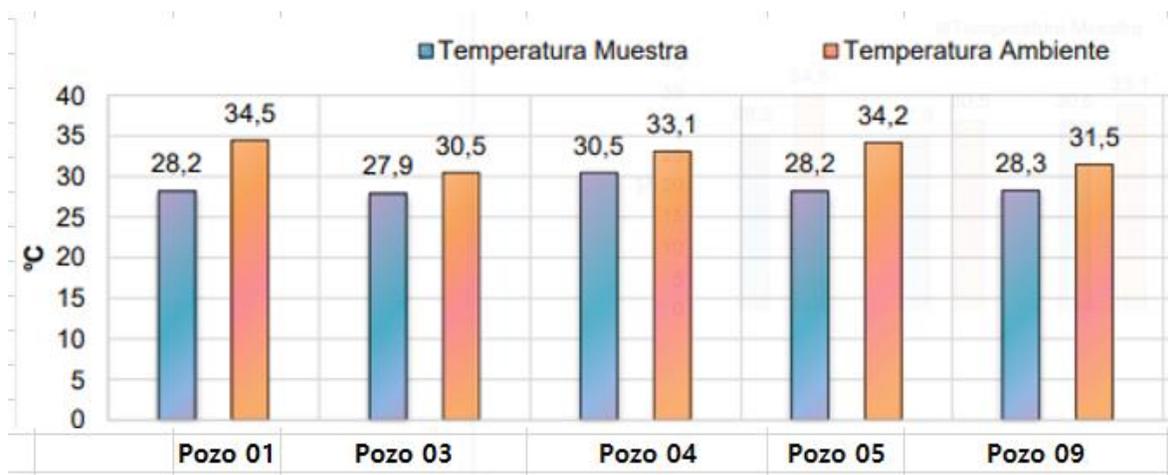


Figura 5.1-143 Temperatura registrada en los puntos monitoreados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.2 pH

Según la norma, ninguno de los puntos excede los límites superiores (8,5- 9,0 unidades de pH) descritos en los artículos 38 – 40. Por otro lado, el valor de pH registrado por el punto Pozo 03 se encontró por debajo del rango establecido por el artículo 39 del Decreto 1594, de igual forma el valor presente en el punto Pozo 04 también se encontró por debajo de los límites 38 y 39. Cabe mencionar que los demás puntos cumplieron

satisfactoriamente con el rango de límites del artículo 40 (4,5 unidades de pH – 9,0 unidades de pH) (Figura 5.1-144).

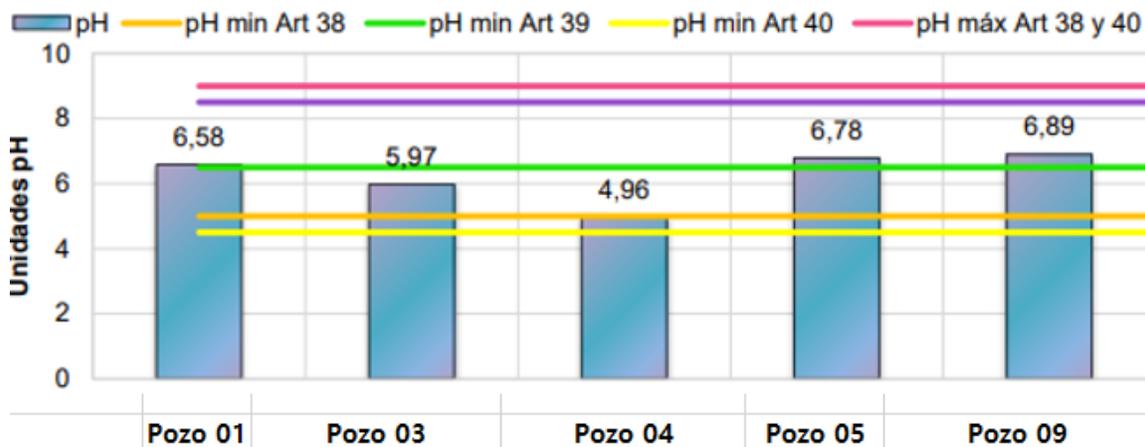


Figura 5.1-144 pH registrado en los puntos monitoreados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.3 Resultados fisicoquímicos

La siguiente tabla muestra la síntesis de los resultados fisicoquímicos en todos los puntos monitoreados (Tabla 5.1-92).

Tabla 5.1-92 Resultados laboratorio agua subterránea

Nombre análisis	Unidades	Pozo 01	Pozo 03	Pozo 04	Pozo 05	Pozo 09	Decreto 1594			
							Art.38	Art.39	Art.40	Art.41
Color Real	UPC	< 5,0	28,8	< 5,0	< 5,0	5,0	75,0	20,0	N.A	N.A
Sólidos disueltos totales	mg/L	155	65	84,2	258	224	N.A	N.A	N.A	N.A
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	< 6,0	12,2	< 6,0	< 6,0	< 6,0	N.A	N.A	N.A	N.A
Sólidos Totales	mg/L	158	79,3	87,5	260	227	N.A	N.A	N.A	N.A
Turbiedad	JTU	< 0,1	0,763	< 0,1	< 0,1	< 0,1	N.A	10	N.A	N.A
GRUPO pH										
Acidez	mgCaCO3/L	78,4	101	93,5	61,5	60,6	N.A	N.A	N.A	N.A

Ibagué y Piedras (Tolima)

Nombre análisis	Unidades	Pozo 01	Pozo 03	Pozo 04	Pozo 05	Pozo 09	Decreto 1594			
							Art.38	Art.39	Art.40	Art.41
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L	150	65,6	< 1,5	304	264	N.A	N.A	N.A	N.A
Bicarbonatos	mgCaCO ₃ /L	150	66	< 1,5	304	264	N.A	N.A	N.A	N.A
Dureza Total										
Dureza Total	mgCaCO ₃ /L	92,0	10,0	32,0	270	106	N.A	N.A	N.A	N.A
Metaloides										
Boro	mgBo/L	0,10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	N.A	N.A	N.A	N.A
Metales alcalinotérreos										
Magnesio Total	mg Mg/ L	8,25	0,971	2,91	19,2	9,71	N.A	N.A	N.A	N.A
Bario Total	mg Mg/ L	0,313	0,031	0,004	0,086	0,057	1,00	1,00	N.A	N.A
Berilio Total	mg Be/ L	< 0,0002	0,0003	0,0003	< 0,0002	< 0,0002	N.A	N.A	0,100	N.A
Calcio Total	mg Ca/L	23,2	2,40	8,02	76,6	26,5	N.A	N.A	0,100	N.A
Metales Pesados										
Arsénico Total	mg As/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,050	0,050	0,100	0,200
Cadmio Tota	mg Cd/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	0,010	0,010	0,050
Cobalto Total	mg Co/L	< 0,005	< 0,005	0,014	0,006	< 0,005	N A	N A	0,050	N A
Cromo Total	mg Cr/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	N.A	N.A	N.A	N.A
Hierro Total	mg Fe/L	0,315	1,53	0,140	< 0,100	< 0,100	N.A	N.A	5	N.A
Manganeso	mg Mn/L	0,055	0,05	0,002	< 0,10	< 0,10	N.A	N.A	0,200	N.A
Mercurio	mg Hg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002	0,002	N.A	0,01
Molibdeno total	mg Mo/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,008	< 0,007	0,012	N.A	N.A	0,01
OTROS METALES										
Aluminio total	mg Al/L	< 0,500	0,542	< 0,500	< 0,500	< 0,500	N.A	N.A	5	5
MATERIA ORGÁNICA										
DBO ₅	Mg/L	< 1,0	1,92	< 1,0	2,21	< 1,0	N.A	N.A	N.A	N.A
DQO	Mg/L	< 20,0	21,1	< 20,0	22,7	< 20,0	N.A	N.A	N.A	N.A
IONES										
Cloruros	Mg Cl/L	7,68	< 3	18,8	3,71	3,96	250	250	N.A	N.A
Sulfatos	mgS ₀₄ -3/L	< 10	< 10	17,8	< 10	< 10	400	400	N.A	N.A
COMPUESTOS DE FÓSFORO										
Ortofosfatos	Mg/L	0,120	0,127	<0,075	0,460	0,0218	N.A	N.A	N.A	N.A
COMPUESTOS DE NITRÓGENO										

Nombre análisis	Unidades	Pozo 01	Pozo 03	Pozo 04	Pozo 05	Pozo 09	Decreto 1594			
							Art.38	Art.39	Art.40	Art.41
Nitratos	Mg/L	0,280	< 0,20	4,30	< 0,20	< 0,20	10	10	N.A	N.A
Nitritos	Mg/L	0,010	0,010	0,010	0,010	0,028	10	10	N.A	10
Nitrógeno total Kenjdahl	Mg/L	< 5	< 5	< 5	5,24	< 5	N.A	N.A	N.A	N.A
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS										
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1,8	1,8	2,0	200	<1,8	2000	N.A	1000	N.A
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	4,50	11,0	11,0	7000	9400	2000	1000	5000	N.A

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.3.1 Sólidos

Los parámetros relacionados con los sólidos son: sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales y sólidos totales. De los cuales el mayor contenido de sólidos disueltos totales y sólidos totales, fueron reportados por el punto Pozo 05. Finalmente, el contenido de sólidos suspendidos totales en la mayoría de los puntos fue inferior al límite de cuantificación del método del laboratorio (Figura 5.1-145). Dichos parámetros no están contemplados en los límites dictados por la normativa ambiental vigente.

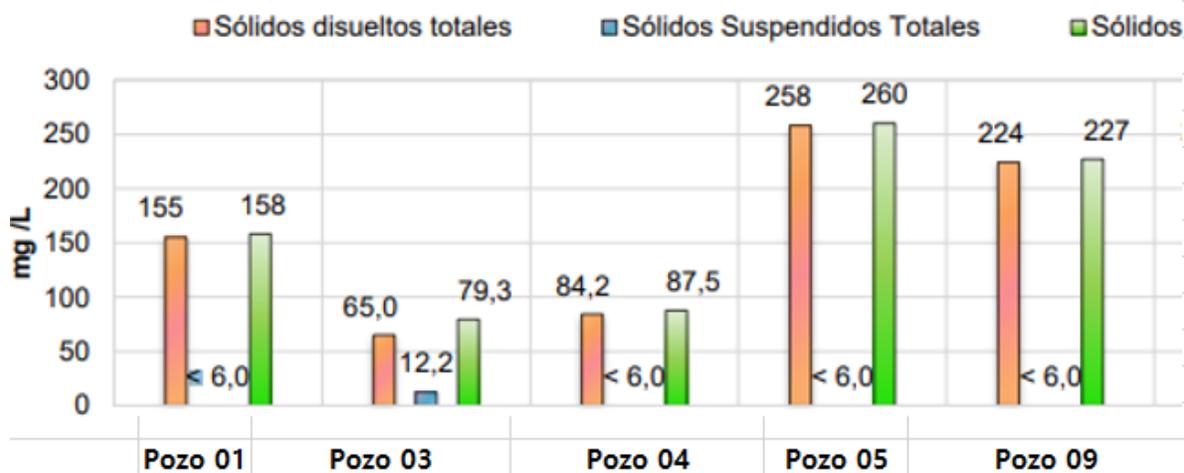


Figura 5.1-145 Sólidos en las muestras analizadas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.3.2 Color Real

En la siguiente gráfica (Figura 5.1-146) se observa que los puntos Pozo 01, Pozo 04 y Pozo 05 registraron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método. Por otro lado, el Pozo 03, presentó la mayor concentración del estudio, logrando sobrepasar el límite máximo por artículo 39 del decreto 1595

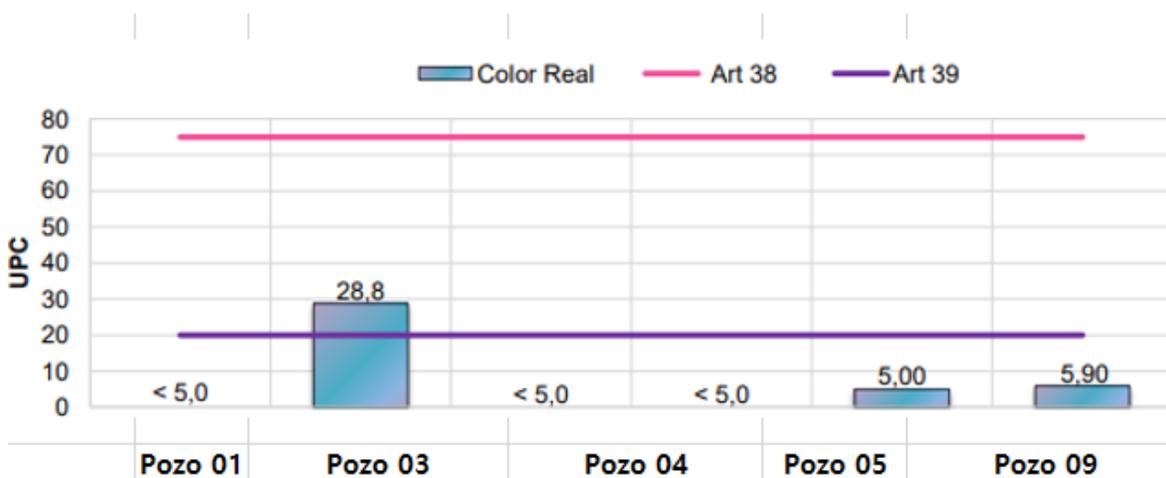


Figura 5.1-146 Color real para las muestras de agua analizadas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.3.3 Turbiedad

En general, el contenido de turbiedad fue reportado como inferior al límite de cuantificación del método (Figura 5.1-147), exceptuando el punto Pz-03 que registró un valor de 0,763 JTU. Los resultados de este parámetro fueron acordes con lo estipulado por la normativa. Es importante aclarar que se realizó la conversión de unidades de NTU a JTU según la siguiente equivalencia: 1 JTU = 19 NTU.

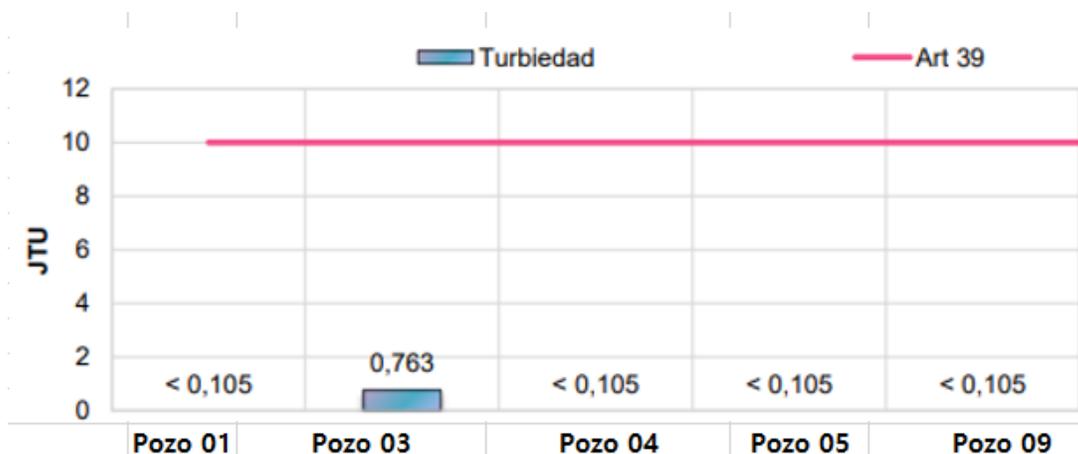


Figura 5.1-147 Turbiedad para las muestras de agua analizadas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.3.4 pH

En este grupo se encuentran los siguientes parámetros: alcalinidad total, acidez total y bicarbonatos. Los cuales están íntimamente relacionados con el pH (Figura 5.1-148). Los puntos Pozo 03 y Pozo 04, registraron en mayor concentración el parámetro de acidez total, mientras que los puntos Pozo 05, Pozo 09 presentaron en mayor concentración los parámetros de alcalinidad y bicarbonatos los cuales estando relacionados se registran valores iguales. Dichos parámetros no están contemplados en los límites dictados por la normativa ambiental vigente,

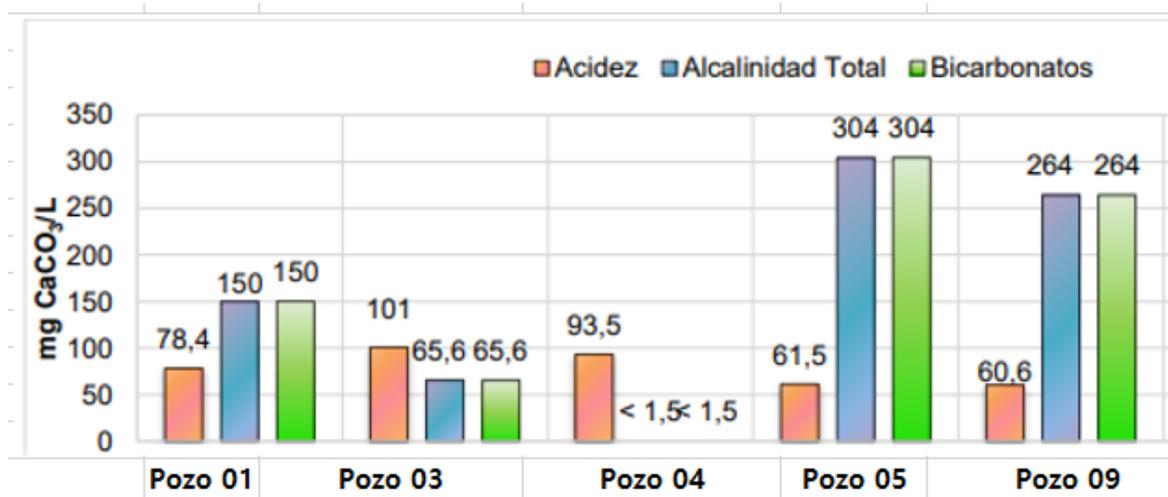


Figura 5.1-148 Acidez total, alcalinidad total y bicarbonatos registrados en los puntos monitoreados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.3.5 Dureza

En la siguiente gráfica (Figura 5.1-149) se identificó que los puntos Pozo 09, Pozo 05, registraron las mayores concentraciones del estudio, siendo este último el Pozo 05 de mayor valor con 270 mg/L. Sin embargo, la normativa no establece límites máximos a cumplir.

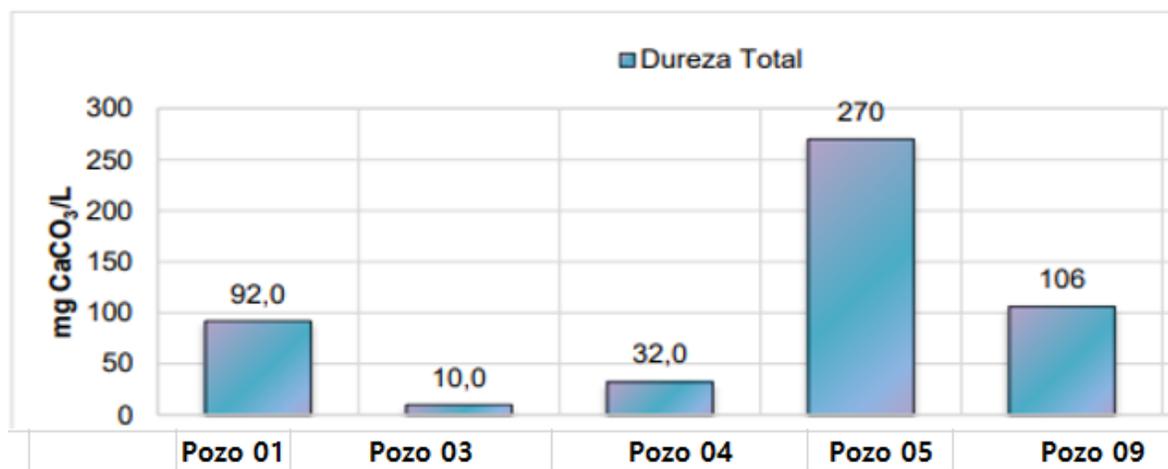


Figura 5.1-149 Dureza total para los pozos analizados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.3.6 Metales pesados

En este grupo se encuentran los siguientes parámetros: arsénico total, cadmio total, cobalto total, cromo total, hierro total, manganeso, mercurio, molibdeno total, níquel total, plomo total, selenio, vanadio total y zinc total. Los valores de metales pesados registrados en todos los puntos monitoreados fueron acordes con la normativa ambiental vigente (artículos 38 – 41 decreto 1594) (Figura 5.1-150 a Figura 5.1-157).

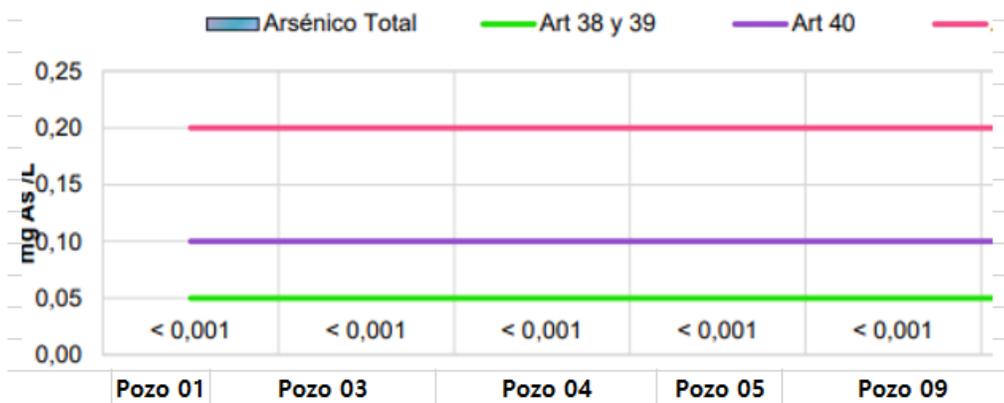


Figura 5.1-150 Arsénico total para los pozos analizados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

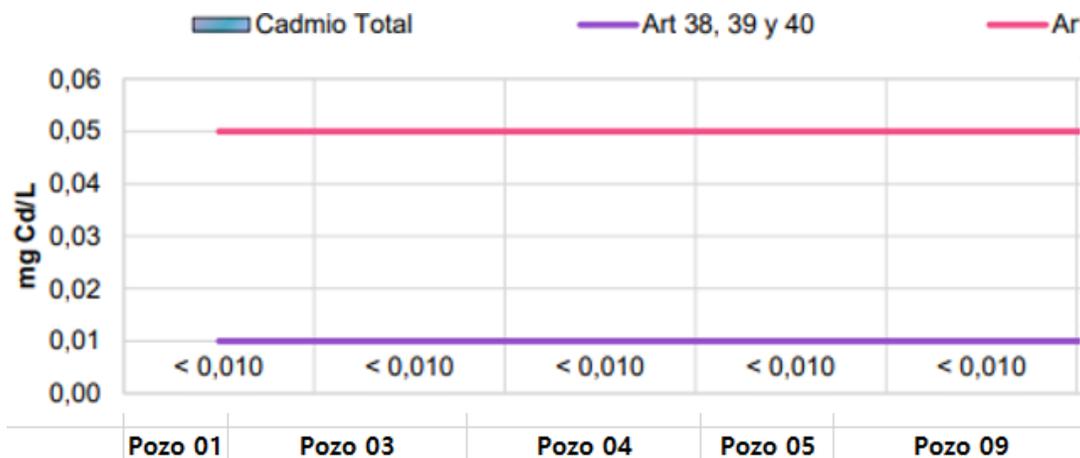


Figura 5.1-151 Cadmio total para los pozos analizados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

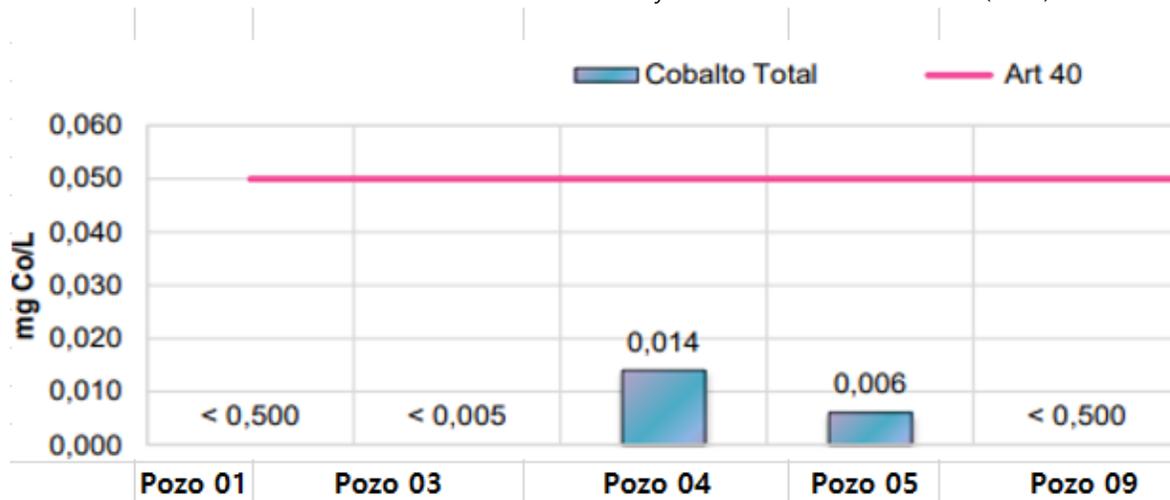


Figura 5.1-152 Cobalto total para los pozos analizados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-153 Cromo total para los pozos analizados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

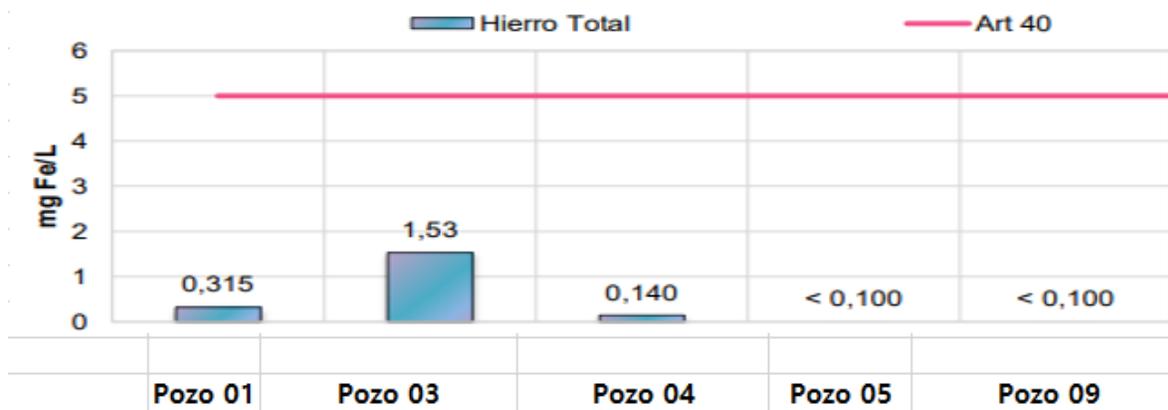


Figura 5.1-154 Hierro total para los pozos analizados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

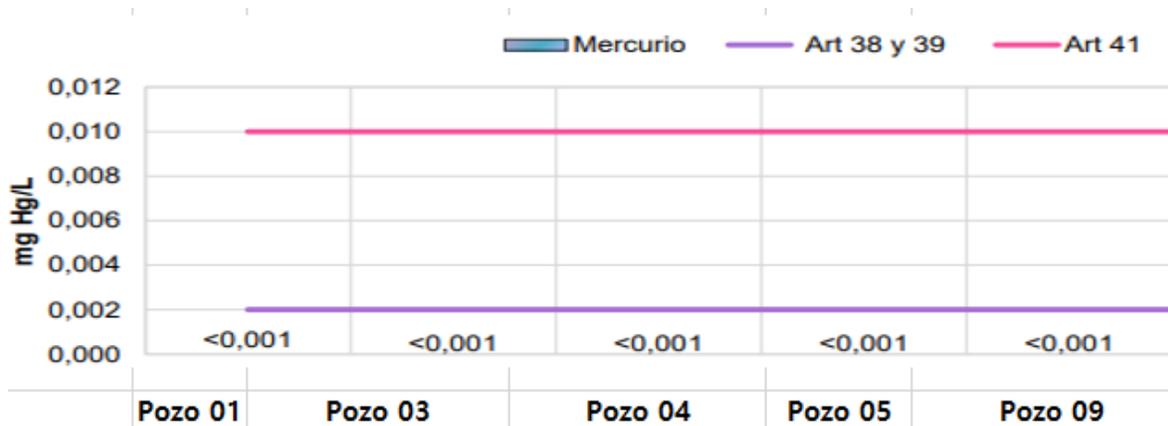


Figura 5.1-155 Mercurio Total para los pozos analizados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

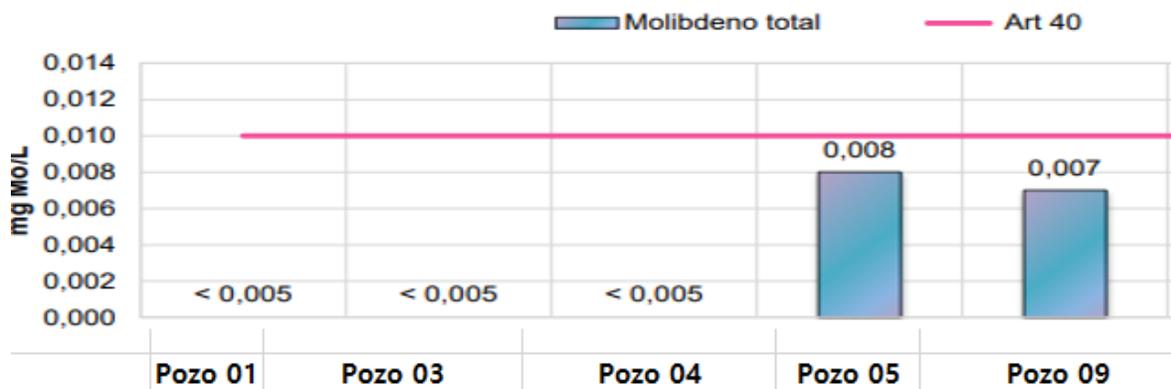


Figura 5.1-156 Molibdeno total para los pozos analizados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

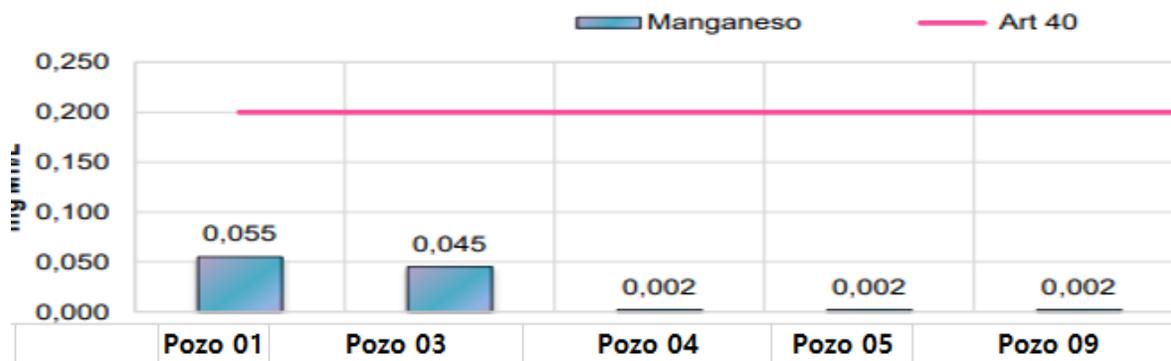


Figura 5.1-157 Magnesio total para los pozos analizados

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.9.1.12.1.4 Conclusiones

De la caracterización fisicoquímica y microbiológica realizada a las muestras de agua superficiales tomadas, se concluye:

- Los niveles de temperatura evidenciados no presentaron variaciones significativas entre sus datos. Siendo este un parámetro no contemplado en la normativa.

- Con respecto al pH, ninguno de los puntos del estudio excedió los límites superiores (8,5 unidades de pH y 9 unidades de pH) descritos en los artículos 38 – 40 del Decreto 1594. Sin embargo, en algunos puntos se registraron valores por debajo del rango contemplado en la norma.
- El punto Pz-05 presentó la mayor concentración de sólidos disueltos totales y sólidos totales del estudio. Sin embargo, estos parámetros no tienen límite máximo a cumplir en la normativa.
- Los niveles de color real, presentes en los cinco puntos monitoreados cumplieron satisfactoriamente con lo estipulado en la normativa, exceptuando el punto Pozo 03 que excedió el límite del artículo 39 del Decreto 1594.
- Se destaca que todos los niveles de turbiedad registrados en los diferentes puntos monitoreados reportaron concentraciones acordes a la normatividad ambiental vigente (inferiores a 190 NTU o 10 JTU).
- En cuanto al grupo pH, en general se presentó un mayor contenido de alcalinidad total y bicarbonatos en las muestras analizadas. No obstante, estos parámetros no poseen límite máximo a cumplir según la normativa.
- En el presente estudio, se registró un mayor contenido de dureza total en el Pz-05. Sin embargo, este parámetro no se encuentra contemplado en la normativa.
- Los valores de metales pesados reportados en todos los puntos monitoreados fueron acordes con la normativa ambiental vigente (artículos 38 – 41 Decreto 1594), a excepción del parámetro de molibdeno total en el punto Finca la Esperanza, que sobrepasó el límite establecido del artículo 40.
- El parámetro de calcio total presente en este estudio registró una mayor concentración en la mayoría de los puntos monitoreados respecto a la

concentración de los demás metales analizados (magnesio total, bario total y berilio total). Cabe resaltar que estos dos últimos parámetros mencionados, cumplieron satisfactoriamente con la normativa.

- El parámetro de boro perteneciente a los metaloides y el aluminio total registraron en general concentraciones por debajo del límite del método, cumpliendo de esta forma con lo estipulado por la normativa.
- Las concentraciones máximas para los parámetros de DBO5 y DQO fueron registradas por el punto Pz-05. Sin embargo, estos parámetros no presentan límite máximo permitido por la normativa ambiental vigente.
- Es importante resaltar que los iones analizados en el presente estudio (cloruros y sulfatos), registraron concentraciones acordes con los límites establecidos por los artículos 38 y 39 para cada caso.

5.1.10 Geotecnia

La geotecnia es la rama de la geología que trata de la aplicación de los principios geológicos en la investigación de los materiales naturales, como las rocas, que constituyen la corteza terrestre implicados en el diseño, la construcción y la explotación de proyectos de ingeniería, como autopistas, vías férreas, puentes, presa, oleoductos, acueductos y edificios en general (SGM,2014).

Una de las disciplinas que tiene la geotecnia y que ha tomado mucha fuerza en los últimos años, es la geotecnia ambiental. La cual es una técnica destinada a resolver diferentes problemas originados por las variaciones de las condiciones ambientales, que se presentan en los suelos en condiciones naturales o artificiales. Algunos ejemplos de las actividades o problemas resueltos a partir de la geotecnia ambiental son la erosión de las laderas naturales por flujos de agua, la inestabilidad de taludes de cortes

ejecutados sobre laderas naturales y los problemas de estabilidad de depósitos mineros e infraestructura petrolera, entre otros (UTP, 2011).

El objetivo del presente capítulo es realizar la zonificación geotécnica a partir del análisis de estabilidad del área de influencia del proyecto. Esta información es complementada con la descripción geotécnica del proyecto, en relación con la presencia de depósitos sin consolidación, cuyo comportamiento es importante en la estabilidad de las laderas y taludes.

5.1.10.1 Zonificación geotécnica

La zonificación geotécnica del área de influencia físico-biótica se basó en la metodología de Ambalagan (1992), la cual se presenta en el libro "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales" (Suárez, 2010). Adicionalmente se tuvo en cuenta la "Guía para la zonificación ambiental del área de interés petrolero" (2013b), así como las recomendaciones dadas en los "términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos", proferidos por el ANLA en el 2014. Teniendo en cuenta cada una de estas recomendaciones, para la evaluación de la estabilidad geotécnica del área de estudio se establecieron once (11) variables.

1. Pendientes
2. Litología
3. Sismología
4. Cobertura Vegetal
5. Geomorfología
6. Hidrogeología
7. Hidrología
8. Usos del suelo
9. Climatología

10. Edafología

11. Tectónica

Es importante resaltar que, aunque se analizan todas las variables mencionadas anteriormente, algunos de estos parámetros, dadas las características ambientales de la zona no serán utilizadas. La heterogeneidad u homogeneidad de los diversos elementos es lo que cuantifica la estabilidad, originando así rangos de estabilidad van desde muy alta hasta muy baja, pasando por alta, media y baja.

La variable clima, por ser cálido seco se tomó como homogéneo para toda el área de interés, así mismo, la amenaza sísmica de la zona es homogénea de acuerdo al mapa de zonificación sísmica del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Esta situación hace que las variables de climatología y sismología no incidan en la estabilidad geotécnica del área de estudio, por lo cual no serán tenidas en cuenta en los siguientes análisis. La calificación asignada a cada una de las variables se presenta a continuación en la Tabla 5.1-93.

Tabla 5.1-93 Calificación de cada variable

Variables	Muy Alta (MA)	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)	Muy Baja (MB)
Pendiente (p)	1	2	3	4	5
Tipo de material (m)	1	2	3	4	5
Cobertura Vegetal (C)	1	2	3	4	5
Geomorfología	1	2	3	4	5
Uso del suelo	1	2	3	4	5
Edafología	1	2	3	4	5
Hidrogeología	1	2	3	4	5
Tectónica	1	2	3	4	5
Hidrología	1	2	3	4	5
Total	9	18	27	36	45

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la siguiente tabla se presentan las características de los elementos establecidos para realizar la zonificación geotécnica por estabilidad para el área de influencia físico-biótica (Tabla 5.1-94).

Tabla 5.1-94 Criterios de zonificación geotécnica específicos para el área de estudio

Variables	Estabilidad →				
	Muy Alta (MA)	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)	Muy Baja (MB)
Pendiente (P %)	0-1%, 1-3%	3-7%, 7-12"	No definida dentro del área de estudio	No definida dentro del área de estudio	No definida dentro del área de estudio
Litología(M) o Tipo de material	No definida dentro del área de estudio	Roca con meteorización media (Depósitos Aluviales Recientes y Abanico de Ibagué).	No definida dentro del área de estudio	No definida dentro del área de estudio	No definida dentro del área de estudio
Cobertura Vegetal ©	Zonas industriales, Aeropuerto sin infraestructura asociada, Parque Cementerio, Áreas deportivas	Tejido Urbano continuo, Tejido Urbano discontinuo, Bosque de galería y ripario, Vegetación acuática sobre cuerpos de agua, Plantación Forestal, Vegetación Secundaria Alta, Vegetación secundaria Baja, Estanques para acuicultura continental	Pastos Limpios, Pastos arbolados, Pastos enmalezados, Cuerpos de agua artificiales, Arroz.	Tierras desnudadas y degradadas, Otras explotaciones mineras, Explotación de materiales de construcción.	No definida dentro del área de estudio

Ibagué y Piedras (Tolima)

Variables	Estabilidad →				
	Muy Alta (MA)	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)	Muy Baja (MB)
Geomorfología (G)	No definida dentro del área de estudio	Geoformas de Ambiente Fluvial y Volcánico	No definida dentro del área de estudio	No definida dentro del área de estudio	No definida dentro del área de estudio
Uso del suelo (US)	Usos actuales de protección y Cuerpos de Agua naturales.	Uso actual residencial, transporte, comercial industrial.	Uso actual de pastoreo semi intensivo, cultivos transitorios intensivos, cultivos permanentes intensivos, cultivos permanentes semi intensivos y cuerpos de agua naturales, Servicios.	Uso actual de materiales de construcción.	
Edafología (ED)	No definida dentro del área de estudio	Suelos generados en de ambiente Planicie.	No definida dentro del área de estudio	Zonas definidas como NO SUELO	No definida dentro del área de estudio
Hidrogeología (HD)	No definida dentro del área de estudio	Unidades hidrogeológicas con poca capacidad para almacenar y transmitir agua subterránea: Acuífero Cuaternario.	Unidades hidrogeológicas con buena capacidad para almacenar y transmitir agua subterránea: Acuífero Abanico de Ibagué.	No definida dentro del área de estudio	No definida dentro del área de estudio
Tectónica		Zonas no afectadas por fallas geológicas.		Zonas donde se observa el trazo de fallas	Zonas donde se observa evidencia de la

Variables	Estabilidad →				
	Muy Alta (MA)	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)	Muy Baja (MB)
				geológicas en superficie.	actividad de fallas geológicas.
Hidrología	Muy baja capacidad para erosionar	Baja capacidad para erosionar	Media capacidad para erosionar	Alta capacidad de erosión	Muy Alta capacidad de erosión

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

A continuación, se describen cada uno de los aspectos que se tienen en cuenta para la zonificación y su valoración para el área de estudio.

5.1.10.1.1 Pendientes

Este factor es de gran importancia en la zonificación geotécnica, ya que un aumento del grado de la pendiente origina en el terreno mayor susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, tales como desprendimientos, caídas de bloques, deslizamientos, terraceo que, junto a otros factores climáticos y antrópicos, definen zonas de inestabilidad geotécnica. La forma del relieve corresponde a una expresión cualitativa de la inclinación del terreno, por lo que entre mayor sea la pendiente menor será la estabilidad. En el área de estudio se pueden encontrar pendientes de 0 hasta el 12%, por lo que su valoración para la estabilidad geotécnica es muy alta a alta. La calificación es presentada en la Tabla 5.1-95.

Tabla 5.1-95 Valoración de los rangos de pendientes para la zonificación geotécnica

Rango de pendiente (%)	Calificación	Grado de estabilidad
0-1%	1	Muy alta
1-3%	1	Muy alta
3-7%	2	Alta
7-12%	2	Alta

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

La distribución de las pendientes en el área de influencia físico-biótica, se presenta a continuación en la Figura 5.1-158.

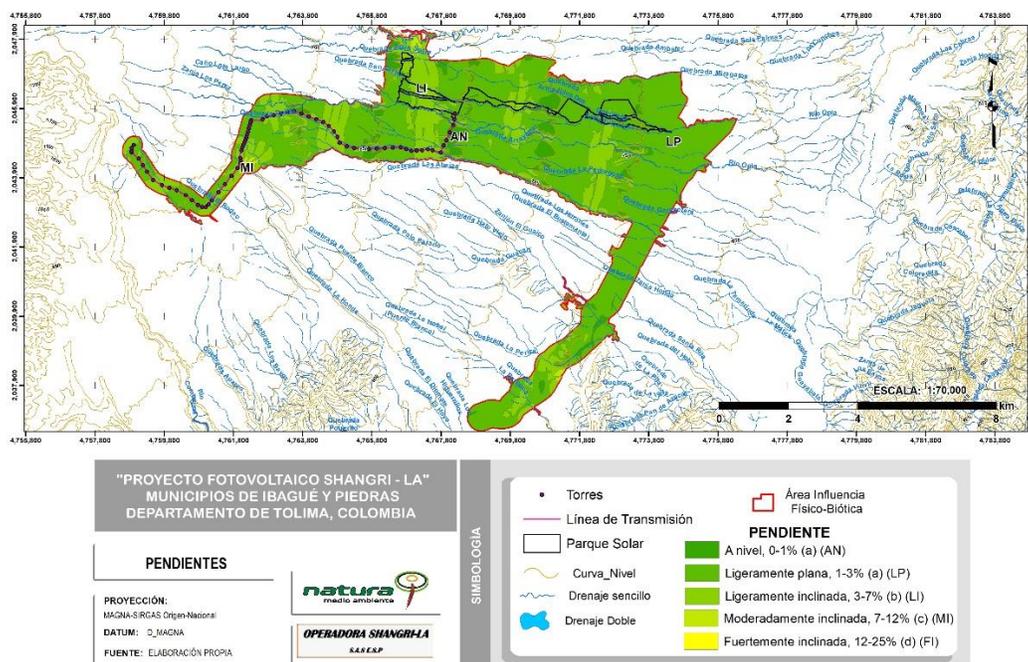


Figura 5.1-158 Mapa de pendientes dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Algunas fotografías que muestran el rango de pendiente dentro del área de estudio se presentan a continuación en las Figura 5.1-159 y Figura 5.1-160.

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-159 Bajas pendientes dentro del área de influencia físico-biótica (1-3%)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-160 Bajas pendientes dentro del área de influencia físico-biótica (7-12%)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.1.2 Litología

Este parámetro hace referencia a las características litológicas y texturales de las unidades geológicas presentes en el área de estudio, teniendo en cuenta el perfil de meteorización (Resistencia), establecidos por Deere y Patton (1971). Una vez realizado el trabajo de campo, fue posible establecer la existencia de dos (2) unidades geológicas dentro del

área de influencia físico-biótica. Dichas unidades corresponden al Abanico de Ibagué y los Depósitos Aluviales Recientes. La calificación asignada para el tipo de material litológico se presenta en la siguiente tabla (Tabla 5.1-96).

Tabla 5.1-96 Valoración del tipo de material para la zonificación geotécnica

Nombre	Litología	Resistencia	Calificación	Grado de estabilidad
Depósitos Aluviales Recientes	Materiales aluviales compuestos por arenas, gravas, cantos y bloques de roca transportados y depositados por las corrientes de los cauces. Materiales con poca matriz, baja consolidación.	BLANDA	4	Baja
Abanico de Ibagué	Material volcánico compuesto por Ceniza Volcánica, Lapilli, Tobas.	MODERADA MENTE DURA	3	Media

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Los Depósitos Aluviales Recientes, tienen un grado de estabilidad geotécnico Bajo, asociado con el bajo grado de consolidación de los materiales que conforman dicha unidad geológica.

La distribución de las unidades geológicas en el área de estudio se presenta en la siguiente figura (Figura 5.1-161).

Ibagué y Piedras (Tolima)

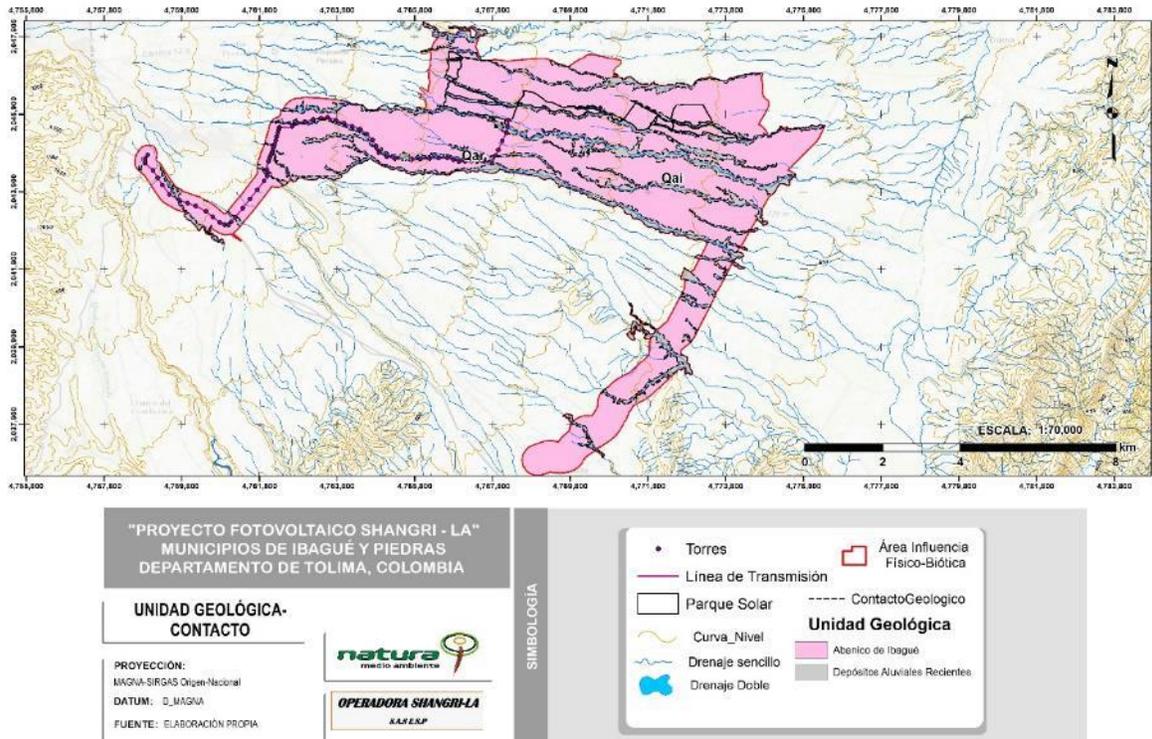


Figura 5.1-161 Mapa de Unidades geológicas dentro del área de influencia físico biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Algunas fotografías que muestran el rango de pendiente dentro del área de estudio se presentan a continuación en la Figura 5.1-162 y Figura 5.1-163.



Figura 5.1-162 Unidad Geológica Abanico de Ibagué. Grado de estabilidad Media

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-163 Unidad Geológica Depósitos Aluviales Recientes

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.1.3 Cobertura la tierra

Según la clase de cobertura vegetal presente, se establecen diferentes comportamientos geotécnicos en el material que conforma el terreno en un determinado lugar, puesto que la profundidad y densidad del tejido radicular va a modificar la cohesión interparticular del suelo. Este parámetro adquiere un valor importante en la zonificación geotécnica, ya que durante el paso del tiempo las actividades antrópicas han ocasionado el cambio de las coberturas, por tanto, consecuentemente ocurre degradación del suelo, seguido por ocurrencia de meteorización, erosión (erosión laminar, surcos, barrancos y cárcavas) y finalmente remoción en masa. A medida que ocurre la degradación de suelo y por ende se generan los procesos morfodinámicos, el grado de estabilidad de esta zona afectada va siendo cada vez más baja.

La cobertura vegetal influye directamente en la activación o reactivación de diferentes procesos erosivos, debido a la protección que le brinda al suelo ante la precipitación y la escorrentía, además los sistemas radicales de la vegetación funcionan a manera de

amarre en los estratos más superficiales del suelo, impidiendo y retardando la acción de los procesos erosivos, por tanto, incidiendo en la estabilidad del terreno. Las áreas de bosque protegen en mayor grado el terreno y disminuyen la alteración del mismo; por el contrario, las zonas de minería y zonas sin vegetación están predispuestas a la acción y afectación por parte de los agentes atmosféricos. Las coberturas presentes en el área de estudio y la calificación asignada en relación con su estabilidad geotécnica se presentan en la Tabla 5.1-97.

Tabla 5.1-97 Valoración de la cobertura vegetal para la zonificación geotécnica

Cobertura vegetal	Calificación	Grado de estabilidad
Tejido urbano discontinuo	2	Alta
Tejido Urbano Continuo	2	Alta
Pastos limpios	3	Media
Pastos arbolados	3	Media
Pastos enmalezados	3	Media
Bosque de galería y ripario	1	Muy Alta
Plantación forestal	1	Muy Alta
Tierras desnudadas y degradadas	4	Baja
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2	Alta
Cuerpos de agua artificiales	2	Alta
Zonas Industriales	1	Muy Alta
Red vial y territorios asociados	1	Muy Alta
Aeropuerto sin infraestructura asociada	1	Muy Alta
Otras explotaciones mineras	5	Muy Baja
Explotación de materiales de construcción	5	Muy Baja
Otras zonas verdes urbanas	1	Muy Alta
Parque cementerio	1	Muy Alta
Áreas deportivas	1	Muy Alta
Arroz	4	Baja
Vegetación secundaria alta	2	Alta
Vegetación secundaria baja	2	Alta
Estanques para acuicultura continental	1	Muy Alta

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

La distribución de las coberturas de tierra en el área de estudio se presenta en la Figura 5.1-164.

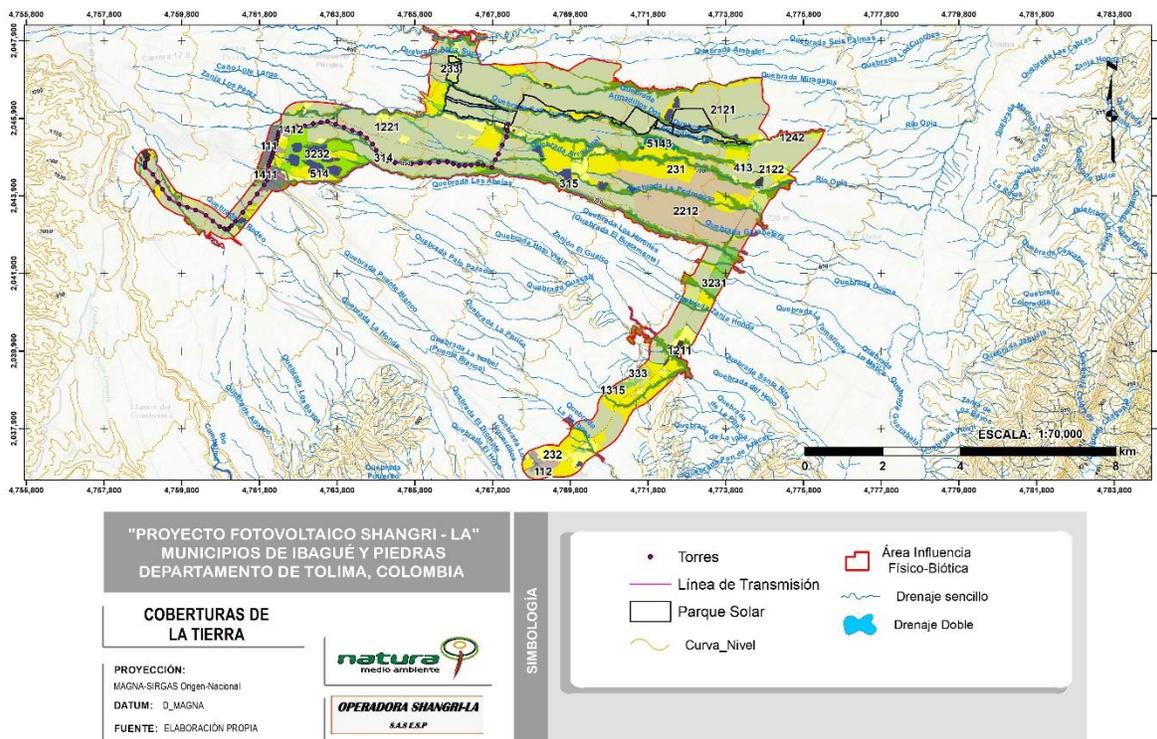


Figura 5.1-164 Mapa de Cobertura de la tierra dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Algunas fotografías que muestran algunas de las coberturas dentro del área de influencia físico-biótica se presentan a continuación de la Figura 5.1-165 a la Figura 5.1-167.

Ibagué y Piedras (Tolima)

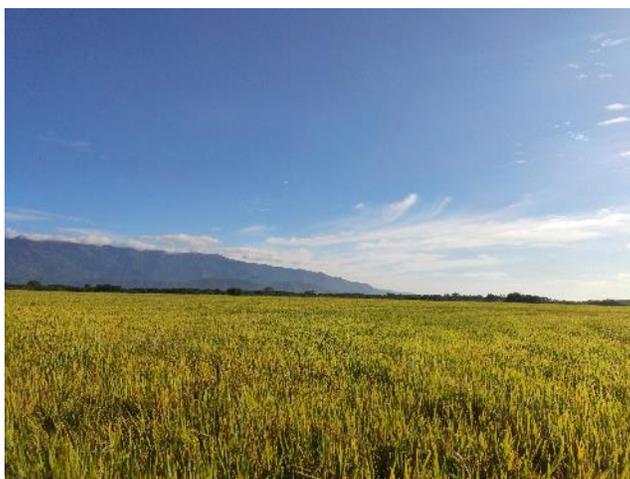


Figura 5.1-165 Cobertura de tierra de arroz. Estabilidad baja

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-166 Cobertura de tierra de pastos limpios. Estabilidad moderada

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-167 Cobertura de tierra de cuerpos de agua artificiales

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.1.4 Geomorfología

La morfogénesis describe el origen de las formas del terreno, es decir, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. El origen del paisaje depende de procesos endogenéticos y su modificación por agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, modelando el terreno en intervalos de tiempos geológicos.

La calificación de la morfogénesis se da sobre cada geoforma, garantizando una calificación particular a los distintos atributos morfogenéticos, tales como los procesos genéticos, modelados del relieve y ambientes de formación, los cuales, a pesar de tener un ambiente en común, pueden variar entre sí y modificar las condiciones de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

El atributo morfogenético a calificar corresponde a la génesis de la geoforma, que hace referencia a la dinámica superficial del relieve que puede contribuir en la susceptibilidad física por movimientos en masa. Las geoformas pertenecientes a los ambientes fluvial y costero son consideradas como determinantes en las zonificaciones por inundación,

aunque su dinámica ante los movimientos en masa solo se restringe a ciertas geoformas con características morfométricas y morfográficas particulares; estos ambientes son calificados con valor de uno (1). En contraste, los ambientes estructurales determinados por la presencia de estructuras geológicas (pliegues, fallas, discontinuidades y fracturas) son valoradas con la calificación alta (4), dada la fuerte influencia que se considera puede tener en los movimientos en masa.

En la siguiente tabla (Tabla 5.1-98), se presenta la calificación del atributo morfogenético de acuerdo a los ambientes geomorfológicos establecidos para el área.

Tabla 5.1-98 Valoración de geomorfología para zonificación geotécnica

Unidad geomorfológica	Calificación	Grado de estabilidad
Vallecito	2	Alta
Superficie de explanación	1	Muy Alta
Lahar	2	Alta
Embalses y/o jagüeyes	3	Media
Cantera	5	Muy Baja

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La distribución de las unidades geomorfológicas en el área de estudio se presenta en la Figura 5.1-168.

Ibagué y Piedras (Tolima)

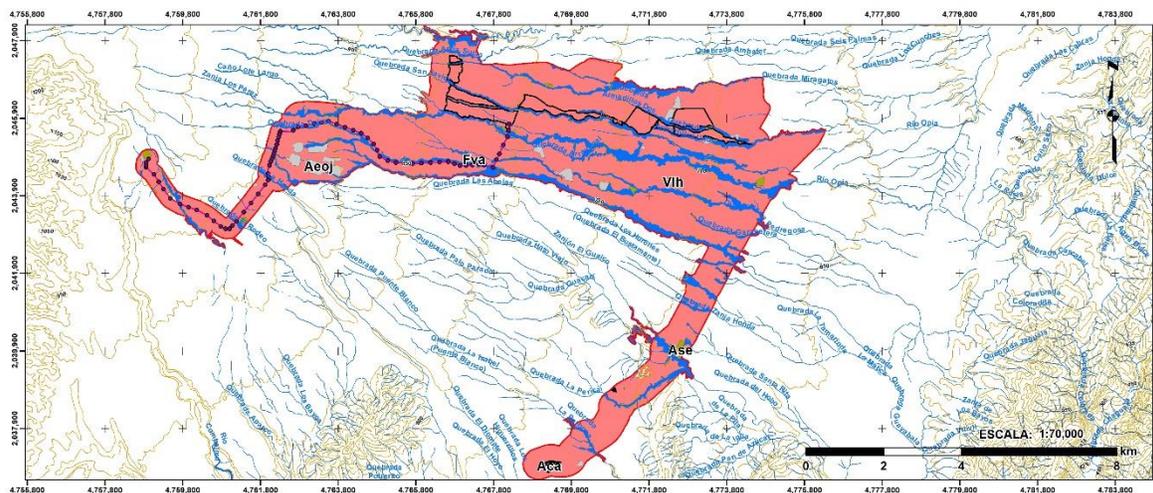


Figura 5.1-168 Unidades geomorfológicas dentro del área de influencia físico biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Algunas fotografías que muestran algunas de las unidades geomorfológicas dentro del área de influencia físico biótica se presentan a continuación en la Figura 5.1-169 y Figura 5.1-170.



Figura 5.1-169 Unidad geomorfológica Lahar

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-170 Unidad geomorfológica Vallecito

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.1.5 Edafología

Para determinar el grado de estabilidad geotécnica que el elemento suelo le aporta al terreno se tuvo en cuenta la composición litológica de cada una de las unidades de suelo, así como su grado de pendiente, la presencia o no de escurrimiento superficial, las limitaciones, el grado de erosión y su origen principal. La calificación asignada para la estabilidad geotécnica, teniendo en cuenta las unidades cartográficas de suelo, se presenta en la **Tabla 5.1-99**.

Tabla 5.1-99 Valoración edafológica para la zonificación geotécnica

SIM B_U CAR	CARACT_TR	CARACT_PGA	CLASE	CALIFICA CIÓN	Grado de estabilidad
PWD b	Relieve plano, ligeramente inclinado y moderadamente ondulado, frecuente pedregosidad	Asociado con el Abanico de Ibagué	Clase 3	2	Alta

SIM B_U_CAR	CARACT_TR	CARACT_PGA	CLASE	CALIFICACIÓN	Grado de estabilidad
	superficial y erosión ligera a moderada				
No suelo	No Suelo	No Suelo	Clase 1	3	Media
PWF a	Relieve ligeramente inclinado, con piedra sobre la superficie en algunos sectores y erosión ligera	Depósitos Aluviales Recientes de las quebradas dentro del área de estudio	Clase 3	2	Alta

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En términos generales, se presentan grados de estabilidad geotécnica que varía entre Alta y Media, asociados con suelos finos presentes en el área de estudio, Figura 5.1-171 y Figura 5.1-172.



Figura 5.1-171 Unidad de suelo PWDb

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-172 Unidad de suelo PWFa

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La distribución de las unidades cartográficas de suelo definidas en el área de influencia fisicobiótica se presenta en la Figura 5.1-173.

Ibagué y Piedras (Tolima)

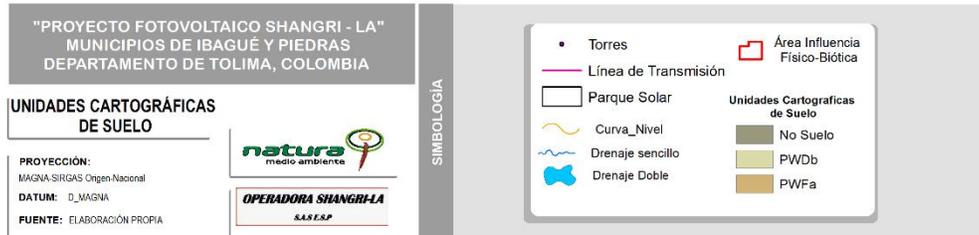
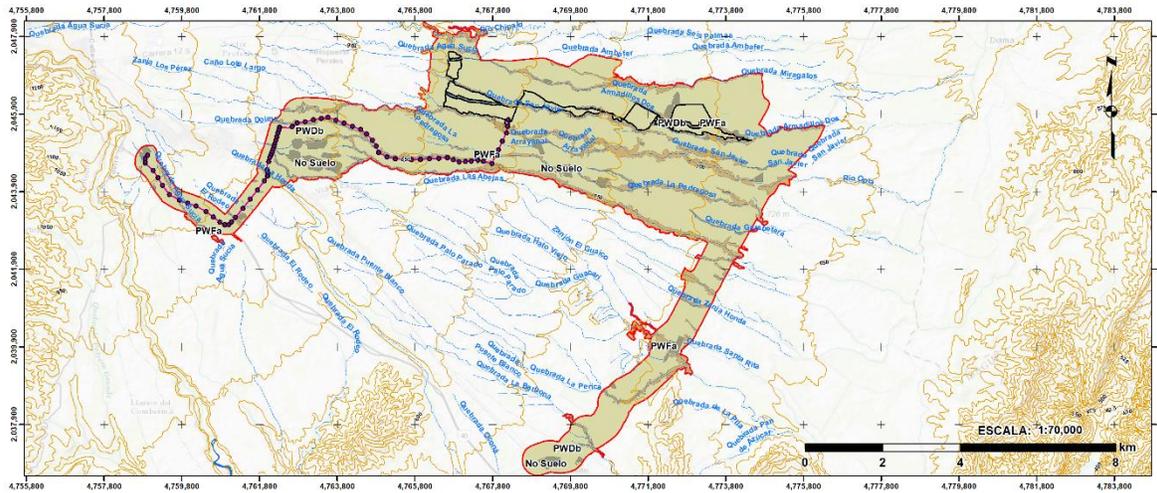


Figura 5.1-173 Unidades cartográficas de suelo dentro del área de influencia físico-biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.1.6 Hidrogeología

Las unidades hidrogeológicas definidas para el área de estudio presentan diferentes características de conductividad hidráulica (permeabilidad) y porosidad, relacionadas con la composición litológica: Acuíferos, Acuitardos y Acuífugas. Dicha variación litológica y por lo tanto de conductividad pueden interactuar con la geotecnia y por ende definir zonas de alta, media y baja estabilidad geotécnica. La siguiente tabla, presenta la calificación asignada para las unidades hidrogeológicas de acuerdo con su grado de estabilidad. Las unidades hidrogeológicas que no contienen agua o no lo transmiten presentan una mayor estabilidad que las unidades hidrogeológicas porosas, las cuales presentan un mayor contenido de agua. En este sentido, dentro del área de estudio se definieron dos tipos de unidades hidrogeológicas a grandes rasgos: Acuífero de Abanico

de Ibagué y Acuífero Cuaternario. La calificación asignada, en términos de estabilidad, se presenta a continuación en la Tabla 5.1-100 y Figura 5.1-174.

Tabla 5.1-100 Valoración de unidades hidrogeológicas para la variable de hidrogeología

Unidades hidrogeológicas	Calificación	Grado de estabilidad
Acuífero Abanico de Ibagué	3	Media
Acuífero Cuaternario	2	Alta

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

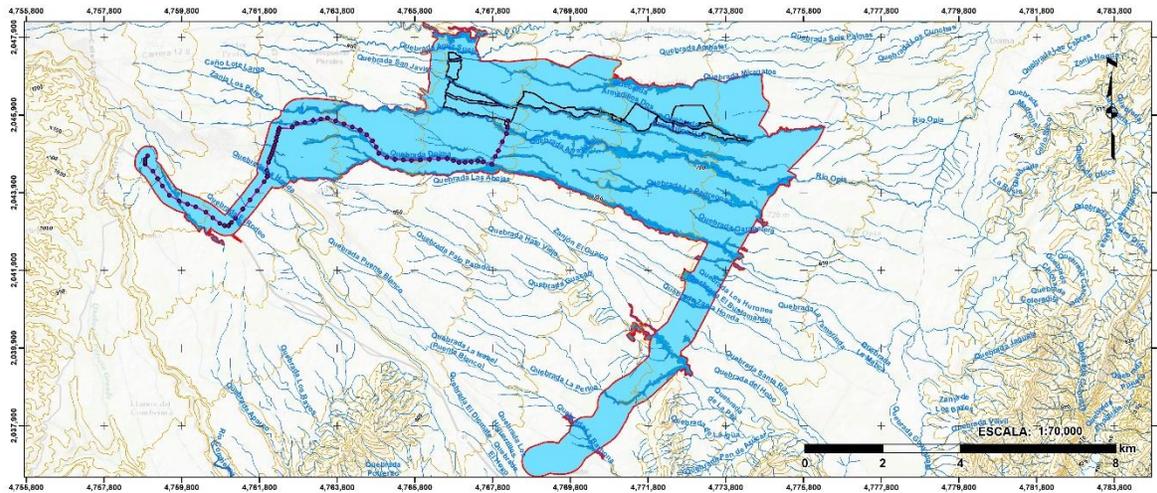


Figura 5.1-174 Unidades hidrogeológicas dentro del área de influencia físico biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.1.7 Uso actual del suelo

El uso actual del suelo impacta directamente la estabilidad geotécnica de un área determinada; puesto que aquellas tierras utilizadas por ejemplo para ganadería son más

susceptibles a presentar procesos morfodinámicos en comparación de las tierras de conservación. Para la determinación de los usos actuales se utilizó la metodología del IGAC (2007), con los nombres propuestos dentro de la Resolución 2182 de 2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. A continuación en la Tabla 5.1-101 y de la Figura 5.1-175 a la Figura 5.1-178, se presenta la calificación asignada para la variable de uso actual en relación con la estabilidad geotécnica.

Tabla 5.1-101 Valoración de uso actual del suelo para la zonificación geotécnica

Grupo	Tipo de Uso	Símbolo	Calificación	Grado de estabilidad
Agricultura	Cultivos transitorios intensivos	CTI	3	Media
Asentamiento	Residencial	RSD	1	Muy Alta
Infraestructura	Servicios	SRV	3	Media
Conservación	Protección	CFP	1	Muy Alta
Asentamiento	Recreacional	REC	1	Muy Alta
Infraestructura	Piscicultura	PSI	3	Media
Forestal	Producción-protección	FPR	2	Alta
Ganadería	Pastoreo extensivo	PEX	3	Media
Infraestructura	Transporte	TRANS	1	Muy Alta
Minería	Materiales de construcción	MIN	5	Muy Baja
Infraestructura	Industrial	IND	2	Alta

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

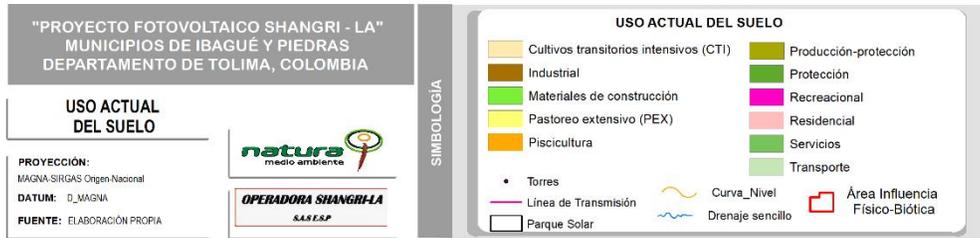
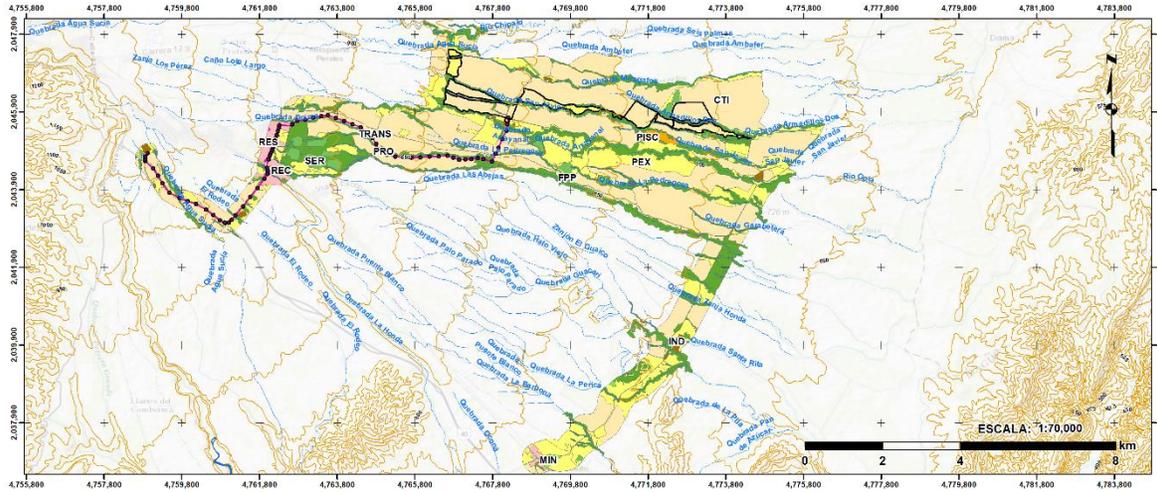


Figura 5.1-175 Uso actual del suelo dentro del área de influencia físico biótica
 Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-176 Uso actual cultivos transitorios intensivos
 Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-177 Uso actual residencial

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

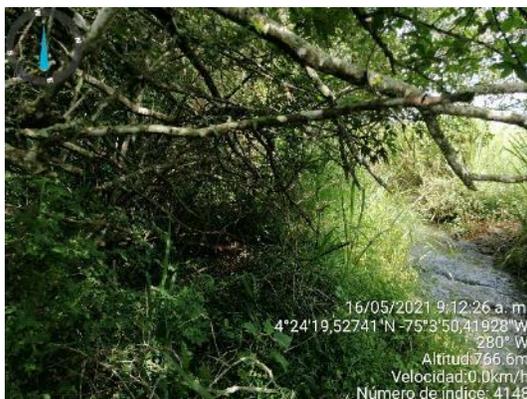


Figura 5.1-178 Uso actual protección

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.1.8 Tectónica

Dentro del área de influencia fisicobiótica fue identificada a partir de la cartografía geológica existente una falla geológica denominada como Falla Normal Inferida. De acuerdo a lo expuesto por el INGEOMINAS, corresponde a un sistema con rumbo regional NW-SE, localizado en la parte sur del área de influencia físico-biótica. En cercanías al proyecto se encuentra también la Falla de Ibagué y la Falla de Doima. Dichas fallas, aunque se encuentran por fuera del área de influencia fisicobiótica, hacen parte del contexto tectónico de la zona caracterizada. Debido a la actividad de la Falla de

Ibagué, toda el área de estudio, fue calificada con estabilidad geotécnica Media, por esta variable.

5.1.10.1.9 Hidrología

El marco hidrológico para Colombia se estructura en varios niveles de agregación, el nivel mayor es el área hidrográfica, el siguiente es zona hidrográfica, seguido de subzona hidrográfica, luego nivel subsiguiente y por último microcuencas o unidades hidrográficas. En el área de estudio no se identificaron niveles subsiguientes, por lo que de subzona hidrográfica se sigue a microcuena.

Para cada microcuena, se estableció su rango de estabilidad geotécnica, en términos de su capacidad de erosión, Tabla 5.1-102 y Figura 5.1-179.

Tabla 5.1-102 Zonificación hidrográfica para la definición de la estabilidad geotécnica

Microcuena	Calificación	Grado de Estabilidad
[2121-99-01] Quebrada Innominada 3	2	Alta
[2121-99-02] Quebrada Agua Sucia	2	Alta
[2121-99-03] Quebrada Innominada 4	2	Alta
[2121-99-04] Quebrada El Rodeo	3	Media
[2121-99-05] Quebrada Honda	3	Media
[2121-99-06] Quebrada Ocona	3	Media
[2121-99-07] Quebrada Borbona	2	Alta
[2121-99-08] Quebrada Guacarí	3	Media
[2121-99-09] Quebrada Innominada 1	3	Media
[2122-99-01] Quebrada Zanja Honda	2	Alta
[2122-99-02] Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante)	3	Media
[2122-99-03] Quebrada Las Abejas	3	Media
[2122-99-04] Quebrada Doima	2	Alta
[2122-99-05] Quebrada Garabetera	2	Alta
[2122-99-06] Quebrada La Pedregosa	2	Alta
[2122-99-07] Quebrada Innominada 2	3	Media

Ibagué y Piedras (Tolima)

Microcuenca	Calificación	Grado de Estabilidad
[2122-99-08] Río Opia	2	Alta
[2122-99-09] Quebrada San Javier	2	Alta
[2122-99-10] Quebrada Armadillos Dos	2	Alta
[2122-99-11] Quebrada Miragatos	2	Alta
[2122-99-12] Quebrada Ambafer	2	Alta
[2124-99-01] Río Chípalo	2	Alta

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

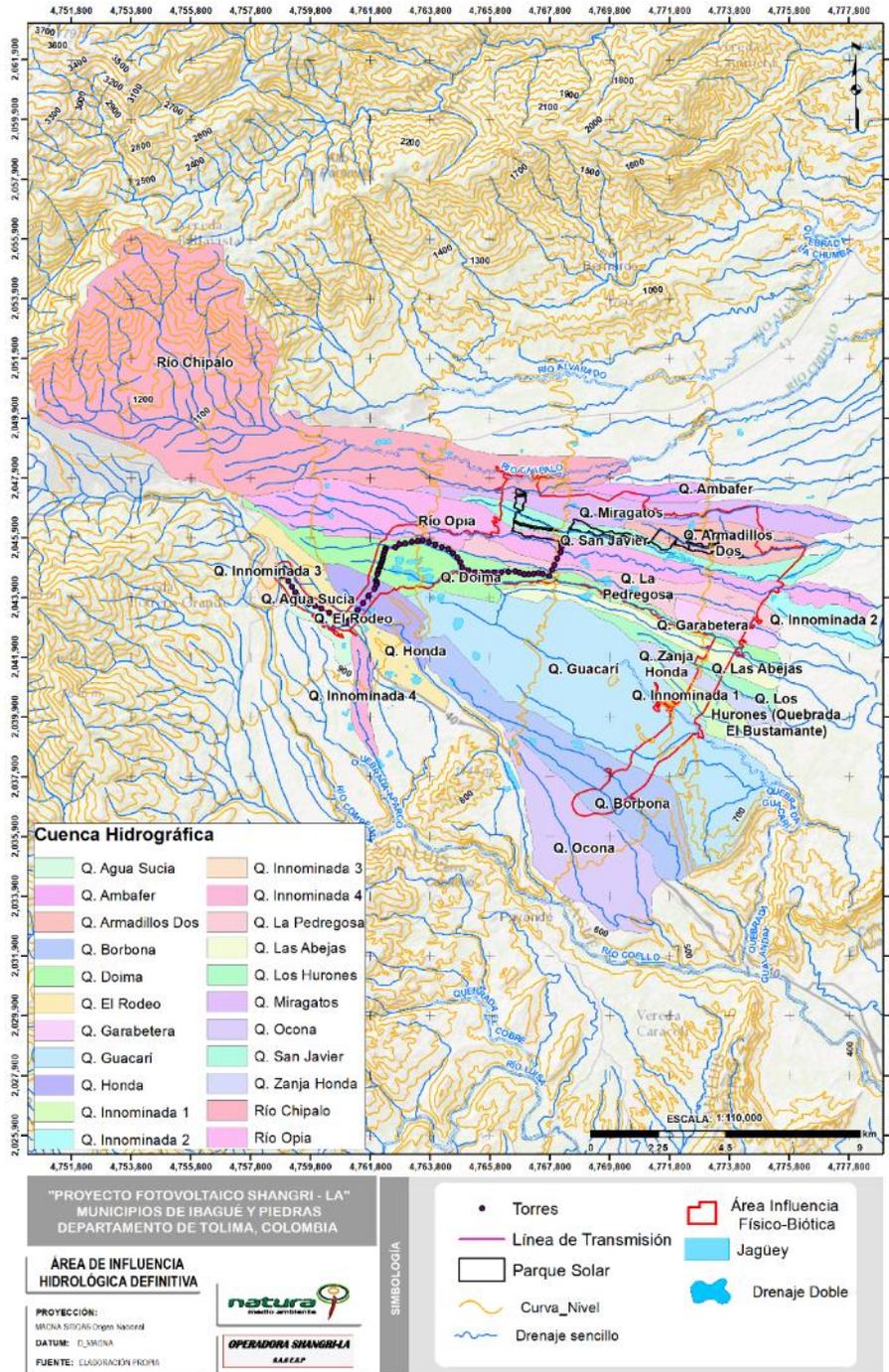


Figura 5.1-179 Cuencas hidrográficas dentro del área de influencia fisicobiótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.1.10 Mapa de zonificación geotécnica

Para la realización del mapa de Zonificación geotécnica se utilizó el programa ArcGIS. En este sentido, se dieron valores de 1 para la estabilidad muy alta para cada uno de los criterios, 2 para estabilidad alta, 3 para estabilidad moderada, 4 para baja estabilidad y 5 para muy baja estabilidad. Con la evaluación anterior es de esperar que al cruzar los mapas de valores dados a cada uno de los criterios se obtengan categorías entre 1 y 40, clasificados en rangos de estabilidad que se muestran en la siguiente tabla (Tabla 5.1-103).

Tabla 5.1-103 Rangos para clasificación de estabilidad geotécnica para el área de estudio

Rango	Calificación
Muy alta	1 - 9
Alta	9,1-18
Moderada	18,1-27
Baja	27,1-36
Muy baja	36,1-45

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

De acuerdo con lo observado en el mapa de zonificación geotécnica se aprecia que el 63,14% del área de influencia fisicobiótica, tiene un rango de estabilidad geotécnica Alta. Estas zonas no son susceptibles a presentar procesos erosivos, debido a las bajas pendientes, uso del suelo y material litológico presente. Por su parte la estabilidad geotécnica media representa el 36,86% del área de influencia fisicobiótica y se asocia con las zonas de bajo grado de consolidación, con coberturas antrópicas principalmente (Tabla 5.1-104).

Tabla 5.1-104 Rangos para clasificación de estabilidad geotécnica para el área de estudio

NOMBRE	NOME NCLAT	T_MATER	CLASIF_MAT	COEF_ ACE_S	FACT _SEG	AREA _HA	%Á REA
Zona Estabilidad geotécnica Alta	ZEGA	Suelo depositado	Material compuesto de rocas volcánicas	0,15	1,7	3129,70	63,14

NOMBRE	NOME NCLAT	T_MATER	CLASIF_MAT	COEF_ ACE_S	FACT _SEG	AREA _HA	%Á REA
Zona Estabilidad geotécnica Media	ZEGM	Suelo depositado	Material compuesto de sedimentos no consolidados	0,15	1,2	1826,69	36,86
TOTAL						4.956,39	100

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Las características geotécnicas de las dos zonas de estabilidad, se presentan a continuación en la Tabla 5.1-105.

Tabla 5.1-105 **Características de las zonas de estabilidad geotécnica**

GRADO DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍAS
Media	Dentro de esta categoría se encuentran las unidades geomorfológicas susceptibles a presentar procesos erosivos, conformadas por coberturas de tierra de origen antrópico, tales como pastos limpios, arroz, pastos enmalezados.	 21 mar. 2021 15:29:37 7° 7' 52" N - 73° 30' 44" W 1735 S Altitud: 162,4m Velocidad: 0,0km/h
Alta	Dentro de esta categoría se encuentran además las zonas de baja pendiente asociadas con geoformas de origen fluvial: Vallecito Los materiales presentes son de carácter arcilloso principalmente con intercalaciones de areniscas. Estas últimas constituyen las cimas de las colinas que presentan buenas condiciones de estabilidad. Los	 22 mar. 2021 10:51:26 7° 8' 3" N - 73° 28' 52" W 1735 S Altitud: 171,9m Velocidad: 0,0km/h

GRADO DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍAS
	procesos en esta zona son menores y están representados por erosión localizada en las laderas de las colinas, en los sectores con poca vegetación y focos locales de formación de surcos y cárcavas en algunos sectores.	

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La zonificación geotécnica dentro del área de estudio, se presenta a continuación en la Figura 5.1-180.

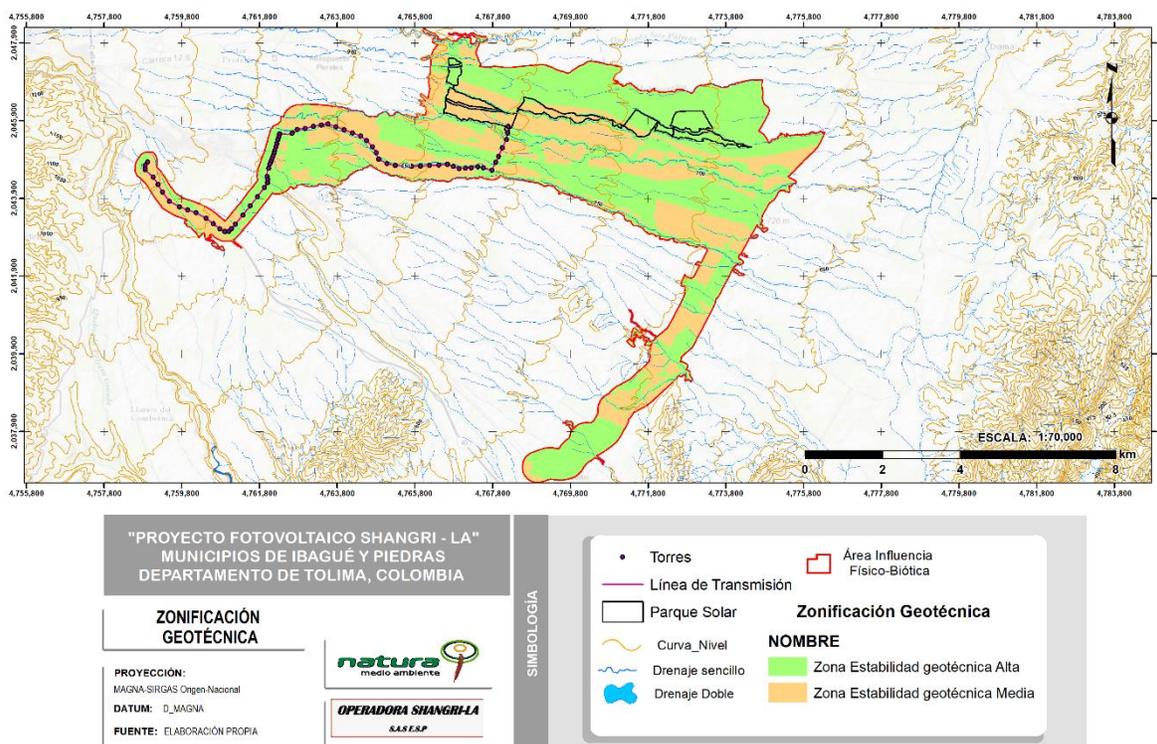


Figura 5.1-180 Zonificación geotécnica para el área de influencia fisicobiótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.2 Geotecnia Cuantitativa

Con el propósito de identificar las características geotécnicas de los suelos del área de influencia directa del proyecto, se realizaron 24 apiques que se relacionan a continuación.

5.1.10.2.1 Apiques

Los 24 apiques o calicatas se realizaron manualmente, debido a que la mayor parte de los lotes se encuentran sembrados con arroz, lo que dificulta el ingreso de maquinaria. La profundidad de las exploraciones fue de 2.0 metros y se tomaron muestras del suelo a cada metro de profundidad. En el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Geotecnia - Anexo 1 Registro Fotografico se presenta el registro fotográfico de los apiques realizados, en la Tabla 5.1-106 y Figura 5.1-181 - Figura 5.1-182, se relaciona la localización de cada uno de los apiques, así como la localización de los apiques en imágenes satelitales de Google Earth.

Tabla 5.1-106 Apiques dentro del área de influencia del proyecto

Apique	Latitud	Longitud	Altura	Coordenadas Origen Único Nacional CTM-12	
				Este	Norte
1	4° 25' 6.000" N	75° 6' 10.000" W	835	4766745,48	2046552,26
2	4° 25' 1.000" N	75° 5' 57.000" W	826	4767145,79	2046397,56
3	4° 24' 57.000" N	75° 5' 44.000" W	831	4767546,19	2046273,58
4	4° 24' 54.000" N	75° 6' 8.000" W	831	4766806,09	2046183,53
5	4° 25' 50.000" N	75° 5' 52.000" W	821	4767304,18	2047902,05
6	4° 24' 49.000" N	75° 5' 38.000" W	813	4767730,46	2046027,36
7	4° 24' 46.000" N	75° 5' 25.000" W	804	4768130,95	2045934,09
8	4° 24' 34.000" N	75° 5' 10.000" W	793	4768592,32	2045564,24
9	4° 24' 58.000" N	75° 5' 8.000" W	797	4768656,04	2046301,17
10	4° 24' 55.000" N	75° 4' 58.000" W	788	4768964,05	2046208,17
11	4° 24' 50.000" N	75° 4' 43.000" W	778	4769426,01	2046053,32
12	4° 24' 47.000" N	75° 4' 26.000" W	770	4769949,81	2045959,72
13	4° 24' 47.000" N	75° 4' 1.000" W	763	4770720,47	2045957,57
14	4° 24' 42.000" N	75° 3' 52.000" W	750	4770997,48	2045803,24

Apique	Latitud	Longitud	Altura	Coordenadas Origen Único Nacional CTM-12	
				Este	Norte
15	4° 24' 46.000" N	75° 3' 38.000" W	743	4771429,39	2045924,90
16	4° 24' 34.000" N	75° 3' 34.000" W	739	4771551,67	2045556,01
17	4° 24' 43.000" N	75° 3' 26.000" W	736	4771799,04	2045831,74
18	4° 24' 38.000" N	75° 3' 12.000" W	729	4772230,19	2045676,99
19	4° 24' 34.000" N	75° 2' 56.000" W	719	4772723,07	2045552,78
20	4° 24' 33.000" N	75° 2' 39.000" W	709	4773247,03	2045520,63
21	4° 24' 28.000" N	75° 2' 24.000" W	703	4773708,99	2045365,80
22	4° 24' 49.000" N	75° 3' 0.000" W	723	4772601,03	2046013,80
23	4° 24' 40.000" N	75° 2' 47.000" W	715	4773001,01	2045736,29
24	4° 24' 49.000" N	75° 2' 42.000" W	714	4773155,90	2046012,27

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-181 Localización de los apiques 1 a 13

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-182 Localización de los apiques 13 a 24

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En las siguientes figuras (Figura 5.1-183 a Figura 5.1-187), se describen los perfiles estratigráficos de los suelos, que permite correlacionar y/o diferenciar las secuencias. En todos los perfiles, se caracteriza un suelo orgánico con un espesor que varía entre 0,15 metros hasta 0,60 metros de espesor. También sobresale como característica relevante, la presencia de sedimentos de origen volcánico, conformados principalmente por arenas y limos con incrustaciones de gravas y guijarros de tamaños hasta de 5". Los materiales existentes en la zona del proyecto presentan una consistencia muy dura, relacionada principalmente con su origen volcánico, lo que permite que los suelos tengan una estabilidad muy alta, tanto a posibles afectaciones por inundaciones, sismos y otros fenómenos naturales. En el mismo proceso de apertura de los apiques se realizó, cada metro, el ensayo de penetración con el equipo de laboratorio como dinámico, el cual permite determinar un parámetro importante desde el punto de vista de la geotecnia, ya que determina indirectamente el CBR del suelo, como un indicador de la resistencia a la penetración del suelo y su capacidad de sostener cargas. En total se realizaron 72

penetraciones con el cono dinámico, tres cada uno de los 24 apiques, el primero luego de retirar la capa vegetal, y posteriormente a cada metro, de acuerdo con la norma INVÍAS E-172.

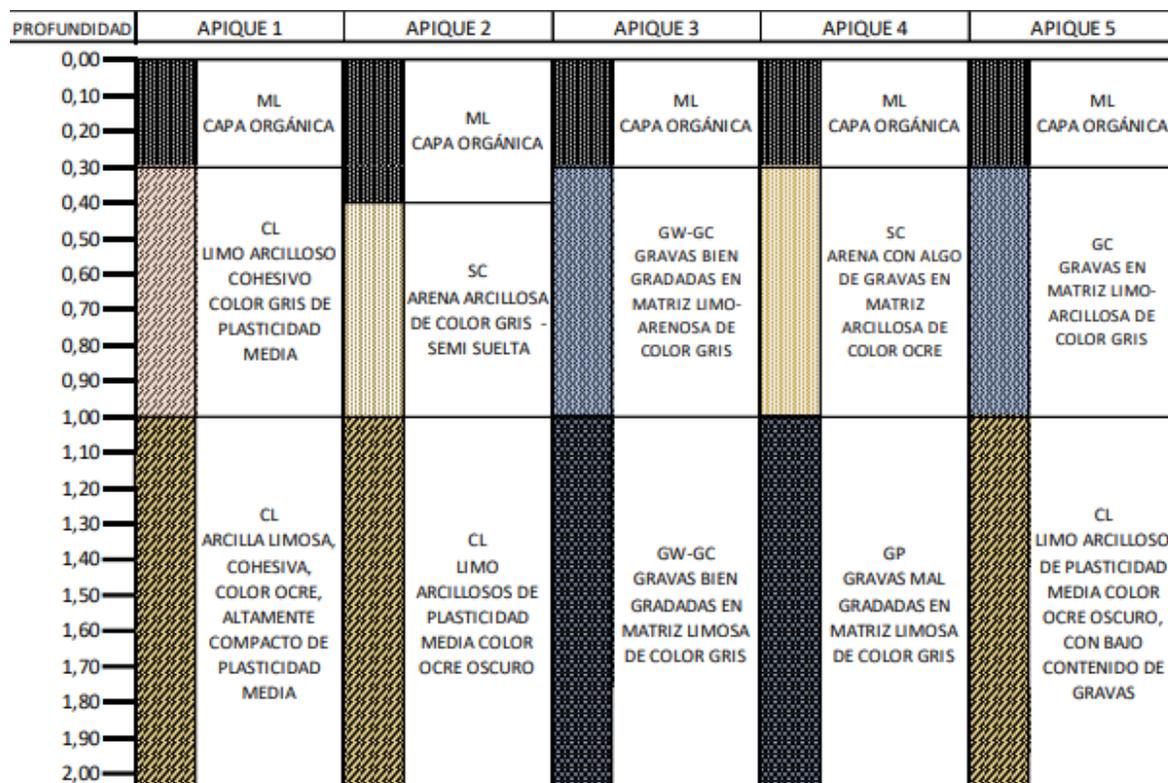


Figura 5.1-183 Descripción o secuencia estratigráfica de los apiques 1 a 5 con los perfiles a las profundidades de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

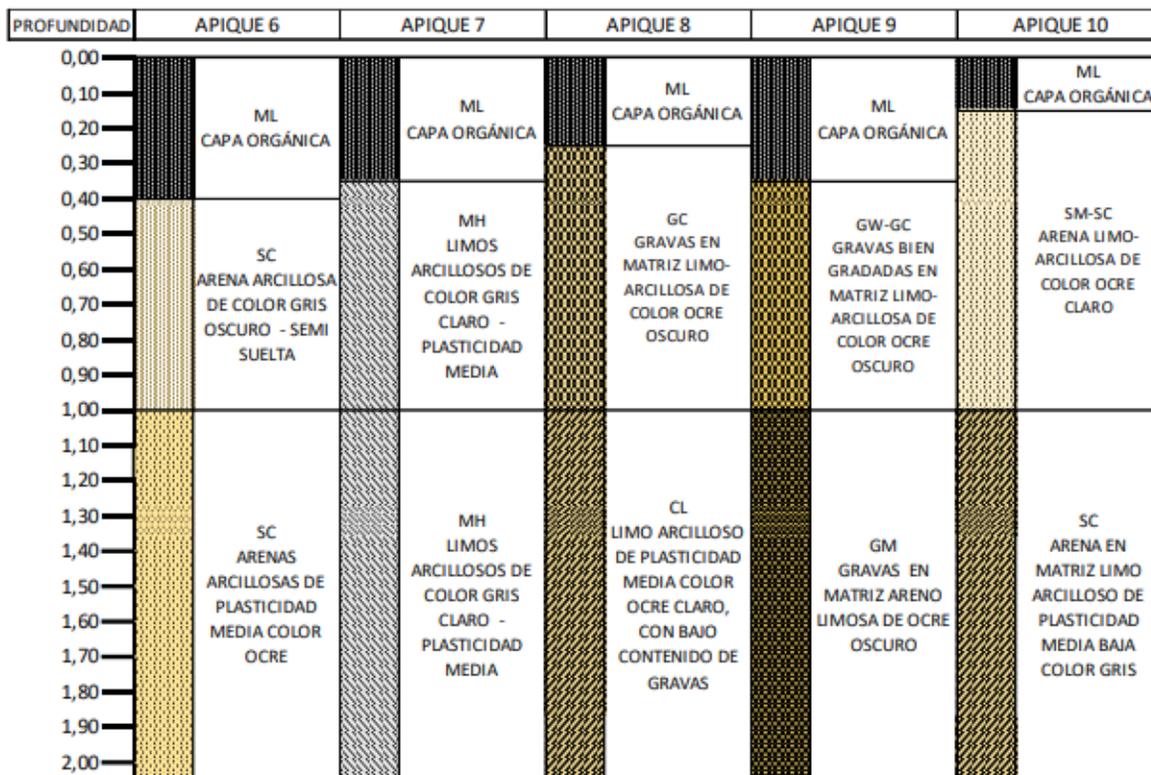


Figura 5.1-184 Descripción o secuencia estratigráfica de los apiques 6 a 10 con los perfiles a las profundidades de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

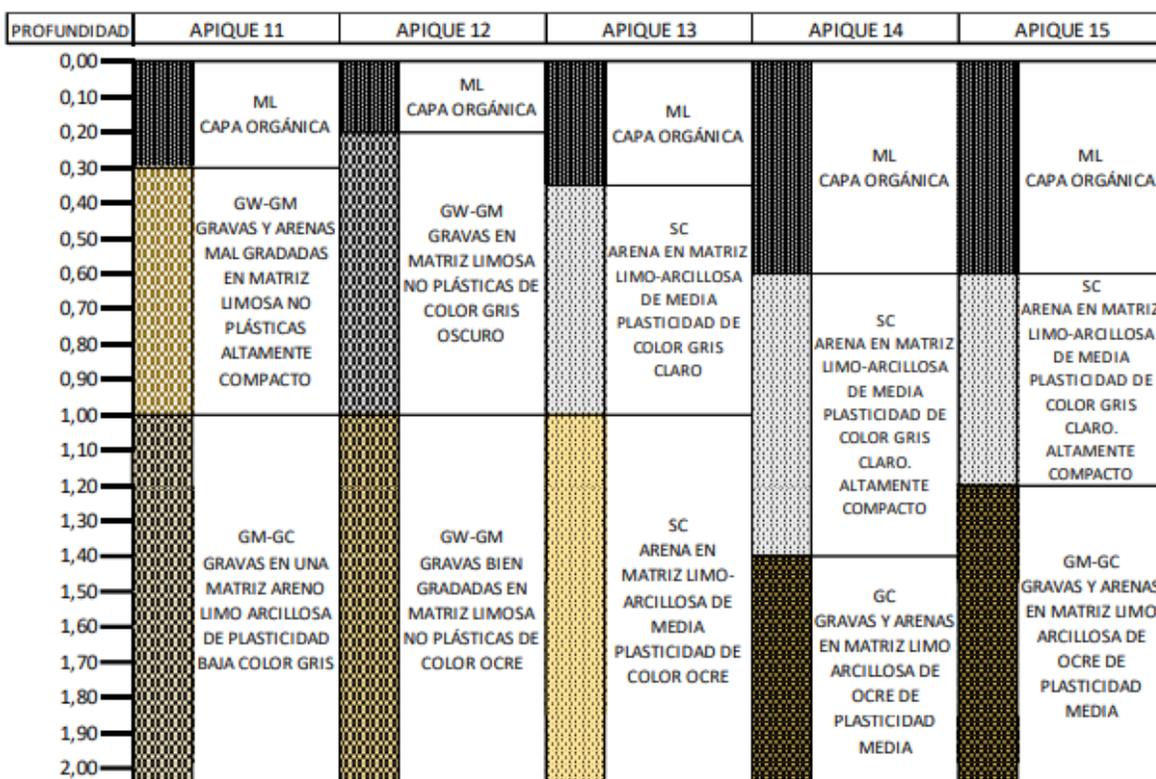


Figura 5.1-185 Descripción o secuencia estratigráfica de los apiques 11 a 15 con los perfiles a las profundidades de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

APIQUE 16	APIQUE 17	APIQUE 18	APIQUE 19	APIQUE 20
ML CAPA ORGÁNICA	ML CAPA ORGÁNICA	ML CAPA ORGÁNICA	ML CAPA ORGÁNICA	ML CAPA ORGÁNICA
SC ARENAS EN MATRIZ LIMO ARCILLOSA PLÁSTICAS DE COLOR OCRE ALTAMENTE COMPACTO	SC ARENAS EN MATRIZ LIMO ARCILLOSA PLASTICIDAD MEDIA DE COLOR OCRE ALTAMENTE COMPACTO	SM-SC ARENA EN MATRIZ LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR OCRE	SW GRAVAS Y ARENAS BIEN GRADADAS EN MATRIZ LIMOSA NO PLASTICAS DE COLOR GRIS OSCURO	GW-GM GRAVAS Y ARENAS MAL GRADADAS EN MATRIZ LIMOSA NO PLASTICAS DE COLOR GRIS OSCURO ALTAMENTE COMPACTO
SM-SC ARENAS EN MATRIZ LIMO ARCILLOSA PLASTICIDAD MEDIA DE COLOR OCRE ALTAMENTE COMPACTO	GC GRAVAS Y ARENAS EN MATRIZ LIMO ARCILLOSA PLASTICIDAD MEDIA BAJA DE COLOR OCRE	CL LIMOS- ARCILLOSOS DE MEDIA PLASTICIDAD DE COLOR OCRE ALTAMENTE COMPACTOS	GP GRAVAS Y ARENAS BIEN GRADADAS EN MATRIZ LIMOSA NO PLASTICAS DE COLOR OCRE ALTAMENTE COMPACTO	SC ARENAS EN MATRIZ LIMO ARCILLOSA DE MEDIA PLASTICIDAD DE COLOR OCRE ALTAMENTE COMPACTO

Figura 5.1-186 Descripción o secuencia estratigráfica de los apiques 16 a 20 con los perfiles a las profundidades de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

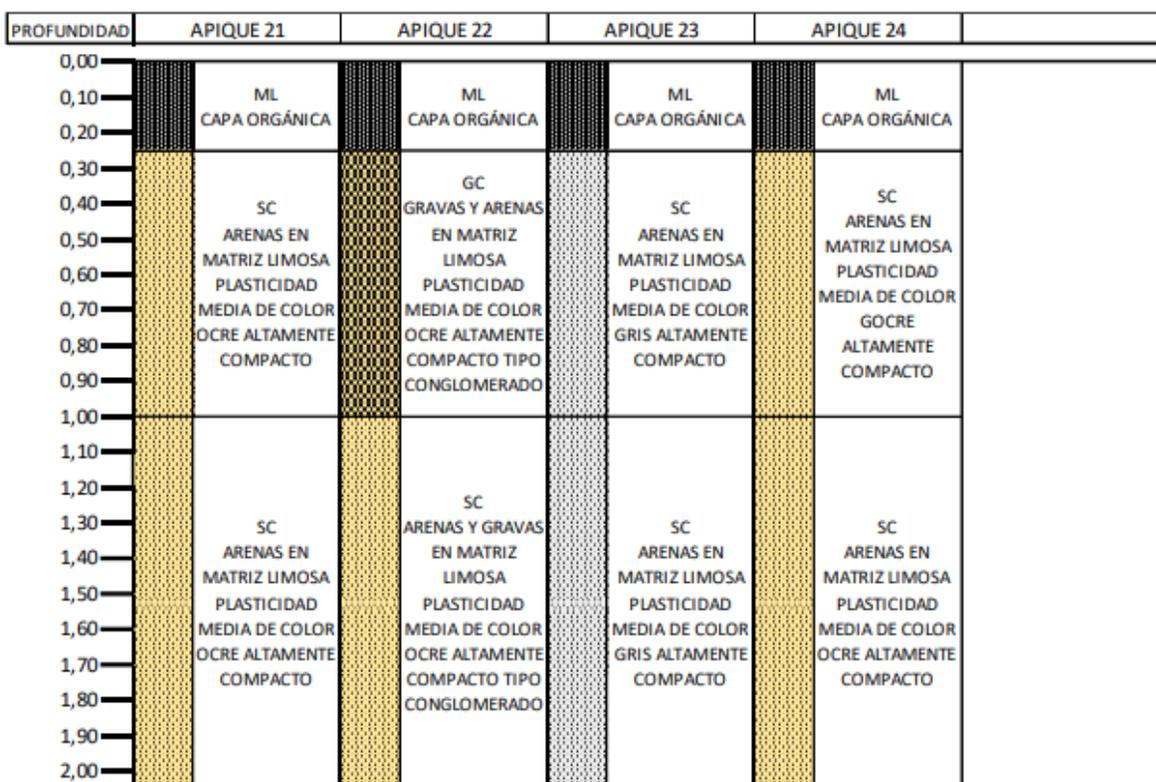


Figura 5.1-187 Descripción o secuencia estratigráfica de los apiques 21 a 24 con los perfiles a las profundidades de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.2.2 Geotecnia de los apiques

Como ya se ha mencionado, se realizaron 24 apiques, en los cuales se pudo determinar que el comportamiento del suelo es muy similar, se encontró una capa vegetal de espesor variable (entre 15 y 60 centímetros), conformada por limos con material orgánico, luego del descapote existe un material muy compacto, compuesto principalmente por arenas de grano fino y limos, en algunos casos con altos contenidos de gravas, variando en profundidad a arena de grano medio, el material en general presenta una homogeneidad hacia la profundidad. De cada uno de los apiques se tomó una muestra representativa del suelo por cada metro de profundidad, con el propósito de realizar análisis de laboratorio consistentes en contenido de cloruros, sulfatos,

sulfuros, límites de Atterberg (Humedad, Límite Líquido, Límite Plástico e índice de plasticidad) y Granulometrías. El resultado de los apiques se presenta en la Figura 5.1-188, en el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO - Anexo 2 Tabla de clasificación de suelos se presentan las gráficas de los ensayos de clasificación de los suelos.

ENSAYO	APIQUE	MUESTRA	PROFUNDIDAD	HUMEDAD NATURAL %	CLASIFICACIÓN DE SUELOS							
					LÍMITES			GRANULOMETRÍA			CLASIFICACIÓN	
					límite líquido	límite plástico	índice de plasticidad	% Pasa tamiz #200 (finos)	% entre #4 y #200 (arenas)	% retenido #4 (gravas)	AASHTO	USCS
1	1	1	1.00	29,9%	42%	30%	12%	53,9	44,7	1,4	A-7-5	CL
2	1	2	2.00	29,9%	47%	29%	18%	67,6	29,7	2,7	A-7-6	CL
3	2	1	1.00	23,8%	41%	24%	17%	45,6	47,6	6,8	A-7-6	SC
4	2	2	2.00	31,8%	41%	29%	12%	57,1	40,4	2,4	A-7-6	CL
5	3	1	1.00	15,2%	32%	25%	7%	8,6	37,6	53,8	A-2-4	GW=GC
6	3	2	2.00	14,8%	N.L	N.P	N.P	5,6	37,8	56,5	A-1a	GW=GM
7	4	1	1.00	22,0%	40%	28%	12%	29,6	62,7	7,8	A-2-6	SC
8	4	2	2.00	12,7%	N.L	N.P	N.P	4,6	23,3	72,1	A-1a	GP
9	5	1	1.00	17,0%	28%	20%	8%	16,2	32,6	51,2	A-2-4	GC
10	5	2	2.00	31,4%	46%	29%	17%	54,8	42,3	2,9	A-7-6	CL
11	6	1	1.00	36,1%	42%	28%	14%	46,3	44,6	9,0	A-7-6	SC
12	6	2	2.00	17,4%	42%	26%	16%	41,6	57,5	0,8	A-7-6	SC
13	7	1	1.00	26,1%	50%	36%	14%	68,6	30,3	1,1	A-7-5	MH
14	7	2	2.00	28,1%	51%	38%	13%	81,5	18,5	0,0	A-7-5	MH
15	8	1	1.00	13,1%	30%	22%	8%	12,1	36,2	51,7	A-2-4	GC
16	8	2	2.00	33,5%	46%	32%	14%	67,4	30,7	1,9	A-7-5	CL
17	9	1	1.00	15,3%	30%	18%	12%	11,2	31,6	57,2	A-2-6	GW=GC
18	9	2	2.00	14,5%	N.L	N.P	N.P	30,1	28,2	41,7	A-2-4	GM
19	10	1	1.00	15,5%	28%	22%	6%	18,5	69,9	11,5	A-1b	SM=SC
20	10	2	2.00	14,2%	35%	25%	10%	27,2	66,0	6,8	A-2-4	SC
21	11	1	1.00	10,5%	N.L	N.P	N.P	9,8	43,0	47,2	A-1a	GW=GM
22	11	2	2.00	8,0%	30%	24%	6%	24,3	37,2	38,5	A-1b	GM=GC
23	12	1	1.00	13,8%	N.L	N.P	N.P	7,5	40,3	52,2	A-1a	GW=GM
24	12	2	2.00	20,5%	N.L	N.P	N.P	10,6	31,6	57,8	A-1a	GW=GM
25	13	1	1.00	25,8%	31%	22%	9%	22,1	54,2	23,7	A-2-4	SC
26	13	2	2.00	24,4%	32%	22%	10%	25,6	43,6	30,7	A-2-4	SC
27	14	1	1.00	21,3%	30%	19%	11%	19,9	43,8	36,3	A-2-6	SC
28	14	2	2.00	22,0%	30%	19%	11%	20,6	37,9	41,6	A-2-6	GC
29	15	1	1.00	16,9%	32%	20%	12%	26,1	39,7	34,2	A-2-6	SC
30	15	2	2.00	18,0%	29%	22%	7%	12,3	39,6	48,1	A-2-4	GM=GC
31	16	1	1.00	9,5%	35%	22%	13%	19,2	46,9	33,9	A-2-6	SC
32	16	2	2.00	10,1%	30%	23%	7%	12,5	45,3	42,2	A-2-4	SM=SC
33	17	1	1.00	10,8%	31%	21%	10%	12,6	61,5	25,8	A-2-4	SC
34	17	2	2.00	11,1%	33%	25%	8%	18,4	40,4	41,2	A-2-4	GC
35	18	1	1.00	11,9%	30%	25%	5%	15,7	84,3	0,0	A-1b	SM=SC
36	18	2	2.00	31,1%	48%	33%	15%	51,7	46,9	1,4	A-7-5	CL
37	19	1	1.00	13,7%	N.L	N.P	N.P	4,5	61,0	34,5	A-1a	SW
38	19	2	2.00	12,2%	N.L	N.P	N.P	4,6	36,4	58,9	A-1a	GP
39	20	1	1.00	18,3%	N.L	N.P	N.P	9,8	43,9	46,3	A-1a	GW=GM
40	20	2	2.00	16,3%	30%	19%	11%	23,6	68,5	7,9	A-2-6	SC
41	21	1	1.00	14,0%	28%	17%	11%	14,8	59,8	25,4	A-2-6	SC
42	21	2	2.00	13,9%	32%	19%	13%	18,8	62,3	18,9	A-2-6	SC
43	22	1	1.00	21,8%	29%	20%	9%	12,1	38,8	49,1	A-2-4	GC
44	22	2	2.00	13,8%	29%	20%	9%	12,8	47,6	39,5	A-2-4	SC
45	23	1	1.00	15,0%	30%	20%	10%	17,4	64,5	18,2	A-2-4	SC
46	23	2	2.00	16,7%	30%	21%	9%	15,9	74,3	9,8	A-2-4	SC
47	24	1	1.00	23,2%	32%	19%	13%	17,3	72,1	10,5	A-2-6	SC
48	24	2	2.00	27,0%	32%	20%	12%	23,8	57,8	18,3	A-2-6	SC

Figura 5.1-188 Clasificación de los suelos en cada una de las muestras

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.2.2.1 Límites de Atterberg

De acuerdo con los resultados obtenidos presentados en la Figura 5.1-189 y Figura 5.1-190, los límites de Atterberg nos indican una calidad de materiales aceptable desde el punto de vista de la geotecnia. El límite líquido generalmente se encuentra por debajo de 45 %, excepto a muy pocos puntos, con un máximo del 51%, y el índice de plasticidad presenta una variabilidad muy alta, desde suelos No Plásticos, hasta suelos con Índice de Plasticidad del 18% catalogada como plasticidad media. Por otro lado, los materiales se encuentran con grados de humedad variable desde el 10% hasta el 30%, este rango se clasifica entre bajo a medio, en la mayoría de los casos la humedad natural se encuentra por debajo del límite plástico, incluso con la condición crítica de humedad en algunos lotes inundados o con alta presencia de agua, debido a los cultivos de arroz, que se presentaban en la zona.

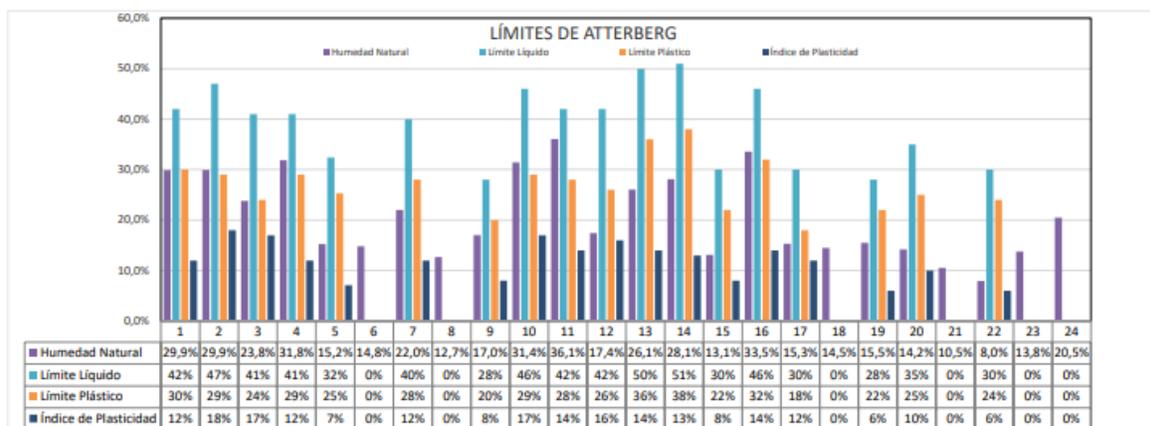


Figura 5.1-189 Límites de Atterberg obtenidos en laboratorio, para cada uno de los materiales de los apiques 1 al 12

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

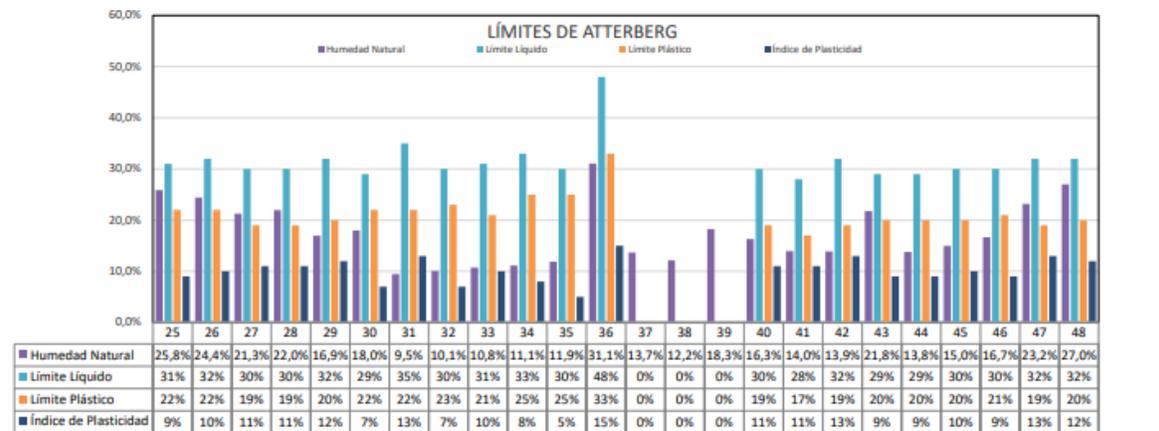


Figura 5.1-190 Límites de Atterberg obtenidos en laboratorio, para cada uno de los materiales de los apiques 13 al 24

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.10.2.2.2 Granulometría

La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de una muestra seca, sirve este parámetro para determinar clasificaciones de suelos y características geomecánicas. En la Figura 5.1-191 y Figura 5.1-192, se presentan las gradaciones de los materiales de los apiques que fueron recolectados de los apiques.

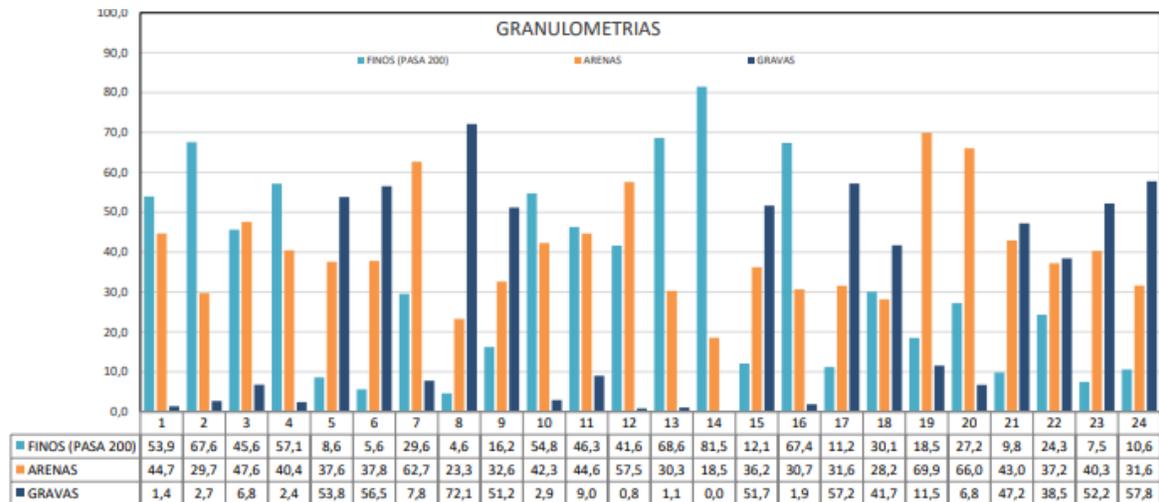


Figura 5.1-191 Granulometría de las muestras recolectadas y clasificadas en el laboratorio de los apiques 1 a 12

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

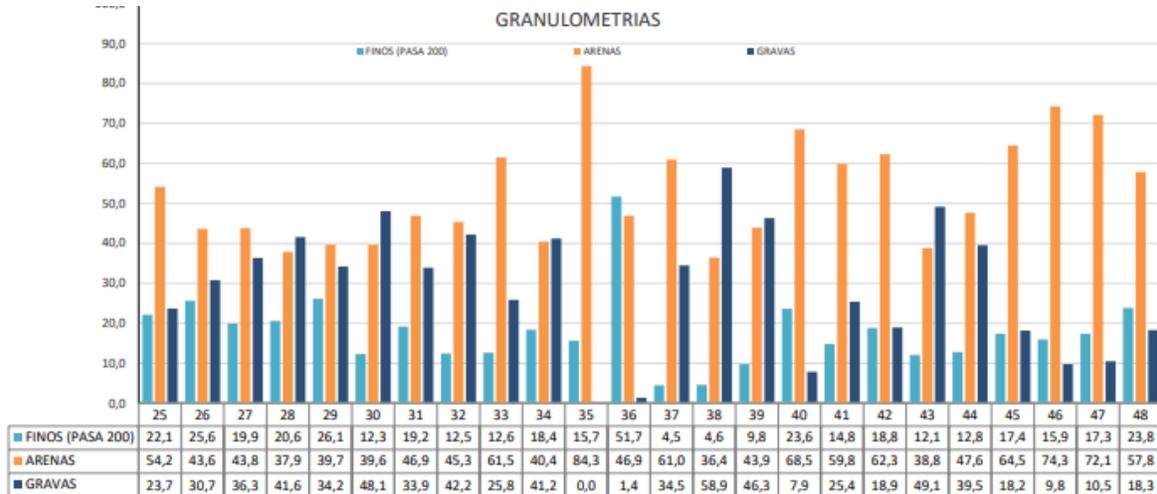


Figura 5.1-192 Granulometría de las muestras recolectadas y clasificadas en el laboratorio de los apiques 13 a 24

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En las anteriores gráficas, los finos representan el porcentaje de material que pasa el tamiz # 200, las arenas representan la porción del material que se encuentra entre el tamiz # 4 y el Tamiz # 200 y las gravas el porcentaje de material que queda retenido en el tamiz # 4. Como se puede apreciar lo que más predomina en la zona de estudio son las arenas, que en la mayor parte de las muestras tienen un valor muy importante, seguido de las gravas. Con los resultados obtenidos de granulometría y límites de consistencia, se procedió a realizar la clasificación de los suelos, empleando los dos métodos de clasificación más conocidos, el método de la AASHTO y el método de Unified Soil Classification System (USCS): El primero es el método de la AASHTO, el método lo que pretende es dotar al ingeniero de una herramienta rápida y eficaz para determinar las características de un suelo y su posible uso en la ingeniería. Los suelos que clasifican como A-1 hasta A-3 se consideran aptos para su uso en la ingeniería y los suelos que clasifican como A-4 son aceptables, los suelos A-5 y A-6, presentan uso

condicionado y seguramente requerirán de mejoras, y los suelos A-7 no se recomiendan para su uso en ingeniería. El método clasifica inicialmente los suelos dependiendo de la cantidad de material fino y posteriormente entra a clasificar de acuerdo con los límites de la fracción fina. Como se aprecia, los suelos en general son de muy buena calidad, para su uso en la ingeniería.

5.1.10.2.2.3 Clasificación de suelos

Para los análisis de suelos, se determinan las propiedades presentadas en las gráficas anteriores y esas características se clasifican, empleando los sistemas internacionales de la AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelo "USCS" por las siglas en inglés.

5.1.10.2.2.3.1 Clasificación AASHTO

Este es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado en 1928 por la American Association of State Highway and Transportation Officials, Figura 5.1-193.

Clasificación general	Suelos granulosos (35% o menos que pasa el tamiz # 200)							Materiales limosos y arcillosos (más de 35% pasa el tamiz # 200)			
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7 A7-6 A7-5
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamices: % que pasa el Nº 10 (2 mm) Nº 40 (0.425 mm) Nº 200 (0.075 mm)	máx. 50 máx. 30 máx. 15	--- máx. 50 máx. 25	--- mín. 51 máx. 10	--- --- máx. 35	--- --- Máx.35	--- --- máx. 35	--- --- máx. 35	--- --- mín. 36	--- --- mín. 36	--- --- mín. 36	--- --- mín. 36
Consistencia Limite Líquido	---		---	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41
Índice de Plasticidad	máx. 6		No Plástico	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 ⁽¹⁾
Tipos de materiales característicos	Fragmentos de Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	excelente a bueno							regular a malo			

Figura 5.1-193 Clasificación de los suelos AASHTO

Fuente: Unicauca, 2010

5.1.10.2.3.2 Clasificación USCS

El otro método empleado es el Unified Soil Classification System (USCS), este método pretende mediante la asignación de letras describir los materiales que más predominan en el suelo que se presente clasificar, Tabla 5.1-107 y Figura 5.1-194.

Tabla 5.1-107 Primera y/o segunda letra

Primera y/o segunda letra	Segunda letra
G: Grava	P: Pobremente drenado
S: Arena	W: Bien drenado
M: Limo	H: Alta plasticidad
C: Arcilla	L: Baja plasticidad
O: Orgánico	

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

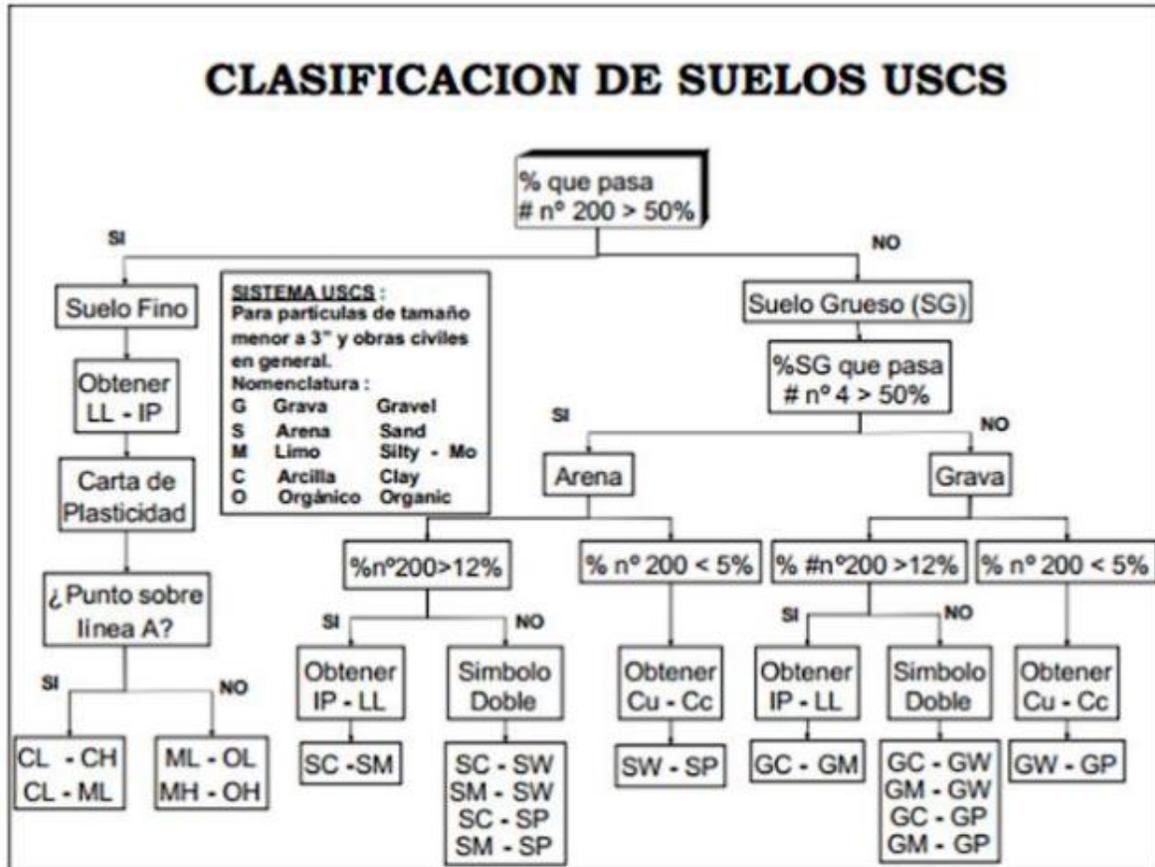


Figura 5.1-194 Método de clasificación de los suelos según USCS

Fuente: Unicauca, 2010

5.1.10.2.2.3.3 Plasticidad

La plasticidad es una característica de los suelos, relacionada con el contenido de partículas escamosas, tipo coloidal, por lo tanto, la plasticidad se define como la propiedad de un material que permite resistir deformaciones rápidas, sin cambiar el volumen, ni agrietarse, ni desgregarse. En la siguiente imagen, se presenta la carta de plasticidad de Casagrande (Figura 5.1-195).

Gráfica de plasticidad del USCS

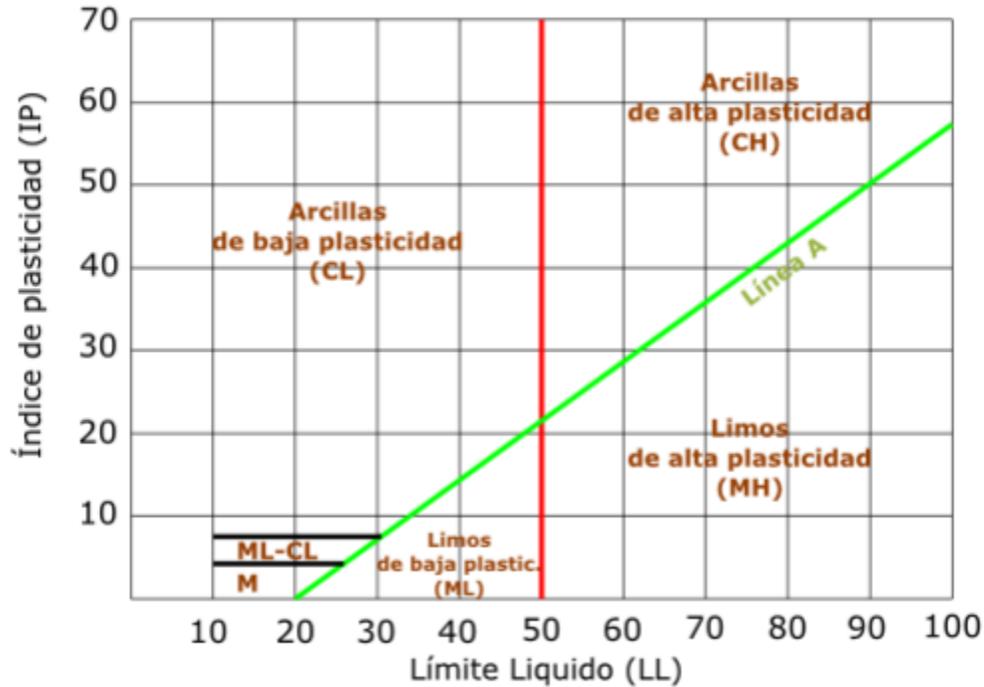


Figura 5.1-195 Carta de plasticidad de Casagrande

Fuente: Diccionario de Geotecnia, 2012.

Para el caso del presente estudio, se determinaron los límites mediante los ensayos de plasticidad, y los realizados con la cazuela de Casagrande, para determinar el límite líquido. La mayor parte de los suelos se encuentran envueltos en una matriz de limos de media y baja plasticidad, acompañados de arenas y en algunos casos de arcillas, y por debajo del metro de profundidad se encuentran limos y/o arenas de origen volcánico principalmente conformados por arenas de grano fino, altamente compactadas. A pesar de que el componente predominante de los suelos analizados son arenas de grano fino, estas son de una buena calidad, presentan uniformidad y son muy estables, adicionalmente, en la mayoría de las muestras, la humedad natural se encuentra por debajo del límite plástico, con lo que el comportamiento del suelo se espera sea muy estable.

5.1.10.2.2.3.4 Ensayos de cloruros, sulfatos y sulfuros

De cada uno de los apiques se tomó una muestra a un metro de profundidad con el fin de determinar la composición del suelo en cuanto al comportamiento de contenido de cloruros, sulfatos y sulfuros, los resultados de presentan en la Tabla 5.1-108 y los ensayos se presentan en el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO - Anexo 4 Ensayos de cloruros, Sulfatos y sulfuros A

Tabla 5.1-108 Resultados ensayos de contenido de cloruros, sulfatos y sulfuros

		MUESTRA							
PARÁMETRO	UNIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8
CLORUROS	mg/Kg Cl ⁻	50,0	49,8	60,0	64,9	29,9	105,1	85,1	70,1
SULFATOS	mg/Kg SO ₄	28,1	8,3	7,4	17,0	7,4	14,6	15,1	17,6
SULFUROS	mg/Kg S	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0

		MUESTRA							
PARÁMETRO	UNIDAD	9	10	11	12	13	14	15	16
CLORUROS	mg/Kg Cl ⁻	119,9	60,1	60,1	55,1	30,0	45,0	79,7	55,1
SULFATOS	mg/Kg SO ₄	38,2	15,6	19,0	26,7	23,3	25,3	16,0	20,0
SULFUROS	mg/Kg S	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0

		MUESTRA							
PARÁMETRO	UNIDAD	17	18	19	20	21	22	23	24
CLORUROS	mg/Kg Cl ⁻	20,0	50,0	45,0		29,9	34,9	20,0	25,1
SULFATOS	mg/Kg SO ₄	24,3	15,1	22,4		8,3	12,7	31,1	<5,0
SULFUROS	mg/Kg S	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0	<40,0

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Los cloruros se han convertido en un aspecto importante para analizar en los suelos, principalmente cuando los suelos estarán en contacto con estructuras de concreto reforzado o con estructuras de acero. Se debe revisar principalmente la afectación a los aceros por la participación activa del cloro en el ataque a estas estructuras. Para suelos con ion Cloro superior a 0.2 %, es decir Cl⁻ > 2000 mg/Kg, se deberán tomar medidas especiales de protección de las estructuras que contengan acero, debido a la probabilidad de que se presente corrosión.

De acuerdo con los resultados de laboratorio el mayor valor encontrado de ion Cloruro corresponde a una concentración de 120 mg/Kg de Cl⁻, en consecuencia, no se prevé ninguna afectación de posible corrosión a las estructuras metálicas. Para las estructuras

de concreto en contacto con los suelos es importante determinar la cantidad de iones de sulfato presentes en los suelos, debido a que el sulfato ataca principalmente al cemento, reduciendo considerablemente la resistencia del hormigón y provocando un aumento de volumen que se traduce en fisuración del mismo y la consecuente degradación de las estructuras de hormigón. En la Tabla 5.1-109 se presenta la clasificación de la agresividad química del ion Sulfato en suelos.

Tabla 5.1-109 Clasificación de la agresividad del ion sulfatos en suelos

Medio	Parámetro	Tipo de exposición		
	Ion sulfato	Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
Suelo	Mg SO ₄ /Kg	2.000-3.000	3.000-12.000	Mayor a 12.000

Fuente: EHE, 2008

La máxima cantidad de sulfatos encontrados fue de 38,2 Mg SO₄/Kg, cantidad que se encuentra muy por debajo de la que pueda causar algún tipo de ataque a las estructuras de hormigón. El ensayo de sulfuros consiste en determinar la cantidad de iones de azufre presentes en el suelo, estos iones se producen por la oxidación de azufre. En cuanto a la presencia de sulfuros, los valores encontrados fueron muy bajos, por lo tanto, se estima que no hay afectación a tener en cuenta por la presencia de sulfuros en los suelos.

5.1.10.2.2.3.5 Otros ensayos realizados

Con el propósito de complementar la información geotécnica del suelo se realizó el ensayo de Contenido de materia orgánica. No se encontró contenido de material orgánico en ninguno de los ensayos realizados.

En todos los casos, el contenido de materia orgánica arrojó como resultado cero (0%). Con lo cual no hay ninguna probabilidad de afectación por una posible descomposición de material orgánica.

5.1.10.2.2.3.6 Penetrómetro dinámico de Cono (PDC)

Con el fin de complementar la información de los apiques, se realizó el ensayo de penetración con cono dinámico, con este ensayo lo que se pretende es complementar la información de clasificación de suelos, con una respuesta real del suelo a una aplicación de cargas. Mediante el ensayo de penetración se pueden emplear algunas correlaciones, con el fin de obtener un acercamiento con el valor del CBR que representa la capacidad del suelo a resistir cargas, o viéndolo desde otro punto de vista es la resistencia del suelo a ser penetrado por un pistón al que se le aplica una carga (Figura 5.1-196).

AUTOR	CORRELACIÓN	OBSERVACIONES
Kleyn y Van Heerden	$CBR = 428,5 (PDC)^{-1,28}$	
TRL Overseas Road	$CBR = 302 (PDC)^{-1,057}$	
Cuerpo de Ingenieros (USA)	$CBR = 292 (PDC)^{-1,12}$	No aplica a suelos CL con $CBR < 10$, ni a suelos CH
	$CBR = 58,8 (PDC)^{-2,0}$	Aplica a suelos CL con $CBR < 10$
	$CBR = 348,3 (PDC)^{-1,0}$	Aplica a suelos CH
MOPT Colombia (1992)	$CBR = 567,0 (PDC)^{-1,40}$	
XIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA	$CBR = 249 (PDC)^{-1,1284}$	

PDC corresponde al Número Dinámico (mm/golpe)

Figura 5.1-196 Correlaciones para determinar el CBR

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Las anteriores correlaciones son aceptadas a nivel nacional. Para el presente estudio adoptamos las del Cuerpo de ingeniero de USA, la primera expresión que se adapta de forma más precisa al tipo de suelos encontrados en el terreno. En la siguiente figura, se resume los valores de CBR estimados, según el cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (Figura 5.1-197).

CONO DINÁMICO	SUPERFICIAL		DE 1 A 2 METROS		DE 2 A 3 METROS	
	mm/golpe	CBR %	mm/golpe	CBR %	mm/golpe	CBR %
APIQUE 1	18,2	9,4	14,0	12,7	6,3	31,3
APIQUE 2	16,3	10,7	7,0	27,7	4,4	46,8
APIQUE 3	3,4	62,0	4,0	52,1	2,0	113,9
APIQUE 4	8,0	23,8	3,8	56,0	5,3	37,7
APIQUE 5	12,9	14,0	5,0	40,5	3,0	72,1
APIQUE 6	8,0	23,8	10,0	18,5	2,7	80,7
APIQUE 7	14,7	12,0	7,3	26,6	4,0	52,1
APIQUE 8	3,0	72,1	2,5	88,5	1,5	157,6
APIQUE 9	21,8	7,7	26,0	6,3	7,3	26,3
APIQUE 10	2,0	113,9	2,2	102,3	1,9	117,7
APIQUE 11	1,9	120,7	1,3	189,3	1,4	170,3
APIQUE 12	2,3	97,3	3,8	54,6	2,0	111,8
APIQUE 13	7,2	27,0	1,8	128,3	2,1	107,8
APIQUE 14	14,2	12,4	3,4	62,6	0,9	135,0
APIQUE 15	5,0	40,5	3,8	55,6	2,2	100,0
APIQUE 16	7,8	24,5	2,3	99,7	1,8	132,4
APIQUE 17	2,0	113,9	2,0	111,4	2,0	113,9
APIQUE 18	1,4	173,8	3,2	67,0	4,2	49,0
APIQUE 19	1,6	146,5	1,6	144,0	9,6	19,4
APIQUE 20	1,9	120,7	1,6	149,5	2,4	92,7
APIQUE 21	3,4	63,3	2,4	92,7	2,6	85,6
APIQUE 22	2,5	89,9	1,6	151,9	1,4	170,3
APIQUE 23	2,2	102,3	2,0	111,1	1,9	120,7
APIQUE 24	4,6	45,0	2,0	115,1	2,3	98,9

Figura 5.1-197 Resumen de los valores de CBR, según las correlaciones obtenidas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En general el CBR obtenido es muy bueno para el tipo de material que conforma la subrasante. Todos los ensayos excepto tres, obtuvieron valores superiores al 10%. El ensayo de penetración se realizó en tres etapas, con el fin de obtener resultados a profundidades mayores. El resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de PDC se presenta en el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO - Geotecnia - Anexo 3 - Ensayo de Cono. En la siguiente figura, se presentan los resultados

de CBR a partir del ensayo in-situ con el penetrómetro dinámico de cono (PDC) (Figura 5.1-198).

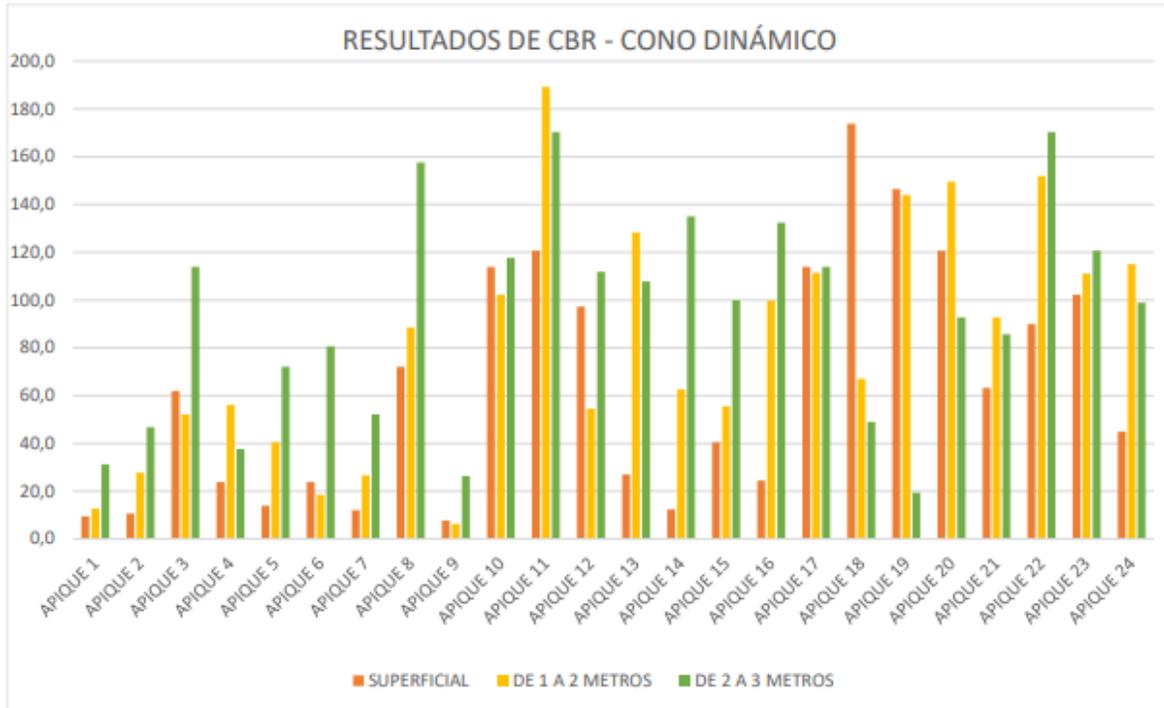


Figura 5.1-198 Resultados del CBR a partir del ensayo con PDC

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

De lo anterior, se evidencia un buen comportamiento del suelo, en cuanto a la resistencia a ser penetrado, los valores del CBR obtenidos son superiores al 10%, excepto en el apique # 1 el primer metro, y el apique 9 hasta los dos metros de profundidad. En la mayoría de los apiques se presentó rechazo, esto se debe principalmente al alto contenido de gravas y cantos en la matriz de los suelos.

5.1.10.2.2.4 Análisis y resultados

- En general los suelos que componen el terreno estudiado presentan un comportamiento muy uniforme, sin sobresaltos que implique diferencias notorias, hasta la profundidad estudiada de dos (2) metros.
- Los suelos están compuestos en su mayoría por arenas, las cuales clasificaron como SC es decir Arenas de baja plasticidad, con un gran contenido de gravas, con índices de plasticidad típicos se encuentran entre el 9% y el 12%, sin embargo, muchos de los ensayos arrojaron como resultado, materiales no plásticos (N.P.), el valor más alto de Índice de plasticidad fue del 18%, por lo que los materiales que no son NP clasifican entre baja y media plasticidad. El Límite Líquido se encontró por debajo del 50%. Encontrándose, solamente un punto por encima, que corresponde al apique 14 con valor de límite líquido de 51% Con los datos anteriores se presume un buen comportamiento desde el punto de vista de ingeniería.
- La humedad natural es relativamente baja, en la mayoría de los casos se encuentra por debajo del límite plástico, el valor más alto de humedad se encontró en el apique 6, con un 33.5% de humedad, superando el Límite Plástico en un 8.5%, Posiblemente se trate de humedad por percolación del agua empleada en el cultivo de arroz.
- La gradación en general está conformada por materiales principalmente arenosos, con porcentajes que pasan el tamiz # 200 generalmente por debajo del 50%, con un alto contenido de gravas, es decir se trata gravas en matriz areno-limosa de grano fino y grano medio.
- El CBR obtenido de los resultados de penetración con cono dinámico, reflejan un buen comportamiento del suelo para las prácticas de la ingeniería. El buen comportamiento de los suelos se evidencia en los altos valores de CBR. Esto se debe principalmente al origen de los suelos, en su gran mayoría, son suelos volcánicos, conformados por arenas de grano fino y grano medio altamente densificadas, con un alto contenido de gravas y cantos.
- No se encontró materia orgánica en ninguno de las muestras ensayadas. • No se encontró nivel freático en ninguno de los apiques realizados.

- Los valores del ion Cloruro en los suelos es muy bajo para ser tenido en cuenta para las estructuras de concreto reforzado o estructuras de acero en contacto con los suelos. Los sulfatos encontrados como Azufre Disponible son muy bajos y no presentan afectación a las estructuras que se construyan sobre estos suelos.
 - No se detectó presencia de sulfuros en los suelos que puedan afectar las condiciones de diseño del proyecto.

5.1.10.2.2.5 Conclusiones y recomendaciones

- Para el proyecto que se pretende implementar se considera un suelo apto desde el punto de vista de la geotecnia. En caso de que se requieran obras adicionales como vías de acceso, es aconsejable emplear materiales granulares tipo afirmado o recebo, previo el retiro de la capa superficial del suelo, para conformar la capa de rodamiento de vehículos.
- La colocación de las estructuras de soporte de los paneles solares se puede realizar mediante el hincado directo de la tubería, sin embargo, es necesario tener en cuenta que los suelos presentan una densificación muy alta.
- Desde el primer metro del suelo se presenta una buena resistencia a la penetración con el cono dinámico, por lo que es posible que se pueda hacer una cimentación superficial de hincado, entre uno y dos metros de profundidad, como máximo. • No se espera que haya ataque de corrosión a la tubería por efectos de la humedad o variaciones del nivel freático teniendo en cuenta que no hay presencia de nivel freático y que la humedad natural es relativamente baja.
- En general los ensayos realizados a los suelos predicen un buen comportamiento para las condiciones de implantación del proyecto.
- Antes de la construcción se recomienda realizar pruebas de hincado con el equipo que se pretende emplear en la construcción y hacer ensayos de extracción de los soportes hincados en el suelo, con el propósito de verificar la profundidad requerida para el hincado de los soportes.

- Teniendo en cuenta que no hay presencia de Sulfuros en los suelos y que el ion cloro es muy bajo, se puede realizar la cimentación de las estructuras de los paneles, hincando directamente la tubería en el suelo. Esto teniendo en cuenta que la corrosión de los metales debido a la presencia de cloruros y sulfuros será muy baja.
- Las estructuras en concreto se podrán cimentar directamente sobre los suelos. Debido a la baja presencia de agentes que puedan atacar dichas estructuras.

En el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO - Geotecnia - 202105_Geotecnia V1 ABR 2021, puede ser consultado en mayor detalle la información geotécnica del proyecto.

En este sentido es importante aclarar que la OPERADORA RAYO ENERGÍA COLOMBIA S.A.S. (NIT 901.270.422-0) constituyó recientemente la OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (NIT 901.512.352-3) para el trámite de la licencia y los permisos ambientales aplicables al Proyecto Fotovoltaico Shangri-La. Se presenta esta aclaración porque algunos estudios y trámites iniciales del Proyecto fueron realizados a nombre de OPERADORA RAYO ENERGÍA COLOMBIA S.A.S. (NIT 901.270.422-0), aunque la presente solicitud de licencia ambiental se realice puntualmente a nombre de OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. (Nit 901.512.352-3) como futuro beneficiario de este instrumento de manejo ambiental.

5.1.11 Atmósfera

5.1.11.1.1 Identificación de fuentes de emisiones atmosféricas

En cumplimiento de lo requerido en el numeral 5.1.9.1 de los TdR – 015 acogidos mediante Resolución 1670 del 15 de Agosto de 2017, para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de uso de energía solar fotovoltaica se procedió a identificar las fuentes de emisión existentes para el componente atmosférico en el AI definida para el proyecto tal como se ilustra a continuación en la Tabla 5.1-110 y de la Figura 5.1-199 a la Figura 5.1-202:

Tabla 5.1-110. Descripción de las fuentes de emisiones atmosféricas

Estación	Fuentes de emisión identificadas
Estación 1: E1	<p>Estación ubicada en una vivienda sobre una placa y una sección de andamios, a los alrededores se encuentra las siguientes fuentes de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vía secundaria sin pavimentar de bajo flujo vehicular • Avícola

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	
<p>Vía Secundaria Norte: 4777107 Oeste: 2047234</p>	<p>Avícola Norte: 4777110 Oeste: 2047268</p>



Figura 5.1-199. Descripción de las fuentes de emisión Estación 2

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Estación	Fuentes de emisión identificadas
Estación 2: E2	<p>Estación ubicada en la Hacienda El Escobal sobre una sección de andamios, a los alrededores se encuentran las siguientes fuentes de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vía secundaria de acceso a la Hacienda de bajo flujo vehicular • Chimenea doméstica del casino de la hacienda

REGISTRO FOTOGRÁFICO



<p>Chimenea doméstica Norte: 4777194 Oeste: 2044858</p>	<p>Vía Secundaria Norte: 4777248 Oeste: 2044761</p>
	

Figura 5.1-200. Descripción de las fuentes de emisión Estación 2

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Estación	Fuentes de emisión identificadas
<p>Estación 3: E3</p>	<p>Estación ubicada en el colegio Los Trinitarios del municipio La Picalaña sobre una terraza y una sección de andamios, las fuentes cercanas al punto son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vía avenida La Picalaña con alto flujo vehicular. • Chimenea doméstica
REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	



Figura 5.1-201. Descripción de las fuentes de emisión Estación 3

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Estación	Fuentes de emisión identificadas
Estación 4: E4	<p>Estación ubicada en la Hacienda La Borbona sobre un terreno de capa vegetal, las fuentes cercanas al punto son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vía interna sin pavimentar Hacienda La Borbona • Zona de abastecimiento de combustible • Vía terciaria sin pavimentar • Zona de mantenimiento
REGISTRO FOTOGRÁFICO	

	
<p><i>Vía interna sin pavimentar</i> <i>Norte: 2037531 Este: 4770391</i></p>	<p><i>Zona de abastecimiento de combustible</i> <i>Norte: 2037567 Este: 4770408</i></p>
	
<p><i>Vía terciaria sin pavimentar</i> <i>Norte: 2037665 Este: 4770376</i></p>	<p><i>Zona de mantenimiento</i> <i>Norte: 2037532 Este: 4770391</i></p>

Figura 5.1-202. Descripción de las fuentes de emisión Estación 4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.11.1.2 Aforos vehiculares

El aforo vehicular describe la cantidad y tipos de vehículos que transitaron en los puntos de medición durante la captura de datos. La Tabla 5.1-111 muestra los resultados del aforo vehicular llevado a cabo en los puntos de monitoreo del proyecto.

Tabla 5.1-111 **Aforos vehiculares Estudio de ruido ambiental**

Código	Nombre de los Puntos de Medición	Ordinario						Dominical						Total Vehículos	
		Diurno			Nocturno			Diurno			Nocturno				
		M	L	P	M	L	P	M	L	P	M	L	P		
RA-1	Vereda Estación Doima	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	5
RA-2	Hacienda el Escobal	5	0	0	4	0	0	2	0	0	2	0	0	13	
RA-3	Hacienda Opía	4	2	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	10	
Total Vehículos		12	2	0	4	0	0	7	1	0	2	0	0	28	

*M: Motos

*L: Vehículos livianos

*P: Vehículos pesados

Fuente: Estudio de ruido ambiental línea base – SIAM/2021

5.1.11.1.3 Información meteorológica

El análisis de la tendencia de los principales parámetros meteorológicos es indispensable en los procesos de diseño y operación de plantas de energía fotovoltaicas, con base en estos se puede estimar el rendimiento en este tipo de proyectos.

Los parámetros meteorológicos analizados evalúan la tendencia de las siguientes variables: Temperatura, Presión Atmosférica, Precipitación, Humedad Relativa, Dirección y Velocidad del viento, Radiación Solar y Nubosidad, las cuales se consideran de suma importancia en proyectos de energía fotovoltaica. La tendencia a lo largo del año en variables como la temperatura, radiación solar y nubosidad son la base para determinar la factibilidad del funcionamiento de las plantas fotovoltaicas.

La información meteorológica para modelación se obtuvo mediante simulación atmosférica de última generación WRF (Weather Research and Forecasting) para el año 2020, WRF es un modelo numérico de sexta generación, de meso-escala no hidrostático, construido para ser aplicado tanto en pronóstico operativo de tiempo, como también para la investigación de los fenómenos meteorológicos.

A continuación, se presenta un análisis del set de datos de la meteorología simulada del área de estudio para un periodo de 5 años, entre la vigencia 2015 a 2020, todas las variables meteorológicas analizadas.

Temperatura

La temperatura es uno de los principales parámetros meteorológicos a considerar al momento de definir el área de implementación de una planta de energía fotovoltaica, relacionándose directamente con el rendimiento de las placas de los paneles dependiendo del rango diario de temperatura en el lugar y claro, de las características de los paneles.

La Graficas de Temperatura presenta el promedio mensual de temperatura, representando los percentiles 25/75 mediante sombreados oscuros, así como el perfil horario (Tabla 5.1-112). Los meses con mayores registros de temperatura ambiente del año en la zona corresponden a febrero, agosto y septiembre, sin embargo, hay una clara tendencia bimodal que se presenta durante los dos semestres del año, con incrementos de temperatura el primer trimestre y descensos marcados durante el segundo trimestre. Este comportamiento se repite igualmente en el segundo periodo del año.

Ahora bien, el perfil horario de temperatura registra una tendencia normal, con los mayores registros durante el medio día y horas posteriores (+5), presentando promedios de 30°C y superiores durante al menos cuatro horas en este periodo, registrando el mayor promedio durante las 15:00 horas, sin embargo, el mayor valor instantáneo se presentó a las 13:00 horas, con un registro de 37.4°C.

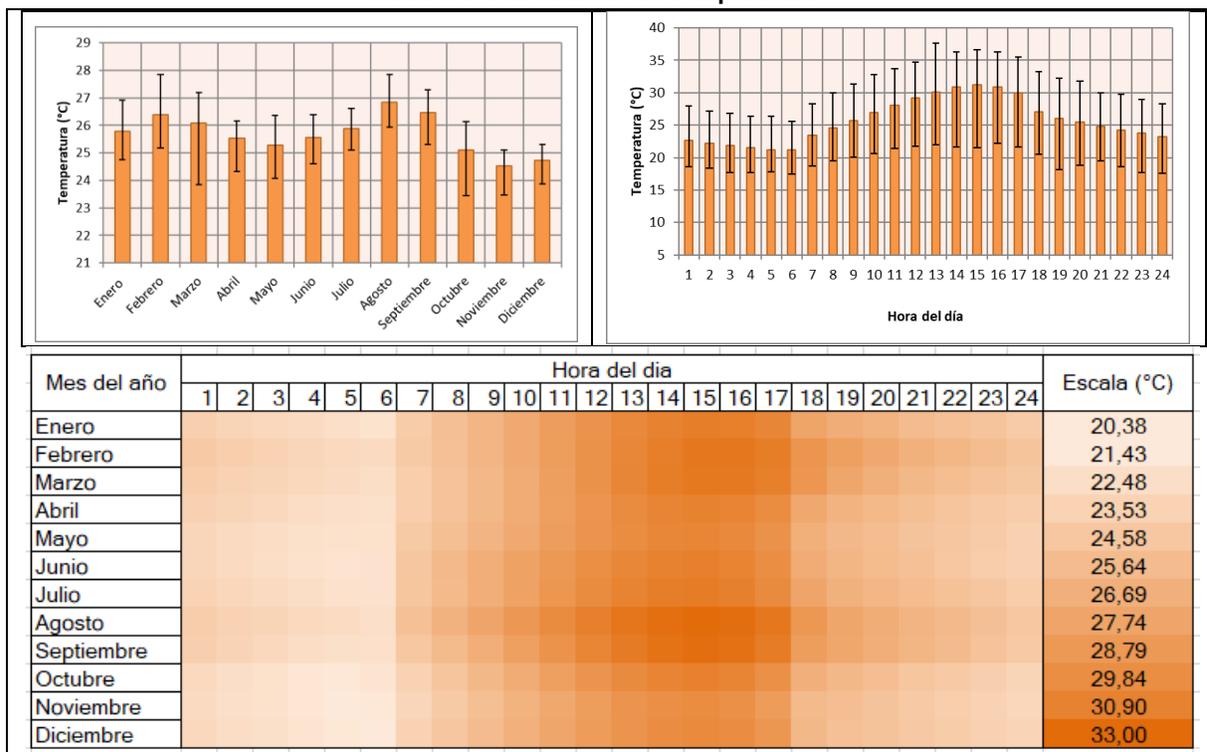
Es importante notar que los promedios de temperatura a lo largo de las 24 horas del día jamás descienden a menos de 20°C, siendo esto una condición ideal para mantener en lo posible, la concentración de calor en las placas a lo largo de la jornada.

La Tabla 5.1-112 presenta el mapa de calor de la temperatura, en este se integran las dos graficas anteriores, lo cual no permite evidenciar varias tendencias comportamentales de temperatura en la zona, primero, tenemos la concentración los mayores registros a partir de las 12:00 y hasta las 17:00 horas del día durante todos los meses del año, segundo, notamos que los incrementos de la temperatura ambiente a partir de las 7:00 horas, con valores superiores a 22.48°C según la escala usada para este

ejercicio, tercero, nos conforma la tendencia bimodal que existe en la zona distribuida en los dos semestres del año y haciéndose más notoria durante el segundo semestre debido al incremento en los promedios durante los meses de febrero, marzo y agosto septiembre.

Resumidamente tenemos que la temperatura promedio anual en la zona es de 25.68 °C con máximos y mínimos mensuales de 26.84 °C y 24.54 °C respectivamente y máximos y mínimos horarios de 38.2°C y 17.45 °C, respectivamente.

Tabla 5.1-112 Graficas de Temperatura



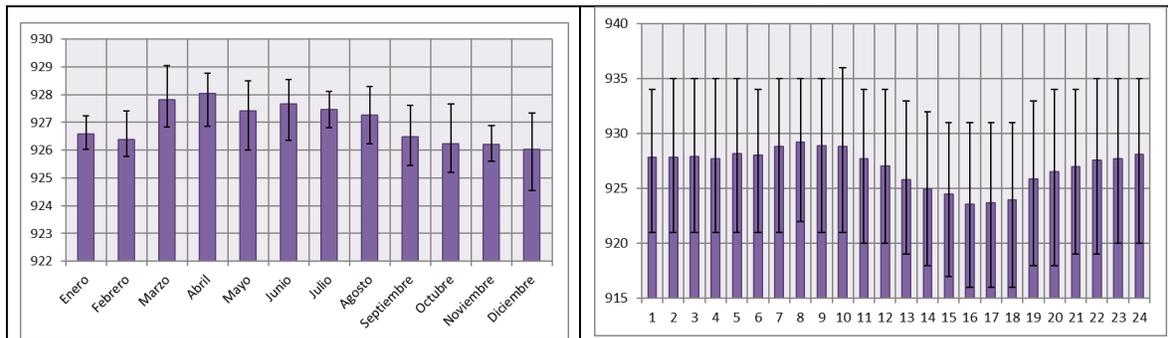
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Presión atmosférica

La presión atmosférica no es un parámetro que influya directamente en la generación de energía solar, sin embargo, es un parámetro que tiene relación directa con otras variables meteorológicas que crean escenarios favorables o desfavorables para la operación de este tipo de proyectos. La presión atmosférica en la zona no registra variaciones significativas, manteniendo promedios mensuales en el rango de 926 y 928mbar. Las mayores variaciones en la presión atmosférica del lugar se registraron a partir del mes de marzo y hasta agosto donde se normalizaron nuevamente los promedios

En cuanto a los promedios horarios, la Tabla 5.1-113 presenta los valores de la presión representados en el perfil diario los cuales registran disminución en sus promedios sobre las horas de la tarde, llegando a su menor valor sobre las 14:00 y 15:00 horas del día, con valores de aproximadamente 990mbar. En general los promedios horarios de presión atmosférica registrar una gran estabilidad en la zona con variaciones en las horas de mayor radiación de entre 4 a 5 mbar. Por su parte los bigotes de las gráficas sugieren una distribución normal, sin valores atípicos.

Tabla 5.1-113 Presión atmosférica (mbar)



Mes del año	Hora del día																								Escala (mbar)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Enero	[Heatmap data]																								922,39
Febrero	[Heatmap data]																								923,05
Marzo	[Heatmap data]																								923,71
Abril	[Heatmap data]																								924,38
Mayo	[Heatmap data]																								925,04
Junio	[Heatmap data]																								925,70
Julio	[Heatmap data]																								926,37
Agosto	[Heatmap data]																								927,03
Septiembre	[Heatmap data]																								927,69
Octubre	[Heatmap data]																								928,36
Noviembre	[Heatmap data]																								929,02
Diciembre	[Heatmap data]																								930,35

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Finalmente, como se presenta en la figura anterior los valores de la presión representados en el perfil diario registran disminución en sus promedios sobre a medida que avanza el día, llegando a sus valores más bajos sobre las 16:00 y 17:00 horas del día, con valores de aproximadamente 923 mbar. En cuanto a la tendencia anual de este parámetro se aprecian los mayores registros sobre los meses marzo y abril, situados entre las 7:00 y 9:00 horas, con incrementos marcados también en horario nocturno. Por su parte los últimos meses del año registran valores de presión menos cambiantes, con mayor estabilidad y homogeneidad en los datos a lo largo de las 24 horas del día.

Precipitación

Este parámetro cumple un papel fundamental en la regulación de la temperatura ambiente y otras actividades de interés en plantas de energía fotovoltaicas, tales como el lavado de celdas debido al contacto directo con los paneles y la decantación del material particulado suspendido.

La Tabla 5.1-114 presenta la precipitación acumulada mensual y el perfil horario predicho por el modelo WRF, en esta se observa como la zona presenta un comportamiento bimodal registrando las mayores precipitaciones sobre los meses de marzo- abril y octubre noviembre llegando a sobrepasar este ultimo los 200mm de H₂O. Teniendo en cuenta la relación que hay entre la temperatura y este parámetro, sería interesante evaluar la relación que puede haber entre la eficiencia de las placas solares y la influencia

de las precipitaciones en la zona, teniendo en cuenta las características específicas de la planta.

Tabla 5.1-114 Precipitación acumulada



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

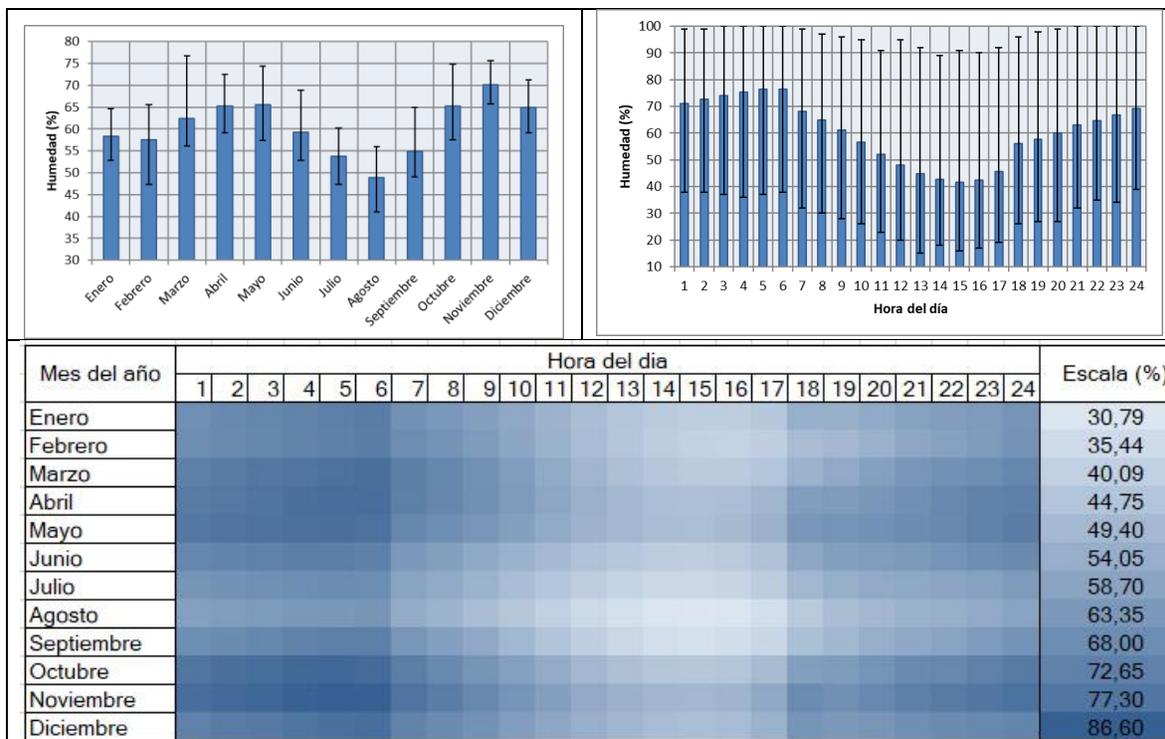
Como se aprecia en la distribución presentada en la figura anterior la mayor cantidad de agua durante los meses de mayor precipitación se registraron durante las horas de la noche, lo cual se considera una situación ideal para para la optimización de este tipo de proyectos ya que este tipo de eventos traen consigo condiciones como el incremento en la nubosidad y por ende una disminución en los niveles de radiación, lo que repercute directamente en la captura de energía. Es por esto que el hecho que las precipitaciones en la zona sean mayormente en horario nocturno es una condición a favor de la operación de la planta.

Humedad relativa

La humedad relativa presenta concordancia teórica, una relación inversamente proporcional a la temperatura, registrando los menores promedios durante las horas de mayor temperatura y viceversa. Así mismo los mayores porcentajes de humedad se dan durante el horario nocturno, siendo de esta forma uno de los parámetros con una tendencia claramente definida. Los cambios en este parámetro se dan de forma gradual y no abrupta.

Los valores promedio mensuales de humedad relativa en la no superan el 70%, la relación entre este parámetro y la potencia de los paneles no es clara, sin embargo, estudios realizados evidencian una pequeña correlación entre estas dos variables cuando la humedad se encuentra sobre el 70% (Tabla 5.1-115).

Tabla 5.1-115 Humedad relativa



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

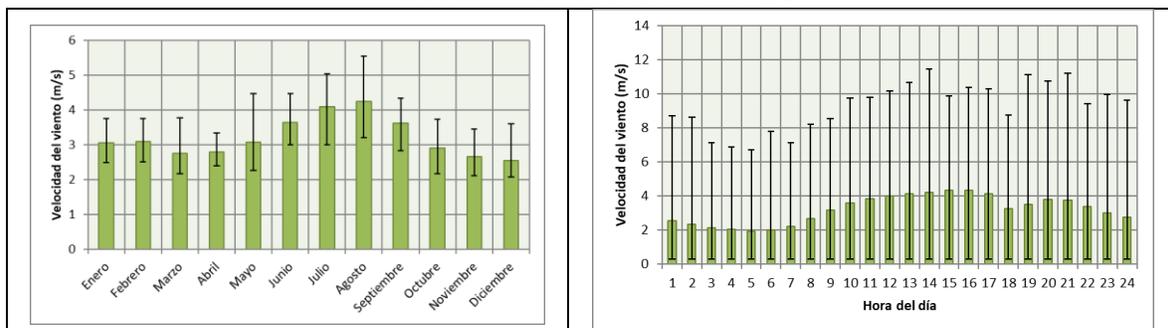
En cuanto la distribución de este parámetro podemos apreciar los mayores porcentajes de humedad distribuidos entre los meses de marzo, abril, mayo octubre y noviembre, situados sobre las primeras y últimas horas del día.

Velocidad y dirección del Viento

El comportamiento de los vientos en la zona se registró bastante estable, con valores bien definidos tanto en velocidad como es dirección. Los valores promedio mensuales presentan los meses de junio hasta agosto como el periodo del año con mayores velocidades diarias, estos valores se concentran entre las 10:00 y 17:00 horas, con algunas variaciones menores sobre las primeras horas de la noche. En cuando a los periodos de calma, estos se concentran sobre las primeras horas del día (3:00 a 6:00) en donde los vientos registran valores de menos de 1.3 m/s.

De forma general, la velocidad del viento media en la zona es de 3.21 m/s, el máximo valor medio mensual es de 4.25 m/s, los mayores valores de velocidad media del viento se presentan al medio día que pueden llegar hasta los 4.33 m/s con ráfagas de más de 11 m/s (Tabla 5.1-116).

Tabla 5.1-116 Velocidad de vientos



Mes del año	Hora del día																								Escala (m/s)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Enero	[Heatmap data]																								1,35
Febrero	[Heatmap data]																								1,73
Marzo	[Heatmap data]																								2,11
Abril	[Heatmap data]																								2,50
Mayo	[Heatmap data]																								2,88
Junio	[Heatmap data]																								3,26
Julio	[Heatmap data]																								3,64
Agosto	[Heatmap data]																								4,03
Septiembre	[Heatmap data]																								4,41
Octubre	[Heatmap data]																								4,79
Noviembre	[Heatmap data]																								5,17
Diciembre	[Heatmap data]																								5,94

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Para la clasificación de los vientos en la zona, la Tabla 5.1-117 presenta la escala de Beaufort, con rangos en los cuales fueron clasificados los vientos. En general según esta escala la zona se caracteriza por Brisa Leve.

Tabla 5.1-117 Escala de velocidad del viento de Beaufort

Denominación	Velocidad de viento (m/s)	Condiciones en tierra
Calma	0-0.45	El humo asciende verticalmente
Ventolina	0.45-1.34	El humo indica la dirección del viento
Brisa suave	1.34-3.13	Se caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos
Brisa Leve	3.13-5.36	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
Brisa Moderada	5.36-8.49	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
Brisa Fresca	8.49-10.73	Los Árboles pequeños se balancean.

Fuente: (NOOA, 2015)

Finalmente, para la distribución de los vientos y sus frecuencias son presentadas en la Figura 5.1-203 mediante la rosa de viento promedio para la zona de estudio y la Figura 5.1-204 muestra las rosas diurna y nocturna.

La rosa de vientos total para la zona presenta vientos predominantes de origen SSW, con tres variaciones importantes en dirección Sur, NNE y NE. La mayor componente de registra vientos localizados en el rango de entre 1.5 y 10.8 m/s, con las mayores frecuencias en el rango de 3.3 – 5.4 m/s en todas las variaciones de la rosa.

Ibagué y Piedras (Tolima)

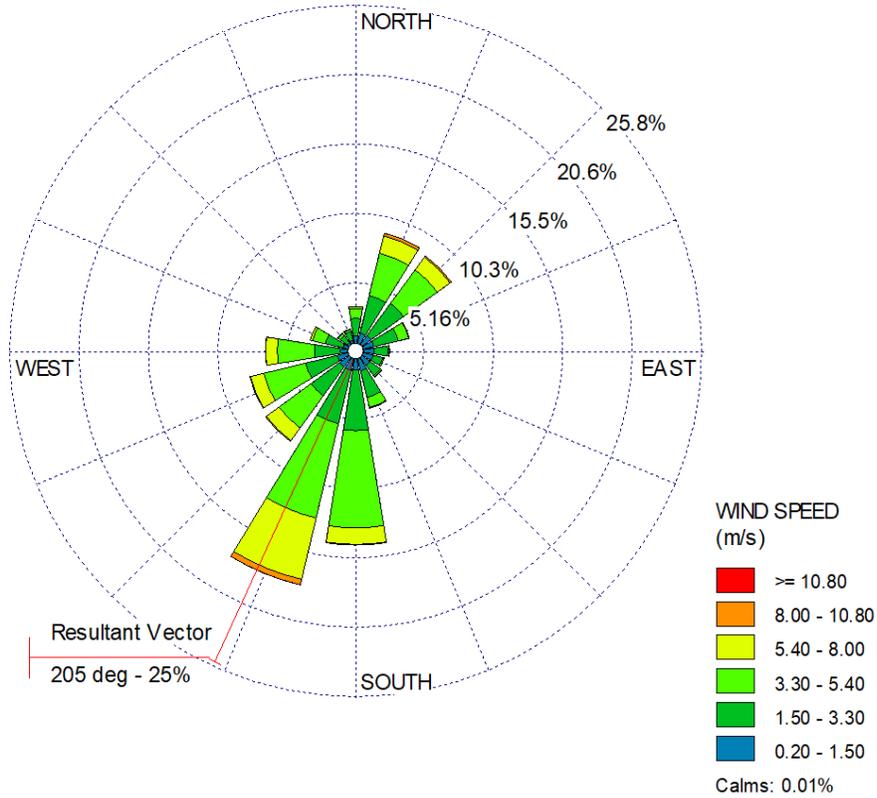


Figura 5.1-203 Rosa de vientos anual
Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

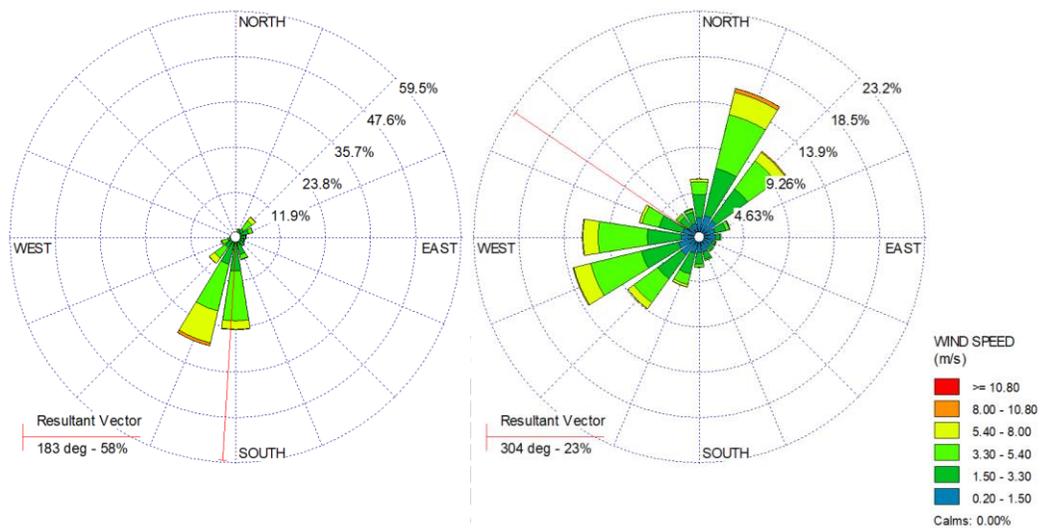


Figura 5.1-204 Rosa de vientos diurna (izquierda) y nocturna (derecha)
Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

En cuanto a las rosas diurna y nocturna, la Figura 5.1-204 presenta componentes muy definidos en horario diurno, coincidiendo en parte con la tendencia total, por su parte la rosa nocturna registra muchas variaciones situando las mayores frecuencias en los cuadrantes 1 y 4, con direcciones NNE, NE, WSW y W. Las demás variaciones en la rosa son componentes menores que individualmente son despreciables.

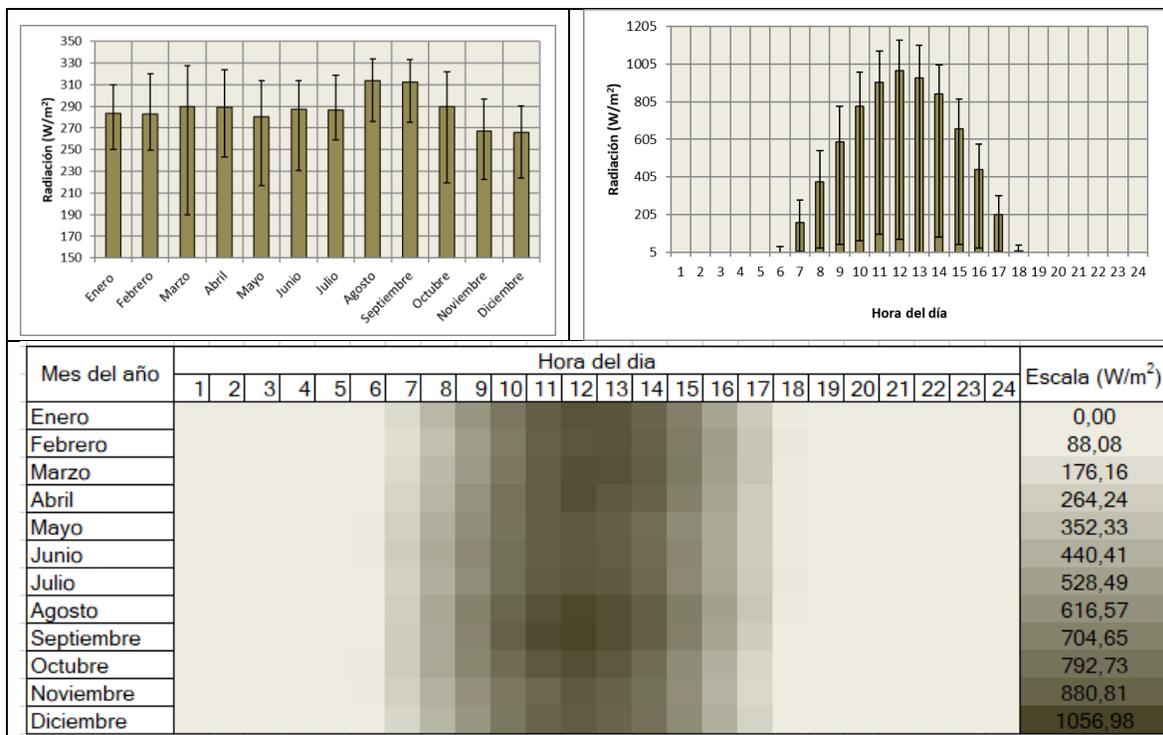
Radiación solar

La radiación solar es quizá el parámetro meteorológico más relevante, siendo esta a su vez el principal recurso a transformar en energía, debido a esto se debe maximizar el aprovechamiento del tiempo de radiación. Los sectores donde las horas de radiación son máximas, se consideran en general como zonas ideales para la instalación de plantas de energía fotovoltaica, sin embargo, este tipo de plantas son factibles de instalar incluso donde la radiación es mínima, utilizando otro tipo de herramienta para su captura y conversión.

En este sector, los resultados obtenidos en los análisis meteorológicos (Tabla 5.1-118), presentan los meses de agosto y septiembre con los mayores niveles de radiación solar durante el año, presentando niveles promedios de 310 (w/m²), esto es coherente con el comportamiento mensual de la temperatura, donde los promedios más altos se presentaron también en dichos meses.

Por otra parte, en los promedios multi-horarios de radiación, se puede observar cómo los niveles empiezan a aumentar desde las 06:00 hasta llegar a promedios máximos de aproximadamente 1000 w/m² a las 12:00, hora a la cual empieza a disminuir hasta desaparecer totalmente a las 18:00. Entonces, como se indicó anteriormente, este periodo de entre las 6:00 y las 18:00 horas debe ser aprovechado al máximo por el sistema de paneles a instalar ya que durante es te este periodo es donde se realizará la mayora captura energética

Tabla 5.1-118 Radiación



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

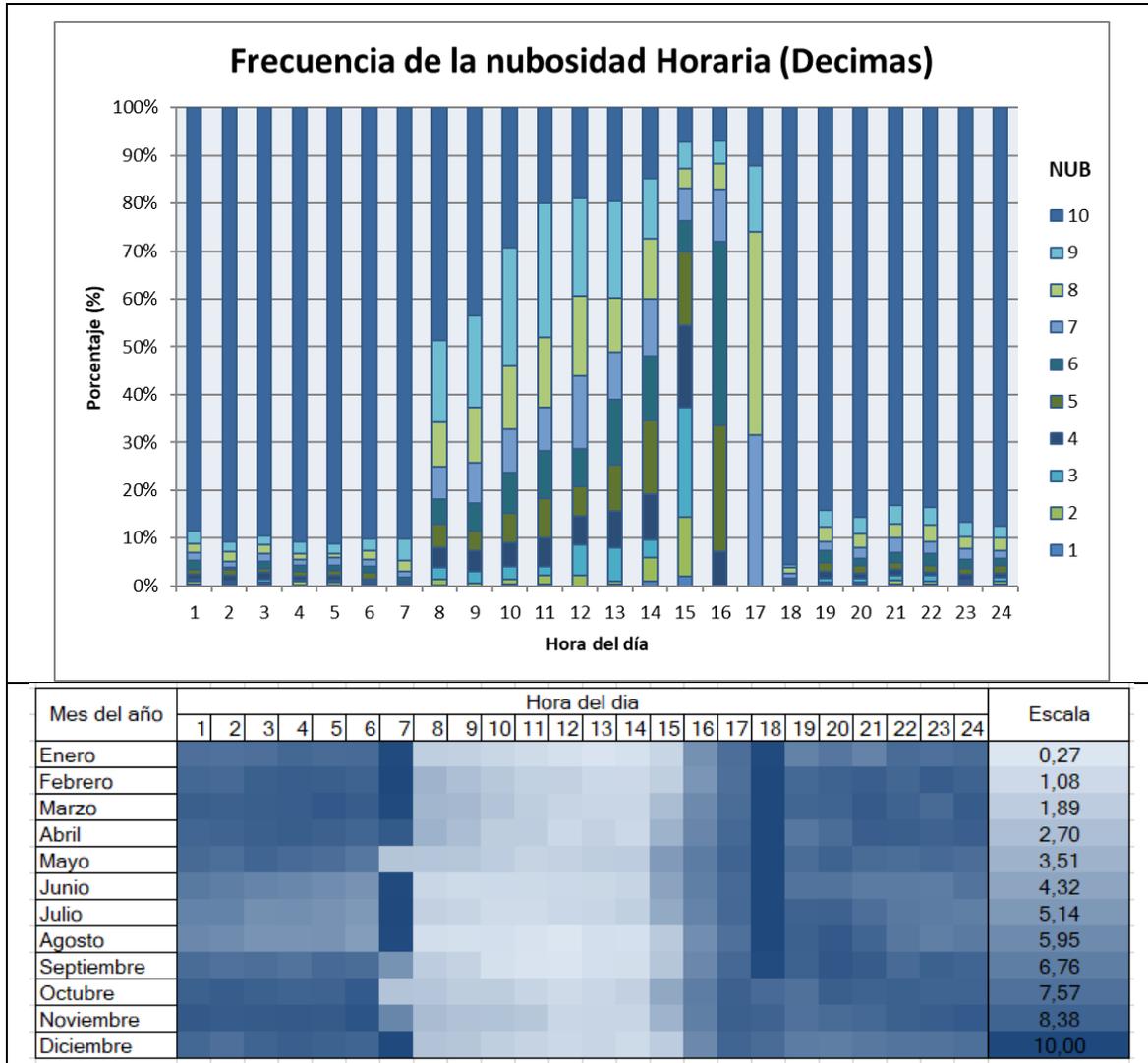
En cuanto a la distribución de la radiación en la zona, la figura anterior nos muestra que, a lo largo del año, la radiación es bastante homogénea en la zona, sobresaliendo un poco durante el primer trimestre del año y sobre los meses de agosto y septiembre.

Nubosidad

La nubosidad por su parte es un parámetro meteorológico que disminuye los valores de radiación y con ello el aporte energético natural. La nubosidad puede ser medida en octas o en decimas de cobertura en el cielo en números enteros. Para nuestro caso utilizaremos las décimas. La Tabla 5.1-119 presenta la frecuencia en que en una determinada hora se presenta un determinado valor de nubosidad en la escala del 1 al 10, siendo 1 el cielo totalmente despejado y 10 el cielo totalmente cubierto; el cielo en la zona esta generalmente nublado en la noche, presentándose menores niveles de nubosidad durante la mañana lo cual concuerda con la predicción de la precipitación. Como se puede apreciar en la siguiente figura la nubosidad en la zona alcanza las 10

décimas en horario nocturno. Igualmente es clara la concentración de la radiación en el periodo de entre las 8:00 y 17:00 horas.

Tabla 5.1-119 Nubosidad frecuencia horaria



Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

De igual forma podemos apreciar que las horas de radiación máxima concuerdan con los periodos donde la nubosidad es menor, creando un escenario ideal para la operación de la planta de energía fotovoltaica. Sin embargo, es importante dimensionar de manera correcta las características de la planta solar, ya que las condiciones de nubosidad son

variables y este periodo de ocho horas de radiación puedan ser aprovechados al máximo en la zona.

5.1.11.1.4 Monitoreo calidad del aire

Para conocer la calidad del aire en el área de influencia del proyecto previo emplazamiento del mismo, se realizó un monitoreo de los contaminantes criterio que corresponde a material Particulado inhalable expresado como PM_{10} , (ANEXO D.1)

Al respecto es importante resaltar que para la definición de los contaminantes criterio objeto de medición se tuvo en cuenta lo establecido en los TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA EN PROYECTOS DE USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA TdR-015, el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire y la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales.

En tal sentido y de acuerdo con las actividades del proyecto, descritas en el capítulo 3 del Estudio de Impacto Ambiental, el principal contaminante a generar es Material Particulado producto de las actividades de remoción de material vegetal, movimiento de tierra, sitios de acopio, cargue de material y tránsito de volquetas por vías destapadas, siendo estas de índole temporal (solo etapa de construcción, en operación no se tienen fuentes de emisión representativas y tampoco se requiere permiso de emisiones), en tal sentido y teniendo en cuenta que las vías de tránsito vehicular doméstico más cercanas al proyecto se encuentran vientos abajo del mismo, las cuales no presentan un flujo vehicular relevante tal como se describe en el ítem de identificación de fuentes de emisiones atmosféricas, sumado a que las vías principales y asentamientos humanos, se encuentran a una distancia aproximada de 4 kilómetros del proyecto, se procedió a instalar una estación meteorológica portátil tipo 1 y tres estaciones de calidad del aire, una estación de fondo, una estación vientos arriba y una estación vientos abajo, monitoreando el contaminante criterio PM_{10} .

Dichos puntos fueron definidos en relación con la rosa de vientos de la zona, la definición del área de influencia preliminar del proyecto y lo establecido en la Resolución 2154 de 2010 "Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones", el cual acoge entre otros aspectos, el Manual de Diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire, el cual incorpora los lineamientos a tener en cuenta para llevar a cabo el diseño y la operación de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire en el país.

Se realizaron dos (2) campañas de medición indicativas así:

- Del 8 de abril al 12 de mayo del 2021 – Época de lluvias
- Del 30 de junio al 17 de julio del 2021 – Época seca

La firma que ejecutó los monitoreos se encuentra acreditada ante el IDEAM para la matriz aire mediante la Resolución No. 1742 del 30 de julio de 2018 y Resolución de extensión 195 del 9 de marzo del 2021.

En las mediciones se utilizaron los métodos de muestreo y de cálculo recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (U.S. EPA) y avalados en la Normativa Legal Vigente Colombiana, así como los documentos técnicos de referencia dados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT (actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible - MADS) mediante el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado por la Resolución 2154 de 2010. *(ver capítulo 2 Metodología).*

Los puntos definidos fueron los siguientes (Tabla 5.1-120 y Tabla 5.1-121):

**Tabla 5.1-120. Fecha y coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire
1ra Campaña de monitoreo**

Estación	Fecha		Coordenadas Geográficas (GCS_WGS_1984)		Coordenadas Origen Nacional (MAGNA_Colombia_CTM12)	
	Inicial	Final	Norte	Oeste	Norte	Este
Estación 1: E1	2021-06-30	2021-06-17	4°25'30.2"	75°00'32.5"	2047268	4777142
Estación 2: E2	2021-06-30	2021-06-17	4°24'09.2"	75°04'20.2"	2044798	4770125
Estación 3: E3	2021-06-30	2021-06-17	4°24'02.7"	75°08'42.3"	2044621	4762045

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

**Tabla 5.1-121. Fecha y coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire
2da Campaña de monitoreo**

Estación	Fecha		Coordenadas Geográficas (GCS_WGS_1984)		Coordenadas Origen Nacional (MAGNA_Colombia_CTM12)	
	Inicial	Final	Norte	Oeste	Norte	Este
Estación 1: E1	2021-06-30	2021-06-17	4°25'30.2"	75°00'32.5"	2047268	4777142
Estación 2: E2	2021-06-30	2021-06-17	4°24'09.2"	75°04'20.2"	2044798	4770125
Estación 3: E3	2021-06-30	2021-06-17	4°24'02.7"	75°08'42.3"	2044621	4762045
Estación 4: E4	2021-06-30	2021-06-17	4°20'12.8"	75°04'12.8"	2037537	4770356

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

Nota: La estación de monitoreo No. 4 solo hizo parte del monitoreo en temporada seca correspondiente a la segunda y última campaña de monitoreo de calidad del aire realizada, a través de la cual se buscó una mayor representatividad en el marco de la caracterización del área de influencia para el componente de calidad del aire.

Las estaciones de monitoreo se equiparon con las siguientes unidades de monitoreo, las cuales se presentan a continuación en la Tabla 5.1-122:

Tabla 5.1-122 Equipos empleados en el monitoreo de calidad de aire

Equipo	Fotografía	Número de Serie	Fecha de calibración (C) Verificación (V) Llenado (LI) Expiración (E)
Equipo PM ₁₀ con controlador de flujo volumétrico (VFC) Environmental Tisch TE-6070		E1: E-CAM-PM ₁₀ -08	2021-04-07 (V)
		E2: E-CAM-PM ₁₀ -06	2021-04-07 (V)
		E3: E-CAM-PM ₁₀ -18	2021-04-07 (V)
Calibrador tipo Variflow		E-CAM-CAL-03 SERIAL/MODELO: 2403	2020-07-27 al 2021-07-27 (C)
Estación Meteorológica Davis Vantage Pro II		E-CAM-MET-01	2020-05-14 (V)

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

Resultados

MATERIAL PARTICULADO INHALABLE PM10

En la siguiente grafica se presentan los datos diarios de PM₁₀ obtenidos en cada una de las estaciones y su comparación frente a los valores establecidos en la normatividad, Resolución 2254/2017 del MADS, para exposición diaria (75 µg/m³).

Primera campaña de monitoreo – temporada húmeda

En la Figura 5.1-205 se presentan los datos diarios de PM₁₀ obtenidos en cada una de las estaciones y su comparación frente a los valores establecidos en la normatividad, Resolución 2254/2017 del MADS, para exposición diaria (75 µg/m³).

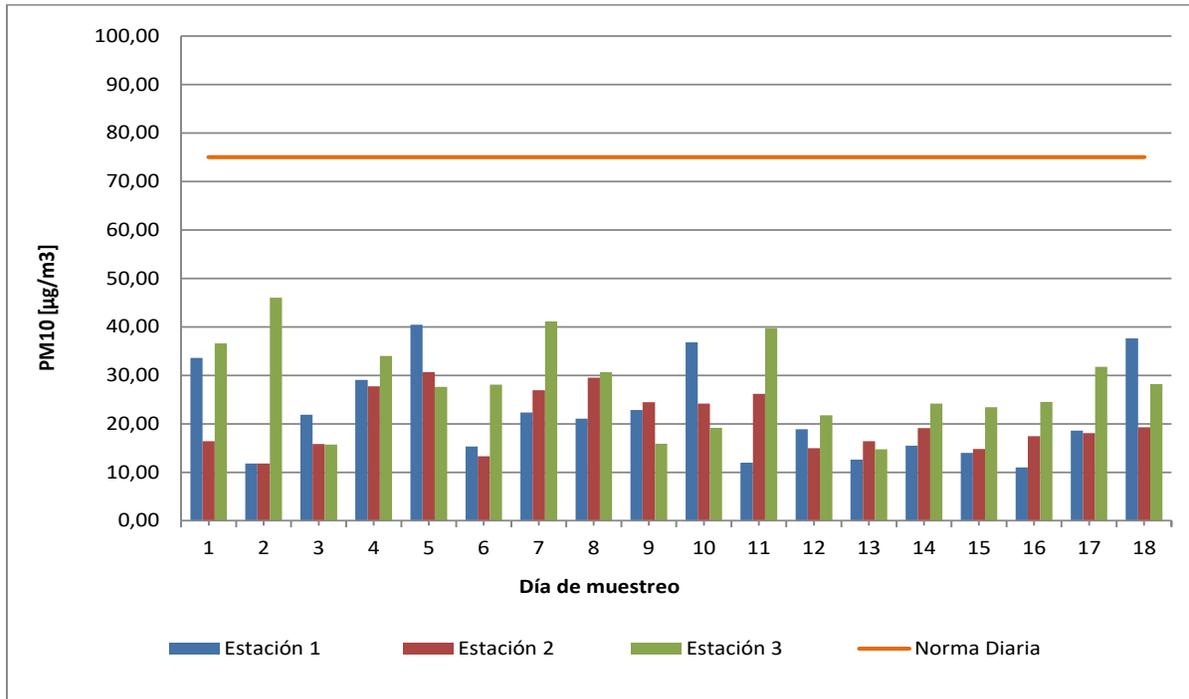


Figura 5.1-205 Datos de calidad del aire para PM₁₀. – Temporada húmeda

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

En la Figura 5.1-206 se presenta el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de PM₁₀ para las tres estaciones, comparado de forma indicativa; es decir, una proyección a nivel estadístico con la norma de exposición anual según se indica en el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad de Aire en la sección 9.3.2.12.



Figura 5.1-206. Diagrama de caja para PM₁₀

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

La Figura 5.1-206 presenta las medidas de tendencia central de los datos de PM₁₀ de las tres estaciones en conjunto y su variabilidad con respecto al grupo de datos (mediana). El valor máximo presentado en el estudio fue 46,03 µg/m³ en la estación 3 y el valor mínimo fue de 11,03 µg/m³ en la estación 1, al comparar de forma indicativa los valores de concentración promedio de PM₁₀ se evidencia que no se presentaron valores superiores a la norma anual respectiva dada por la Resolución MADS 2254 de 2017.

Cabe resaltar que el máximo presentado en la estación 3 no supera la norma anual de 50 µg/m³ y la distribución estadística de los datos muestra que más del 75% de los datos se encuentran por debajo de 33,45 µg/m³.

Segunda campaña de monitoreo – temporada seca

En la Figura 5.1-207 se presenta el diagrama de cajas y bigotes para la concentración de PM₁₀, comparado de forma indicativa; es decir, una proyección a nivel estadístico con la norma de exposición anual según se indica en el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad de Aire en la sección 9.3.2.12.

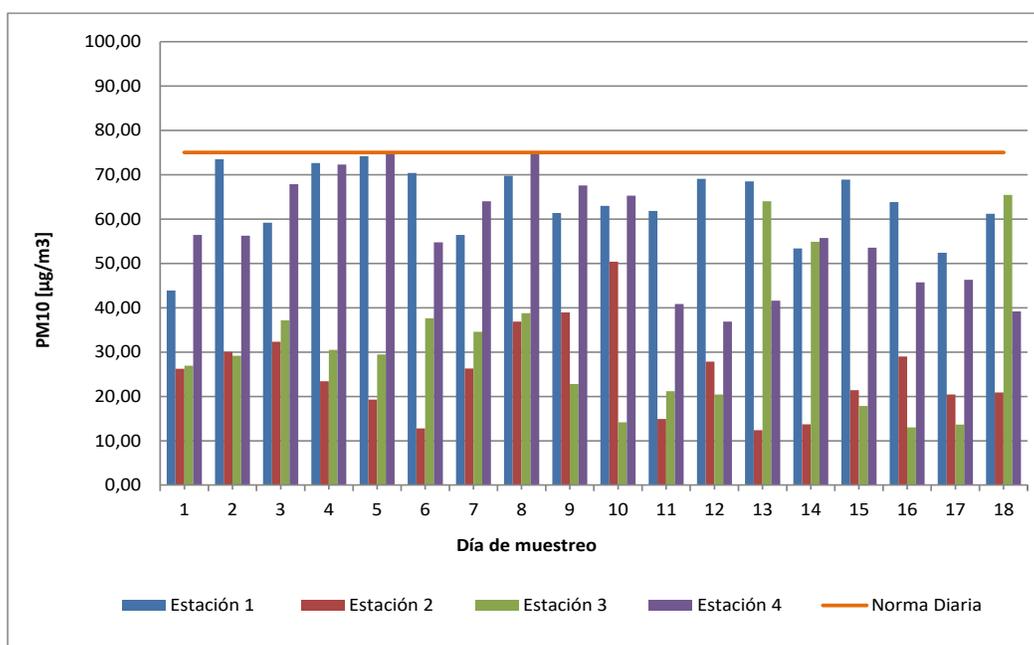


Figura 5.1-207 Datos de calidad del aire para PM₁₀.

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

La Figura 5.1-208 presenta las medidas de tendencia central de los datos de PM₁₀ de las cuatro estaciones en conjunto y su variabilidad con respecto al grupo de datos (mediana). El valor máximo presentado en el estudio fue 74,98 µg/m³ en la estación 4 y el valor mínimo fue de 12,40 µg/m³ en la estación 2. El 75% de los datos más altos se concentraron en la Estación 1 y 4. **De igual manera se resalta que las concentraciones reportadas corresponden a monitoreos indicativos y no permanentes los 365 días, por lo que para la evaluación del cumplimiento normativo los valores reportados se**

comparan con las concentraciones máximas permisibles para periodos de exposición de 24 horas, ante lo cual se puede concluir el cumplimiento normativo.

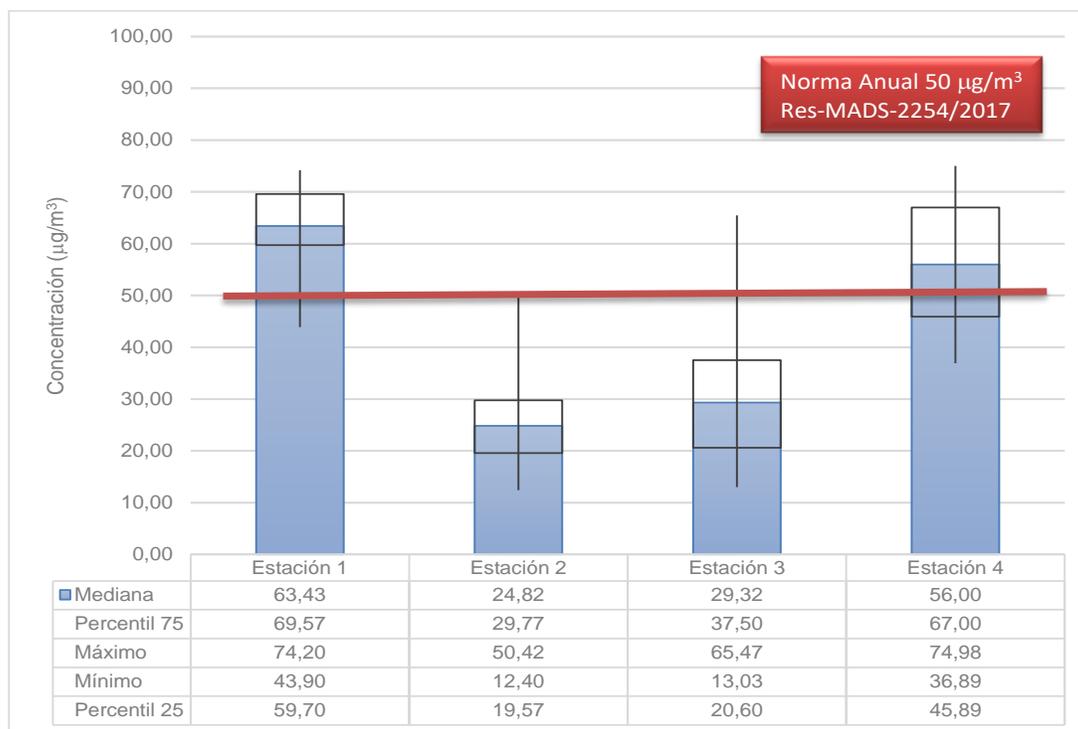


Figura 5.1-208. Diagrama de caja para PM₁₀

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

Primera campaña de monitoreo – temporada húmeda

De acuerdo con las concentraciones obtenidas en la campaña de monitoreo – temporada húmeda, por cada parámetro y por cada estación, se calculan los índices de calidad del aire, que permiten establecer cómo se encuentra el área de influencia, con respecto a la normatividad actual vigente llevadas a las condiciones atmosféricas de referencia.

En la Tabla 5.1-123 , se caracterizan los ICA de cada parámetro y se selecciona el mayor valor ICA que pueda generar una mayor incidencia en los grupos sensibles y población influenciada.

Tabla 5.1-123 Índices de Calidad del Aire

Fecha	PM ₁₀		
	ICA - E1	ICA -E2	ICA -E3
2021-04-08	31,12	15,19	33,86
2021-04-10	10,94	10,92	42,62
2021-04-12	20,26	14,68	14,54
2021-04-14	26,91	25,69	31,49
2021-04-16	37,43	28,40	25,60
2021-04-18	14,20	12,32	26,02
2021-04-20	20,69	24,92	38,06
2021-04-22	19,48	27,34	28,40
2021-04-24	21,18	22,65	14,73
2021-04-26	34,11	22,36	17,75
2021-04-28	11,08	24,23	36,82
2021-04-30	17,46	13,86	20,13
2021-05-02	11,66	15,17	13,63
2021-05-04	14,32	17,67	22,39
2021-05-06	12,97	13,70	21,72
2021-05-08	10,22	16,18	22,70
2021-05-10	17,20	16,75	29,41
2021-05-12	34,85	17,85	26,09

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

En la Figura 5.1-209 se representan los ICA mediante escala de colores:

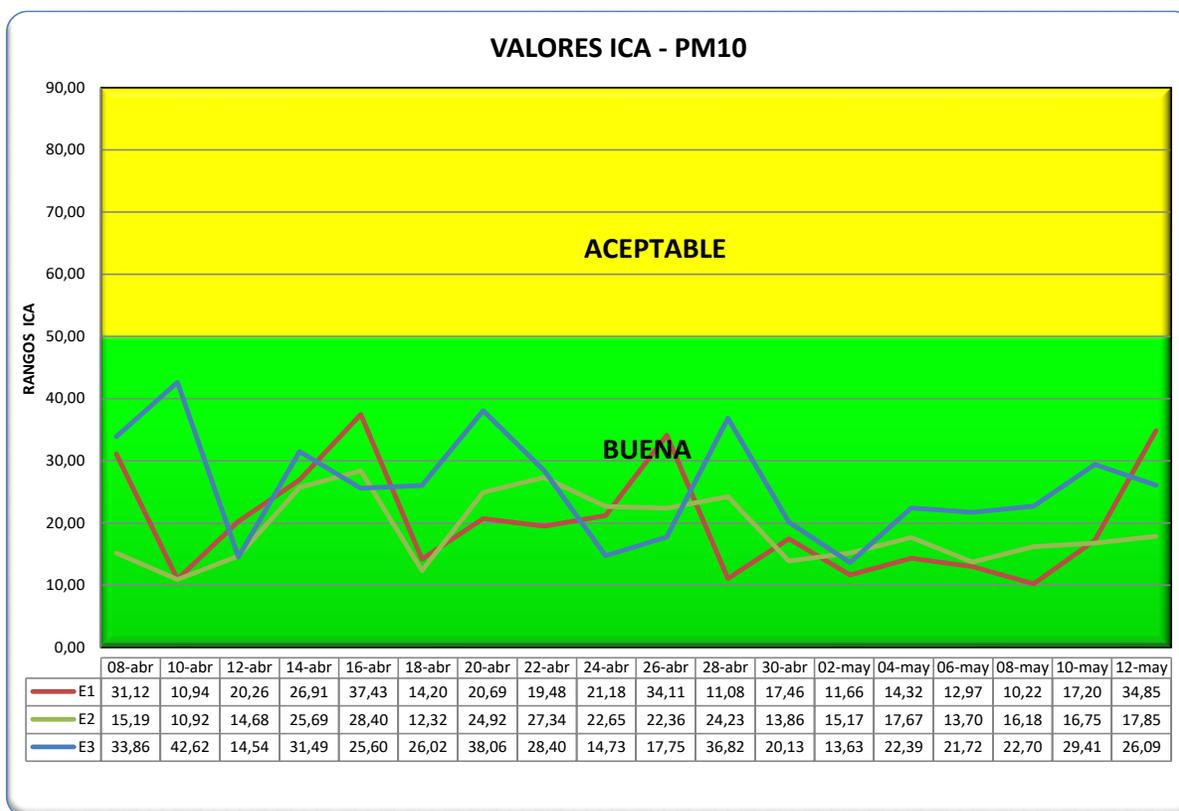


Figura 5.1-209. Índices de Calidad del Aire area de influencia

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

Segunda campaña de monitoreo – temporada seca

De acuerdo con las concentraciones obtenidas en la presente campaña de monitoreo por cada parámetro y por cada estación, se calculan los índices de calidad del aire, que permiten establecer cómo se encuentra el área de influencia, con respecto a la normatividad actual vigente llevadas a las condiciones atmosféricas de referencia.

En la Tabla 5.1-124, se caracterizan los ICA de cada parámetro y se selecciona el mayor valor ICA que pueda generar una mayor incidencia en los grupos sensibles y población influenciada.

Tabla 5.1-124 Índices de Calidad del Aire

Fecha	PM ₁₀			
	ICA - E1	ICA -E2	ICA -E3	ICA -E4
2021-06-30	40,65	24,29	24,91	51,70
2021-07-01	60,16	27,80	27,02	51,63
2021-07-02	53,08	29,95	34,41	57,36
2021-07-03	59,73	21,67	28,26	59,55
2021-07-04	60,50	17,86	27,27	60,89
2021-07-05	58,61	11,85	34,82	50,88
2021-07-06	51,71	24,37	32,03	55,46
2021-07-07	58,29	34,12	35,90	60,86
2021-07-08	54,14	36,07	21,10	57,23
2021-07-09	54,96	46,68	13,12	56,07
2021-07-10	54,39	13,79	19,60	37,82
2021-07-11	57,96	25,77	18,90	34,16
2021-07-12	57,67	11,48	55,47	38,51
2021-07-13	49,43	12,69	50,94	51,36
2021-07-14	57,88	19,81	16,52	49,56
2021-07-15	55,38	26,85	12,06	42,35
2021-07-16	48,54	18,91	12,65	42,90
2021-07-17	54,07	19,33	56,18	36,27

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

En la Figura 5.1-210 se representan los ICA mediante escala de colores:

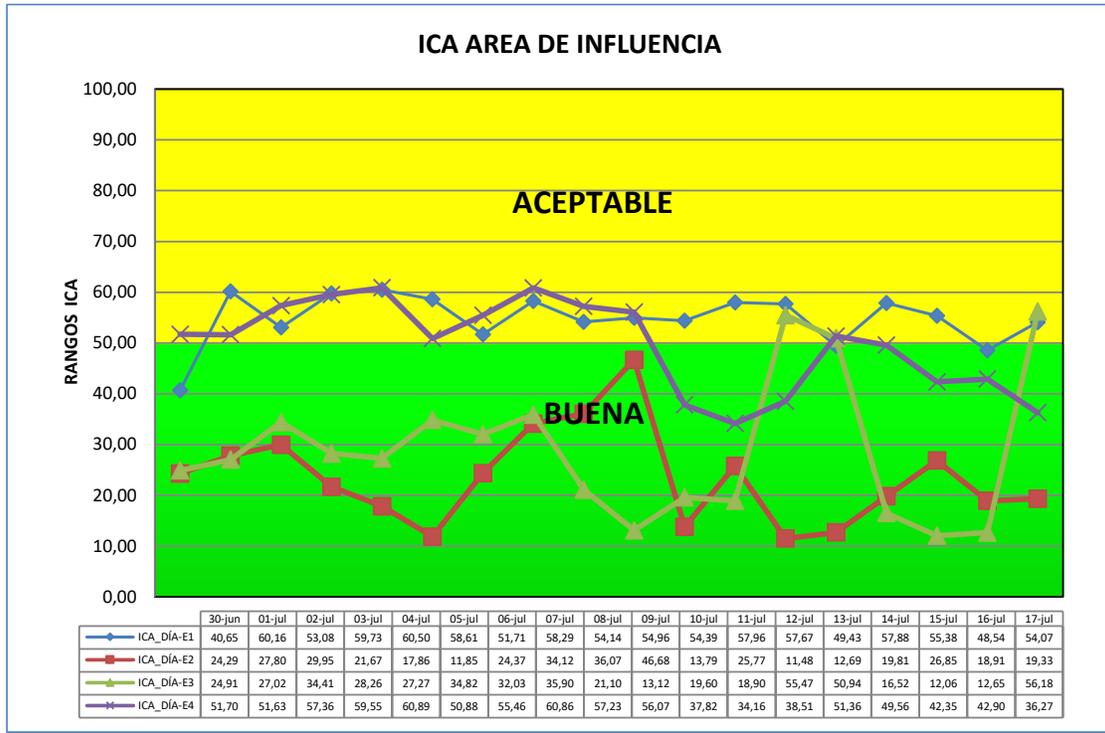


Figura 5.1-210. Índices de Calidad del Aire area de influencia

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021.

Las concentraciones reportadas son la base fundamental para el cálculo de los índices de Calidad del Aire, de modo que el comportamiento presentado en los resultados analíticos de los niveles de PM_{10} es equivalente a los representados por los ICA.

El Índice de Calidad del Aire - ICA para el parámetro PM_{10} reporta las siguientes condiciones:

- Temporada Húmeda: El 100% de las ocasiones se reporta un nivel de concentración BUENA.
- Temporada Seca: El 59,73% de las ocasiones se reporta un nivel de concentración BUENA y el 40,27% de las ocasiones un nivel de concentración ACEPTABLE.

De acuerdo con lo anterior para los valores de ICA reportados, la contaminación atmosférica para temporada húmeda supone un riesgo bajo para la salud de las personas y para temporada seca supone un riesgo moderado para la salud de las personas atribuido principalmente a la cercanía de las estaciones de monitoreo a vías de alto flujo vehicular y sin pavimentar, las cuales al día de hoy no cuentan con actividades de humectación.

5.1.12 Ruido

Con el fin de conocer las características del clima sonoro pre existente en el área de influencia del proyecto, se realizaron dos campañas de monitoreo de ruido ambiental así:

1. En la primera campaña se ubicaron estratégicamente cinco (5) puntos de monitoreo de ruido ambiental, para dos (2) de los cuales se realizaron registros de niveles de presión sonora corregidos LRAeq por 24 horas continuas a fin de tener representatividad de las zonas de la ciudad de Ibagué más cercanas al proyecto objeto de evaluación, teniendo en cuenta la cercanía a fuentes de emisión de ruido representativas y potenciales receptores. (ANEXO D.1)
2. En la segunda campaña se ubicaron estratégicamente seis (6) puntos de monitoreo de ruido ambiental, para dos (2) de los cuales se realizaron registros de niveles de presión sonora corregidos LRAeq por 24 horas continuas a fin de tener representatividad de las zonas de la ciudad de Ibagué más cercanas al proyecto objeto de evaluación, teniendo en cuenta la cercanía a fuentes de emisión de ruido representativas y potenciales receptores. (ANEXO D.1)

El monitoreo fue realizado por SIAM Ingeniería S.A.S., laboratorio acreditado por el IDEAM mediante Resolución 1742 del 30 de julio de 2018 y Resolución de extensión 195

del 9 de marzo del 2021, bajo la norma NTC ISO 17025/2005, ajustado a la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

La ubicación geográfica de los puntos de medición y la información de fechas de realización del estudio de campo se muestran a continuación de la Tabla 5.1-125 a la Tabla 5.1-130:

Tabla 5.1-125. Ubicación geográfica de los puntos de medición 1ra campaña.

Tipo de Medición	Código	Nombre del Punto de Medición	Coordenadas Geográficas WGS-84		Coordenadas Planas Origen Nacional		Altura (msnm)
			NORTE	OESTE	NORTE	ESTE	
Ruido Ambiental	RA-1	Vereda Estación Doima	4°24'21,1"	75°01'06,5"	2045147	4776097	684
	RA-2	Hacienda el Escobal	4°24'08,3"	75°04'16,1"	2044770	4770252	785
	RA-3	Hacienda Opia	4°25'14,2"	75°04'51,1"	2046797	4769178	813
	RA-5	Subestación Mirolindo	4°24'10,7"	75°10'26,9"	2044877	4758821	1031
	RA-6	La Picaleña	4°24'44,3"	75°08'17,9"	2045897	4762801	944

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-126. Ubicación geográfica de los puntos de medición 2da campaña

Tipo de Medición	Código	Nombre del Punto de Medición	Coordenadas Geográficas WGS-84		Coordenadas Planas Origen Nacional		Altura (msnm)
			NORTE	OESTE	NORTE	ESTE	
Ruido Ambiental I	RA-1	Vereda Estación Doima	4°24'21,1"	75°01'06,5"	2045147	4776097	684
	RA-2	Hacienda el Escobal	4°24'08,3"	75°04'16,1"	2044770	4770252	785
	RA-3	Hacienda Opia	4°25'14,2"	75°04'51,1"	2046797	4769178	813
	RA-4	Hacienda la Barbona	4°20'13,37"	75° 4'10,24"	2037555	4770412	721
	RA-5	Subestación Mirolindo	4°24'10,7"	75°10'26,9"	2044877	4758821	1031
	RA-6	La Picaleña	4°24'44,3"	75°08'17,9"	2045897	4762801	944

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Fechas y horarios de medición primera campaña

Tabla 5.1-127 Información general de los puntos de medición - día ordinario jornada diurna y nocturna

Código del Punto de Medición	Fecha de Medición	Horario Diurno Ordinario			Fecha de Medición	Horario Nocturno Ordinario		
		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización
RA-1	2021-04-29	L3289	09:16	10:16	2021-04-29	L3291	21:03	22:03
RA-2	2021-05-13	L3308	14:31	15:31	2021-04-29	L3294	23:07	00:07
RA-3	2021-05-06	L3299	16:24	17:24	2021-05-06	L3300	21:08	22:08
RA-4	2021-05-10	L3306	6:49	18:49	2021-05-10	L3309	19:01	7:01
RA-5	2021-04-19	L3287	7:34	19:34	2021-04-19	L3288	19:48	7:48

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-128 Información general de los puntos de medición - día festivo jornada diurna y nocturna

Código del Punto de Medición	Fecha de Medición	Horario Diurno Dominical			Fecha de Medición	Horario Nocturno Dominical		
		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización
RA-1	2021-05-02	L3292	08:00	09:00	2021-05-02	L3293	21:02	22:02
RA-2	2021-05-02	L3295	06:02	07:02	2021-05-02	L3296	23:27	00:27
RA-3	2021-05-02	L3297	09:32	10:32	2021-05-03	L3298	00:55	01:55
RA-4	2021-05-09	L3301	7:02	19:02	2021-05-09	L3305	19:29	6:12
RA-5	2021-04-18	L3283	6:14	18:14	2021-04-18	L3286	18:16	6:16

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Fechas y horarios de medición segunda campaña

Tabla 5.1-129. Información general de los puntos de medición – día ordinario jornada diurna y nocturna.

Código del Punto de Medición	Fecha de Medición	Horario Diurno Ordinario			Fecha de Medición	Horario Nocturno Ordinario		
		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización
RA-1	2021-07-14	S061	16:48	17:48	2021-07-15	S065	03:51	04:51
RA-2	2021-07-14	S060	14:53	15:53	2021-07-15	S064	01:56	02:56
RA-3	2021-07-14	S059	13:00	14:00	2021-07-14	S063	23:03	00:03

Código del Punto de Medición	Fecha de Medición	Horario Diurno Ordinario			Fecha de Medición	Horario Nocturno Ordinario		
		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización
RA-4	2021-07-14	S058	11:11	12:11	2021-07-14	S062	21:10	22:10
RA-5	2021-07-14	S3447	07:00	19:00	2021-07-14	S3448	19:00	07:00
RA-6	2021-07-14	S3445	06:00	18:01	2021-07-14	S3446	18:47	06:47

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-130. Información general de los puntos de medición – día dominical jornada diurna y nocturna.

Código del Punto de Medición	Fecha de Medición	Horario Diurno Dominical			Fecha de Medición	Horario Nocturno Dominical		
		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización		Código Data	Hora de Inicio	Hora de Finalización
RA-1	2021-07-11	L3439	16:49	17:49	2021-07-12	L3444	03:20	04:20
RA-2	2021-07-11	L3438	14:56	15:56	2021-07-12	L3442	01:48	02:48
RA-3	2021-07-11	L3436	13:13	14:13	2021-07-11	L3441	22:52	23:52
RA-4	2021-07-11	L3434	11:42	12:42	2021-07-11	L3440	21:10	22:10
RA-5	2021-07-18	L3449	07:00	18:30	2021-07-18	L3450	20:00	08:00
RA-6	2021-07-11	S057	06:02	18:02	2021-07-12	S057	18:17	06:17

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

En lo que respecta a la descripción de los puntos de medición se reporta lo siguiente, (Tabla 5.1-131 y Tabla 5.1-132):

Tabla 5.1-131. Descripción de los puntos de medición 1ra campaña

Código	Punto de Medición	Descripción del Punto de Medición
RA-1	Vereda Estación Doima	En el punto se observó: Norte: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte. Sur: Viviendas de la vereda. Este: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte. Oeste: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte.
RA-2	Hacienda el Escobal	En el punto se observó: Norte: Hacienda el Escobal. Sur: Vía de acceso a la hacienda. Este: Bodegas de almacenamiento de insumos Oeste: Zonas con pocos arbustos y pasto de bajo corte
RA-3	Hacienda Opia	En el punto se observó:

Código	Punto de Medición	Descripción del Punto de Medición
		Norte: Pastos de bajo corte Sur: Bodegas de material Este: Casino de hacienda Oeste: Zona de árboles y pastos de bajo corte.
RA-4	Subestación Mirolindo	En el punto se observó: Norte: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte. Sur: Subestación eléctrica. Este: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte. Oeste: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte.
RA-5	La Picalaña	En el punto se observó: Norte: Zonas con pocos arbustos y pasto de bajo corte Sur: Vía destapada Este: Zonas con pocos arbustos y pasto de bajo corte Oeste: Zonas con pocos arbustos y pasto de bajo corte

Fuente SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-132. Descripción de los puntos de medición 2da campaña

Código	Punto de Medición	Descripción del Punto de Medición	Altura de Micrófono
RA-1	Vereda Estación Doima	En el punto se observó: Norte: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte. Sur: Viviendas de la vereda. Este: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte. Oeste: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte.	4m
RA-2	Hacienda el Escobal	En el punto se observó: Norte: Hacienda el Escobal. Sur: Vía de acceso a la hacienda. Este: Bodegas de almacenamiento de insumos Oeste: Zonas con pocos arbustos y pasto de bajo corte	4m
RA-3	Hacienda Opia	En el punto se observó: Norte: Pastos de bajo corte Sur: Bodegas de material Este: Casino de hacienda Oeste: Zona de árboles y pastos de bajo corte.	4m

Código	Punto de Medición	Descripción del Punto de Medición	Altura de Micrófono
RA-4	Hacienda la Barbona	En el punto se observó: Vía terciaria con bajo flujo vehicular, zona de mantenimiento de maquinaria agrícola y lotes de zona verde.	4m
RA-5	Subestación Mirolindo	En el punto se observó: Norte: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte. Sur: Subestación eléctrica. Este: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte. Oeste: Zona de pocos árboles y pastos de bajo corte.	4m
RA-6	La Picaleña	En el punto se observó: Norte: Zonas con pocos arbustos y pasto de bajo corte Sur: Vía destapada Este: Zonas con pocos arbustos y pasto de bajo corte Oeste: Zonas con pocos arbustos y pasto de bajo corte	4m

Fuente SIAM Ingeniería, 2021

Los equipos utilizados en la primera campaña fueron los siguientes (Tabla 5.1-133):

Tabla 5.1-133. Información técnica de los Equipos de campo.

Imagen	Especificaciones		Características
	Tipo	Sonómetro	Modelo Micrófono: Microphone ACO Type 7052E ½ IN. Serial micrófono: 57334 Preamplificador: SVANTEK Type SV18 Serial Preamplificador: 38596 Pantalla: LCD de 5 posiciones Funciones: Reporta SPL, MAX, MIN, Peak, Ln, Leq, Lavg, Sel, TWA, Taktm, Dose, PDOSE, Ldn, CNEL, Exposure Escala de ponderación: A, C, Z, Linear Tiempo de respuesta: Fast, Slow, Impulse Frecuencia: 1KHz Clase 2: 20Hz-8Khz; Filtros: 1/1 octava; 1/3 octava Amplitud: 8 rangos de selección dinámico en 100dB
	Marca	SVANTEK	
	Modelo	SVAN 971	
	Serie	S/N 40237	

Imagen	Especificaciones		Características
	Fechas de Calibración	Periodo de Calibración	Bienal (Cada dos años)
		Fecha de Ultima Calibración	2021-02-12
	Tipo	Calibrador	Diámetro de los micrófonos que se pueden calibrar: 23.77 ± 0.05 mm, 1" 12.7 ± 0.03 mm, 1/2" (con adaptador de 1/2" mod. 9101040) estándar según IEC 61094-1 e IEC 61094-4 -Tiempo estabilización: 60 segundos - HD 9102 frecuencia: 1000Hz ± 4% - HD 9102 nivel de presión sonora: 94dB / 114dB ± 0.5dB (ref. 101.3kPa, 23 ° C ± 3 ° C y 65% RH) - Distorsión total: <0.5% Fuente de alimentación: 9 V
	Marca	DELTA OHM	
	Modelo	HD9102	
	Serie	11025863	
	Fechas de Calibración	Periodo de Calibración	Anual
		Fecha de Ultima Calibración	2021-02-12
	Tipo	GPS	Reporta: navegador Brújula digital electrónica Medición Barométrica en mIB 500 waypoints Rutas: 20 rutas reversibles de hasta 50 waypoints Tracks: Almacena hasta 10 caminos. Funciona de manera automática. Computador de viaje: Velocidad actual, Velocidad media, Tiempo de Salida y Puesta del sol, Velocidad Máxima con puesta a cero, Tiempo de viaje y distancia recorrida.
	Marca	Garmin	
	Modelo	GPS Map 64X	
	Serie	65j007229	

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Los equipos utilizados en la segunda campaña fueron los siguientes (Tabla 5.1-134):

Tabla 5.1-134. Información técnica de los Equipos de campo.

Imagen	Especificaciones		Características
	Tipo	Sonómetro	Pantalla LCD de 5 posiciones Funciones Reporta SPL, MAX, MIN, Peak, Ln, Leq, Lavg, Sel, TWA, Taktm, Dose, PDOSE, Ldn, CNEL, Exposure Escala de ponderación: A, C, Z, Linear Tiempo de respuesta Fast, Slow, Impulse Frecuencia 1KHz Clase 2: 20Hz-8Khz; Filtros: 1/1 octava; 1/3 octava Amplitud 8 rangos de selección dinámico en 100dB Rango dinámico 0 – 140 dB Temperaturas de operación 0 ... +50 °C, < 80 % Hr
	Marca	3M	
	Modelo	SoundPro SE/DL 1 1/1 – 1/3	
	Serie	BJL060021	
	Fechas de Calibración	Periodo de Calibración	
	Fecha de Ultima Calibración	2020-11-12	
	Tipo	Calibrador acústico	Frecuencia y Amplitud: 1000 Hz - 114 dB Exactitud: +/- 0.3dB a 20°C -760 mmHg Distorsión: Less than 1% within temperature and humidity operating ranges. 60 Hz: No measurable effect up to 5 Oersted (1 Oe = 80A/m) 400 Hz: No measurable effect up to 2 Oersted. Especificación: ANSI S1.40-1984 and IEC 942:1988 Class Condiciones de calibración: En Tolerancia (114.0 dB) Ajuste del Instrumento ±1.1% Acoustic (0.1 dB) ±0.012% Hz
	Marca	3M	
	Modelo	AC -300 CALIBRATOR	
	Serie	S/N AC 300001475	
	Fechas de Calibración	Periodo de Calibración	
	Fecha de Ultima Calibración	2020-11-12	
	Tipo	Sonómetro	Modelo Micrófono: Microphone ACO Type 7052E ½ IN. Serial micrófono: 57334
	Marca	SVANTEK	
	Modelo	SVAN 971	

Imagen	Especificaciones		Características
	Serie	40327	<p>Preamplificador: SVANTEK Type SV18 Serial Preamplificador: 38596 Pantalla: LCD de 5 posiciones Funciones: Reporta SPL, MAX, MIN, Peak, Ln, Leq, Lavg, Sel, TWA, Taktm, Dose, PDOSE, Ldn, CNEL, Exposure Escala de ponderación: A, C, Z, Linear Tiempo de respuesta: Fast, Slow, Impulse Frecuencia: 1KHz Clase 2: 20Hz-8Khz; Filtros: 1/1 octava; 1/3 octava Amplitud: 8 rangos de selección dinámico en 100dB</p>
	Fechas de Calibración	Periodo de Calibración	Bienal (Cada dos años)
		Fecha de Ultima Calibración	2021-02-12
	Tipo	Calibrador	<p>Diámetro de los micrófonos que se pueden calibrar: 23.77 ± 0.05 mm, 1" 12.7 ± 0.03 mm, 1/2" (con adaptador de 1/2" mod. 9101040) estándar según IEC 61094-1 e IEC 61094-4</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tiempo estabilización: 60 segundos - HD 9102 frecuencia: 1000Hz ± 4% - HD 9102 nivel de presión sonora: 94dB / 114dB ± 0.5dB (ref. 101.3kPa, 23 ° C ± 3 ° C y 65% RH) - Distorsión total: <0.5% <p>Fuente de alimentación: 9 V</p>
	Marca	DELTA OHM	
	Modelo	HD9102	
	Serie	11025863	
	Fechas de Calibración	Periodo de Calibración	
Fecha de Ultima Calibración		2021-02-12	
	Tipo	GPS	Reporta: navegador Brújula digital electrónica
	Marca	Garmin	
	Modelo	GPS Map 64X	

Imagen	Especificaciones		Características
	Serie	65j007229	Medición Barométrica en mIB 500 waypoints Rutas: 20 rutas reversibles de hasta 50 waypoints Tracks: Almacena hasta 10 caminos. Funciona de manera automática. Computador de viaje: Velocidad actual, Velocidad media, Tiempo de Salida y Puesta del sol, Velocidad Máxima con puesta a cero, Tiempo de viaje y distancia recorrida.

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

De acuerdo con lo anterior y para el caso en específico, se midieron los niveles de presión sonora promedios ponderados A, corregidos por tonalidad e impulsividad (Ver informe de monitoreo de ruido, (Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Atmosférica – Monitoreos - Campaña_1 – Ruido y Campaña_2 – Ruido del EIA, y los anexos de soporte, representados como LRAeq. A continuación, en la Tabla 5.1-135 se presentan los puntos de medición y su clasificación según el sector donde fue ubicado en relación con los estándares máximos permisibles de la Resolución 0627 de 2006 del MADS.

Tabla 5.1-135 Puntos de medición y Clasificación

Código	Sector	Subsector Inmerso	Límite Máximo Permitido (7:01- 21:00)	Límite Máximo Permitido (21:01 - 7:00)
RA-1	Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria	55	45
RA-2				
RA-3				
RA-4				
RA-5				

Los resultados se presentan a continuación de la Tabla 5.1-136 a la Tabla 5.1-147 para las dos temporadas climáticas:

Primera campaña:

Tabla 5.1-136. Comparación niveles de ruido ambiental día ordinario diurno y nocturno con la normatividad

Punto de medición	Sector	L _{RAeq} ⁽¹⁾ Horario Diurno [dB(A)]	Máximo Permitido Diurno [dB(A)]	Estado con Norma	L _{RAeq} ⁽¹⁾ Horario Nocturno [dB(A)]	Máximo Permitido Nocturno [dB(A)]	Estado con Norma
RA-1	D	63,8	55	NO CUMPLE	57,6	45	NO CUMPLE
RA-2	D	62,1	55	NO CUMPLE	65,1	45	NO CUMPLE
RA-3	D	51,3	55	CUMPLE	52,7	45	NO CUMPLE

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-137. Comparación de niveles de ruido ambiental día dominical con la normatividad

Punto de medición	Sector	L _{RAeq} ⁽¹⁾ Horario Diurno [dB(A)]	Máximo Permitido Diurno [dB(A)]	Estado con Norma	L _{RAeq} ⁽¹⁾ Horario Nocturno [dB(A)]	Máximo Permitido Nocturno [dB(A)]	Estado con Norma
RA-1	D	66,2	55	NO CUMPLE	67,5	45	NO CUMPLE
RA-2	D	53,8	55	CUMPLE	53,4	45	NO CUMPLE
RA-3	D	47,7	55	CUMPLE	49,3	45	NO CUMPLE

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-138. Resultados punto RA-4-24 horas ordinario diurno y nocturno

Hora	L _{EQS}	KS	KR	KT	L _{EQI}	LI = L _{EQS} - L _{EQI}	Componente Impulsivo	KI	K	LAREq dB(A)	Lim.Max Permissible	Cumple/NO Cumple
7	54,8	0	0	0	57,5	2,7	nulo	0	0	54,8	55	Cumple
8	53,0	0	0	6	57,5	4,5	neto	3	6	59,0	55	No Cumple
9	50,1	0	0	6	51,6	1,5	nulo	0	6	56,1	55	No Cumple
10	47,3	0	0	6	49,0	1,7	nulo	0	6	53,3	55	Cumple
11	44,3	0	0	6	46,0	1,7	nulo	0	6	50,3	55	Cumple
12	40,7	0	0	6	41,6	0,9	nulo	0	6	46,7	55	Cumple

Ibagué y Piedras (Tolima)

13	39,0	0	0	6	39,9	0,9	nulo	0	6	45,0	55	Cumple
14	50,1	0	0	3	52,4	2,3	nulo	0	3	53,1	55	Cumple
15	41,6	0	0	6	43,7	2,1	nulo	0	6	47,6	55	Cumple
16	39,8	0	0	6	40,8	1,0	nulo	0	6	45,8	55	Cumple
17	44,6	0	0	6	45,5	0,9	nulo	0	6	50,6	55	Cumple
18	49,7	0	0	3	50,8	1,1	nulo	0	3	52,7	55	Cumple
19	58,8	0	0	0	64,9	6,1	fuerte	6	6	64,8	55	No Cumple
20	48,1	0	0	3	53,7	5,6	neto	3	3	51,1	55	Cumple
21	46,7	0	0	3	50,8	4,1	neto	3	3	49,7	45	No Cumple
22	37,1	0	0	6	38,5	1,4	nulo	0	6	43,1	45	Cumple
23	36,6	0	0	6	38,3	1,7	nulo	0	6	42,6	45	Cumple
0	37,7	0	0	6	38,8	1,1	nulo	0	6	43,7	45	Cumple
1	37,3	0	0	6	38,3	1,0	nulo	0	6	43,3	45	Cumple
2	38,6	0	0	6	39,9	1,3	nulo	0	6	44,6	45	Cumple
3	40,2	0	0	6	41,9	1,7	nulo	0	6	46,2	45	No Cumple
4	43,9	0	0	6	45,8	1,9	nulo	0	6	49,9	45	No Cumple
5	45,6	0	0	3	47,4	1,8	nulo	0	3	48,6	45	No Cumple
6	50,9	0	0	3	55,0	4,1	neto	3	3	53,9	45	No Cumple

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-139. Resultados punto RA-4-24 horas dominical diurno y nocturno

Hora	LEQS	KS	KR	KT	LEQI	LI = LEQS - LEQI	Componente Impulsivo	KI	K	LAREq dB(A)	Lim.Max Permissible	Cumple/NO Cumple
7	52,6	0	0	0	56,5	3,9	neto	3	3	55,6	55	No Cumple
8	50,7	0	0	6	51,7	1,0	nulo	0	6	56,7	55	No Cumple
9	49,5	0	0	6	50,4	0,9	nulo	0	6	55,5	55	No Cumple
10	49,3	0	0	6	50,4	1,1	nulo	0	6	55,3	55	No Cumple
11	49,8	0	0	6	50,5	0,7	nulo	0	6	55,8	55	No Cumple
12	48,4	0	0	6	49,4	1,0	nulo	0	6	54,4	55	Cumple
13	48,7	0	0	6	49,8	1,1	nulo	0	6	54,7	55	Cumple
14	49,0	0	0	6	49,9	0,9	nulo	0	6	55,0	55	Cumple
15	48,7	0	0	6	49,5	0,8	nulo	0	6	54,7	55	Cumple
16	48,9	0	0	6	49,7	0,8	nulo	0	6	54,9	55	Cumple
17	50,7	0	0	6	53,3	2,6	nulo	0	6	56,7	55	No Cumple
18	51,1	0	0	6	54,1	3,0	neto	3	6	57,1	55	No Cumple
19	52,6	0	0	3	54,1	1,5	nulo	0	3	55,6	55	No Cumple
20	51,7	0	0	3	53,2	1,5	nulo	0	3	54,7	55	Cumple

Ibagué y Piedras (Tolima)

21	53,4	0	0	3	56,0	2,6	nulo	0	3	56,4	45	No Cumple
22	54,5	0	0	0	57,5	3,0	neto	3	3	57,5	45	No Cumple
23	60,4	0	0	0	64,0	3,6	neto	3	3	63,4	45	No Cumple
0	56,1	0	0	0	58,1	2,0	nulo	0	0	56,1	45	No Cumple
1	57,7	0	0	0	59,4	1,7	nulo	0	0	57,7	45	No Cumple
2	52,8	0	0	3	54,4	1,6	nulo	0	3	55,8	45	No Cumple
3	51,4	0	0	6	53,1	1,7	nulo	0	6	57,4	45	No Cumple
4	52,7	0	0	6	54,8	2,1	nulo	0	6	58,7	45	No Cumple
5	54,5	0	0	6	56,4	1,9	nulo	0	6	60,5	45	No Cumple
6	53,5	0	0	3	54,9	1,4	nulo	0	3	56,5	45	No Cumple

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-140. Resultados punto 5-24 horas ordinario diurno y nocturno

Hora	LEQS	KS	KR	KT	LEQI	LI = LEQS ⁻ LEQI	Componente Impulsivo	KI	K	LAREq dB(A)	Lim.Max Permisible	Cumple/NO Cumple
7	53,6	0	0	0	60,3	6,7	fuerte	6	6	59,6	55	No Cumple
8	54,9	0	0	0	59,5	4,6	neto	3	3	57,9	55	No Cumple
9	52,3	0	0	0	58,1	5,8	neto	3	3	55,3	55	No Cumple
10	51,5	0	0	0	57,3	5,8	neto	3	3	54,5	55	Cumple
11	52,1	0	0	0	58,7	6,6	fuerte	6	6	58,1	55	No Cumple
12	51,3	0	0	0	55,9	4,6	neto	3	3	54,3	55	No Cumple
13	52,4	0	0	3	55,7	3,3	neto	3	3	55,4	55	No Cumple
14	52,1	0	0	6	55,3	3,2	neto	3	6	58,1	55	No Cumple
15	48,3	0	0	3	53,2	4,9	neto	3	3	51,3	55	Cumple
16	47,7	0	0	3	50,9	3,2	neto	3	3	50,7	55	Cumple
17	45,2	0	0	6	47,2	2,0	nulo	0	6	51,2	55	Cumple
18	45,0	0	0	6	47,0	2,0	nulo	0	6	51,0	55	Cumple
19	44,1	0	0	6	45,7	1,6	nulo	0	6	50,1	55	Cumple
20	42,7	0	0	6	43,7	1,0	nulo	0	6	48,7	55	Cumple
21	42,6	0	0	6	44,2	1,6	nulo	0	6	48,6	45	No Cumple
22	41,9	0	0	6	44,1	2,2	nulo	0	6	47,9	45	No Cumple
23	42,0	0	0	6	43,7	1,7	nulo	0	6	48,0	45	No Cumple
0	41,3	0	0	6	42,9	1,6	nulo	0	6	47,3	45	No Cumple
1	42,7	0	0	6	44,5	1,8	nulo	0	6	48,7	45	No Cumple
2	45,8	0	0	3	48,9	3,1	neto	3	3	48,8	45	No Cumple
3	55,1	0	0	0	59,0	3,9	neto	3	3	58,1	45	No Cumple

Ibagué y Piedras (Tolima)

4	60,6	0	0	0	66,0	5,4	neto	3	3	63,6	45	No Cumple
5	53,5	0	0	0	59,9	6,4	fuerte	6	6	59,5	45	No Cumple
6	52,4	0	0	3	57,7	5,3	neto	3	3	55,4	45	No Cumple

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-141. Resultados punto 5-24 horas dominical diurno y nocturno

Hora	LEQS	KS	KR	KT	LEQI	LI = LEQS - LEQI	Componente Impulsivo	KI	K	LAREq dB(A)	Lim.Max Permissible	Cumple/NO Cumple
7	58,1	0	0	3	64,1	6,0	neto	3	3	61,1	55	No Cumple
8	54,3	0	0	0	60,7	6,4	fuerte	6	6	60,3	55	No Cumple
9	50,4	0	0	0	56,4	6,0	neto	3	3	53,4	55	Cumple
10	56,7	0	0	0	62,4	5,7	neto	3	3	59,7	55	No Cumple
11	57,8	0	0	0	61,6	3,8	neto	3	3	60,8	55	No Cumple
12	56,0	0	0	3	59,9	3,9	neto	3	3	59,0	55	No Cumple
13	48,6	0	0	0	55,1	6,5	fuerte	6	6	54,6	55	Cumple
14	47,7	0	0	3	53,8	6,1	fuerte	6	6	53,7	55	Cumple
15	49,8	0	0	6	54,4	4,6	neto	3	6	55,8	55	No Cumple
16	49,2	0	0	3	50,6	1,4	nulo	0	3	52,2	55	Cumple
17	47,6	0	0	6	50,9	3,3	neto	3	6	53,6	55	Cumple
18	47,1	0	0	6	49,7	2,6	nulo	0	6	53,1	55	Cumple
19	43,6	0	0	6	44,3	0,7	nulo	0	6	49,6	55	Cumple
20	42,8	0	0	6	43,5	0,7	nulo	0	6	48,8	55	Cumple
21	42,6	0	0	6	44,1	1,5	nulo	0	6	48,6	45	No Cumple
22	42,9	0	0	6	46,9	4,0	neto	3	6	48,9	45	No Cumple
23	41,6	0	0	0	43,8	2,2	nulo	0	0	41,6	45	Cumple
0	41,4	0	0	6	43,5	2,1	nulo	0	6	47,4	45	No Cumple
1	42,3	0	0	3	43,6	1,3	nulo	0	3	45,3	45	No Cumple
2	46,1	0	0	6	49,4	3,3	neto	3	6	52,1	45	No Cumple
3	54,2	0	0	6	59,2	5,0	neto	3	6	60,2	45	No Cumple
4	53,6	0	0	6	62,7	9,1	fuerte	6	6	59,6	45	No Cumple
5	62,9	0	0	3	67,2	4,3	neto	3	3	65,9	45	No Cumple
6	52,1	0	0	0	59,8	7,7	fuerte	6	6	58,1	45	No Cumple

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Segunda campaña:

Tabla 5.1-142. Comparación niveles de ruido ambiental día ordinario diurno y nocturno con la normatividad

Punto de medición	Sector	L _{RAeq} ⁽¹⁾ Horario Diurno [dB(A)]	Máximo Permitido Diurno [dB(A)]	Estado con Norma	L _{RAeq} ⁽¹⁾ Horario Nocturno [dB(A)]	Máximo Permitido Nocturno [dB(A)]	Estado con Norma
RA-1	D	62,6	55	NO CUMPLE	55,4	45	NO CUMPLE
RA-2	D	62,6	55	NO CUMPLE	48,9	45	NO CUMPLE
RA-3	D	55,3	55	NO CUMPLE	53,2	45	NO CUMPLE
RA-4	D	83,9	55	NO CUMPLE	56,7	45	NO CUMPLE

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-143. Comparación de niveles de ruido ambiental día dominical con la normatividad

Punto de medición	Sector	L _{RAeq} ⁽¹⁾ Horario Diurno [dB(A)]	Máximo Permitido Diurno [dB(A)]	Estado con Norma	L _{RAeq} ⁽¹⁾ Horario Nocturno [dB(A)]	Máximo Permitido Nocturno [dB(A)]	Estado con Norma
RA-1	D	58,3	55	NO CUMPLE	51,3	45	NO CUMPLE
RA-2	D	60,4	55	NO CUMPLE	49,0	45	NO CUMPLE
RA-3	D	51,6	55	CUMPLE	51,5	45	NO CUMPLE
RA-4	D	51,7	55	CUMPLE	55,0	45	NO CUMPLE

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-144. Resultados punto RA-5-24 horas ordinario diurno y nocturno

Hora	L _{EQS}	KS	KR	KT	L _{EQI}	LI = L _{EQS} - L _{EQI}	Componente Impulsivo	KI	K	LAREq dB(A)	Lim.Max Permisible	Cumple/NO Cumple
7	58,2	0	0	6	60,5	2,3	nulo	0	6	64,2	55	No Cumple
8	58,3	0	0	6	60,1	1,8	nulo	0	6	64,3	55	No Cumple
9	60,0	0	0	6	62,2	2,2	nulo	0	6	66,0	55	No Cumple
10	59,3	0	0	6	61,2	1,9	nulo	0	6	65,3	55	No Cumple
11	59,3	0	0	6	61,7	2,4	nulo	0	6	65,3	55	No Cumple
12	59,9	0	0	6	62,0	2,1	nulo	0	6	65,9	55	No Cumple
13	59,8	0	0	6	61,9	2,1	nulo	0	6	65,8	55	No Cumple

Ibagué y Piedras (Tolima)

14	57,9	0	0	6	59,6	1,7	nulo	0	6	63,9	55	No Cumple
15	58,3	0	0	6	59,9	1,6	nulo	0	6	64,3	55	No Cumple
16	58,3	0	0	6	60,0	1,7	nulo	0	6	64,3	55	No Cumple
17	59,5	0	0	6	61,1	1,6	nulo	0	6	65,5	55	No Cumple
18	58,7	0	0	6	60,2	1,5	nulo	0	6	64,7	55	No Cumple
19	58,2	0	0	6	60,0	1,8	nulo	0	6	64,2	55	No Cumple
20	58,2	0	0	6	59,8	1,6	nulo	0	6	64,2	55	No Cumple
21	58,2	0	0	6	60,2	2,0	nulo	0	6	64,2	45	No Cumple
22	57,9	0	0	6	60,3	2,4	nulo	0	6	63,9	45	No Cumple
23	57,2	0	0	6	59,1	1,9	nulo	0	6	63,2	45	No Cumple
0	57,1	0	0	6	59,5	2,4	nulo	0	6	63,1	45	No Cumple
1	61,6	0	0	6	66,2	4,6	neto	3	6	67,6	45	No Cumple
2	60,5	0	0	6	64,9	4,4	neto	3	6	66,5	45	No Cumple
3	56,4	0	0	6	58,4	2,0	nulo	0	6	62,4	45	No Cumple
4	57,6	0	0	6	61,5	3,9	neto	3	6	63,6	45	No Cumple
5	60,2	0	0	6	64,7	4,5	neto	3	6	66,2	45	No Cumple
6	58,8	0	0	6	61,9	3,1	neto	3	6	64,8	45	No Cumple

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-145. Resultados punto RA-5-24 horas dominical diurno y nocturno

Hora	LEQS	KS	KR	KT	LEQI	LI = LEQS - LEQI	Componente Impulsivo	KI	K	LAREq dB(A)	Lim.Max Permissible	Cumple/NO Cumple
7	61,0	0	0	6	63,1	2,1	nulo	0	6	67,0	55	No Cumple
8	58,9	0	0	6	62,0	3,1	neto	3	6	64,9	55	No Cumple
9	58,9	0	0	6	61,2	2,3	nulo	0	6	64,9	55	No Cumple
10	60,8	0	0	6	63,1	2,3	nulo	0	6	66,8	55	No Cumple
11	59,0	0	0	6	61,5	2,5	nulo	0	6	65,0	55	No Cumple
12	57,1	0	0	6	60,1	3,0	neto	3	6	63,1	55	No Cumple
13	57,9	0	0	6	60,5	2,6	nulo	0	6	63,9	55	No Cumple
14	58,5	0	0	6	60,9	2,4	nulo	0	6	64,5	55	No Cumple
15	66,2	0	0	6	70,3	4,1	neto	3	6	72,2	55	No Cumple
16	60,1	0	0	6	61,7	1,6	nulo	0	6	66,1	55	No Cumple
17	59,8	0	0	6	60,9	1,1	nulo	0	6	65,8	55	No Cumple
18	58,1	0	0	6	59,2	1,1	nulo	0	6	64,1	55	No Cumple
19	57,4	0	0	6	58,7	1,3	nulo	0	6	63,4	55	No Cumple

Ibagué y Piedras (Tolima)

20	57,2	0	0	6	58,2	1,0	nulo	0	6	63,2	55	No Cumple
21	56,5	0	0	6	57,9	1,4	nulo	0	6	62,5	45	No Cumple
22	55,8	0	0	6	57,4	1,6	nulo	0	6	61,8	45	No Cumple
23	54,9	0	0	6	56,5	1,6	nulo	0	6	60,9	45	No Cumple
0	54,0	0	0	6	55,9	1,9	nulo	0	6	60,0	45	No Cumple
1	53,6	0	0	6	55,6	2,0	nulo	0	6	59,6	45	No Cumple
2	53,4	0	0	6	55,5	2,1	nulo	0	6	59,4	45	No Cumple
3	53,6	0	0	6	55,9	2,3	nulo	0	6	59,6	45	No Cumple
4	57,2	0	0	6	63,9	6,7	fuerte	6	6	63,2	45	No Cumple
5	58,2	0	0	6	64,2	6,0	neto	3	6	64,2	45	No Cumple
6	56,9	0	0	6	59,4	2,5	nulo	0	6	62,9	45	No Cumple

Fuente: SIAM Ingeniería, 2021

Tabla 5.1-146. Resultados punto RA-6-24 horas ordinario diurno y nocturno

Hora	LEQS	KS	KR	KT	LEQI	LI = LEQS - LEQI	Componente Impulsivo	KI	K	LAREq dB(A)	Lim.Max Permissible	Cumple/NO Cumple
7	59,9	0	0	3	64,5	4,6	neto	3	3	62,9	55	No Cumple
8	58,4	0	0	6	63,7	5,3	neto	3	6	64,4	55	No Cumple
9	61,1	0	0	3	65,9	4,8	neto	3	3	64,1	55	No Cumple
10	57,7	0	0	6	61,8	4,1	neto	3	6	63,7	55	No Cumple
11	56,6	0	0	6	60,5	3,9	neto	3	6	62,6	55	No Cumple
12	58,0	0	0	3	62,7	4,7	neto	3	3	61,0	55	No Cumple
13	54,3	0	0	3	58,1	3,8	neto	3	3	57,3	55	No Cumple
14	53,7	0	0	3	57,6	3,9	neto	3	3	56,7	55	No Cumple
15	64,2	0	0	6	65,1	0,9	nulo	0	6	70,2	55	No Cumple
16	58,8	0	0	6	59,5	0,7	nulo	0	6	64,8	55	No Cumple
17	58,8	0	0	6	59,7	0,9	nulo	0	6	64,8	55	No Cumple
18	53,6	0	0	6	55,9	2,3	nulo	0	6	59,6	55	No Cumple
19	52,9	0	0	6	53,5	0,6	nulo	0	6	58,9	55	No Cumple
20	53,2	0	0	6	54,4	1,2	nulo	0	6	59,2	55	No Cumple
21	53,6	0	0	6	54,2	0,6	nulo	0	6	59,6	45	No Cumple
22	52,9	0	0	6	53,7	0,8	nulo	0	6	58,9	45	No Cumple
23	52,2	0	0	6	53,5	1,3	nulo	0	6	58,2	45	No Cumple
0	51,5	0	0	6	52,5	1,0	nulo	0	6	57,5	45	No Cumple
1	57,0	0	0	3	61,0	4,0	neto	3	3	60,0	45	No Cumple
2	56,0	0	0	6	60,5	4,5	neto	3	6	62,0	45	No Cumple
3	59,1	0	0	6	62,6	3,5	neto	3	6	65,1	45	No Cumple
4	56,1	0	0	6	59,9	3,8	neto	3	6	62,1	45	No Cumple
5	71,0	0	0	3	75,5	4,5	neto	3	3	74,0	45	No Cumple
6	68,6	0	0	3	73,5	4,9	neto	3	3	71,6	45	No Cumple

Tabla 5.1-147. Resultados punto RA-6 24 horas dominical diurno y nocturno

Hora	LEQS	KS	KR	KT	LEQI	LI = LEQS - LEQI	Componente Impulsivo	KI	K	LAREq dB(A)	Lim.Max Permissible	Cumple/NO Cumple
7	60,0	0	0	6	60,6	0,6	nulo	0	6	66,0	55	No Cumple
8	57,1	0	0	6	56,4	-0,7	nulo	0	6	63,1	55	No Cumple
9	52,3	0	0	6	53,6	1,3	nulo	0	6	58,3	55	No Cumple
10	50,5	0	0	3	52,2	1,7	nulo	0	3	53,5	55	Cumple
11	50,6	0	0	3	52,6	2,0	nulo	0	3	53,6	55	Cumple
12	55,3	0	0	6	55,9	0,6	nulo	0	6	61,3	55	No Cumple
13	59,3	0	0	6	59,7	0,4	nulo	0	6	65,3	55	No Cumple
14	55,9	0	0	6	56,3	0,4	nulo	0	6	61,9	55	No Cumple
15	54,5	0	0	6	55,4	0,9	nulo	0	6	60,5	55	No Cumple
16	54,8	0	0	6	55,4	0,6	nulo	0	6	60,8	55	No Cumple
17	55,0	0	0	6	55,6	0,6	nulo	0	6	61,0	55	No Cumple
18	58,8	0	0	6	59,4	0,6	nulo	0	6	64,8	55	No Cumple
19	58,6	0	0	6	59,4	0,8	nulo	0	6	64,6	55	No Cumple
20	55,6	0	0	6	58,5	2,9	nulo	0	6	61,6	55	No Cumple
21	53,6	0	0	6	56,8	3,2	neto	3	6	59,6	45	No Cumple
22	58,8	0	0	3	65,2	6,4	fuerte	6	6	64,8	45	No Cumple
23	57,5	0	0	3	64,0	6,5	fuerte	6	6	63,5	45	No Cumple
0	57,7	0	0	6	58,4	0,7	nulo	0	6	63,7	45	No Cumple
1	56,9	0	0	6	57,3	0,4	nulo	0	6	62,9	45	No Cumple
2	53,3	0	0	6	53,8	0,5	nulo	0	6	59,3	45	No Cumple
3	51,8	0	0	6	52,4	0,6	nulo	0	6	57,8	45	No Cumple
4	53,0	0	0	6	53,6	0,6	nulo	0	6	59,0	45	No Cumple
5	57,2	0	0	6	57,8	0,6	nulo	0	6	63,2	45	No Cumple
6	58,8	0	0	6	59,4	0,6	nulo	0	6	64,8	45	No Cumple

Dado el carácter restrictivo de la norma nacional de ruido para zonas de uso rural suburbano, los niveles de ruido línea base registrados en la zona objeto de estudio, presentan excedencias a los estándares máximos permisibles establecidos en la tabla 2 de la Resolución 0627 de 2006 del MADS. Es decir que previa operación del proyecto los niveles de ruido existentes en el área de influencia del proyecto ya presentan incumplimientos a lo establecidos en la norma nacional de ruido.