

**EMPRESA DE ACUEDUCTO
Y ALCANTARILLADO DE
BOGOTÁ
(ACUEDUCTO)**

**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO
SOSTENIBLE DE AGUA PARA LA
CIUDAD DE BOGOTÁ Y ÁREAS
CIRCUNDANTES BASADO EN EL
MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS
HÍDRICOS EN
LA REPÚBLICA DE COLOMBIA**

**INFORME FINAL
INFORME SOPORTE**

Marzo 2009

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN (JICA)

YACHIYO ENGINEERING CO., LTD.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILADO DE
BOGOTÁ ESP

**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO
SOSTENIBLE DE AGUA PARA LA
CIUDAD DE BOGOTÁ Y ÁREAS
CIRCUNDANTES BASADO EN EL
MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS
HÍDRICOS EN
LA REPÚBLICA DE COLOMBIA**

**INFORME FINAL
INFORME RESUMEN**

Marzo 2009

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
YACHIYO ENGINEERING CO., LTD.**

Exchange Rate

US\$1.00 = Col.\$1,912.15 = ¥105.65

Average between May to November 2008

Lista del Informe

Informe Resumen	(Inglés, Español y Japones)
Informe Principal	(Inglés, Español y Japones)
Informe Soporte	(Inglés y Español)
	Parte – 1 Pozos Propuestos
	Parte – 2 Monitoreo de Agua Subterránea
	Parte – 3 Análisis Geofísico
	Parte – 4 Exploración de Perforación
	Parte – 5 Análisis de Balance de Agua
	Parte – 6 Simulación de Agua Subterránea del Plan Maestro
	Parte – 7 Simulación de Agua Subterránea del Estudio de Factibilidad
	Parte – 8 Subsistencia de Tierra
	Parte – 9 Manejo de Producción de Pozos
	Parte –10 Pozos en Zona de Reserva Forestal
	Parte –11 Calidad de Agua
	Parte –12 Instalaciones de Sistemas de Alcantarillado
	Parte –13 Análisis Ambiental y Social
Libro de Datos	(Inglés y Español)

PARTE 1

POZOS PROPUESTOS

Reporte Final

(Informe de Soporte)

PARTE 1 POZOS PROPUESTOS

Tabla de Contenidos

	Page
PARTE 1 POZOS PROPUESTOS	
CAPITULO 1. SITIOS PROPUESTOS PARA LOS POZOS DEL PROYECTO ESTE.....	1-1
CAPITULO 2. SITIOS PROPUESTOS PARA LOS POZOS DEL PROYECTO SUR.....	1-10
CAPITULO 3. SITIOS PROPUESTOS PARA LOS POZOS DEL PROYECTO YERBABUENA	1-14
CAPITULO 4. SITIOS PROPUESTOS DENTRO DEL ÁREA DE PROTECCIÓN FORESTAL.....	1-19

PARTE 1 POZOS PROPUESTOS

CAPITULO 1. SITIOS PROPUESTOS PARA LOS POZOS DEL PROYECTO ESTE

Nombre	E-1	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.
Latitud	4° 33'46.8"N	Longitud	74° 03'55.2"E	Elevación 2810
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
K2d, Bloque levantado de la falla de Bogotá				
		Situación Local		
				
Nota				
Vitelma (Planta Piloto del Acueducto)				

Nombre	E-3	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.
Latitud	4° 37'37.4"N	Longitud	74° 03'18.7"E	Elevación 2825
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
K2d, en cercanías al contacto geológico entre las formaciones arenisca Dura K2d y Planers K2p				
		Situación Local		
				
Nota				
En la carretera al lado de tanque III PARAISO				

Nombre	TA-1	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.
Latitud	4°41'06.5"N	Longitud	74°01'46.6"E	Elevación 2621
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
K2t, al sur de la falla este - oeste flanco occidental del cinclinal en el sector del tanque Santa Ana				
		Situación Local		
				
Nota				
Por el lado de la carretera a Tanque Santa Ana				

Nombre	TA-2	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.
Latitud	4°41'02.1"N	Longitud	74°01'39.8"E	Elevación 2674
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
K2t, al sur de la falla este - oeste flanco occidental del cinclinal en el sector del tanque Santa Ana				
		Situación Local		
				
Nota				
Por el lado de la carretera a Tanque Santa Ana				

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

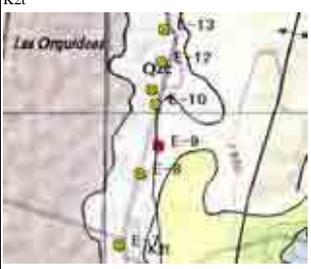
Nombre	E-5	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4°41'32.1"N	Longitud	74°01'27.1"E	Elevación	2688
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2t, al sur de la falla este - oeste flanco occidental del cinclinal en el sector del tanque Santa Ana					
					
Situación Local					
					
Nota					
Por el lado de la carretera a Tanque Santa Ana					

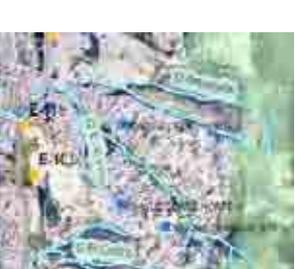
Nombre	E-6	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4°41'34.1"N	Longitud	74°01'32.6"E	Elevación	2643
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2t, al sur de la falla este - oeste flanco occidental del cinclinal en el sector del tanque Santa Ana					
					
Situación Local					
					
Nota					
Final de Árboles (Pozo Exploratoria del Acueducto)					

Nombre	E-7	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4°42'43.2"N	Longitud	74°01'44.3"E	Elevación	2583
Surface Geology		Aerial Photograph			
Q2c(K2t)					
					
Situación Local					
					
Nota					
Espacio en blanco para construcción.					

Nombre	E-14	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4°45'17.4"N	Longitud	74°01'22.5"E	Elevación	2605
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
Q2c(K2t)					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo existente La Salle (pozo confinado)					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	E-9	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 43'38.4"N	Longitud	74° 01'22.5"E	Elevación	2597
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
					
Situación Local					
					
Nota					
Lugar de almacenamiento de material en bruto de la cantera					

Nombre	E-10	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 44'01.6"N	Longitud	74° 01'24.4"E	Elevación	2587
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
					
Situación Local					
					
Nota					
Bajo los restos de una cantera					

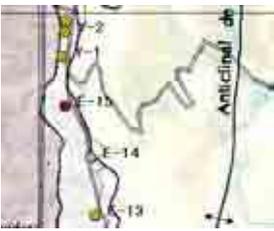
Nombre	E-11	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 44'09.6"N	Longitud	74° 01'26.4"E	Elevación	2577
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
					
Situación Local					
					
Nota					
El pozo E-11 se ubica en los restos de una cantera					

Nombre	E-12	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 44'24.6"N	Longitud	74° 01'20.9"E	Elevación	2583
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
					
Situación Local					
					
Nota					
Compañía Servitá					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	E-13	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 44'42.8"N	Longitud	74° 01'19.2"E	Elevación	2592
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)			Q2c(K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Cantera sin explotar					

Nombre	E-14	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 45'17.4"N	Longitud	74° 01'22.5"E	Elevación	2605
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)			Q2c(K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo existente La Salle (pozo confinado)					

Nombre	E-15	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 45'45.5"N	Longitud	74° 01'36.8"E	Elevación	2578
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)			Q2c(K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
En el pasto al lado de la carrera 7					

Nombre	CO-2	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4°45'53.4"N	Longitud	74°01'26.6"E	Elevación	2643
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)			Q2c(K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo existente de Suba					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	E-16	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 45'27.00"N	Longitud	74° 04'42.2"E	Elevación	2581
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2E1g(K2t)			Q1sa(K2E1g,K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo existente Suba					

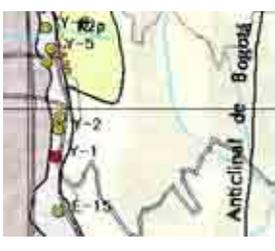
Nombre	E-17	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 45'40.0"N	Longitud	74° 45'3.4"E	Elevación	2575
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2E1g,K2t)			Q1sa(K2E1g,K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo Existente Mariscal Sucre					

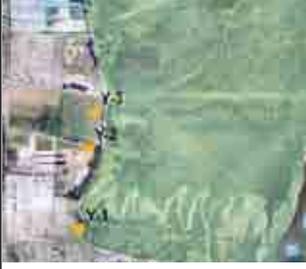
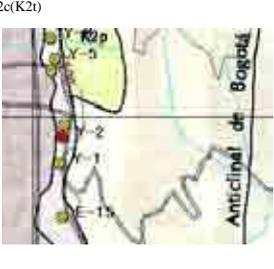
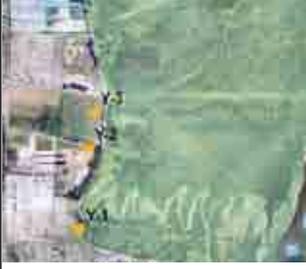
Nombre	ST-1	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4°42'42.2"N	Longitud	74°05'00.2"E	Elevación	2589
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2E1g,K2t)			Q1sa(K2E1g,K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo existente Mariscal Sucre					

Nombre	ST-2	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4°42'43.6"N	Longitud	74°05'03.6"E	Elevación	2588
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2E1g,K2t)			Q1sa(K2E1g,K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo Existente Mariscal Sucre					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	ST-3	Región	Cerros Orientales	Bogotá D.C.	
Latitud	4°42'45.0"N	Longitud	74°05'05.4"E	Elevación	
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2E1g,K2t)					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo Existente Mariscal Sucre					

Nombre	Y-1	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.	
Latitud	4°46'14.1"N	Longitud	74°01'38.4"E	Elevación	2570
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastizal dentro de la fabrica AMERICAN PIPE					

Nombre	Y-2	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.	
Latitud	4°46'28.3"N	Longitud	74°01'36.9"E	Elevación	2571
Surface Geology			Aerial Photograph		
Q2c(K2t)					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto.					

Nombre	Y-3	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.	
Latitud	4°46'34.6"N	Longitud	74°01'35.8"E	Elevación	2571
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto al lado de la subestación.					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	Y-4	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.
Latitud	4° 47'04.4"N	Longitud	74° 01'42.3"E	Elevación
				2575
Geología Superficial			Fotografía Aérea	
Q2c(K2p)				
				
Situación Local				
				
Sitio de Juego.				

Nombre	Y-5	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.
Latitud	4° 47'10.5"N	Longitud	74° 01'40.4"E	Elevación
				2582
Geología Superficial			Fotografía Aérea	
Q2c(K2p)				
				
Situación Local				
				
Nota				
Pasto.				

Nombre	Y-6	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.
Latitud	4° 47'21.3"N	Longitud	74° 01'42.9"E	Elevación
				2571
Geología Superficial			Fotografía Aérea	
Q2c(K2p)				
				
Situación Local				
				
Nota				
Pasto				

Nombre	Y-7	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.
Latitud	4° 47'32.2"N	Longitud	74° 01'45.9"E	Elevación
				2573
Geología Superficial			Fotografía Aérea	
Q2c(K2p)				
				
Situación Local				
				
Nota				
Pasto				

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	Y-8	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.
Latitud	4° 47'44.9"N	Longitud	74° 01'53.8"E	Elevación 2581
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)				
				
Situación Local				
				
Pasto				

Nombre	Y-9	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.
Latitud	4° 48'20.5"N	Longitud	74° 01'48.5"E	Elevación 2568
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
K2t				
				
Situación Local				
				
Potrero				

Nombre	Y-10	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.
Latitud	4° 48'34.4"N	Longitud	74° 01'50.3"E	Elevación 2570
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
Q2c,Q2ch				
				
Situación Local				
				
Nota				
Pasto				

Nombre	Y-11	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.
Latitud	4° 49'02.2"N	Longitud	74° 01'51.6"E	Elevación 2569
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
Q2c,Q2ch				
				
Situación Local				
				
Pasto				

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

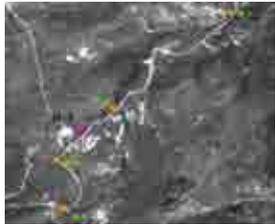
Nombre	Y-12	Región	Yerbabuena	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 49'17.7"N	Longitud	74° 01'53.4"E	Elevación	2586
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, parte baja del flanco occidental del anticlinal sector Yerbabuena					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto cerca a antigua fabrica.					

CAPITULO 2. SITIOS PROPUESTOS PARA LOS POZOS DEL PROYECTO SUR

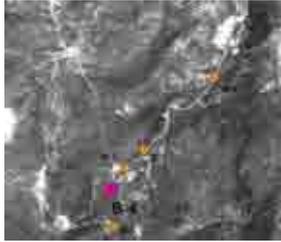
Nombre	B-1	Región	Ciudad Bolívar	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 32'21.9"N	Longitud	74° 09'37.7"E	Elevación	2835
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2p, flanco oriental de la estructura anticlinal sector de la Quebrada Limas - Quiba - Ciudad Bolívar					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos en la confluencia de los valles					

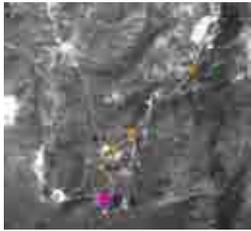
Nombre	EX-2	Región	Ciudad Bolívar	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 32'14.4"N	Longitud	74° 09'51.7"E	Elevación	2867
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2p, sobre el eje anticlinal de Mochuelo sectores de la quebrada Limas - Quiba - Ciudad Bolívar					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo exploratorio, pasto.					

Nombre	B-2	Región	Ciudad Bolívar	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 32'02.7"N	Longitud	74° 09'56.1"W	Elevation	2907
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2p, en el eje de la estructura anticlinal sector de la Quebrada Limas - Quiba - Ciudad Bolívar					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos cerca al río					

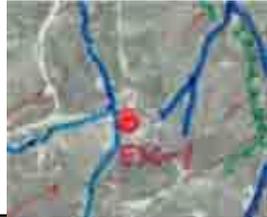
Nombre	B-3	Región	Ciudad Bolívar	Bogotá D.C.	
Latitud	4° 31'58.2"N	Longitud	74° 10'01.4"E	Elevación	2918
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2p, en puntos sobre el eje del anticlinal en sectores de la quebrada Limas - Quiba - Ciudad Bolívar					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos cerca al río					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	B-4	Región	Soacha	Soacha City	
Latitud	4°31'52.3"N	Longitud	74°10'04.0"E	Elevación	2945
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
<p>K2d, sobre el eje de la estructura anticlinal de Mochuelo sector sur cerca del contacto de formaciones Planers y arenisca Dura.</p> 					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo exploratorio, en el pasto cerca al estanque.					

Nombre	B-5	Región	Ciudad Bolívar	Bogotá D.C.	
Latitud	4°31'42.7"N	Longitud	74°10'04.4"E	Elevación	2987
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
<p>K2p, K2d, flanco oriental de la estructura anticlinal de Mochuelo sector sur cerca del contacto de formaciones Planers y arenisca Dura.</p> 					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto cerca al río.					

Nombre	S-1	Región	Soacha	Soacha	
Latitud	4°33'43.3"N	Longitud	74°11'20.8"E	Elevación	2746
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
<p>K2d, Sobre estructura anticlinal flanco occidental de la falla geológica en sectores de Soacha - Terreros</p> 					
Situación Local					
					
Nota					
Restos de una cantera.					

Nombre	EX-1	Región	Soacha	Soacha	
Latitud	4°33'21.7"N	Longitud	74°10'46.4"E	Elevación	2786
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
<p>K2d, Flanco oriental anticlinal del sector Soacha - Terreros</p> 					
Situación Local					
					
Nota					
Pozo exploratorio, en el pasto cerca al estanque.					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

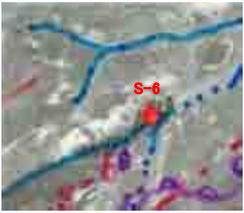
Nombre	S-2	Región	Soacha	Soacha	
Latitud	4° 33'42.2"N	Longitud	74° 11'08.2"E	Elevación	2760
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2d, Sobre estructura anticlinal flanco occidental de la falla geológica en sectores de Soacha - Ter					
			Situación Local		
			Nota		
Pastizal cerca al camino.					

Nombre	S-3	Región	Soacha	Soacha	
Latitud	4° 33'43.3"N	Longitud	74° 10'56.4"E	Elevación	2748
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2d, en el eje de la estructura anticlinal flanco occidental de la falla geológica en sectores de Soacha - Terreros					
			Situación Local		
			Nota		
Pastos al lado de la cancha de futbol.					

Nombre	S-4	Región	Soacha	Soacha	
Latitud	4° 33'33.6"N	Longitud	74° 10'47.6"E	Elevación	2762
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2d, Sobre estructura anticlinal flanco occidental de la falla geológica en sectores de Soacha - Ter					
			Situación Local		
			Nota		
Pastizal cerca al camino.					

Nombre	S-5	Región	Soacha	Soacha	
Latitud	4° 33'08.9"N	Longitud	74° 10'49.9"E	Elevación	2809
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2d, Sobre estructura anticlinal flanco occidental de la falla geológica en sectores de Soacha - Ter					
			Situación Local		
			Nota		
Pasto en el Valle					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	S-6	Región	Soacha	Soacha
Latitud	4° 33'00.4"N	Longitud	74° 10'56.3"E	Elevación
				2837
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
K2d, Sobre estructura anticlinal flanco occidental de la falla geológica en sectores de Soacha - Terre				
		Situación Local		
				
Nota				
En el prado en la confluencia de los valles.				

Nombre	EX-3	Región	Usme	Bogotá D.C.
Latitud	4° 29'38.1"N	Longitud	74° 04'51.5"E	Elevación
				3073
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
E1b, bloque unido sector occidental de la falla de Bogotá - Cervecería Colombo - Alemana				
		Situación Local		
				
Nota				
Pozo exploratorio, antigua fábrica de cerveza.				

CAPITULO 3. SITIOS PROPUESTOS PARA LOS POZOS DEL PROYECTO YERBABUENA

Nombre	Y-13	Región	Yerba Buena	Chía	
Latitud	4° 49'45.4"N	Longitud	74° 01'51.7"E	Elevación	2566
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, parte baja del flanco occidental del anticlinal sector Yerbabuena					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastizal					

Nombre	Y-14	Región	Yerba Buena	Chía	
Latitud	4° 49'57.4"N	Longitud	74° 01'48.4"E	Elevación	2564
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, parte baja del flanco occidental del anticlinal sector Yerbabuena					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto					

Nombre	Y-15	Región	Yerba Buena	Chía	
Latitud	4° 50'07.1"N	Longitud	74° 01'47.7"E	Elevación	2558
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, parte baja del flanco occidental del anticlinal sector Chía					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto cerca al peaje					

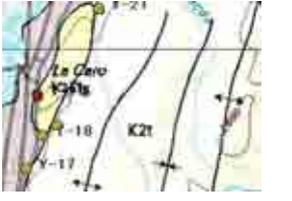
Nombre	Y-16	Región	Yerba Buena	Chía	
Latitud	4° 50'27.2"N	Longitud	74° 01'36.2"E	Elevación	2564
Geología superficial			Fotografía Aérea		
K2t, parte baja del flanco occidental del anticlinal sector Chía					
					
Situación Local					
					
Nota					
Prado cerca al campo de futbol					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

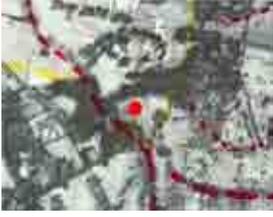
Nombre	Y-17	Región	Yerba Buena	Chía	
Latitud	4° 50'55.6"N	Longitud	74° 01'35.4"E	Elevación	2556
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2t, flanco occidental del anticlinal sector Chía cerca del contacto Labor - Tierna y Terciario G1					
					
Situación Local					
					
Nota					
Prado cerca al afloramiento de la formación Labor - Tierna.					

Nombre	Y-18	Región	Yerba Buena	Chía	
Latitud	4° 51'15.1"N	Longitud	74° 01'25.6"E	Elevación	2571
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2t, flanco occidental del anticlinal sector Chía cerca del contacto Labor - Tierna y Terciario G1					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos en el afloramiento de la formación Labor - Tierna					

Nombre	Y-19	Región	Yerba Buena	Chía	
Latitud	4° 51'21.4"N	Longitud	74° 01'17.6"E	Elevación	2617
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2t, flanco occidental del anticlinal sector Chía					
					
Situación Local					
					
Nota					
Granja experimental de la Universidad de la Salle					

Nombre	Y-20	Región	Yerba Buena	Chía	
Latitud	4° 51'38.8"N	Longitud	74° 01'28.8"E	Elevación	2577
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2E1g					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos de la parte de atrás del campus de la Universidad Católica					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	Y-21	Región	Yerba Buena	Chía	
Latitud	4 52'29.5"N	Longitud	74 00'53.8"E	Elevación	2570
Geología Superficial		Fotografía Superficial			
K2t, sector norte de la estructura anticlinal en la parte baja del contacto Labor - Tierna y Cuaternario, sector de la quebrada El Rincón - Yerba Buena					
		Situación Local			
					
Nota					
Área Residencial					

Nombre	Y-22	Región	Yerba Buena	Sopo	
Latitud	4 52'43.5"N	Longitud	74 00'48.4"E	Elevación	2566
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2t, sector norte de la estructura anticlinal en la parte baja del contacto Labor - Tierna y Cuaternario, a lo largo del lineamiento sector de la quebrada El Rincón - Yerba Buena					
		Situación Local			
					
Nota					
Parte de atrás de la cancha de futbol del Instituto Caro y Cuervo					

Nombre	Y-23	Región	Yerba Buena	Sopo	
Latitud	4 52'52.3"N	Longitud	74 00'45.6"E	Elevación	2563
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
K2t, sector norte de la estructura anticlinal en la parte baja del contacto Labor - Tierna y Cuaternario, a lo largo del lineamiento sector de la quebrada El Rincón - Yerba Buena					
		Situación Local			
					
Nota					
Pastizales vecinos al colegio					

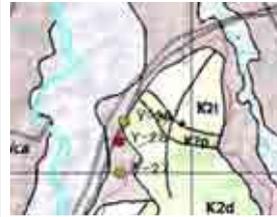
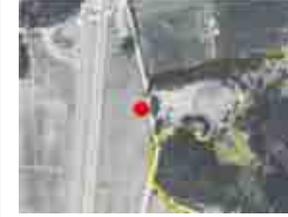
Nombre	Y-24	Región	Yerba Buena	Sopo	
Latitud	4 53'21.3"N	Longitud	74 00'34.8"E	Elevación	2557
Geología Superficial		Fotografía Aérea			
Q1sa(K2t)					
		Situación Local			
					
Nota					
Al occidente de la vía las Casas					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	Y-25	Región	Yerba Buena	Sopo	
Latitud	4° 53'35.2"N	Longitud	74° 00'26.9"E	Elevación	2559
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2t)			Q1sa(K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos					

Nombre	Y-26	Región	Yerba Buena	Sopo	
Latitud	4° 53'46.8"N	Longitud	74° 00'22.6"E	Elevación	2559
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2t)			Q1sa(K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					

Nombre	Y-27	Región	Yerba Buena	Sopo	
Latitud	4° 54'49.5"N	Longitud	73° 59'50.3"E	Elevación	2558
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2d), flanco occidental de la estructura anticlinal extremo norte de los Cerros Orientales, sector de Cajicá.			Q1sa(K2d), flanco occidental de la estructura anticlinal extremo norte de los Cerros Orientales, sector de Cajicá.		
					
Situación Local					
					
Nota					
Cerca al pozo saltante					

Nombre	Y-28	Región	Yerba Buena	Sopo	
Latitud	4° 55'08.5"N	Longitud	73° 59'51.1"E	Elevación	2554
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2d), flanco occidental de la estructura anticlinal extremo norte de los Cerros Orientales, sector de Cajicá.			Q1sa(K2d), flanco occidental de la estructura anticlinal extremo norte de los Cerros Orientales, sector de Cajicá.		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastizal					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	Y-29	Región	Yerba Buena	Sopo
Latitud	4° 55'21.2"N	Longitud	73° 59'47.8"E	Elevación
				2561
Geología Superficial		Fotografía Aérea		
<p>K2d, flanco occidental de la estructura anticlinal extremo norte de los Cerros Orientales, sector de Cajicá.</p> 				
Situación Local				
				
Nota				
Pastos				

CAPITULO 4. SITIOS PROPUESTOS DENTRO DEL ÁREA DE PROTECCIÓN FORESTAL

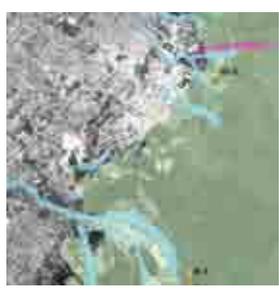
Nombre	VI-1	Región	Bogotá	San Cristbal	Vitelma
Latitud	4°33'33.5"N	Longitud	74°03'48.0"E	Elevación	2881
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)					
Situación Local					
Nota					
Pastos de la Fabrica de AMERICAN PIPE					

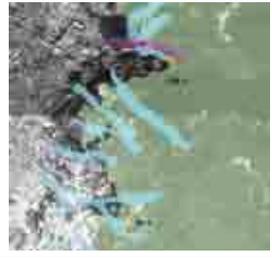
Nombre	VI-2	Región	Bogotá	San Cristbal	Vitelma
Latitud	4°33'23.3"N	Longitud	74°03'44.2"E	Elevación	2911
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)					
Situación Local					
Nota					
Pradera					

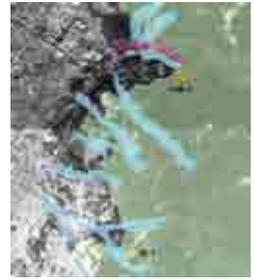
Nombre	VI-3	Región	Bogotá	San Cristbal	Vitelma
Latitud	4°33'19.1"N	Longitud	74°03'37.3"E	Elevación	2918
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)					
Situación Local					
Nota					
Prado al lado de la subestación.					

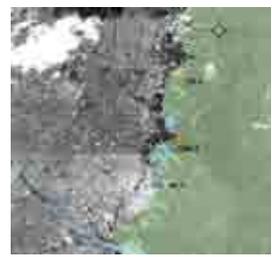
Nombre	VI-4	Región	Bogotá	San Cristbal	Vitelma
Latitud	4°33'12.8"N	Longitud	74°03'31.2"E	Elevación	2921
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2p)					
Situación Local					
Nota					
Lugar de Juego					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	SI-1	Región	Bogota	Santa Fe	Sant Isabel
Latitud	4°35'07.1"N	Longitud	74°03'44.3"E	Elevación	2871
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2p)			Q2c(K2p)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Potrero					

Nombre	CM-1	Región	Bogotá	Santa Fe	Casa Molino
Latitud	4°36'04.5"N	Longitud	74°03'33.0"E	Elevación	2715
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2p)			Q2c(K2p)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos					

Nombre	CM-2	Región	Bogota	Santa Fe	Casa Molino
Latitud	4°36'01.6"N	Longitud	74°03'31.5"E	Elevación	2728
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2p)			Q2c(K2p)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos					

Nombre	TS-1	Región	Bogotá	Santa Fe	Tanque Silencio
Latitud	4°36'57.8"N	Longitud	74°03'31.6"E	Elevación	2790
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c(K2t)			Q2c(K2t)		
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

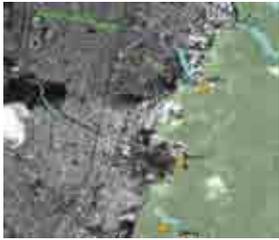
Nombre	TS-2	Región	Bogotá	Santa Fe	Tanque Silencio
Latitud	4°37'06.2"N	Longitud	74°03'28.4"E	Elevación	2.771
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t					
Situación Local					
Nota					
Pastos					

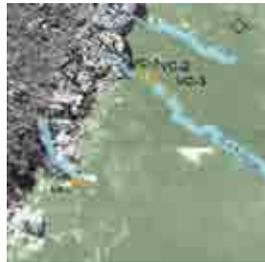
Nombre	TS-3	Región	Bogotá	Santa Fe	Tanque Silencio
Latitud	4°37'10.8"N	Longitud	74°03'25.8"E	Elevación	2.774
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c.Q2ch					
Situación Local					
Nota					
Pastos					

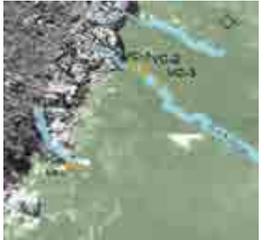
Nombre	OH-1	Región	Bogotá	Santa Fe	Olaya Herrera
Latitud	4°36'42.16"N	Longitud	74°03'31.64E	Elevación	2.800
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q2c.Q2ch					
Situación Local					
Nota					
Pastos					

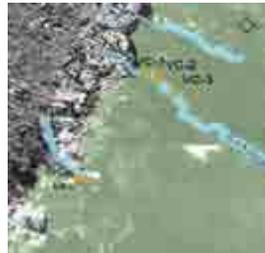
Nombre	RA-1	Region	Bogotá	Santa Fe	Rio Arzobispo
Latitud	4°37'24.3"N	Longitud	74°03'22.9"E	Elevación	2721
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t. Flanco Oeste del anticlinal de Bogotá parte baja de la estructura sectores del canal Arzobispo y río San Cristobal					
Situación Local					
Nota					
Pasto					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

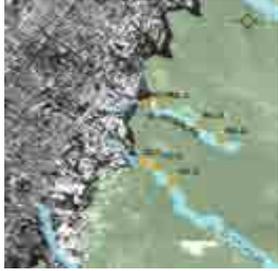
Nombre	UP-1	Región	Bogotá	Chapinero	Univ. Poli-Tecnológica
Latitud	4°38'16.0"N	Longitud	74°03'10.0"E	Elevación	2725
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, Flanco Oeste del anticlinal de Bogotá parte baja de la estructura sectores del canal Arzobispo					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto					

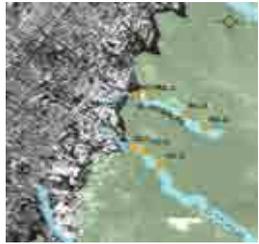
Nombre	VC-1	Región	Bogotá	Chapinero	Quebrada La Vieja
Latitud	4°38'57.6"N	Longitud	74°02'48.9"E	Elevación	2733
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, Flanco Oeste del anticlinal de Bogotá parte baja de la estructura sectores de la quebrada La Vieja					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastizal					

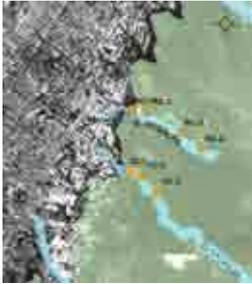
Nombre	VC-2	Región	Bogotá	Chapinero	Quebrada La Vieja
Latitud	4°38'55.7"N	Longitud	74°02'44.4"E	Elevación	2757
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, Flanco Oeste del anticlinal de Bogotá parte baja de la estructura sectores de la quebrada La Vieja					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto cerca al peaje					

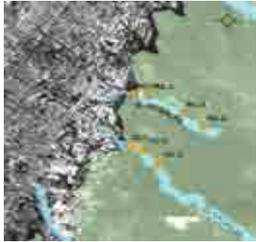
Nombre	VC-3	Región	Bogotá	Chapinero	La Vieja Creek
Latitud	4°38'50.1"N	Longitud	74°02'38.9"E	Elevación	2777
Surface Geology			Aerial Photograph		
K2t, Flanco Oeste del anticlinal de Bogotá parte baja de la estructura sectores de la quebrada La Vieja					
					
Situación Local					
					
Nota					
Prado cerca al campo de fútbol					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

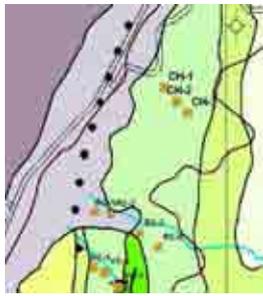
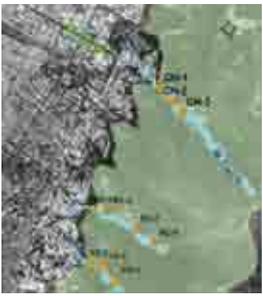
Nombre	RC-1	Región	Bogotá	Chapinero	Quebrada Rosales
Latitud	4°39'18.6"N	Longitud	74°02'48.0"E	Elevación	2722
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, Flanco oeste del anticlinal de Bogotá en el lineamiento de las Quebradas Rosales y La Vieja					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos cerca al afloramiento Labor- Tierna					

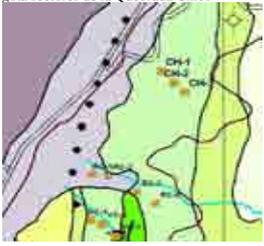
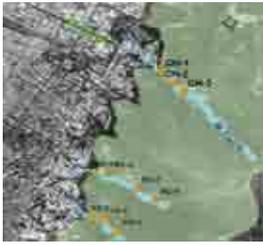
Nombre	RC-2	Región	Bogotá	Chapinero	Quebrada Rosales
Latitud	4°39'17.8"N	Longitud	74°02'41.9"E	Elevación	2774
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, Flanco oeste del anticlinal de Bogotá en el lineamiento de las Quebradas Rosales y La Vieja					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos en el afloramiento de la formación Labor - Tierna.					

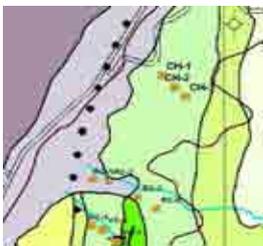
Nombre	RC-3	Región	Bogotá	Chapinero	Quebrada Rosales
Latitud	4°39'10.6"N	Longitud	74°02'30.3"E	Elevación	2827
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, Flanco oeste del anticlinal de Bogotá en el lineamiento de las Quebradas Rosales y La Vieja					
					
Situación Local					
					
Nota					
Granja experimental de la Universidad de la Salle					

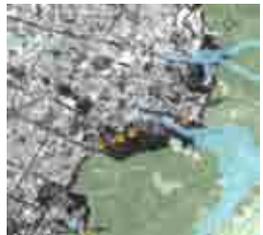
Nombre	RC-4	Región	Bogotá	Chapinero	Quebrada Rosales
Latitud	4°39'05.2"N	Longitud	74°02'22.8"E	Elevación	2857
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2E1g, Flanco oeste del anticlinal de Bogotá en el lineamiento de las Quebradas Rosales y La Vieja					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto en la parte de atrás del campus de la Universidad Católica.					

Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos

Nombre	CH-1	Región	Bogotá	Chapinero	Chicó
Latitud	4°40'05.0"N	Longitud	74°02'20.5"E	Elevación	2709
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, al norte de la estructura anticlinal de Bogotá sectores de la Quebrada Chico					
					
Situación Local					
					
Nota					
Área residencial.					

Nombre	CH-2	Región	Bogotá	Chapinero	Chicó
Latitud	4°39'59.7"N	Longitud	74°02'15.6"E	Elevación	2748
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, al norte de la estructura anticlinal de Bogotá sectores de la Quebrada Chico					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto detrás de la cancha de fútbol del Instituto Caro y Cuervo.					

Nombre	CH-3	Región	Bogotá	Chapinero	Chicó
Latitud	4°39'55.3"N	Longitud	74°02'11.3"E	Elevación	2757
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
K2t, al norte de la estructura anticlinal de Bogotá sectores de la Quebrada Chico					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pastos cerca al colegio.					

Nombre	EC-1	Región	Bogotá	Usaquén	Escuela de Caballería
Latitud	4°40'49.8"N	Longitud	74°02'14.4"E	Elevación	2600
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2t)					
					
Situación Local					
					
Nota					
Potrero Escuela de Caballería.					

Nombre	EC-2	Región	Bogotá	Usaquén	Escuela de Caballería
Latitud	4°40'53.3"N	Longitud	74°02'06.5"E	Elevación	2613
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2t)					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto.					

Nombre	EC-3	Región	Bogotá	Usaquén	Escuela de Caballería
Latitud	4°40'55.9"N	Longitud	74°02'01.6"E	Elevación	2618
Geología Superficial			Fotografía Aérea		
Q1sa(K2t)					
					
Situación Local					
					
Nota					
Pasto.					

PARTE 2

MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Informe Final

(Informe de Soporte)

PARTE 2 MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA

Tabla de Contenidos

	Page
Tabla de Contenidos	i
Lista de Tablas y Figuras	ii

	Pagina
PARTE - 2. MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA	2-1
CAPITULO 1. MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA	2-1

Lista de Tablas y Figuras

	Page
Tabla-2. 1 Site of Monitoring Wells with Automatic Recorder	2-1
Figura-2. 1 Monitoring Site	2-1
Figura-2. 2 CHOCONTA	2-2
Figura-2. 3 Dersa.....	2-3
Figura-2. 4 Suba Cota	2-3
Figura-2. 5 Gibraltar	2-4
Figura-2. 6 GUADARRAMA.....	2-5
Figura-2. 7 LA DIANA.....	2-5
Figura-2. 8 SIBERIA	2-6
Figura-2. 9 SOPO.....	2-7

PARTE 2 MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA

CAPITULO 1. MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA

El Acueducto adelanta el monitoreo del nivel freático mediante registradores automáticos en 10 pozos de la sabana de Bogotá. La observación comenzó en el 2001 durante el Estudio de JICA para el Desarrollo Sostenible de Agua Subterránea en la Sabana de Bogotá. Los resultados de los datos de monitoreo son los siguientes:

Tabla-2. 1 Pozos de Monitoreo con Registradores Automáticos

	Pozo	Coordenadas		Profundidad del Pozo (m)	Acuífero
		E	N		
No.1	Gibraltar (Soacha)	988,439	1,005,845	198	Cuaternario
No.2	Tisquesusa (Facatativa)	976,639	1,022,020	192	
No.3	Siberia (Tabio)	991,462	1,017,974	173	
No.4	Sopo (Sopo)	1,011,020	1,037,638	150	
No.5	Diana	1,013,170	1,038,429	188	
No.6	Choconta	1,049,874	1,067,343	123	
No.7	Suba	999,911	1,017,839	389	Cretáceo
No.8	Guadarrama	1,014,772	1,053,702	Desconocida	Cuaternario
No.9	Grasco	996,772	1,001,948	Desconocida	
No.10	Flores Santa Mónica	977,203	1,014,760	Desconocida	

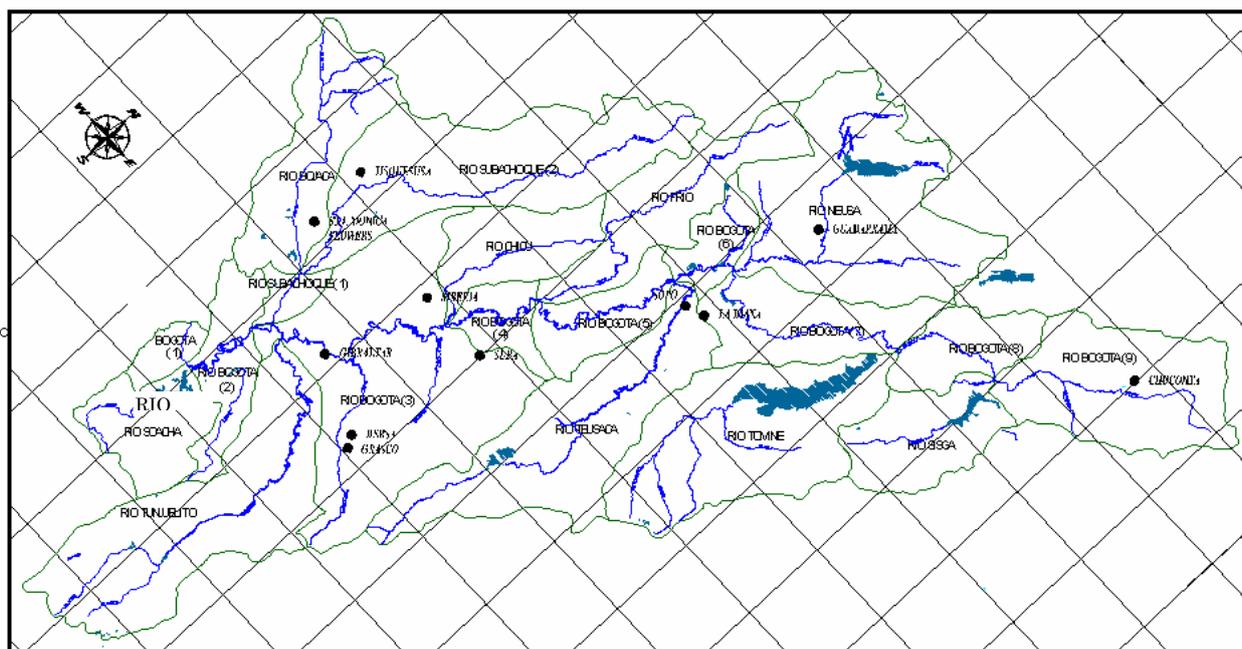
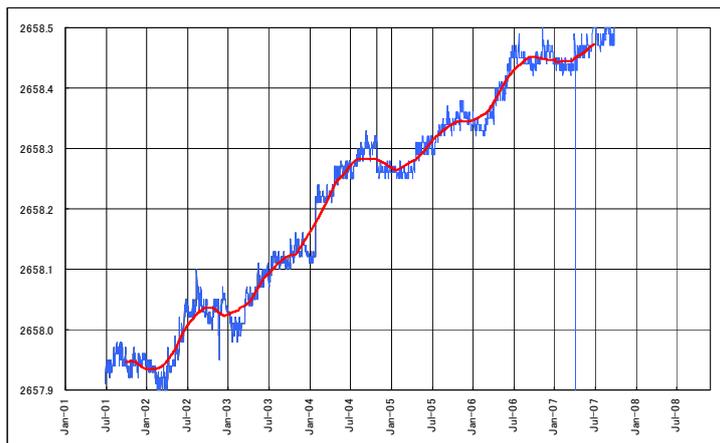
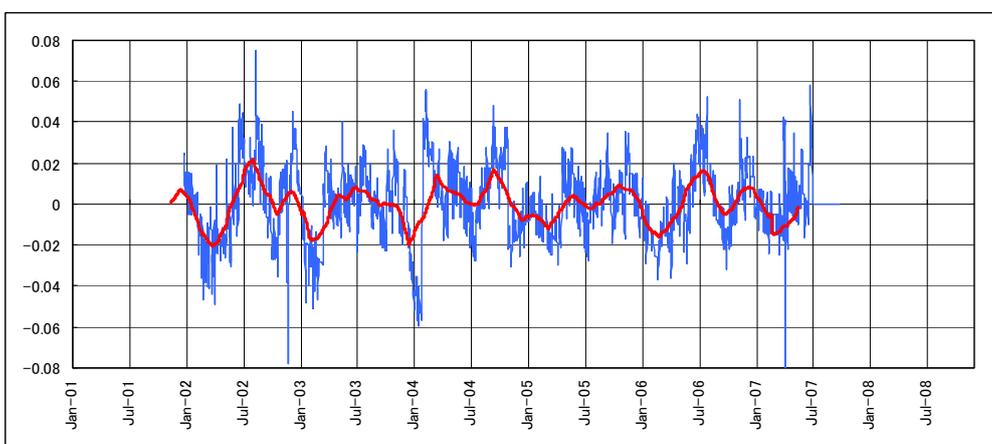


Figura-2. 1 Lugares de Monitoreo

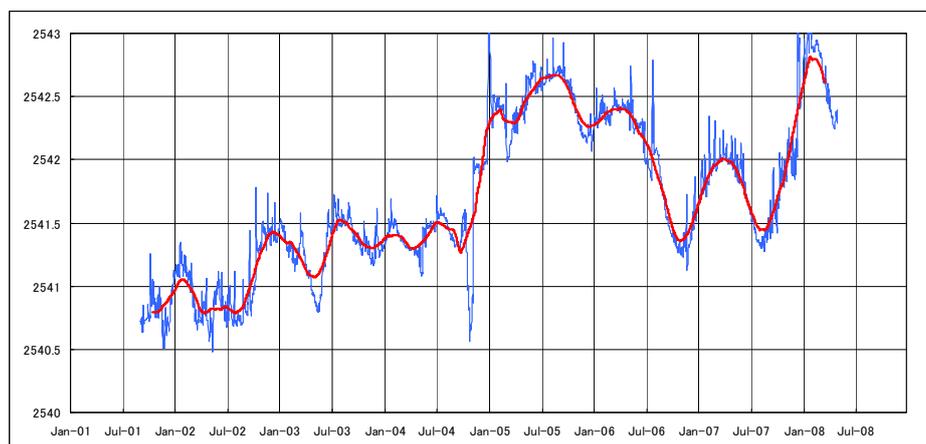


(a) Nivel Freático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)

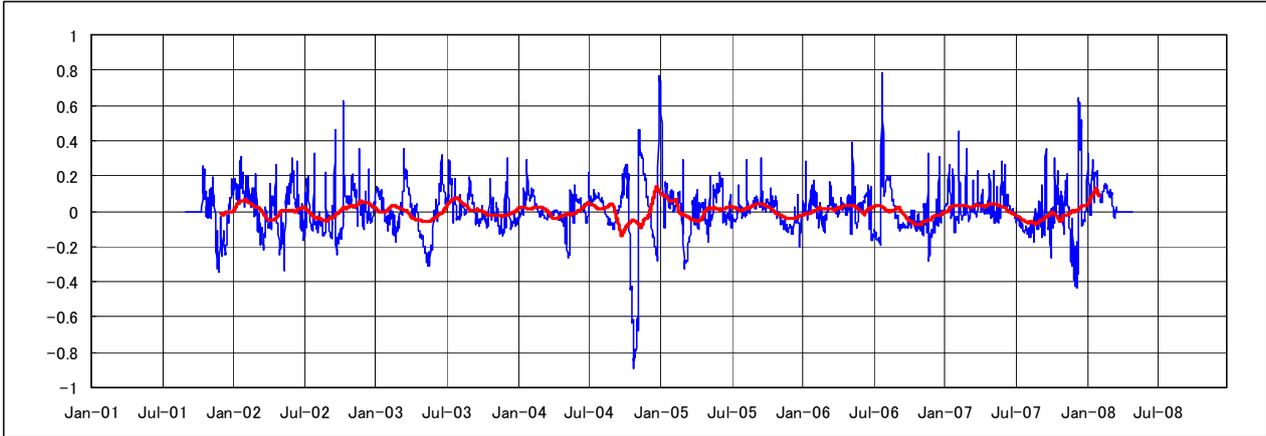


(b) Fluctuación Estacional del Nivel Freático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2. 2 CHOCONTA

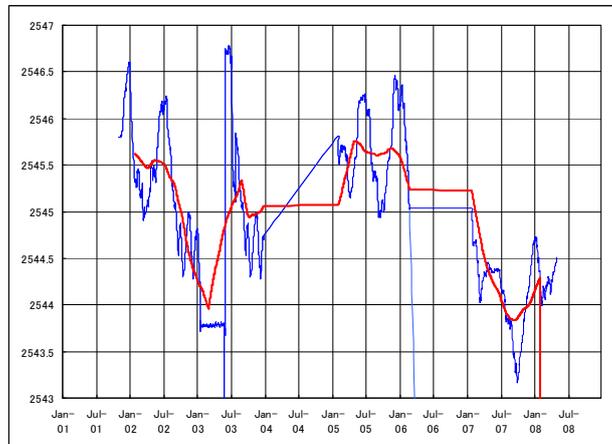


(a) Nivel Freático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)

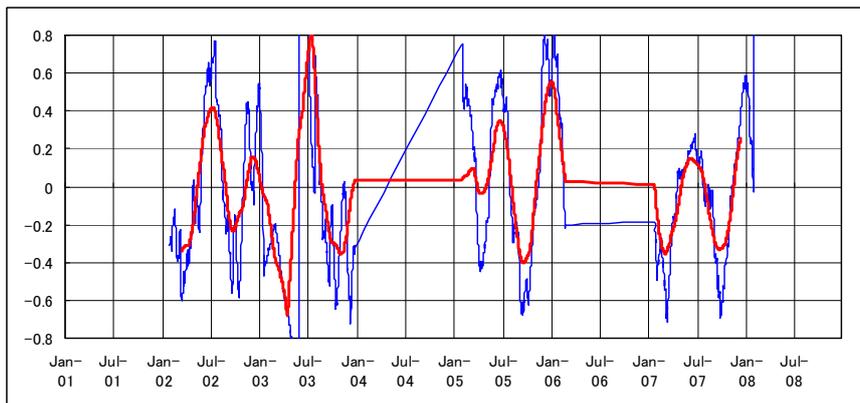


(b) Fluctuación Estacional del Nivel Freático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2. 3 Dersa

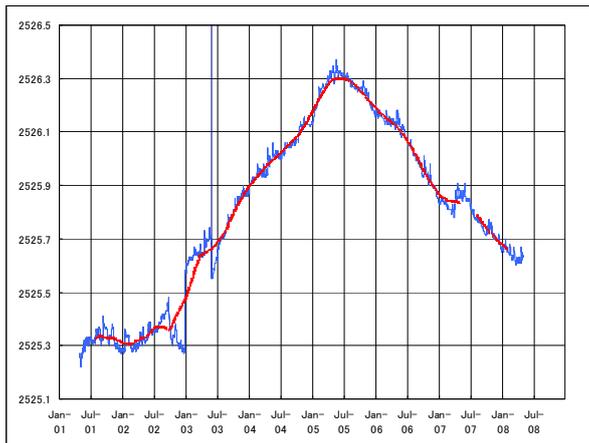


(a) Nivel Freático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)

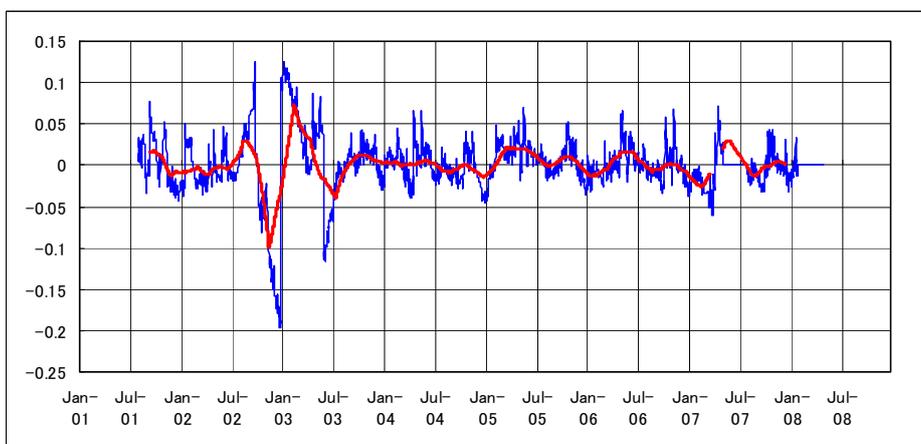


(b) Fluctuación Estacional del Nivel Freático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2. 4 Suba Cota

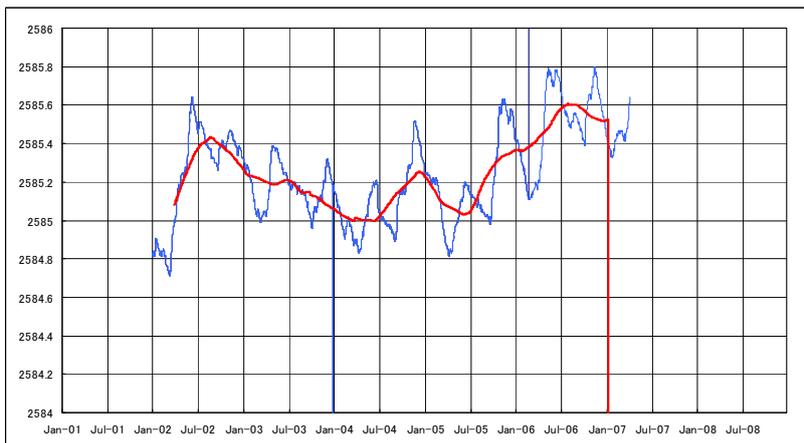


(a) Nivel Freático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)

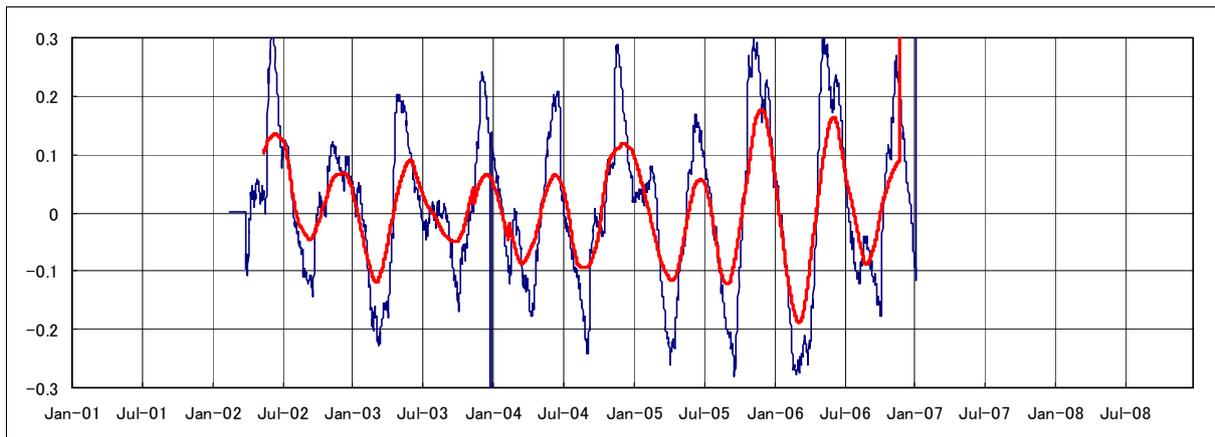


(b) Fluctuación Estacional del Nivel Freático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2. 5 Gibraltar

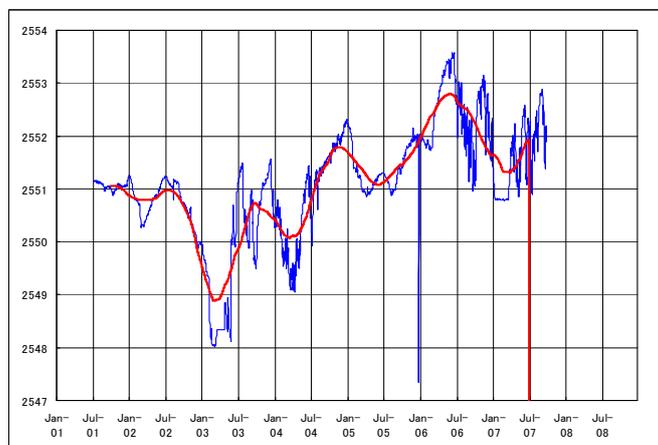


(a) Nivel Freático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)

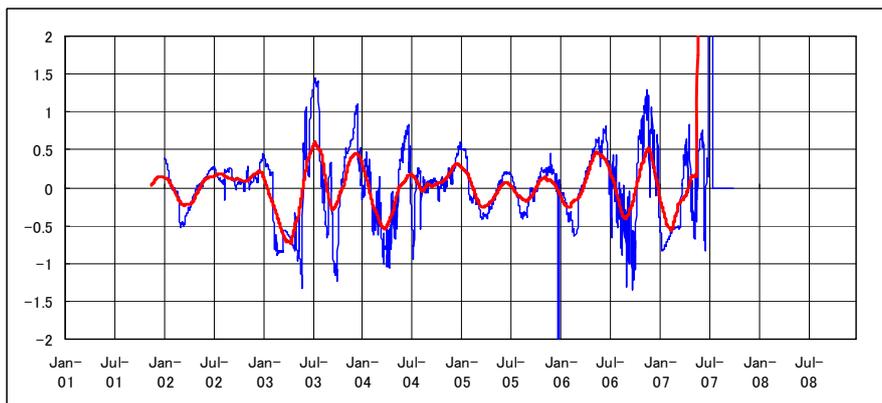


(b) Fluctuación Estacional del Nivel Freático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2. 6 GUADARRAMA

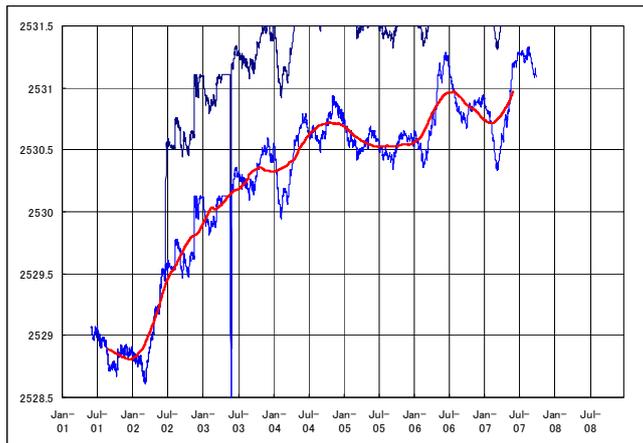


(a) Nivel Freático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)

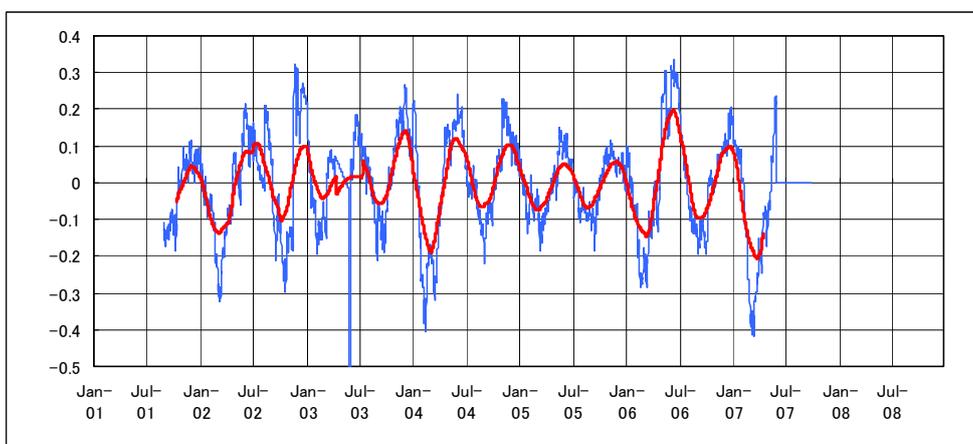


(b) Fluctuación Estacional del Nivel Freático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2. 7 LA DIANA

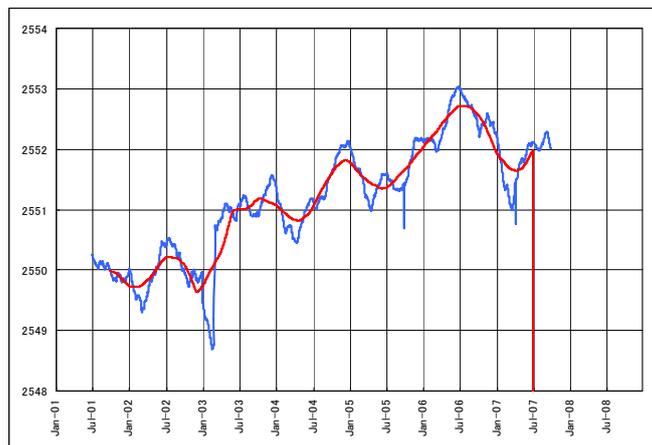


(a) Nivel Freático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)

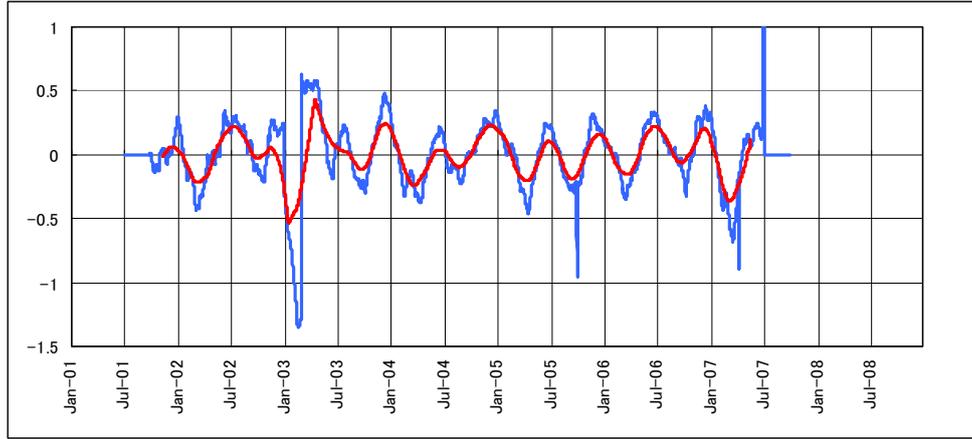


(b) Fluctuación Estacional del Nivel Freático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)

Figura-2. 8 SIBERIA



(a) Nivel Freático y Tendencia a Largo Plazo (Fluctuación Promedio)



(b) Fluctuación Estacional del Nivel Freático y su Tendencia (Fluctuación Promedio)
Figura-2. 9 SOPO

PARTE 3

ANÁLISIS GEOFÍSICO

Informe Final

(Informe Soporte)

PARTE 3 INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA

Tabla de Contenidos

	Página
Tabla de Contenidos.....	i
Listado de Figuras y Tablas.....	ii
PARTE 3. INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA	3-1
CAPITULO 1. TÉCNICA PARA LA INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA	3-1
CAPITULO 2. RESULTADOS DEL SONDEO EN LOS CERROS ORIENTALES	3-2
CAPITULO 3. RESULTADOS DEL SONDEO EN LA PARTE SUR DE LOS CERROS ORIENTALES	3-5
CAPITULO 4. RESULTADOS DEL SONDEO EN LOS CERROS SUR.....	3-8
CAPITULO 5. RESULTADOS Y CONSIDERACIONES DEL SONDEO TEM.....	3-12

Lista de Tablas y Figuras

Página

Tablas

Tabla-3. 1 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Orientales (1).....	3-19
Tabla-3. 2 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en la Parte Sur de los Cerros Orientales (1)	3-24
Tabla-3. 3 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Sur (1).....	3-27

Figuras

Figura-3. 1 Lugares del Muestreo en los Cerros Orientales	3-2
Figura-3. 2 Datos y Modelo Gráfico 1D para TEM en los Cerros Orientales	3-5
Figura-3. 3 Lugares del Muestreo en cerca de Usme.....	3-6
Figura-3. 4 Datos y Modelo Gráfico 1D para TEM en el Sur de los Cerros Orientales.....	3-8
Figura-3. 5 Lugares del Muestreo en los Cerros Sur	3-9
Figura-3. 6 Datos y Modelo Gráfico 1D para TEM en los Cerros Sur (10)	3-12
Figura-3. 7 Comparación del Modelo TEM con los Datos Eléctricos Registrados.....	3-13

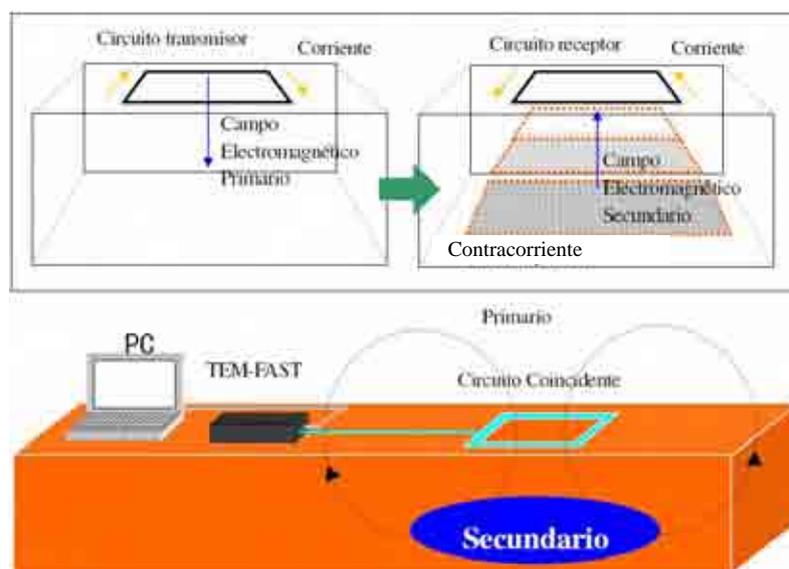
PARTE 3 INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA

CAPITULO 1. TÉCNICA PARA LA INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA

a) Teoría

El método TEM se empleó para el muestreo geofísico en el Área de Estudio. TEM es una técnica geofísica electromagnética (EM) que induce corrientes eléctricas en la tierra empleando la inducción electromagnética. Se crea un campo magnético de tiempo variable por medio de un circuito de alambre sobre la superficie del terreno. La Ley de inducción de Faraday establece que cambios en un campo magnético generarán un campo eléctrico, que a su vez generará una corriente eléctrica. De esta manera, el campo magnético primario desde el circuito transmisor generará una corriente eléctrica secundaria en la tierra. Finalmente, se mide el campo magnético secundario producido por las corrientes eléctricas secundarias en la tierra.

A este método frecuentemente se le denomina como Exploración Electromagnética Transitoria (TEM) o exploración Electromagnética Tiempo-Dominio (TDEM). A este método se le denominará como TEM en el transcurso del presente estudio.



Fuente: Rowland B. French, Ph.D, R.G.: Time-Domain Electromagnetic Exploration.

Figura-3 1 Exploración Electromagnética Tiempo-Dominio

1) TEM

Ventajas de la técnica TEM

La técnica TEM ofrece varias ventajas frente a las técnicas tradicionales de resistividad a corriente eléctrica directa (CD). El TEM no requiere grandes despliegues de electrodos y por lo tanto es menos sensible a los cambios laterales en el suelo. La resistividad de la CD requiere de grandes despliegues, con longitudes que son típicamente de tres a cinco veces la profundidad de la exploración.

De esta manera, para realizar un muestreo a una profundidad de 300 metros es necesario contar con un área de suelos estratificada horizontalmente uniforme con una extensión lateral en exceso lateral de 900 metros. La técnica CSAMT (Audio Frecuencia Magneto Telúrica de Fuente Controlada) requiere introducir una corriente de 10 amperios, utilizando un dipolo a tierra de más de 1.000 m a distancias entre 4.000 y 8.000 m. del área de estudio y un generador/transmisor alimentado por un motor. Por el contrario, las técnicas TDEM pueden obtener profundidades de exploración de varios cientos de metros con un circuito transmisor de 50 metros.

2) Muestreo de Campo

El muestreo TEM se llevó a cabo en las siguientes tres áreas: Cerros Sur, Cerros Orientales y Cerros surorientales. Los puntos del muestreo TEM se muestran en la Figura-3.1. Los puntos de muestreo TEM fueron escogidos cuidadosamente ya que la señal del muestreo se ve afectada por la red eléctrica, materiales metálicos, generadores, vehículos, tuberías, teléfonos celulares y dispositivos inalámbricos.

Un instrumento utilizado en este muestreo, llamado “TEM-FAST”, utiliza un “circuito coincidente”. Esto quiere decir que un mismo circuito cuadrado es utilizado tanto como circuito receptor como circuito transmisor. En este muestreo se utilizaron básicamente tres tamaños de circuitos cuadrados de; 25 m., 50 m. y 200 m.

CAPITULO 2. RESULTADOS DEL SONDEO EN LOS CERROS ORIENTALES

a) Los Cerros Orientales

El muestreo TEM se realizó en los Cerros Orientales. La mayor parte de la ladera oriental de los Cerros está cubierta por un bosque denso, donde también se encuentran condominios de clase alta, potreros, pastizales y canteras. La parte occidental de los Cerros está ocupada por terrenos privados, demarcados por cercas ó alambre de púas en sus límites. Especialmente, el sector residencial es vigilado, por seguridad, por guardias con perros entrenados. El permiso para acceder a estas propiedades tomo un mes, desde el reconocimiento del terreno hasta la aplicación formal.

El muestreo TEM se realizó principalmente en potreros, canteras ó bosques poco densos. Para la operación de campo fueron utilizados circuitos cuadrados de 25 m, 50 m y 200 m. sobre la superficie. Aunque el tamaño máximo de los circuitos en la mayoría de las estaciones fue de 170 m ó 200 m, los tamaños del área limitaban el tamaño máximo de los circuitos tales como 65 m, 100m y 50 m para BEH007, BEH015, y BEH021 respectivamente.

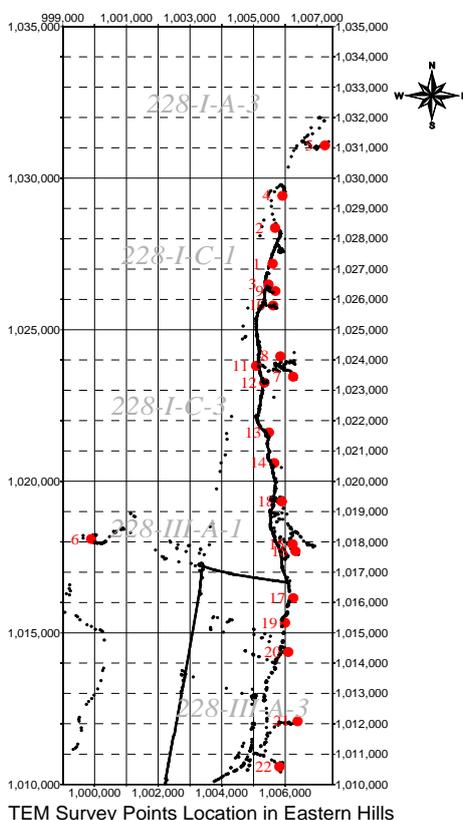
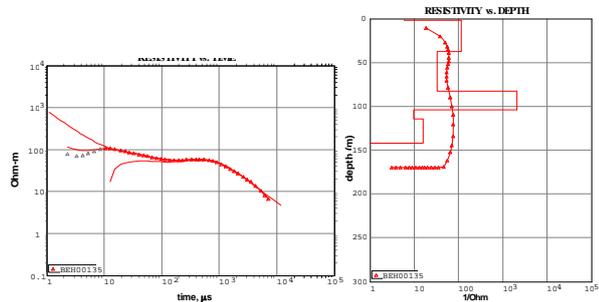


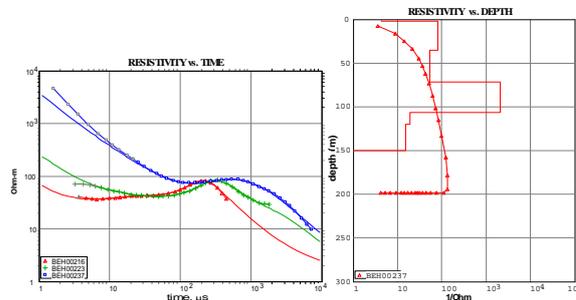
Figura-3. 1 Lugares del Muestreo en los Cerros Orientales

A continuación se presentan los diagramas de los datos TEM y su modelo 1D analizado para cada estación de muestreo:

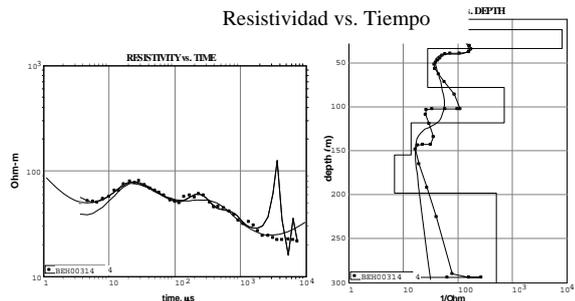
BEH001



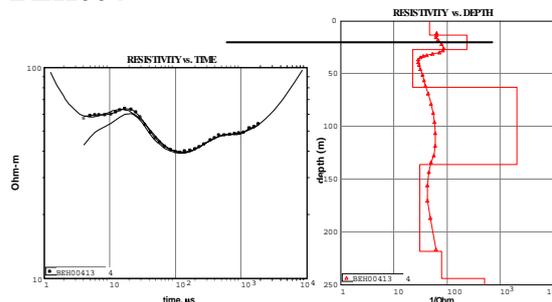
BEH002



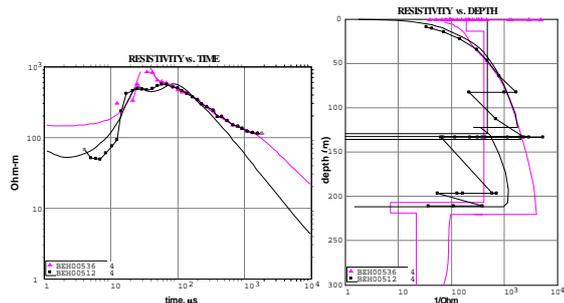
BEH003



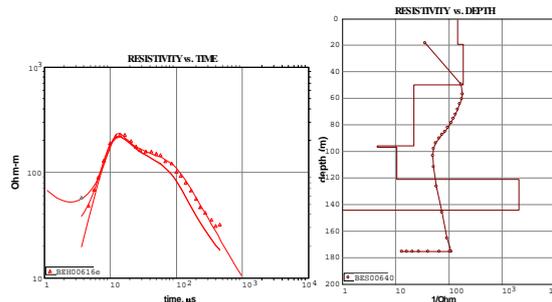
BEH004



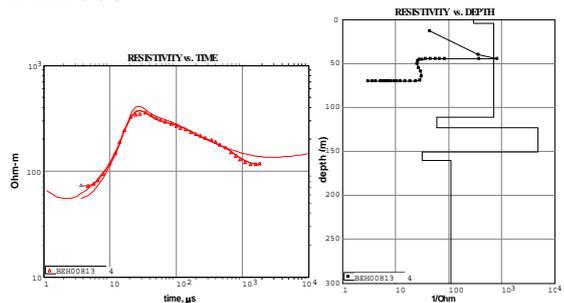
BEH005



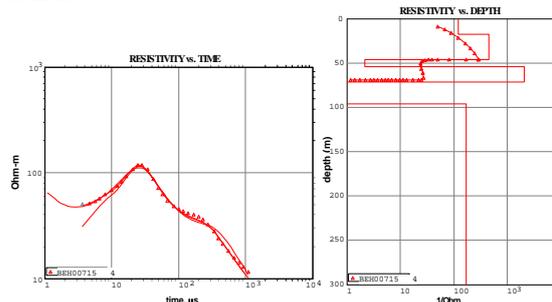
BEH006



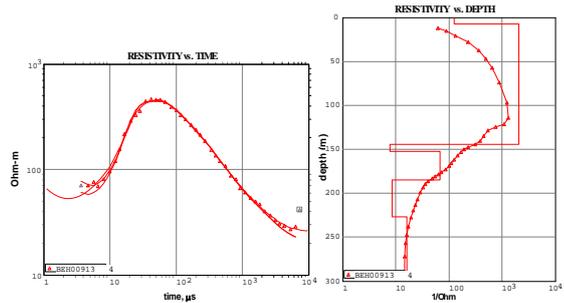
BEH008



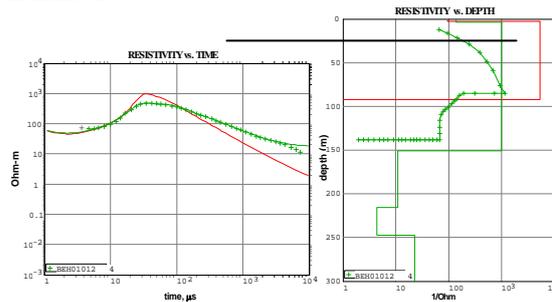
BEH007



BEH009

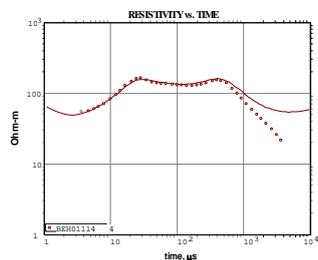


BEH010

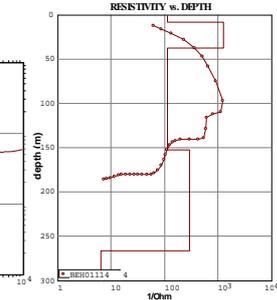


BEH011

Resistividad Vs Tiempo

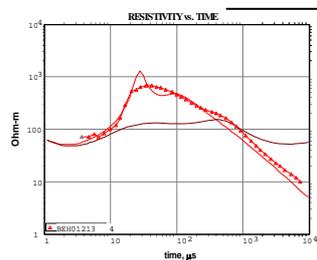


Resistividad Vs Profundidad

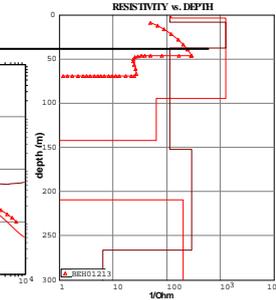


BEH012

Resistividad Vs Tiempo

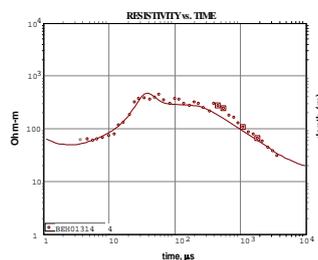


Resistividad Vs Profundidad

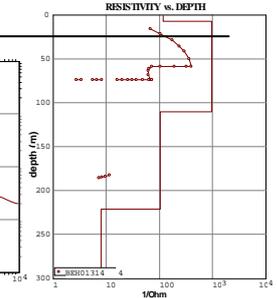


BEH013

Resistividad Vs Tiempo

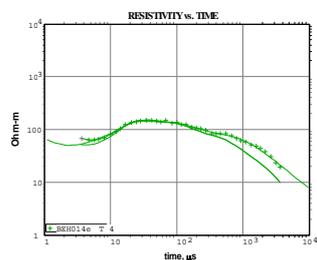


Resistividad Vs Profundidad

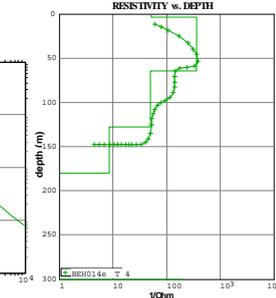


BEH014

Resistividad Vs Tiempo

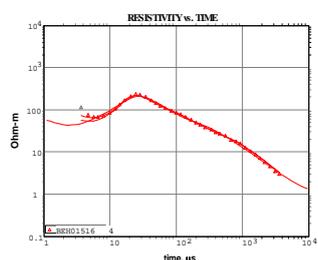


Resistividad Vs Profundidad

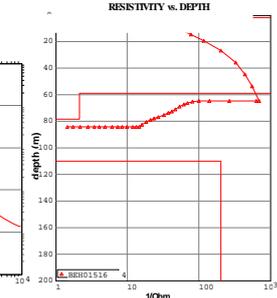


BEH015

Resistividad Vs Tiempo

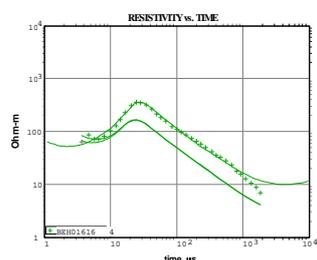


Resistividad Vs Profundidad

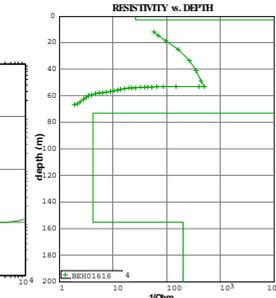


BEH016

Resistividad Vs Tiempo

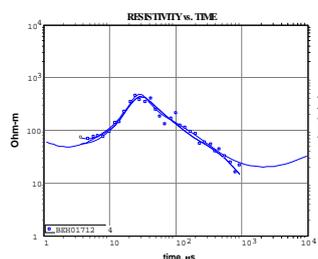


Resistividad Vs Profundidad

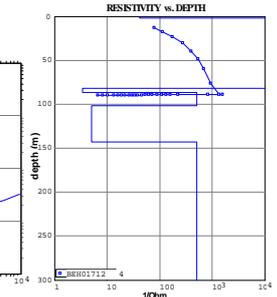


BEH017

Resistividad Vs Tiempo

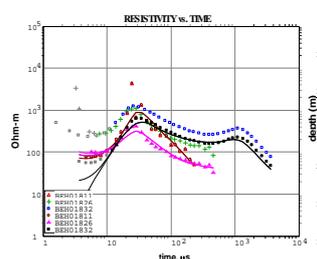


Resistividad Vs Profundidad

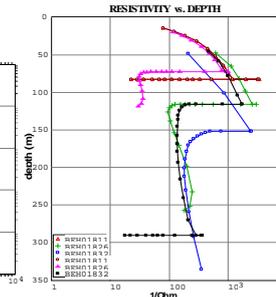


BEH018

Resistividad Vs Tiempo

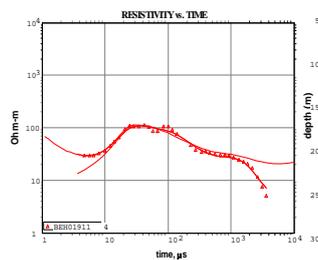


Resistividad Vs Profundidad

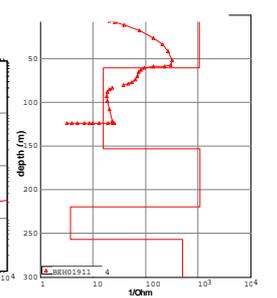


BEH019

Resistividad Vs Tiempo

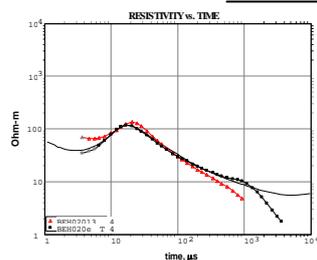


Resistividad Vs Profundidad

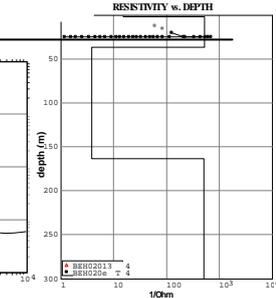


BEH020

Resistividad Vs Tiempo

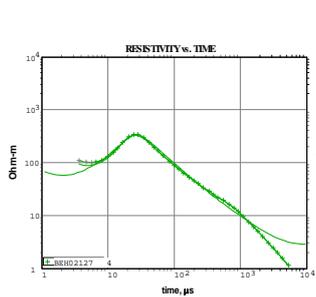


Resistividad Vs Profundidad

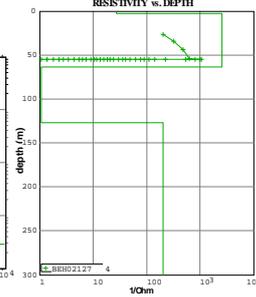


BEH021

Resistividad Vs Tiempo

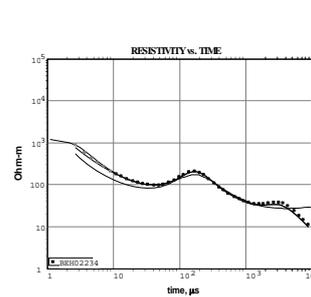


Resistividad Vs Profundidad



BEH022

Resistividad Vs Tiempo



Resistividad Vs Profundidad

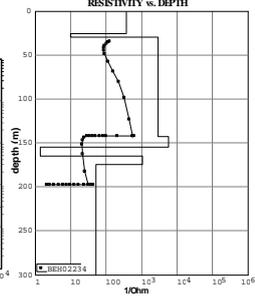


Figura-3. 2 Datos y Modelo Gráfico 1D para TEM en los Cerros Orientales

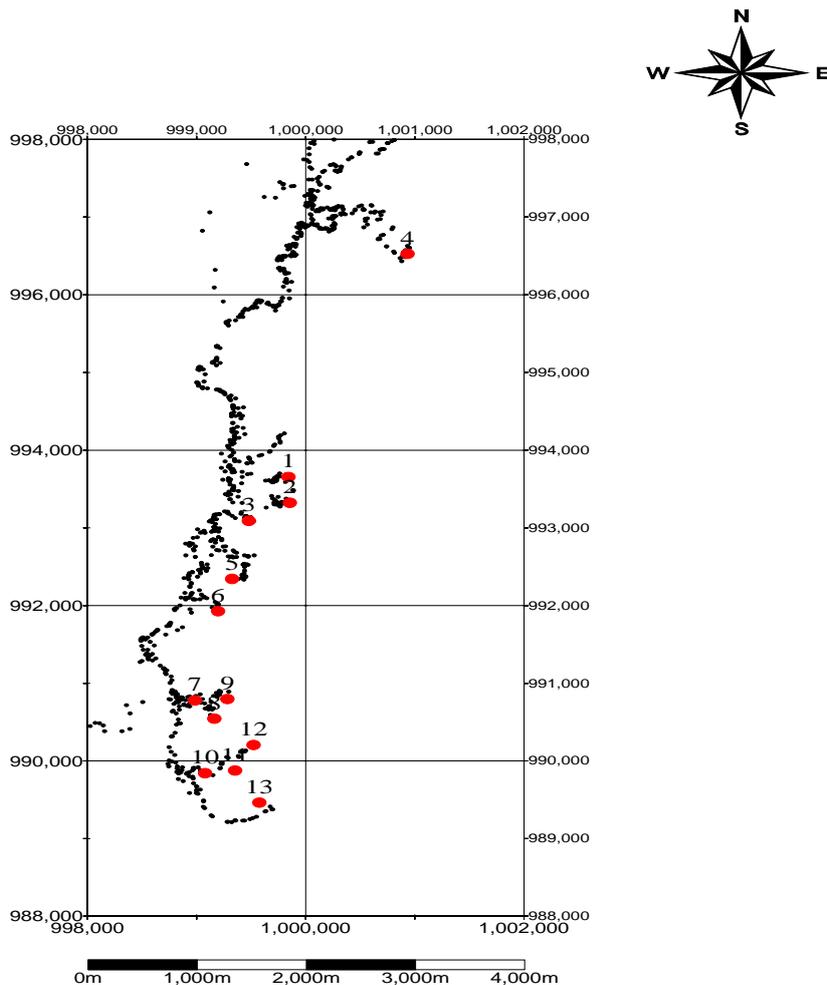
Nota: Las graficas de la izquierda representan la relación entre Resistividad (en Ohm-m) y el tiempo en μ s. A la derecha se muestra la relación Resistividad (1/Ohm) y Profundidad (m)

CAPITULO 3. RESULTADOS DEL SONDEO EN LA PARTE SUR DE LOS CERROS ORIENTALES

El muestreo TEM se realizó en 13 estaciones de los Cerros Surorientales.

En el piedemonte occidental, de los cerros surorientales, se extiende un bosque de planifolios y de pequeños arbustos. Entre las pendientes se encuentran potreros y tierras de cultivos habitadas por personas de medios y bajos ingresos. Aunque la mayoría de los terrenos son propiedad privada, la mayoría no tienen rejas o cercas prohibiendo la entrada. Solo en algunos puntos fueron necesarios presentar los documentos para poder ingresar. La seguridad del área no es muy buena y se presentan robos de cable, por lo que se tomaron medidas de seguridad mientras se realizaba el muestreo.

El muestreo TEM se realizó principalmente en potreros, tierra de cultivos o arbustos cerca del piedemonte y lejos del área residencial. Durante las operaciones de campo se utilizaron circuitos cuadrados de 25, 50 y 200 m. sobre la superficie. El circuito de mayor tamaño en cada estación fue de 200 m.



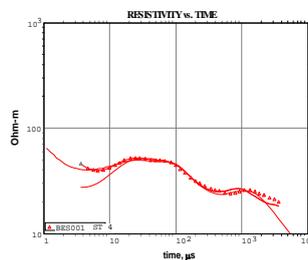
ME

Figura-3. 3 Lugares del Muestreo en los Cerros Surorientales cerca de Usme

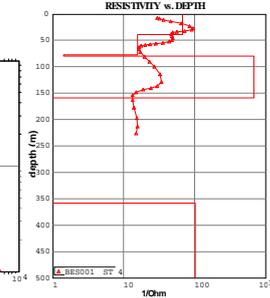
A continuación se presentan los diagramas de los datos TEM y su modelo 1D analizado para cada estación TEM de muestreo:

BES001

Resistividad Vs Tiempo

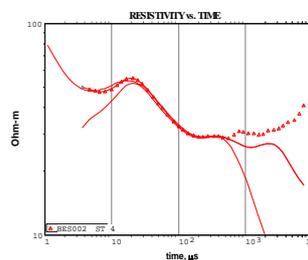


Resistividad Vs Profundidad

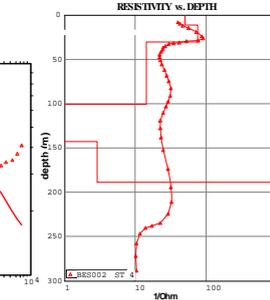


BES002

Resistividad Vs Tiempo

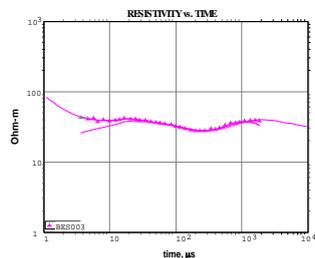


Resistividad Vs Profundidad

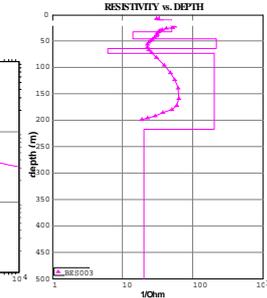


BES003

Resistividad Vs Tiempo

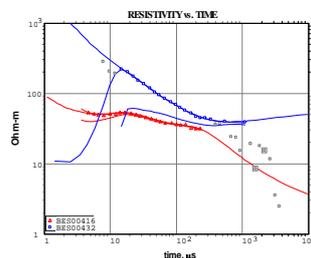


Resistividad Vs Profundidad

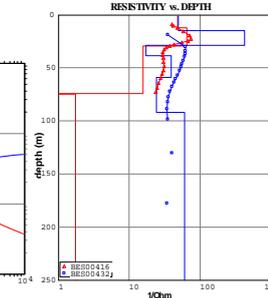


BES004

Resistividad Vs Tiempo

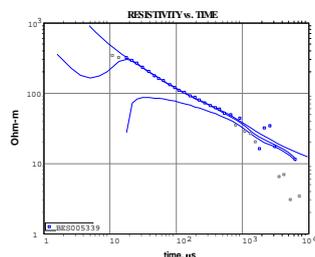


Resistividad Vs Profundidad

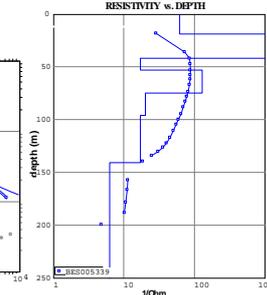


BES005

Resistividad Vs Tiempo

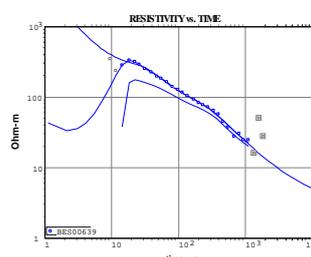


Resistividad Vs Profundidad

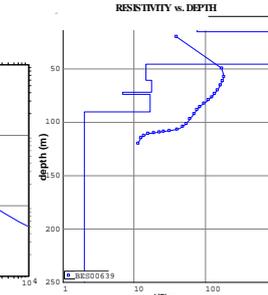


BES006

Resistividad Vs Tiempo

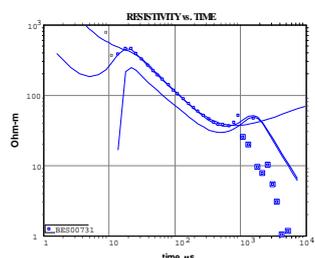


Resistividad Vs Profundidad

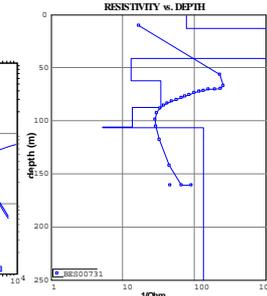


BES007

Resistividad Vs Tiempo

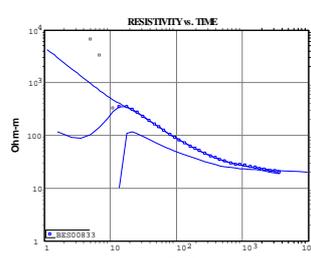


Resistividad Vs Profundidad

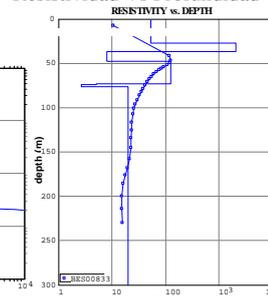


BES008

Resistividad Vs Tiempo

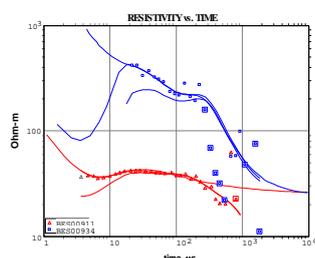


Resistividad Vs Profundidad

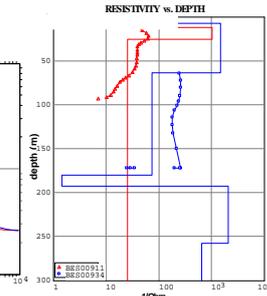


BES009

Resistividad Vs Tiempo

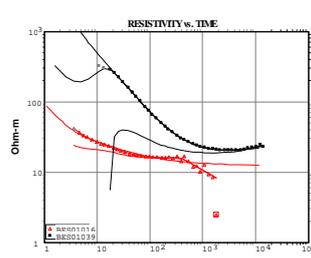


Resistividad Vs Profundidad

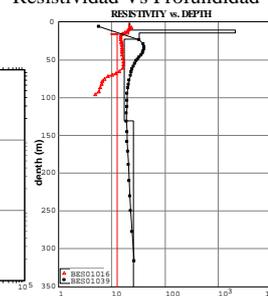


BES010

Resistividad Vs Tiempo

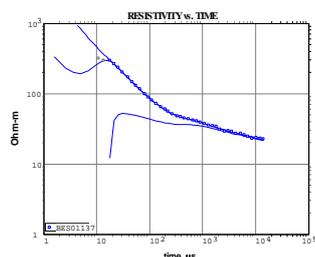


Resistividad Vs Profundidad

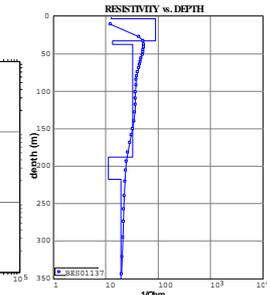


BES011

Resistividad Vs Tiempo



Resistividad Vs Profundidad



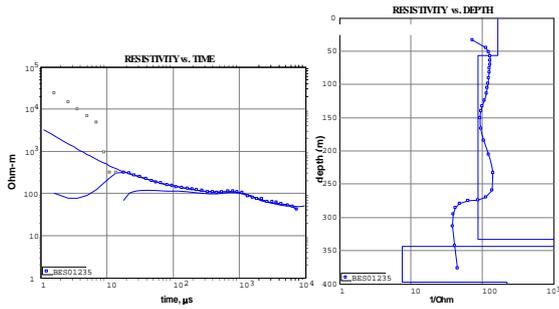
BES012

Resistividad Vs Tiempo



Resistividad Vs Profundidad





BES013

Resistividad Vs Tiempo

Resistividad Vs Profundidad

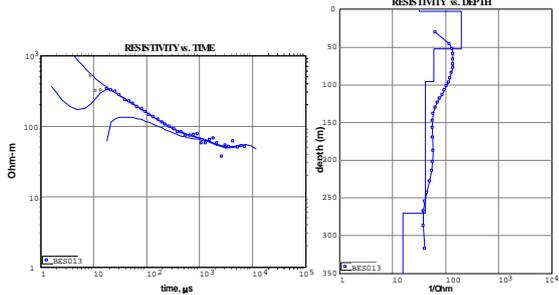


Figura-3. 4 Datos y Modelo Gráfico 1D para TEM en el Sur de los Cerros Orientales

Nota: Las graficas de la izquierda representan la relación entre Resistividad (en Ohm-m) y el tiempo en μ s. A la derecha se muestra la relación Resistividad (1/Ohm) y Profundidad (m)

CAPITULO 4. RESULTADOS DEL SONDEO EN LOS CERROS SUR

El muestreo TEM se realizó en 29 puntos en los Cerros del Sur. Los Cerros Sur han sido considerados como un lugar peligroso y de entrada estrictamente prohibida dados los problemas de orden público que allí se presentan. Todos los sondeos de campo fueron acompañados por personal de la Policía vestidos de civil. Sobre los Cerros se ubican guarniciones del ejercito en lugares donde en el pasado se presentaron enfrentamientos con la guerrilla. Durante el sondeo recibimos la visita del propietario del terreno acompañado de milicias.

Los Cerros Sur se clasifican bruscamente en dos categorías. La pendiente norte de los Cerros Sur está ocupada por asentamientos ilegales. El terreno de mayor altura se utiliza como potrero y fue allí donde se realizó el sondeo TEM.

Durante las operaciones de campo se utilizaron básicamente circuitos cuadrados de 25, 50 y 200 m. sobre la superficie. El tamaño máximo de los circuitos cuadrados fue de 150, 200 y 250 m. en algunas estaciones. El plan inicial suponía el uso de un circuito cuadrado de 100 m. Sin embargo, la extremadamente alta resistividad del área y el rápido deterioro de la intensidad de la señal causaron datos pobres de las profundidades planeadas; por lo tanto se aumento gradualmente el tamaño del circuito cuadrado para obtener datos de calidad.

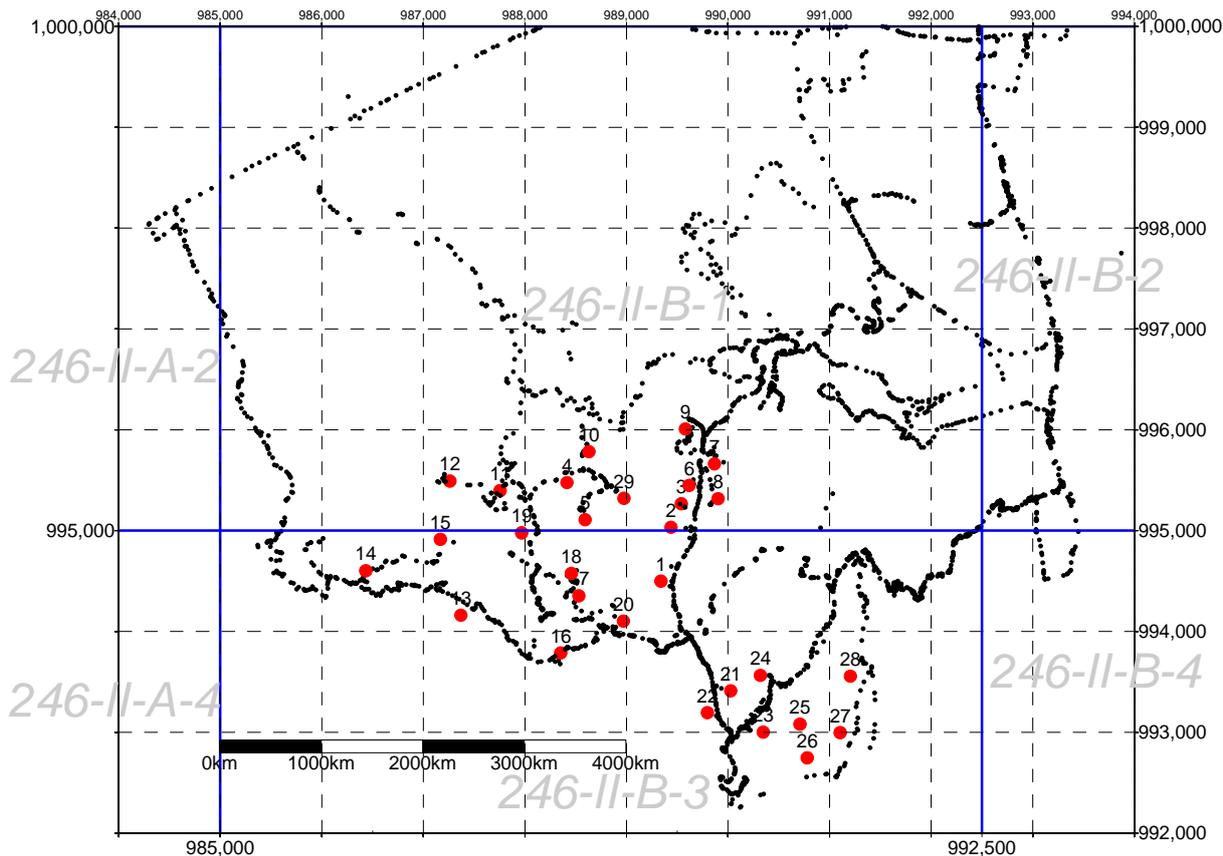
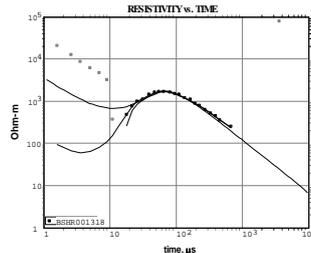


Figura-3. 5 Lugares del Muestreo en los Cerros Sur

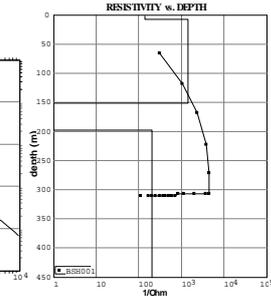
A continuación se presentan los diagramas de los datos TEM y su modelo 1D analizado para cada estación de muestreo:

BSH001

Resistividad Vs Tiempo

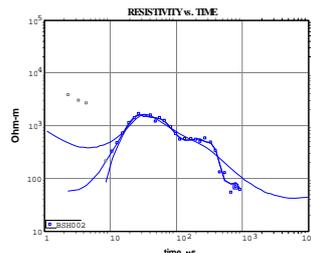


Resistividad Vs Profundidad

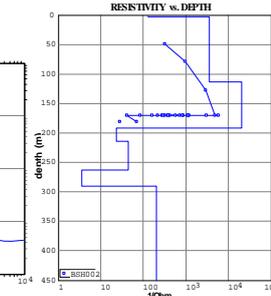


BSH002

Resistividad Vs Tiempo

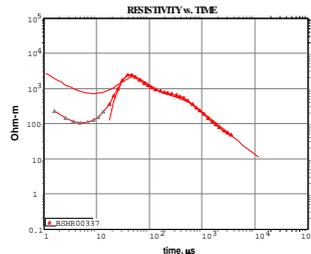


Resistividad Vs Profundidad

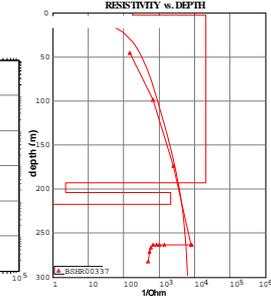


BSH003

Resistividad Vs Tiempo

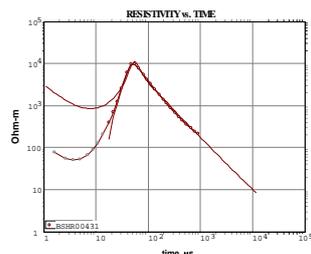


Resistividad Vs Profundidad

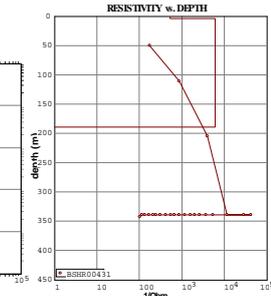


BSH004

Resistividad Vs Tiempo

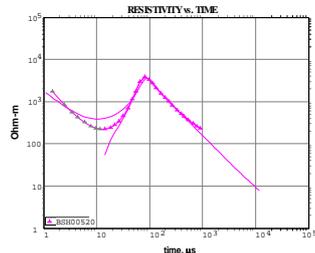


Resistividad Vs Profundidad

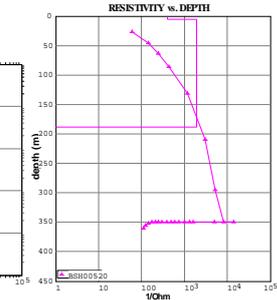


BSH005

Resistividad Vs Tiempo

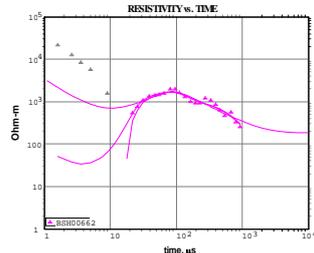


Resistividad Vs Profundidad

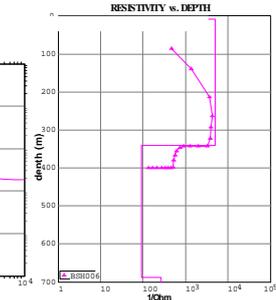


BSH006

Resistividad Vs Tiempo

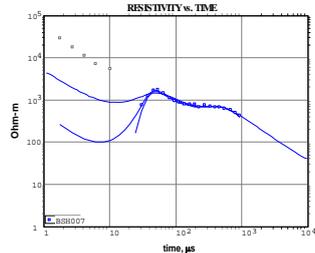


Resistividad Vs Profundidad

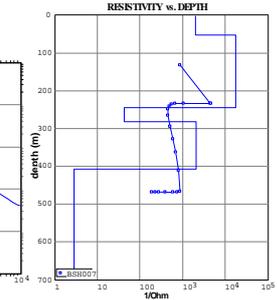


BSH007

Resistividad Vs Tiempo

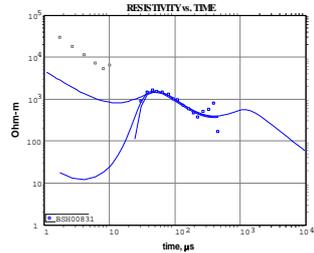


Resistividad Vs Profundidad

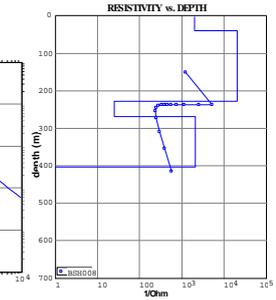


BSH008

Resistividad Vs Tiempo

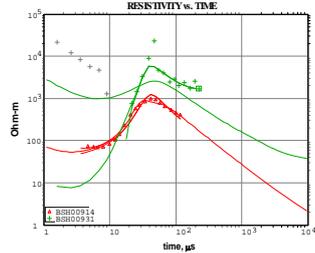


Resistividad Vs Profundidad

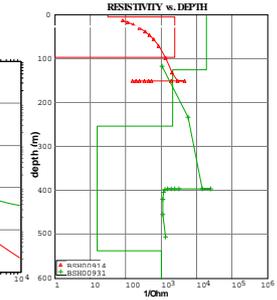


BSH009

Resistividad Vs Tiempo

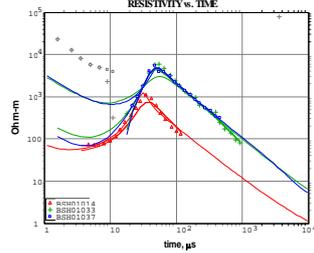


Resistividad Vs Profundidad

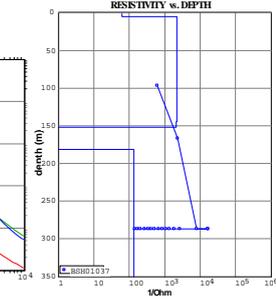


BSH010

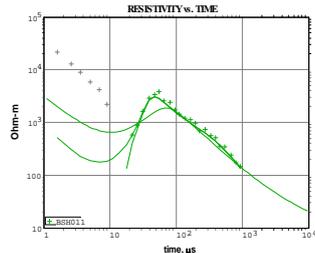
Resistividad Vs Tiempo



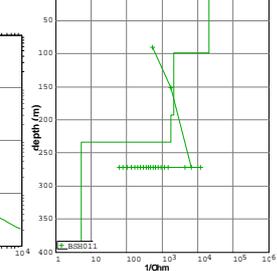
Resistividad Vs Profundidad



BSH011

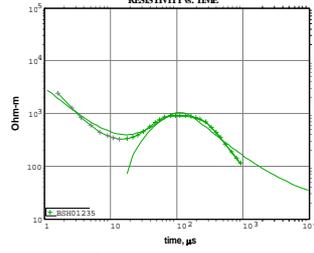


Resistividad Vs Profundidad

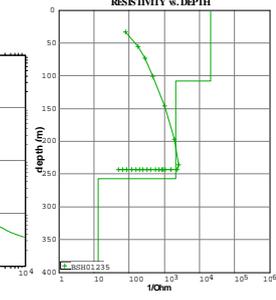


BSH012

Resistividad Vs Tiempo

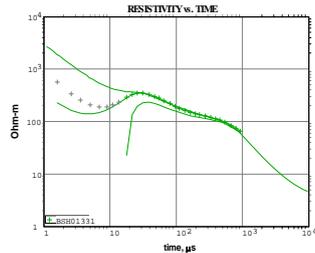


Resistividad Vs Profundidad

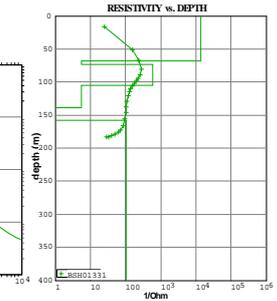


BSH013

Resistividad Vs Tiempo

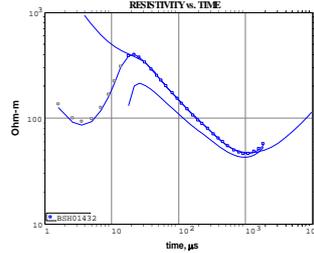


Resistividad Vs Profundidad

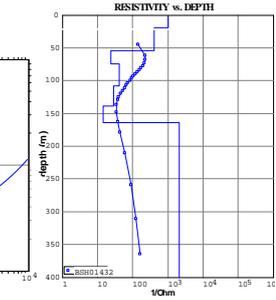


BSH014

Resistividad Vs Tiempo

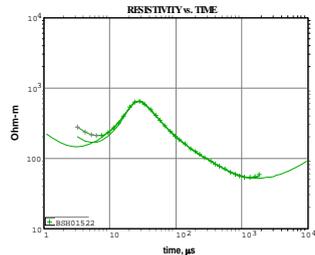


Resistividad Vs Profundidad

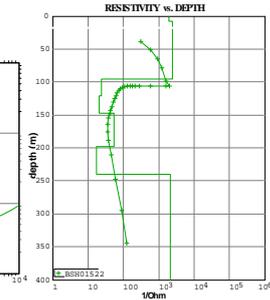


BSH015

Resistividad Vs Tiempo

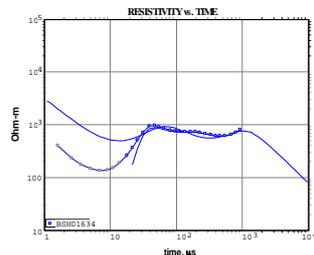


Resistividad Vs Profundidad

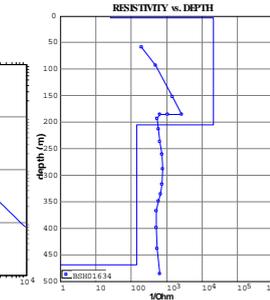


BSH016

Resistividad Vs Tiempo

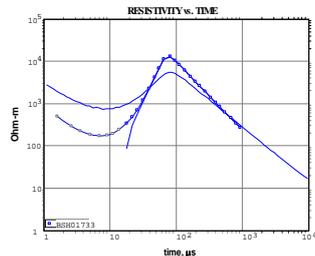


Resistividad Vs Profundidad

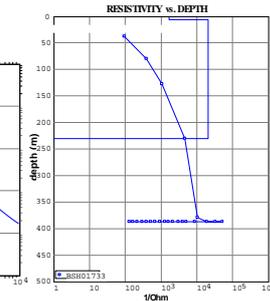


BSH017

Resistividad Vs Tiempo

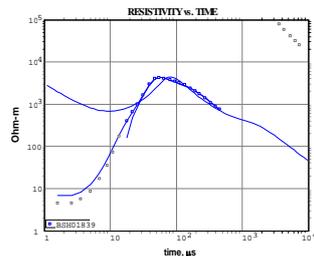


Resistividad Vs Profundidad

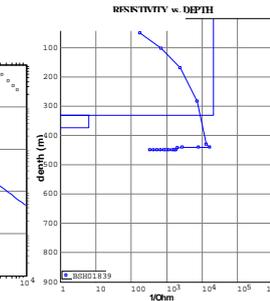


BSH018

Resistividad Vs Tiempo

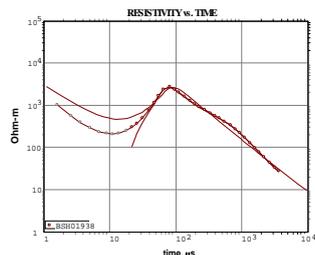


Resistividad Vs Profundidad

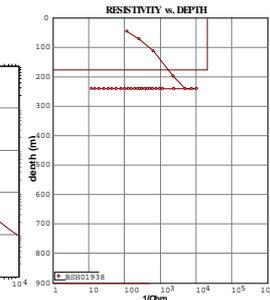


BSH019

Resistividad Vs Tiempo

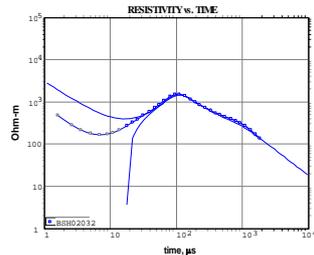


Resistividad Vs Profundidad

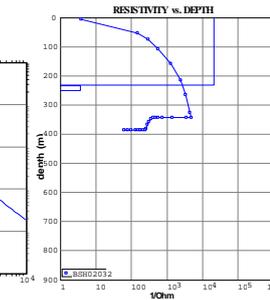


BSH020

Resistividad Vs Tiempo

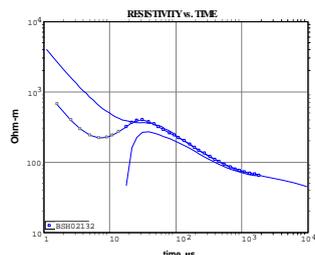


Resistividad Vs Profundidad

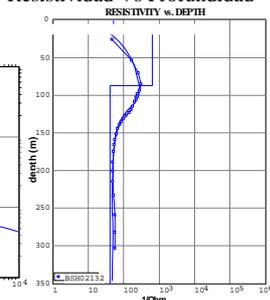


BSH021

Resistividad Vs Tiempo

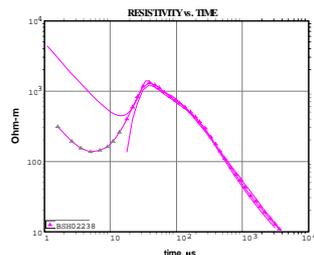


Resistividad Vs Profundidad

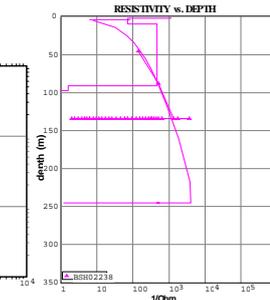


BSH022

Resistividad Vs Tiempo

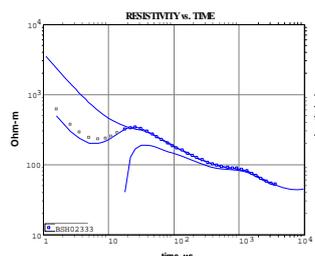


Resistividad Vs Profundidad

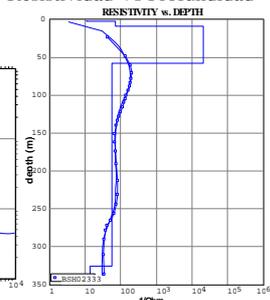


BSH023

Resistividad Vs Tiempo

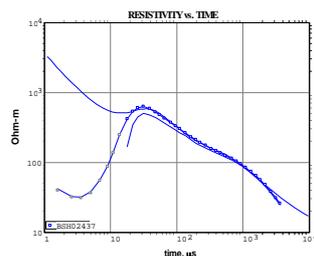


Resistividad Vs Profundidad

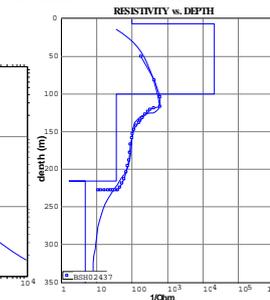


BSH024

Resistividad Vs Tiempo

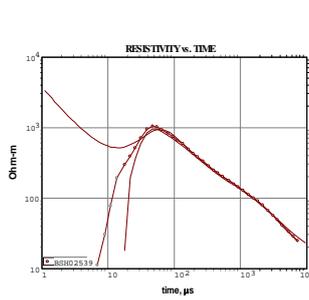


Resistividad Vs Profundidad

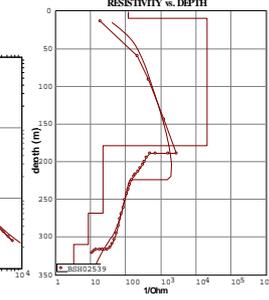


BSH025

Resistividad Vs Tiempo

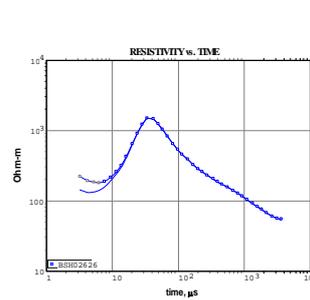


Resistividad Vs Profundidad

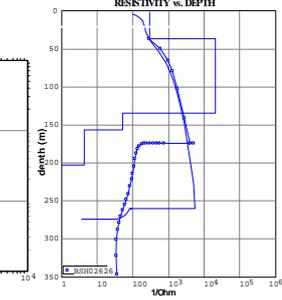


BSH026

Resistividad Vs Tiempo

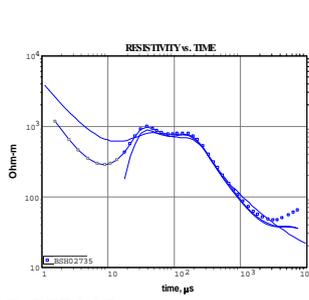


Resistividad Vs Profundidad

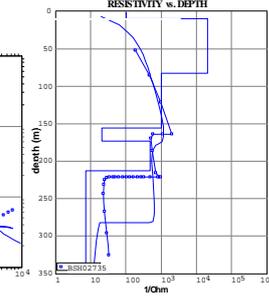


BSH027

Resistividad Vs Tiempo

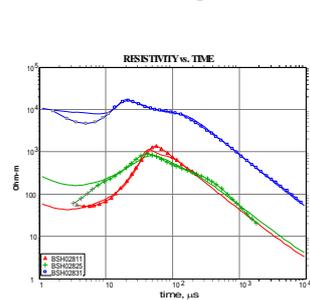


Resistividad Vs Profundidad

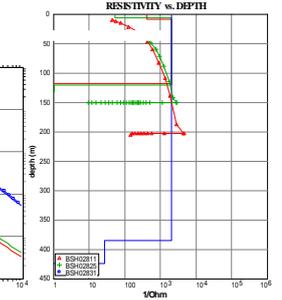


BSH028

Resistividad Vs Tiempo

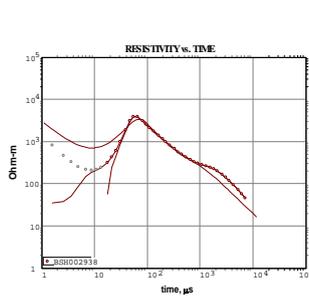


Resistividad Vs Profundidad

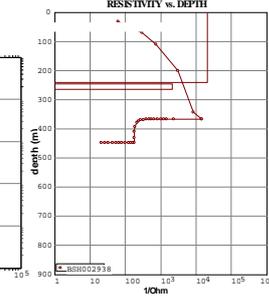


BSH029

Resistividad Vs Tiempo



Resistividad Vs Profundidad



Nota: Las graficas de la izquierda representan la relación entre Resistividad (en Ohm-m) y el tiempo en μs . A la derecha se muestra la relación Resistividad (1/Ohm) y Profundidad (m)

Figura-3. 6 Datos y Modelo Gráfico 1D para TEM en los Cerros Sur (10)

CAPITULO 5. RESULTADOS Y CONSIDERACIONES DEL SONDEO TEM

a) Comparación entre el Modelo TEM con los Datos Eléctricos Registrados en el Pozo de Suba

El muestreo TEM se condujo en el pozo de exploración de Suba, perforado en el Estudio anterior de JICA para el desarrollo de agua subterránea. Los datos eléctricos registrados en el pozo de Suba muestran que la estructura del acuífero puede ser considerada desde el modelo hecho por el método TEM. La Figura.5.1 muestra la comparación entre el modelo TEM 1D y los datos registrados en el pozo de Suba.

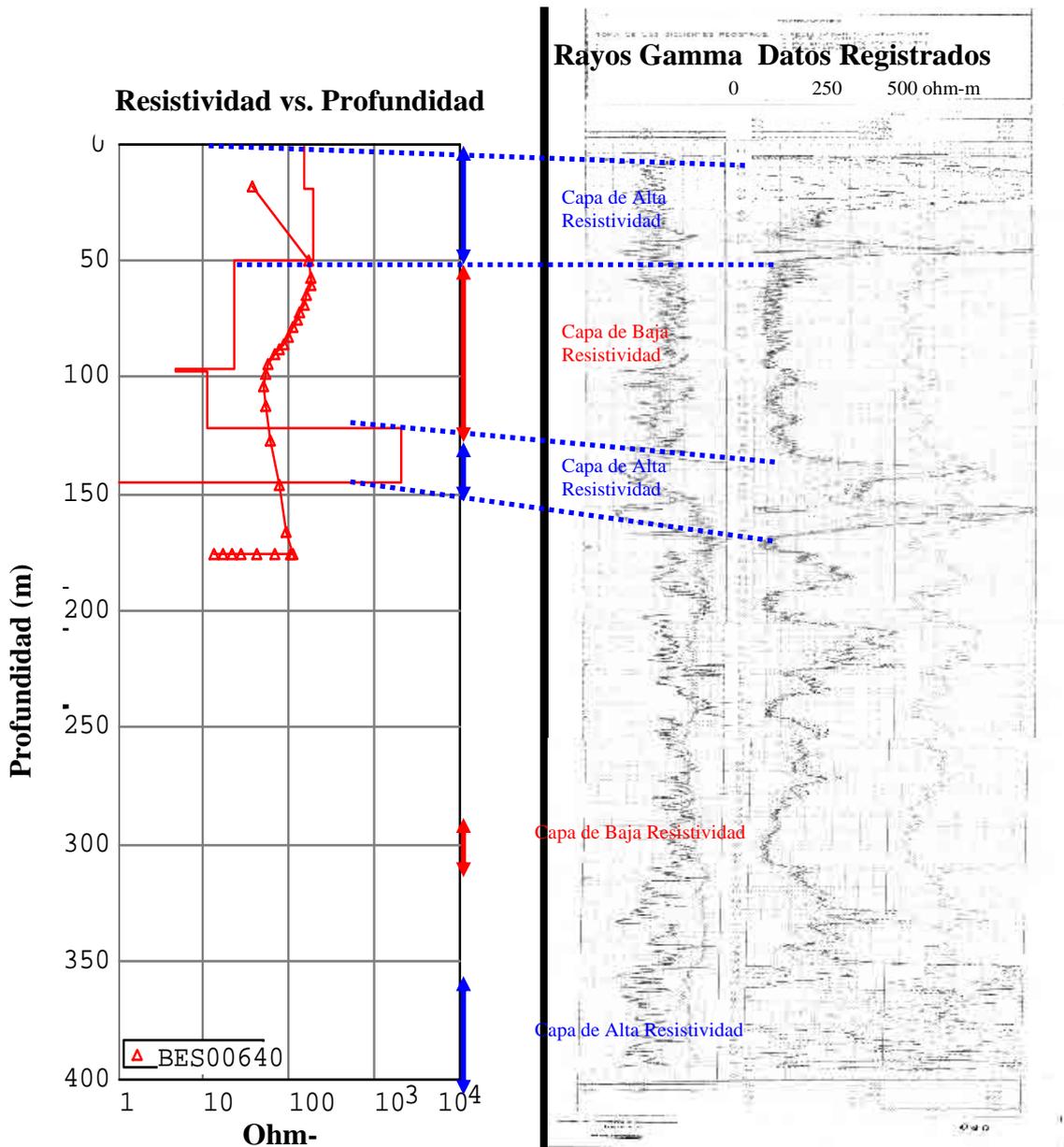


Figura-3. 7 Comparación del Modelo TEM con los Datos Eléctricos Registrados

Las secciones de alta resistividad representan el acuífero principal en el área de estudio. En la Figura anterior se observa como la capa rica en arenisca del grupo Guadalupe en el Cretáceo presenta una alta resistividad en los datos registrados. Por otro lado, las secciones de baja resistividad representan la capa de revestimiento principal en el área de estudio.

Las secciones ricas en lodolitas en el grupo Guadalupe del Cretáceo presentan una baja resistividad. Los resultados del modelo TEM no pudieron detallar la estructura de resistividad en los niveles más profundos de BEH006. Esto se debe al ruido ó interferencia provocado por las líneas de alto voltaje alrededor del punto de sondeo.

El modelo TEM concuerda con la estructura de resistividad de los datos eléctricos registrados, hasta los 150 m.

En los casos donde se presenta la misma estructura geológica, las secciones ricas en arenisca y las secciones ricas en lodolitas del grupo Guadalupe del Cretáceo se identifican a partir del método TEM como un acuífero de alta resistividad y una capa de revestimiento de baja resistividad, respectivamente.

a) Cerros Orientales

i) Estructura de la Resistividad

La estructura de la resistividad de la pendiente occidental de los Cerros Orientales se describe a continuación. Las capas de un grosor menor a 10 m. fueron omitidas de la discusión. Las estructuras de resistividad de cada estación fueron modeladas como un modelo de 4 a 8 capas horizontales en el diagrama de modelado. Entre más profunda sea la capa, menos precisa será su resistividad y grosor, ya que la intensidad de la señal disminuye con la profundidad.

Las estaciones de sondeo TEM se ubican a ambos lados de la Falla que localizada en dirección N-S en la pendiente occidental de los Cerros Orientales.

Al lado Oriental de esta Falla, sobre la superficie y sumergiéndose casi verticalmente, yace la formación Cretácea.

Al Occidente de la Falla, sobre la superficie y horizontalmente sobre la formación Cretácea, yace la formación Cuaternaria.

La estructura de la resistividad en cada estación fue aproximadamente caracterizada como un modelo de dos capas que consiste de una capa de alta resistividad sobre una capa de baja resistividad.

Grupo I: EH001, BEH002

Cerca de la superficie la capa de baja resistividad es gruesa. El grosor de la capa del Cuaternario es de 81 m. y de 69 m. en el pastizal plano a lo largo de la vía. La capa de alta resistividad yace debajo con un grosor de 36 m. y 21 m. respectivamente. Las capas de resistividad menor a 20 ohm-m yacen debajo de estas. La intensidad de la señal baja a mayor profundidad.

Grupo II: BEH004, BEH005, BEH007, BEH008, BEH009, BEH010, BEH013, BEH014, BEH018

Sobre la pendiente pronunciada de los Cerros Orientales, donde la formación Cretácea yace sobre la superficie, se ubican estaciones de sondeo TEM. Para este grupo se presenta un modelo de dos capas con una capa de alta resistividad sobre una de baja resistividad. Cerca de la superficie yace una capa de alta resistividad con un grosor de 100 m. o más; debajo de esta yace una capa de baja resistividad. La intensidad de la señal decae rápidamente a mayor profundidad.

Grupo III: BEH003, BEH006, BEH011, BEH012

Las estaciones de sondeo TEM se ubican en el área plana o de pendiente moderada, donde sobre la superficie yace la formación Cretácea. Se presenta un modelo de cuatro capas de forma que las capas de alta resistividad se intercalan con las capas de baja resistividad (capa de alta resistividad - capa de baja resistividad - capa de alta resistividad - capa de baja resistividad, de la superficie a mayor profundidad). En este caso se presentó una menor disminución de la intensidad de la señal a mayor profundidad, por lo que se modeló de forma más precisa.

Grupo IV: BEH015, BEH016, BEH017, BEH019, BEH020, BEH021, BEH022

Las estaciones de sondeo TEM se ubican en canteras de pendientes pronunciadas de la parte Occidental de los Cerros, donde sobre la superficie yace la formación Cretácea. Presentan un modelo de 3 capas de resistividad intercalada (capa de alta resistividad – capa de baja resistividad – capa de alta resistividad, de la

superficie a mayor profundidad). Cerca de la superficie yace una capa de alta resistividad de 100 m. o más, debajo de esta yace una capa de baja resistividad y la intensidad de la señal decae rápidamente bajo ella.

ii) Estructura del Acuífero

La formación Cretácea en los Grupos II y IV se sumerge de manera casi vertical y no es apropiada para un modelo 1D, asumiendo un modelo de capas horizontales. Sin embargo, el resultado del modelo refleja la resistividad cerca de la superficie.

Grupo I: EH001, BEH002

En las estaciones del Grupo I, se espera que el acuífero esté presente cerca del límite entre la capa de baja resistividad cercana a la superficie (Formación Cuaternaria) y la capa de alta resistividad (Formación Cretácea). Sin embargo, la calidad del agua puede no ser óptima para el consumo, dada la contaminación del agua superficial. Existe una gran expectativa de que el acuífero se ubique en la parte más profunda de la formación Cretácea, ya que no fue posible identificar la estructura de la resistividad en la parte más profunda dada la disminución en la intensidad de la señal.

Grupo II: BEH004, BEH005, BEH007, BEH008, BEH009, BEH010, BEH013, BEH014, BEH018

La capa de alta resistividad analizada en el sondeo TEM pertenecientes al Grupo II, se considera representa la formación Cretácea. La formación Cretácea se sumerge prácticamente de manera vertical y continua a mayor profundidad. Sin embargo, el modelo de baja resistividad se modeló debajo de este. Se considera que el método TEM recibe un nivel de información más bajo en áreas extensas donde la formación Cretácea y la capa Cuaternaria existen en el mismo nivel a lo largo de la falla; ó muestra una menor intensidad de la señal.

Grupo III: BEH003, BEH006, BEH011, BEH012

Las estaciones de sondeo TEM se ubican en el área plana o de pendiente moderada, donde sobre la superficie yace la formación Cretácea. Se presenta un modelo de cuatro capas de forma que las capas de alta resistividad se intercalan con las capas de baja resistividad (capa de alta resistividad - capa de baja resistividad - capa de alta resistividad - capa de baja resistividad, de la superficie a mayor profundidad). En este caso se presentó una menor disminución de la intensidad de la señal a mayor profundidad, por lo que se modeló de forma más precisa.

Grupo IV: BEH015, BEH016, BEH017, BEH019, BEH020, BEH021, BEH022

Se considera que la capa de alta resistividad que se presenta en el modelo TEM representa la formación Cretácea. La formación Cretácea se extiende desde la superficie, se sumerge de manera vertical y continua en la profundidad. Sin embargo, la capa de baja resistividad se modeló debajo de esta. El método TEM presenta una intensidad de la señal menor, en un área amplia donde la formación Cretácea y la capa del Cuaternario existen en el mismo nivel a lo largo de la falla. La capa de alta resistividad en el fondo refleja la formación Cretácea, en un nivel menor de donde existe la formación Cretácea a ambos lados de la Falla. Posiblemente existe un acuífero en la formación Cretácea que se extiende desde la superficie hacia el fondo.

b) Parte Sur de los Cerros Orientales

i) Estructura de la Resistividad

La estructura de la resistividad de la pendiente oriental de los Cerros Orientales se describe a continuación. Las capas de un grosor menor a 10 m. fueron omitidas de la discusión. La estructura de resistividad de cada estación fue modelada como un modelo de 4 a 8 capas horizontales en el diagrama de modelado. Entre más profunda sea la capa, menos precisa será su resistividad y grosor, ya que la intensidad de la señal disminuye con la profundidad.

La estructura de la resistividad en cada estación fue aproximadamente caracterizada como un modelo de dos capas que consiste de una capa de alta resistividad sobre una capa de baja resistividad.

Grupo I: BES004, BES005, BES006, BES008, BES010, BES011, BES012, BES013

Las estaciones de sondeo TEM se ubican sobre la pendiente occidental de los cerros surorientales, donde la superficie es de formación Cretácea. Se presenta un modelo de dos capas, con una capa de alta resistividad sobre una de baja resistividad. La resistividad de las capas superficiales de alta resistividad es de varios cientos de ohm-m, la cual es más baja que en la otra parte de los Cerros Orientales. Las capas bajo ellas son modeladas como de baja resistividad desde varios ohm-m a decenas de ohm-m.

Grupo II: BES007, BES009

Las estaciones de sondeo TEM se ubican en potreros sobre la pendiente occidental de los cerros Surorientales, donde la superficie es de formación Cretácea. Se ubican al lado oriental de la falla que tiene dirección N-S y donde la formación Cretácea yace de manera prácticamente horizontal. Presentan un modelo de 4 capas de alta y baja resistividad intercaladas (capa de alta resistividad- capa de baja resistividad – capa de alta resistividad – capa de baja resistividad). Estos presentan menos disminución de la intensidad de la señal en la profundidad, y fueron modeladas con precisión.

Grupo III: BES001, BES002

Las estaciones de sondeo TEM se ubican en potreros sobre la pendiente occidental de los cerros surorientales, donde la superficie es de formación Cretácea. Se presento un modelo de 3 capas de alta y baja resistividad intercalada comenzando con la capa de alta resistividad, los cuales presentan menos disminución de la intensidad de la señal en la profundidad, y fueron modeladas con precisión

Grupo IV: BES003

La estación de sondeo TEM BES003 se ubica en un potrero sobre la pendiente occidental de los cerros surorientales, donde la superficie es de formación Cretácea. En esta estación la estructura de la resistividad es diferente a las otras estaciones en el área.

En la estación BES003 domina una capa de baja resistividad, excepto por la capa de resistividad de 200 ohm-m que se presenta cerca de la superficie con un grosor de 13 m.

ii) Estructura del Acuífero

Grupo I: BES004, BES005, BES006, BES008, BES010, BES011, BES012, BES013

La formación Cretácea yace sobre la superficie de manera casi horizontal en las estaciones del sondeo TEM pertenecientes al Grupo I. Se asume que la alta resistividad cerca de la superficie representa arenisca de la formación Cretácea y la baja resistividad representa la sección donde dominan lodolitas de la formación Cretácea. Es posible que exista un acuífero en el límite entre la capa de alta resistividad con la de baja resistividad.

Grupo II: BES007, BES009

La formación Cretácea yace sobre la superficie de manera prácticamente horizontal en las estaciones del sondeo TEM pertenecientes al Grupo II. Se modelaron a través de una parte relativamente más profunda sin que la intensidad de la señal disminuyera. La capa profunda de alta resistividad puede ser un posible acuífero.

Grupo III: BES001, BES002

La formación Cretácea yace sobre la superficie de manera prácticamente horizontal en las estaciones del sondeo TEM pertenecientes al Grupo III. La formación Cretácea yace sobre la superficie de manera prácticamente horizontal en las estaciones del sondeo TEM pertenecientes al Grupo I. Se asume que la alta resistividad cerca de la superficie representa arenisca de la formación Cretácea y la baja resistividad representa la sección donde dominan lodolitas de la formación Cretácea. La capa superficial de alta resistividad puede ser un posible acuífero.

Grupo IV: BES003

En la estación BES003 domina una capa de baja resistividad. Este resultado puede ser producto de ruido ó interferencia causado por estructuras de conductividad que no pudieron ser identificadas en la superficie.

c) Cerros Sur

i) Estructura de Resistividad

La estructura de resistividad de la pendiente occidental de los Cerros Orientales se describe a continuación. Las capas de resistividad de un grosor menor a 10 m. fueron omitidas de la discusión. Las estructuras de resistividad de cada estación fueron modeladas como un modelo de 4 a 8 capas horizontales en el diagrama de modelado. La resistividad y grosor de las capas modeladas naturalmente son menos precisas en las partes más profundas, porque la intensidad de la señal disminuye simultáneamente.

La estructura de la resistividad en cada estación fue aproximadamente caracterizada como un modelo de dos capas que consiste de una capa de alta resistividad sobre una capa de baja resistividad.

Grupo I: De BSH001 a BSH012 consecutivamente, BSH016, BSH020, BSH028 y BSH029

El Grupo I se ubica sobre la pendiente norte de los Cerros Sur, donde la superficie es de formación Cretácea. Se presenta un modelo de dos capas, conformado por una capa de alta resistividad sobre una capa de baja resistividad. Las capas de alta resistividad de 1.000 ohm-m ó más se encuentran a mas de 100 m de la superficie. Debajo de estas se presentan capas de baja resistividad. A mayor profundidad la intensidad de la señal decae gradualmente.

Grupo II: BSH013, BSH013 y BSH015

El Grupo II se ubica sobre la parte occidental de los Cerros Sur, donde la superficie es de formación Cretácea. El Grupo II presenta un modelo de dos capas, que consiste de una capa de alta resistividad sobre una capa de baja resistividad. Los valores de resistividad de la primera capa son mayores que los del Grupo I. Debajo de estas se presentan capas de baja resistividad. A mayor profundidad la intensidad de la señal decae gradualmente.

Grupo III: De BSH021 a BSH027 Consecutivamente

El Grupo III se ubica sobre el terreno inclinado de la parte suroriental de los Cerros Sur, donde la superficie es de formación Cretácea. El Grupo III presenta un modelo de dos capas, que consiste de una capa de alta resistividad sobre una capa de baja resistividad. Los valores de la capa de alta resistividad son mayores a 2.000 ohm-m y su grosor máximo es de 170 m., aunque la mayoría son menores a 100 m. Debajo de estas se presentan capas de baja resistividad. A mayor profundidad la intensidad de la señal decae gradualmente.

ii) Estructura del Acuífero

Grupo I: De BSH001 a BSH012 consecutivamente, BSH016, BSH020, BSH028 y BSH029

Alrededor del Grupo I la superficie es de formación Cretácea de manera prácticamente horizontal. Cerca de la superficie una capa de alta resistividad refleja la sección rica en arenisca de la formación Cretácea. Debajo de esta se presenta una capa de baja resistividad que refleja una sección rica en lodolitas de la

formación Cretácea. Es bastante probable que exista un acuífero en el límite entre las capas de alta y baja resistividad.

Grupo II: BSH013, BSH013 y BSH015

En el Grupo II, la formación Cretácea yace de manera horizontal cerca de la superficie. Como el valor de la capa de alta resistividad no es tan alto y su grosor es pequeño, la condición geológica se considera bastante diferente a la del Grupo I. Se considera que en el Grupo II no se presenta acuífero.

Grupo III: De BSH021 a BSH027 Consecutivamente

En el Grupo III, la formación Cretácea yace horizontalmente desde la superficie. Se considera que la capa de alta resistividad cerca de la superficie refleja arenisca de la formación Cretácea. Debajo de esta, se presenta una capa de baja resistividad, sin ser claro que sea por la presencia de una sección rica en lodolita, o una disminución en la intensidad de la señal. Es probable que exista un acuífero en el límite entre las capas de alta y baja resistividad.

Tabla-3. 1 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Orientales (1)

Nombre del Dato	X	Y	Z	Tamaño Max. Del Circuito	
BEH01	X=1005605	y=1027175	z=2584	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	109.7	35.4	0 - 35.4		2584 - 2548.6
2	31.8	45.5	35.4 - 80.9		2548.6 - 2503.1
3	2000	21	80.9 - 101.9		2503.1 - 2482.1
4	9.17	10.7	101.9 - 112.6		2482.1 - 2471.4
5	15.4	27.5	112.6 - 140.1		2471.4 - 2443.9
6	0.93	19.3	140.1 - 159.4		2443.9 - 2424.6
7	0.175	10000000000	159.4 - 1E+10		2424.6 - -9999997575
BEH02	X=1005684	y=1028352	z=2581	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	78	32.6	0 - 32.6		z=2581 - 2548.4
2	51	36.3	32.6 - 68.9		2548.4 - 2512.1
3	2000	35.6	68.9 - 104.5		2512.1 - 2476.5
4	18.6	12.7	104.5 - 117.2		2476.5 - 2463.8
5	14.7	30.4	117.2 - 147.6		2463.8 - 2433.4
6	0.929	20.5	147.6 - 168.1		2433.4 - 2412.9
7	0.1	10000000000	168.1 - 1E+10		2412.9 - -9999997587
BEH03	X=1005473	y=1026491	z=2594	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	131.0143	45.79	0 - 45.79		2594 - 2548.21
2	58.3846	36.55	45.79 - 82.34		2548.21 - 2511.66
3	2000.0002	63.92	82.34 - 146.26		2511.66 - 2447.74
4	12.142	42.08	146.26 - 188.34		2447.74 - 2405.66
5	15.6122	75.9	188.34 - 264.24		2405.66 - 2329.76
6	1.9654	70.04	264.24 - 334.28		2329.76 - 2259.72
7	0.1	10000000000	334.28 - 1E+10		2259.72 - -9999997740
BEH04	X=1005914	y=1029415	z=2610	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	270.793	32.09	0 - 32.09		2610 - 2577.91
2	38.943	42.56	32.09 - 74.65		2577.91 - 2535.35
3	546.4254	77.08	74.65 - 151.73		2535.35 - 2458.27
4	15.5772	35.89	151.73 - 187.62		2458.27 - 2422.38
5	35.0804	102.58	187.62 - 290.2		2422.38 - 2319.8
6	1.4737	30.62	290.2 - 320.82		2319.8 - 2289.18
7	0.1	10000000000	320.8 - 1E+10		2289.18 - -9999997711

Tabla-3.1 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Orientales (2)

BEH05	X=1007251	y=1031074	z=2598	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	26.0163	0.36	0 - 0.36		2598 - 2597.64
2	2213.1313	85.4	0.36 - 85.76		2597.64 - 2512.24
3	2000.0002	59.65	85.76 - 145.41		2512.24 - 2452.59
4	2000.0002	52.07	145.41 - 197.48		2452.59 - 2400.52
5	2.6146	1.94	197.48 - 199.42		2400.52 - 2398.58
6	1095.9358	22.97	199.42 - 222.39		2398.58 - 2375.61
7	80.2025	10000000000	222.39 - 1E+10		2375.61 - -9999997624
BEH06	x=999892	y=1018093	z=2572	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	143.429	18.53	0 - 18.53		2572 - 2553.47
2	181.2523	30.25	18.53 - 48.78		2553.47 - 2523.22
3	21.5713	46.05	48.78 - 94.83		2523.22 - 2477.17
4	4.3641	1.01	94.83 - 95.84		2477.17 - 2476.16
5	10.1544	24.31	95.84 - 120.15		2476.16 - 2451.85
6	2000.0002	23.38	120.15 - 143.53		2451.85 - 2428.47
7	0.1737	10000000000	143.53 - 1E+10		2428.47 - -9999997572
BEH07	X=1006248	y=1023446	z=2725	Circuito Max.=65	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	246.8198	17.04	0 - 17.04		2725 - 2707.96
2	2000.0002	45.02	17.04 - 62.06		2707.96 - 2662.94
3	5.3439	13.69	62.06 - 75.75		2662.94 - 2649.25
4	2000.0002	4.17	75.75 - 79.92		2649.25 - 2645.08
5	2000.0002	14.36	79.92 - 94.28		2645.08 - 2630.72
6	0.3896	13.87	94.28 - 108.15		2630.72 - 2616.85
7	0.1	10000000000	108.15 - 1E+10		2616.85 - -9999997383
BEH08	X=1005849	y=1024121	z=2671	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	19999.9922	105.1	0 - 105.1		2671 - 2565.9
2	120.6348	142.44	105.1 - 247.54		2565.9 - 2423.46
3	4.942	5.43	247.54 - 252.97		2423.46 - 2418.03
4	93.9224	34.81	252.97 - 287.78		2418.03 - 2383.22
5	3.9197	57.78	287.78 - 345.56		2383.22 - 2325.44
6	0.1	10000000000	345.56 - 1E+10		2325.44 - -9999997675

Tabla-3. 1 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Orientales (3)

BEH09	X=1005691	y=1026273	z=2635	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	137.6386	9	0 - 9		2635 - 2626
2	4466.4209	63.25	9 - 72.25		2626 - 2562.75
3	2000.0002	39.15	72.25 - 111.4		2562.75 - 2523.6
4	360.5795	84.12	111.4 - 195.52		2523.6 - 2439.48
5	18.1179	61.61	195.52 - 257.13		2439.48 - 2377.87
6	6.4641	122.17	257.13 - 379.3		2377.87 - 2255.7
7	0.4716	10000000000	379.3 - 1E+10		2255.7 - -9999997744
BEH10	X=1005620	y=1025795	z=2642	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	182.0487	6.7	0 - 6.7		2642 - 2635.3
2	19999.9922	80.2	6.7 - 86.9		2635.3 - 2555.1
3	2000.0002	57.18	86.9 - 144.08		2555.1 - 2497.92
4	2000.0002	90.85	144.08 - 234.93		2497.92 - 2407.07
5	34.4478	68.36	234.93 - 303.29		2407.07 - 2338.71
6	5.1581	90.28	303.29 - 393.57		2338.71 - 2248.43
7	0.5828	10000000000	393.57 - 1E+10		2248.43 - -9999997752
BEH11	X=1005087	y=1023806	z=2583	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	174.8701	61.48	0 - 61.48		2583 - 2521.52
2	322.3637	37.1	61.48 - 98.58		2521.52 - 2484.42
3	805.2426	30.46	98.58 - 129.04		2484.42 - 2453.96
4	28.5269	17.26	129.04 - 146.3		2453.96 - 2436.7
5	2000.0002	98.36	146.3 - 244.66		2436.7 - 2338.34
6	4.3227	63.45	244.66 - 308.11		2338.34 - 2274.89
7	6.6203	10000000000	308.11 - 1E+10		2274.89 - -9999997725
BEH12	X=1005346	y=1023246	z=2609	Circuito Max.=170	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	5.5221	0.29	0 - 0.29		2609 - 2608.71
2	259.7185	9.88	0.29 - 10.17		2608.71 - 2598.83
3	2000.0002	71.61	10.17 - 81.78		2598.83 - 2527.22
4	503.1398	15.13	81.78 - 96.91		2527.22 - 2512.09
5	644.8283	28.57	96.91 - 125.48		2512.09 - 2483.52
6	7.4186	33.56	125.48 - 159.04		2483.52 - 2449.96
7	0.5619	6.34	159.04 - 165.38		2449.96 - 2443.62
8	0.2314	10000000000	165.38 - 1E+10		2443.62 - -9999997556

Tabla-3. 2 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Orientales (4)

BEH13	X=1005490	y=1021608	z=2633	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	295.7727	36.8	0 - 36.8		2633 - 2596.2
2	1747.7749	70.81	36.8 - 107.61		2596.2 - 2525.39
3	1986.4753	58.86	107.61 - 166.47		2525.39 - 2466.53
4	30.0918	17.87	166.47 - 184.34		2466.53 - 2448.66
5	647.7433	110.29	184.34 - 294.63		2448.66 - 2338.37
6	9.043	129.9	294.63 - 424.53		2338.37 - 2208.47
7	20.0893	10000000000	424.53 - 1E+10		2208.47 - -9999997792
BEH14	X=1005655	y=1020599	z=2594	Circuito Max.=170	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	291.7779	38.48	0 - 38.48		2594 - 2555.52
2	1201.7776	67.9	38.48 - 106.38		2555.52 - 2487.62
3	663.9973	56.65	106.38 - 163.03		2487.62 - 2430.97
4	33.8878	15.93	163.03 - 178.96		2430.97 - 2415.04
5	224.5063	101.91	178.96 - 280.87		2415.04 - 2313.13
6	23.4914	263.23	280.87 - 544.1		2313.13 - 2049.9
7	2000.0002	10000000000	544.1 - 1E+10		2049.9 - -9999997950
BEH15	X=1006231	y=1017926	z=2713	Circuito Max.=100	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	465.1275	18.39	0 - 18.39		2713 - 2694.61
2	2000.0002	48.54	18.39 - 66.93		2694.61 - 2646.07
3	13.7095	26	66.93 - 92.93		2646.07 - 2620.07
4	0.2619	0.25	92.93 - 93.18		2620.07 - 2619.82
5	2000.0002	17.48	93.18 - 110.66		2619.82 - 2602.34
6	2000.0002	8.55	110.66 - 119.21		2602.34 - 2593.79
7	0.1	10000000000	119.21 - 1E+10		2593.79 - -9999997406
BEH16	X=1006326	y=1017690	z=2714	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	164.0694	7.22	0 - 7.22		2714 - 2706.78
2	2235.5671	74.21	7.22 - 81.43		2706.78 - 2632.57
3	19999.9922	43.5	81.43 - 124.93		2632.57 - 2589.07
4	1.9058	4.19	124.93 - 129.12		2589.07 - 2584.88
5	1.2485	1.61	129.12 - 130.73		2584.88 - 2583.27
6	10117.4717	3.2	130.73 - 133.93		2583.27 - 2580.07
7	0.1	10000000000	133.93 - 1E+10		2580.07 - -9999997420

Tabla-3. 3 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Orientales (5)

BEH17	X=1006253	y=1016146	z=2625	Circuito Max.=170	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	199.9111	5.79	0 - 5.79		2625 - 2619.21
2	2000.0002	75.96	5.79 - 81.75		2619.21 - 2543.25
3	2000.0002	58.75	81.75 - 140.5		2543.25 - 2484.5
4	1.5117	4.87	140.5 - 145.37		2484.5 - 2479.63
5	2000.0002	2.86	145.37 - 148.23		2479.63 - 2476.77
6	2000.0002	5.25	148.23 - 153.48		2476.77 - 2471.52
7	0.1	10000000000	153.48 - 1E+10		2471.52 - -9999997528
BEH18	X=1005891	y=1019330	z=2694	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	2000.0002	11.74	0 - 11.74		2694 - 2682.26
2	19999.9922	81.7	11.74 - 93.44		2682.26 - 2600.56
3	19999.9922	55.9	93.44 - 149.34		2600.56 - 2544.66
4	14.4677	14.44	149.34 - 163.78		2544.66 - 2530.22
5	554.6165	58.05	163.78 - 221.83		2530.22 - 2472.17
6	23.2945	85.02	221.83 - 306.85		2472.17 - 2387.15
7	0.1	10000000000	306.85 - 1E+10		2387.15 - -9999997613
BEH19	X=1005995	y=1015329	z=2607	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	1911.7971	11.05	0 - 11.05		2607 - 2595.95
2	527.3831	51.08	11.05 - 62.13		2595.95 - 2544.87
3	76.8564	50.93	62.13 - 113.06		2544.87 - 2493.94
4	10.1007	35.15	113.06 - 148.21		2493.94 - 2458.79
5	19999.9922	61	148.21 - 209.21		2458.79 - 2397.79
6	1.1379	49.01	209.21 - 258.22		2397.79 - 2348.78
7	200	10000000000	258.22 - 1E+10		2348.78 - -9999997651
BEH20	X=1006098	y=1014361	z=2625	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m) - (m)
1	24.5	0.42	0 - 0.42		258.22 - 257.8
2	2000.0002	119.8	0.42 - 120.22		257.8 - 138
3	36.7	88.8	120.22 - 209.02		138 - 49.2
4	4.28	21.3	209.02 - 230.32		49.2 - 27.9
5	13	22.2	230.32 - 252.52		27.9 - 5.7
6	11.5	24.9	252.52 - 277.42		5.7 - -19.2
7	0.1	10000000000	277.42 - 1E+10		-19.2 - -10000000019

Tabla-3. 4 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Orientales (6)

Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m) - (m)
BEH21 X=1006389 y=1012079 z=2698 Circuito Max.=50				
1	33.6	0.35	0 - 0.35	277.42 - 277.07
2	3650.9983	104.6	0.35 - 104.95	277.07 - 172.47
3	5.72	42.2	104.95 - 147.15	172.47 - 130.27
4	0.221	4.03	147.15 - 151.18	130.27 - 126.24
5	0.219	3.47	151.18 - 154.65	126.24 - 122.77
6	7.36	1.01	154.65 - 155.66	122.77 - 121.76
7	2000.0002	10000000000	155.66 - 1E+10	121.76 - -9999999878
BEH22 X=1005820 y=1010576 z=2668 Circuito Max.=170				
1	32	4.53	0 - 4.53	2668 - 2663.47
2	2000.0002	100.7	4.53 - 105.23	2663.47 - 2562.77
3	2000.0002	33.3	105.23 - 138.53	2562.77 - 2529.47
4	0.694	12.2	138.53 - 150.73	2529.47 - 2517.27
5	857.6002	10000000000	150.73 - 1E+10	2517.27 - -9999997483

Tabla-3. 2 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en la Parte Sur de los Cerros Orientales (1)

Nombre del Dato	X	Y	Z	Tamaño Max. Del Circuito
BES01 x=999842 y=993654 z=3046 Circuito Max.=200				
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	1.6113	0.25	0 - 0.25	3046 - 3045.75
2	6.9784	0.48	0.25 - 0.73	3045.75 - 3045.27
3	2000.0002	20.72	0.73 - 21.45	3045.27 - 3024.55
4	39.5601	90.12	21.45 - 111.57	3024.55 - 2934.43
5	0.4607	0.25	111.57 - 111.82	2934.43 - 2934.18
6	176.5577	38.63	111.82 - 150.45	2934.18 - 2895.55
7	42.2218	126.25	150.45 - 276.7	2895.55 - 2769.3
8	4.7194	10000000000	276.7 - 1E+10	2769.3 - -1E+10
BES02 x=999855 y=993322 z=3057 Circuito Max.=200				
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	2.28	0.28	0 - 0.28	3057 - 3056.72
2	96.1	37	0.28 - 37.28	3056.72 - 3019.72
3	50.9	255.4	37.28 - 292.68	3019.72 - 2764.32
4	3.75	86.7	292.68 - 379.38	2764.32 - 2677.62
5	7.92	16.2	379.38 - 395.58	2677.62 - 2661.42
6	0.299	300	395.58 - 695.58	2661.42 - 2361.42
7	2000.0002	10000000000	695.58 - 1E+10	2361.42 - -1E+10
BES03 x=999479 y=993090 z=3005 Circuito Max.=200				
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	1.49	0.42	0 - 0.42	3005 - 3004.58
2	206.3	12.9	0.42 - 13.32	3004.58 - 2991.68

3	22	122	13.32 - 135.32		2991.68 - 2869.68
4	0.923	2.5	135.32 - 137.82		2869.68 - 2867.18
5	0.952	25	137.82 - 162.82		2867.18 - 2842.18
6	4.62	50	162.82 - 212.82		2842.18 - 2792.18
7	0.1	10000000000	212.82 - 1E+10		2792.18 - -1E+10
BES04	x=1000933	y=996527	z=2818	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	1.49	0.43	0 - 0.43		2818 - 2817.57
2	56.4	0.43	0.43 - 0.86		2817.57 - 2817.14
3	1764	19.6	0.86 - 20.46		2817.14 - 2797.54
4	13.4	37.2	20.46 - 57.66		2797.54 - 2760.34
5	0.221	0.34	57.66 - 58		2760.34 - 2760
6	3.85	11.6	58 - 69.6		2760 - 2748.4
7	0.452	15.8	69.6 - 85.4		2748.4 - 2732.6
8	0.145	10000000000	85.4 - 1E+10		2732.6 - -1E+10

Tabla-3.5 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en la Parte Sur de los Cerros Orientales (2)

BES05	x=999326	y=992342	z=3078	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	2.7387	0.54	0 - 0.54		3078 - 3077.46
2	949.4294	2.08	0.54 - 2.62		3077.46 - 3075.38
3	212.6347	31.01	2.62 - 33.63		3075.38 - 3044.37
4	26.5267	55.39	33.63 - 89.02		3044.37 - 2988.98
5	5.6741	26.15	89.02 - 115.17		2988.98 - 2962.83
6	1.8496	58.64	115.17 - 173.81		2962.83 - 2904.19
7	3.4659	10000000000	173.81 - 1E+10		2904.19 - -1E+10
BES06	x=999197	y=991926	z=3113	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	3.1133	0.47	0 - 0.47		3113 - 3112.53
2	1978.4194	7.68	0.47 - 8.15		3112.53 - 3104.85
3	433.9	34.24	8.15 - 42.39		3104.85 - 3070.61
4	22.1456	46.6	42.39 - 88.99		3070.61 - 3024.01
5	4.7049	54.84	88.99 - 143.83		3024.01 - 2969.17
6	6.2839	113.76	143.83 - 257.59		2969.17 - 2855.41
7	2.6242	10000000000	257.59 - 1E+10		2855.41 - -1E+10
BES07	x=998985	y=990778	z=3121	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	1.9083	0.32	0 - 0.32		3121 - 3120.68
2	2000.0002	5.96	0.32 - 6.28		3120.68 - 3114.72
3	2000.0002	28.65	6.28 - 34.93		3114.72 - 3086.07
4	13.2135	50.5	34.93 - 85.43		3086.07 - 3035.57
5	0.3685	0.39	85.43 - 85.82		3035.57 - 3035.18
6	21.9957	48.39	85.82 - 134.21		3035.18 - 2986.79
7	0.4428	7.52	134.21 - 141.73		2986.79 - 2979.27
8	0.9788	10000000000	141.73 - 1E+10		2979.27 - -1E+10
BES08	x=999163	y=990542	z=3166	Circuito Max.=200	

Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	2.85	0.41	0 - 0.41	3166 - 3165.59
2	16.1	1.34	0.41 - 1.75	3165.59 - 3164.25
3	2000	21.8	1.75 - 23.55	3164.25 - 3142.45
4	16.5	44.5	23.55 - 68.05	3142.45 - 3097.95
5	10.3	25	68.05 - 93.05	3097.95 - 3072.95
6	7.45	50	93.05 - 143.05	3072.95 - 3022.95
7	0.81	1000000000	143.05 - 1E+10	3022.95 - -1E+10

Tabla-3.6 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en la Parte Sur de los Cerros Orientales (3)

BES09	x=999283	y=990795	z=3155	CircuitoMax=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	3.9026	0.3	0 - 0.3		3155 - 3154.7
2	29.0777	1.92	0.3 - 2.22		3154.7 - 3152.78
3	2000.0002	67.99	2.22 - 70.21		3152.78 - 3084.79
4	54.0905	56.04	70.21 - 126.25		3084.79 - 3028.75
5	19999.9922	42.9	126.25 - 169.15		3028.75 - 2985.85
6	3.45	50	169.15 - 219.15		2985.85 - 2935.85
7	2000.0002	1000000000	219.15 - 1E+10		2935.85 - -1E+10
BES10	999078	989842	3120	CircuitoMax.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	2.97	0.6	0 - 0.6		3120 - 3119.4
2	48.9	16.9	0.6 - 17.5		3119.4 - 3102.5
3	24.1	2.32	17.5 - 19.82		3102.5 - 3100.18
4	15.8	101.3	19.82 - 121.12		3100.18 - 2998.88
5	0.36	0.25	121.12 - 121.37		2998.88 - 2998.63
6	119.3	21	121.37 - 142.37		2998.63 - 2977.63
7	10	111.6	142.37 - 253.97		2977.63 - 2866.03
8	1.1	1000000000	253.97 - 1E+10		2866.03 - -1E+10
BES11	999354	989874	3169	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	36.4892	2.96	0 - 2.96		3169 - 3166.04
2	42.5747	60.23	2.96 - 63.19		3166.04 - 3105.81
3	1.3308	1.3	63.19 - 64.49		3105.81 - 3104.51
4	146.9641	49.84	64.49 - 114.33		3104.51 - 3054.67
5	19.8444	205.77	114.33 - 320.1		3054.67 - 2848.9
6	11.5529	466.22	320.1 - 786.32		2848.9 - 2382.68
7	0.1	1000000000	786.32 - 1E+10		2382.68 - -1E+10
BES12	999523	990204	3246	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	114.9207	3.23	0 - 3.23		3246 - 3242.77
2	114.4051	131.69	3.23 - 134.92		3242.77 - 3111.08
3	1.4107	1.24	134.92 - 136.16		3111.08 - 3109.84
4	443.853	97.28	136.16 - 233.44		3109.84 - 3012.56
5	8.6632	194.38	233.44 - 427.82		3012.56 - 2818.18
6	14.082	95.9	427.82 - 523.72		2818.18 - 2722.28
7	2000.0002	1000000000	523.72 - 1E+10		2722.28 - -1E+10
BES13	999576	989462	3146	Circuito Max.=200	

Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	2000.0002	1.55	0 - 1.55	3146 - 3144.45
2	106.4731	107.05	1.55 - 108.6	3144.45 - 3037.4
3	1.5377	1.2	108.6 - 109.8	3037.4 - 3036.2
4	57.6734	14.89	109.8 - 124.69	3036.2 - 3021.31
5	65.5321	89.85	124.69 - 214.54	3021.31 - 2931.46
6	35.9736	214.29	214.54 - 428.83	2931.46 - 2717.17
7	2000.0002	1000000000	428.83 - 1E+10	2717.17 - -1E+10

Tabla-3. 3 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Sur (1)

BSH01	x=989340	y=994498	z=2960	Circuito Max.=150
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	4.88	0.28	0 - 0.28	2960 - 2959.72
2	124.5	1.26	0.28 - 1.54	2959.72 - 2958.46
3	3481	110.5	1.54 - 112.04	2958.46 - 2847.96
4	20000	78.6	112.04 - 190.64	2847.96 - 2769.36
5	22.2	22.5	190.64 - 213.14	2769.36 - 2746.86
6	42.7	48.9	213.14 - 262.04	2746.86 - 2697.96
7	3.47	27	262.04 - 289.04	2697.96 - 2670.96
8	200	27	289.04 - 316.04	2670.96 - 2643.96
BSH02	x=989439	y=995032	z=2904	Circuito Max.=150
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	4.88	0.28	0 - 0.28	2904 - 2903.72
2	124.5	1.26	0.28 - 1.54	2903.72 - 2902.46
3	3481	110.5	1.54 - 112.04	2902.46 - 2791.96
4	2000	78.6	112.04 - 190.64	2791.96 - 2713.36
5	22.2	22.5	190.64 - 213.14	2713.36 - 2690.86
6	42.7	48.9	213.14 - 262.04	2690.86 - 2641.96
7	3.47	27	262.04 - 289.04	2641.96 - 2614.96
8	200	27	289.04 - 316.04	2614.96 - 2587.96
BSH03	x=989541	y=995266	z=2920	Circuito Max.=150
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	3.8756	0.25	0 - 0.25	2920 - 2919.75
2	170.4965	1.71	0.25 - 1.96	2919.75 - 2918.04
3	19999.9922	190.07	1.96 - 192.03	2918.04 - 2727.97
4	2.2663	11.27	192.03 - 203.3	2727.97 - 2716.7
5	2000.0002	13.48	203.3 - 216.78	2716.7 - 2703.22
6	0.1	0.5	216.78 - 217.28	2703.22 - 2702.72
BSH04	x=988415	y=995475	z=2832	Circuito Max.=150
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	4.96	0.27	0 - 0.27	2832 - 2831.73
2	513	2.53	0.27 - 2.8	2831.73 - 2829.2
3	5783	184.8	2.8 - 187.6	2829.2 - 2644.4
4	0.1	10	187.6 - 197.6	2644.4 - 2634.4
BSH05	x=988593	y=995107	z=2850	Circuito Max.=150
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)	Límite de Altitud (m)
1	4.83	0.41	0 - 0.41	2850 - 2849.59
2	384.7	3.54	0.41 - 3.95	2849.59 - 2846.05

3	1881	182.9	3.95 - 186.85	2846.05 - 2663.15
4	0.1	10	186.85 - 196.85	2663.15 - 2653.15

Tabla-3.7 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Sur (2)

BSH06	x=989619	y=995448	z=2916	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	28.2	0.29	0 - 0.29		2916 - 2915.71
2	82.3	5.26	0.29 - 5.55		2915.71 - 2910.45
3	4745	332.6	5.55 - 338.15		2910.45 - 2577.85
4	87.4	348.8	338.15 - 686.95		2577.85 - 2229.05
5	258.9	200.3	686.95 - 887.25		2229.05 - 2028.75
BSH07	x=989868	y=995661	z=2873	Circuito Max.=250	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	5.73	0.36	0 - 0.36		2873 - 2872.64
2	1914	50.8	0.36 - 51.16		2872.64 - 2821.84
3	16696	192.1	51.16 - 243.26		2821.84 - 2629.74
4	41.1	36.2	243.26 - 279.46		2629.74 - 2593.54
5	2000	125.7	279.46 - 405.16		2593.54 - 2467.84
6	2.74	0.25	405.16 - 405.41		2467.84 - 2467.59
BSH08	x=989903	y=995316	z=2894	Circuito Max.=250	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	5.31	0.38	0 - 0.38		2894 - 2893.62
2	1954	37.9	0.38 - 38.28		2893.62 - 2855.72
3	20000	187.1	38.28 - 225.38		2855.72 - 2668.62
4	23.9	40.6	225.38 - 265.98		2668.62 - 2628.02
5	2000	135.2	265.98 - 401.18		2628.02 - 2492.82
6	0.1	0.25	401.18 - 401.43		2492.82 - 2492.57
BSH09	x=989582	y=996008	z=2886	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	4.78	0.25	0 - 0.25		2886 - 2885.75
2	482.2	0.44	0.25 - 0.69		2885.75 - 2885.31
3	17978	123.6	0.69 - 124.29		2885.31 - 2761.71
4	2000	128.9	124.29 - 253.19		2761.71 - 2632.81
5	15.1	282.3	253.19 - 535.49		2632.81 - 2350.51
6	1000	3.95	535.49 - 539.44		2350.51 - 2346.56
BSH10	x=988632	y=995781	z=2801	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	19.7	0.28	0 - 0.28		2801 - 2800.72
2	60.9	3.58	0.28 - 3.86		2800.72 - 2797.14
3	2095	139.7	3.86 - 143.56		2797.14 - 2657.44
4	2000	7.18	143.56 - 150.74		2657.44 - 2650.26
5	0.128	10	150.74 - 160.74		2650.26 - 2640.26
6	0.128	10	160.74 - 170.74		2640.26 - 2630.26
7	0.128	10	170.74 - 180.74		2630.26 - 2620.26
8	128	10	180.74 - 190.74		2620.26 - 2610.26

Tabla-3.8 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Sur (3)

BSH11					
	x=987757	y=995396	z=2850	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	3.02	0.25	0 - 0.25		2850 - 2849.75
2	1586	0.47	0.25 - 0.72		2849.75 - 2849.28
3	20000	96.9	0.72 - 97.62		2849.28 - 2752.38
4	2000	93.7	97.62 - 191.32		2752.38 - 2658.68
5	1660	41.4	191.32 - 232.72		2658.68 - 2617.28
6	5	1000	232.72 - 1232.72		2617.28 - 1617.28
7	5	200.5	1232.72 - 1433.22		1617.28 - 1416.78
8	100	200.5	1433.22 - 1633.72		1416.78 - 1216.28
BSH12					
	x=987262	y=995491	z=2798	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	2.03	0.26	0 - 0.26		2798 - 2797.74
2	41.1	0.38	0.26 - 0.64		2797.74 - 2797.36
3	20000	106.9	0.64 - 107.54		2797.36 - 2690.46
4	2000	148.5	107.54 - 256.04		2690.46 - 2541.96
5	12.4	10	256.04 - 266.04		2541.96 - 2531.96
BSH13					
	x=987371	y=994160	z=2728	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	1.79	0.29	0 - 0.29		2728 - 2727.71
2	51.8	0.34	0.29 - 0.63		2727.71 - 2727.37
3	13497	66.3	0.63 - 66.93		2727.37 - 2661.07
4	5.3	4.85	66.93 - 71.78		2661.07 - 2656.22
5	553	32	71.78 - 103.78		2656.22 - 2624.22
6	5.3	33.6	103.78 - 137.38		2624.22 - 2590.62
7	0.316	19.1	137.38 - 156.48		2590.62 - 2571.52
8	100	19.1	156.48 - 175.58		2571.52 - 2552.42
BSH14					
	x=986433	y=994600	z=2746	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	3.46	0.48	0 - 0.48		2746 - 2745.52
2	989.5	18	0.48 - 18.48		2745.52 - 2727.52
3	397.2	35	18.48 - 53.48		2727.52 - 2692.52
4	22.9	19.5	53.48 - 72.98		2692.52 - 2673.02
5	40.4	34.3	72.98 - 107.28		2673.02 - 2638.72
6	27.4	30.5	107.28 - 137.78		2638.72 - 2608.22
7	13.6	25.5	137.78 - 163.28		2608.22 - 2582.72
8	2000	25.5	163.28 - 188.78		2582.72 - 2557.22

Tabla-3.9 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Sur (4)

BSH15					
x=987168		y=994913		z=2858	Circuito Max.=200
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	3.74	0.36	0 - 0.36		2858 - 2857.64
2	1893	6.91	0.36 - 7.27		2857.64 - 2850.73
3	2364	87.2	7.27 - 94.47		2850.73 - 2763.53
4	22.6	25.8	94.47 - 120.27		2763.53 - 2737.73
5	20.2	26	120.27 - 146.27		2737.73 - 2711.73
6	52.5	50.3	146.27 - 196.57		2711.73 - 2661.43
7	16.7	42.9	196.57 - 239.47		2661.43 - 2618.53
8	2000	42.9	239.47 - 282.37		2618.53 - 2575.63
BSH16					
x=988354		y=993786		z=3014	Circuito Max.=200
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	4.82	0.25	0 - 0.25		3014 - 3013.75
2	24.7	1.47	0.25 - 1.72		3013.75 - 3012.28
3	20000	201.8	1.72 - 203.52		3012.28 - 2810.48
4	136.4	264.6	203.52 - 468.12		2810.48 - 2545.88
5	0.826	15.1	468.12 - 483.22		2545.88 - 2530.78
6	0.28	1.12	483.22 - 484.34		2530.78 - 2529.66
7	0.14	18.7	484.34 - 503.04		2529.66 - 2510.96
BSH17					
x=988531		y=994353		z=2935	Circuito Max.=200
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	4.25	0.3	0 - 0.3		2935 - 2934.7
2	1587	4.65	0.3 - 4.95		2934.7 - 2930.05
3	20000	224.6	4.95 - 229.55		2930.05 - 2705.45
4	0.1	10	229.55 - 239.55		2705.45 - 2695.45
BSH18					
x=988458		y=994575		z=2988	Circuito Max.=200
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	3.71	0.25	0 - 0.25		2988 - 2987.75
2	43.9	0.42	0.25 - 0.67		2987.75 - 2987.33
3	20000	327.4	0.67 - 328.07		2987.33 - 2659.93
4	2000	0.25	328.07 - 328.32		2659.93 - 2659.68
5	0.1	0.48	328.32 - 328.8		2659.68 - 2659.2
6	6.21	43.3	328.8 - 372.1		2659.2 - 2615.9
7	0.1	0.5	372.1 - 372.6		2615.9 - 2615.4
BSH19					
x=987969		y=994977		z=2911	Circuito Max.=200
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	3.1	0.25	0 - 0.25		2911 - 2910.75
2	49.8	1.86	0.25 - 2.11		2910.75 - 2908.89
3	20000	172	2.11 - 174.11		2908.89 - 2736.89
4	0.1	1000	174.11 - 1174.11		2736.89 - 1736.89
5	500	703.4	1174.11 - 1877.51		1736.89 - 1033.49
6	2000	1.07	1877.51 - 1878.58		1033.49 - 1032.42

Tabla-3.10 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Sur (5)

BSH20	x=988971	y=994101	z=2954	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	2.84	0.26	0 - 0.26		2954 - 2953.74
2	43.3	2.06	0.26 - 2.32		2953.74 - 2951.68
3	20000	225.7	2.32 - 228.02		2951.68 - 2725.98
4	0.483	3.77	228.02 - 231.79		2725.98 - 2722.21
5	3.51	16.5	231.79 - 248.29		2722.21 - 2705.71
6	0.1	1.07	248.29 - 249.36		2705.71 - 2704.64
BSH21	X=990028	y=993411	z=2933	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	104.1	0.25	0 - 0.25		2933 - 2932.75
2	50.3	7.3	0.25 - 7.55		2932.75 - 2925.45
3	624.8	78.9	7.55 - 86.45		2925.45 - 2846.55
4	39.1	399.8	86.45 - 486.25		2846.55 - 2446.75
5	16.6	0.5	486.25 - 486.75		2446.75 - 2446.25
BSH22	x=989798	y=993193	z=2981	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	1090	1.51	0 - 1.51		2981 - 2979.49
2	69.5	6.81	1.51 - 8.32		2979.49 - 2972.68
3	448.4	81.3	8.32 - 89.62		2972.68 - 2891.38
4	1.52	6.99	89.62 - 96.61		2891.38 - 2884.39
5	0.1	0.5	96.61 - 97.11		2884.39 - 2883.89
BSH23	x=990348	y=993000	z=2943	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	10.5	0.98	0 - 0.98		2943 - 2942.02
2	68.9	7.15	0.98 - 8.13		2942.02 - 2934.87
3	20000	49	8.13 - 57.13		2934.87 - 2885.87
4	55.4	267.3	57.13 - 324.43		2885.87 - 2618.57
5	13.2	116.8	324.43 - 441.23		2618.57 - 2501.77
6	2000	644.6	441.23 - 1085.83		2501.77 - 1857.17
BSH24	x=990320	y=993563	z=2898	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	11.7	0.78	0 - 0.78		2898 - 2897.22
2	93	5.65	0.78 - 6.43		2897.22 - 2891.57
3	20000	93.3	6.43 - 99.73		2891.57 - 2798.27
4	34	114.9	99.73 - 214.63		2798.27 - 2683.37
5	1.64	0.25	214.63 - 214.88		2683.37 - 2683.12
6	4.61	644.6	214.88 - 859.48		2683.12 - 2038.52

Tabla-3.11 Perfil y Resultado del Sondeo TEM en los Cerros Sur (6)

BSH25	x=990709	y=993079	z=2941	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	12.5	0.66	0 - 0.66		2941 - 2940.34
2	114.7	7.76	0.66 - 8.42		2940.34 - 2932.58
3	20000	169.1	8.42 - 177.52		2932.58 - 2763.48
4	22.1	89.6	177.52 - 267.12		2763.48 - 2673.88
5	8.35	42.1	267.12 - 309.22		2673.88 - 2631.78
6	3.2	644.6	309.22 - 953.82		2631.78 - 1987.18
BSH26	x=990780	y=992745	z=2985	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad (ohm-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	34.2	0.58	0 - 0.58		2985 - 2984.42
2	284	35.2	0.58 - 35.78		2984.42 - 2949.22
3	20000	97.9	35.78 - 133.68		2949.22 - 2851.32
4	50.3	21.7	133.68 - 155.38		2851.32 - 2829.62
5	4.31	46.6	155.38 - 201.98		2829.62 - 2783.02
6	0.1	0.5	201.98 - 202.48		2783.02 - 2782.52
BSH27	x=991105	y=992995	z=2939	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad(oh m-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	98.5	8.9	0 - 8.9		2939 - 2930.1
2	1491	0.25	8.9 - 9.15		2930.1 - 2929.85
3	20000	72.7	9.15 - 81.85		2929.85 - 2857.15
4	1000	73	81.85 - 154.85		2857.15 - 2784.15
5	19.8	17.2	154.85 - 172.05		2784.15 - 2766.95
6	464.4	40.2	172.05 - 212.25		2766.95 - 2726.75
7	7.07	0.5	212.25 - 212.75		2726.75 - 2726.25
BSH28	x=991206	y=993555	z=2956	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad(oh m-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	7784	255.3	0 - 255.3		2956 - 2700.7
2	5876	128.8	255.3 - 384.1		2700.7 - 2571.9
3	25.8	38.6	384.1 - 422.7		2571.9 - 2533.3
4	0.268	0.25	422.7 - 422.95		2533.3 - 2533.05
BSH29	x=988976	y=995319	z=2819	Circuito Max.=200	
Capa	Resistividad(oh m-m)	Grosor(m)	Límite de Profundidad (m)		Límite de Altitud (m)
1	3.72	0.25	0 - 0.25		2819 - 2818.75
2	111.5	0.89	0.25 - 1.14		2818.75 - 2817.86
3	20000	238.4	1.14 - 239.54		2817.86 - 2579.46
4	0.405	4.58	239.54 - 244.12		2579.46 - 2574.88
5	2000	17.2	244.12 - 261.32		2574.88 - 2557.68
6	0.1	1.07	261.32 - 262.39		2557.68 - 2556.61

PARTE 4

EXPLORACIÓN DE PERFORACIÓN

**Informe Final
(Informe Soporte)**

Parte 4 Perforación Exploratoria

Página

Listado de Tablas y Figuras.....i

Lista de Tablas y Figuras

Figura-4. 1 Plano Geológico y Sección alrededor de EX-2 4-1
Figura-4. 2 Resultados del Registro Eléctrico en Ciudad Bolívar (EX-2)..... 4-3
Figura-4. 3 Resultados del Registro Geológico en Ciudad Bolívar (EX-2)..... 4-4
Figura-4. 4 Resultado de la Estructura del Pozo en Ciudad Bolívar (EX-2)..... 4-5
Figura-4. 5 Sección Geológica alrededor de EX-3 4-6
Figura-4. 6 Resultados del Registro Eléctrico en Usme (EX-3)..... 4-7
Figura-4. 7 Resultados del Registro Geológico en Usme (EX-3) 4-8
Figura-4. 8 Resultado de la Estructura del Pozo en Usme (EX-3)..... 4-9
Figura-4. 9 Plano Geológico y Sección alrededor de EX-4 4-10
Figura-4. 10 Resultados del Registro Eléctrico del Pozo Cuaternario (EX-4) 4-12
Figura-4. 11 Resultados del Registro Geológico del Pozo Cuaternario (EX-4) 4-13
Figura-4. 12 Resultado de la Estructura del Pozo Cuaternario (EX-4) 4-14

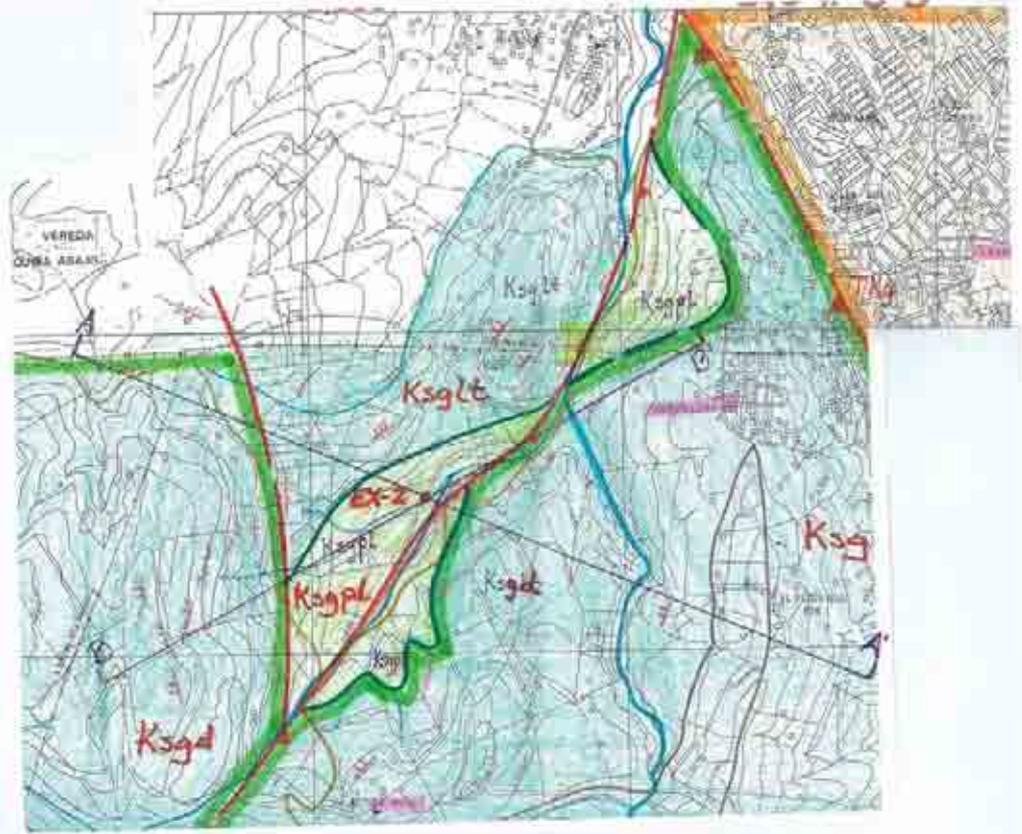


Figura-4. 1 Plano Geológico y Sección alrededor de EX-2

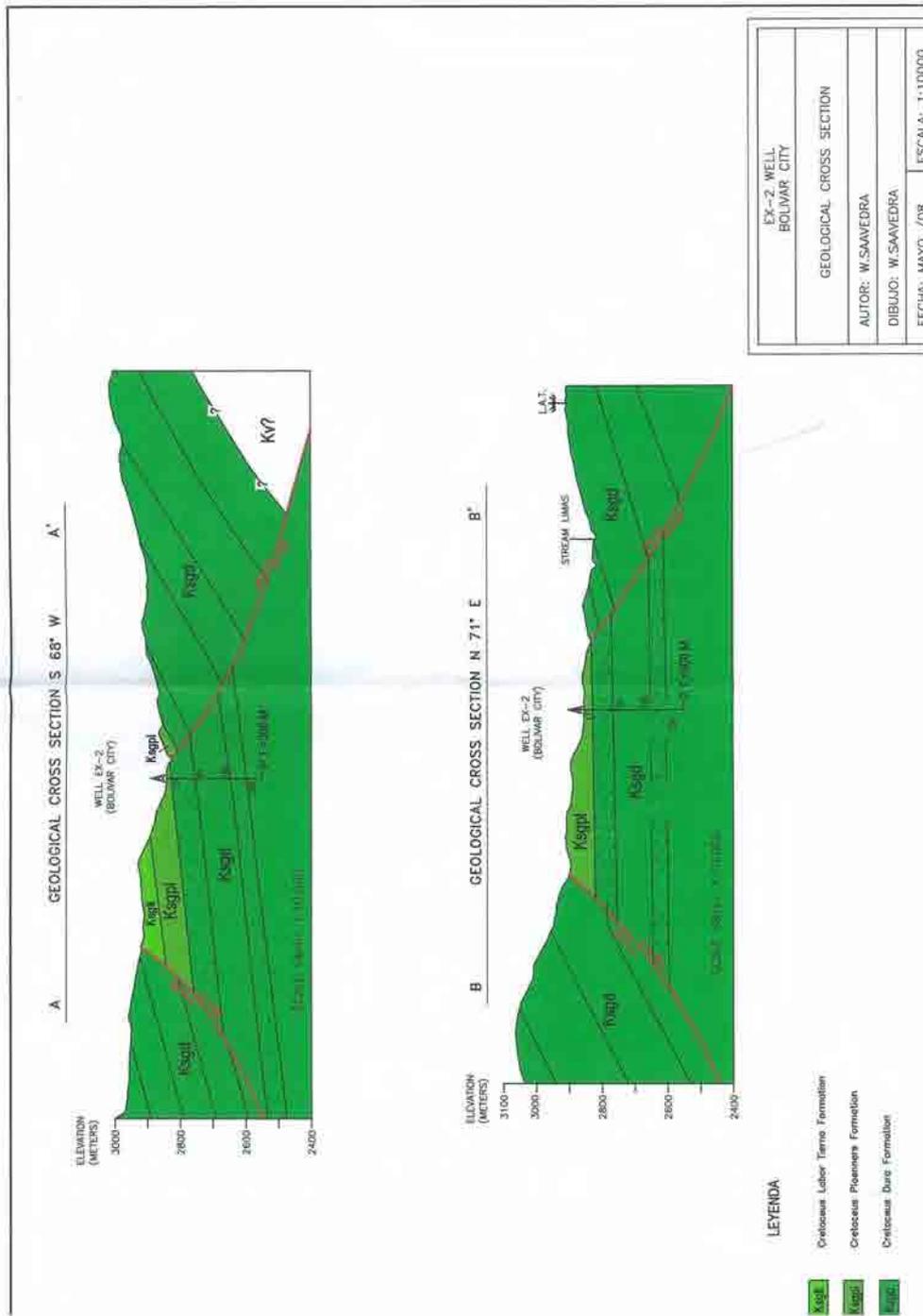


Figura-4.1(b) Plano Geológico y Sección alrededor de EX-2

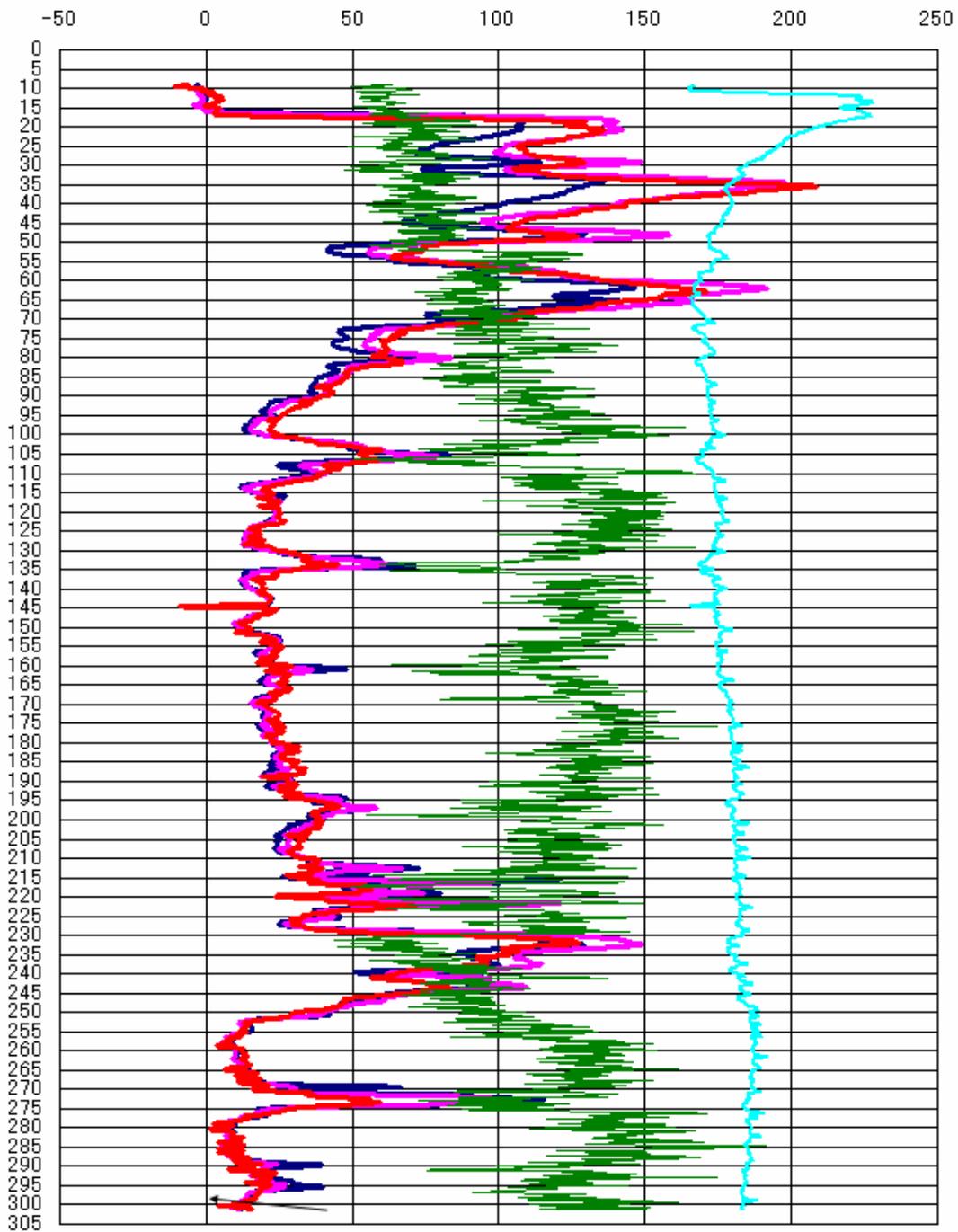


Figura-4. 2 Resultados del Registro Eléctrico en Ciudad Bolívar (EX-2)

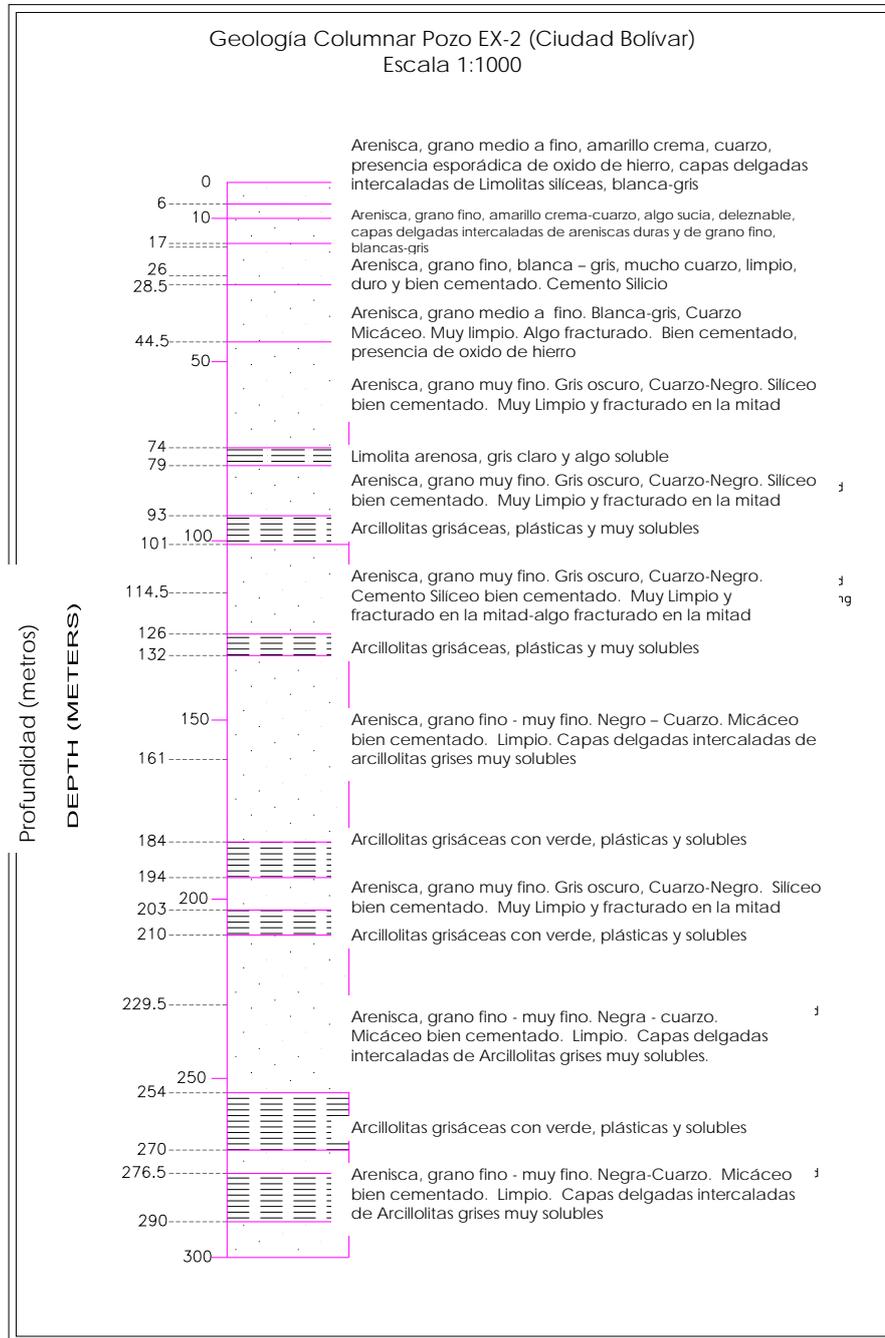


Figura-4. 3 Resultados del Registro Geológico en Ciudad Bolívar (EX-2)

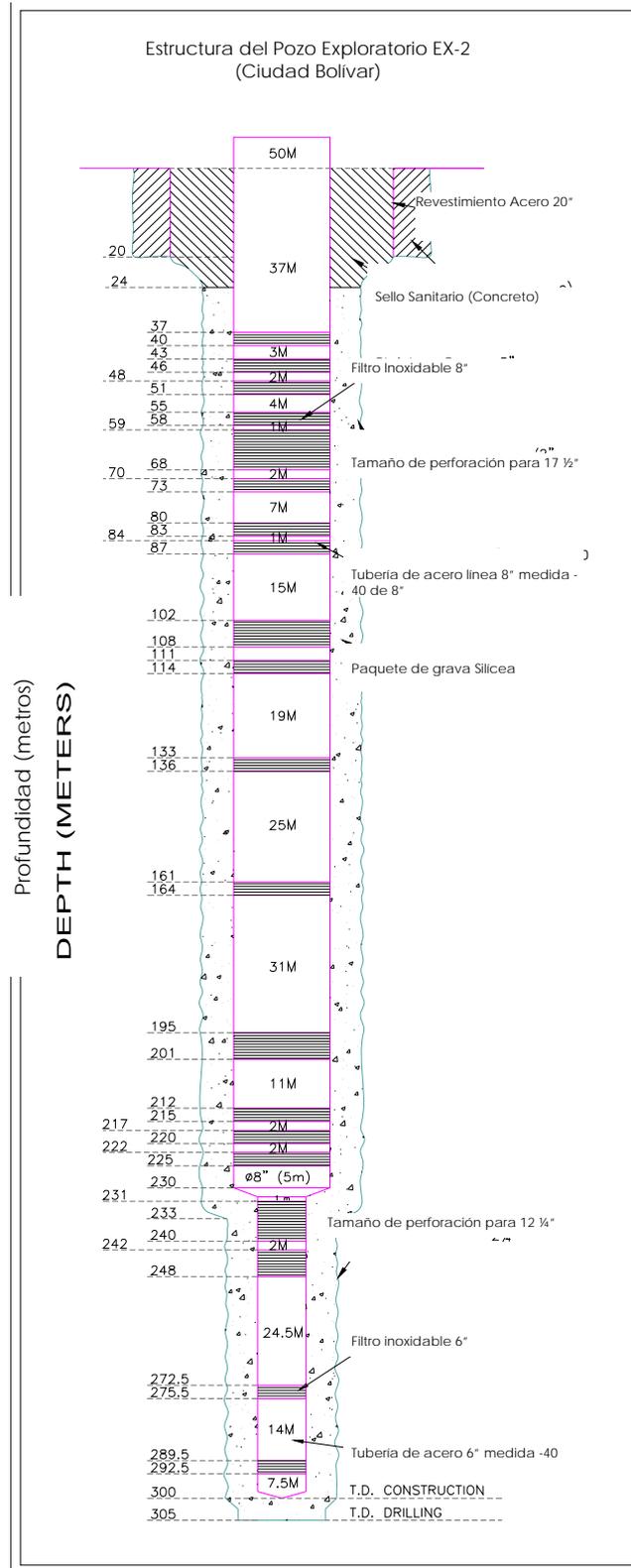


Figura-4. 4 Resultado de la Estructura del Pozo en Ciudad Bolívar (EX-2)

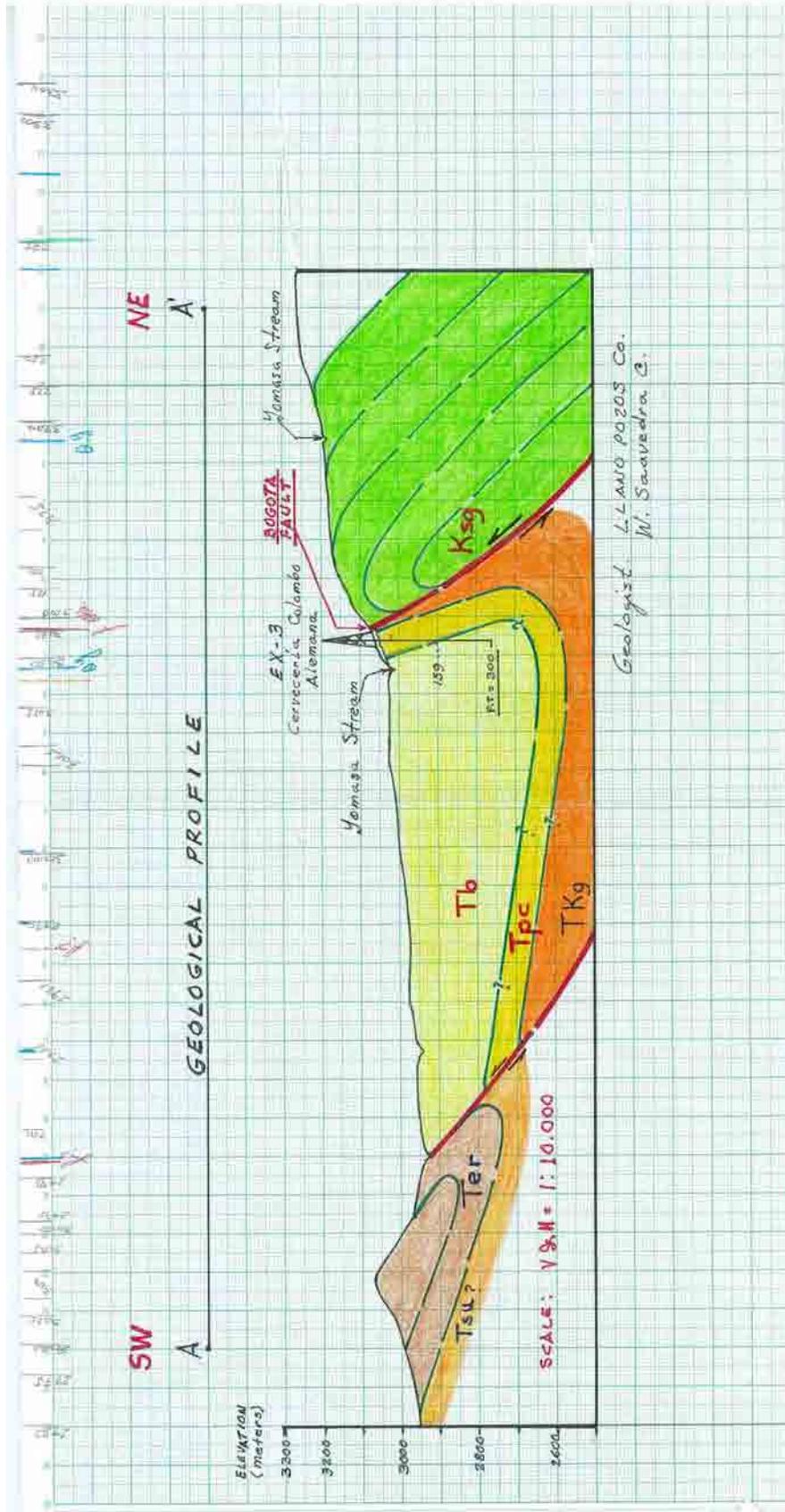


Figura-4. 5 Sección Geológica alrededor de EX-3

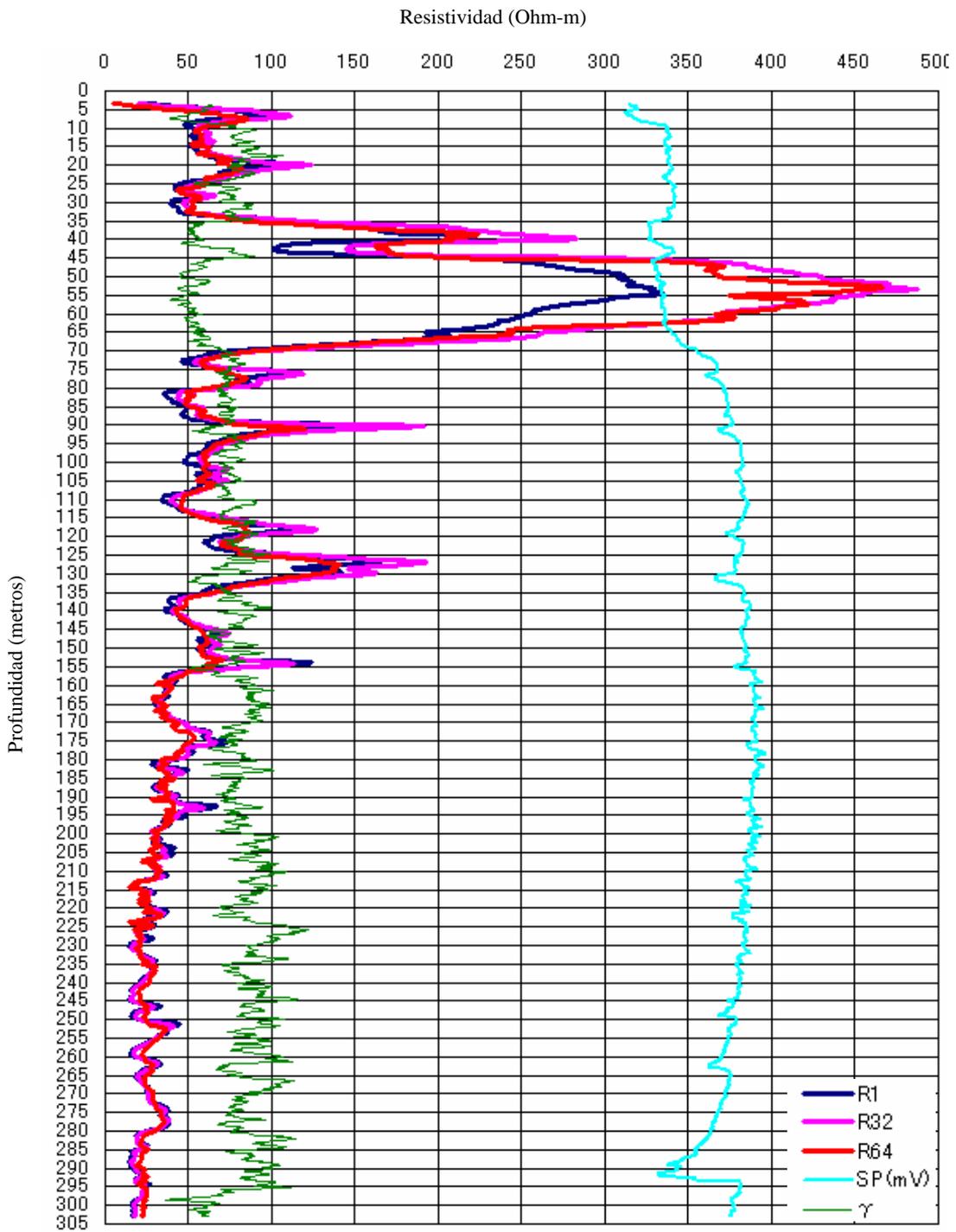


Figura-4. 6 Resultados del Registro Eléctrico en Usme (EX-3)

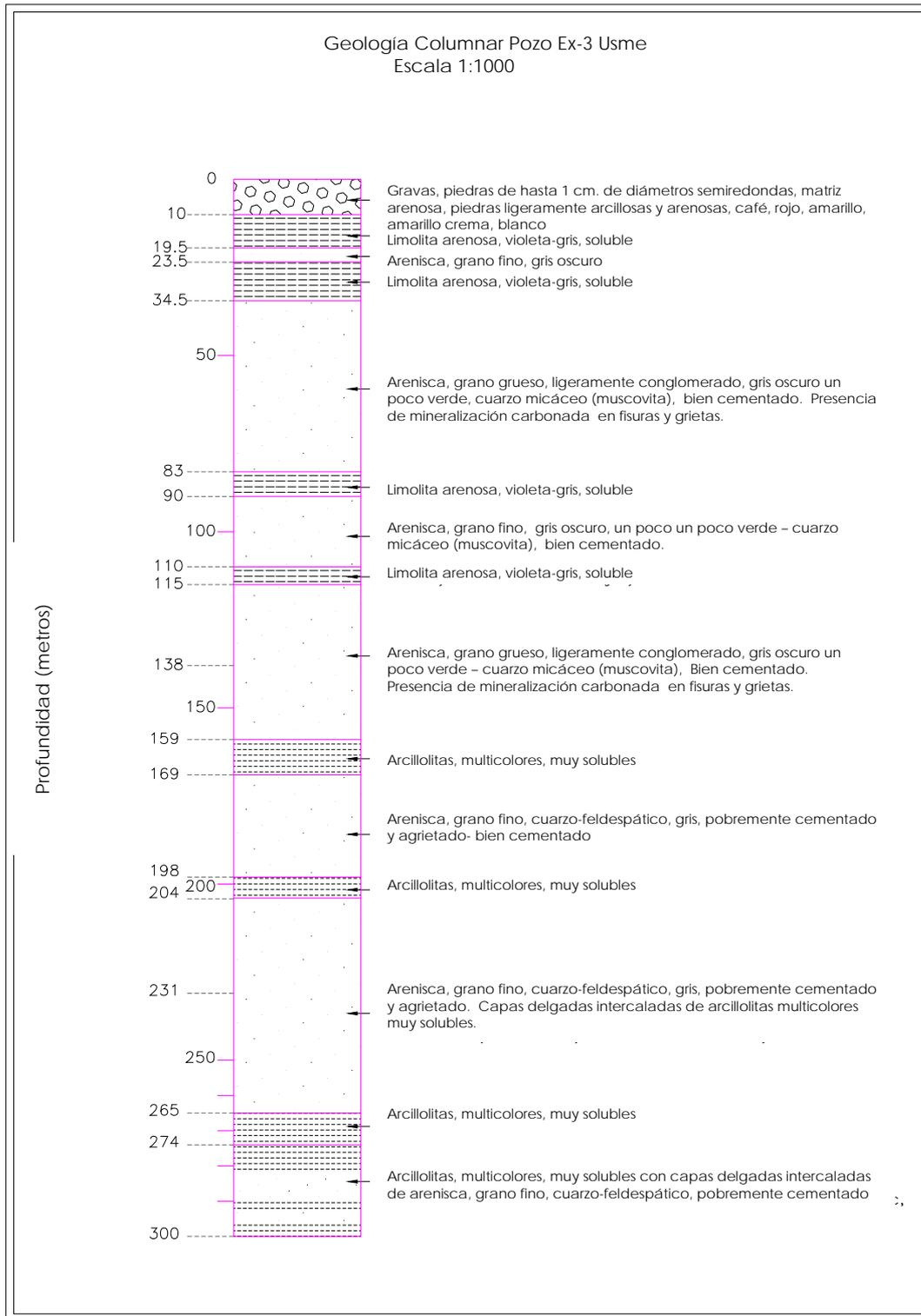


Figura-4. 7 Resultados del Registro Geológico en Usme (EX-3)

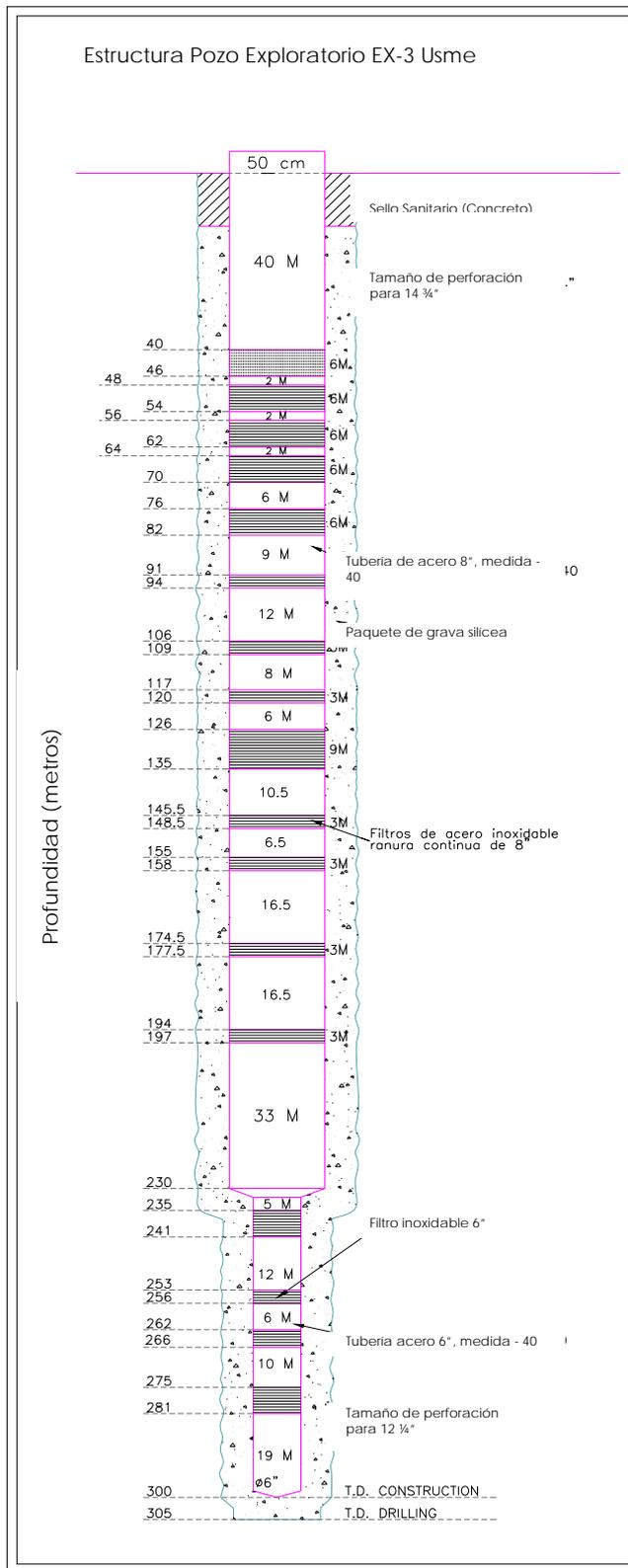


Figura-4. 8 Resultado de la Estructura del Pozo en Usme (Ex-3)

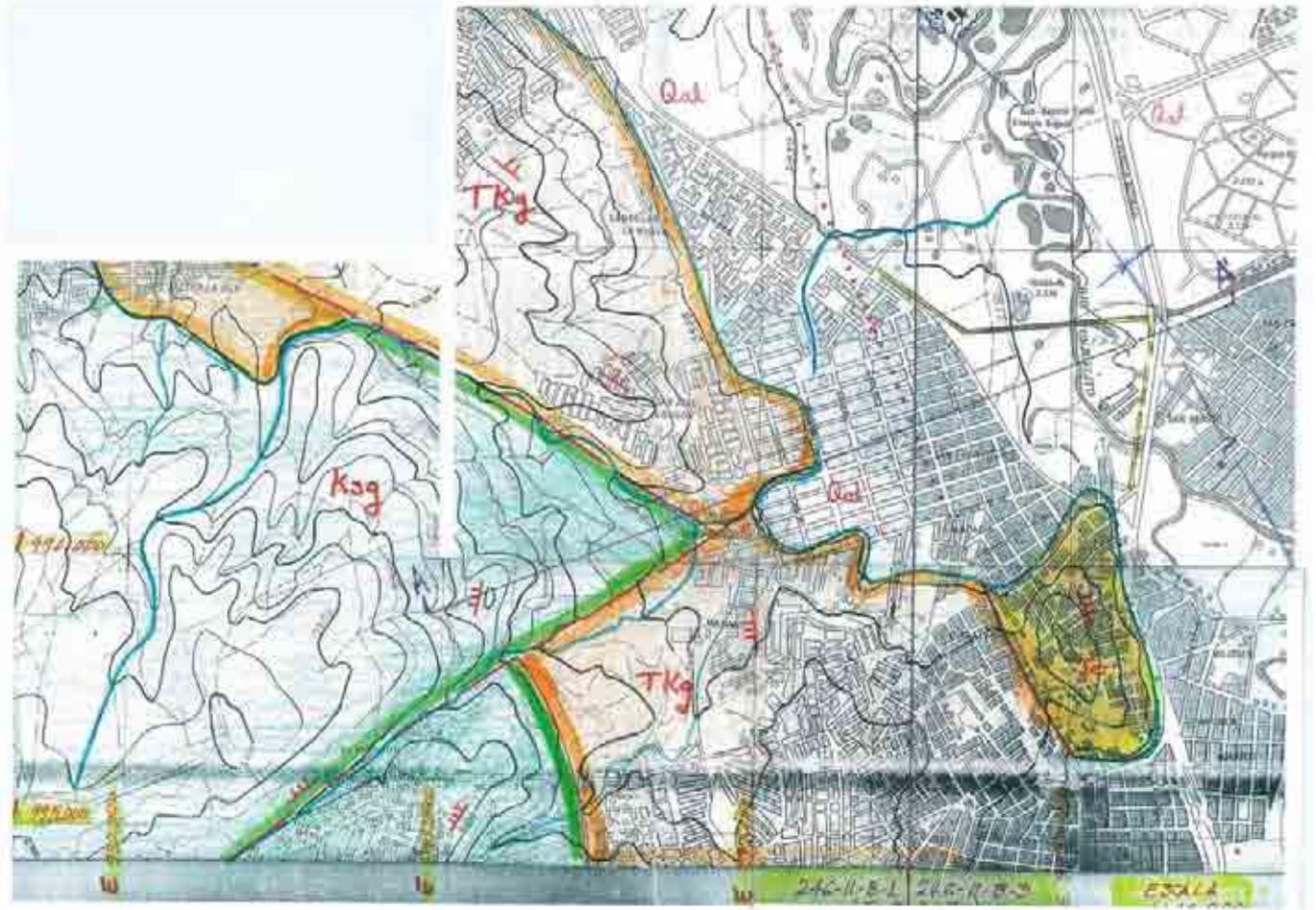


Figura-4. 9 Plano Geológico y Sección alrededor de EX-4

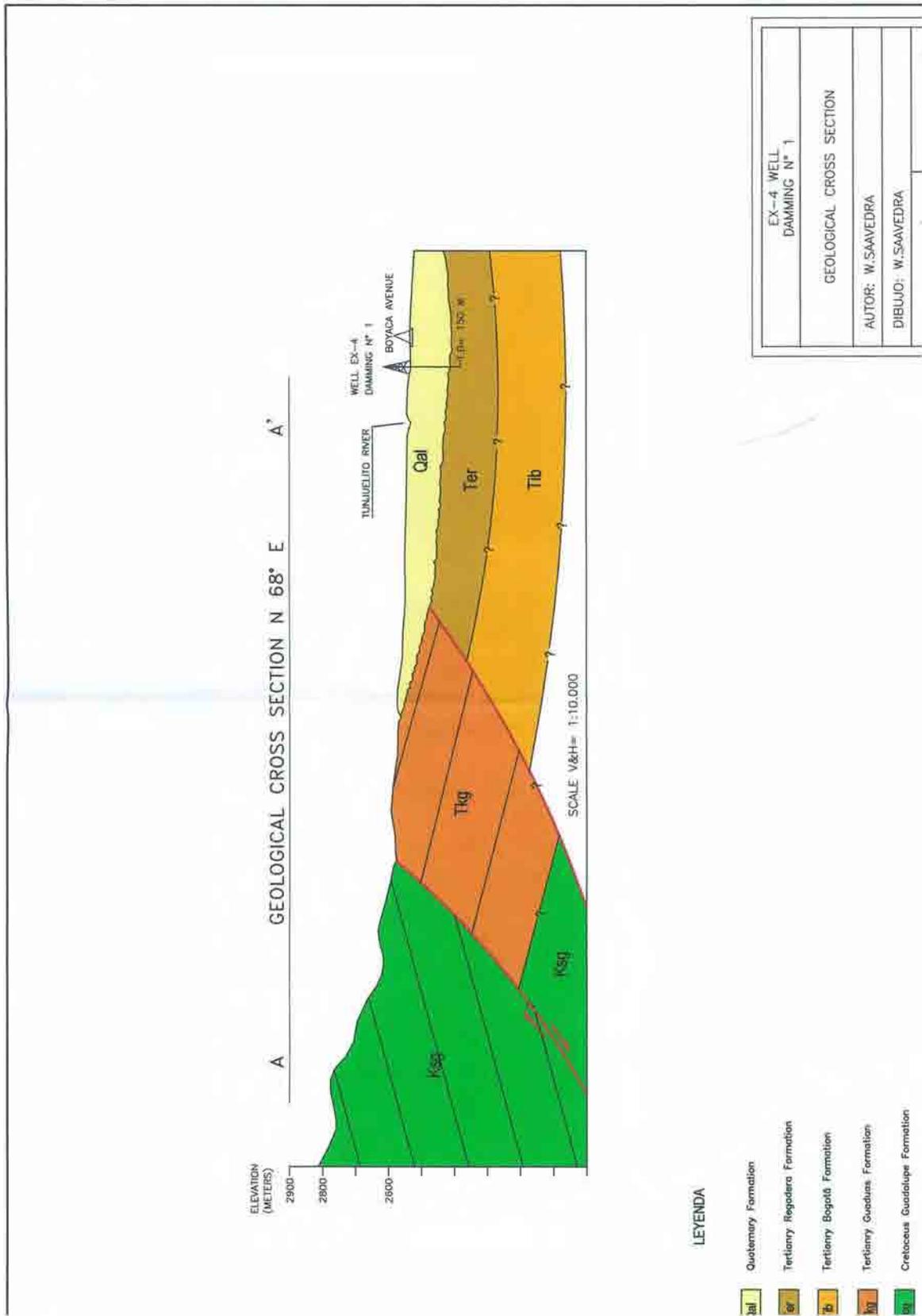


Figura-4.9 (b) Plano Geológico y Sección alrededor de EX-4

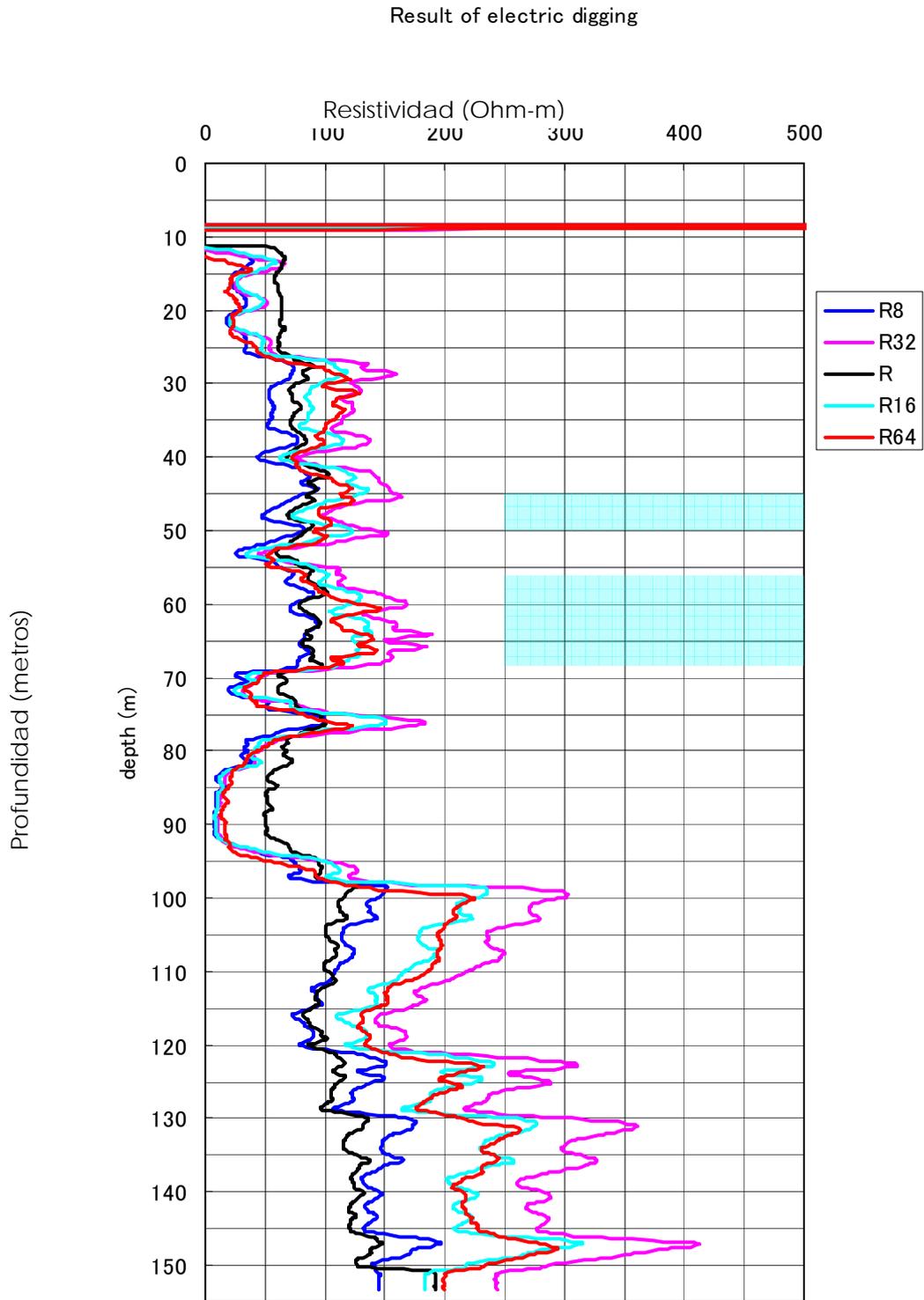


Figura-4. 10 Resultados del Registro Eléctrico del Pozo Cuaternario (EX-4)

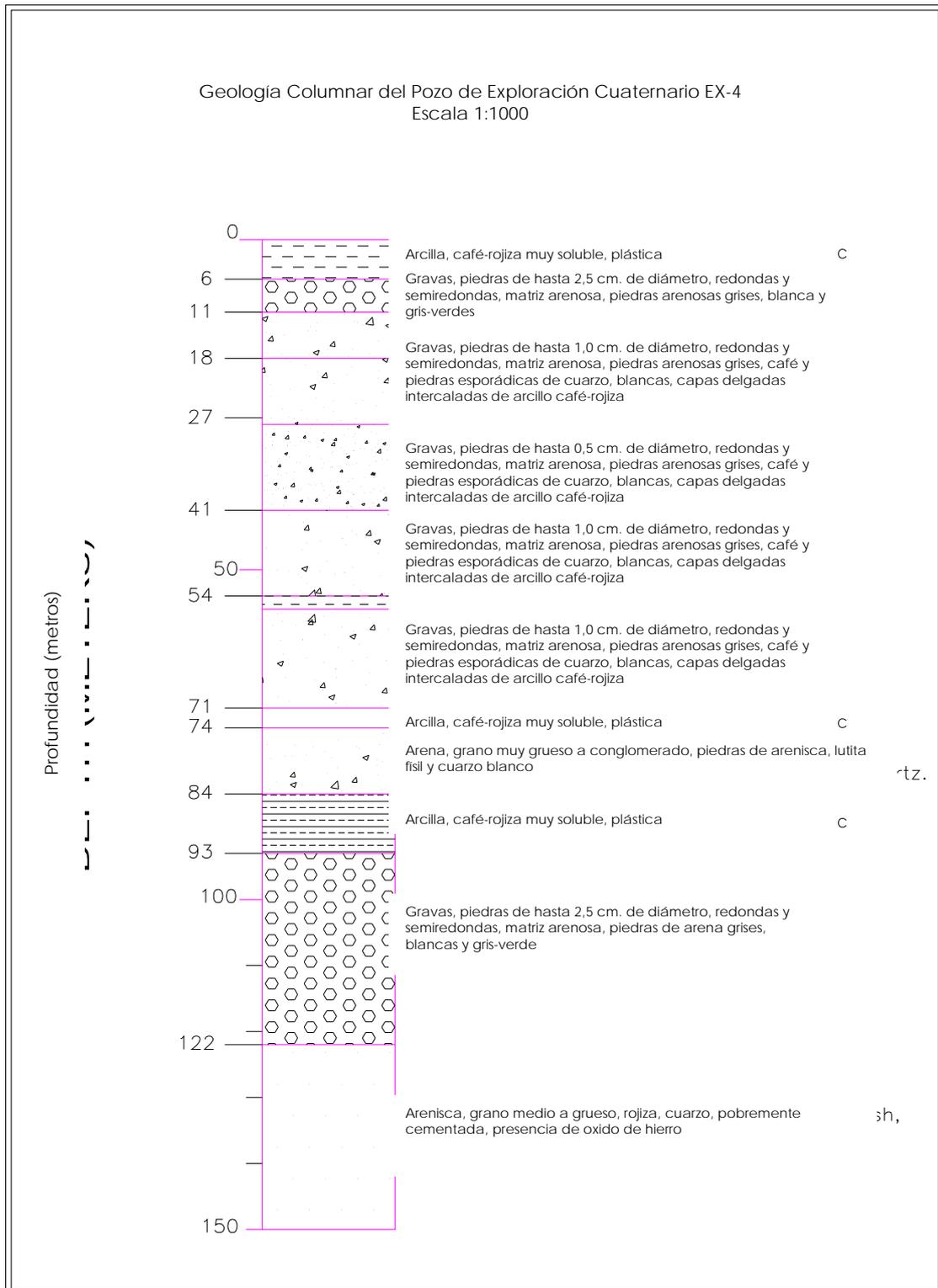


Figura-4. 11 Resultados del Registro Geológico del Pozo Cuaternario (EX-4)

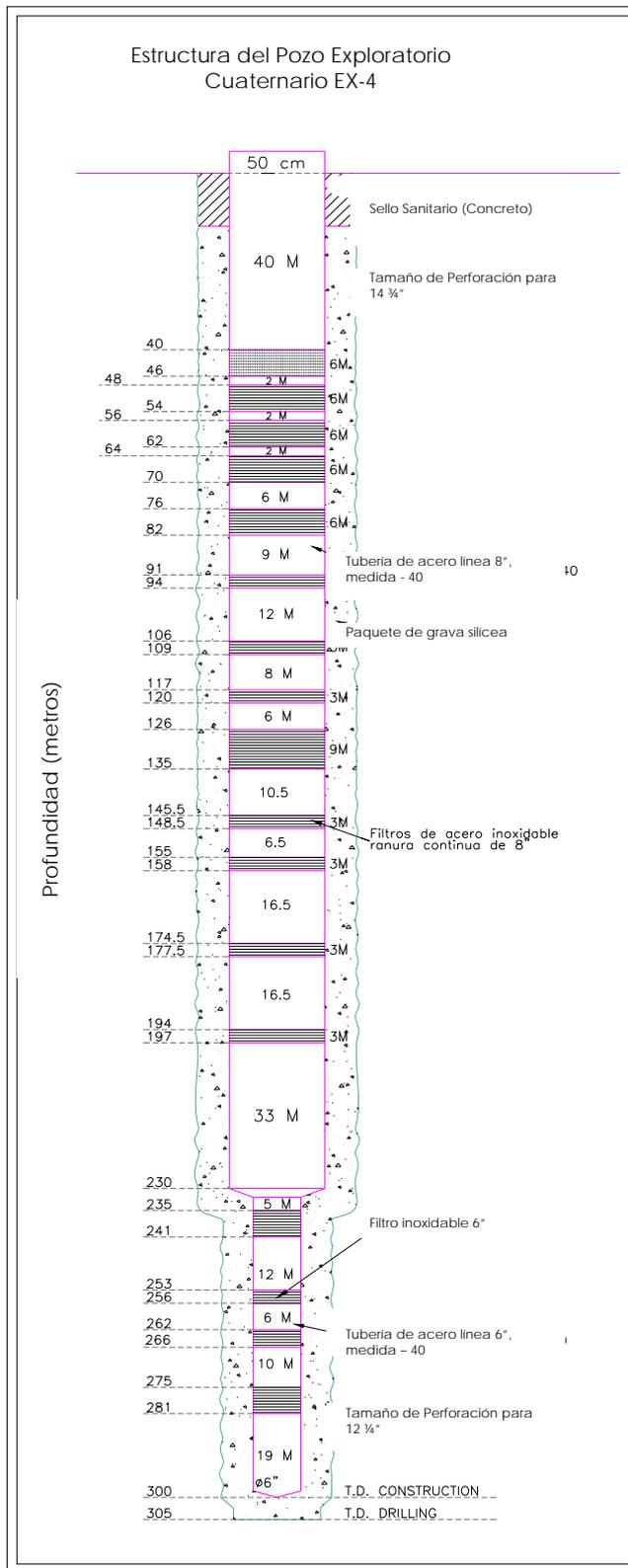


Figura-4. 12 Resultado de la Estructura del Pozo Cuaternario (Ex-4)

PARTE 5

ANÁLISIS DE BALANCE DE AGUA

Informe Final

(Informe de Soporte)

Parte 5 Análisis del Balance Hídrico

Tabla de Contenidos

	Page
Tabla de Contenidos.....	i
Lista de Tablas y Figuras	ii
PARTE 5. ANÁLISIS DEL BALANCE HÍDRICO	5-1
CAPITULO 1. RECOLECCIÓN Y REVISIÓN DE DATOS.....	5-1
CAPITULO 2. PRECIPITACIÓN PROMEDIO	5-4
CAPITULO 3. TENDENCIA DE CAMBIO EN LA PRECIPITACIÓN	5-5
CAPITULO 4. CICLO DE FLUCTUACIÓN	5-6
CAPITULO 5. PROBABILIDAD	5-7
CAPITULO 6. RELACIÓN PRECIPITACIÓN ELEVACIÓN	5-8
CAPITULO 7. DATOS DE LOS RÍOS EN LA SABANA DE BOGOTÁ.....	5-9
CAPITULO 8. ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS DE DESCARGA	5-12
CAPITULO 9. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL RÍO.....	5-14
CAPITULO 10. DESCARGA ESPECÍFICA	5-16
CAPITULO 11. PROBABILIDAD	5-18

Lista de Tablas y Figuras

Tablas

Tabla-5.1 Datos Recolectados para el Análisis de la Precipitación	5-1
Tabla-5.2 Resultado de la Revisión de Días sin Datos	5-2
Tabla-5.3 Resultado De La Complementación de Datos	5-3
Tabla-5.4 Estadísticos Precipitación (1)	5-4
Tabla-5.5 Promedio de la Precipitación en la Sabana de Bogotá cada 10 Años	5-6
Tabla-5.6 Resultado del Análisis Cíclico.....	5-7
Tabla-5.7 Resultado del Cálculo de Probabilidad.....	5-8
Tabla-5.8 Relación entre Precipitación y Elevación.....	5-9
Tabla-5.9 Datos Recolectados para el Análisis de la Descarga de los Ríos.....	5-10
Tabla-5.10 Resultados del Chequeo de Días sin Datos para la Descarga del Río	5-11
Tabla-5.11 Resultado del Complemento de los Datos de Descarga	5-12
Tabla-5.12 Descarga Promedio y Desviación Estándar.....	5-13
Tabla-5.13 Descarga Máxima y Mínima Anual.....	5-13
Tabla-5.14 Resultado del Análisis de Estabilidad para los Principales Ríos de la Sabana de Bogotá.....	5-15
Tabla-5.15 Resultado del Cálculo de la Descarga Específica.....	5-16
Tabla-5.16 Resultado del Cálculo de la Probabilidad en la Estación de Descarga 212806 (Las Huertas) ...	5-19

Figuras

Figura-5. 1 Precipitación Mensual en la Sabana de Bogotá y toda Colombia.....	5-5
Figura-5. 2 Variación de la Precipitación en la Sabana de Bogotá	5-6
Figura-5. 3 Coeficiente de Variación Acumulada de la Precipitación	5-7
Figura-5. 4 Resultado del Cálculo de Probabilidad	5-8
Figura-5. 5 Relación Precipitación Anual – Elevación.....	5-9
Figura-5. 6 Ríos y Quebradas en la Sabana de Bogotá.....	5-10
Figura-5. 7 Descarga Mensual Promedio de los Ríos en la Sabana de Bogotá	5-16
Figura-5. 8 Distribución de la Descarga Específica en la Sabana de Bogotá	5-17
Figura-5. 9 Relación entre la Descarga Específica y la Elevación	5-17
Figura-5. 10 Relación entre la Descarga Específica y la Pendiente	5-18
Figura-5. 11 Relación entre la Descarga Específica y Precipitación	5-18
Figura-5. 12 Resultado del Cálculo de Probabilidad de la Estación Las Huertas	5-19

PARTE 5. ANÁLISIS DEL BALANCE HÍDRICO

CAPITULO 1. RECOLECCIÓN Y REVISIÓN DE DATOS

1.1. Recolección de Datos

Los datos utilizados en el análisis meteorológico fueron suministrados por el Acueducto (EAAB) y otras entidades como la CAR y el IDEAM.

Tabla-5.1 Datos Recolectados para el Análisis de la Precipitación

Código	Ubicación	Elev.	Duración	D_Años	Entidad
2120008	San Francisco-Salitre K9	3228	1933-2006	74	EAAB
2120011	San Rafael	2753	1933-2006	74	EAAB
2120013	El Delirio	3019	1933-2006	74	EAAB
2120019	Bocagrande - Salitre	3583	1941-2006	62	EAAB
2120020	El Hato	3116	1928-2006	70	EAAB
2120031	Cerro De Šuba	2669	1946-1973	27	EAAB
2120032	El Granizo	3108	1947-2006	58	EAAB
2120044	La Pradera	2741	1951-2006	53	CAR
2120051	Apostolica	2582	1956-2006	49	CAR
2120074	Zipaquira	2660	1970-2006	25	CAR
2120075	Bojaca	2583	1970-2006	28	CAR
2120085	El Bosque	3149	1966-2006	32	CAR
2120096	El Consuelo	2975	1967-2006	31	CAR
2120112	La Casita	3181	1973-2006	22	CAR
2120113	Almaviva	2552	1973-1997	20	CAR
2120115	Edificio M Mejia	2623	1981-2003	22	CAR
2120141	Acandi	2574	1977-2006	30	CAR
2120154	Bosa Barreno	2556	1942-2006	52	EAAB
2120156	La Picota	2562	1980-2006	27	CAR
2120159	Alco	2567	1980-2006	24	CAR
2120162	Suesca	2575	1987-2007	21	IDEAM
2120166	El Fute	2584	1959-2006	47	CAR
2120168	Alto De Aire	2938	1987-2006	18	CAR
2120171	Represa Sisga	2775	1939-1994	53	CAR
2120173	Campobello	2557	1987-2006	18	CAR
2120174	Nanjui	3186	1970-2006	28	CAR
2120183	Dario Valencia	792	1988-2006	16	CAR
2120186	La Maria	2926	1993-2006	9	CAR
2120187	Bombas Sesquile	2611	1987-2006	15	CAR

Código	Ubicación	Elev.	Duración	D_Años	Entidad
2120194	El Choche	2732	1996-2006	11	CAR
2120195	Montecillos	2897	1996-2006	11	CAR
2120196	Casa De Bombas Salitre	2546	1975-2006	30	EAAB
2120197	Casablanca	2706	1976-2006	31	EAAB
2120198	Guadalupe	3201	1987-2006	20	EAAB
2120202	Serrezuela	2831	1990-2006	17	EAAB
2120203	Cabrera La Meseta	2658	1990-1996	7	EAAB
2120204	Juan Rey	3114	1990-2006	17	EAAB
2120205	Quiba	2987	1990-2006	17	EAAB
2120207	Saucedal li	2544	1990-2006	17	EAAB
2120208	La Conejera	2556	1990-2006	17	EAAB
2120209	La Isla	2541	1991-1996	6	EAAB
2120210	Los Tunjos	3643	1989-2006	18	EAAB
2120211	Las Huertas	2571	1990-2006	17	EAAB
2120516	La Ramada	2543	1938-2006	59	CAR
2120531	La Caro	2576	1990-2006	17	EAAB
2120538	Techo	2543	1957-1996	39	EAAB
2120540	Checua	2579	1953-2006	54	CAR
2120541	Represa Del Neusa	3036	1954-2003	49	CAR
2120545	Tibitoc	2560	1980-2006	26	EAAB
2120548	La Iberia	2789	1953-2006	54	CAR
2120559	Apto. Guaymaral	2557	1965-2006	41	CAR
2120561	Muña	2561	1966-2003	37	CAR
2120569	Camavieja	2558	1979-2006	28	EAAB
2120585	Colombiano	2567	1987-2006	19	IDEAM
2120596	Tachi	2650	1987-2006	13	IDEAM
2120603	San Cayetano	2650	1978	1	IDEAM
2120632	La Fortuna	2852	1963-2006	43	CAR
2120633	Barrancas	2729	1966-2006	41	CAR
2401110	Isla Del Santuario	2565	1957-2005	46	CAR
3502506	Bolsala	3195	1988-2006	19	IDEAM

Elev.: Elevación, valores se leen de la red de 90m DEM del SRTM (USNASA). **Duración:** Primer y último año de observación. **D_Año :** Total de años de observación. **Entidad:** Entidad que maneja las estaciones de observación.

1.2. Chequeo y Revisión de Datos

Los datos de precipitación recolectados presentan valores erróneos causados por problemas en los equipos de observación, datos ausentes y otros. Es imposible encontrar todos los datos erróneos. Sin embargo, algunos se detectan ya que son muy evidentes y otros por la experiencia del investigador. A continuación se presentan algunos ejemplos de cómo se chequearon los datos.

- Estación 120113 (El Delirio)
- Todos los datos de precipitación de Enero1993 presentaron el mismo valor de 99,9 mm. Todos fueron cambiados a nulo (sin dato).
- Estación 2120085 (El Bosque)
- El dato de precipitación del 26 de Agosto del 2003 fue de 189,5 mm, cuando la precipitación registrada en otras estaciones varió entre 0 y 18,8 mm. Un dato cercano a 200 mm./día registrado por solo una estación es poco probable, por lo tanto el dato se cambio a 18,9 mm.
- Estación 2120633 (Barracas)

- Todos los datos de precipitación de Febrero 1995 presentaron el mismo valor 1×10^{34} . Estos están evidentemente errados y los se cambiaron a nulos.

1.3. Datos Complementarios

Algunos días no se registraron datos debido a diferentes tipos de problemas.

Tabla-5.2 Resultado de la Revisión de Días sin Datos

Código	M_Días	T_Días	%	Código	M_Días	T_Días	%
2120008	990	26.663	3,7	2120195	712	4.018	17,7
2120011	1.213	27.028	4,5	2120196	816	10.958	7,4
2120013	771	27.028	2,9	2120197	463	11.323	4,1
2120019	1.971	22.645	8,7	2120198	1.037	7.305	14,2
2120020	1.040	25.567	4,1	2120202	253	6.209	4,1
2120031	406	9.862	4,1	2120203	507	2.557	19,8
2120032	1.538	21.550	7,1	2120204	724	6.209	11,7
2120044	1.163	9.863	11,8	2120205	274	6.209	4,4
2120051	441	10.228	4,3	2120207	376	6.209	6,1
2120074	599	9.131	6,6	2120208	422	6.209	6,8
2120075	1.100	10.228	10,8	2120209	536	2.192	24,5
2120085	834	11.689	7,1	2120210	466	6.574	7,1
2120096	225	11.324	2	2120211	249	6.209	4
2120112	441	8.401	5,2	2120516	1.330	21.914	6,1
2120113	2.410	8.035	30	2120531	521	6.209	8,4
2120115	1.805	5.479	32,9	2120538	730	14.245	5,1
2120141	727	10.957	6,6	2120540	633	15.705	4
2120154	1.206	18.993	6,3	2120541	937	13.879	6,8
2120156	1.255	6.941	18,1	2120545	879	9.862	8,9
2120159	1.857	9.131	20,3	2120548	647	14.610	4,4
2120162	930	7.670	12,1	2120559	884	14.610	6,1
2120166	841	9.863	8,5	2120561	609	12.784	4,8
2120168	41	6.575	0,6	2120569	324	10.227	3,2
2120171	37	7.306	0,5	2120585	1.073	7.305	14,7
2120173	482	..575	7,3	2120596	1.363	5.114	26,7
2120174	407	1..228	4	2120603	2	365	0,5
2120183	491	6.210	7,9	2120632	31	12.054	0,3
2120186	1.800	4.382	41,1	2120633	587	12.054	4,9
2120187	1.278	5.844	21,9	2401110	760	11.324	6,7
2120194	132	4.018	3,3	3502506	429	6.940	6,2

M-días: Número de días sin dato. T-días: Total Días de Observación (incluyendo días sin dato)
%: Porcentaje de M-días a T-días.

Para completar los datos faltantes se utilizó la técnica de autocorrelación. El primer paso es calcular el promedio anual (de Enero a Diciembre) de cada serie de datos. El segundo paso es usar el promedio anual para los días ausentes de dato. El método se puede reducir a la siguiente ecuación:

$$R_i = \Sigma R_j / N$$

Donde:

R_i: Valor usado para complementar el día ausente

R_j: Valor del mismo día, pero en otros años de la misma serie de datos.

N: Número de años que tienen el valor observado para ese día.

Tabla-5.3 Resultado De La Complementación de Datos

Código	Ubicación	Antes	Después	%
2120008	San Francisco-Salitre K9	82.921	86.291	4,1
2120011	San Rafael	57.508	60.149	4,6
2120013	El Delirio	88.885	91.168	2,6
2120019	Bocagrande - Salitre	82.67	90.49	9,5
2120020	El Hato	51.676	53.938	4,4
2120031	Cerro De Suba	23.53	24.53	4,2
2120032	El Granizo	64.611	68.341	5,8
2120044	La Pradera	19.617	21.925	11,8
2120051	Apostolica	17.947	18.723	4,3
2120074	Zipaquira	21.182	22.743	7,4
2120075	Bojaca	15.209	16.344	7,5
2120085	El Bosque	37.952	40.931	7,8
2120096	El Consuelo	26.564	26.962	1,5
2120112	La Casita	22.68	23.858	5,2
2120113	Almaviva	10.089	13.78	36,6
2120115	Edificio M Mejia	8.102	11.223	38,5
2120141	Acandi	22.464	24.044	7
2120154	Bosa Barreno No. 2	29.461	31.341	6,4
2120156	La Picota	9.143	11.104	21,4
2120159	Alco	14.133	17.098	21
2120162	Suesca	11.074	12.644	14,2
2120166	El Fute	14.06	15.311	8,9
2120168	Alto De Aire	12.382	12.478	0,8
2120171	Represa Sisga	17.376	17.475	0,6
2120173	Campobello	10.106	10.822	7,1
2120174	Nanjui	20.831	21.613	3,8
2120183	Dario Valencia	18.928	19.385	2,4
2120186	La Maria	6.166	8.192	32,9
2120187	Bombas Sesquile	7.346	8.84	20,3
2120194	El Choche	8.449	8.688	2,8
2120195	Montecillos	5.64	6.915	22,6
2120196	Casa De Bombas Salitre	26.097	28.156	7,9
2120197	Casablanca	18.148	18.897	4,1
2120198	Guadalupe	20.406	23.851	16,9
2120202	Serrezuela	16.313	16.97	4
2120203	Cabrera La Meseta	3.337	4.133	23,9
2120204	Juan Rey	17.902	20.251	13,1
2120205	Quiba	11.136	11.627	4,4
2120207	Saucedal Ii	10.917	11.597	6,2
2120208	La Conejera	13.256	14.199	7,1
2120209	La Isla	2.515	3.324	32,2
2120210	Los Tunjos	21.244	22.952	8
2120211	Las Huertas	8.596	8.914	3,7
2120516	La Ramada	41.129	43.17	5
2120531	La Caro	11.932	12.959	8,6
2120538	Techo	21.527	22.729	5,6
2120540	Checua	26.477	27.527	4
2120541	Represa Del Neusa	32.865	33.535	2
2120545	Tibitoc	20.709	21.937	5,9
2120548	La Iberia	32.022	33.422	4,4
2120559	Apto. Guaymaral	29.866	30.915	3,5
2120561	Muna	19.201	19,6	2,1
2120569	Camavieja	23.876	24,72	3,5
2120585	Colombiano	13.456	15.065	12
2120596	Tachi	8.537	10.81	26,6
2120603	San Cayetano	1.425	1.425	0
2120632	La Fortuna	25.218	25,27	0,2
2120633	Barrancas	21.871	22,983	5,1
2401110	Isla Del Santuario	31.126	31,462	1,1
3502506	Bolsala	22.224	23,735	6,8
Total		1.392.026	1.483.479	6,6

Antes: Precipitación Total en mm antes del complemento de datos
Después: Precipitación Total en mm. después del complemento de datos.
%: Porcentaje de cambio como resultado del complemento

CAPITULO 2. PRECIPITACIÓN PROMEDIO

2. 1. Precipitación Anual

Algunos resultados del análisis estadístico de precipitación se calcularon usando los datos después de su respectivo chequeo y complementación.

Tabla-5 4 Estadísticos Precipitación (1)

Código	Ubicación	D_Año	Promedio	Max	Max_Y	Min	Min_Y
2120008	San Francisco-Salitre K9	74	1185	1620	2005	677	1948
2120011	San Rafael	74	814	1155	1938	465	1968
2120013	El Delirio	74	1233	1643	1986	725	1949
2120019	Bocagrande - Salitre	62	1464	2362	2004	993	1958
2120020	El Hato	70	771	1173	2006	476	1958
2120031	Cerro De Suba	27	902	1354	1950	585	1973
2120032	El Granizo	58	1171	1865	1950	712	1947
2120044	La Pradera	53	869	1600	1988	393	1997
2120050	La Caba% A	32	869	1416	1979	438	1977
2120051	Apostolica	49	664	950	1971	378	1997
2120074	Zipaquirá	25	899	1365	2006	179	1980
2120075	Bojaca	28	588	929	2001	280	1992
2120085	El Bosque	32	1261	2383	1976	499	1988
2120096	El Consuelo	31	870	1212	1999	570	1992
2120112	La Casita	22	997	1319	2006	714	1977
2120113	Almaviva	20	659	1282	1988	276	1993
2120115	Edificio M Mejía	22	772	1013	1981	464	1989
2120141	Acandí	30	801	1201	1979	333	1983
2120154	Bosa Barreno	52	603	1164	2006	319	1992
2120156	La Picota	27	612	994	2005	223	1992
2120159	Alco	24	706	990	1999	441	2003
2120162	Suesca	21	591	782	1990	344	2006
2120166	El Fute	47	585	1099	1981	340	1997
2120168	Alto De Aire	18	693	847	1996	523	1992
2120171	Represa Sisga	53	861	1244	1994	582	1947
2120173	Campobello	18	595	1459	1998	343	1997
2120174	Nanjui	28	762	1444	2006	265	1996
2120183	Dario Valencia	16	1204	1983	1994	889	1993
2120186	La María	9	882	1488	2000	509	1993
2120187	Bombas Sesquile	15	574	896	1999	211	1998
2120194	El Choche	11	790	1007	2004	605	1997
2120195	Montecillos	11	623	742	2000	427	1998
2120196	Casa De Bombas Salitre	30	951	1878	2006	660	1995
2120197	Casablanca	31	616	1039	2006	376	1992
2120198	Guadalupe	20	1199	1756	2006	667	1992
2120202	Serrezuela	17	1008	1360	2006	755	2001
2120203	Cabrera La Meseta	7	615	779	1996	354	1992
2120204	Juan Rey	17	1196	1586	2004	984	1993
2120205	Quiba	17	690	889	2006	469	1992
2120207	Saucedal Ii	17	691	972	2006	396	1992
2120208	La Conejera	17	844	1179	2006	531	1992
2120209	La Isla	6	547	648	1993	386	1992

Tabla-5. 4 Estadísticos Precipitación (2)

Código	Ubicación	D_Año	Promedio	Max	Max_Y	Min	Min_Y
2120210	Los Tunjos	18	1283	1586	2004	743	1989
2120211	Las Huertas	17	532	773	2006	327	1997
2120516	La Ramada	59	725	957	1950	458	1992
2120531	La Caro	17	769	1208	2006	535	2001
2120538	Techo	39	584	834	1971	411	1995
2120540	Checua	54	644	1769	2004	263	1957
2120541	Represa Del Neusa	49	956	1377	1955	403	1998
2120545	Tibitoc	26	853	1273	2006	339	1991
2120548	La Iberia	54	847	1951	2005	542	2001
2120559	Apto. Guaymaral	41	789	1073	1995	433	1980
2120561	Muña	37	560	865	1979	248	1987
2120569	Camavieja	28	883	1202	2006	620	1985
2120585	Colombiano	19	781	1101	2000	321	1996
2120596	Tachi	13	848	1061	1988	567	1997
2120632	La Fortuna	43	755	1187	1999	486	1980
2120633	Barrancas	41	709	1270	2004	436	2001
2401110	Isla Del Santuario	46	1051	1556	1999	772	1992
3502506	Bolsala	19	1240	1555	1999	579	1994

D_Años: Total de años de Observación. **Promedio :** Precipitación Anual Promedio. **Max :** Precipitación Anual Máxima (mm.) durante el periodo de observación. **Max_Y :** Año en el que ocurrió la precipitación máxima. **Min :** Precipitación Anual Mínima (mm.) durante el periodo de observación. **Min_Y :** Año en el que ocurrió la precipitación mínima.

2. 2. Variación Mensual de la Precipitación

La Figura-5.1 muestra precipitación mensual calculada para la Sabana de Bogotá y el resto de Colombia.

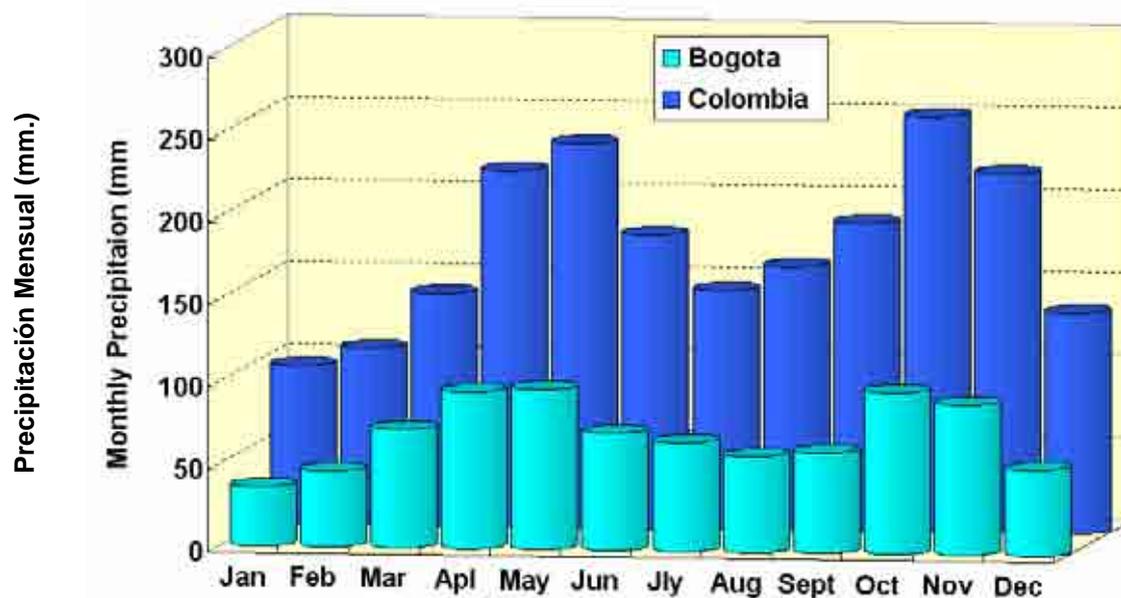


Figura-5. 1 Precipitación Mensual en la Sabana de Bogotá y toda Colombia

CAPITULO 3. TENDENCIA DE CAMBIO EN LA PRECIPITACIÓN

El análisis de la tendencia se realizó con los datos de la Estación Meteorológica Nacional de la base de datos de la OMM (Organización Meteorológica Mundial).

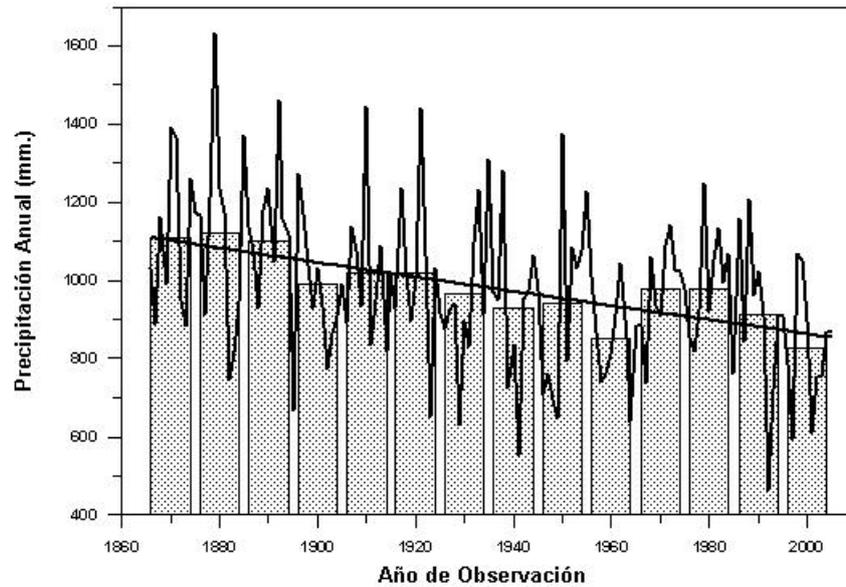


Figura-5. 2 Variación de la Precipitación en la Sabana de Bogotá

Fuente: Estación meteorológica Nacional OMM)

La línea gráfica secuencial en la Figura muestra el cambio anual de la precipitación, y la gráfica de barras muestra el promedio de 10 años. La curva muestra el tipo de correlación con la ecuación y el coeficiente de correlación. Es evidente que la precipitación en la Sabana de Bogotá tiene una tendencia a la baja.

Tabla-5.5 Promedio de la Precipitación en la Sabana de Bogotá cada 10 Años

Periodo	LluviaPromedio	Periodo	LluviaPromedio
1866-1875	1.110	1936-1945	928
1876-1885	1.121	1946-1955	940
1886-1895	1.101	1956-1965	852
1896-1905	991	1966-1975	979
1906-1915	1.020	1976-1985	977
1916-1925	1.019	1986-1995	911
1926-1935	965	1996-2005	825
Promedio de 70 años	1.047	Promedio de 70 años	916

La Tabla-5.4 presenta el promedio de precipitación cada 10 años correspondiente al gráfico de barras en la Figura-5.2. El periodo de observación total de 140 años se dividió en 2 periodos de 70 años. La precipitación promedio del primer periodo fue de 1.000 mm./año y para el segundo 916 mm/año. Otra característica que se obtiene de la Tabla es que en los primeros 70 años la disminución fue a una velocidad relativamente alta, mientras que para los 70 años posteriores la velocidad de disminución de la precipitación se ha vuelto baja y parece estabilizarse buscando el equilibrio.

CAPITULO 4. CICLO DE FLUCTUACIÓN

El ciclo de fluctuación puede ser calculado por el método estándar utilizando el coeficiente de variación como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\sum (K_i / K_{media})$$

Donde K_i es la precipitación en el año i , K_{media} es el promedio de precipitación de todos los datos observados.

Sin embargo los resultados de este método estándar solo son útiles cuando la precipitación fluctúa cerca del valor promedio. La precipitación en la sabana de Bogotá, ha presentado una clara tendencia a la baja

durante los últimos 140 años. Si se utiliza el método estándar para el análisis cíclico en la sabana de Bogotá, el primer periodo de observación estaría sobrevaluado como un año lluvioso, dada su precipitación; mientras que el segundo periodo estaría subvalorado como un año seco. Por lo tanto el método fue modificado cambiando el valor de K_{mean} por el valor calculado de la ecuación de correlación que se muestra en la Figura-3.1.

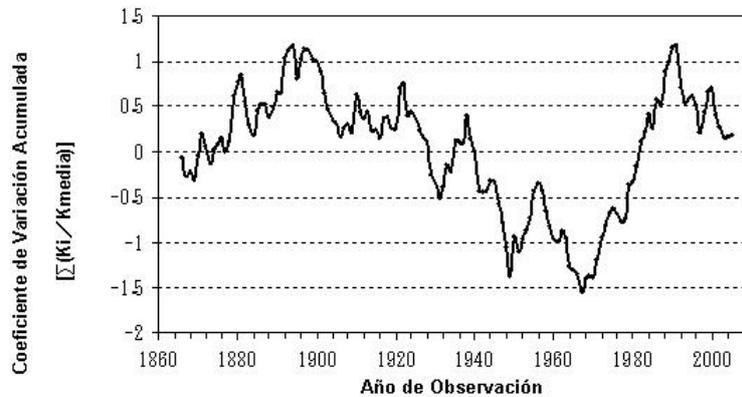


Figura-5. 3 Coeficiente de Variación Acumulada de la Precipitación

Tabla-5.6 Resultado del Análisis Cíclico

Secuencia	Periodicidad			Año de Sequía		Año de Lluvia	
	Duración	K_{promedio}	R_{promedio}	Duración	K_{promedio}	Duración	K_{promedio}
1	-1881	1.05	1.153	-1867	--	1868-1881	1,08
2	1882-1894	1.03	1.093	1882-1884	0.77	1889-1894	1,13
3	1895-1910	0.97	1.004	1895-1906	0.92	1907-1910	1,12
4	1911-1922	1.01	1.025	1911-1916	0.92	1920-1922	1,16
5	1923-1938	0.98	966	1923-1931	0.86	1932-1938	1,13
6	1939-1956	0.96	916	1939-1949	0.85	1950-1956	1,15
7	1957-1991	1.04	948	1957-1967	0.89	1967-1991	1,10
8	1992-	0.93	804	1992-1997	0.84	1998-	--

K_{promedio} : Promedio de K_i/K_{media} para cada periodo correspondiente.

R_{promedio} : Precipitación promedio durante cada periodo correspondiente.

La precipitación en la sabana de Bogotá durante los últimos 140 años (1866-2005) se puede dividir en 8 ciclos de circulación. En cada ciclo la precipitación se puede dividir en temporadas de lluvias y de sequías. Durante la temporada de lluvia la precipitación es mayor que el valor promedio, y el valor de K_{promedio} es mayor que 1, en un rango entre 1,08 y 1,16. Por el contrario en temporada de sequía el valor de K_{promedio} es menor que 1, variando entre 0,77 y 0,92. En un ciclo se presentaron valores de K_{promedio} cercanos a 1, en un rango entre 0,97 y 1,04.

De acuerdo a estos resultados se concluye que la duración del ciclo de fluctuación de la precipitación cambia de 11 años a 33 años en la sabana de Bogotá. Por lo tanto para el análisis hidrológico en la sabana de Bogotá se necesitan por lo menos 11 años de datos. De otra forma los resultados se inclinarán hacia la temporada de lluvia o de sequía.

CAPITULO 5. PROBABILIDAD

Varios métodos se han desarrollado para calcular la probabilidad. 4 de ellos se utilizaron en este análisis:

- 1) Distribución Normal
- 2) Distribución Log Normal
- 3) Posición de Plotéo (Método Hazen)
- 4) Distribución Log-Pearson Tipo III

La Tabla-5.7 presenta los resultados del cálculo de la probabilidad utilizando los 4 métodos mencionados, y La Figura-5.4 presenta la curva de probabilidad calculada por el método de distribución Log-Pearson Tipo III, junto con el ploteo posterior al método de posición del ploteo (método de Hanzen).

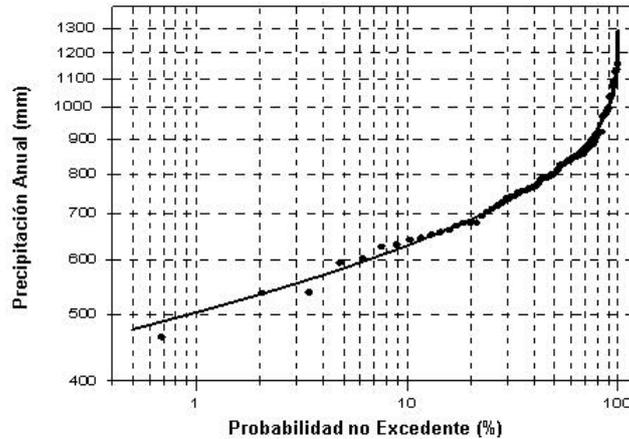


Figura-5. 4 Resultado del Cálculo de Probabilidad

Tabla-5.7 Resultado del Cálculo de Probabilidad

No-Ex.(%)	Normal ¹⁾	Log_Nor ²⁾	P.P ³⁾	Log_PIII ⁴⁾	Media ⁵⁾	RPIY ⁶⁾
1	499	589	552	544	546	100
2	560	625	594	598	594	50
4	638	659	645	631	643	25
10	725	734	726	742	732	10
25	847	837	837	854	844	4
50	980	951	973	949	963	2
75	1.113	1.113	1.115	1.080	1.105	4
90	1.236	1.258	1.245	1.237	1.244	10
96	1.342	1.373	1.373	1.348	1.359	25
98	1.391	1.490	1.414	1.442	1.434	50
99	1.446	1.593	1.474	1.479	1.498	100

No-Ex : Probabilidad no excedente. Normal : Distribución Normal. Log_Nor : Distribución Log-Normal P.P. : Posición del Ploteo (Método Hazen). Log_PIII : Distribución Log-Pearson Tipo III RPIY : Periodo de Retorno en años. Media: Promedio de los resultados obtenidos por los 4 métodos anteriores.

CAPITULO 6. RELACIÓN PRECIPITACIÓN ELEVACIÓN

La precipitación en la sabana de Bogotá varía de 532 mm a 1.464 mm. El factor más importante para el control de la precipitación se identifica como la elevación. Para esclarecer la relación entre precipitación y elevación, todos los datos de precipitación recolectados se dividieron en 7 grupos de acuerdo al rango de elevación.

Tabla-5.8 Relación entre Precipitación y Elevación

Elevación	Prmd	Desvest	No_Sttn
2500-2600	697	124	25
2600-2700	768	154	6
2700-2800	787	93	7
2800-2900	795	196	3
2900-3000	784	107	4
3000-3200	1084	181	7
>3200	1283	128	4

Elevación: Rango de elevación del grupo de estaciones. Prmd: Promedio de precipitación en el grupo. Desvest: Desviación estándar de la precipitación en el grupo. No_Sttn: Número de estaciones dentro del grupo



Figura-5. 5 Relación Precipitación Anual – Elevación

(El valor encima de las barras es la precipitación anual promedio. El valor dentro de la barra es el número de muestras del grupo).

En los casos donde la elevación es menor a 3.000 m.s.n.m., la precipitación anual varía en un rango pequeño entre 700 y 800 mm. En lugares donde la elevación es mayor a 3.000 m.s.n.m la precipitación aumenta notablemente con la elevación.

CAPITULO 7. DATOS DE LOS RÍOS EN LA SABANA DE BOGOTÁ

7. 1. Distribución del Río

El río Bogotá es el río principal en la sabana de Bogotá, presentando varios tributarios. Según la base de datos SIG (BDSIG) del Acueducto en la Sabana existen identificados 31 ríos relativamente grandes y 217 quebradas y canales sin identificar. Los ríos y quebradas incluidos en la BDSIG del Acueducto se presentan en la Figura-5.6.

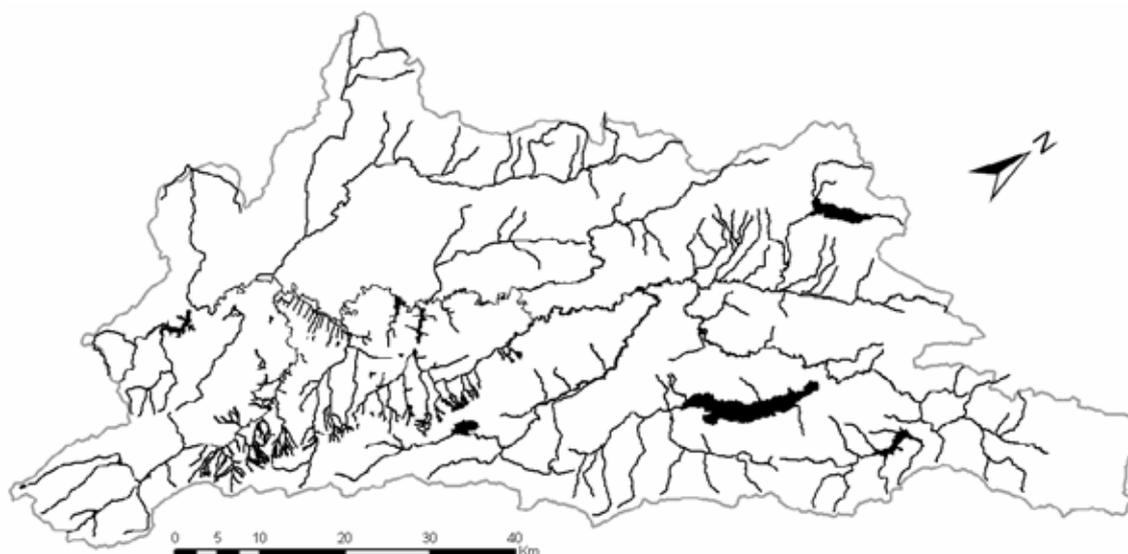


Figura-5. 6 Ríos y Quebradas en la Sabana de Bogotá

Fuente: BDSIG del Acueducto

7. 2. Recolección de los Datos del Río

Los datos de descarga de los ríos fueron recolectados de 37 estaciones del Acueducto y la CAR. La Tabla-5.8 presenta: nombres de los ríos, cuenca tributaria, entidad que proporciona los datos, área de captación, año de comienzo y finalización de los datos y total de años de observación.

Tabla-5.9 Datos Recolectados para el Análisis de la Descarga de los Ríos

Código	Ubicación	Entidad	C_Area	Duración	D_A_Y
2120701	Puente Bosa_Tunjuelo	EAAB	380,9	1970-2005	28
2120705	El Delirio - Rio San Cristobal (Tunjuelo)	EAAB	23,8	1927-2006	57
2120706	Regadera - Rio Tunjuelo (Tunjuelo)	EAAB	162,9	1989-2005	18
2120725	Puente Australia - Rio Curubita (Tunjuelo)	EAAB	56,5	1946-2007	53
2120726	El Tambor_Teusaca	EAAB	67,7	1946-1991	46
2120729	La Cabaña - Rio Teusaca	EAAB	160,9	1959-2007	49
2120746	La Toma - Rio Chisaca (Tunjuelo)	EAAB	52,1	1991-2007	17
2120747	El Herradero - Rio Mugroso (Tunjuelo)	EAAB	33,5	1953-2007	42
2120750	Cantarrana - Rio Tunjuelo	EAAB	2,8	1958-1997	27
2120752	Puente Galindo_Rio_Bojaca	CAR	165,1	1970-1980	11
2120756	El Recreo_Rio_Bojaca	CAR	93,5	1966-1980	14
2120759	Canaleta Parshall - Rio Chisaca (Tunjuelo)	EAAB	90,2	1960-2006	23
2120798	San Isidro_Rio_Tomine	CAR	67,3	1970-1979	10
2120799	Santo Domingo_Rio_Tomine	CAR	27,4	1971-1980	9
2120802	La Isla - Rio Bogota (NE Bogota Area 10)	EAAB	2.903	1972-2005	33
2120806	Las Huertas (last station in Bogota basin)	EAAB	4.257	1973-2007	35
2120810	Vuelta Grande (NE Bogota Area 10)	EAAB	2486,8	1973-2005	31
2120811	Puente La Virgen (NE Bogota Area 10)	EAAB	2108,0	1971-2005	35
2120836	Avenida Boyaca - Rio Tunjuelo	EAAB	326,5	1989-2006	17
2120845	El Bosque_Rio_Subachoque	CAR	214,4	1975-2006	19
2120849	El Faro_Rio_Teusaca	EAAB	9,0	1969-1981	13
2120864	El Volador_Rio_Neusa	CAR	68,5	1993-2005	4
2120888	El Cortijo (NE Bogota Area 10)	EAAB	2618,6	1999-2005	7
2120889	Chicu (NE Bogota Area 10)	EAAB	2486,8	1999-2005	7

Código	Ubicación	Entidad	C_Area	Duración	D_A_Y
2120806	Las Huertas (last station in Bogota basin)	EAAB	4.257	1973-2007	35
2120810	Vuelta Grande (NE Bogota Area 10)	EAAB	2486,8	1973-2005	31
2120811	Puente La Virgen (NE Bogota Area 10)	EAAB	2108,0	1971-2005	35
2120836	Avenida Boyaca - Rio Tunjuelo	EAAB	326,5	1989-2006	17
2120845	El Bosque_Rio_Subachoque	CAR	214,4	1975-2006	19
2120849	El Faro_Rio_Teusaca	EAAB	9,0	1969-1981	13
2120864	El Volador_Rio_Neusa	CAR	68,5	1993-2005	4
2120888	El Cortijo (NE Bogota Area 10)	EAAB	2618,6	1999-2005	7
2120889	Chicu (NE Bogota Area 10)	EAAB	2486,8	1999-2005	7
2120892	El Toro - Qda Yomasa (Tunjuelo)	EAAB	18,4	1998-2003	6
2120918	El Volador_Rio_Neusa	CAR	65,8	1996-2007	12
2120925	Puente Calamar_Rio_Chicu	CAR	142,9	1995-2006	12
2120942	Usaquen - Garita - Qda. Molinos_Bogota(L)	EAAB	5,9	1990-2006	17
2120946	Puente Francis - Rio Teusaca	EAAB	53,1	1988-2007	18
2120949	Ventana - Captacion - Qda. La V_Bogota(L)	EAAB	1,5	1990-2006	17
2120951	Parque Nacional - Rio Arzobispo_Bogota(L)	EAAB	13,6	1991-2006	15
3502725	Simaya - Canaleta Parshall_Rio_Teusaca	EAAB	10,5	1983-2007	25
3506711	Sueva - Rio Balcones_Chuzza	EAAB	112,3	1971-1998	27
3506716	Cota 3020 - Rio Tunjo_Chuzza	EAAB	7,4	1987-1990	4
3506717	Cantabria - Rio Barandillas_Chuzza	EAAB	13,0	1987-1989	3
3506722	Canaleta Leticia - Canal Leticia_Chuzza	EAAB	27,1	1988-1990	3
3506730	El Penono Rio Juiquin_Chuzza	EAAB	12,3	1987-1990	4

C_Area: Área de Captación (km²).

Duración: Año de comienzo y finalización de los datos.

D_A_Y : Años de datos disponibles.

7.3. Chequeo y Complemento de los Datos de los Ríos

Para la revisión y complemento de los datos de los ríos se utilizó el mismo método que para los datos de precipitación. La Tabla-5.9 presenta los resultados del chequeo de días sin dato.

Tabla-5.10 Resultados del Chequeo de Días sin Datos para la Descarga del Río

Código	M_Días	T_Días	%	Código	M_Días	T_Días	%
2120701	654	10613	6.2	2120845	890	6971	12.8
2120705	934	20820	4.5	2120849	307	4748	6.5
2120706	337	6574	5.1	2120864	442	1826	24.2
2120725	757	19723	3.8	2120888	555	2922	19
2120726	235	16801	1.4	2120889	422	2922	14.4
2120729	869	17897	4.9	2120892	260	2191	11.9
2120746	287	6209	4.6	2120918	679	4383	15.5
2120747	1005	15340	6.6	2120925	93	4442	2.1
2120750	735	9892	7.4	2120942	1424	6209	22.9
2120752	351	4018	8.7	2120946	605	6606	9.2
2120756	98	5114	1.9	2120949	1520	6209	24.5
2120759	465	8401	5.5	2120951	1243	5478	22.7
2120798	39	3652	1.1	3502725	1539	9131	16.9
2120799	14	3287	0.4	3506711	958	9862	9.7
2120802	606	12473	4.9	3506716	303	1461	20.7
2120806	1330	12418	10.7	3506717	107	1127	9.5
2120810	763	11322	6.7	3506722	79	1145	6.9
2120811	945	12784	7.4	3506730	303	1461	20.7
2120836	1217	6234	19.5	Total	23.370	282.666	8,3

M-días: Días sin datos de observación T-días: Total de días de observación (incluyendo días son dato)

%: Porcentaje de M-días a T-días

La Tabla-5.10 presenta los resultados del complemento de datos usando el mismo método que se usó para los datos de precipitación.

Tabla-5.11 Resultado del Complemento de los Datos de Descarga

Unidades: 10⁶ m³

Código	Ubicación	Antes	Después	%
2120701	Puente Bosa_Tunjuelo	4.519,4	4.819,4	6,6
2120705	El Delirio - Rio San Cristobal (Tunjuelo)	1.128,8	1.171,7	3,8
2120706	Regadera - Rio Tunjuelo (Tunjuelo)	927,5	971,7	4,8
2120725	Puente Australia - Rio Curubita (Tunjuelo)	2.318,0	2.407,0	3,8
2120726	El Tambor_Teusaca	2.067,7	2.093,1	1,2
2120729	La Cabaña - Rio Teusaca	3.854,7	4.040,0	4,8
2120746	La Toma - Rio Chisaca (Tunjuelo)	341,6	360,4	5,5
2120747	El Herradero - Rio Mugroso (Tunjuelo)	711,4	761,7	7,1
2120750	Cantarrana - Rio Tunjuelo	2.352,5	2.516,1	7,0
2120752	Puente Galindo_Rio_Bojaca	172,4	188,8	9,5
2120756	El Recreo_Rio_Bojaca	332,7	336,1	1,0
2120759	Canaleta Parshall - Rio Chisaca (Tunjuelo)	281,1	295,7	5,2
2120798	San Isidro_Rio_Tomine	421,6	423,3	0,4
2120799	Santo Domingo_Rio_Tomine	302,9	303,1	0,1
2120802	La Isla - Rio Bogota (NE Bogota Area 10)	23.567,7	24.796,7	5,2
2120806	Las Huertas (last station in Bogota basin)	30.682,1	34.295,1	11,8
2120810	Vuelta Grande (NE Bogota Area 10)	9.065,6	9.707,5	7,1
2120811	Puente La Virgen (NE Bogota Area 10)	13.425,3	14.433,9	7,5
2120836	Avenida Boyaca - Rio Tunjuelo	2.203,6	2.719,8	23,4
2120845	El Bosque_Rio_Subachoque	347,1	398,1	14,7
2120849	El Faro_Rio_Teusaca	79,7	84,4	5,9
2120864	El Volador_Rio_Neusa	80,7	108,8	34,8
2120888	El Cortijo (NE Bogota Area 10)	3.976,6	4.894,4	23,1
2120889	Chicu (NE Bogota Area 10)	2.552,6	2.968,7	16,3
2120892	El Toro - Qda Yomasa (Tunjuelo)	113,9	127,2	11,7
2120918	El Volador_Rio_Neusa	202,7	242,4	19,6
2120925	Puente Calamar_Rio_Chicu	423,0	430,6	1,8
2120942	Usaquen - Garita - Qda. Molinos_Bogota(L)	30,2	39,3	30,1
2120946	Puente Francis - Rio Teusaca	404,1	443,9	9,8
2120949	Ventana - Captacion - Qda. La V_Bogota(L)	6,8	8,8	29,4
2120951	Parque Nacional - Rio Arzobispo_Bogota(L)	18,8	24,8	31,9
3502725	Simaya - Canaleta Parshall_Rio_Teusaca	6.151,1	7.395,2	20,2
3506711	Sueva - Rio Balcones_Chuzas	3.344,9	3.724,6	11,4
3506716	Cota 3020 - Rio Tunjo_Chuzas	31,0	37,0	19,4
3506717	Cantabria - Rio Barandillas_Chuzas	29,0	31,6	9,0
3506722	Canaleta Leticia - Canal Letici_Chuzas	84,6	90,7	7,2
3506730	El Penono Rio Juiquin_Chuzas	31,0	37,0	19,4
Total		116.584,4	127.728,6	9,6

Antes: Descarga total antes del complemento de datos. Después: Descarga total después del complemento de los datos. %: Porcentaje de cambio como resultado del complemento

CAPITULO 8. ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS DE DESCARGA

8.1. Descarga Promedio Anual

La Tabla-5.12 presenta la descarga promedio anual para cada río usando los datos complementados.

Tabla-5.12 Descarga Promedio y Desviación Estándar

Unidades: 10⁶ m³

Código	Ubicación	Promedio	Desvest
2120701	Puente Bosa_Tunjuelo	163,8	38,6
2120705	El Delirio - Rio San Cristobal (Tunjuelo)	20,6	5,3
2120706	Regadera - Rio Tunjuelo (Tunjuelo)	52,4	20,9
2120725	Puente Australia - Rio Curubita (Tunjuelo)	44,6	8,5
2120726	El Tambor_Teusaca	45,5	32,4
2120729	La Cabaña - Rio Teusaca	82,5	33,4
2120746	La Toma - Rio Chisaca (Tunjuelo)	21,2	6,6
2120747	El Herradero - Rio Mugroso (Tunjuelo)	17,7	5,5
2120750	Cantarrana - Rio Tunjuelo	92,9	26,8
2120752	Puente Galindo_Rio_Bojaca	17,4	7,7
2120756	El Recreo_Rio_Bojaca	24	8,5
2120759	Canaleta Parshall - Rio Chisaca (Tunjuelo)	16	18,7
2120798	San Isidro_Rio_Tomine	42,3	7
2120799	Santo Domingo_Rio_Tomine	33,7	14,6
2120802	La Isla - Rio Bogota (NE Bogota Area 10)	719,5	127,1
2120806	Las Huertas (last station in Bogota basin)	967,2	199
2120810	Vuelta Grande (NE Bogota Area 10)	313,4	86
2120811	Puente La Virgen (NE Bogota Area 10)	412,3	156,5
2120836	Avenida Boyaca - Rio Tunjuelo	158,7	42,9
2120845	El Bosque_Rio_Subachoque	20,3	10,6
2120849	El Faro_Rio_Teusaca	6,5	1,8
2120864	El Volador_Rio_Neusa	23,3	10,3
2120888	El Cortijo (NE Bogota Area 10)	655,8	224,3
2120889	Chicu (NE Bogota Area 10)	409,6	199,9
2120892	El Toro - Qda Yomasa (Tunjuelo)	21,2	3,1
2120918	El Volador_Rio_Neusa	19,1	7,8
2120925	Puente Calamar_Rio_Chicu	35,8	13,3
2120942	Usaquen - Garita - Qda. Molinos_Bogota(L)	2,3	0,8
2120946	Puente Francis - Rio Teusaca	25	7,5
2120949	Ventana - Captacion - Qda. La V_Bogota(L)	0,5	0,2
2120951	Parque Nacional - Rio Arzobispo_Bogota(L)	1,8	1,9
3502725	Simaya - Canaleta Parshall_Rio_Teusaca	298	66,1
3506711	Sueva - Rio Balcones_Chuza	136,2	84,7
3506716	Cota 3020 - Rio Tunjo_Chuza	9,2	0,9
3506717	Cantabria - Rio Barandillas_Chuza	10,1	4
3506722	Canaleta Leticia - Canal Letici_Chuza	29,3	4,6
3506730	El Penono Rio Juiquin_Chuza	9,2	0,9

Promedio: Promedio de la descarga en la estación en su serie de análisis

DESVEST: Desviación estándar de la descarga.

8. 2. Descarga Anual Máxima y Mínima

La Tabla-5.12 presenta la descarga máxima y mínima anual para cada río usando los datos complementados.

Tabla-5.13 Descarga Máxima y Mínima Anual

Código	Ubicación	Max	Max_Y	Min	Min_Y
2120701	Puente Bosa_Tunjuelo	234,8	1996	108,9	1973
2120705	El Delirio - Rio San Cristobal (Tunjuelo)	33,5	1986	10,6	1978
2120706	Regadera - Rio Tunjuelo (Tunjuelo)	107,0	2004	24,9	1989
2120725	Puente Australia - Rio Curubita (Tunjuelo)	64,1	1972	29,6	1960

Código	Ubicación	Max	Max_Y	Min	Min_Y
2120726	El Tambor_ Teusaca	166,0	1986	17,3	1958
2120729	La Cabaña - Rio Teusaca	199,6	1985	42,1	1995
2120746	La Toma - Rio Chisaca (Tunjuelo)	33,6	2004	11,6	1992
2120747	El Herradero - Rio Mugroso (Tunjuelo)	34,9	1976	6,1	1977
2120750	Cantarrana - Rio Tunjuelo	151,4	1976	35,3	1958
2120752	Puente Galindo_Rio_Bojaca	31,8	1971	5,3	1978
2120756	El Recreo_Rio_Bojaca	38,2	1968	9,2	1980
2120759	Canaleta Parshall - Rio Chisaca (Tunjuelo)	94,5	2003	1,7	2004
2120798	San Isidro_Rio_Tomine	56,9	1976	30,9	1971
2120799	Santo Domingo_Rio_Tomine	68,1	1976	17,4	1973
2120802	La Isla - Rio Bogota (NE Bogota Area 10)	1.032	1986	469,6	2001
2120806	Las Huertas (last station in Bogota basin)	1,386	2006	613,6	1978
2120810	Vuelta Grande (NE Bogota Area 10)	482,9	1976	170,6	2001
2120811	Puente La Virgen (NE Bogota Area 10)	737,6	1988	164,3	1997
2120836	Avenida Boyaca - Rio Tunjuelo	243,3	2004	106,3	1992
2120845	El Bosque_Rio_Subachoque	48,0	1999	4,9	2001
2120849	El Faro_Rio_Teusaca	10,1	1972	3,3	1977
2120864	El Volador_Rio_Neusa	40,5	2006	14,0	1996
2120888	El Cortijo (NE Bogota Area 10)	1.056	2006	355,9	2001
2120889	Chicu (NE Bogota Area 10)	818,3	2006	154,3	2001
2120892	El Toro - Qda Yomasa (Tunjuelo)	23,9	2002	16,9	1999
2120918	El Volador_Rio_Neusa	30,9	1999	5,0	2007
2120925	Puente Calamar_Rio_Chicu	60,0	1999	17,2	1997
2120942	Usaquen - Garita - Qda. Molinos_Bogota(L)	4,0	2004	1,2	1993
2120946	Puente Francis - Rio Teusaca	41,6	2002	14,5	1990
2120949	Ventana - Captacion - Qda. La V_Bogota(L)	0,9	1999	0,3	2003
2120951	Parque Nacional - Rio Arzobispo_Bogota(L)	7,8	1991	0,7	1992
3502725	Simaya - Canaleta Parshall_Rio_Teusaca	365,3	1991	90,6	1984
3506711	Sueva - Rio Balcones_Chuzza	457,7	1987	56,6	1992
3506716	Cota 3020 - Rio Tunjo_Chuzza	10,2	1988	8,1	1989
3506717	Cantabria - Rio Barandillas_Chuzza	14,7	1989	7,4	1987
3506722	Canaleta Leticia - Canal Letici_Chuzza	32,5	1990	24,0	1988
3506730	El Penono Rio Juiquin_Chuzza	10,2	1988	8,1	1989

Max: Descarga máxima. Max_Y: Año de descarga máxima. Min: Descarga mínima. Min_Y: Año de descarga mínima.

CAPITULO 9. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL RÍO

9.1. Cv y CORR

El coeficiente de variación (Cv) y el coeficiente del régimen del río (CORR) fueron utilizados para el análisis de estabilidad. El Cv se describe en la siguiente ecuación, mientras que el CORR es la relación entre descarga máxima y mínima.

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})^2}}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n-1}}$$

Donde:

$$K_i = \frac{X_i}{\bar{X}}$$

X_i es la descarga para el año i .

\bar{X} es el promedio de todo los datos.

De acuerdo a los resultados del análisis meteorológico, el ciclo hídrico en la sabana de Bogotá varía en un rango de 11 a 33 años. Por lo tanto, el análisis de estabilidad se realizó para los ríos con datos de más de 11 años. El resultado se presenta en la Tabla-5.14.

Tabla-5.14 Resultado del Análisis de Estabilidad para los Principales Ríos de la Sabana de Bogotá

Código	Ubicación	Área	Prmd	Max	Min	CORR	Cv
2120701	Puente Bosa	380,9	163,8	234,8	108,9	2,16	0,24
2120705	El Delirio - Rio San Cristobal	23,8	20,6	33,5	10,6	3,17	0,26
2120725	Puente Australia - Rio Curubita	56,5	44,6	64,1	29,6	2,17	0,19
2120729	La Cabaña - Rio Teusaca	160,9	82,5	199,6	42,1	4,75	0,40
2120746	La Toma - Rio Chisaca	52,1	21,2	33,6	11,6	2,89	0,31
2120747	El Herradero - Rio Mugroso	33,5	17,7	34,9	6,1	5,77	0,31
2120756	El Recreo_Rio_Bojaca	93,5	24,0	38,2	9,2	4,17	0,36
2120806	Las Huertas	4,257	967,2	1,386	613,6	2,26	0,21
2120836	Avenida Boyaca - Rio Tunjuelo	326,5	158,7	243,3	106,3	2,29	0,27
2120845	El Bosque	214,4	20,3	48,0	4,9	9,88	0,52
2120918	El Volador	65,8	19,1	30,9	5,0	6,21	0,52
2120925	Puente Calamar	142,9	35,8	60,0	17,2	3,48	0,37
2120942	Usaquen - Garita - Qda. Molinos	5,9	2,3	4,0	1,2	3,33	0,36
2120946	Puente Francis - Rio Teusaca	53,1	25,0	41,6	14,5	2,86	0,30
2120949	Ventana - Captacion - Qda. La V	1,5	0,5	0,9	0,3	2,56	0,31
2120951	Parque Nacional - Rio Arzobispo	13,6	1,8	7,8	0,7	11,85	1,04

El Cv de todos los ríos en la sabana de Bogotá, excepto el río Arzobispo, varía entre 0,19 y 0,52. Esto indica la variación relativamente pequeña de la descarga de los ríos. El análisis del CORR muestra la misma tendencia.

9. 2. Descarga Mensual

La Figura-5.7 presenta la descarga mensual promedio de todos los ríos.

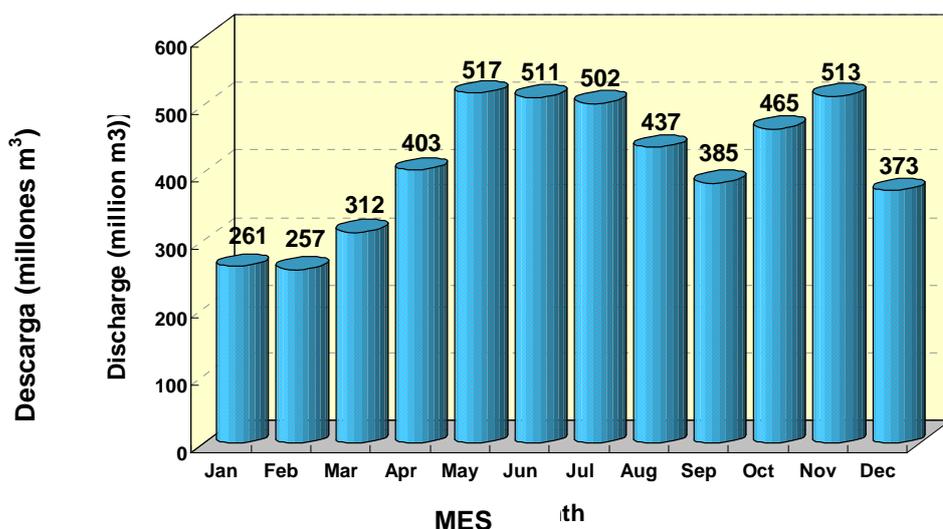


Figura-5. 7 Descarga Mensual Promedio de los Ríos en la Sabana de Bogotá

La descarga mensual máxima ($517 \times 10^6 \text{ m}^3$) se presenta en Mayo, mientras que la mínima ($257 \times 10^6 \text{ m}^3$) se presenta en Febrero. La relación entre descarga mensual máxima y mínima es de 2,01; un poco menor que el mismo tipo de relación para la precipitación, cuyo valor es de 2,47.

CAPITULO 10. DESCARGA ESPECÍFICA

10.1. Cálculo

A diferencia de los datos de precipitación, los datos de descarga no se pueden interpolar directamente porque la descarga en una estación de observación se controla por su captación, sin relación con su perfil aguas abajo. Por lo tanto, la descarga específica se usó como índice para expresar la capacidad de escorrentía durante la captación. La Tabla-5.15 presenta el resultado del cálculo de la descarga específica.

Tabla-5.15 Resultado del Cálculo de la Descarga Específica

Código	Área	Desc Esp	A_D	Promedio	Max	Min	A_Ele	Pen_Prom	Prec_Prom
2120701	380,9	13,6	28	163,8	234,8	108,9	3.149	9,03	996
2120705	23,8	27,4	57	20,6	33,5	10,6	3.279	13,34	1.259
2120725	56,5	25	53	44,6	64,1	29,6	3.455	9,79	1.360
2120729	160,9	13,6	49	82,5	199,6	42,1	3.011	10,17	1.033
2120746	52,1	12,9	17	21,2	33,6	11,6	3.556	10,51	1.091
2120747	33,5	16,8	42	17,7	34,9	6,1	3.551	10,08	1.286
2120756	93,5	8,1	14	24	38,2	9,2	2.735	8	737
2120798	67,3	19,9	10	42,3	56,9	30,9	3.136	9,76	990
2120802	2903	7,9	33	719,5	1032	469,6	2.809	7,26	839
2120806	4257	7,2	35	967,2	1386	613,6	2.829	7,22	828
2120811	2108	6,2	35	412,3	737,6	164,3	2.849	8,22	852
2120836	326,5	15,4	17	158,7	243,3	106,3	3.225	9,91	1.055
2120845	214,4	3	19	20,3	48	4,9	2.899	8,78	824
2120864	68,5	10,8	4	23,3	40,5	14	3.399	10,5	1.056
2120888	2619	7,9	7	655,8	1056,5	355,9	2.820	7,73	841
2120889	2487	5,2	7	409,6	818,3	154,3	2.828	7,9	840
2120892	18,4	36,5	6	21,2	23,9	16,9	3.016	9,82	1.103
2120918	65,8	9,2	12	19,1	30,9	5	3.408	10,26	1.058
2120925	142,9	7,9	12	35,8	60	17,2	3.038	9,87	880
2120942	5,9	12,6	17	2,3	4	1,2	2.956	12,11	969
2120946	53,1	15	18	25	41,6	14,5	3.145	10,64	1.108
2120949	1,5	11,3	17	0,5	0,9	0,3	3.074	17,32	1.026
2120951	13,6	4,2	15	1,8	7,8	0,7	3.041	15,01	1.092
3506711	112,3	38,5	27	136,2	457,7	56,6	3.025	14,4	1.083
3506716	7,4	39,8	4	9,2	10,2	8,1	3.371	14,3	1.087

Área: área de captación (km²). Desc_Esp: Descarga Específica (l/s/km²). A_D: Número de años disponibles (año)
 Promedio: Descarga Anual Promedio (10⁶ m³). Max: Descarga Anual Máxima (10⁶ m³). Min: Descarga Anual Mínima (10⁶ m³).
 A_Ele: Elevación promedio del área de captación (m.s.n.m.). Pen_Prom: Pendiente promedio en el área de captación (Grados).
 Prec_Prom: Precipitación promedio en el área de captación (mm)

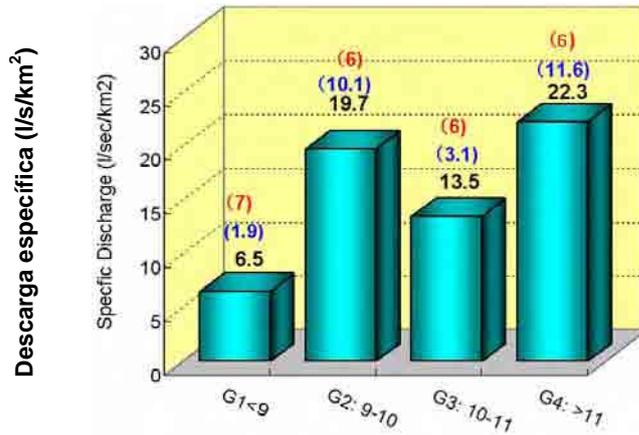


Figura-5. 10 Relación entre la Descarga Específica y la Pendiente
 (Número negro: Descarga específica promedio. Número azul: Desviación Estándar
 Número rojo: Número rojo)

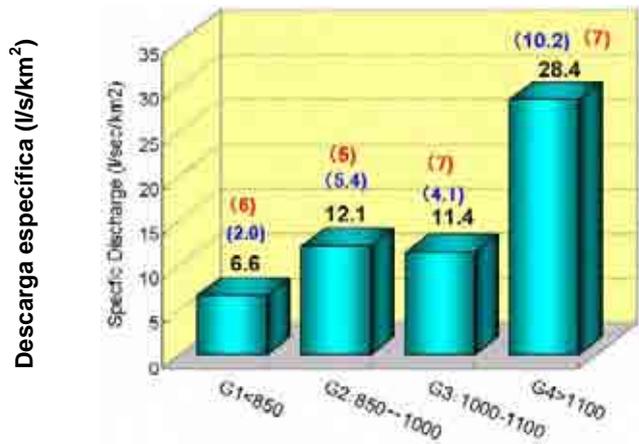


Figura-5. 11 Relación entre la Descarga Específica y Precipitación
 (Número negro: Descarga específica promedio. Número azul: Desviación Estándar
 Número rojo: Número rojo)

CAPITULO 11. PROBABILIDAD

Al igual que en el análisis de la precipitación, para el análisis de descarga se condujo un análisis de probabilidad usando los datos de la estación 2120806 (Las Huertas). Esta estación se ubica más aguas abajo que cualquier otra estación que mide descarga. Los resultados se presentan en la Tabla-5.16.

Tabla-5.16 Resultado del Cálculo de la Probabilidad en la Estación de Descarga 212806 (Las Huertas)

Non-Ex.(%)	Normal ¹⁾	Log_Nor. ²⁾	P.P. ³⁾	Log_PIII ⁴⁾	Mean ⁵⁾	RPIY ⁶⁾
1				563	563	100
2		617	615	601	611	50
4	622	647	621	646	634	25
10	723	735	726	720	726	10
25	838	833	812	824	827	4
50	970	952	971	954	962	2
75	1.108	1.108	1.083	1.098	1.099	4
90	1.239	1.272	1.222	1.234	1.242	10
96	1.353	1.383	1.385	1.349	1.368	25
98				1.427	1.427	50
99				1.499	1.499	100

Normal : Distribución Normal. Log_nor. : Distribución Log-normal. P.P. : Posición del Ploteo (Método Hazen)
 Log_PIII : Distribución Log-Pearson Tipo III. Media: Resultado promedio obtenido por los anteriores 4 métodos
 RPIY : Periodo de retorno en años

El cálculo de la probabilidad no solo se utiliza para comprender las características básicas de la descarga de los ríos en la sabana de Bogotá, pero también es útil para chequear los datos. Para la importante estación de observación Las Huertas, la descarga anual máxima en 1986 es mucho mayor que la segunda descarga anual máxima en 2006. De acuerdo a los resultados obtenidos en los tres métodos de cálculo de la probabilidad, el periodo de retorno de esta gran descarga se estimó en un rango entre 2.000 y 100.000 años. Este resultado sugiere que los datos de descarga en Las Huertas de 1986 tienen una alta probabilidad de incluir un error. Finalmente, estos datos fueron excluidos del cálculo luego de discusiones con la contraparte.

Station 2120806 (Las Huertas)

Probabilidad

- 1) Distribución Normal
 Probabilidad <0.0003
 RPY>3,333 Años
- 2) Distribución Log_Normal
 Probabilidad = 0.0005
 RPY = 2000 Años
- 3) Distribución Log-P_III
 Probabilidad < 0.00001
 RPY > 100,000 Años

Z	DESCARGA	AÑO
4.2354	2,261.7	1986
1.283679	1,386.1	2006
1.259744	1,379.0	1994
0.799928	1,242.6	1999
0.71228	1,216.6	1991
0.702167	1,213.6	2000
0.52923	1,162.3	1993
0.455404	1,140.4	1992
0.276062	1,087.2	1998
0.254824	1,080.9	2007
.....

$$Z = \frac{\text{Media-Datos}}{\text{Desviación Estándar}}$$

Unidades: Millones m³

Figura-5. 12 Resultado del Cálculo de Probabilidad de la Estación Las Huertas