

Chuo Kaihatsu Corporation
JNS Engenharia, Consultoria e Gerenciamento s/c Ltda..

**“ESTUDIO DE POLITICAS Y MANEJO AMBIENTAL DE AGUAS
SUBTERRANEAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE
ASUNCIÓN” (ACUÍFERO PATIÑO)**

Informe técnico 2.5

Exploración con Equipo Electromagnético

**Fecha:
Mayo 2007**

**Preparado por:
Chuo Kaihatsu Corporation**

**Autor:
Koichi Sekita**

**Contrato:
Cooperación Técnica ATN/JC - 8228 – PR – SENASA - BID**

CONSORCIO CVC/JNS

INDICE

1 DATOS DEL EQUIPO ELECTROMAGNÉTICO	1
1.1 EL MODELO DEL EQUIPO.....	1
1.2 PROFUNDIDAD DE LA INVESTIGACIÓN CON EM34-3XL	3
1.3 RESPUESTA PROPORCIONAL DE LA RELACIONE ENTRE VALORES DE LA MEDICIÓN Y LOS VALORES VERDADEROS.	4
2. RESULTADO DE LA INVESTIGACION DEL CAMPO	6
2.1 RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN POR EL SONDEO ELECTROMAGNÉTICO	6
2.1.1 EL ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN DEL SONDEO	6
2.1.2 LA CANTIDAD DE LA INVESTIGACIÓN DEL SONDEO	7
2.2 INVESTIGACION EN EL AREA DE INTRUSION DE AGUA SALADA.....	9
2.2.1 RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN EN ÁREA DE LIMPIO, MARIANO ROQUE ALONSO, TARUMANDY	9
2.2.2 INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.3 INVESTIGACION EN EL AREA DE LA LAMBARE.....	21
2.3.1 RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN EN ÁREA DE LA LAMBARE.....	21
2.3.2 INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.4 INVESTIGACION EN ÑEMBY AREA CON RESIDUOS SÓLIDOS	25
2.4.1 RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN DEL ÁREA BASURAL	25
2.4.2 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3. CONCLUSION	31
3.1 INVESTIGACION DE LA INTRUCION DEL AGUA SALDA	31
3.2 IVESTIGACION DE LA CONTAMINACION CON RESIDUOS SÓLIDOS	31
4. FOTO DE INVESTIGACION POR SONDEO ELECTROMAGNETICO	32
5. BIBLIOGRAFIA	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Dipolo Vertical(izq.) y Dipolo Horizontal(dcha.)	3
Figura 1-2: Comparison of relative responses of vertical and horizontal dipoles.	3
Figura 1-3: Valor medido comparado con el valor verdadero	5
Figura 2-1 : Mapa del ubicación del investigación de EM.....	6
Figura 2-2: Puntos de las investigaciones de área cerca de Limpio	9
Figura 2-3: Puntos de las investigaciones en área de Compañía Tarumandy.....	10
Figura 2-4: Variación del valor de conductividad en Compañía Tarumandy.....	11
Figura 2-5: Conductividad en comparación con EM y Pozo, Manantial.....	12
Figura 2-6: Puntos de las investigaciones en área del Mariano Roque Alonso.....	13
Figura 2-7: Variación de la valor de conductividad con Hor. 40m y Ver. 40m	14
Figura 2-8: Puntos de las investigaciones en área del Limpio.....	15
Figura 2-9: Variación del valor de conductividad en Limpio.....	16
Figura 2-10: Conductividad en comparación con EM y Pozo	16
Figura 2-11: Interpretación de la intrusión del agua salada en área Limpio	17
Figura 2-12: Interpretación del EM2007051101 (Limpio).....	18
Figura 2-13: Interpretación del EM2007051102 (Limpio).....	18
Figura 2-14: Interpretación del EM2007051103 (Limpio).....	19
Figura 2-15: Interpretación del EM2007051104 (Limpio).....	19
Figura 2-16: Interpretación del EM2007051105 (Limpio).....	20
Figura 2-17: La sección del Limpio (Modalidad Horizontal 10m, 20m, 40m)	21
Figura 2-18: Área de la investigación en Lambare.....	22
Figura 2-19: Ubicación de la investigación en Lambare	22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1: Especificaciones técnicas del EM34-3 y EM34-3XL	2
Tabla 1-2: Profundidad de investigación cada espacio del inter-bobinas por EM34-3XL	4
Tabla 2-1: Datos de la investigación electromagnética	8
Tabla 2-2: Valor de la medición en Compañía Tarumandy	11
Tabla 2-3: Valor de pozo y manantial	11
Tabla 2-4: Valor de sondeo con EM34-3XL	14
Tabla 2-5: Valor de la medición en Limpio	15
Tabla 2-6: Resultados de las interpretaciones	20
Tabla 2-7: Valor de la medición en Lambare	24
Tabla 2-8: Valores de la investigación	27

1 Datos del equipo electromagnético

1.1 El modelo del equipo

El Consorcio CKC-JNS selecciono el equipo electromagnético “EM34-3XL” para realizar los trabajos de investigación que incluían la intrusión de agua salada y la contaminación por desechos sólidos (vertederos)

La técnica electromagnética es uno procedimiento de investigación que utiliza la relación entre las ondas electromagnéticas y la corriente eléctrica.

El equipo “EM34-3XL” es fabricado por Geonics Ltd. (Canada).

Las especificaciones técnicas del mismo son:

Modelo producto: EM34-3XL

Fabricante: Geonics Limited

1745 Meyerside Dr., Unit 8 Mississauga, Ontario Canada L5T 1C6

Tel: +1 (905) 670 9580 Fax: +1 (905) 670 9204

E-mail: geonics@geonics.com

El diámetro de la bobina del EM34-3XL es más grande que la del EM34-3 además el EM34-3XL es más versátil para realizar trabajos en zonas donde se pudieran tener perturbaciones (cables de alta tensión, etc.).

El software para la interpretación de los datos es de fabricación de EE.UU. y sus especificaciones técnicas son como sigue:

Modelo producto: IX1D ver. 3.36

Fabricante: INTERPEX

P.O. Box 839 • Golden • Colorado • 80402 • USA

Tel (303) 278-9124 • Fax (303) 278-4007

e-mail: info@interpex.com

Measured Quantity	:	Apparent conductivity of the ground, milliSiemens/meter (mS/m)
Range of Conductivity	:	0-10, 100, 1000, mS/meter
Instrument Noise Level	:	Less than 0.2 mS/meter
Measurement Accuracy	:	±5% at 20 mS/meter
Measurement Precision	:	±2% of full scale deflection
Primary Field Source	:	Self-contained dipole transmitter
Sensor	:	Self-contained dipole receiver
Intercoil spacing	:	10 meters, 20 meters or 40 meters
Operating Frequencies	:	6.4 kHz at 10 meter spacing 1.6 kHz at 20 meter spacing 0.4 kHz at 40 meter spacing
Operating Temperature Range	:	-40°C to +50°C
Power Supply	:	Transmitter: 8 disposable "D" cells Life: 20 hrs continuous duty - "NORMAL" Life: 7 hrs continuous duty - "HIGH" Receiver: 8 disposable "C" cells Life: 20 hrs continuous
Recorder Connector	:	Output connector for interface with digital data logger DL720
Reference Cable	:	Lightweight 2 wire shielded cable
<u>Optional</u>	:	Rechargeable Battery supply with dual transmitter/receiver battery charger 115/220 volts
<u>Weights & Dimensions</u>		
Receiver Console	:	3.1 kg 19.5 x 13.5 x 26 cm
Receiver Coil	:	4.0 kg 63 cm
Transmitter Console	:	3.0 kg 15 x 8 x 26 cm
Transmitter Coil (EM34-3)	:	7.2 kg 63 cm
Transmitter Coil (EM34-3XL)	:	8.5 kg 100 cm
Shipping Weight & Dimensions (EM34-3)	:	43.0 kg 27.5 x 75 x 75 cm
Shipping Weight & Dimensions (EM34-3XL)	:	51.0 kg 106 x 106 x 20 cm

Tabla 1-1: Especificaciones técnicas del EM34-3 y EM34-3XL

1.2 Profundidad de la investigación con EM34-3XL

EM34-3XL tiene dos modos “Horizontal” y “Vertical”. Estos modos están definidos por el sentido de la onda electromagnética de las bobinas (Figura 1-1).

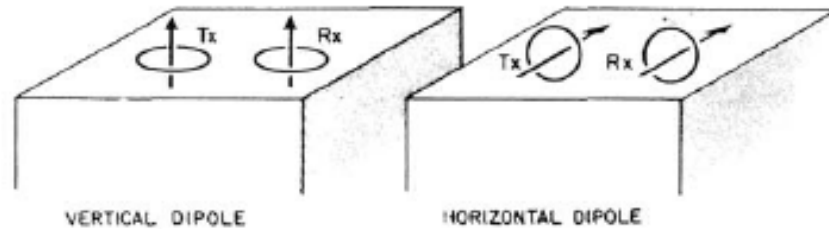


Figura 1-1: Dipolo Vertical(izq.) y Dipolo Horizontal(dcha.)

(Fuente: J.D.McNeill(1980): “Technical Note -6”)

Ambos modos de utilización varían su sensibilidad en función de la profundidad, entendiéndose por profundidad a la proporción correspondiente del largo de cable entre interbobinas. “Modo Horizontal” tiene buena sensibilidad a poca profundidad. Por otra parte “Modo Vertical” tiene el máximo sensibilidad en aproximadamente 40% del Z (= Profundidad / Espacio de Inter-Bobinas) y también tiene mejor sensibilidad que el modo “Horizontal” a cada profundidad (Figura1-2).

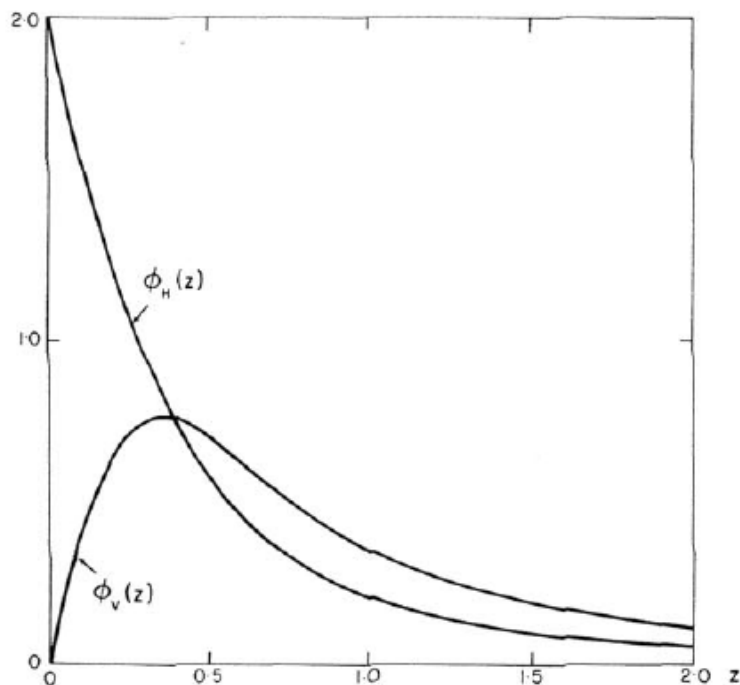


Figura 1-2: Comparison of relative responses of vertical and horizontal dipoles.

X: Profundidad / Espacio de Inter-Bobinas, Y: Sensibilidad (Fuente: J.D.McNeill(1980): “Technical Note - 6”)

EM34-3XL tiene tres cables (10m, 20m, 40m) para cambiar el espacio de inter-bobinas. Según cambia el espacio de inter-bobinas y cambia la frecuencia (6.4kHz, 1.6kHz, 0.4kHz) de la onda electromagnética, EM34-3XL puede investigar la conductividad a profundidades diferentes. La profundidad de investigación con el EM34-3XL cambia según el espacio de inter-bobinas como sigue en la tabla.

Tabla 1-2: Profundidad de investigación cada espacio del inter-bobinas por EM34-3XL

Espacio de Inter-bobinas (meters)	Profundidad de la Investigación (meters)	
	Dipolos Horizontal	Dipolos Vertical
10	7.5	15
20	15	30
40	30	60

Es importante tener cuidado que:

- 1) La profundidad de sondeo cambia a través de conductividad geológica.
- 2) El valor de la conductividad del estrato es un valor aparente (suma de diferentes capas).

1.3 Respuesta proporcional de la relacione entre valores de la medición y los valores verdaderos.

La investigación con EM34-3XL se basa en la teoría del sondeo electromagnético, y por lo tanto el valor de la medición de campo no representa el valor verdadero en áreas con alta y baja conductividad, sobre todo el sondeo de moda vertical en el área con alto conductividad. Nosotros tenemos que hacer la interpretación de valor en el área con conductividad especial. Si el valor es muy bajo en modo vertical, tenemos que pensar la posibilidad de alto conductividad. Por ejemplo, como se indica en la fig. 1-3 la mayor conductividad mostrada es de aprox. 62mS/m si nuestro valor verdadero de conductividad es muy alto en el equipo nos va a mostrar un valor pequeño. Por esta razón es muy importante tener cuidado al trabajar en zonas con conductividades altas

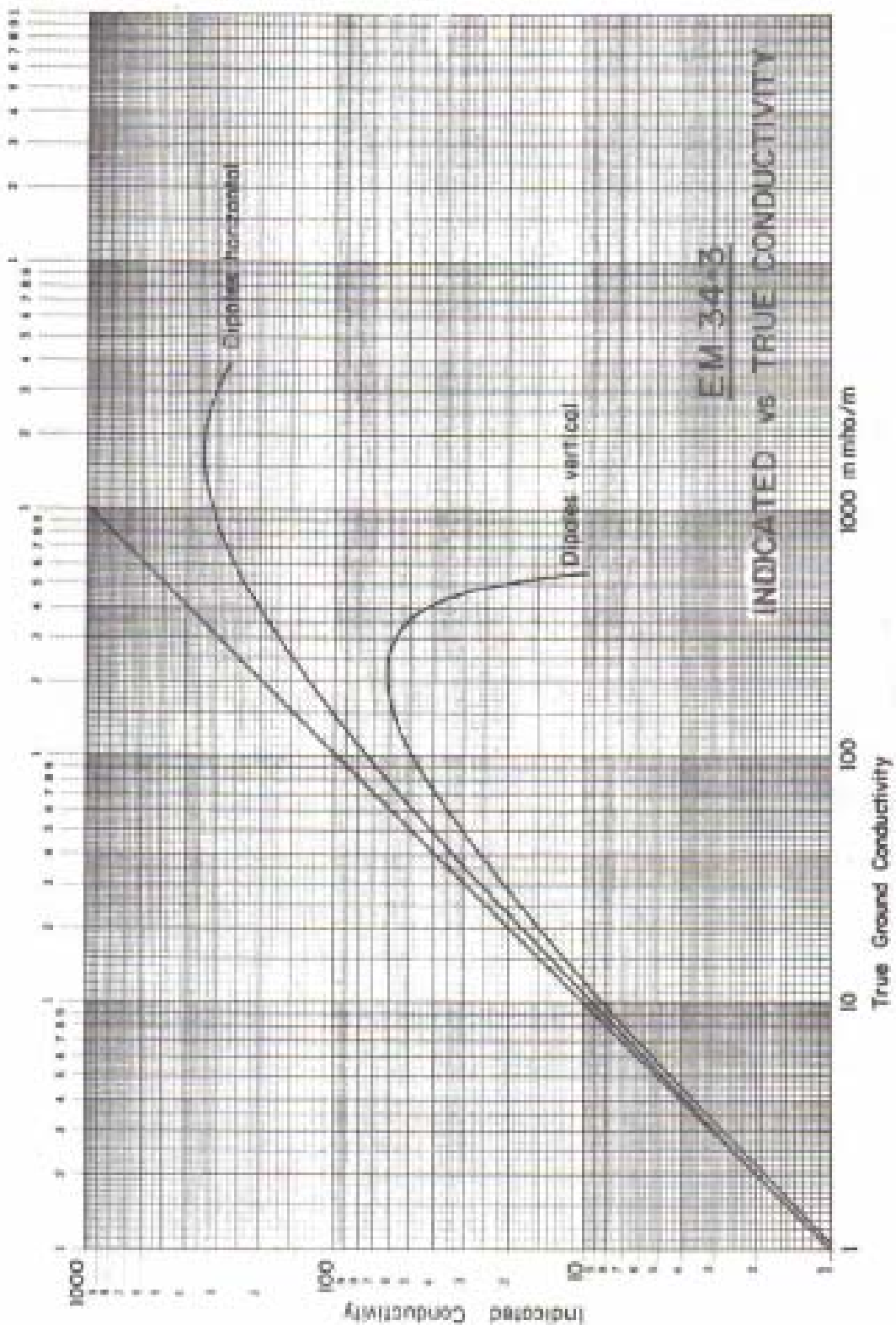


Figura 1-3: Valor medido comparado con el valor verdadero
(Fuente: Geonics Limited., 2005: “EM34-3 & EM34-3XL OPERATING INSTRUCTIONS”)

2. RESULTADO DE LA INVESTIGACION DEL CAMPO

Los trabajos de investigación se realizaron para conocer dos situaciones diferentes de contaminación:

- (1) Situación de la intrusión del agua salada.
- (2) Situación de la difusión de la contaminación por basura.

Se realizó la investigación en 5 áreas (Limpio, Compañía Tarumandy, Mariano Roque Alonso, Lambare y Ñemby).

2.1 Resumen de la Investigación por el Sondeo Electromagnético

2.1.1 El área de la investigación del sondeo

En la gráfica se observa la ubicación de las investigaciones ejecutadas en Limpio, Compañía Tarumandy, Mariano Roque Alonso y Lambare para conocer la situación de la intrusión de agua salada. La investigación en Ñemby se realizó para conocer la situación de contaminación por residuos sólidos (vertedero)

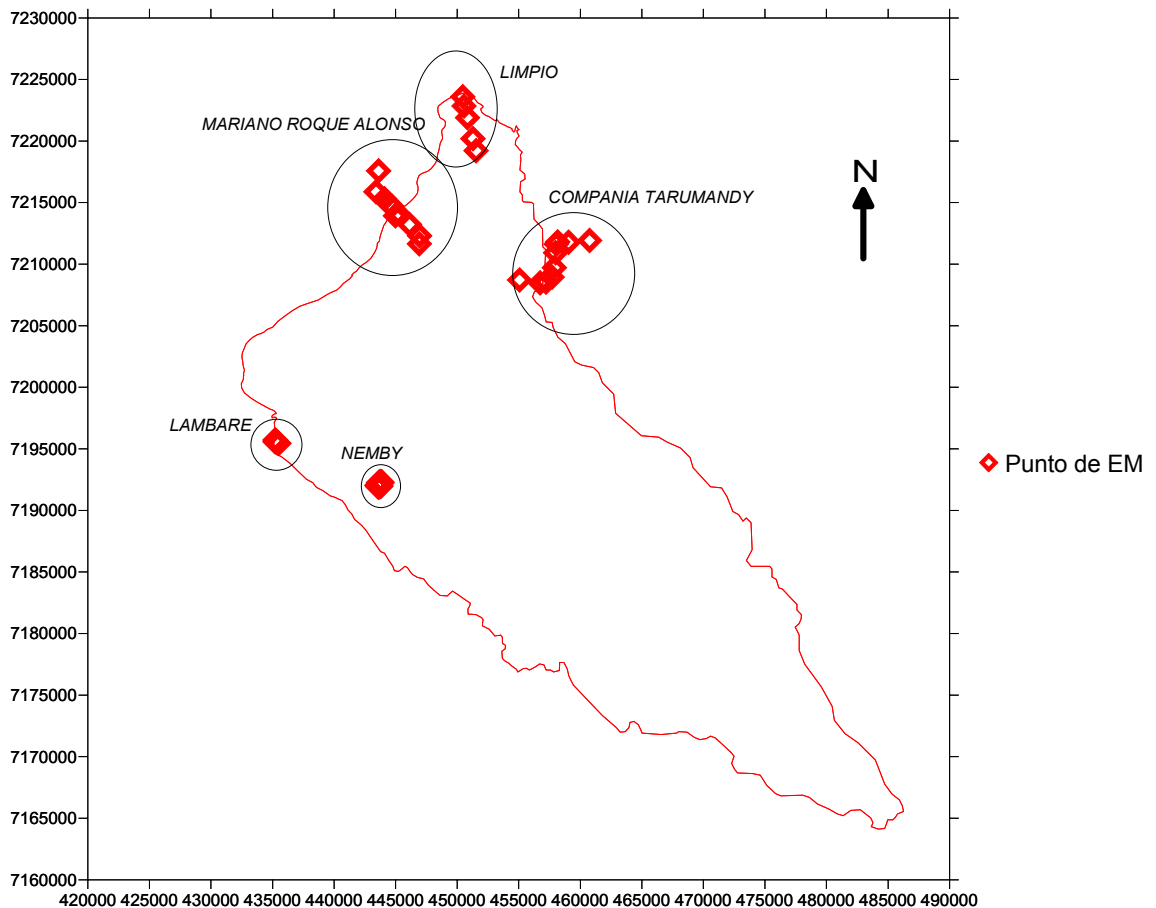


Figura 2-1 : Mapa del ubicación del investigación de EM

2.1.2 La cantidad de la investigación del sondeo

Se realizaron 100 mediciones las cuales fueron ubicadas en 59 puntos de toma de medición, las cuales en detalle son

- 1) Compañía Tarumandy: Total 14 puntos (2 puntos* 3 largo, 8 puntos* 1 largo)
Hor.-10m 2 puntos, Ver.-10m 2 puntos, Hor.-20m 2 puntos, Ver.- 20m 2 puntos,
Hor.- 40m 10 puntos, Ver.-40m 10 puntos
- 2) Mariano Roque Alonso: 10 puntos (10 puntos* 1 largo)
Hor.-40m 10 puntos, Ver-40m 10 puntos
- 3) Lambare: 5 puntos (5 puntos* 1 largo)
Hor-40m 5 puntos,
- 3) Limpio: 15 puntos (5 puntos* 3 largo)
Hor.-10m 5 puntos, Ver.-10m 5 puntos, Hor.-20m 5 puntos, Ver.- 20m 5 puntos,
Hor.- 40m 5 puntos, Ver.-40m 5 puntos
- 4) Ñemby: 56 puntos (28 puntos * 2 largo)
Hor.-10m 28 puntos, Ver.-10m 28 puntos
Hor.-20m 28 puntos, Ver.- 20m 28 puntos

Tabla 2-1: Datos de la investigación electromagnética

Area	No. EM	X	Y	Hor.10m	Ver.10m	Hor.20m	Ver.20m	Hor.40m	Ver.40m	Obs.
Compania Tarumandy	EM2007042401	460749	7211927	155	65	162	31	173	35	Pozo. CE=382, T=25.5, x=460757, y=7211766
	EM2007042402	459034	7211787	140	65	174	44	161	61	
	EM2007042403	458152	7211802					145	70	
	EM2007042404	458042	7211614					110	95	Pozo. CE=2465, T=27.7, x=458029, y=7211625, Prof.=12m
	EM2007042405	457990	7210916					118	101	Pozo. CE=962, T=26.1, x=458025, y=7210917, Prof.=9m, Nivel= 6m
	EM2007042406	457888	7209723					93	103	Pozol. CE=310, T=27.3, x=45870, y=7209710, Prof.=15m, Nivel= 0.5m
	EM2007042407	457708	7208952					106	84	Manantial. CE=>3999, T=26.0, x=457699, y=7208958
	EM2007042408	457215	7208552					38	45	Pozol. CE=132, T=26.7, x=457210, y=7208518, Prof.=2m, Nivel= 1.5m
	EM2007042409	456723	7208490					47	24	Pozol. CE=358, T=26.8, x=456719, y=7208541, Prof.=12m
EM2007042410	455069	7208710					32	19	Pozol. CE=200, T=29.3, x=455084, y=7208741	
Mariano Roque Alonso	EM2007043001	443610	7217580					170	50	
	EM2007043002	443406	7215871					172	50	No detect.(-)
	EM2007043003	444099	7215304					124	94	
	EM2007043004	444672	7214722					50	60	
	EM2007043005	444435	7214928					100	73	
	EM2007043006	445207	7214121					36	73	
	EM2007043007	444976	7213930					85	25	
	EM2007043008	446125	7213226					46	44	CE=924, Pozo privado
	EM2007043009	446934	7212306					70	60	CE=2070, Grupo Favero
EM2007043010	446924	7211646					20	43	CE=400, Manantial	
Lambare	EM2007050201	435213	7195722					20	5	
	EM2007050202	435242	7195714					7	16	
	EM2007050203	435206	7195566					13	7	
	EM2007050204	435347	7195512					5	8	
	EM2007050205	435444	7195471					6	4	
	EM2007050206	435514	7195434					25	40	
Limpio	EM2007051101	450451	7223599	141	80	126	64	132	13	
	EM2007051102	450548	7222846	50.2	47.5	60.6	48.8	62	60	
	EM2007051103	450835	7221902	58	51.3	70.8	69.5	80	39	
	EM2007051104	451279	7220200	43.5	53.3	42.1	37.7	33	38	
	EM2007051105	451539	7219217	38.3	41.6	48.5	41.8	54	44	
Nemby	EM2007051801	443754	7192258	3.8	6.2	4.6	2.2			
	EM2007051802	443847	7192332	2.03	0.7	2.5	3.2			
	EM2007051803	443808	7192294	1.9	0.8	1.4	1.5			
	EM2007051804	443780	7192197	6.9	3.7	6.7	26			
	EM2007051805	443686	7192179	5.8	6.3	6.8	10.6			
	EM2007051806	443616	7192209	57.5 (-)		45.5	6.5			Arrovo CE=325, T=19.0
	EM2007051807	443611	7192237	17.4	0.9	14.5	2.1			
	EM2007051808	443639	7192264	6.5	11.5	5.9	8.6			
	EM2007051809	443692	7192307	11.2	8.6	15.6	21.8			
	EM2007051810	443726	7192337	9.7	10.4	18.3	32.5			
	EM2007051811	443892	7192282	2.1	3.5	0.3	2.1			
	EM2007051812	443854	7192238	2.6	5.6	4.5	8.7			
	EM2007051813	443795	7192184	5.5	9.2	12.8	27.6			
	EM2007051814	443754	7192141	6.1	6.5	11.2	12.8			
	EM2007051815	443725	7192117	5.6	9.7	10.3	16.8			
	EM2007051816	443618	7192071	16.5	15	15.1	14.5			
	EM2007051817	443799	7191974	12.3	4	29.3	5.1			
	EM2007051818	443782	7191954	22.5	11.4	36.4	4.4			
	EM2007051819	443712	7191952	64.6	6.8	46 (-)				
	EM2007051820	443670	7191957	75.1	24.1	53.3 (-22.5)				
	EM2007051821	443642	7191939	5.1	4.1	5.5	4.5			
	EM2007051822	443610	7191894	3.6	2.3	3.2	1.4			
	EM2007051823	443614	7191891	3.5	1.3	3.1	2.6			
	EM2007051824	443559	7191941	3.1	2.4	2.7	1.7			
	EM2007051825	443518	7191993	1.3	1.2	2.6	0.3			
	EM2007051826	443483	7192033	0.31	0.6	1.6	0.6			
	EM2007051827	443663	7191966	75.3	1.9	48.6 (-0.8)				
	EM2007051828	443690	7191977	78	15.5	62.5 (-15)				

Total 100 Puntos de medición

2.2 INVESTIGACION EN EL AREA DE INTRUSION DE AGUA SALADA

2.2.1 Resultado de la investigación en área de Limpio, Mariano Roque Alonso, Tarumandy

Ejecutamos las investigaciones en Limpio, Compañía Tarumandy, Mariano Roque Alonso (figura 2-2) para saber la situación de intrusión del agua salada. Se realizaron un total de 32 puntos distribuidos en 2 modos (Horizontal y Vertical) principalmente con el cable de largo 40m.

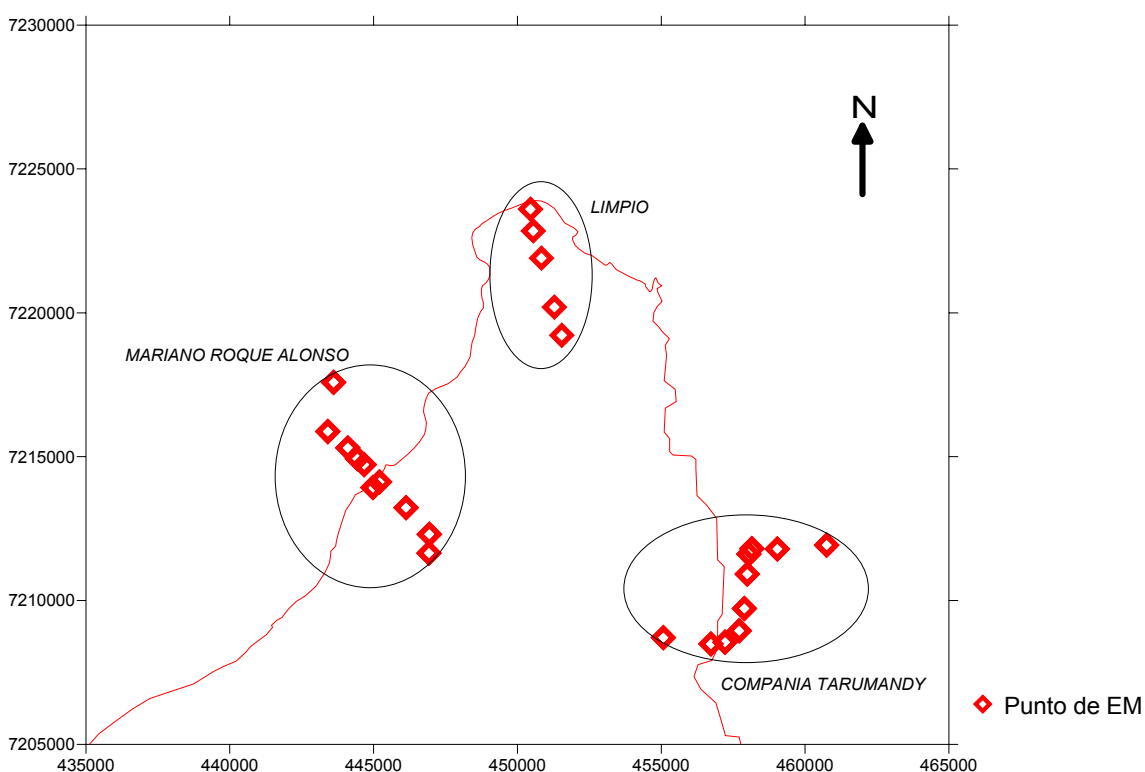


Figura 2-2: Puntos de las investigaciones de área cerca de Limpio.

(1) Compañía Tarumandy

El área de la Compañía Tarumandy se encuentra en el límite de acuífero Patiño (Figura 2-3). Las condiciones topográficas presentan terrenos bajos frente al lago Ycaparai y va aumentando la cota a medida que se aleja del lago

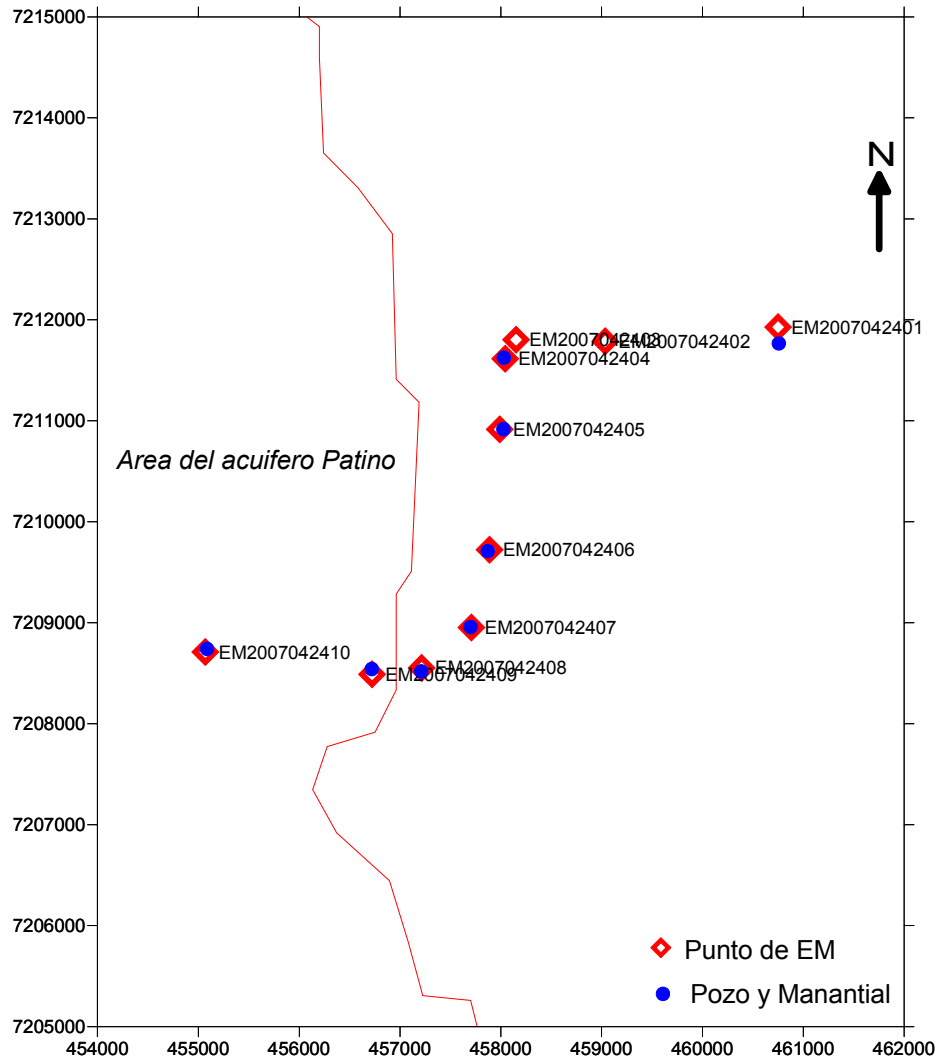


Figura 2-3: Puntos de las investigaciones en área de Compañía Tarumandy.

EXPLORACION ELECTROMAGNETICA

Tabla 2-2: Valor de la medición en Compañía Tarumandy

No. EM	Distancia (m)	Hor.10m (mS/m)	Ver.10m (mS/m)	Hor.20m (mS/m)	Ver.20m (mS/m)	Hor.40m (mS/m)	Ver.40m (mS/m)
EM2007042401	0	155(269)	65(200*)	162(304)	31(200*)	173(315)	35(200*)
EM2007042402	1721	140(233)	65(200*)	174(317)	44(200*)	161(284)	61(185)
EM2007042403	2603					145(245)	70(200*)
EM2007042404	2821					110(167)	95(200*)
EM2007042405	3521					118(184)	101(200*)
EM2007042406	4718					93(134)	103(200*)
EM2007042407	5510					106(159)	84(200*)
EM2007042408	6145					38(45)	45(87)
EM2007042409	6640					47(58)	24(36)
EM2007042410	8309					32(37)	19(27)

Valor de (): paréntesis en Tabla 2-2 es que corregido con línea de Figura 1-3.

Valor con “200*” es numérico provisional porque pasar limite de teoría homogénea.

Valor de (): paréntesis en Tabla 2-2 es que corregido con línea de Figura 1-3. Y Figura 2-4 está descrita con los valores de la lectura de EM34-3XL en campo.

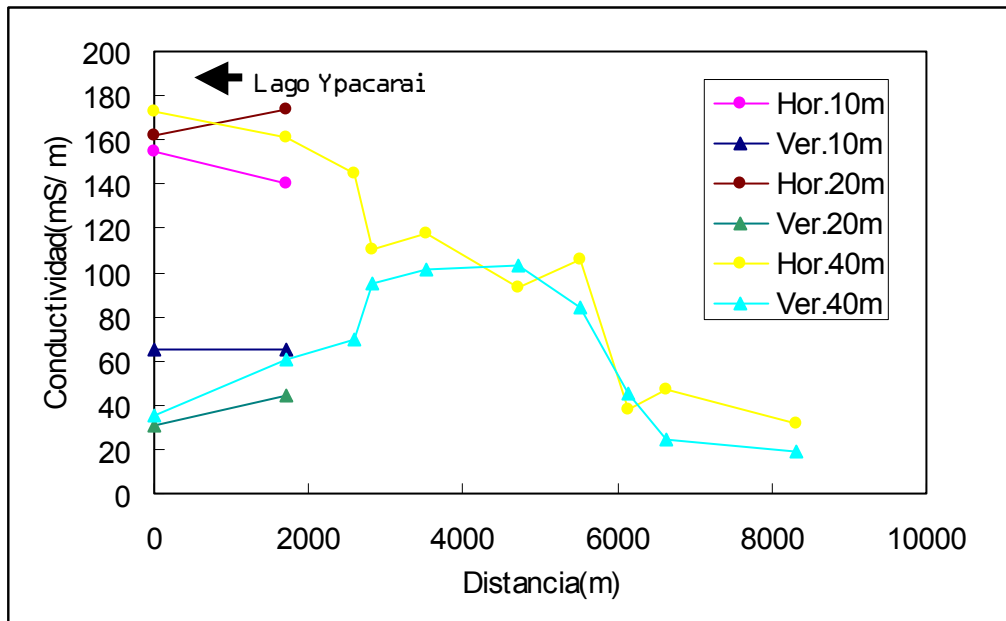


Figura 2-4: Variación del valor de conductividad en Compañía Tarumandy.

Puntos fuera del área del Acuífero Patiño muestra valores altos en modo horizontal. Pero por otra parte, muestra valores bajos en modo vertical. Teniendo en cuenta la Figura 1.3 se podría interpretar que los valores verdaderos en vertical podrían ser altos.

Tabla 2-3: Valor de pozo y manantial

Pozo y Manantial	C.E.(mS/m)	Temp.	Prof.(m)	Nivel(m)	Cerca de No. EM
Pozo2007042401	38	25.5			EM2007042401

Pozo2007042402	247	27.7	12		EM2007042404
Pozo2007042403	96	26.1	9	6	EM2007042405
Pozo2007042404	31	27.3	15	0.5	EM2007042406
Manantial2007042401	>399	26	0	0	EM2007042407
Pozo2007042405	13	26.7	2	1.5	EM2007042408
Pozo2007042406	36	26.8	12		EM2007042409
Pozo2007042407	20	29.3			EM2007042410

Para comparar valores de EM y Pozos, describimos una figura como sigue.

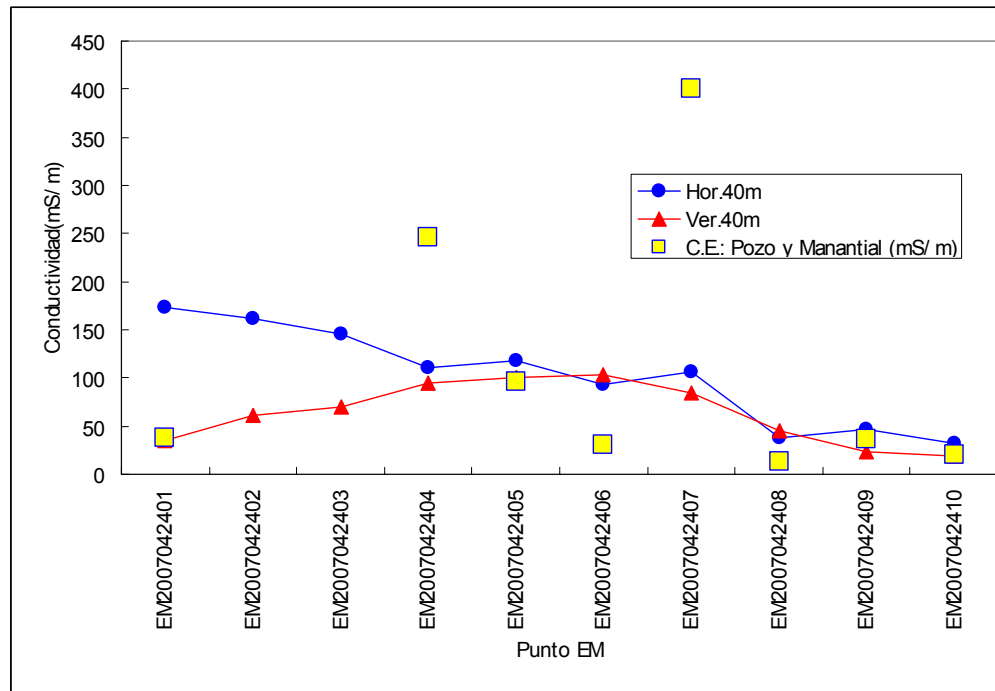


Figura 2-5: Conductividad en comparación con EM y Pozo, Manantial

Pozo cerca de EM2007042101 muestra valor de conductividad bajo (38mS/m). Pero este pozo se considera como mezcla con agua de lluvia. El pozo cerca de EM2007042407 es surgente de agua salada. El perfil y profundidad no está claramente definido.

Además valores de EM2007042101-07 con corrección son más altos, como 134-315 mS/m. Generalmente la conductividad medida con el EM presenta valores altos donde la conductividad de los pozos presenta también valores altos

(2) Área del Mariano Roque Alonso

Nosotros investigamos en Mariano Roque Alonso y en la ribera opuesta. Esta área está situado en el limite del acuífero Patiño (cf. Figura 2-6).

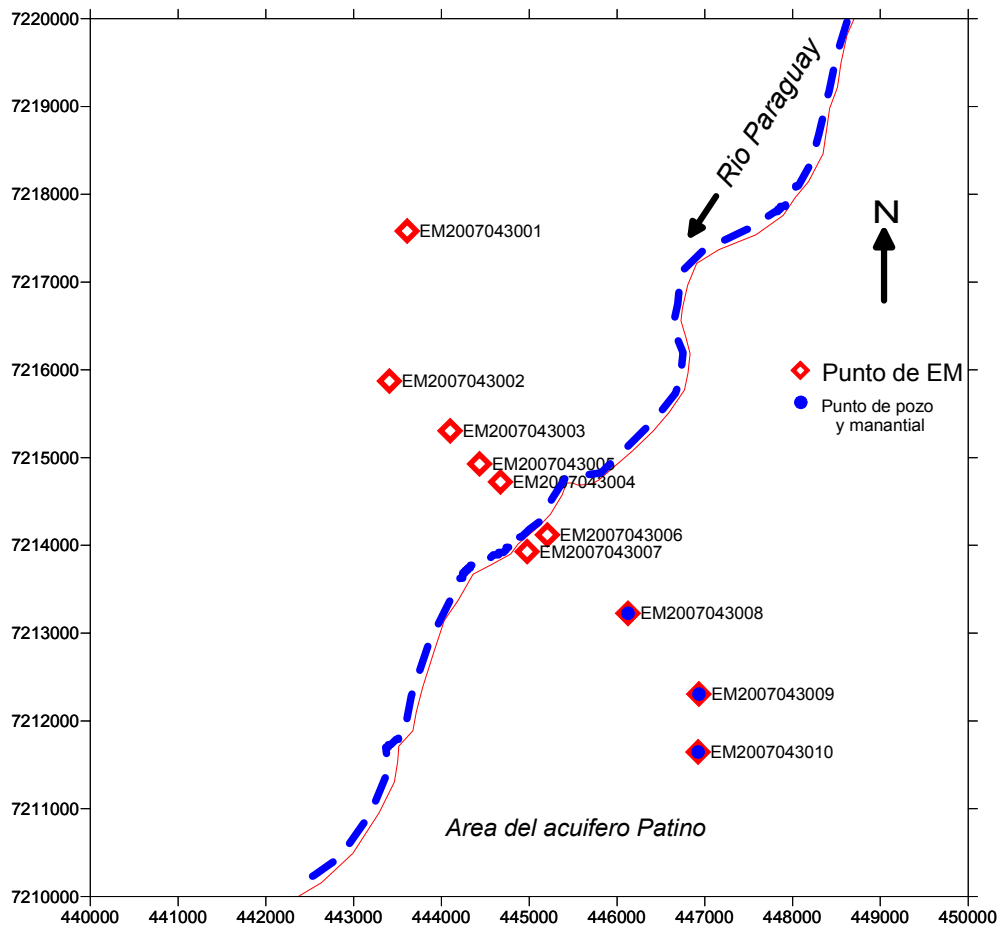


Figura 2-6: Puntos de las investigaciones en área del Mariano Roque Alonso.

En área de Mariano Roque Alonso, se realizó la investigación incluyendo la zona del Chaco. En al tabla y grafico siguiente se muestran los valores medidos

EXPLORACION ELECTROMAGNETICA

Tabla 2-4: Valor de sondeo con EM34-3XL

No. EM	X-UTM	Y-UTM	Distancia (m)	Hor.40m (mS/m)	Ver.40m (mS/m)	Agua (mS/m)	Obs.
EM2007043001	443610	7217580	0	170 (307)	50 (360)		
EM2007043002	443406	7215871	1721	172 (312)	50 (360)		
EM2007043003	444099	7215304	2617	124 (197)	94 (200*)		
EM2007043005	444435	7214928	3121	100 (167)	73 (200*)		
EM2007043004	444672	7214722	3435	50 (62)	60 (175)		
EM2007043007	444976	7213930	4283	85 (119)	25 (38)		
EM2007043006	445207	7214121	4583	36 (42)	73 (200*)		
EM2007043008	446125	7213226	5865	46 (56)	44 (85)	92	Pozo
EM2007043009	446934	7212306	7090	70 (93)	60 (175)	207	Pozo
EM2007043010	446924	7211646	7750	20 (22)	43 (82)	40	Manantial

Valor de (): paréntesis en Tabla 2-4 es que corregido con línea de figura 1-3.

Valor con “200*” es numérico provisional porque pasar limite de teoría homogénea.

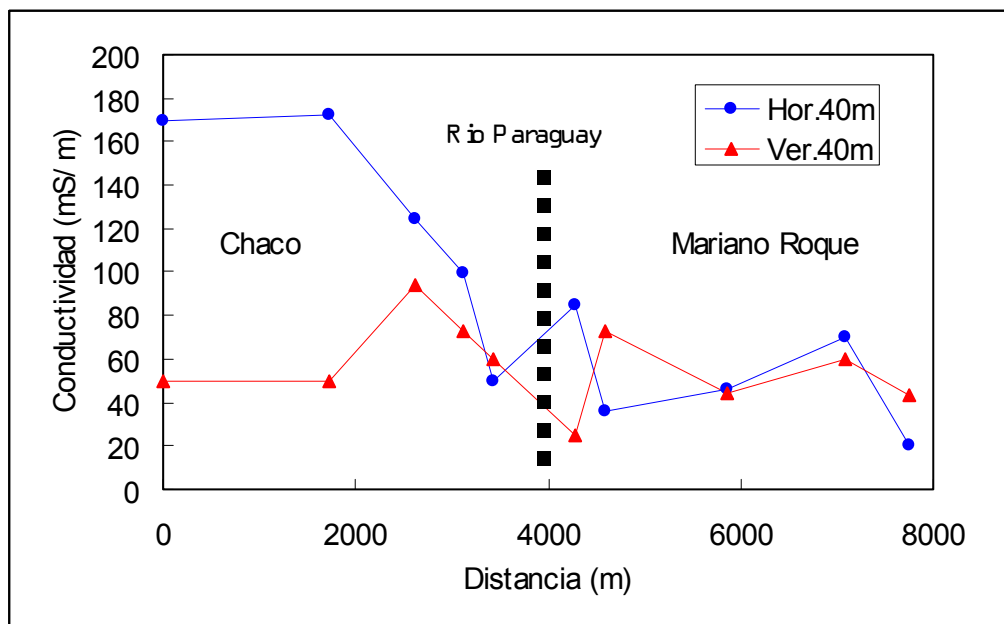


Figura 2-7: Variación del valor de conductividad con Hor. 40m y Ver. 40m

Valor de (): paréntesis en Tabla 2-4 es que corregido con línea de figura 1-3. Y Figura 2-7 representa los valores de la lectura del EM34-3XL en campo.

En la Figura 2-7, los valores dentro de la zona de Chaco en modo Horizontal se muestran muy altos y va bajando la conductividad al acercarnos al Río Paraguay. Por otra parte el valor de la lectura de modo vertical no cambia mucho.

Considerando las correcciones pensamos que los valores en vertical son los corregidos en la tabla 2.4.

(3) Limpio

La investigación en Limpio se realizó cerca del límite de acuífero Patiño (cf. Figura 2-8). En el área de Limpio, se realizaron las investigaciones con 3 cables (10m, 20m, 40m) para conocer la situación en perfil. Mostramos el valor de sondeo y la variación del valor. en Tabla 2-5 y Figura 2-9.

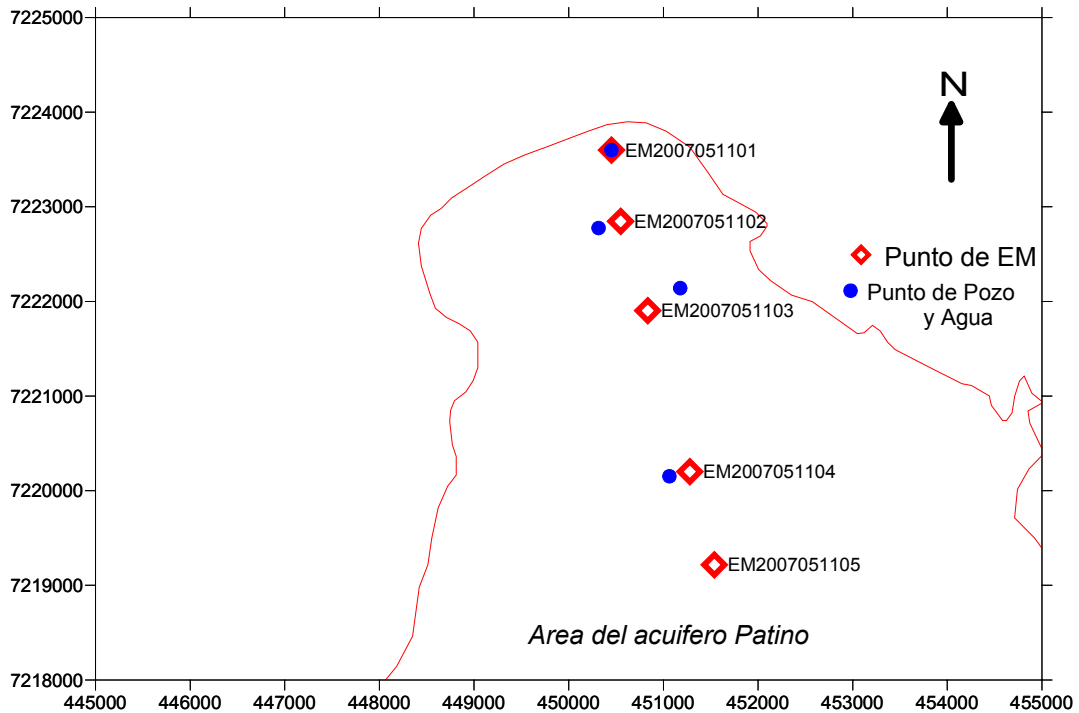


Figura 2-8: Puntos de las investigaciones en área del Limpio.

Tabla 2-5: Valor de la medición en Limpio

No. EM	Distancia (m)	Hor.10m (mS/m)	Ver.10m (mS/m)	Hor.20m (mS/m)	Ver.20m (mS/m)	Hor.40m (mS/m)	Ver.40m (mS/m)	Agua (mS/m)	Obs.
EM2007051101	0	141(233)	80(200*)	126(201)	64(200*)	132(215)	13(200*)	103	Terreno Patanoso
EM2007051102	760	50(62)	48(96)	61(79)	49(99)	62(80)	60(175)	114	Pozo privado
EM2007051103	1746	58(74)	51(108)	71(95)	70(200*)	80(110)	39(71)	18	Pozo privado
EM2007051104	3505	44(53)	53(120)	42(51)	38(68)	33(38)	38(68)	354	Pozo Aguatería
EM2007051105	4522	38(45)	42(79)	49(61)	42(79)	54(68)	44(85)		

Valor de (): paréntesis en Tabla 2-5 es que corregido con línea de figura 1-3

Valor con "200*" es numérico provisional porque pasar límite de teoría homogénea.

Mostramos la variación de lectura en la figura siguiente.

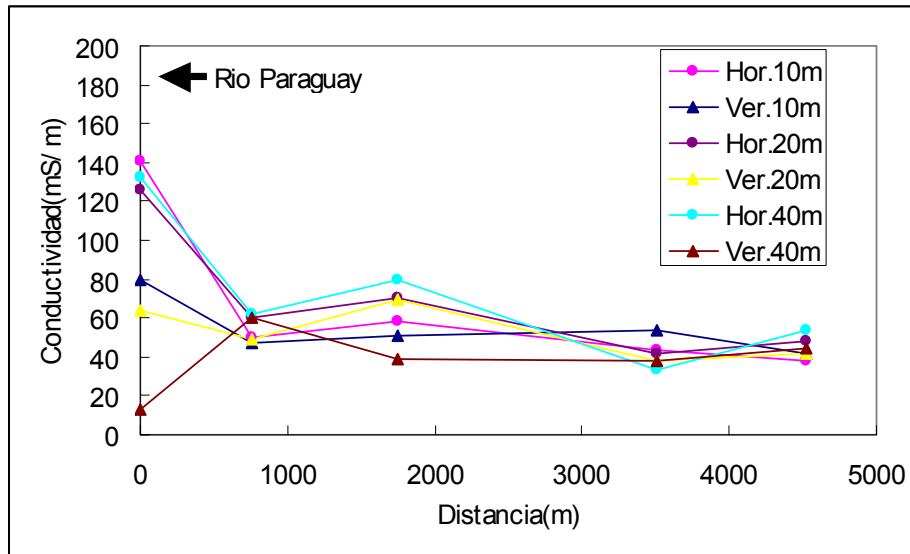


Figura 2-9: Variación del valor de conductividad en Limpio.

Valor de lectura con modo horizontal cerca de río Paraguay muestra valores altos. Valor de lectura con modo vertical muestra valores no altos, pero estas lecturas corregidas según Figura 1.3, se muestran en la Figura 2-10

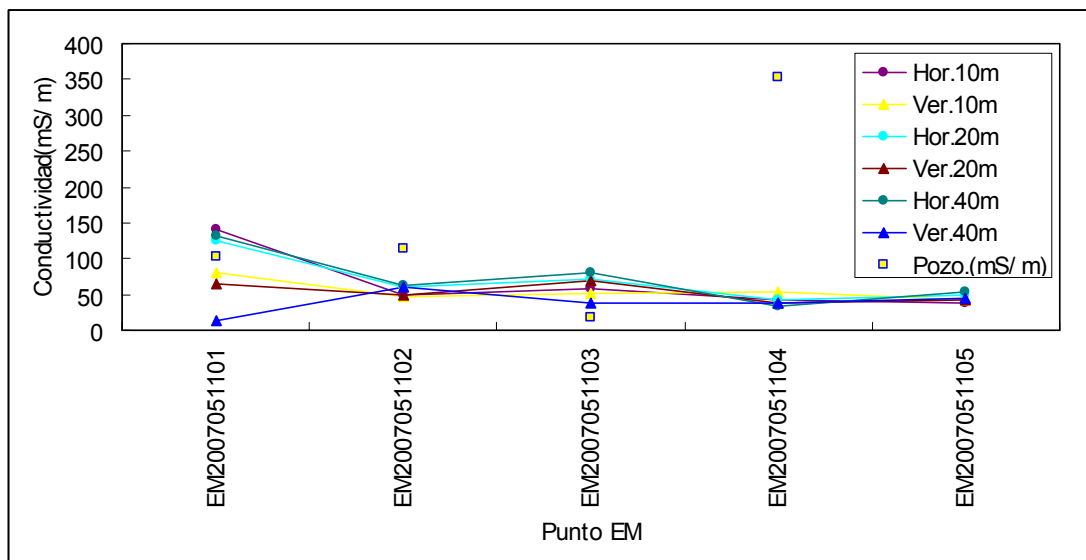


Figura 2-10: Conductividad en comparación con EM y Pozo

2.2.2 Interpretación del resultado de la investigación

Se realizó la investigación en 3 áreas (Compañía Tarumandy, Limpio, Mariano Roque Alonso). Usamos estos datos para interpretar la situación del agua salada y cuyos resultados mostramos en la figura.

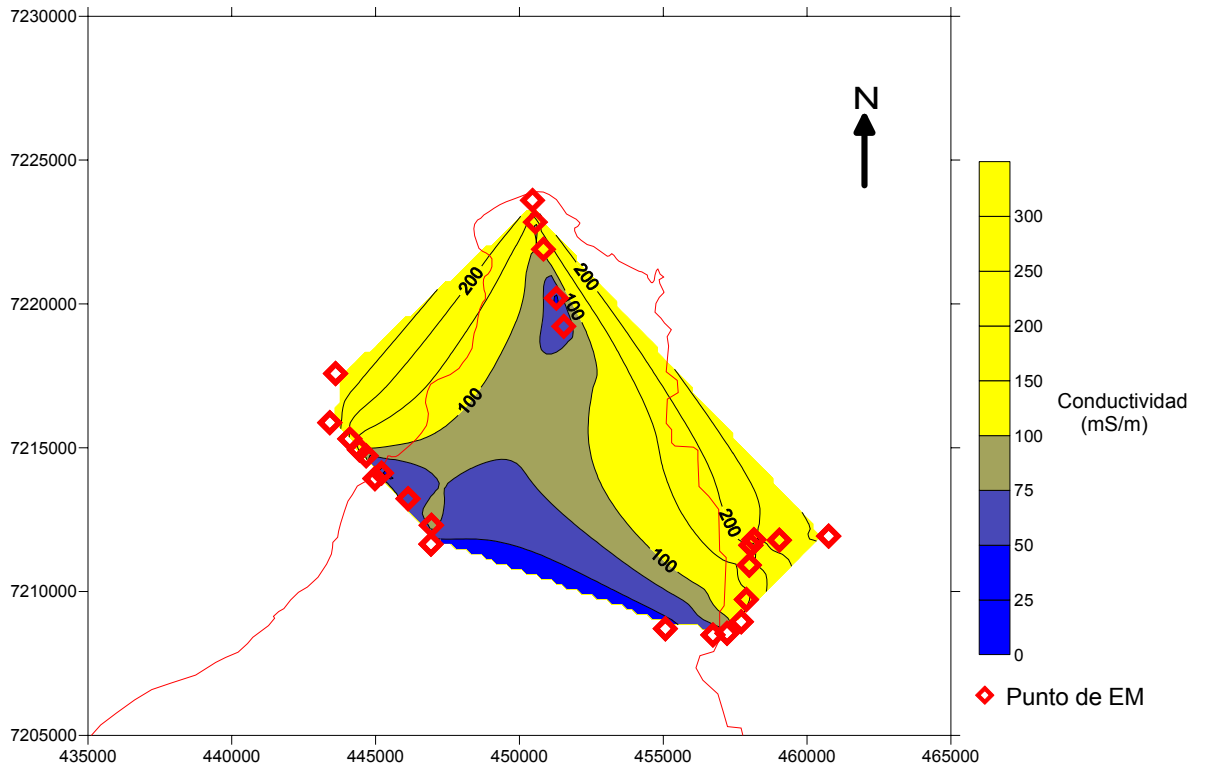


Figura 2-11: Interpretación de la intrusión del agua salada en área Limpio (Investigación de modalidad horizontal: 40m)

El área en amarillo presenta valores superiores a 100mS/m de conductividad. El valor de 100mS/m equivale 10 ohm-m. La margen opuesta al área de Mariano Roque Alonso es la zona del Chaco. Como muestra en la Figura 2-11, la zona del Chaco presenta alta conductividad.

Además, se realizaron mediciones con tres tipos de cables en el área de Limpio, usamos estos valores medidos y representamos perfiles de conductividad en profundidad. Usamos “IX1D” de INTERPEX para hacer la interpretación de perfiles. Mostramos un resultado de la interpretación como sigue.

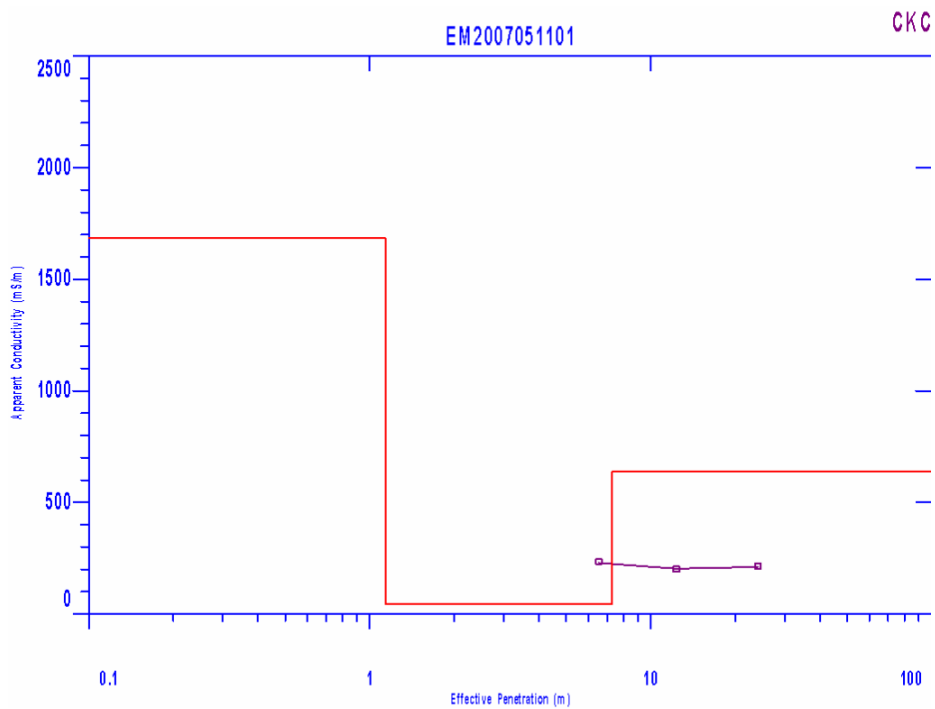


Figura 2-12: Interpretación del EM2007051101 (Limpio)

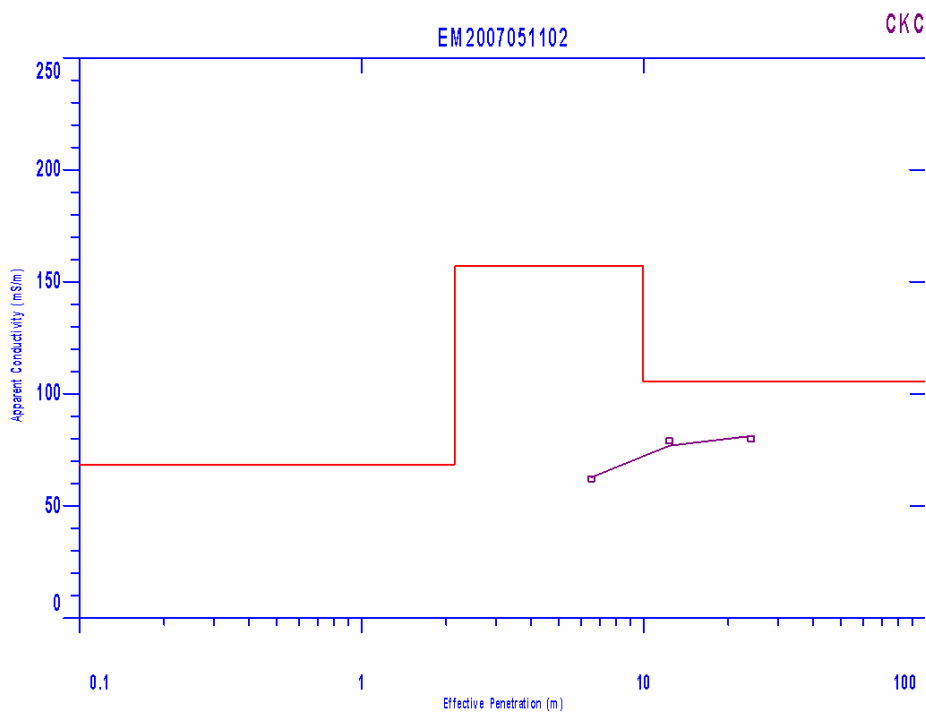


Figura 2-13: Interpretación del EM2007051102 (Limpio)

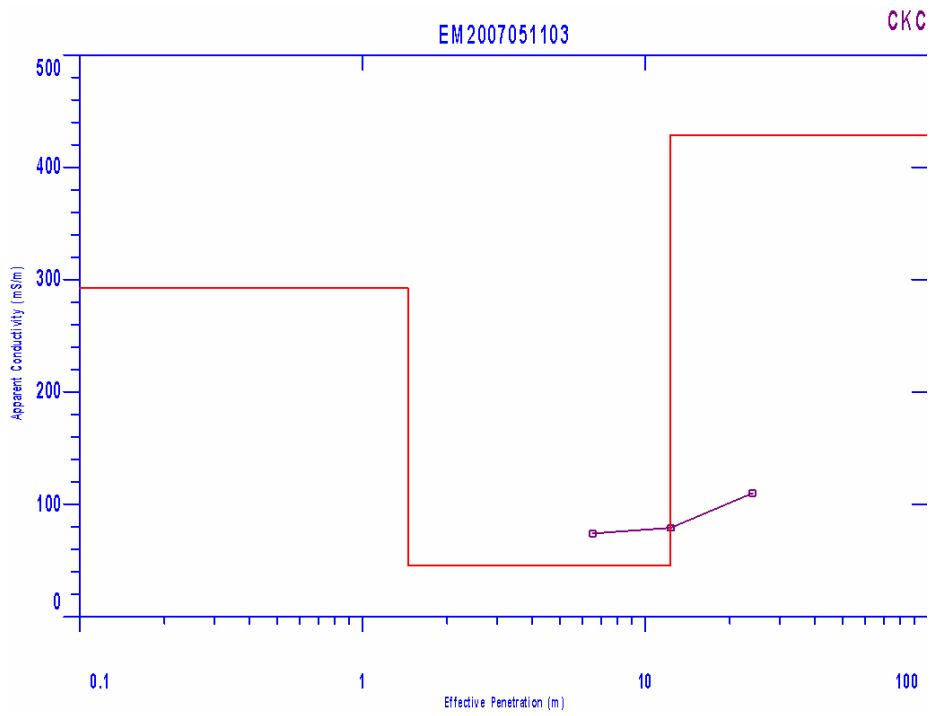


Figura 2-14: Interpretación del EM2007051103 (Limpio)

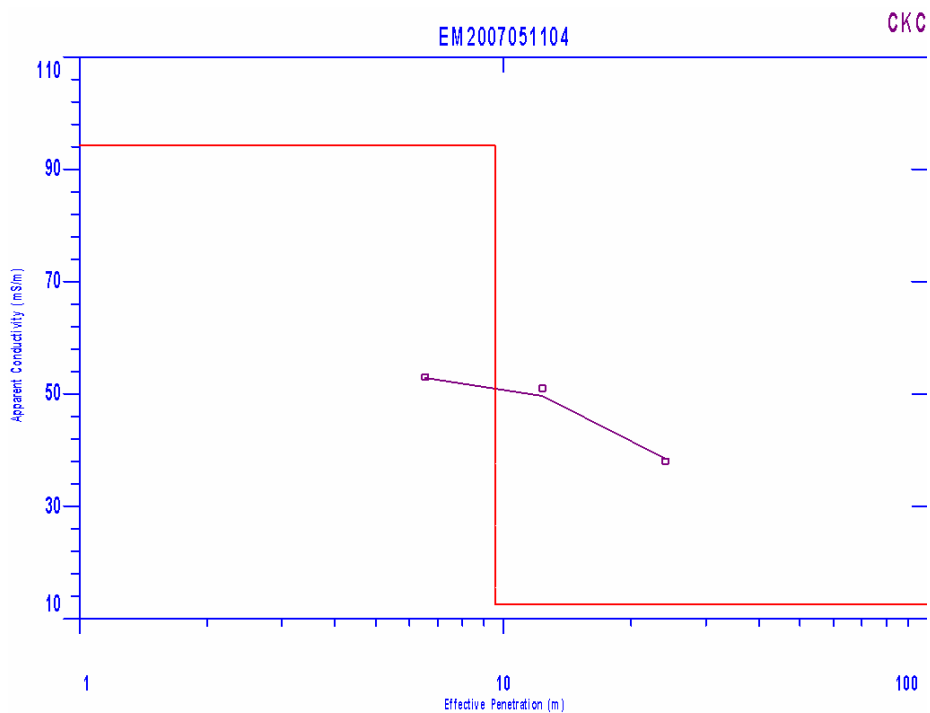


Figura 2-15: Interpretación del EM2007051104 (Limpio)

EXPLORACION ELECTROMAGNETICA

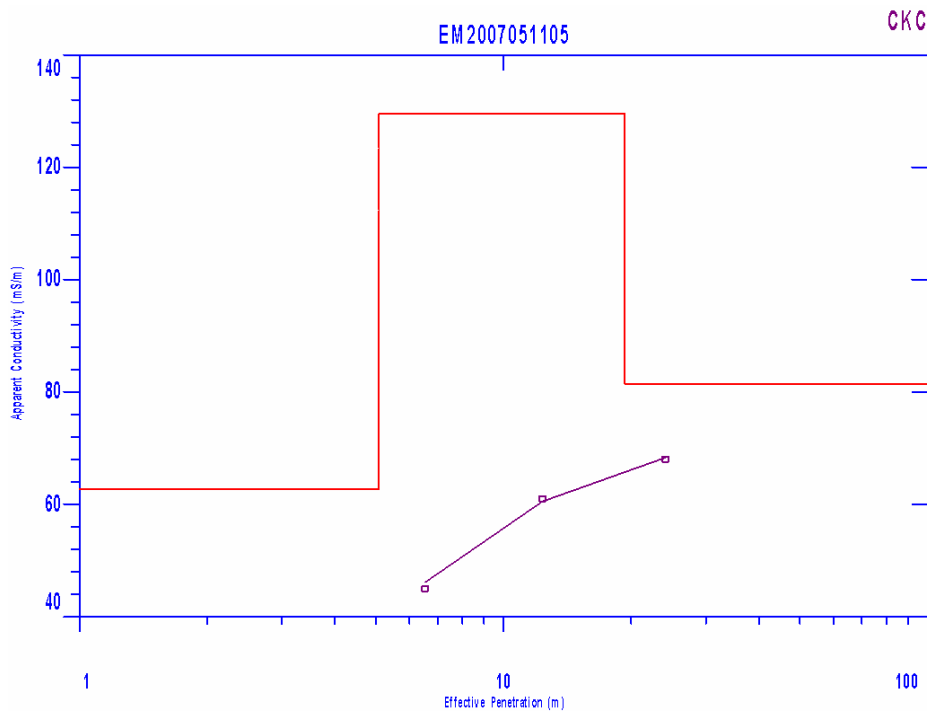


Figura 2-16: Interpretación del EM2007051105 (Limpio)

Tabla 2-6: Resultados de las interpretaciones

Punto de medición	1ª Capa		2ª Capa		3ª Capa	
	Conductividad (mS/m)	Espesor (m)	Conductividad (mS/m)	Espesor (m)	Conductividad (mS/m)	Espesor (m)
EM2007051101	1683.8	1.13	42.83	6.15	639.1	----
EM2007051102	68.48	2.14	157.1	7.83	105.6	----
EM2007051103	292.7	1.45	45.48	10.84	428.7	----
EM2007051104	94.27	9.54	12.59	----	----	----
EM2007051105	62.71	5.08	129.5	14.2	81.46	----

Usando estos valores, describimos la sección transversal en función de la conductividad. Como se ve en la Figura 2.17, la conductividad alta va profundizándose a medida que nos alejamos del Río Paraguay, lo cual representa la intrusión del agua salada.

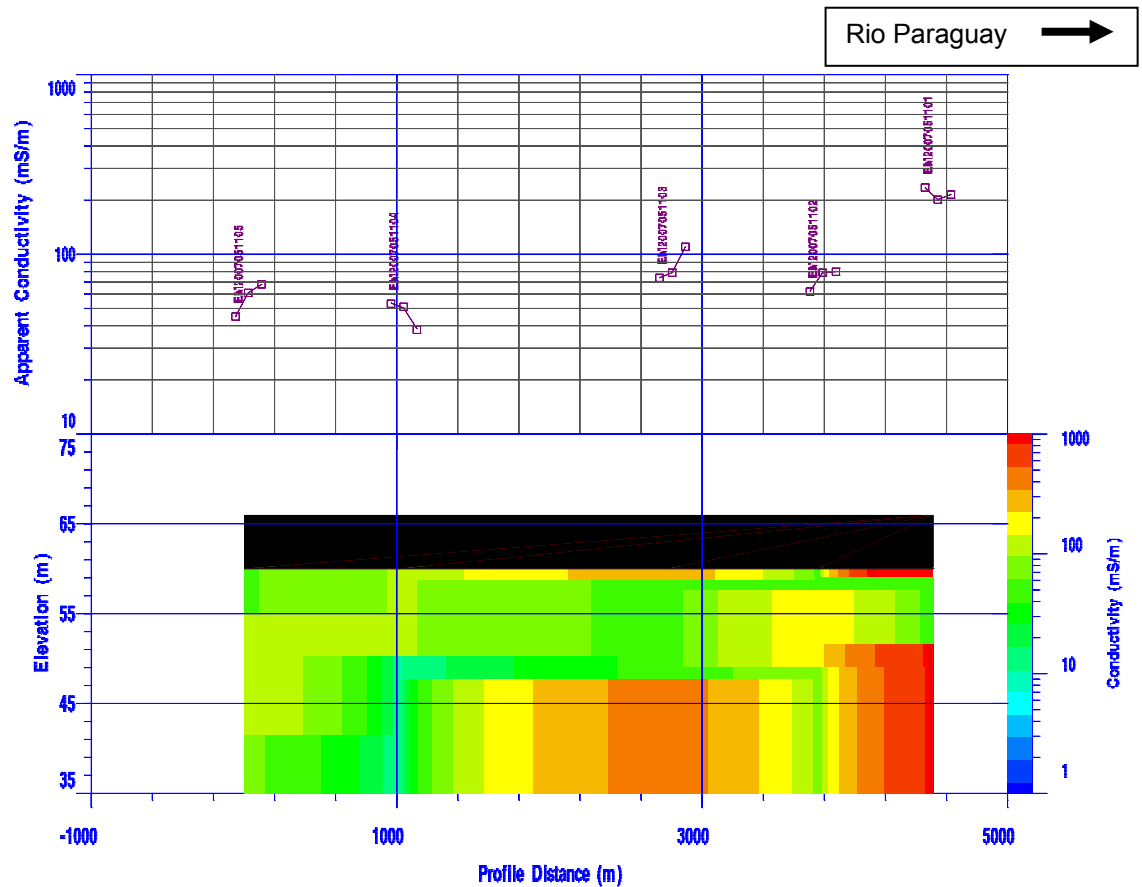


Figura 2-17: La sección del Limpio (Modalidad Horizontal 10m, 20m, 40m)

Por otro lado, la conductividad del pozo profundo cerca de EM2007051104 es alta aunque el valor de la lectura de EM es baja (figura 2-8). Se piensa que la intrusión del agua salada entra en profundidad y que no se llega a él, con el sondeo de EM.

2.3 INVESTIGACION EN EL AREA DE LA LAMBARE

2.3.1 Resultado de la investigación en área de la Lambare

Se realizó una investigación en el área de Lambaré para saber la situación cerca del río Paraguay.

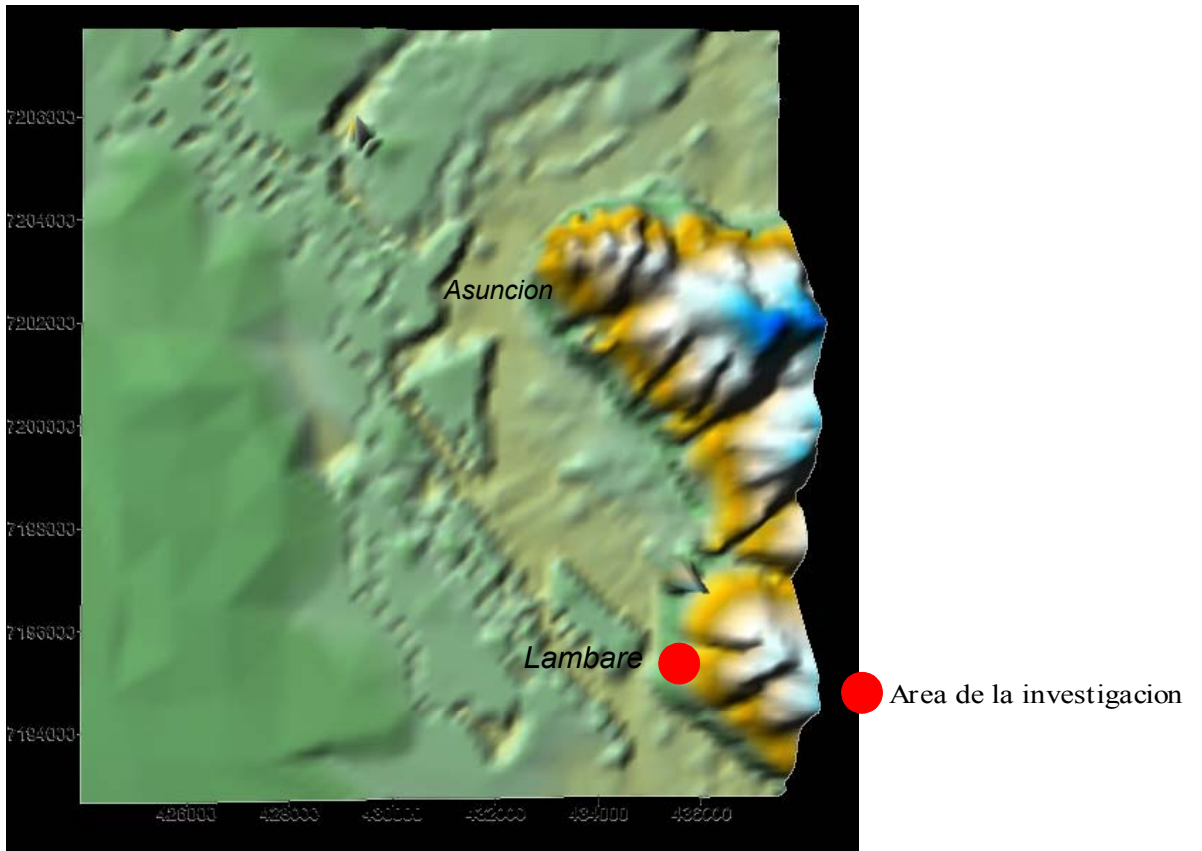


Figura 2-18: Área de la investigación en Lambare

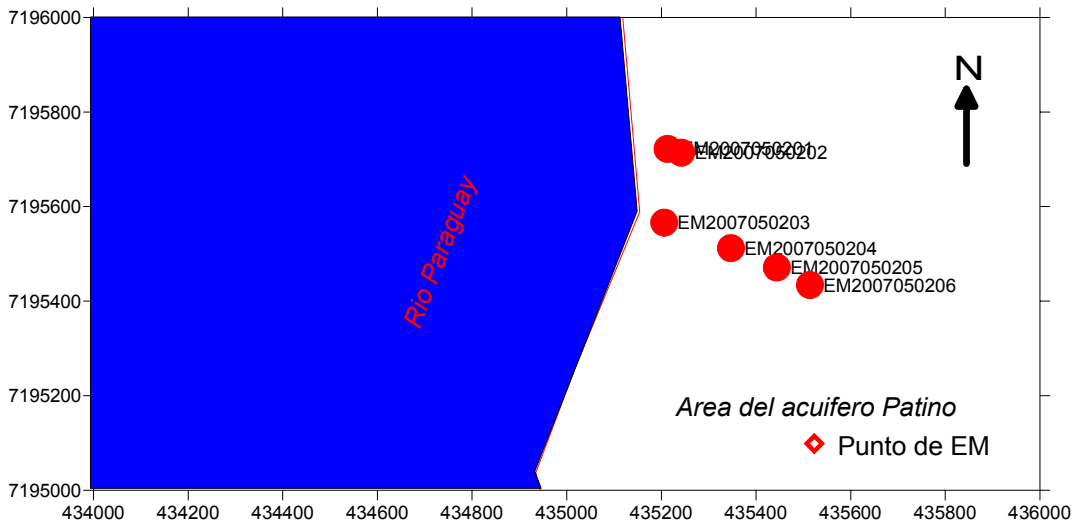


Figura 2-19: Ubicación de la investigación en Lambare

EXPLORACION ELECTROMAGNETICA

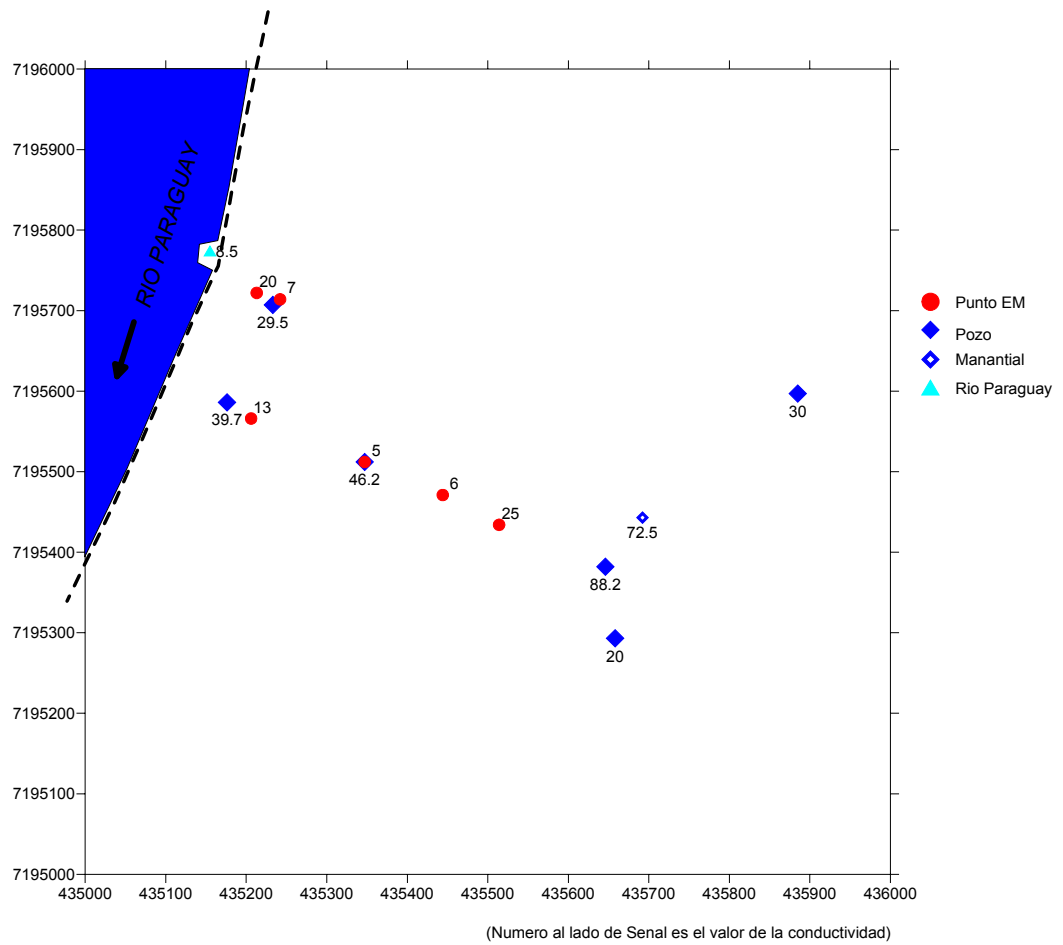


Figura 2-20: Ubicación y resultado de la investigación del Río del Paraguay en Lambare (Valores de EM está según modo horizontal-40m.)

EXPLORACION ELECTROMAGNETICA

2.3.2 Interpretación del resultado de la investigación

Mostramos los valores de la medición como sigue.

Tabla 2-7: Valor de la medición en Lambare

Punto	Distancia (m)	Hor.40m (mS/m)	Vert.40m (mS/m)
EM2007050201	0	20(22)	5(6)
EM2007050202	30	7(7)	16(22)
EM2007050203	182	13(14)	7(8)
EM2007050204	333	5(5)	8(10)
EM2007050205	439	6(6)	4(5)
EM2007050206	518	25(28)	40(74)

Valor de (): paréntesis en Tabla 2-7 es que corregido con línea de figura 1-3

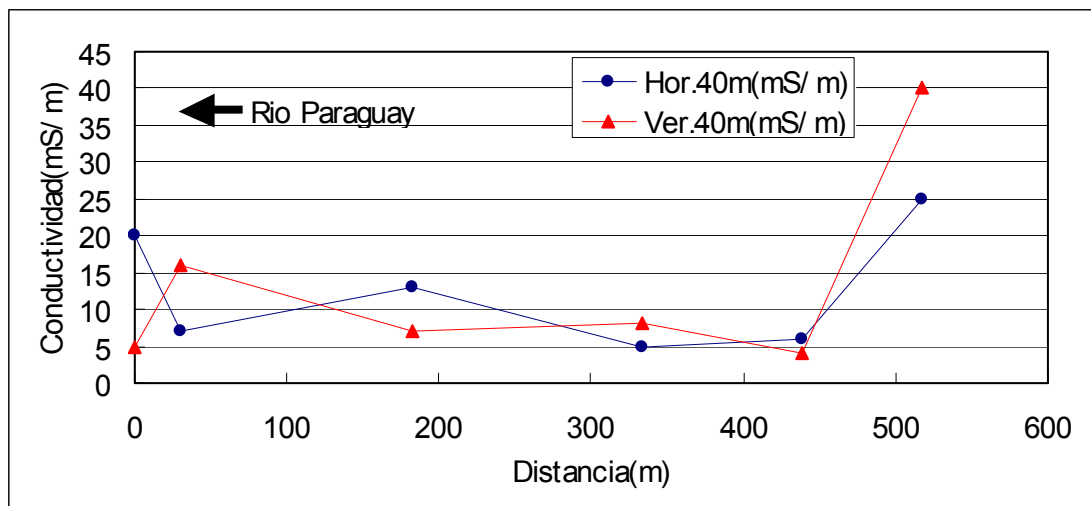


Figura 2-21: Variación de l valor de conductividad con Hor. 40m y Ver. 40m

Según la figura superior, no hay un cambio grande en el valor medido y aun cuando la conductividad no era alta a lado interior del río Paraguay. Sin embargo, la conductividad subió en el último punto. Por lo tanto medimos la conductividad en un pozo cercano y también en un manantial. La conductividad de este manantial es alta (figura 2-20) La causa de esta conductividad alta es desconocida, pero se piensa que no es originada por intrusión de agua salada. Porque la conductividad de agua del manantial se midió en un punto de cota mayor que el río por lo que el origen de esa alta conductividad es otra

2.4 INVESTIGACION EN ÑEMBY AREA CON RESIDUOS SÓLIDOS

2.4.1 Resumen de la investigación del área Basural

El objetivo de esta investigación fue la de conocer la difusión de la contaminación por residuos sólidos enterrados a poca profundidad y en la superficie, la contaminación de este tipo de residuos presenta valores altos de conductividad con lo que teniendo en cuenta este concepto se puede determinar el movimiento de la misma en el subsuelo.

La investigación se realizó para profundidades de 10 m y 20 metros. Para ejecutar los trabajos en forma más ágil se utilizó para ambas profundidades de investigación el cable de 20 metros.

Para este procedimiento primeramente se determinaron los valores de la conductividad para una distancia de interbobinas de 10 metros, con el cable de 10 m. luego se cambió por el cable de 20 m manteniendo la distancia de interbobinas de 10 metros. Con estos dos valores se determinó el valor de corrección al utilizar el cable de 20 metros con una distancia de interbobinas de 10 metros, con lo cual para el trabajo de investigación no fue necesario el cambio de cable para cada punto de medición. Este procedimiento está en el manual de utilización del equipo

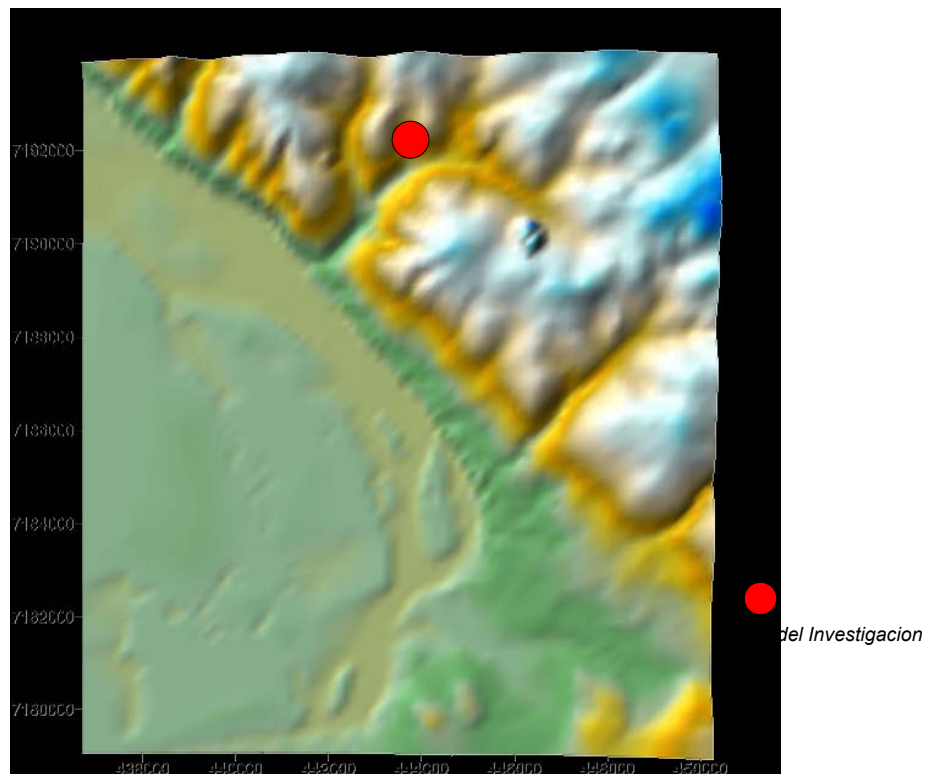


Figura 2-22: Área de la investigación

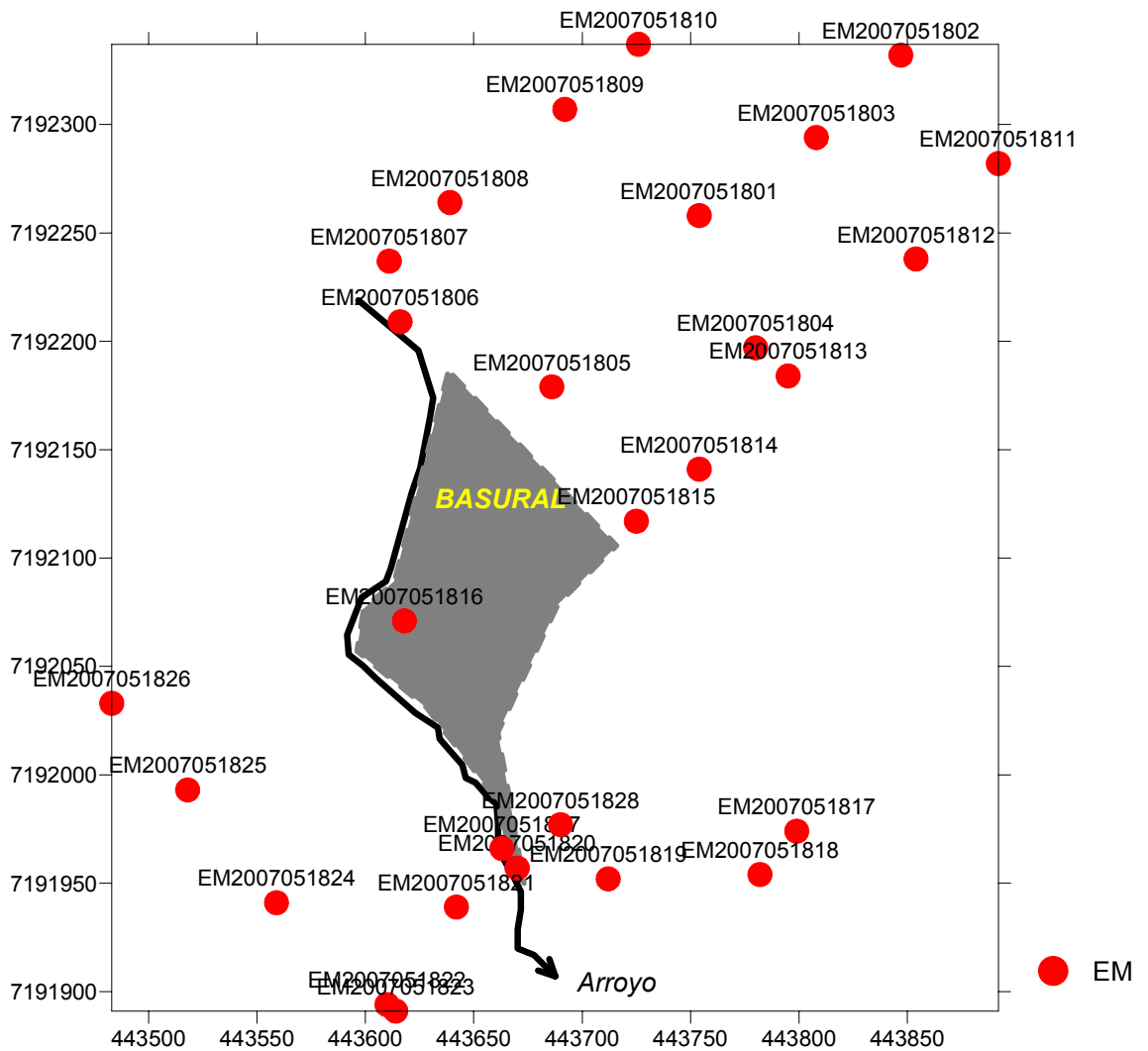


Figura 2-23: Ubicación de los puntos de investigación

Tabla 2-8: Valores de la investigación

Punto EM	X-UTM	Y-UTM	Hor.10m (mS/m)	Ver.10m (mS/m)	Hor.20m (mS/m)	Ver.20m (mS/m)
EM2007051801	443754	7192258	3.2 (3.3)	6.2 (7.3)	4.6 (4.7)	2.2 (2.6)
EM2007051802	443847	7192332	1.4 (1.4)	0.7 (1.0)	2.5 (2.5)	3.2 (3.7)
EM2007051803	443808	7192294	1.3 (1.3)	0.8 (1.1)	1.4 (1.4)	1.5 (1.9)
EM2007051804	443780	7192197	6.3 (6.5)	3.7 (4.3)	6.7 (6.9)	26 (40)
EM2007051805	443686	7192179	5.2 (5.4)	6.3 (7.4)	6.8 (7.1)	11 (13)
EM2007051806	443616	7192209	57 (72)	(-) (200*)	46 (55)	6.5 (7.7)
EM2007051807	443611	7192237	17 (18)	0.9 (1.2)	15 (16)	2.1 (2.5)
EM2007051808	443639	7192264	5.9 (6.1)	12 (15)	5.9 (6.1)	8.6 (10)
EM2007051809	443692	7192307	11 (11)	8.6 (10)	16 (17)	22 (32)
EM2007051810	443726	7192337	9.1 (10)	10.4 (13)	18 (20)	33 (55)
EM2007051811	443892	7192282	1.5 (1.5)	3.5 (4.1)	0.3 (0.3)	2.1 (2.5)
EM2007051812	443854	7192238	2 (2.0)	5.6 (6.5)	4.5 (4.6)	8.7 (11)
EM2007051813	443795	7192184	4.9 (5.0)	9.2 (11)	13 (14)	28 (44)
EM2007051814	443754	7192141	5.5 (5.7)	6.5 (7.7)	11 (12)	13 (16)
EM2007051815	443725	7192117	5.0 (5.1)	9.7 (12)	10 (11)	17 (23)
EM2007051816	443618	7192071	16 (17)	15 (20)	15 (16)	15 (19)
EM2007051817	443799	7191974	12 (12)	4.0 (4.6)	29 (33)	5.1 (5.9)
EM2007051818	443782	7191954	22 (24)	11 (14)	36 (43)	4.4 (5.1)
EM2007051819	443712	7191952	64 (84)	6.8 (8.0)	46 (56)	(-) (200*)
EM2007051820	443670	7191957	75 (101)	24 (36)	53(122)	(- 22.5)(200*)
EM2007051821	443642	7191939	4.5 (4.6)	4.1 (4.8)	5.5 (6.0)	4.5 (5.2)
EM2007051822	443610	7191894	3.0 (3.1)	2.3 (2.7)	3.2 (3.3)	1.4 (1.8)
EM2007051823	443614	7191891	2.9 (3.0)	1.3 (1.7)	3.1 (3.2)	2.6 (3.1)
EM2007051824	443559	7191941	2.5 (2.5)	2.4 (2.8)	2.7 (2.7)	1.7 (2.1)
EM2007051825	443518	7191993	0.7 (0.7)	1.2 (1.6)	2.6 (2.6)	0.3 (0.6)
EM2007051826	443483	7192033	-0.29 (0.3)	0.6 (0.9)	1.6 (1.6)	0.6 (0.9)
EM2007051827	443663	7191966	75 (101)	1.9 (2.3)	49 (60)	(-0.8) (200*)
EM2007051828	443690	7191977	78 (106)	16 (21)	63 (81)	(-15) (200*)

EXPLORACION ELECTROMAGNETICA

2.4.2 Interpretación de los resultados de la investigación

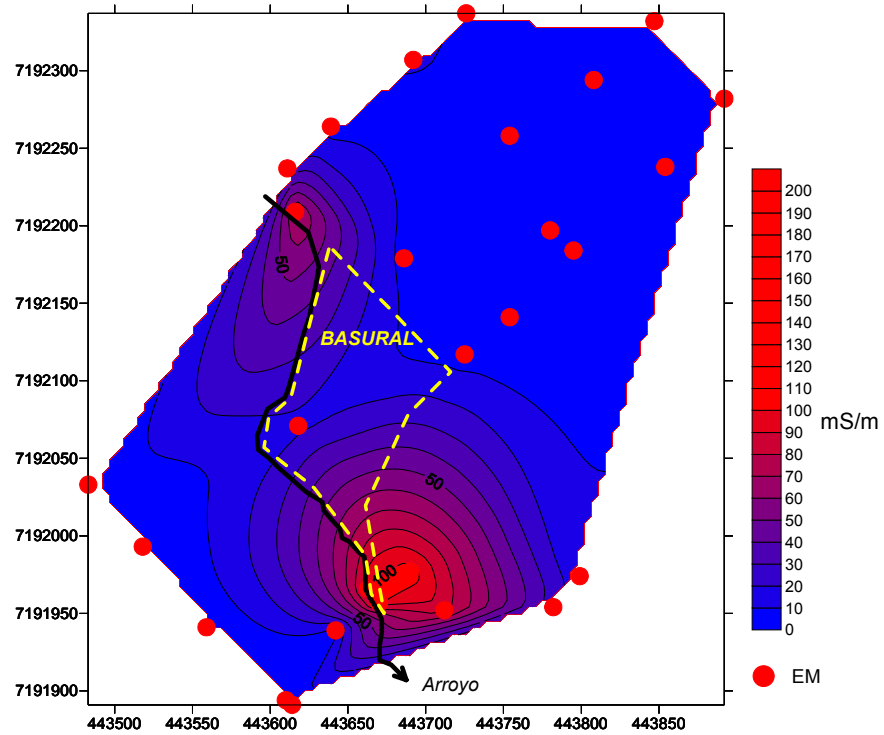


Figura 2-24: El resultado del Hor.10m

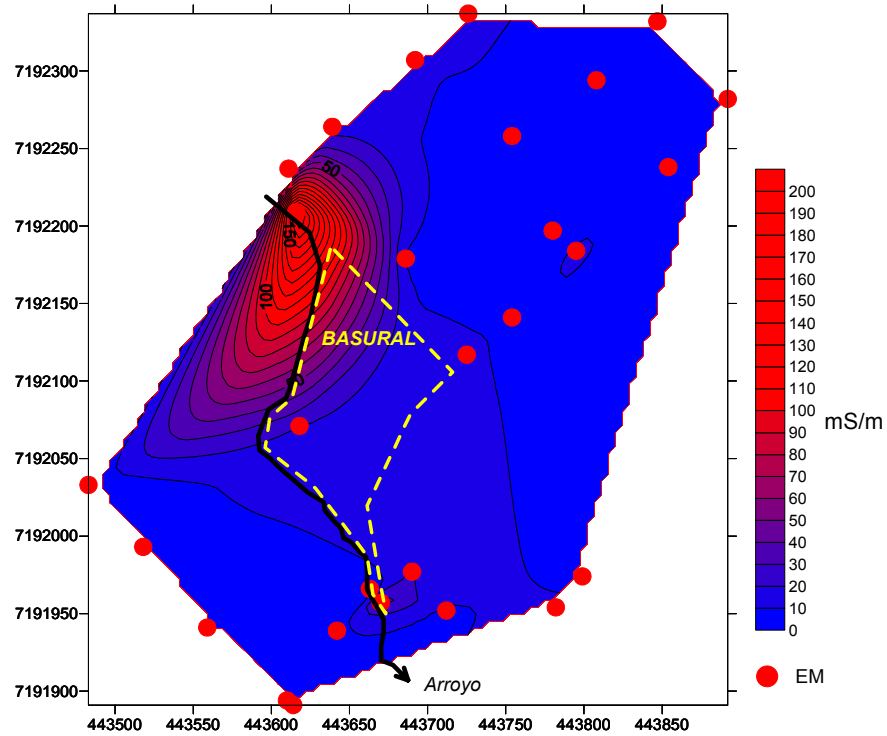


Figura 2-25: El resultado del Ver.10m

EXPLORACION ELECTROMAGNETICA

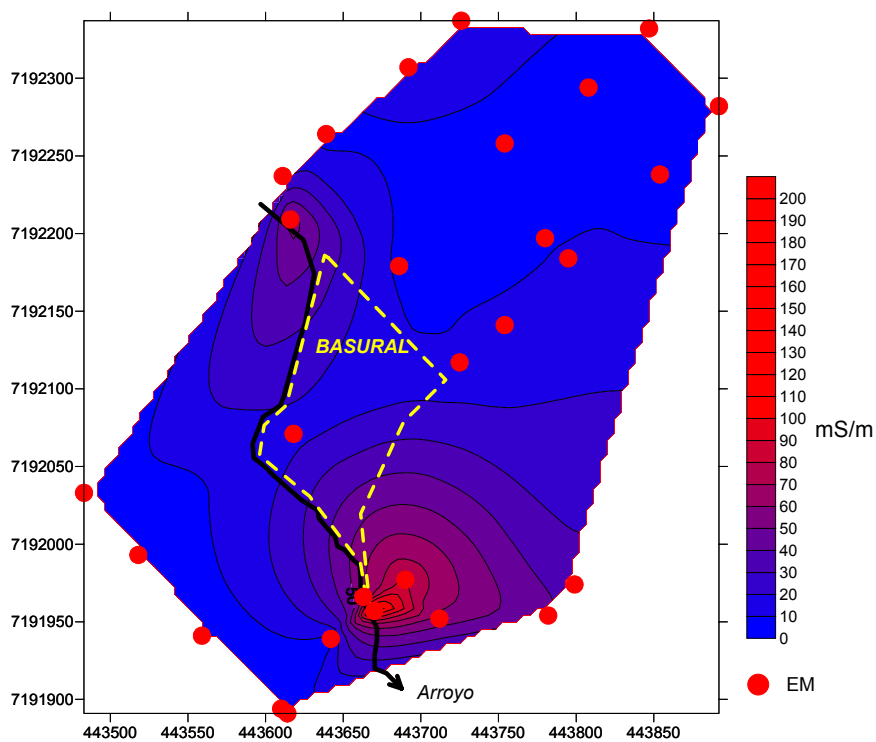


Figura 2-26: El resultado del Hor.20m

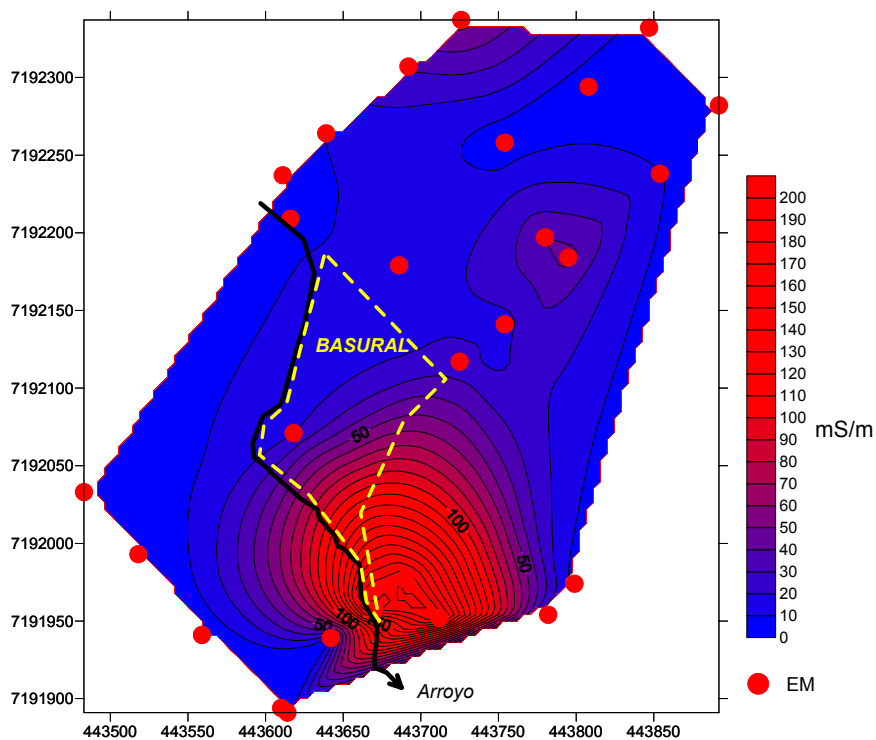


Figura 2-27: El resultado del Ver.20m

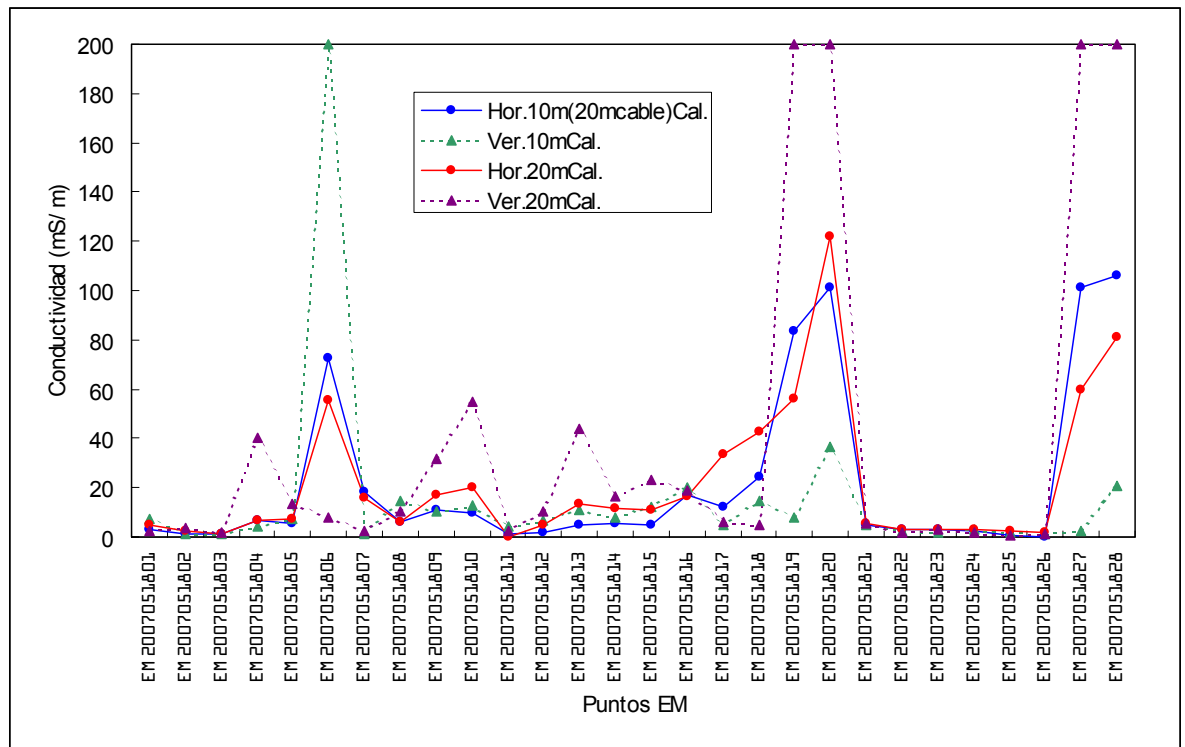


Figura 2-28: Comparación de valores de cada inter-bobinas.

Realizamos una grafica con todos los valores para comparar los valores (figura 2-28) a cada distancia de las inter-bobinas. Según esta figura, se puede apreciar que para cada punto tenemos la misma tendencia para las distancias de 10 y 20 metros, es decir que para ambas distancias tenemos valores altos o bajos para el mismo punto.

Los puntos de EM2007051801 a EM2007051803 y los puntos de EM2007051822 a EM2007051826 muestran valores con conductividad baja, y estos puntos son áreas fuera del basural. Además en estas áreas hay afloramiento de roca arenisca. La conductividad baja proviene de las areniscas.

Por otro lado, el punto EM2007051806, los puntos de EM2007051818 a EM2007051820 y EM2007051827 a EM2007051828 muestran conductividad alta. Pensamos que estos puntos muestran la polución de la basura.

Según informaciones de los lugareños sobre hace cuanto tiempo esta la basura depositada en el lugar la misma es un poco incierta pero se supone que es varios meses. La topografía alrededor del área del basural desciende de norte al sur hacia un arroyo que pasa por la zona De la interpretación de los datos de las figuras se puede determinar que hay una contaminación de las aguas del subsuelo y que la misma se desplaza de norte a sur, en esta zona la dirección del agua subterránea es de la misma forma.

Otra conclusión a la que se puede llegar es que la contaminación aun esta en mayor cantidad en superficie ya que la conductividad a 10 metros es mayor que a 20 metros y que la misma aun no se extiende muy ampliamente pero si se esta desplazando

Sin embargo, se recomienda realizar en el futuro otro trabajo de la misma forma para poder determinar el desplazamiento de la contaminación.

3. CONCLUSION

3.1 INVESTIGACION DE LA INTRUSION DEL AGUA SALDA

Se realizo la investigación con sondeo electromagnético para conocerla situación del agua salada en las Compañía Tarumandy, Limpio, Mariano Roque Alonso y Lambare. En resumen podemos concluir que;

- (1) En la parte de norte del acuífero Patiño, hay una señal de intrusión del agua salada
- (2) La sección transversal con los valores de conductividad del área de LIMPIO muestra una intrusión del agua salada.

3.2 INVESTIGACION DE LA CONTAMINACION CON RESIDUOS SÓLIDOS

La investigación con sondeo electromagnético para saber situación de la contaminación por basura se realizó en Ñemby. Y se presenta un resumen de los resultados:

- (1) Pudimos comprender el área dónde la conductividad por contaminación con residuos sólidos era alta con sondeo electromagnético.
- (2) Hay lugar de conductividad alta fuera del área del basural lo que demuestra un desplazamiento de la contaminación.
- (3) Hay gran posibilidad de que la contaminación se desplace para profundidades mayores en el transcurso del tiempo por lo cual se recomienda seguir realizando este tipo de investigación.

4. FOTO DE INVESTIGACION POR SONDEO ELECTROMAGNETICO



Foto 4-1: Investigación por Modalidad Horizontal, Tarumandý



Foto 4-2: Investigación por Modalidad Vertical, Tarumandý

EXPLORACION ELECTROMAGNETICA



Foto 4-3: Investigación de Basural, Ñemby



Foto 4-4: Situación de Basural, Ñemby



Foto 4-5: Investigación de Basural, Ñemby

5. BIBLIOGRAFIA

- (1) Geonics Limited (2005): EM34-3 & EM34-3XL OPERATING INSTRUCTIONS (For Model with Two Digital Meters).
- (2) J. D. McNeill (1980): Technical Note TN-6 ELECTROMAGNETIC TERRAIN CONDUCTIVITY MEASUREMENT at LOW INDUCTION NUMBERS.
- (3) J. D. McNeill (1980): Technical Note TN-8 EM34-3 SURVEY INTERPRETATION TECHNIQUES.