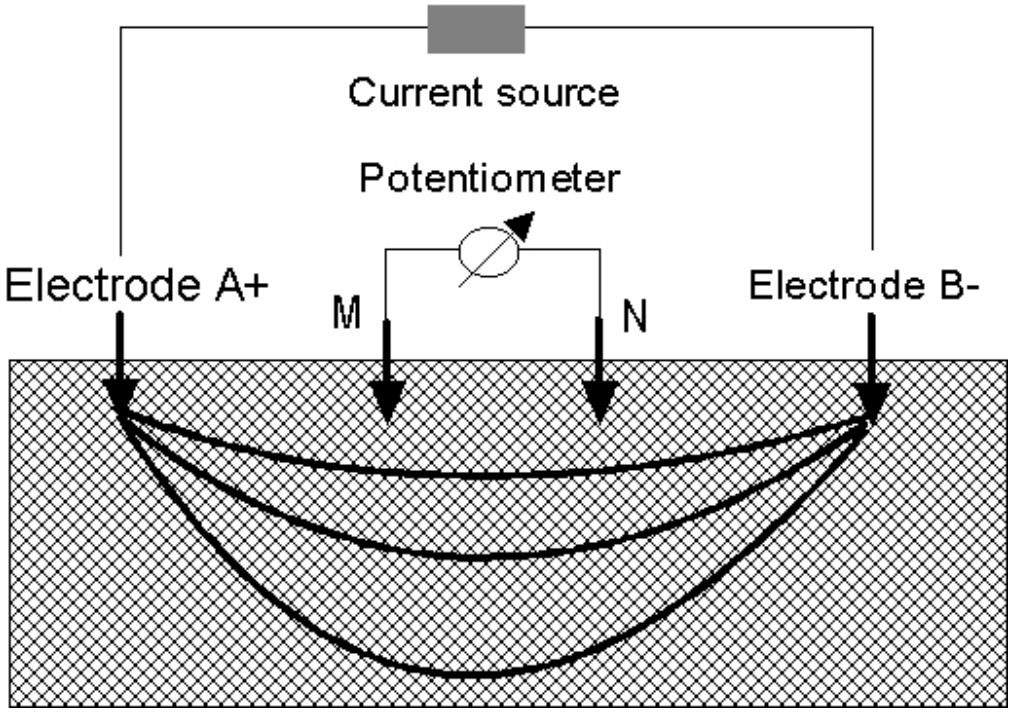
6. GEOFISICA

La prospección geoeléctrica realizada en el marco del convenio 047-2004 ¨Evaluación del Potencial del Agua Subterránea para riego de los Sistemas Acuíferos Cono Aluvial y Llanura Al, Departamento del Cesar¨ fue coejecutada por parte de IDEAM, CORPOCESAR y la GOBERNACION DEL CESAR para conocer la distribución de las resistividades en el subsuelo en sitios específico de interés hidrogeológico y ambiental.

La configuración utilizada para los sondeos es de tipo Schlumberger y el método es conocido como Resistividad Eléctrica, Figura 3

Figura 3. Configuración Arreglo Schlumberger.



mediante el cual se puede conocer los siguientes aspectos;

- Determinar la magnitud de los valores de resistividad y espesor de las unidades geológicas en profundidad.
- Correlacionar litologías asociadas a valores de resistividad, incluyendo la zona no saturada y saturada

La prospección geoeléctrica se inicio con base en el conocimiento adquirido durante el reconocimiento de las unidades geológicas que forman acuíferos en el área de estudio, los resultados del inventario de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales) y la georeferenciación de fuentes potenciales de contaminación).

El levantamiento de los sondeos eléctricos verticales fue tuvo como criterios los siguientes aspectos;

- ✓ Fortalecimiento de los funcionarios de Corpocesar y la Gobernación del Cesar en la adquisición, procesamiento y análisis de los sondeos ejecutados

- ✓ La ubicación de los sondeos se priorizó en sitios cercanos al área de influencia de comunidades que se abastecen con aguas subterráneas, o cerca a obras de saneamiento básico que potencialmente por su manejo se han convertido en fuentes de contaminación al subsuelo.

- ✓ La apertura de los sondeos (electrodos) estuvo determinada por la logística y acceso al sitio seleccionado.

Los sondeos eléctricos verticales fueron ejecutados utilizando un equipo marca ABEM TERRAMETER SAS4000; el cual tiene un panel de acceso que permite a través de un menú adquirir los datos de campo que son almacenados en archivos con extensión *RXP, los cuales están organizados en datos que incluyen valores de resistencia, la distancias entre los electrodos de potencial MN/2 y de corriente AB/2 , al igual que la magnitud del voltaje y la corriente medidos y el porcentaje de error de la resistencia obtenida como un valor de desviación estándar en relación a la mediana.

Los valores de resistividad aparente calculados a partir de los valores de potencial v y corriente I medidos, al igual que de las constante K de cada espaciamiento de electrodo se obtuvieron mediante la utilización de software de interpretación de sondeos eléctricos verticales., Foto 12

Foto 12. Equipo Terrameter ABEM SAS 4000

En total se ejecutaron 84 sondeos eléctricos verticales SEV, oscilando las aberturas de los electrodos (AB/2) entre 80 y 301 metros. Los puntos medidos para cada SEV fueron los siguientes: 1, 1.3, 1.68, 2.18, 2.82, 3.66, 4.74, 5.15, 7.97, 10.33, 13.38, 17.35, 22.49, 29.15, 37.78, 48.97, 63.48, 82.28, 106.6, 138.2, 179.2, 232.2 y 301 metros respectivamente. La distribución anterior permite un mejor trazado de la curva de los sondeos eléctricos verticales.

Foto 13. Disposición de electrodos de potencial y resistividad.

Los archivos generados se grabaron con el código asignado para cada sondeo, en este caso siguiendo un número consecutivo de acuerdo al municipio donde se localizo el SEV.

Posteriormente se graficó las curvas de campo y el modelo de capas obtenido mediante una interpretación matemática indirecta de los sondeos utilizando el software WinSev. El modelo de capas obtenido permite conocer en cada punto las variaciones de la resistividad con la profundidad.

Los sondeos eléctricos que presentaron problemas de ejecución asociados principalmente a perdidas de corriente que originaron valores no confiables en relación a su desviación estándar o por ocurrencia de lluvias con tempestades que ocasionaron su interrupción inmediata por lo que no se presentan sus resultados.

Los resultados de los sondeos eléctricos verticales ejecutados durante este proyecto al igual que los sondeos realizados por Ingeominas (1994) y Tahal (1974), permitieron ubicar los pozos de observación o piezómetros que captan la primera capa acuífera de las formaciones geológicas de gran importancia hidrogeológica para las cabeceras municipales que se abastecen con aguas subterráneas.

6.1 MODELO GEOLOGICO-GEOFISICO

Los sedimentos de origen aluvial que conforman los Sistemas Acuíferos de Llanura y Cono Aluvial de Valledupar forman capas geoeléctricas cuyos valores de resistividad y espesor han permitido diferenciar cuatro capas de interés desde el punto de vista hidrogeológico

El cauce del río cesar conforma un limite a partir del cual los ríos Guatapurí, Calderas, Azucar Bueno, Cesarito transportaron y finalmente depositaron detritus originados de la erosión de los macizos cristalinos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas que afloran y conforman Sierra Nevada de Santa Marta.

Las rocas ígneas que afloran superficialmente y que se extienden en el subsuelo para el área de estudio conforman lo que se conoce como el basamento geoeléctrico, correlacionable con rocas ígneas intrusivas de los batolitos y las rocas volcánicas asociadas, en este caso lo que se conoce como las unidades Granitoides Jurásicos (Jgr) y Volcánico Ignimbriticos (Jvi)

Los Granitoides jurásicos (Jgr) están asociados a rocas intrusivas tipo granodioritas y cuarzomonzonitas. Las rocas volcánicas asociadas a los granitos jurásicos (Jgr) han sido diferenciadas para el área de estudio en el grupo conocido con el nombre de Volcánico Ignimbritico (Jvi), específicamente la Ignimbritas de los Clavos, la cual se expone a lo largo de los Ríos Los Clavos y en las colinas cercanas al perímetro de Valledupar. Corresponde a una brecha

de color negro a gris oscuro, constituida por cristales, fragmentos de cristales, fragmentos de rocas volcánicas y tobas, considerándose de origen volcánico-piroclástico.

Las rocas sedimentarias en el área de estudio corresponden a Formación Guatapurí (TRg) de edad Triásica, la cual aflora en la parte media del río Guatapurí, en el sitio conocido como la Estación. La parte basal es predominantemente volcánica con algunas intercalaciones sedimentarias y la parte superior compuesta por limolitas rojas a violáceas con intercalaciones de rocas volcánicas.

La evaluación de información geoeléctrica disponible de estudios realizados anteriormente, principalmente por la TNO de Holanda para el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria ha permitido correlacionar las unidades roca sedimento que forman acuíferos mencionadas anteriormente con las diferentes capas geoeléctricas definidas.

En el Anexo A se presenta el modelo de capas geoelectricas identificadas , sus rangos de resistividades y espesores y su correlación con la unidad roca sedimento reconocidas en el área de estudio.

Los cortes geofísicos presentándoos a continuación fueron elaborados con base en el conocimiento geológico, los sondeos geofísicos ejecutados durante este proyecto y los ya elaborados en estudios anteriores mencionados anteriormente.(Anexo A)

- ✓ **CORTE GEOFÍSICO 1-1´**

El corte geofísico 1-1' se extiende con dirección noroeste-sureste en el área de estudio y los valores de resistividad se pueden correlacionar con las unidades roca sedimentos aflorantes o que se extienden en el subsuelo, Tabla 3.

Tabla 3. Modelo de capas, resistividad, espesor y unidad geológica para corte 1-1´.

Capa	Resistividad Ohm-m	Espesor M	Unidad Geológica
11	5 a 22	0 8	Sedimentos Aluviales Locales Qal
2	70 -900	10 a 25	Depósito Cono Aluvial Qca
3	32-42	Mayor de 200	Depósito Llanura Aluvial Qlla
4	1000	No definido	Volcánico

		variable	Ignimbritico Jvi
5	70-250	No definido variable	Formación Guatapurí TRg

Se anexa al informe una gráfica representativa del corte 1-1' (ciudad de Vqalledupar), en el que los acuíferos de la llanura aluvial estarían superando los 150 metros de espesoren algunos sectores.

- ✓ **CORTE GEOFÍSICO 2-2´**

El corte geofísico 2-2' se extiende con dirección suroeste-noreste en el área de estudio y los valores de resistividad se pueden correlacionar con las unidades roca sedimentos aflorantes o que se extienden en el subsuelo, Tabla 2.

Tabla 4. Modelo de capas, resistividad, espesor y unidad geológica para corte 2-2´.

Capa	Resistividad Ohm-m	Espesor M	Unidad Geológica
1	120 a 500	0 a 700 m en el subsuelo de los sectores de la cuenca del río Guatapurí	Depósito Llanura Aluvial Qlla y Sedimentos Aluviales recientes Qal.
2	100 -1000	20 a 400	Deposito Cono Aluvial Qca
3	21 a 38 42	200 m en el subsuelo del sector río calderas-cerro la popa > 200 m en el subsuelo del sector cerro la popa-caserío El Javo	Deposito Llanura Aluvial Qlla Deposito Llanura Aluvial Qlla
4	> 900	No definido variable	Volcánico Ignimbritico Jvi
5	70-250	No definido, variable	Formación Guatapurí TRg

CORTE GEOFÍSICO 3-3´

El corte geofísico 3-3' se extiende con dirección suroeste-noreste en el área de estudio y los valores de resistividad se pueden correlacionar con las unidades roca sedimentos aflorantes o que se extienden en el subsuelo, Tabla 5:

Tabla 5. Modelo de capas, resistividad,espesor y unidad geológica para para el corte 3-3´.

Capa	Resistividad Ohm-m	Espesor M	Unidad Geológica
1	1500	0 a 15 localmente en el subsuelo de la subcuenca del río azucar buena	Sedimentos Aluviales recientes Qal.
2	100 -700	20 a 30 m	Deposito Cono Aluvial Qca
2	15 a 17 25 32 a 60	50 a 150 m en el subsuelo de las subcuencas de los río azucar bueno y el río calderas 80 a 150 m en el subsuelo de las subcuencas del río calderas y la quebrada las ovejas > 200 m en el subsuelo del sector quebrada las ovejas-y en el subsuelo de Valledupar hacia la hacienda Panamá.	Deposito Llanura Aluvial Qlla, sector arcilloso Deposito Llanura Aluvial Qlla sector limo arenoso Depósitos Llanura Aluvial Qlla sector arenas y gravas.
4	> 1000	No definido variable	Volcánico Ignimbritico Jvi

- ✓ **CORTE GEOFÍSICO 4-4´**

El corte geofísico 4-4' se extiende con dirección este-oeste en el área de estudio y los valores de resistividad se pueden correlacionar con las unidades roca sedimentos aflorantes o que se extienden en el subsuelo, Tabla 6 :

Tabla 6. Modelo de capas, resistividad,espesor y unidad geológica para para el corte 4-4´.

Capa	Resistividad Ohm-m	Espesor M	Unidad Geológica
2	100	20 a 30 m, localmente sector subsuelo	Deposito Cono Aluvial Qca

	18	quebrada las ovejas. 18 localmente subsuelo Hacienda las garzas	
2	35 a 60	> 200 m sector subsuelo río calderas-arroyo el mamón – subsuelo ciudad de Valledupar y subsuelo cauce río cesar.	Depósitos Llanura Aluvial Qlla sector arenas y gravas.
4	> 1000	No definido variable	Volcánico Ignimbritico, subsuelo sector río calderas.
5	230	No definido variable	Formación Guatapurí TRg

- ✓ **CORTE GEOFÍSICO 5-5¨**

El corte geofísico 5-5' se extiende con dirección norte-sur en el área de estudio y los valores de resistividad se pueden correlacionar con las unidades roca sedimentos aflorantes o que se extienden en el subsuelo, Tabla 7:

Tabla 7. Modelo de capas, resistividad,espesor y unidad geológica para para el corte 5-5´.

Capa	Resistividad Ohm-m	Espesor M	Unidad Geológica
2	18 a 460	20 a 30 m, sector subsuelo áreas urbanas y suburbanas (zona industrial) ubicadas al sur de la ciudad de Valledupar	Deposito Cono Aluvial Qca
2	34 a 56	> 200 m sector subsuelo áreas urbanas y suburbanas (zona industrial) ubicadas al sur de la ciudad de Valledupar	Depósitos Llanura Aluvial Qlla sector arenas y gravas.
4	> 1000	No definido variable	Volcánico Ignimbritico, subsuelo sector ciudad de Valledupar (barrios 12 de octubre y Panamá)
5	150	> 200 en el subsuelo del municipio de Valledupar	Formación Guatapurí TRg

- ✓ **CORTE GEOFÍSICO 6-6'**

El corte geofísico 6-6' se extiende con dirección suroeste-noreste en el área de estudio y los valores de resistividad se pueden correlacionar con las unidades roca sedimentos aflorantes o que se extienden en el subsuelo, Tabla 7:

Tabla 8. Modelo de capas, resistividad,espesor y unidad geológica para para el corte 6-6´.

Capa	Resistividad Ohm-m	Espesor M	Unidad Geológica
2	100 –1000	25 a 40 m en el subsuelo de los sectores quebrada ovejas –arroyo el Amón-estadio municipal-río guatapurí	Deposito Cono Aluvial Qca
2	15 19-25 32 a 66	170 m en el sector subsuelo río callao 285 m en el sector subsuelo del río potrerillo 200 m sector subsuelo quebrada las ovejas -arroyo el mamón-mo tel hollywood-estadio municipal río Guatapurí- finca villa diana	Deposito Llanura Aluvial Qlla, sector arcilloso Deposito Llanura Aluvial Qlla sector limo arenoso Depósitos Llanura Aluvial Qlla sector arenas y gravas.
4	> 1000	No definido variable	Volcánico Ignimbritico I
5	230	>200 m sector subsuelo quebrada las ovejas	Formación Guatapurí TRg

- ✓ **CORTE GEOFÍSICO 7-7'**

El corte geofísico 7-7' se extiende con dirección suroeste-noreste en el área de estudio y los valores de resistividad se pueden correlacionar con las unidades roca sedimentos aflorantes o que se extienden en el subsuelo, tabla No 8:

Tabla 9. Modelo de capas, resistividad,espesor y unidad geológica para para el corte 7-7´.

Capa	Resistividad Ohm-m	Espesor M	Unidad Geológica
2	48 a 320	20 a 25 m en el subsuelo de los sectores del corregimiento de valencia de Jesus, la hacienda zipaquirá, Cohimbra y la iberia	Depósitos de Llanura Aluvial Cha y Aluviones recientes Qal.
2	20 a 26 12-16 70	170 m en el subsuelo del sector del Corregimiento de Valencia de Jesús, del sector de la hacienda zipaquirá y la alquería 170 m en el subsuelo del sector del arroyo barrito blanco, del sector de la hacienda Cohimbra y la Iberia y el río Callao 200 m en el subsuelo del sector de la Hacienda La Alquería.	Deposito Llanura Aluvial Qlla sector limo arenoso Depósitos Llanura Aluvial Qlla sector arcillas Deposito Llanura Aluvial Qlla sector de arenas y gravas.
4	> 1000	No definido Basamento geoeléctrico	Volcánico Ignimbritico I

El IDEAM y CORPOCESAR con el fin de definir y complementar el modelo geológico y geofísico para toda el área de estudio del convenio 047/2004 ejecutaron e interpretaron 83 sondeos eléctricos verticales durante los meses de septiembre-octubre y diciembre de 2005, los cuales permiten precisar la geometría y las discontinuidades de las unidades geoeléctricas relacionadas a fallas, cambios faciales o a la profundidad del basamento geoeléctrico, (Anexo B)

De la interpretación preliminar se han generado, utilizado la tecnología de los sistemas de información geográfica, los mapas de isorresistividad a diversas profundidades (10 m, 20 m, 30 m, 60 m, 80 m, 100 m, 120 m, 150 m y 200 m). Estos mapas permitirán definir las zonas con las mejores posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas en cada una de las unidades acuíferas de interés en el área de estudio. La información en cuestión será agregada a la obtenida por la misión Tahal en la década de los años 70, con lo que se estará en capacidad de detallar la geometría de las unidades acuíferas y facilitar así el diseño de la red de monitoreo de las aguas subterráneas, actividad esta que resulta ser de gran importancia, habida cuenta de la necesidad

de actualizar la oferta en cantidad y calidad de este recurso, que potencialmente está siendo intervenido por parte del sector agrícola y pecuario y de abastecimiento público, entre otros.

En el anexo C se presentan incluyen los mapas de isorresistividad de las unidades Terraza Aluvial del Río Guatapurí, Abanico Aluvial de Valledupar y Llanura Aluvial del río cesar en el municipio de Valledupar: (Anexo C)