CO1.PCCNTR. 3992182

OBJETO: "CONTRATAR ESTUDIO GEOELÉCTRICO PARA PROSPECCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DEL CENTRO AGROPECUARIO LA GRANJA SENA ESPINAL TOLIMA”

INGENIERIA Y GESTIÓN DE LA CALIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

YOHANI SARMIENTO
C.C.91.510.799
GEÓLOGO

INFORME SEV SENA ESPINAL

JUAN PABLO CRISTO G.
C.C.80.240.147
ING RECURSOS HÍDRICOS Y GESTIÓN AMBINTAL

MUNICIPIO DE ESPINAL

DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

2022

Tabla de contenido

1. OBJETIVOS 5

2. Análisis del área del Estudio Geo-eléctrico para prospección y exploración de agua subterránea 6

2.1. Establecer el área de exploración en Plano IGAC a escala 1:10000 y otro plano a escala adecuada a un pliego donde se establece el área de exploración. 6

2.2. Puntos establecidos para la realización de los estudios geo eléctricos y los aspectos técnicos tenidos en cuenta para la escogencia. 7

2.3. Información básica de la zona de estudio 7

2.3.1. Información geológica. 7

2.3.1.1 Abanico De Espinal (Qae) 10

2.3.1.2 Abanico De Guamo (Qag) 11

2.3.1.3 Grupo Honda (Ngh) 11

2.3.2. Información hidrogeológica. 13

2.3.3. Datos técnicos de fuentes hídricas superficiales. 15

2.3.4. Datos técnicos de fuentes subterráneas cercanas 16

2.3.5. Mapas - Aerofotografías (IGAC) del área de estudio 18

3. Estudio Geo-eléctrico para Prospección y Exploración de Agua subterránea. 20

3.1 Metodología 20

3.1.1 Identificación área de estudio 20

3.2 Prospección Geoelectrica 22

3.2.1 Leyes Que Limitan Los Estudios Geoelectricos 24

3.2.1.1 Ley De La Equivalencia 24

3.2.1.2 Ley De La Supresión De Capas 24

3.2.1.3 Efectos De La Inclinación Del Basamento 24

4. Resultados de la Prospección y Exploración 25

4.1. Estratigrafía del suelo con una descripción litológica de la roca, el contenido de agua y su composición química 25

4.2. Geoquímica Del Área De Estudio 25

4.3. Resultados de la interpretación geo-eléctrica y el inventario de puntos de agua subterránea 27

4.4. Conclusiones Y Recomendaciones Exploración 30

4.5. Planos detallados y a escala adecuada necesarios para la construcción del pozo. 32
5. SISTEMAS DE PERFORACION 32
5.1 Métodos de perforación de pozos de agua 33
5.1.1 Excavación manual 33
5.1.2 Método de percusión 33
5.1.3 Método de rotación 34
5.1.4 Método de rotación circulación directa 35
5.1.5 Método de rotación circulación inversa 36
5.2 Método recomendado teniendo en cuenta los estudios realizados y las personas idóneas para estos trabajos con un perfil profesional. 37
6 Presupuesto 40
7 Anexos 41
7.1 Anexo 1. Lecturas de campo 41
7.2 Anexo 2. Registro fotográfico 45
GLOSARIO 48
Bibliografía 49

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Plano área de exploración escala 1:2000 6
Imagen 2 Identificación geología Buffer 1km 8
Imagen 3 Formaciones Geológicas Aflorantes en el Área de la Cuenca del rio Luisa y otros directos al magdalena 9
Imagen 4 Geología del área de estudio. 12
Imagen 5 Perfil geológico del área de estudio. 12
Imagen 6 Identificación hidrogeología Buffer 1km 13
Imagen 7 Clasificación unidades hidrogeológicas 13
Imagen 8 Identificación hidrología buffer 1km 15
Imagen 9 Identificación condiciones técnicas de fuentes de agua subterránea buffer 1km 17
Imagen 10 Fotografía Aérea zona de estudio 19
Imagen 11 Ubicación SEV en área de estudio 21
Imagen 12 Corte topográfico del área de estudio 21
Imagen 13 Registro fotográfico del equipo Geosystem. 22
Imagen 14 Prospección Geoeléctrica. Diagrama teórico. 23

Imagen 15 Aproximación de Columna Litológica esperada para el sondeo recomendado con mayor potencial hidrico subterraneo (SEV-3). 26
Imagen 16 Resumen SEV 1 27
Imagen 17 Resumen SEV 2 28
Imagen 18 Resumen SEV 3 28
Imagen 19 Identificación puntos de captación de agua subterránea cercanos al área de estudio 29
Imagen 20 Pre-diseño del pozo a 60 m* (SEV-3) 32
Imagen 21 Pozo de excavación Manual 33
Imagen 22 Sondeo a percusión con cable 34
Imagen 23 Perforación con rotación directa – circulación del lodo 36
Imagen 24 Esquema de instalación en circulación inversa 37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1Localización geográfica de los SEV´s 7
Tabla 2 Condiciones técnicas de la cuenca de la quebrada Guayabal 16
Tabla 3 Condiciones técnicas de las fuentes de agua subterráneas 16
Tabla 4 Información técnica Fotografía Aérea 18

1. OBJETIVOS

- Indicar, apoyados en los resultados obtenidos del estudio Geoléctrico desarrollado en el área de estudio, el punto adecuado para la perforación de un pozo para la extracción de agua subterránea en las instalaciones del SENA LA GRANJA ubicado en el municipio de espinal departamento del Tolima.

- Establecer las condiciones hidrogeológicas y estratigráficas de la zona estudiada teniendo en cuenta los estudios llevado a cabo.

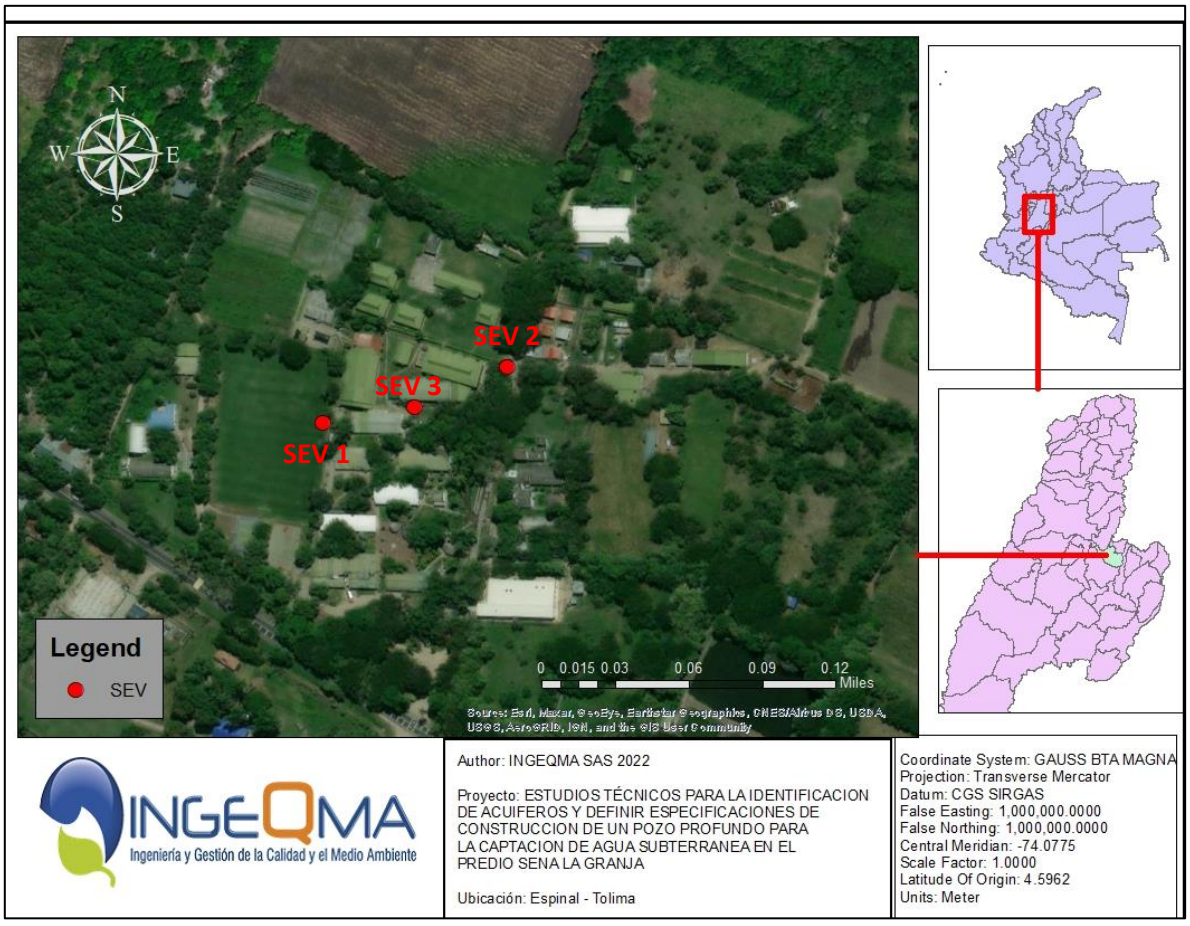
2. Análisis del área del Estudio Geo-eléctrico para prospección y exploración de agua subterránea

2.1. Establecer el área de exploración en Plano IGAC a escala 1:10000 y otro plano a escala adecuada a un pliego donde se establece el área de exploración.

Plancha IGAC a escala 1:10000 corresponde a la 264–I-B-4

En la siguiente imagen se aprecia la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales en un plano a escala 1:2000

Imagen 1 Plano área de exploración escala 1:2000



Fuente: Google Earth adaptado por INGEQMA 2022

2.2. Puntos establecidos para la realización de los estudios geo eléctricos y los aspectos técnicos tenidos en cuenta para la escogencia.

El supervisor del proyecto fue el encargado de seleccionar los puntos donde se llevaron a cabo los estudios geo eléctricos.

Ubicación de la zona de estudio

El estudio geoeléctrico de prospección de agua subterránea se lleva a cabo en las instalaciones del SENA La Granja, ubicado en el Km 5 vía Espinal Ibagué, vereda Dindalito municipio del Espinal departamento del Tolima.

La localización geográfica de los Sondeos eléctricos verticales se aprecia en la siguiente tabla e imagen.

Tabla 1Localización geográfica de los SEV´s

S.E.V	Coordenadas geográficas		Datum Magna Sirgas Origen central	
	Latitud	Longitud	Norte (m)	Este (m)
1	4°10'24,25"N	74°55'44,02"O	953297	905470
2	4°10'25,45"N	74°55'40,10"O	953334	905591
3	4°10'24,56"N	74°55'42,06"O	953307	905530

Fuente: trabajo de campo INGEQMA SAS, 2022

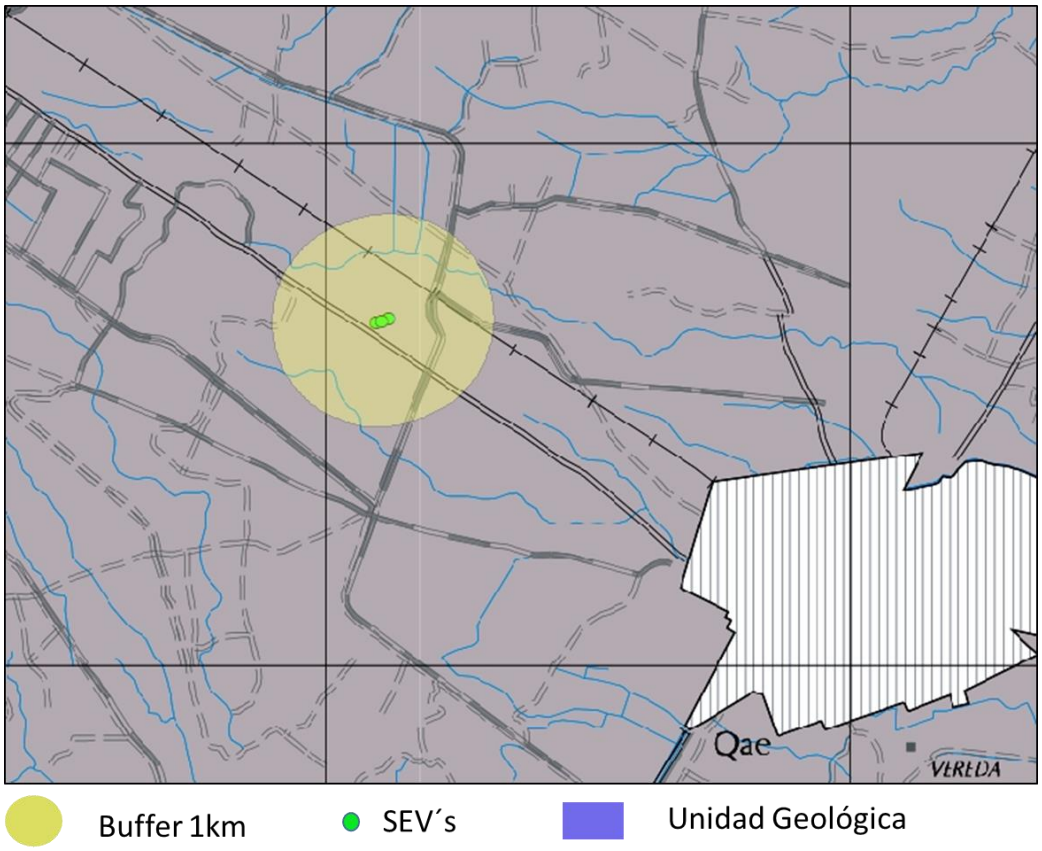
2.3. Información básica de la zona de estudio

En la información a continuación se relacionan las condiciones geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas y de fuentes de agua subterránea para un área determinada con un radio de 1km tomada a partir de la zona de estudio (SEV´s).

2.3.1. Información geológica.

Se lleva a cabo una identificación de la geología presente en un radio de 1 km partiendo de los puntos de los sondeos eléctricos verticales SEVs, apoyados en la plancha geológica 264 del Espinal y en un buffer de 1km como se aprecia en la siguiente imagen, se estableen las condiciones geológicas de la zona estudiada.

Imagen 2 Identificación geología Buffer 1km



Fuente: Ingeominas, (2000) adaptado por INGEQMA 2022

Los sondeos eléctricos verticales se llevaron a cabo sobre la formación Abanico del Espinal (Qae), la cual corresponde al periodo geológico Cuaternario como se observa en la siguiente imagen.

Imagen 3 Formaciones Geológicas Aflorantes en el Área de la Cuenca del rio Luisa y otros directos al magdalena

SÍMBOLO GEOLÓGICO	UNIDAD GEOLÓGICA	PERIODO GEOLÓGICO
PCAn	Gneis y Anfibolitas de Tierradentro	PRECÁMBRICO
Dmi	Formación El Imán	DEVÓNICO
Pg	Stock Granítico	PÉRMICO
TRl	Formación Luisa	TRIÁSICO
Trsp	Formación Payende	
Jrs	Formación Saldaña	JURÁSICO
Jgdi	Batolito de Ibagué	
Jp	Stock de Payende	
Kic	Formación Caballo	CRETÁCICO
Kit	Calizas del Tetuán	
Ksb	Shale de Bambuca	
Khs-lg	Formación Hondita y Loma Gorda	
Kso	Grupo Olini	
Ksla	Nivel de Lutitas y Areniscas	
Kslt	Formación La Tabla	
KPgs	Formación Seca	
Pggi	Formación Gualanday Inferior	PALEÓGENO (TERCIARIO INFERIOR)
Pggm	Formación Gualanday media	
Pggs	Formación Gualanday Superior	
Ngh	Grupo Honda	NEÓGENO (TERCIARIO SUPERIOR)
Tad	Rocas Hipoabisales	
Qai	Abanico de Ibagué	CUATERNARIO
Qag	Abanico de Guamo	
Qae	Abanico de Espinal	
Qto	Depósitos Piroclásticos	
Qta	Terrazas aluviales altas	
Qtb	Terrazas aluviales Bajas	
Qal	Aluviones recientes	

Fuente: (CORCUENCAS, 2014)

Esta unidad se trata de un depósito de flujo de lodos volcánicos que ingresó al valle del río Magdalena por la localidad de Gualanday, con los flujos que lograron superar la barrera que lleva su mismo nombre, de composición mayoritariamente volcánica.

Se presenta en mayor proporción una composición limo arenoso con material volcánico tipo ceniza, la cual ha cementado este material provocando una buena compactación. Por tal motivo, el material tiende a presentarse muy friable y su comportamiento tiende a parecerse a una arenisca fina poco litificada o muy meteorizada.

Esta unidad abarca la mayor parte del municipio del Espinal y conforme sus condiciones de porosidad, permeabilidad, disposición de las rocas y fracturas o

espaciamiento intergranular se considera que “al igual que los depósitos del Abanico del Guamo, estos depósitos presentan las condiciones y características adecuadas para formar acuíferos libres de recarga directa”. (CORCUENCAS, 2014)

Según la plancha Geológica 264 Espinal (2000), la zona de estudio se encuentra ubicada geológicamente sobre los depósitos del periodo Cuaternario (Ver figura 3), la unidad se describe a detalle a continuación, junto con las demás unidades que pueden tener influencia en el área de estudio:

2.3.1.1 ABANICO DE ESPINAL (Qae)

Según la plancha 264 Espinal (Ingeominas, 2000) el área de estudio se encuentra ubicada en inmediaciones a rocas del Cuaternario, las cuales Corresponden al Abanico de Espinal (Qae) constituido por depósitos de color gris claro a amarillento, conformados por cantos y fragmentos heterométricos, con diámetros generalmente entre 1 y 30 cm, ocasionalmente hasta de 1 m, dentro de una matriz limo arenosa. Se observan niveles de ceniza y orientaciones de flujo, principalmente en los niveles gruesos, y muestran en ocasiones gradaciones locales o disposición caótica de sus componentes. En general, la selección es regular a mala; presenta niveles plano-paralelos lenticulares y superficies ondulosas. Los cantos y fragmentos son pumitas dacitas e ignimbritas y, en menor proporción, rocas intrusivas ácidas a intermedias y filitas. La matriz es de cuarzo hialino, feldespatos, biotita fresca y alterada, líticos oscuros y accesorios. Los granos de la matriz son angulares a subangulares, y presentan una alta descomposición de feldespatos. Los fragmentos piroclásticos tienen formas angulosas y en menor proporción subredondeadas elipsoidales. Se encuentran cantos retrabajados provenientes de rocas intrusivas y metamórficas, subredondeados a redondeados con esfericidad notable; también fragmentos de rocas metamórficas como filitas aplanadas y alargadas con bordes redondeados, estos últimos en baja proporción.

2.3.1.2 ABANICO DE GUAMO (Qag)

El Abanico de Guamo se extiende de norte a sur, desde el Municipio de San Luis hasta los ríos Cucuana y Saldaña y se halla limitado al NE por la quebrada Guaduala (o Guaduas) que atraviesa la vía entre Espinal y Guamo. Se encuentra fuertemente disecado, forma valles profundos con escarpes de más de 50 m en el río Luisa al NW de Guamo, y constituye un paisaje de red dendrítica con alto grado de desarrollo. Su morfología es levemente ondulada a plana, con inclinación muy suave hacia el SE en dirección al río Magdalena. Presenta tres patrones de drenaje paralelos a subparalelos con direcciones NE, SE y S.

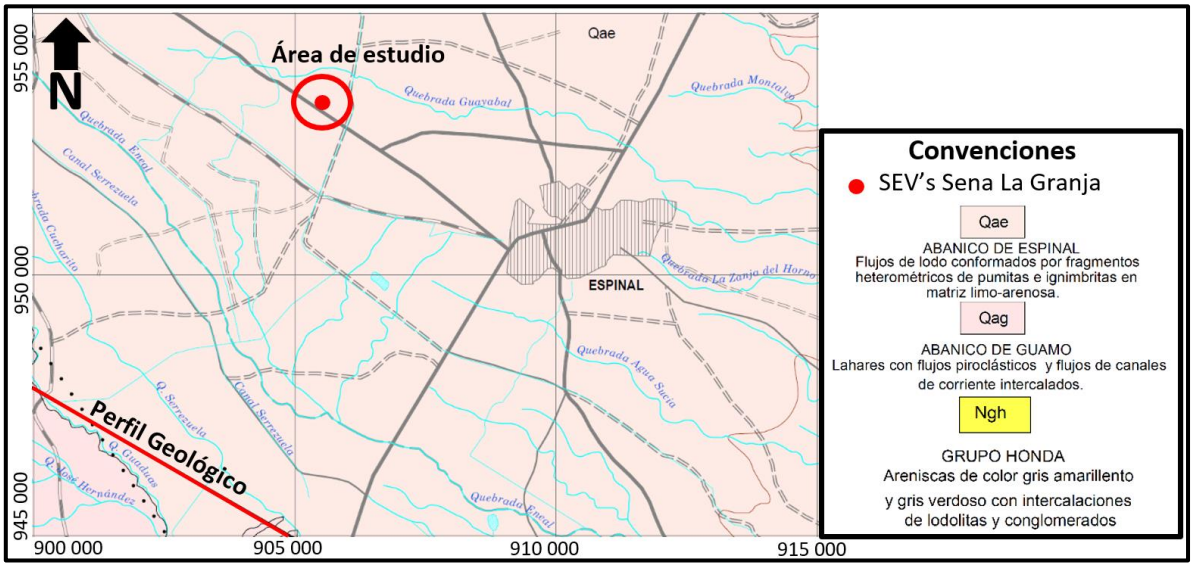
2.3.1.3 GRUPO HONDA (Ngh)

El Grupo Honda recibe su nombre por Hettner (1892) derivado de la población de Honda, en el departamento del Tolima. Se uso este nombre para designar una arenita típica, gris verdosa. Su localidad fue establecida en la cordillera de San Antonia, al este de la población de Honda (De Porta, 1966).

Se puede encontrar un afloramiento al noreste de Girardot y también en las inmediaciones de Agua de Dios. En este caso, debido a la ubicación del área de estudio se centrará la atención en el afloramiento del sector de Agua de Dios, en el carreteable Girardot – Agua de Dios (poblado San Marcos), en este lugar se observan dos niveles de la unidad, los cuales se describen a continuación: el nivel inferior consta de capas gruesas de arenitas conglomeráticas, verdes amarillas, feldespáticas y líticas, con cantos de andesita y rocas metamórficas con mucha mica, en ocasiones calcáreas y con contenidos altos de minerales pesados, adicionalmente se pueden observar intercalaciones de capas delgadas a medias de lodolitas rojas a abigarradas, las cuales forman pequeños valles.

Finalmente, el nivel superior se encuentra representado por una sucesión alternante, mucho más marcada de arenitas de cuarzo feldespático, que se encuentran dispuestas bien sea en grano medio a conglomerático, algunas micáceas, amarillas o verdes algo calcáreas, con cantos de andesitas, en capas gruesas, con estratificación cruzada tangencial de bajo Angulo, intercalados con capas gruesas de arcillolitas fisiles, abigarradas. Es común encontrar niveles de concreciones de arenita bastante calcárea.

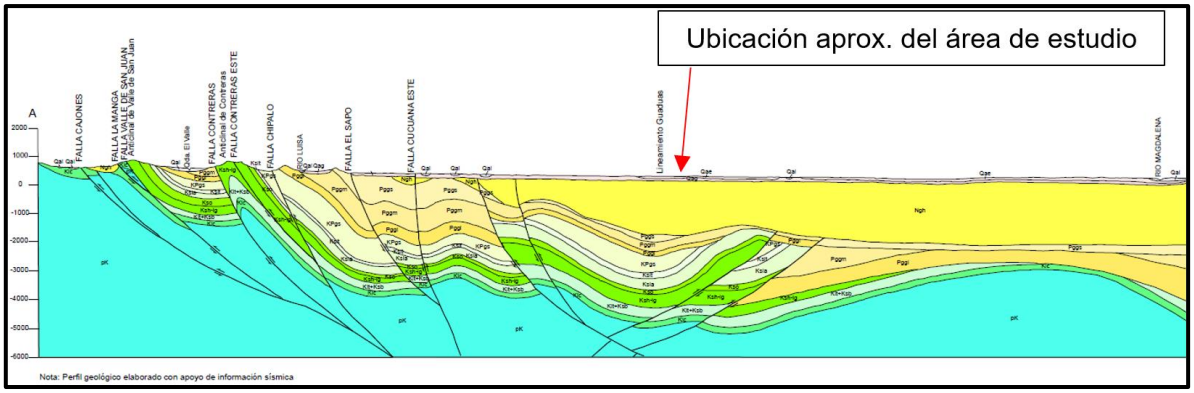
Imagen 4 Geología del área de estudio.



Fuente: Ingeominas, (2000). Adaptado por INGEQMA SAS.

A continuación, se observa el perfil geológico de la plancha 264 Espinal, el cual también se encuentra resaltado en color rojo en la figura anterior de tal forma que se facilite la observación de las distintas formaciones y fallas geológicas que influencian el presente estudio geoeléctrico, con su respectivo espesor y altura correspondiente en metros sobre el nivel del mar. Según este perfil geológico y basado en la moderada cercanía con el área de estudio es probable que el Abanico de Guamo se encuentre infrayaciendo los depósitos cuaternarios del Abanico de Espinal.

Imagen 5 Perfil geológico del área de estudio.



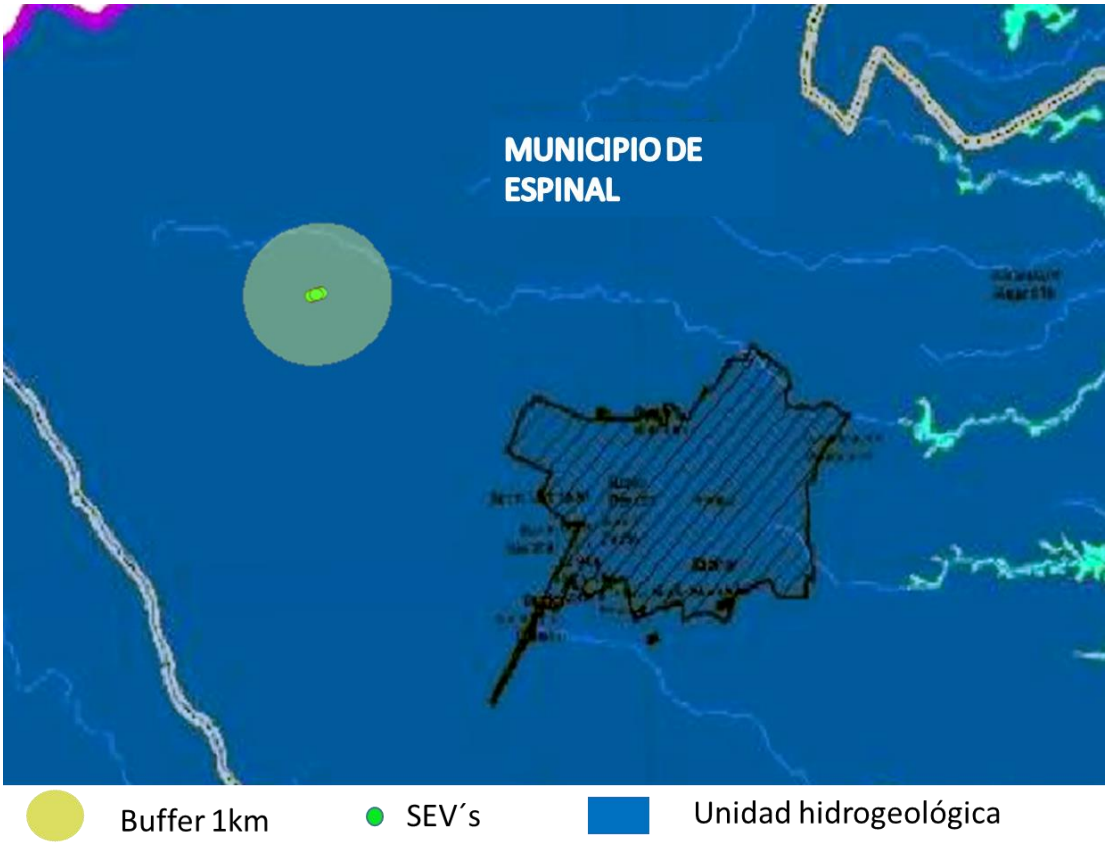
Fuente: Ingeominas, (2000). Adaptado por INGEQMA SAS.

2.3.2. Información hidrogeológica.

La clasificación hidrogeología de la zona de estudio obedece por una parte a las condiciones geológicas puntuales y por otra parte a la extensión, porosidad de la unidad y características de permeabilidad asociadas de cada tipo de acuífero.

En la siguiente imagen se encuentra el buffer de 1 km tomando como referencia los SEV´s y la clasificación hidrogeológica correspondiente a la formación geológica Qae.

Imagen 6 Identificación hidrogeología Buffer 1km



Fuente: (CORCUENCAS, 2014) adaptado por INGEQMA 2022

Conforme la clasificación de unidad hidrogeológicas indicadas en el documento de ordenación de cuenca del rio Luisa y otros directos al Magadalena, el área de estudio corresponde a la unidad hidroestratigráfica I1 cuyo comportamiento de la unidad son acuíferos libres a semiconfinados. Ver siguiente imagen.

Imagen 7 Clasificación unidades hidrogeológicas

TIPO DE ACUÍFERO	FORMACIONES GEOLÓGICAS ASOCIADAS	COLOR	UNIDAD HIDRO ESTRATIGRÁFICA	COMPORTAMIENTO POSIBLE DE LA UNIDAD
Acuíferos en los cuales la porosidad principal es intergranular	Qag - Qae		I1	Acuíferos Libres a semiconfinados
	Qa –Qt–Qta –Qtb - Qal		I2	Acuíferos Libres
	Qto - Qc		I3	Acuíferos Libres a semiconfinados
Acuíferos en rocas consolidadas con porosidad primaria y fisurados con porosidad secundaria o carstificados.	Kit–Kso –Kic –Ksh-lg –Kst– Kpgs - Ngh		II2	Acuíferos confinados a semi confinados y acuitardos
Rocas granulares o fisuradas que forman acuíferos insignificantes con recursos limitados o sin recursos.	JTrpp –Jpp – Ksb - Ksla		III1	Acuitardos a acuicludos.
	PCAn –Pg –Trl –JT rpm –Jgdi- Jp		III2	Acuífugos

Fuente: (CORCUENCAS, 2014)

Unidad hidroestratigráfica I1: Corresponde a acuíferos en los cuales la porosidad principal es intergranular; Extensivos y altamente productivos conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial y lacustre que dan lugar a acuíferos libres a semiconfinados. En esta unidad se clasifican los depósitos de los Abanicos del Guamo y Espinal. Se estima una capacidad específica entre 2.0 l/s/m y 5.0 l/s/m. (CORCUENCAS, 2014)

Con base en los resultados del estudio geoeléctrico se define una Unidad Hidrogeológica de importancia y es la correspondiente a los depósitos cuaternarios, específicamente los Abanicos de Espinal (Qae) y Guamo (Qag) y adicionalmente el Grupo Honda (Ngh), ya que son las más optimas en lo referente a la porosidad, permeabilidad y transmisividad que potencialmente permiten el almacenamiento de agua subterránea.

En los diferentes materiales geológicos presentes en la zona de estudio se podrán encontrar intercalaciones de Arenas de diferentes granulometrías y lodolitas, clasificándose como una unidad de baja a media productividad, con una capacidad especifica promedio de 0.5 a 2 l/s/m.

Los niveles arcillosos al igual que los niveles de lodosos o limosos no almacenan una cantidad de agua considerable, solo los niveles de areniscas almacenan agua.

Según el presente estudio hidrogeológico se define que las rocas que presentan mejores posibilidades acuíferas son las Areniscas del Grupo Honda, juntos con las rocas de los abanicos que se encuentran dispuestos en matriz arenosa. Los acuíferos parecen corresponder a acuíferos semiconfinados.

La recarga del acuífero se realiza principalmente por aguas de precipitación, la descarga en la zona es predominantemente a través de los pozos construidos y los ríos circundantes a la zona de estudio

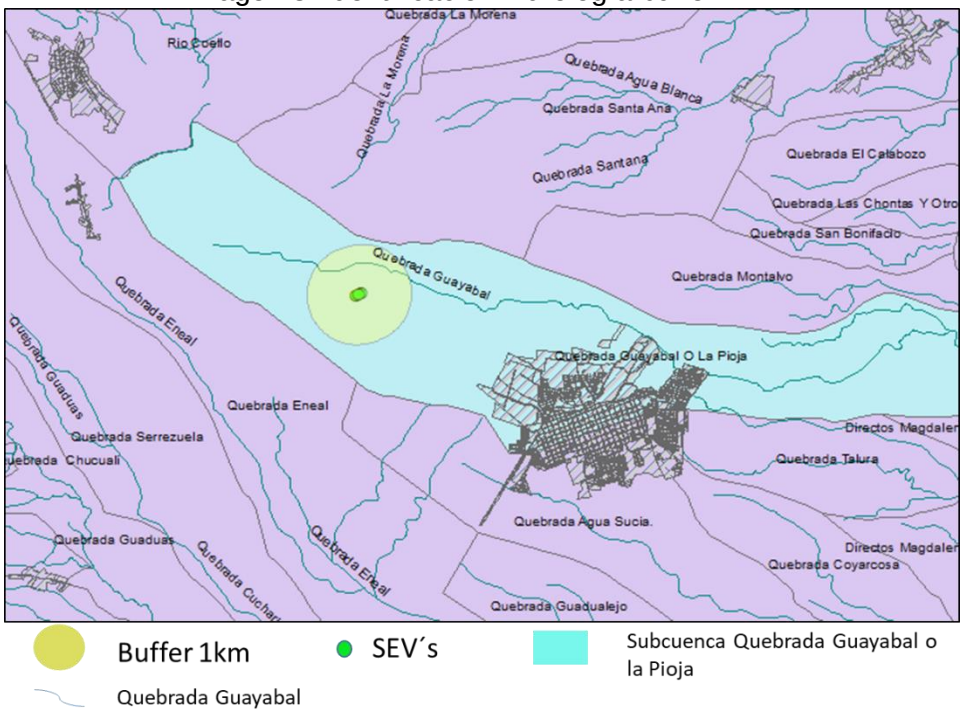
2.3.3. Datos técnicos de fuentes hídricas superficiales.

La zona de estudio donde se llevaron a cabo los Sondeos eléctricos verticales pertenece a la cuenca del río Luisa y otros directos al Magdalena, cuenca ordenada por la corporación de cuencas del Tolima y pertenecientes al área hidrográfica Magdalena – Cauca.

La parte alta de la cuenca tiene unas cotas de comienzo y fin de 3350 m.s.n.m. y 800 m.s.n.m., respectivamente. Para la parte media de la cuenca, las cotas de los extremos del cauce principal en esa zona son 800 m.s.n.m. y 439 m.s.n.m., respectivamente; y, finalmente, las cotas inicio y fin de la cuenca del río en la parte baja del río son respectivamente iguales a 439 m.s.n.m. y 272 m.s.n.m. (CORCUENCAS, 2014).

Dentro del buffer establecido para el estudio se encuentra la quebrada Guayabal que pertenece a su vez a la subcuenca de nivel III Quebrada Guayabal o la Pioja cuya ubicación hidrografica se relaciona en la siguiente imagen:

Imagen 8 Identificación hidrología buffer 1km



Fuente: (CORCUENCAS, 2014) adaptado por INGEQMA 2022

En la siguiente imagen se encuentra la clasificación de la subcuenca Rio Guayabal o La Pioja junto con su respectiva codificación y características técnicas e hidrográficas.

Tabla 2 Condiciones técnicas de la cuenca de la quebrada Guayabal

Datos técnicos	Unidad	Subcuenca Quebrada Guayabal o La Pioja
Código	-	2118.1.6
Clasificación Nivel I	-	Rio Luisa – Directos Rio Magdalena
Clasificación Nivel II	-	Quebrada Guayabal o La Pioja
Area de la cuenca	Km^2	45.08
Orden de drenaje	m	2
Densidad de drenaje	Km/km^2	0.74
Longitud del cuenca	m	33362.71
	km	33.36
Índice de sinuosidad	-	1.03
Longitud del cauce	km	19.23
Pendiente media del Cauce	%	0.5
Cotas del cauce rio Guayabal	m.s.n.m	Máxima 375 Mínima 275
Patrón de alineamiento	-	Recto

Fuente: (CORCUENCAS, 2014)

2.3.4. Datos técnicos de fuentes subterráneas cercanas

Teniendo en cuenta que el área donde se ubicaron los SEV´s se encuentra en la unidad hidroestratigráfica I1 bajo condiciones de acuífero libres a semiconfinados, en la siguiente tabla se relacionan las condiciones técnicas con mayor relevancia de las fuentes subterráneas de la zona.

Tabla 3 Condiciones técnicas de las fuentes de agua subterráneas

Dirección de flujo regional	Zona de recarga y descarga	Recarga hídrica potencial	Zonas de descarga
La dirección de flujo superficial predominante a nivel regional es de Occidente a Oriente	se efectúa principalmente de manera directa por precipitación y en menor proporción por interconexión hidráulica con los principales cuerpos	Método de Ceerturvedi: 237 mm/año Método de Sehgal: 436 mm/año	Para esta cuenca las zonas de descarga corresponden al río Luisa y otros directos al Magdalena en la parte alta y media

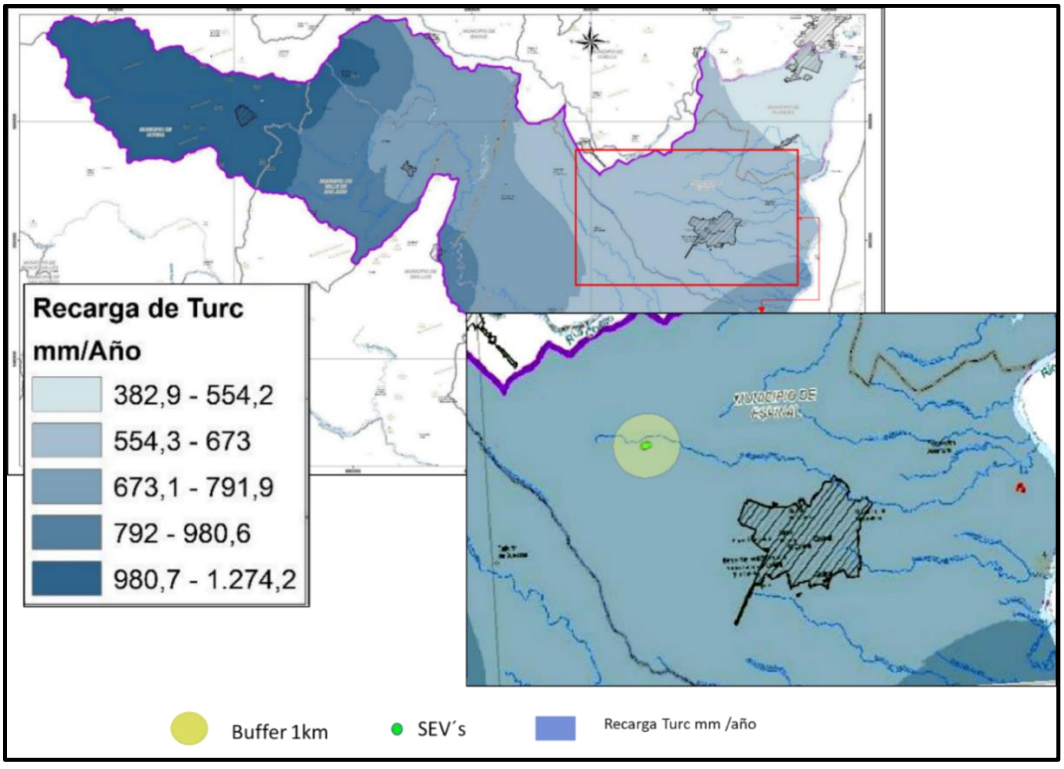
	hídricos existentes alrededor en la zona.	Método de Turc: 766 mm/año	de la cuenca y en la parte baja de la cuenca el río Magdalena.

Fuente: (CORCUENCAS, 2014)

Del documento Fase de Diagnóstico - Hidrogeología del POMCA Rio Luisa y otros directos al Magdalena se concluye respecto a la recarga hídrica de los acuíferos de la cuenca lo siguiente: “De las expresiones evaluadas se observa, que la de Ceerturvedi tiende a ser la más conservadora con valores de recarga que oscilan entre el 13.5% y el 16% con respecto a los valores de precipitación con un promedio de 237 mm al año, mientras que la expresión de Turc muestra los valores más altos que varían entre el 32% y 60% en relación con los valores de precipitación, con un promedio de 766 mm al año; sin embargo, la expresión de Sehgal, muestra valores con una media de 436 mm al año con variaciones en referencia a la precipitación que van desde 24% a 30%”.

De esta forma se relaciona en la imagen a continuación los resultados obtenidos con el método Turc respecto al buffer de 1km de la zona de estudio la cual contempla una recarga hídrica potencial de 554.3 a 673 mm/año.

Imagen 9 Identificación condiciones técnicas de fuentes de agua subterránea buffer 1km



Fuente: (CORCUENCAS, 2014) adaptado por INGEQMA 2022

2.3.5. Mapas - Aerofotografías (IGAC) del área de estudio

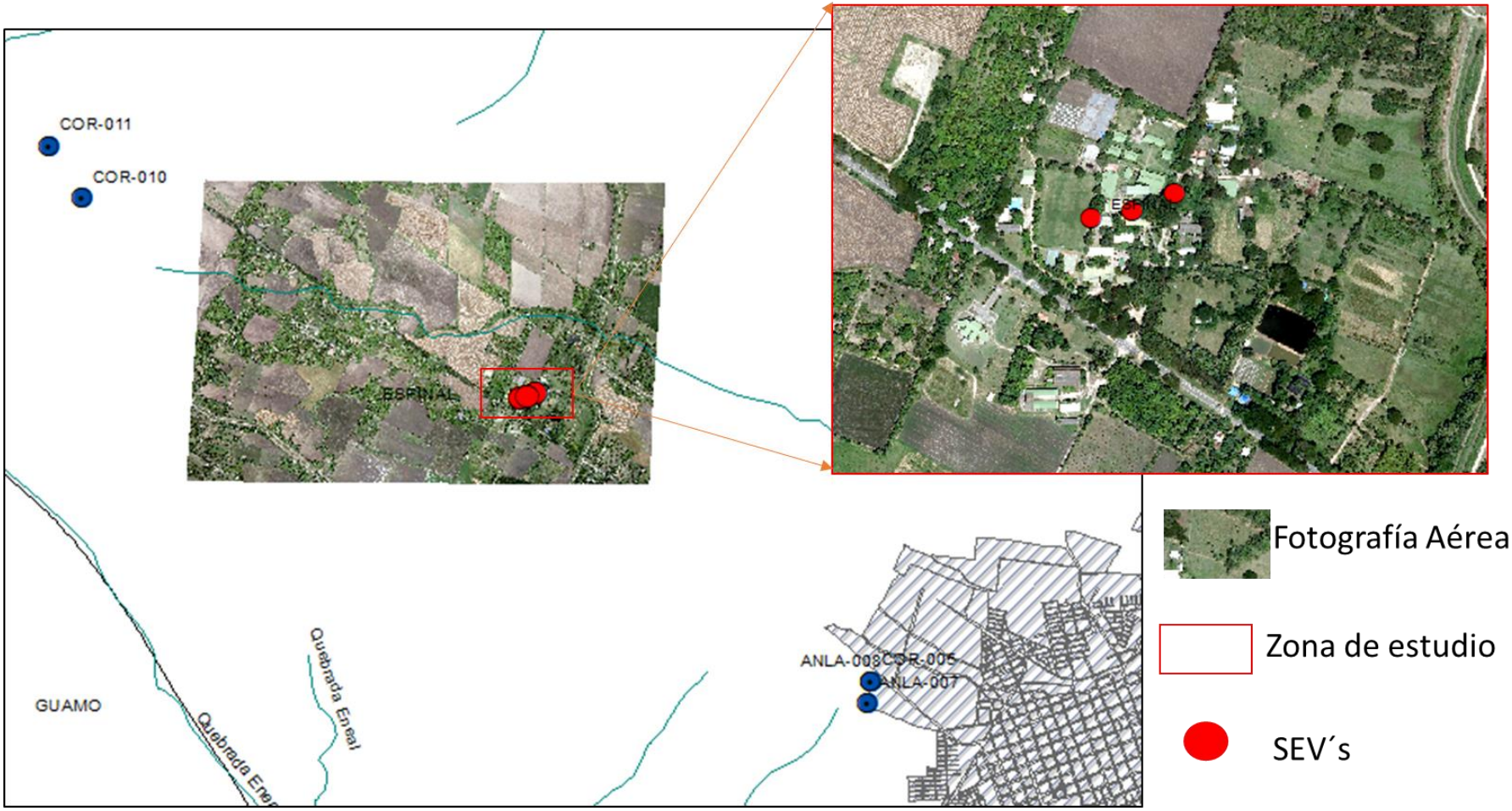
En la siguiente tabla se relaciona la información de la fotografía aérea correspondiente a la ubicación de la zona de estudio. La imagen se encuentra como anexo 2 del presente informe.

Tabla 4 Información técnica Fotografía Aérea

Fecha	19/10/2013	Norte	953484.501
Sensor	ULTRA CAM	Este	904601.585
Espectro	Multiespectral	Altura	4015.943
Resolución espectral	4	Ángulo Omega	4.80433
Bandas	RGBN	Ángulo Phi	-1.94634
Resolución espacial (m)	0.3	Ángulo Kappa	88.78787
Resolución radiométrica (bits)	8	Porcentaje de sombras	0.00%
Nivel de procesamiento	Primario	Porcentaje de nubes	0.00%
Área	1136.812	Nombre de la imagen	26403019102013-0536
Distancia focal	105.2	Licencia	CC BY 4.0

Fuente: IGAC Consultado 2022

Imagen 10 Fotografía Aérea zona de estudio



Fuente: IGAC - Consultado 2022

3. Estudio Geo-eléctrico para Prospección y Exploración de Agua subterránea.

Se requiere la perforación de un pozo de agua subterránea, para ello se procedió a evaluar el potencial hídrico subterráneo en las áreas de interés del predio Sena La Granja, ubicado en el Km 5 Vía Espinal Ibagué, vereda Dindalito, municipio del Espinal. Por tal motivo se realizó la exploración geoeléctrica por medio de tres (3) Sondeos Eléctricos Verticales con el objetivo de hacer una prospección de la ubicación del recurso hídrico subterráneo.

A continuación se describen los procedimientos generales y el desarrollo del trabajo en campo y complementario, trabajos correspondientes a la exploración geo eléctrica para el centro de formación SENA La Granja

3.1 Metodología

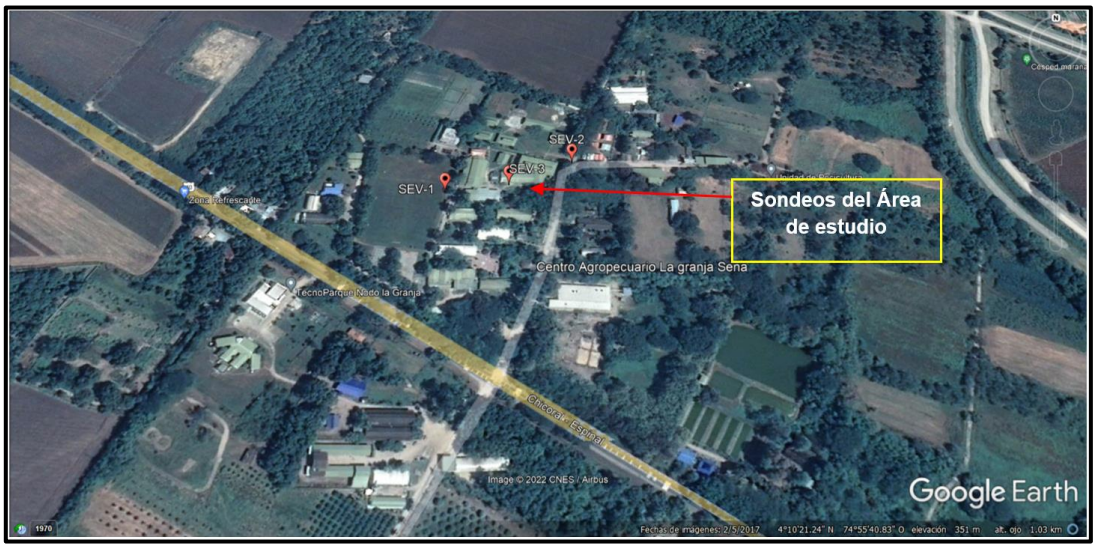
La realización del estudio geoeléctrico se desarrolla de la siguiente forma:

- Toma de información geoeléctrica en campo.
- Recopilación de la información existente.
- Interpretación de curvas de campo.
- Compilación y tratamiento de información hidrológica.
- Análisis hidrogeológico.
- Procesamiento de datos; elaboración del informe final.

3.1.1 Identificación área de estudio

Como trabajo previo a las actividades de campo, la localización del área de estudio se realiza sobre una imagen de satélite de alta resolución y sobre el modelo de elevación digital DEM de la NASA utilizado para el corte topográfico (Figura 1 y 2). El trabajo de campo consiste en un reconocimiento y validación del mapa geológico regional de Ingeominas escala 1:100.000. Con los datos obtenidos, se orientó el dispositivo y se procedió a realizar el trabajo de prospección geoeléctrica, buscando la apertura máxima posible.

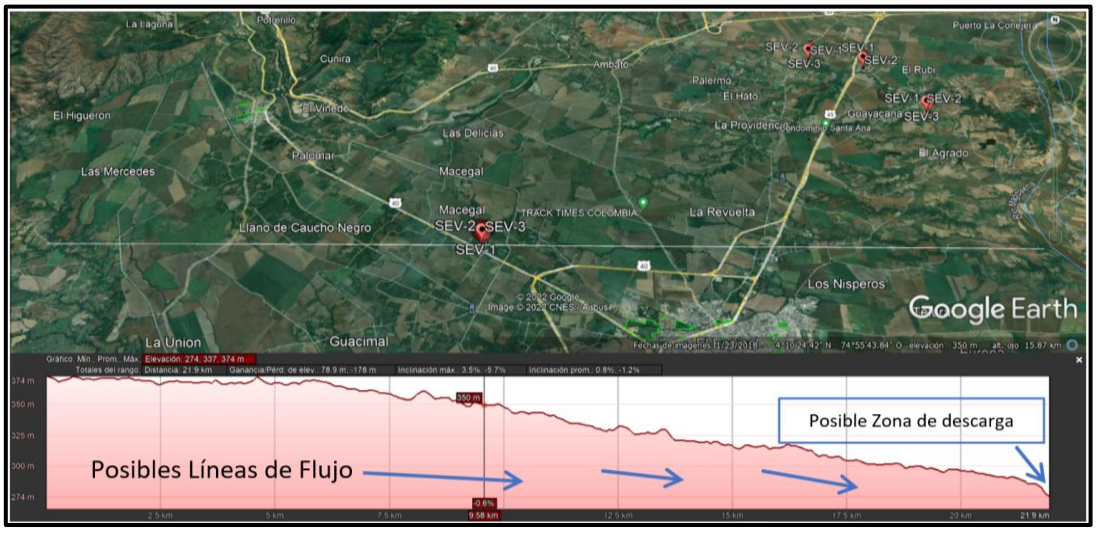
Imagen 11 Ubicación SEV en área de estudio



Fuente: Google Earth. Adaptado por INGEQMA SAS.

Adicionalmente es importante poder observar la topografía del área de estudio y la posible dirección de flujo del agua subterránea, ya que estas características ayudaran a recomendar el mejor punto para realizar la perforación exploratoria. Teniendo esto en cuenta a continuación se observa el corte topográfico del área de estudio:

Imagen 12 Corte topográfico del área de estudio



Fuente: Google Earth. Adaptado por INGEQMA SAS.

En las figuras anteriores se pueden observar las posibles líneas de dirección de flujo del agua subterránea basado en su topografía y de acuerdo a esto también es preciso mencionar que según estos cortes topográficos que provee Google Earth y su sistema del modelo de elevación digital DEM de la NASA. Los puntos de interés se sitúan sobre rocas del Cuaternario, donde la dirección aproximada de las líneas de flujo del agua subterránea del área de estudio es Suroccidente-Nororiente.

3.2 Prospección Geoelectrica

Para la obtención de los valores en campo se hace uso del equipo Geosystem CR3 empleado para la recolección de los valores de corriente y voltaje, que serán los empleados para el cálculo de la resistividad. El equipo se observa a continuación en la siguiente figura:

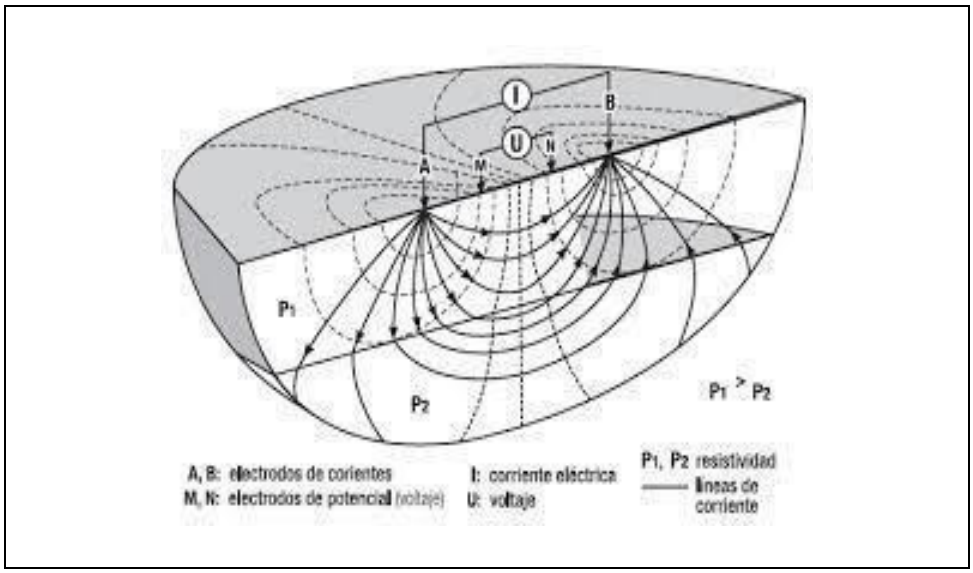
Imagen 13 Registro fotográfico del equipo Geosystem.



El método de prospección geoeléctrico se realiza mediante sondeos eléctricos verticales, referenciados como S.E.V, los cuales tienen como finalidad determinar la resistividad del suelo a diferentes profundidades, para así establecer la composición litológica del mismo induciendo corriente eléctrica continua mediante dos electrodos de corriente (A y B) ubicados según el arreglo de Schlumberger conectados a un amperímetro midiendo la diferencia de potencial mediante los dos electrodos restantes (M y N) conectados a un multímetro.

La profundidad a la cual se obtiene información es proporcional a la distancia a la cual se ubican los electrodos en el sondeo, aumentando así la confiabilidad del mismo a la distancia entre A y B ser mayor. Lo anterior se puede observar en la siguiente figura:

Imagen 14 Prospección Geoeléctrica. Diagrama teórico.



Para hallar el valor de la resistividad aparente (R), se emplea la siguiente ecuación:

$$\mathbf{R\ (resistividad\ aparente)} = \frac{\Delta V}{I} * K$$

Donde:
R=Resistividad (ohm/m).

V= Voltaje (V).

I= Corriente (A).

K = Constante definida por la separación entre electrodos.

3.2.1 Leyes Que Limitan Los Estudios Geoelectricos

Lo resultados están sujetos a variaciones según las características litológicas de la zona en la cual se esté realizando el estudio. Algunas de estas posibles variaciones se mencionan a continuación:

3.2.1.1 Ley De La Equivalencia

Capas delgadas o de poco espesor que presentan valores altos de resistividad puede afectarse por una capa de mayor espesor y más bajo valor de resistividad, sin embargo, este tipo de anomalías puede solucionarse mediante el conocimiento detallado de la estratigrafía de la zona.

3.2.1.2 Ley De La Supresión De Capas

En áreas donde se presentan alternancias de capas de gran espesor y valores de resistividad alta pueden “suprimir” capas de poco espesor e interpretarse como una sola capa. Este fenómeno se incrementa a medida que se investiga una mayor profundidad en este caso es importante consultar registros eléctricos que se hayan tomado en el área de estudio.

3.2.1.3 Efectos De La Inclinación Del Basamento

Se puede presentar en zonas donde capas con altos ángulos de buzamiento se presenta cubiertas por sedimentos sueltos o poco consolidados.

4. Resultados de la Prospección y Exploración

4.1. Estratigrafía del suelo con una descripción litológica de la roca, el contenido de agua y su composición química

En la interpretación de los datos de campo de los SEVs se realizó aplicando la versión libre del software ipi2win 3.0, a partir de las curvas de resistividad generadas se consultó la geología e hidrogeología del sector para poder recomendar los sitios más adecuados para la exploración de aguas subterráneas mediante la perforación de un pozo profundo.

La información obtenida de los SEV´s nos permite interpretar el tipo de litología (material geológico) que se encuentra en el subsuelo teniendo como base esencialmente los valores de resistividad, esta información conjuntamente con la información geológica y sondeos realizados por la firma en zonas cercanas nos permite concluir lo siguiente:

- Los suelos son de tipo residual de textura predominantemente limosa.
- Un análisis conjunto de los tres sondeos permite definir una secuencia homogénea hasta una profundidad de 50 metros aproximadamente, constituida esencialmente por areniscas, limolitas y arcillolitas.
- Presentan valores de resistividad bajos a moderados lo que indica una la presencia de materiales de granulometría fina a media.
- Bajo los depósitos Cuaternarios es probable que se encuentre el Grupo Honda.

4.2. Geoquímica Del Área De Estudio

El área de interés está conformada por grandes depósitos cuaternarios: Estos corresponden al Abanico Espinal y al Abanico Guamo (Ingeominas 2011), además de una tercera unidad litológica llamada; Grupo Honda.

Para conocer la composición química de las rocas presentes en el área de estudio, es fundamental tomar muestras de campo “insitu”, enviarlas al laboratorio, para análisis de composición química o atómica especializados. Por esta razón; se dará una breve descripción de la composición mineralógica, basado en un estudio previo y que corresponde a la descripción de sedimentos activos, tomados en donde afloran dichas formaciones geológicas en el sector de interés (Ingeominas 2011).

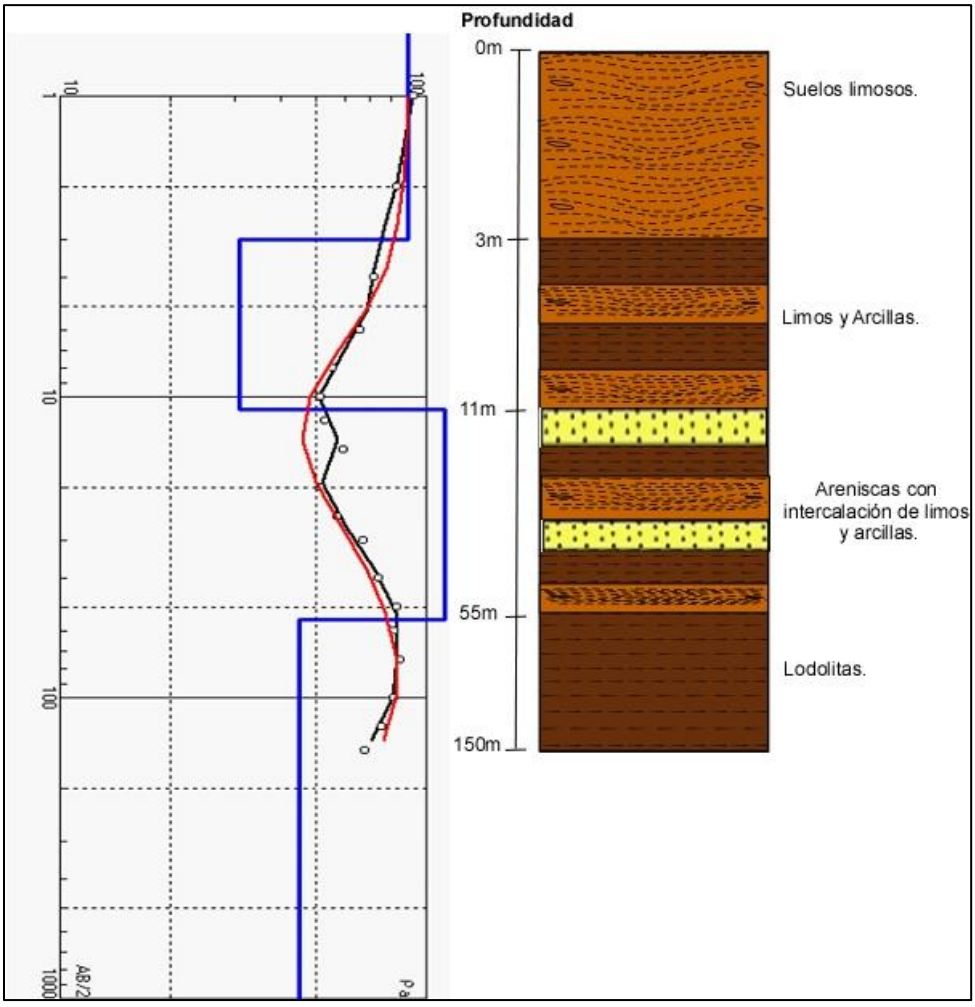
Abanico de Espinal y Guamo:

Formado por bloques, gravas, arenas y lodos; en los cuales están presentes el cuarzo SiO_2, feldespato (K, Na, Ca, Ba, $(NH)_4$) $(Si, Al)_4O_8$, fragmentos líticos, material volcánico, micas, minerales ferruginosos y posible magnetita (Ingeominas 2011).

Grupo Honda:

Formado por bloques, gravas, arenas y lodos; en los cuales están presentes el cuarzo (SiO_2), feldespato (K, Na, Ca, Ba, NH_4) $(Si, Al)_4O_8$, fragmentos líticos, material volcánico, micas, minerales ferruginosos, óxidos de hierro y posible magnetita y en algunos sectores se encontró pirita (Ingeominas 2011).

Imagen 15 Aproximación de Columna Litológica esperada para el sondeo recomendado con mayor potencial hidrico subterraneo (SEV-3).

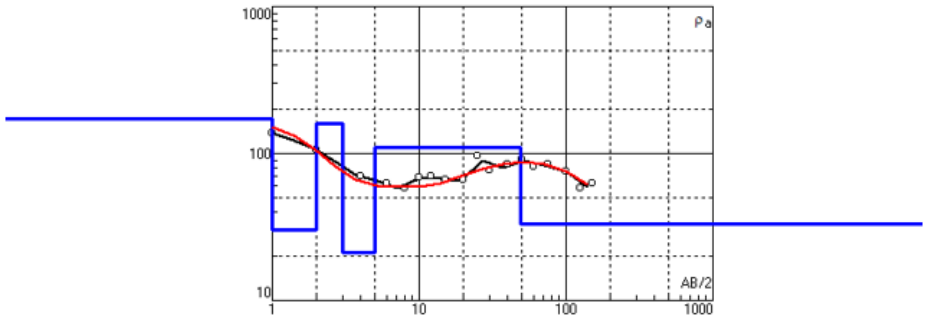


Fuente: INGEQMA SAS 2022

4.3. Resultados de la interpretación geo-eléctrica y el inventario de puntos de agua subterránea

En las siguientes imágenes se presentan las curvas obtenidas con su respectiva interpretación.

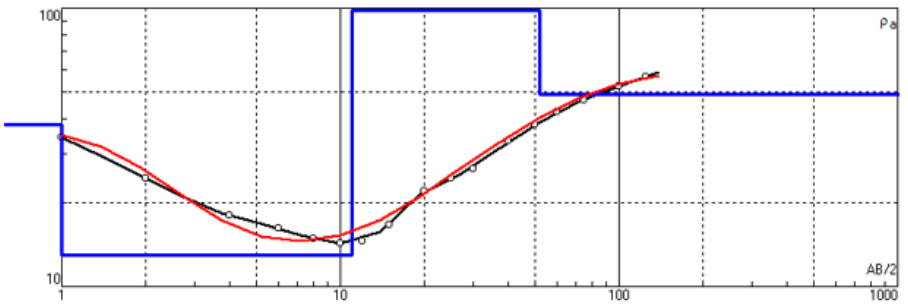
Imagen 16 Resumen SEV 1



INTERPRETACIÓN SEV-1				Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				Este: 905470 m	Norte: 953297 m
Capa	**Espesor (m)**	**Profundidad leída (m)**	**Resistividad (ohm.m)**	**Interpretación litológica**	
1	1	0-1	171	Suelos limosos arenosos.	
2	1	1-2	30	Limos.	
3	1	2-3	160	Arenas con intercalación de limos y arcillas	
4	2	3-5	21	Arcillas y Limos.	
5	44	5-49	110	Areniscas de grano fino e intercalaciones de arcillas y limos.	
6	-	49-Indeterminado	33	Lodolitas.	

Fuente: INGEQMA 2022

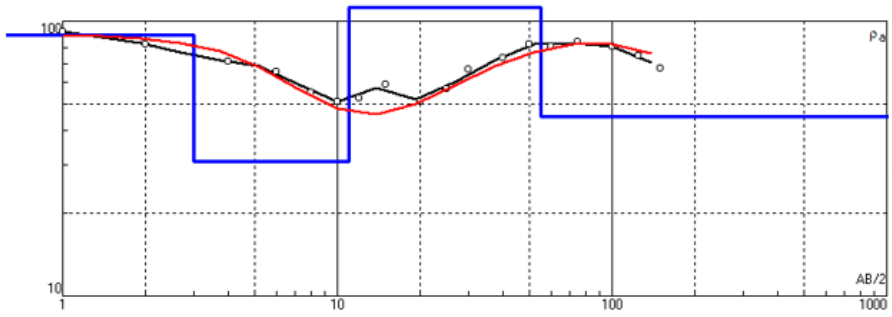
Imagen 17 Resumen SEV 2



INTERPRETACIÓN SEV-2				Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				Este: 905591 m	Norte: 953334 m
Capa	**Espesor (m)**	**Profundidad leída (m)**	**Resistividad (ohm.m)**	**Interpretación litológica**	
1	1	0-1	38	Suelos limosos.	
2	10	1-11	13	Limos y arcillas.	
3	41	11-52	98	Areniscas con intercalación de limos y arcillas.	
4	-	52-Indeterminado	49	Lodolitas.	

Fuente: INGEQMA 2022

Imagen 18 Resumen SEV 3



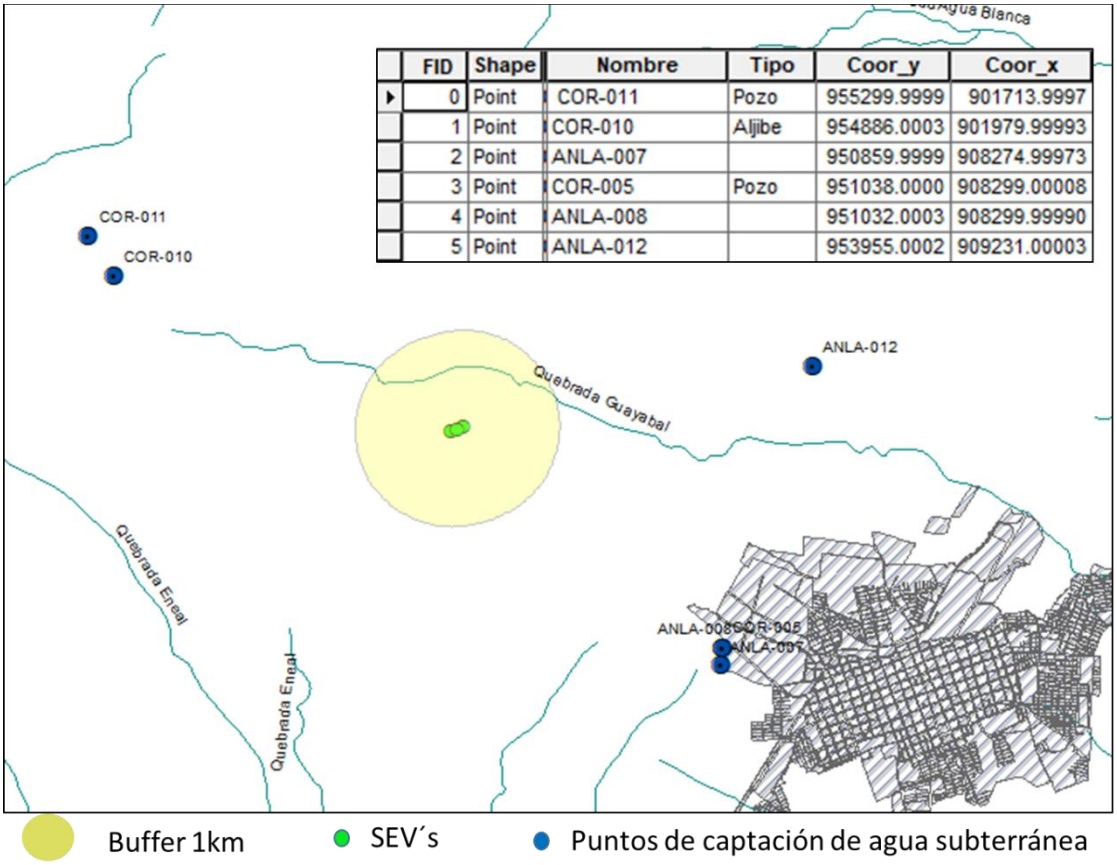
INTERPRETACIÓN SEV-3				Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				Este: 905530 m	Norte: 953307 m
Capa	**Espesor (m)**	**Profundidad leída (m)**	**Resistividad (ohm.m)**	**Interpretación litológica**	
1	3	0-3	89	Suelos limosos.	
2	8	3-11	31	Limos y arcillas.	
3	44	11-55	124	Areniscas con intercalación de limos y arcillas.	
4	-	55-Indeterminado	45	Lodolitas.	

Fuente: INGEQMA 2022

Pozos de agua subterránea existentes en la zona

De los expedientes del ANLA y de CORTOLIMA se logra obtener información referente a inventario de puntos de captación de agua subterránea (pozos, aljibes, entre otros), de esta forma apoyados en el documento de ordenación de la cuenca Rio Luisa y otros directos al Magdalena se obtienen en la siguiente imagen los puntos de captación más cercanos al área de estudio.

Imagen 19 Identificación puntos de captación de agua subterránea cercanos al área de estudio



FID	Shape	Nombre	Tipo	Coor_y	Coor_x
0	Point	COR-011	Pozo	955299.9999	901713.9997
1	Point	COR-010	Aljibe	954886.0003	901979.99993
2	Point	ANLA-007		950859.9999	908274.99973
3	Point	COR-005	Pozo	951038.0000	908299.00008
4	Point	ANLA-008		951032.0003	908299.99990
5	Point	ANLA-012		953955.0002	909231.00003

Fuente: (CORCUENCAS, 2014) adaptado por INGEQMA 2022

4.4. Conclusiones Y Recomendaciones Exploración

- Si desea explotar estas unidades geológicas se recomienda la perforación exploratoria de un pozo aproximadamente de 60 m de profundidad (más o menos 10 es decir entre 50 y 70) con un diámetro de 12 1/4” y un entubado de 6” de PVC-RDE21. Finalmente completar el pozo con una longitud aproximada de 18 metros de tubería ranurada (filtros). La decisión de llevar a cabo la perforación del pozo profundo para extraer aguas subterráneas será asumida por el cliente o propietario del predio.

- En caso de que se decida realizar la perforación se recomienda que sea en las cercanías al SEV-3 (E:905.530; N:953.307), en una ronda de aproximadamente 30 metros. Procurando que sea en la cota altitudinal más baja posible y respetando la distancia de ronda hídrica de los cuerpos de agua superficiales y de los puntos de extracción de aguas subterráneas, que son 30 m y 100 m respectivamente.

- La profundidad final del pozo será basada en las muestras de cortes que se deben tomar durante la perforación y que se recomienda extraer cada metro. Es decir, dependiendo del potencial de aporte hídrico (porosidad de la roca), de las muestras obtenidas a una profundidad de aproximadamente 50 metros en adelante, se decidirá si es viable o no continuar la perforación hasta una profundidad aproximada de 70 metros.

- De acuerdo con los resultados obtenidos de la lectura de campo de los SEV’s el espesor del sistema acuífero y los requerimientos de caudal, se elabora el pre diseño de un pozo exploratorio de sesenta (60) metros de profundidad (Ver figura 10).

- Los cortes de perforación metro a metro se deberán comparar con los registros eléctricos de pozo, para de esta manera obtener un diseño final del pozo, que aportará la ubicación de los filtros que dará una mayor eficiencia al pozo.

- Los primeros 6 m de perforación deben revestirse con un sello sanitario para evitar la contaminación de los acuíferos.

- Con la información obtenida en la fase exploratoria y con la prueba de bombeo a hueco abierto con inyección de aire comprimido, podemos calcular un promedio de producción de agua de la captación de los acuíferos detectados en el área de la perforación y su calidad. Una vez definido la capacidad de la producción del pozo profundo, se procede con el ensanchamiento en el diámetro, según lo propuesto en el pre diseño inicial del pozo o también dependerá del diámetro de la tubería requerida en la producción de agua de los acuíferos detectados en esta zona de perforación.

- Después de lavado y desarrollado el pozo debe tomarse una muestra de agua para determinar calidad y tratamiento, de acuerdo con la actividad que se planea desarrollar.

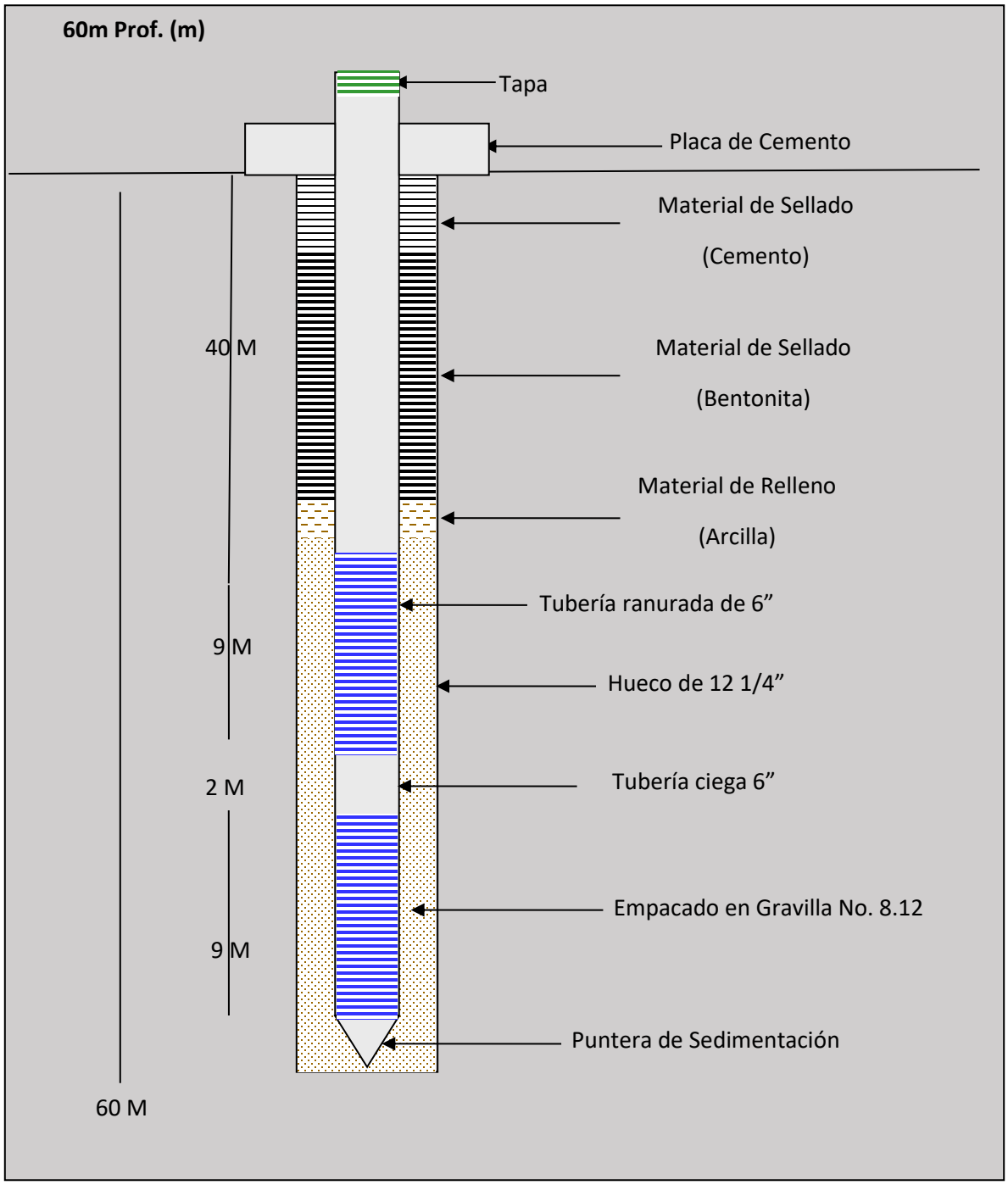
- De acuerdo con la legislación colombiana y el decreto 1541 de 1978 (julio 26), Republica de Colombia del ministerio de agricultura. por el cual se reglamenta la parte III del libro II del decreto – ley 2811 de 1974: "de las aguas no marítimas" y parcialmente la ley 23 de 1973. capitulo II – aguas subterráneas. sección i. exploración. según artículo 146 al 165. para la exploración del agua subterráneas y la construcción de un pozo profundo es necesario tramitar un permiso ante la corporación autónoma regional (CAR) de cada región, en donde se quiera realizar una exploración. estos permisos son netamente diligenciados por el propietario del área a intervenir.

- El estudio geoeléctrico es un método de análisis indirecto, el cual a través de la toma lecturas de resistividad eléctrica y su posterior interpretación mediante un software, el cual se usa para determinar de manera aproximada la litología presente en el área de estudio, más no para establecer el caudal de explotación del recurso hídrico subterráneo que puede brindar un pozo profundo en dicha área. Es decir, para determinar los caudales de explotación se debe realizar una prueba de bombeo, una vez el pozo se haya terminado (en caso tal de que se decida perforar); hasta estas instancias no existe completa certeza del caudal hídrico subterráneo que se podría obtener de un pozo en este lugar.

4.5. Planos detallados y a escala adecuada necesarios para la construcción del pozo.

Imagen 20 Pre-diseño del pozo a 60 m* (SEV-3)

*El diseño final será determinado por el registro eléctrico de pozo



5. SISTEMAS DE PERFORACION

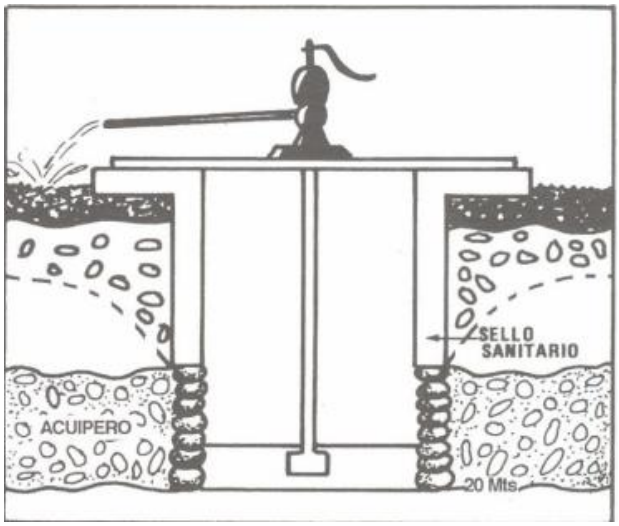
5.1 Métodos de perforación de pozos de agua

Los métodos de perforación de pozos más utilizados en nuestro medio son: Excavación manual, percusión y sistemas de rotación

5.1.1 Excavación manual

Generalmente se llevan a cabo para captar el primer nivel de aguas subterráneas que se encuentra en el subsuelo. Se les llama aljibes y se construyen en diámetros entre uno y dos metros, revestidos con ladrillo, tubería de cemento o concreto. Se utilizan para uso doméstico en la zona rural. El agua se extrae con una pequeña bomba o con balde.

Imagen 21 Pozo de excavación Manual



Fuente: (SENA, 1999)

5.1.2 Método de percusión

Este sistema utiliza una máquina de percusión mecánica y en la que se perfora con herramientas de cable, levantando y dejando caer una pesada sarta dentro del hueco. El barreno o broca que va en la punta inferior de la sarta, tritura la roca dura y la convierte en pequeños fragmentos. Estos fragmentos se mezclan con el agua existente en las capas que se van atravesando formando un lodo, el cual es retirado periódicamente con una cuchara para que la perforación avance en forma normal. Esta cuchara es simplemente un tubo hueco con una válvula de retención, se sube y baja por medio de un cable de acero. Con esta cuchara se sacan las muestras de los materiales perforados a medida que se va profundizando. En la figura se observa

un equipo de percusión. Este sistema se utiliza especialmente en rocas duras donde los otros sistemas tienen muchas limitaciones. También se utiliza en rocas o formaciones suaves pero con especial cuidado puesto que el fuerte golpeteo de la herramienta produce derrumbes en zonas inestables por lo que es necesario ir entubando el pozo en la medida en que avance la perforación. (SENA, 1999).

5.1.3 Método de rotación

El método de perforación por rotación consiste en perforar un hueco mediante la acción rotatoria de una broca y remover los fragmentos perforados con un fluido que se hace circular a medida que la perforación avanza.

Este sistema se utiliza para el diámetro medio-grande y trabajos de perforación de profundidad bajo mediano.

La acción se lleva a cabo mediante herramientas de percusión por cable de tres tipos principales:

- Cuchara utilizada en la ausencia de agua;

- Las sondas o cucharones, utilizados en suelos compactos o sueltos mediano y en presencia de agua;

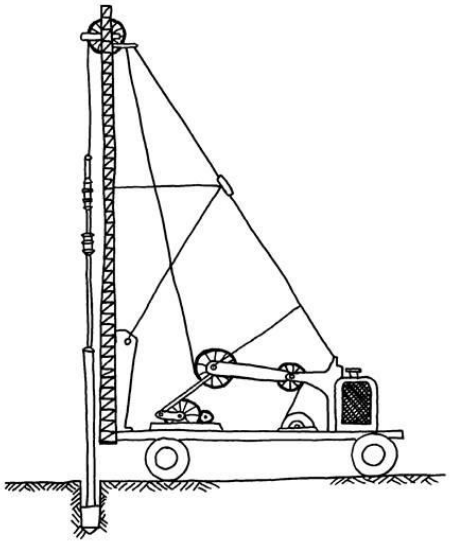
- Trépanos, utilizados en terrenos compactos.

La herramienta debe ser conectada al cabrestante de caída libre a través de un cable de acero y se eleva y se deja caer a la parte inferior del pozo repetidamente. Después de un avance adecuado la perforación y a intervalos regulares, la herramienta se extrae del pozo y el material perforado eliminado.

Si el suelo es inconsistente, el agujero debe ser estabilizada mediante la introducción de las tuberías temporales o permanentes. La tubería se puede instalar por cualquier sistema rotatorio, empuje directo o métodos de percusión.

La tecnología de percusión cable se puede utilizar para todos los suelos aluviales flojos, incluidas las rocas y cantos rodados. También se puede utilizar para formaciones consistentes. En este caso, sin embargo la velocidad de avance se reduce significativamente. (Yepes V, 2014)

Imagen 22 Sondeo a percusión con cable



Fuente: (Yepes V, 2014)

Como ventajas más importantes de este sistema de perforación es el empleo de maquinaria de coste moderado, la simplicidad de las operaciones, la necesidad de poco personal, el escaso consumo de agua, no usar lodos o mezclas tixotrópicas y la consecución de diámetros importantes de perforación

5.1.4 Método de rotación circulación directa

El método de rotación mediante circulación directa utiliza como fluido o líquido de perforación lodo bentonítico, que es una mezcla de agua y bentonita (arcilla) que adquiere ciertas características de viscosidad y densidad durante la perforación y tiene como función transportar en suspensión a la superficie los fragmentos o sedimentos perforados, forma una costra de lodo en las paredes del pozo para ir sellándolo y evitar derrumbes en zonas inestables

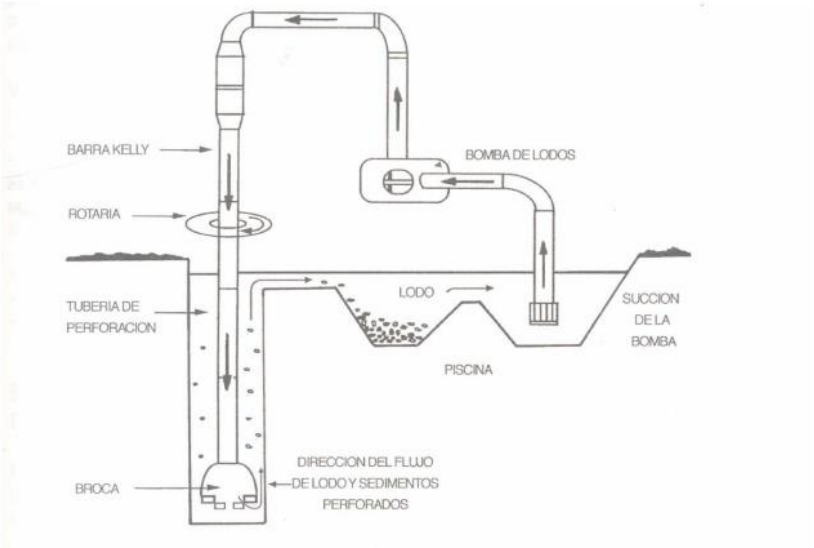
Se prepara el lodo en una piscina excavada en el suelo, cuando ya adquiere la viscosidad adecuada, se extrae con una bomba de lodos de pistón de alta presión y se inyecta a través de la tubería de perforación que tiene en su borde inferior una broca ticónica, tipo "piña" que es la que perfora las capas del subsuelo. Esta broca tiene unos orificios por donde sale el lodo, refrigerándola, luego este sube verticalmente por el espacio anular entre el hueco perforado, que es del mismo diámetro de la broca que se esté usando, y la tubería de perforación, sale a la superficie y descarga a una piscina llamada de sedimentación donde se depositan los sedimentos perforados. Por rebose el lodo sale y cae a la piscina de succión de

donde se vuelve a bombear nuevamente continuando su circulación en el circuito. Las muestras de las capas perforadas se toman en la boca del pozo con una canastilla. Se colectan metro a metro se lavan y se almacenan en bolsas numeradas conforme a su profundidad para levantar el perfil litológico del pozo. (SENA, 1999)

Ventajas: • Se puede utilizar en cualquier tipo de roca o formación. • El lodo controla bien la estabilidad de las paredes del pozo. • No tiene límites de profundidad, depende de la capacidad del equipo de perforación.

Desventajas: • Se debe perforar el mismo hueco en diámetros crecientes. Varias ampliaciones dentro del mismo hueco. • Hay que extraer totalmente el lodo de perforación porque sella los acuíferos. • Desarrollo más exigente y costoso. • El muestreo es más exigente.

Imagen 23 Perforación con rotación directa – circulación del lodo



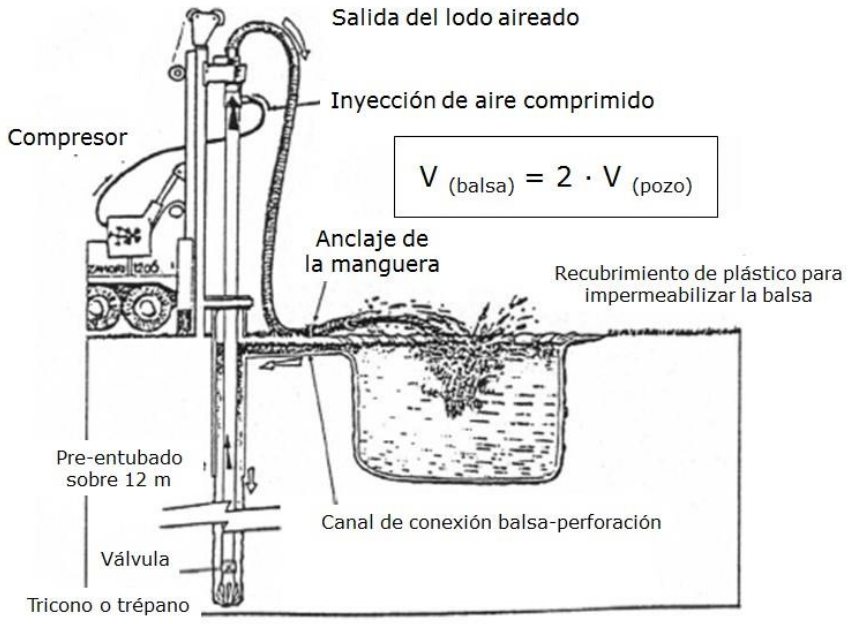
Fuente: (SENA, 1999)

5.1.5 Método de rotación circulación inversa

En este método el fluido y el material se eleva por el interior del varillaje. En este caso se mantiene inundada la perforación, siendo el ascenso del material por depresión o por inyección forzada. Se emplea también con martillos en fondo. Este método tiene interés en formaciones relativamente blandas poco permeables, con fisuración débil, poco abrasivas y de paredes estables (arcillas, algunas

formaciones yesíferas y sales potásicas, por ejemplo). Es un método seguro, pero más caro, aunque mejora la limpieza del sondeo, recupera detritus de mayor tamaño y aumenta la velocidad de perforación. Normalmente se emplea un sistema de doble pared, es decir, dos tubos concéntricos: por la cámara exterior se inyecta el fluido y por la interior asciende. (Yepes V, 2014)

Imagen 24 Esquema de instalación en circulación inversa



Fuente: (Yepes V, 2014)

5.2 Método recomendado teniendo en cuenta los estudios realizados y las personas idóneas para estos trabajos con un perfil profesional.

Conforme las recomendaciones dadas en el documento "ESTUDIO GEOELECTRICO PARA IDENTIFICACION DE ACUIFEROS Y DEFINIR ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE UN POZO PROFUNDO PARA CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL PREDIO SENA LA GRANJA - MUNICIPIO DE ESPINAL, TOLIMA", donde indican que en el caso de que se decida realizar la perforación se recomienda que sea en las cercanías al SEV-3 (E:905.530;

N:953.307), en una ronda de aproximadamente 30 metros. Procurando que sea en la cota altitudinal más baja posible y respetando la distancia de ronda hídrica de los cuerpos de agua superficiales y de los puntos de extracción de aguas subterráneas, que son 30 m y 100 m respectivamente.

Bajo esas condiciones y teniendo en cuenta los estudios realizados se concluye que la mejor alternativa para la perforación del pozo es por el método de circulación directa

Las especificaciones y detalles del pozo se encuentran en el numeral 4.5 del presente documento

5.3 Recomendaciones sobre el área necesaria para realizar los trabajos de perforación y cual es tratamiento del sitio para la perforación en su momento.

Los siguientes procedimientos se basan en las recomendaciones generales impartidas para la perforación de pozos de agua de las guías de Perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Organización panamericana de salud y servicio nacional de aprendizaje-GUIA RAS-007.

a) Instalación de equipos de perforación en el sitio

Inicialmente se debe hacer la construcción y el montaje de los equipos y en seguida se procede con la instalación en el lugar donde se decide perforar. Esto incluye el anclaje de la torre de perforación, la instalación de la manija, los tubos de perforación y las brocas; seguidos de la instalación de la bomba de lodos con la manguera de inyección.

b) Montaje y anclaje de la torre

Se hace el empalme de todas las partes construidas anteriormente en el lugar donde se ha decidido perforar se resaltando que debe quedar nivelado y aplomado la estructura principal, con sus anclajes respectivos, se debe de asegurar la estructura por medio de tensores de alambre , acero pues son materiales resistentes a grandes fuerzas. Finalmente se deja fijo y asegurado el sistema de polea.

c) Instalación del sistema de inyección de lodos

La importancia que tiene la instalación del sistema de inyección de lodos es proteger la circulación del lodo que extrae la broca. Evitando un colapso en las paredes del pozo.

Este sistema está compuesto por:

- Dos fosas excavadas en el terreno
- Bomba manual de lodo
- Manguera para inyección de lodo

Para la perforación de las fosas es necesario 50 kg de arcilla para disolver con agua. Esto permite distinguir los cambios de terrenos. Esta técnica se utiliza más cuando se decide perforar en suelos arcillosos. (MAVDT-OPS-SENA, 2003)

Se recomienda para este tipo de extracción manual un operario para realizar la rotación durante la perforación y un operario para accionar la bomba de inyección de lodo. El equipo de trabajo puede estar integrado por cinco y hasta ocho personas.

d) Perforación del pozo

Esta etapa del procedimiento se basa en dos movimientos principales, que son percusión y rotación hasta alcanzar la profundidad recomendada.

e) Después de la perforación

Fase donde se limpia el pozo de lodo y de materiales sobrantes que obstruyan el flujo del lodo. Y fase donde se prepara el entubado del pozo.

DESMONTE DE LOS TUBOS

Finalizado el lavado del pozo, se retiran los tubos de perforación de la siguiente manera.

- Inicialmente se asegura el primer tubo con una prensa de mordaza de cadena para tubería, para evitar su caída dentro del pozo
- Se retira la manguera de inyección de lodo
- Se retira la manija
- Se retira tubo por tubo desenroscándolos, hasta llegar a la broca

ENTUBADO DEL POZO

Se hace con el fin de evitar el derrumbe en las paredes del pozo. Es la fase donde se implanta un sistema hidráulico entre el acuífero y la superficie. Se introduce tubería ranurada o perforada con el fin de que sirva de filtro. Mientras se introduce la tubería es importante tener el flujo de agua limpia constante con la bomba de lodos para evitar la penetración del agua del acuífero a través del filtro.

LIMPIEZA DEL FILTRO

Se hace para remover todos los residuos del pozo y del filtro. Debe hacer con una manguera en el pozo, que esta fijamente asegurada al sistema de encamisado del pozo. Y se introduce agua limpia a presión para limpiar el filtro. 36

ACTIVACIÒN DEL POZO

Se realiza con un tubo de polietileno de ½" o ¾" de longitud suficiente para llegar al fondo del pozo. Se recomienda rellenar con arena gredosa para mantener el agua del pozo limpia. Entre más alto sea la caída más fuerza producirá. Lo que genera que salga buen chorro de agua.

6 Presupuesto

CONSTRUCCION POZO PROFUNDO SENA LA GRANJA - ESPINAL TOL.					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**VLR. UNITARIO**	**VLR. TOTAL**
1	Montaje Piscina de Lodos	Gb	1	$3.000.000,00	$ 3.000.000,00
2	Perforación Mecánica (D=8 1/2")	ML	60	$ 800.000,00	$48.000.000,00
3	Registro Eléctrico ((Potencial Espontaneo – Rayos Gamma Natural – Resistividad)	Gb	1	2.000.000,00	$ 2.000.000,00
4	Perforación y Ampliación del Pozo (D=12 1/2")	ML	60	$ 600.000,00	$36.000.000,00

5	Suministro e instalación de tubería de revestimiento PVC RDE 21 en 6". Lavada con agua potable y previniendo su contaminación antes de su instalación.	m	42	$ 120.531,67	$ 5.062.330,00
6	Suministro e instalación de tubería de filtro o rejilla con ranura de acuerdo al material encontrado. PVC RDE 21 en 6"	m	18	$ 150.000,00	$2.700.000,00
7	Suministro y colocación de filtro de grava en el espacio anular entre la tubería y las paredes de la perforación, y ubicada por debajo del sello sanitario	m3	3	$ 500.000,00	$ 1.500.000,00
8	Suministro e instalación de tubería de extracción PVC RDE 21 en 3"	m	50	$ 48.511,67	$2.425.583,55
9	Suministro e instlación de bomba sumergible, tipo lapicero, 5HP (70m)	Gb	1	$12.000.000,00	$12.000.000,00
10	Cable encauchetado 3x8	m	50	$ 25.000,00	$ 1.250.000,00
11	Cuadro control eléctrico	Gb	1	$ 5.000.000,00	$ 5.000.000,00
12	Suministro de materiales e instalación de sello sanitario (aislante + bentonita + cemento liquido)	Gb	1	$ 500.000,00	$ 500.000,00
13	Protección en pedestal de concreto	Gb	1	$ 500.000,00	$ 500.000,00
14	Prueba de bombeo (48H a Caudal constante)	Gb	1	$ 7.000.000,00	$ 7.000.000,00
15	Transporte equipos y materiales	Gb	1	$10.000.000,00	$10.000.000,00
SUBTOTAL					**$136.937.913,55**
AIU %					**$ 34.234.478,39**
TOTAL					**$171.172.391,94**

7 Anexos

Anexo 1. Registros y lecturas de campo

Anexo 2. Registro fotográfico

7.1 Anexo 1. Lecturas de campo

DATOS SEV-1

DIVISION EXPLORACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
ARREGLO SCHLUMBERGER	
SONDEO:	1

LOCALIZACIÓN:	Sena La Granja						
MUNICIPIO:	Espinal						
Coordenadas Origen: Bogotá		**Este (m):**	905.470				
Datum: Magna Sirgas		**Norte (m):**	953.297				
		Altura:	351 m.s.n.m				
Estación	**MN/2**	**AB/2**	**MN**	**AB**	**Resitancia**	**k Schlumberger**	**Resistividad Aparente (Ohm. - m.)**
1	0,5	1,5	1	3	14,898	6,2832	94
2	0,5	2,5	1	5	3,107	18,8496	59
3	0,5	4	1	8	1,233	49,4802	61
4	0,5	6	1	12	0,584	112,3122	66
5	0,5	8	1	16	0,234	200,277	47
6	0,5	10	1	20	0,175	313,3746	55
7	0,5	12	1	24	0,133	451,605	60
8	0,5	15	1	30	0,075	706,0746	53
9	5	15	10	30	0,973	62,832	61
10	5	20	10	40	0,493	117,81	58
11	5	25	10	50	0,458	188,496	86
12	5	30	10	60	0,251	274,89	69
13	10	30	20	60	0,509	125,664	64
14	10	40	20	80	0,314	235,62	74
15	10	50	20	100	0,219	376,992	83
16	10	60	20	120	0,136	549,78	75
17	10	75	20	150	0,089	867,867	78
18	25	75	50	150	0,268	314,16	84
19	25	100	50	200	0,121	589,05	71
20	25	125	50	250	0,059	942,48	56
21	25	150	50	300	0,045	1374,45	61

Fuente: Trabajo de Campo

DATOS SEV-2

DIVISION EXPLORACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS							
ARREGLO SCHLUMBERGER							
SONDEO:	2						
LOCALIZACIÓN:	Sena La Granja						
MUNICIPIO:	Espinal						
Coordenadas Origen: Bogotá			**Este (m):**	905.591			
Datum: Magna Sirgas			**Norte (m):**	953.334			
			Altura:	352 m.s.n.m			
Estación	**MN/2**	**AB/2**	**MN**	**AB**	**Resitancia**	**k Schlumberger**	**Resistividad Aparente (Ohm. - m.)**
1	0,5	1,5	1	3	5,376	6,2832	34
2	0,5	2,5	1	5	1,273	18,8496	24
3	0,5	4	1	8	0,378	49,4802	19
4	0,5	6	1	12	0,159	112,3122	18
5	0,5	8	1	16	0,070	200,277	14
6	0,5	10	1	20	0,041	313,3746	13
7	0,5	12	1	24	0,031	451,605	14
8	0,5	15	1	30	0,023	706,0746	16
9	5	15	10	30	0,297	62,832	19
10	5	20	10	40	0,175	117,81	21
11	5	25	10	50	0,122	188,496	23
12	5	30	10	60	0,092	274,89	25
13	10	30	20	60	0,226	125,664	28
14	10	40	20	80	0,131	235,62	31
15	10	50	20	100	0,097	376,992	36
16	10	60	20	120	0,074	549,78	41
17	10	75	20	150	0,053	867,867	46
18	25	75	50	150	0,150	314,16	47
19	25	100	50	200	0,083	589,05	49
20	25	125	50	250	0,057	942,48	54

Fuente: Trabajo de Campo

DATOS SEV-3

DIVISION EXPLORACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS							
ARREGLO SCHLUMBERGER							
SONDEO:	3						
LOCALIZACIÓN:	Sena La Granja						
MUNICIPIO:	Espinal						
Coordenadas Origen: Bogotá			**Este (m):**	905.530			
Datum: Magna Sirgas			**Norte (m):**	953.307			
			Altura:	350 m.s.n.m			
Estación	**MN/2**	**AB/2**	**MN**	**AB**	**Resitancia**	**k Schlumberger**	**Resistividad Aparente (Ohm. - m.)**
1	0,5	1,5	1	3	13,166	6,2832	83
2	0,5	2,5	1	5	3,922	18,8496	74
3	0,5	4	1	8	1,333	49,4802	66
4	0,5	6	1	12	0,539	112,3122	61
5	0,5	8	1	16	0,249	200,277	50
6	0,5	10	1	20	0,146	313,3746	46
7	0,5	12	1	24	0,104	451,605	47
8	0,5	15	1	30	0,075	706,0746	53
9	5	15	10	30	0,891	62,832	56
10	5	20	10	40	0,422	117,81	50
11	5	25	10	50	0,295	188,496	56
12	5	30	10	60	0,244	274,89	67
13	10	30	20	60	0,462	125,664	58
14	10	40	20	80	0,271	235,62	64
15	10	50	20	100	0,194	376,992	73
16	10	60	20	120	0,133	549,78	73
17	10	75	20	150	0,088	867,867	77
18	25	75	50	150	0,249	314,16	78
19	25	100	50	200	0,127	589,05	75
20	25	125	50	250	0,076	942,48	72
21	25	150	50	300	0,047	1374,45	65

Fuente: Trabajo de Campo

Nota: Los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) son métodos de exploración indirectos, para estimar la composición del subsuelo, más no es una ciencia exacta. Por lo tanto, se exime de toda responsabilidad al personal involucrado en la realización del presente estudio., teniendo en cuenta que existen factores externos, adversos, de tipo físico que pueden variar o alterar el comportamiento del sistema empleado.

7.2 Anexo 2. Registro fotográfico

SEV-1





SEV-2







SEV-3







GLOSARIO

- **AGUAS SUBTERRÁNEAS:** Agua del subsuelo que ocupa la zona saturada. Son aguas subálveas y ocultas debajo de la superficie del suelo o del fondo marino que brotan en forma natural como los manantiales captados en el sitio donde afloran, o las que se requieren para su alumbramiento obras o estructuras hidráulicas de captación como pozos, aljibes y galerías filtrantes u otras similares.
- **EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (ET):** Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada en las condiciones reinantes atmosféricas y de humedad del suelo, por fenómenos de evaporación y de transpiración de las plantas. (Monsalve. G. 2014).

- **EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (EP):** Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso de que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento. (Monsalve. G. 2014).

- **ARCILLAS:** partículas de tamaño menor a 0.002mm

- **LIMOS:** partículas de tamaño que varía entre 0.002 y 0.05 mm

- **ARENAS:** partículas de tamaño 0.05mm y menor a 2mm

- **GRAVAS:** partículas de tamaño mayor a 2mm

- **SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL, SEV:** es un método empleado en campo para determinar la resistividad aparente a diferentes profundidades del suelo mediante la inyección de corriente eléctrica en el subsuelo y la medición del potencial resultante a través de un arreglo geométrico en campo tipo Schlumberger.

- **AB/2:** Para iniciar el sondeo se colocan los electrodos de corriente a una distancia media (AB/2) de 1.5 m y los electrodos de potencial a una distancia media de 0.5m (MN/2). Esta distancia es a partir de un centro. El aumento de la distancia entre los electrodos significa una penetración mayor de la corriente en el subsuelo, siendo AB/2 la profundidad teórica alcanzada. La distancia entre los electrodos de potencial se amplía cuando la caída de potencial disminuye de tal manera se dificulte su lectura.

- **NIVEL FREÁTICO:** Nivel en el cual la presión del agua en los poros del suelo es igual a la de la atmósfera.

- **NIVEL PIEZOMÉTRICO:** Es la altura que alcanzaría el agua en el interior de un pozo hasta equilibrarse con la presión atmosférica.

Bibliografía

CORCUENCAS, C. d. (2014). *POMCA Rio Luisa y otros directos al Magdalena.*

MAVDT-OPS-SENA. (2003). *Perforación manual de pozos profundos de pequeño diámetro.* Colombia.

SENA. (1999). *PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.* Universidad del Valle: Sena Publicaciones.

Yepes V, P. (2014). *Maquinaria para sondeos y perforaciones.* Valencia España: Apuntes de Universidad Politecnica de Valencia 2009.

Polania, M (2017). Prospección geoeléctrica. Diagrama teórico. (Figura 8)

Servicio Geológico Colombiano. Mapa Geológico de la plancha 264 Espinal.

Monsalve Sáenz, German, (1999). Hidrología en la ingeniería. 2 ed. Bogotá D.C. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Atlas de aguas subterráneas de Colombia. Mapa Unidades Hidrogeológicas. Plancha 5-14. (Ingeominas, 2000)