



20 de mayo de 2015

COMPAÑÍA MINERA MARICUNGA

Investigaciones Hidrológicas, Hidrogeológicas y Geofísicas realizadas entre 2009 y 2015 en Ciénaga Redonda y Pantanillo

Preparado para:

Juliana Esper
Pat Maley
Kinross Minera Chile Ltda.

INFORME

Número de Informe: 159 215 5061-IT001_Rev.B

Distribución:

1 copia Kinross Minera Chile Ltda.
1 copia Golder Associates





ÍNDICE

1.0 INTRODUCCIÓN	1
2.0 ANTECEDENTES RECOPIRADOS	1
3.0 INVESTIGACIONES REALIZADAS	1
3.1 Líneas geofísicas de transiente electromagnético	2
3.2 Pozos de monitoreo.....	5
3.3 Pozos para pruebas de bombeo.....	9
3.4 Pruebas de bombeo	10
3.5 Punteras	10
3.6 Estaciones fluviométricas	12
3.7 Barreras de nieve	14
3.8 Monitoreo de niveles y calidad de aguas.....	14
4.0 RESUMEN DE LAS INVESTIGACIONES	15

TABLAS

Tabla 1: Características líneas geofísicas TEM y nanoTEM desarrolladas entre 2010 y 2015.....	2
Tabla 2: Características pozos de monitoreo.....	6
Tabla 3: Características pozos para pruebas de bombeo.....	9
Tabla 4: Características de las punteras construidas.....	11
Tabla 5: Características estaciones fluviométricas	13

ANEXOS

Anexo A

Mapa de Ubicación de las Prospecciones Hidrológicas e Hidrogeológicas

Anexo B

Registro fotográficos de las investigaciones hidrológicas y hidrogeológicas realizadas en terreno entre el 2009 y el 2015



1.0 INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico ha sido preparado a solicitud Kinross para compilar en forma resumida las investigaciones hidrológicas e hidrogeológicas de terreno realizadas por Kinross en el sector comprendido entre la parte Sur del Salar de Maricunga y el Llano Astaburuaga, en un área de 50 km de longitud en la subcuenca de Ciénaga Redonda. Las actividades de investigación desarrolladas por Kinross son:

- Un estudio de línea base hídrica (hidrología, hidrogeología y de calidad de aguas) del proyecto de reinicio y expansión de Lobo Marte entre el 2009 y el 2011
- Una caracterización hidrogeológica del sector inmediatamente al norte de la vega Ciénaga Redonda en los años 2011-2012
- Una caracterización hidrológica e hidrogeológica del sector comprendido entre Barros Negros y el Llano de Astaburaga, a partir del año 2012

Este informe presenta únicamente las prospecciones realizadas en terreno, y no incluye los estudios y modelos conceptuales o numéricos asociados con cada campaña.

2.0 ANTECEDENTES RECOPIADOS

Para compilar todas las investigaciones realizadas en terreno se revisaron los siguientes informes técnicos:

- Golder, 16 de Junio 2011. Informe técnico “Línea Base Hidrogeológica e Hidrológica Lobo Marte y Modelo Hidrogeológico Ciénaga Redonda”, 099 215 5009-IT009_Rev.1 (Golder 2011a)
- Golder, Octubre de 2011. “Monitoreo Aguas Superficiales y Subterráneas – Lobo Marte Mayo 2011”, 119 215 5021-IT001_Rev.B (Golder 2011b)
- Golder, Noviembre 2012. Informe técnico “Investigación geofísica y perforación de pozos de monitoreo y producción en Ciénaga Redonda”, 119 215 5011-IT001_Rev.B (Golder 2012)
- Golder, Enero de 2013. “Monitoreo Aguas Superficiales y Subterráneas – Lobo Marte Marzo 2012”, 129 215 5045-IT001_Rev.0 (Golder 2013a)
- Golder, 14 de Junio de 2013. “Muestreo Calidad de Aguas Pozo Pantanillo”, 129 215 5029-IT001_Rev.B (Golder 2013b)
- Golder, 31 de Marzo de 2015. Informe Técnico “Estudio Hidrogeológico Pantanillo y Laguna del Negro Francisco”, 129 215 5029-IT005_Rev.B (Golder 2015)

3.0 INVESTIGACIONES REALIZADAS

A continuación se describe todas las investigaciones hidrológicas e hidrogeológicas realizadas a la fecha por Kinross, en el sector comprendido por la parte sur del Salar de Maricunga y el Llano Astaburuaga.

En el mapa del Anexo A se ubica las actividades desarrolladas y en el Anexo B se presenta un registro fotográfico de las mismas.



3.1 Líneas geofísicas de transiente electromagnético

Durante las tres campañas de terreno realizadas desde el 2009 se llevaron a cabo varias campañas de geofísica usando el método de transiente electromagnético (TEM y nanoTEM) alcanzando 1171 estaciones de sondeo.

Los perfiles de transiente electromagnético (TEM y NanoTEM) permiten determinar las características geoelectricas de sub-superficie, las cuales responden a diferencias composicionales y de niveles de saturación. El TEM permite una penetración de alrededor de 300 m con menor resolución en superficie, mientras que el sistema NanoTEM alcanza una penetración entre 30 y 40 m representando de mejor forma las unidades estratigráficas más someras.

Los objetivos principales para el desarrollo de la campaña geofísica en el área fueron definir las características geológicas e hidrogeológicas que existen en la zona, determinar la geometría del basamento rocoso, el espesor de la formación aluvial, el nivel de agua asociado a este y determinar las mejores ubicaciones para los pozos de monitoreo y bombeo propuestos.

Entre el 17 de marzo y el 30 de abril de 2010 se desarrolló la primera campaña geofísica. Este trabajo fue desarrollado en forma íntegra por Geodatos SAIC, bajo la supervisión de Golder. Se desarrollaron 28 líneas TEM, correspondiente a 272 estaciones de medición separadas de 100 a 200 m. Las líneas NanoTEM desarrollados correspondieron a 11 líneas con un total de 107 estaciones. La distribución de estos perfiles fue definida por Golder, en el marco del estudio de línea base de Lobo Marte para cubrir principalmente las áreas con mayor falta de información y en donde, por restricciones medioambientales, no fue posible construir pozos de monitoreo. Estas líneas cubren un área comprendido entre el Salar de Maricunga y Pantanillo (Golder 2011a).

La segunda campaña de geofísica se desarrolló entre junio y septiembre de 2011. Esta campaña se dividió en dos etapas. La primera etapa, desarrollada entre el 25 de abril y el 29 de mayo de 2011, cubrió la porción norte de la quebrada de Ciénaga Redonda y la segunda campaña se desarrolló en enero de 2012, una vez que hubo acceso a la zona de la vega de Barros Negros, ubicada al sur del acceso al rajo lobo. Esta campaña de terreno fue desarrollada por completo por Golder Associates (Golder 2012).

La tercera campaña de geofísica, desarrollada por Geodatos SAIC., se desarrolló en una primera etapa, entre el 27 de enero y el 17 de febrero del año 2013. Esta componente se llevó a cabo en el área limitada por la vega de Barros Negros al Norte y el sector denominado la Puntilla al sur, donde el río Astaburuaga desemboca en el Llano Astaburuaga. En una segunda etapa, líneas geofísicas fueron medidas entre el 12 de febrero y el 4 de marzo de 2014, en el llano Astaburuaga, también llamado Llano del Negro Francisco (Golder 2015).

En la Tabla 1 se presenta las características de las líneas realizadas. Las líneas están ubicadas en el Mapa 1 del Anexo A.

Tabla 1: Características líneas geofísicas TEM y nanoTEM desarrolladas entre 2010 y 2015

ID línea	Sector	Número de sondeos	Método	Referencia
TEM-1	Llano Salar de Maricunga	40	TEM	Golder 2011a
TEM-2	Ciénaga Redonda	8	TEM	
LnanoTEM-2		1	nanoTEM	
TEM-3	Vega Ciénaga Redonda	4	TEM	
nanoTEM-3		2	nanoTEM	



INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS EN CIÉNAGA REDONDA Y PANTANILLO, 2009-2015

ID línea	Sector	Número de sondeos	Método	Referencia
TEM-4	Ciénaga Redonda	17	TEM	
nanoTEM-4		2	nanoTEM	
TEM-5	Ciénaga Redonda	8	TEM	
TEM-6 TEM	Barros Negros	7	TEM	
nanoTEM-6		1	nanoTEM	
TEM-7	Pantaniillo	5	TEM	
nanoTEM-7		3	nanoTEM	
TEM-8		6	TEM	
nanoTEM-8		2	nanoTEM	
TEM-9	Río Astaburuaga	4	TEM	
nanoTEM-9		3	nanoTEM	
TEM-10		45	TEM	
nanoTEM-10		13	nanoTEM	
nanoTEM-10	Pantaniillo	5	nanoTEM	
TEM-11	Vega Ciénaga Redonda	20	TEM	
nanoTEM-11		9	nanoTEM	
TEM-12	Vega Villalobos	23	TEM	
nanoTEM-12		22	nanoTEM	
TEM-13		3	TEM	
nanoTEM-13		7	nanoTEM	
TEM-14		2	TEM	
TEM-15		3	TEM	
nanoTEM-15		4	nanoTEM	
TEM-16	Quebrada Villalobos	6	TEM	
nanoTEM-16		6	nanoTEM	
TEM-17		2	TEM	
TEM-18		2	TEM	
TEM-19	Río Lamas	3	TEM	
TEM-20		12	TEM	
TEM-21		7	TEM	
TEM-22		3	TEM	
TEM-24		Río Astaburuaga	6	TEM
nanoTEM-24	6		nanoTEM	
TEM-25	Barros Negros	9	TEM	



INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS EN CIÉNAGA REDONDA Y PANTANILLO, 2009-2015

ID línea	Sector	Número de sondeos	Método	Referencia	
nanoTEM-25		10	nanoTEM		
TEM-26 TEM		3	TEM		
nanoTEM-26		4	nanoTEM		
TEM-27		5	TEM		
nanoTEM-27		7	nanoTEM		
TEM-28	Río Astaburuaga	4	TEM		
TEM-29	Llano Salar de Maricunga	15	TEM		
LG-01	Quebrada Ciénaga Redonda Norte	10	TEM		
LG-02		10	TEM		
LG-04		12	TEM		
LG-11		11	TEM		
LG-12		14	TEM		
LG-05	Vega Ciénaga Redonda	25	TEM	Golder 2012	
LG-06		63	TEM		
LG-07	Vega Barros Negros	78	TEM		
LG-08		10	TEM		
LG-09		16	TEM		
LG-10		14	TEM		
LNF-GEO-TEM2	Río Astaburuaga	11	TEM		Golder 2015
LNF-GEO-TEM7	Pantaniillo - Pantaniillo Ancho	3	TEM		
LNF-GEO-TEM8		21	TEM		
LNF-GEO-TEM9	Río Astaburuaga	5	TEM		
LNF-GEO-TEM10	Pantaniillo	4	TEM		
LNF-GEO-TEM11		3	TEM		
LNF-GEO-TEM12		8	TEM		
LNF-GEO-TEM13		5	TEM		
LNF-GEO-TEM17		Llano de Astaburuaga	51	TEM	
LNF-GEO-TEM18	31		TEM		
LNF-GEO-TEM19	37		TEM		
LNF-GEO-TEM20	47		TEM		
LNF-GEO-TEM21	56		TEM		
LNF-GEO-TEM22	25		TEM		
LNF-GEO-nanoTEM1	Río Astaburuaga	43	nanoTEM		



ID línea	Sector	Número de sondeos	Método	Referencia
LNF-GEO-nanoTEM3	Pantaniillo - Pantaniillo Ancho	12	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM4		3	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM6		10	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM7		10	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM8		42	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM9	Río Astaburuaga	15	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM10	Pantaniillo	9	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM11		10	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM12		16	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM13		19	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM14		26	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM15		12	nanoTEM	
LNF-GEO-nanoTEM16		5	nanoTEM	

3.2 Pozos de monitoreo

Desde el 2009 se ha perforado un total de 68 pozos de monitoreo alcanzando un total de 4868 metros perforados. Estos pozos están distribuidos entre el sector Norte de la Ciénaga Redonda (cerca de la vega Ciénaga Redonda) hasta el sector conocido como la Puntilla donde el río Astaburuaga desemboca en el llano Astaburuaga (también llamado llano del Negro Francisco). Todos estos pozos fueron habilitados con PVC y en algunos pozos bombas sumergidas para muestreo y/o transductores de presión (level troll o LT) fueron instalados para permitir un monitoreo continuo del nivel de agua.

Durante la campaña de terreno desarrollada para el estudio de línea base de Lobo Marte (Golder 2011a), la tarea de perforación se inició a fines de octubre de 2009, concluyendo en noviembre de 2010. Se perforaron y habilitaron 46 pozos de monitoreo, los que en total alcanzaron 3.623 metros. Estos pozos se distribuyeron entre el sector Norte de la Ciénaga Redonda (cerca de la vega Ciénaga Redonda) hasta el río Astaburuaga. En la medida que la perforación avanzó se ejecutaron 187 ensayos tipo "air lift" con medición de parámetros físico-químicos. La perforación de los pozos de monitoreo se realizó mediante el método de aire reverso (RC) y diámetro de perforación de 8" preferentemente, sin embargo en algunos de ellos fue necesario realizar perforación telescópica, es decir disminución de diámetro con la profundidad. Unos de los objetivos de los pozos construidos era el muestreo de agua subterránea para establecer la línea base de calidad de agua. Por lo tanto, en la mayoría de los pozos de monitoreo se instalaron bombas sumergidas.

La segunda campaña de perforación relacionada con la caracterización de la Ciénaga Redonda inmediatamente al Norte de la vega del mismo nombre (Golder 2012) se inició en noviembre de 2011, concluyendo en enero 2012. Se perforaron tres pozos de monitoreo mediante el método aire reverso (RC), con entubación simultánea en forma telescópica en diámetros 16", 12", 10" y 8", alcanzando un total de 345 metros perforados. Durante la perforación se ejecutó un total de 30 ensayos hidráulicos, tipo "air-lift". En estos tres pozos se instalaron transductores de presión (LT) para medición continua del nivel de agua.



INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS EN CIÉNAGA REDONDA Y PANTANILLO, 2009-2015

Durante la tercera campaña de perforación, relacionada con la caracterización de Pantanillo-río Astaburuaga, (Golder 2015) un total de 19 pozos de monitoreo fueron instalados alcanzando 900 m perforados. Estos se distribuyeron entre 2 km al sur de la vega Pantanillo Ancho y la Puntilla La perforación de los pozos de monitoreo se realizó mediante el método aire reverso (RC), con entubación simultánea en forma telescópica en diámetros 16", 12", 10" y 8".

En la Tabla 2 se presenta un resumen de las características de los pozos de monitoreo, el sector en que se ubican. Se indica también el estado actual de los pozos que fue levantados durante una campaña de monitoreo que es realizó en Septiembre de 2014 a solicitud de Kinross.

La ubicación de todos los pozos se presenta en el Mapa 1 del Anexo A.

Tabla 2: Características pozos de monitoreo

Pozo ID	Sector	Coordenadas (WGS84)		Cota (msnm)	Diám. Hab.	Largo Final (m)	Unidad Monitoreada	Estado Actual	Ref.
		Este	Norte						
RPG-1	Ciénaga Redonda – sector sur	500.292	6.986.068	4.050	4"	61	Sedimento	con bomba, sin LT	Golder 2011a
RPG-2	Aguas abajo botadero Lobo	499.511	6.986.375	4.055	4"	74	Roca + Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-3A		497.703	6.986.817	4.098	4"	55,4	Roca	con bomba, sin LT	
RPG-4A		499.392	6.986.911	4.051	4"	85,5	Roca	con bomba, sin LT	
RPG-4B		499.403	6.986.910	4.050	4"	61	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-5B		499.330	6.987.498	4.042	4"	86,5	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-6		Aguas abajo rajo Lobo	497.984	6.987.480	4.091	4"	73,65	Roca	
RPG-7	497.105		6.987.171	4.117	4"	49	Roca	con bomba, sin LT	
RPG-8	Aguas abajo botadero Lobo	499.238	6.988.316	4.032	4"	92,2	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-9A		498.979	6.989.044	4.024	4"	80	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-10		498.738	6.989.466	4.017	4"	81	Sedimento	sin acceso	
RPG-11	Ciénaga Redonda – sector central	498.658	6.991.127	3.995	4"	18	Sedimento	sin bomba con LT	
RPG-12A	Aguas abajo botadero Marte	498.414	6.993.389	4.041	4"	91,5	Roca	sin acceso	
RPG-12B		498.419	6.993.392	4.040	4"	24	Roca	sin acceso	
RPG-13	Aguas abajo rajo Marte	497.060	6.993.797	4.206	4"	99	Roca	sin acceso	
RPG-14	Aguas abajo botadero Marte	498.857	6.993.699	3.999	4"	134	Roca + Sedimento	sin acceso	
RPG-15		499.180	6.995.399	3.992	4"	61	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-16	Ciénaga Redonda – sector central	499.970	6.995.446	3.954	4"	21,26	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-17	Aguas abajo Pila lix. antigua	500.179	6.992.755	4.004	4"	55	Sedimento	con bomba, sin LT	



INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS EN CIÉNAGA REDONDA Y PANTANILLO, 2009-2015

Pozo ID	Sector	Coordenadas (WGS84)		Cota (msnm)	Diám. Hab.	Largo Final (m)	Unidad Monitoreada	Estado Actual	Ref.
		Este	Norte						
RPG-18B		500.499	6.993.115	3.998	4"	74	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-19		500.880	6.992.641	4.018	4"	68	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-20		501.136	6.991.837	4.036	4"	105,4	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-21c	Pantaniillo	494.895	6.962.445	4.279	4"	96	Roca + Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-22		496.007	6.964.571	4.257	4"	91	Roca + Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-23	Ciénaga Redonda – sector central	499.364	6.992.737	3.981	4"	50	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-24		499.528	6.993.110	3.977	4"	46,2	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-25		499.427	6.992.941	3.979	4"	50	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-26		499.343	6.998.561	3.927	4"	73,5	Roca	con bomba, sin LT	
RPG-27		499.528	6.998.523	3.928	4"	110	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-28		499.541	6.998.131	3.931	4"	96	Roca + Sedimento	sin bomba con LT	
RPG-29		499.189	6.999.457	3.919	4"	94	Sedimento	sin bomba con LT	
RPG-31	Pantaniillo	496.743	6.966.540	4.237	4"	16	Sedimento	sin bomba con LT	
RPG-32	Pantaniillo	494.519	6.961.979	4.275	4"	60	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-33	Aguas abajo botadero Lobo	499.344	6.988.523	4.027	4"	80,3	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-34	Aguas abajo rajo Marte	496.961	6.993.813	4.230	4"	134,8	Roca	sin acceso	
RPG-35	Aguas abajo botadero Lobo	498.077	6.988.961	4.056	4"	133	Roca	con bomba, sin LT	
RPG-37	rajo Lobo	495.923	6.987.035	4.336	4"	183,5	-	sin acceso	
RPG-38	Pantaniillo	494.598	6.962.292	4.277	4"	80	Roca + Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-39	Aguas abajo botadero Marte	498.586	6.992.298	4.019	4"	96,8	Roca	con bomba, sin LT	
RPG-40	Entorno Pila lix. propuesta	502.057	6.991.129	4.068	4"	156	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-41		500.928	6.990.553	4.041	4"	117	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-42		500.196	6.991.154	4.020	4"	95	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-43	Ciénaga Redonda – sector central	499.278	6.992.137	3.986	4"	54,1	Sedimento	con bomba, sin LT	



INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS EN CIÉNAGA REDONDA Y PANTANILLO, 2009-2015

Pozo ID	Sector	Coordenadas (WGS84)		Cota (msnm)	Diám. Hab.	Largo Final (m)	Unidad Monitoreada	Estado Actual	Ref.
		Este	Norte						
RPG-44		498.631	6.990.994	3.997	4"	41	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-45A		499.404	6.997.100	3.943	4"	24	Sedimento	con bomba, sin LT	
RPG-45B		499.404	6.997.100	3.943	4"	94,65	Roca	con bomba, sin LT	
RPG-46	Ciénaga Redonda – norte Vega Ciénaga Redonda	499.076	6.999.700	3.917	4"	83	Roca + Sedimento	sin bomba con LT	Golder 2012
RPG-47		498.979	6.999.678	3.917	4"	130,5	Roca + Sedimento	sin bomba con LT	
RPG 48		499.111	6.999.437	3.919	4"	131	Roca + Sedimento	sin bomba con LT	
LNFMW-01a	Río Astaburuaga	492.884	6.961.013	4.254	4"	96	Roca	sin bomba con LT	
LNFMW-01b		492.896	6.960.997	4.254	4"	21	Sedimento	sin bomba sin LT	
LNFMW-02	Río Astaburuaga - La Puntilla	489.415	6.958.158	4.215	4"	62	Roca	sin bomba con LT	
LNFMW-03	Vega Pantanillo	496.330	6.966.173	4.240	4"	48	Sedimento	sin bomba con LT	
LNFMW-04		496.544	6.966.352	4.238	4"	50	Sedimento	sin LT	
LNFMW-05A		496.803	6.966.298	4.243	4"	98	Roca + Sedimento	sin bomba con LT	
LNFMW-05B		496.812	6.966.291	4.243	4"	22,4	Sedimento	sin bomba con LT	
LNFMW-06	Pantanillo Ancho	499.320	6.971.344	4.183	4"	50	Roca + Sedimento	sin bomba con LT	
LNFMW-07	Vega La Dormilona	497.769	6.969.744	4.201	4"	100	Sedimento	sin bomba con LT	Golder 2015
LNFMW-08		497.292	6.969.187	4.207	4"	50	Sedimento	sin bomba con LT	
LNFMW-09	Río Astaburuaga	495.708	6.961.878	4.289	4"	73	Sedimento	sin bomba con LT	
LNFMW-10	Vega Pantanillo	496.778	6.966.040	4.249	4"	90	Sedimento	sin LT	
LNFMW-11	Vega La Dormilona	497.495	6.969.465	4.196	4"	49	Sedimento	sin bomba, con LT	
LNFMW-39	Vega Pantanillo	496.757	6.966.710	4.232	4"	9	Sedimento	sin bomba, con LT	
LNFMW-40		496.673	6.966.494	4.237	4"	18	Sedimento	sin bomba, con LT	
LNFMW-41		496.467	6.966.262	4.238	4"	18,8	Sedimento	sin bomba, con LT	
LNFMW-42		496.292	6.966.192	4.238	4"	16	Sedimento	sin bomba, con LT	
LNFMW-43		496.403	6.966.154	4.239	4"	20	Sedimento	sin bomba con LT	



INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS EN CIÉNAGA REDONDA Y PANTANILLO, 2009-2015

Pozo ID	Sector	Coordenadas (WGS84)		Cota (msnm)	Diám. Hab.	Largo Final (m)	Unidad Monitoreada	Estado Actual	Ref.
		Este	Norte						
LNFMW-44		496.733	6.966.605	4.235	4"	9	Sedimento	sin bomba con LT	

Las coordenadas corresponden a las indicadas en cada informe revisado. En algunos casos fueron levantadas por topógrafo y en otros fueron levantadas con un GPS de mano en terreno.

3.3 Pozos para pruebas de bombeo

Desde el 2009 Kinross, ha construido un total de 5 pozos para pruebas de bombeo. Dos pozos, RPG-30 y RPG-21 fueron construidos durante la primera campaña de terreno (Golder 2011a) en las áreas de Ciénaga Redonda y Pantanillo respectivamente. Se construyeron dos pozos, RPG 49 y RPG 50 adicionales al norte de la vega Ciénaga Redonda durante la segunda campaña de terreno (Golder 2012) y un pozo, LNFTW 01, 5 km al norte del pozo de bombeo existente RA-1 (Golder 2015).

En todos los pozos excepto el pozo LNFTW-01 se realizaron pruebas de bombeo para determinar los parámetros hidráulicos locales del acuífero.

En la Tabla 3 se presenta un resumen de las características de los pozos para pruebas de bombeo y el sector en que se ubican. Se indica también el estado actual de los pozos que fue levantados durante una campaña de monitoreo que se realizó en Septiembre de 2014.

La ubicación de todos los pozos se presenta en el Mapa 1 del Anexo A.

Tabla 3: Características pozos para pruebas de bombeo

Pozo ID	Sector	Coordenadas (WGS 84)		Cota (msnm)	Diámetro Habilitación	Largo Final (m)	Unidad Monitoreada	Estado Actual	Referencia
		Este	Norte						
RPG-21	Pantanillo	494.532	6.961.973	4.274,65	12"	120	Sedimento	sin bomba con LT	Golder 2011a
RPG-30	Ciénaga Redonda – sector norte	499.553	6.998.123	3.930,75	12"	106	Roca + Sedimento	sin bomba sin LT	
RPG-49	Ciénaga Redonda – sector norte	498.980	6.999.699	3.917,00	16"	142	Roca + sedimento	sin bomba sin LT	Golder 2012
RPG-50	Ciénaga Redonda – sector norte	499.097	6.999.452	3.919,00	16"	100,9	Roca + sedimento	sin bomba sin LT	
LNFTW-01	Ciénaga Redonda – La Dormilona	497.519	6.969.465	4.195	14"	50	Sedimento	sin bomba sin LT	Golder 2015



3.4 Pruebas de bombeo

Desde el año 2009 Kinross ha realizado 7 series de pruebas de bombeo. Estas pruebas de bombeo consideraron una etapa con caudal variable de 1 hora de duración y una etapa con caudal constante de hasta 7 días. En todas las pruebas se midió el descenso del nivel en los pozos bombeado y en la todos los pozos y punteras cercanos.

Durante el estudio de línea base de Lobo Marte (Golder 2011a) se realizaron tres pruebas de bombeo en los pozos RPG-21 (Pantanillo), RPG-30 (Sector norte Ciénaga Redonda) y en el pozo existente Marte-1.

Para el estudio relacionado con el sector norte de la Vega Ciénaga Redonda (Golder 2012) se ejecutaron tres series de pruebas de bombeo. Las dos primeras se realizaron en los pozos RPG-49 y RPG-50. La tercera fue ejecutada considerando un bombeo simultáneo desde los dos pozos RPG-49 y RPG-50.

Finalmente, durante el estudio de caracterización del sector Pantanillo-río Astaburuaga (Golder 2015), se desarrolló una prueba de bombeo en el pozo ya existente RA-3.

3.5 Punteras

Con el objetivo de monitorear la evolución de los niveles de agua en las vegas se construyeron un total de 41 punteras en las tres campañas de terreno.

Durante la campaña de terreno relacionada con el estudio de línea base de Lobo Marte, 21 punteras fueron construidas entre el 28-04-2010 y el 11-07-2010 en los sectores de Laguna Santa Rosa (8 punteras), Vega Ciénaga Redonda (2 punteras), Quebrada Villalobos (9 punteras) y Vega Barros Negros (2 punteras). En esta ocasión, las punteras fueron excavadas en el borde de las vegas de manera no destructiva y se ubicaron a una profundidad máxima de 2,2 m. Para su construcción se utilizó un barreno manual, tubos de PVC ciego y ranurados de 1" de diámetro y gravas seleccionadas de 3 - 5 mm de diámetro, para rellenar el espacio anular.

Durante la segunda campaña de terreno (Golder 2012) se perforaron y habilitaron 6 punteras para monitoreo de niveles de agua en la vega Ciénaga Redonda. El objetivo de estos era servir de control y monitoreo del flujo de agua subsuperficial que ingresa a la vega. Estos pozos también fueron ubicados para ser utilizado como pozos de observación durante las pruebas de bombeo a desarrollar en el sector norte Ciénaga Redonda. La perforación de estos pozos de exploración se realizó mediante un barreno de perforación con motor, junto con excavación manual a pala. Se instaló una cañería protectora superficial de 8" para evitar el colapso de la excavación y se retiró posteriormente para facilitar la instalación de la habilitación con PVC de 3" de diámetro.

Durante la tercera campaña de terreno (Golder 2015) se realizó un total de 14 punteras mediante un auger manual en diámetro de 82 mm y un auger mecánico del mismo diámetro. Las primeras tres (manuales), se realizaron entre el 13 y el 14 de febrero de 2013 y las restantes 11 (auger mecánico) entre el 17 y el 26 de mayo de 2013. El diseño de habilitación incorporó PVC ranurado y ciego de 32 mm de diámetro en las 3 punteras instaladas en la vega La Dormilona y PVC ranurado y ciego de 50 mm de diámetro, en las restantes 11 punteras. En todas ellas se instaló en el espacio anular un filtro de gravilla inerte redondeada (2 a 4 mm de diámetro), y con sello de bentonita en pellets de 20 cm en la boca de la puntera. Para terminar se colocó un brocal con candado, rotulando el número de la puntera para su correcta identificación. En todas esta punteras excepto dos transductores de presión (LT) fueron instalados ara un monitoreo continuo del nivel

Desde Agosto 2014 hasta Marzo 2015 se ha realizado un monitoreo mensual de la punteras ubicadas en las vegas de Pantanillo, la Dormilona, Valle Ancho, Pantanillo Ancho y Barros Negros. En septiembre 2014 a solicitud de Kinross, personal de Golder ha realizado un monitoreo de las punteras ubicadas en la vega Ciénaga Redonda. En Diciembre de 2014, personal de Golder también realizó un levantamiento puntual de las punteras ubicadas en la Laguna Santa Rosa (M01 a M08), encontrando todas las punteras excepto M07.



INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS EN CIÉNAGA REDONDA Y PANTANILLO, 2009-2015

En la Tabla 4 se presenta un resumen de las características de las punteras y el sector en que se ubican. Se indica también el estado actual de las punteras cuando estas han sido levantadas en terreno durante los años 2014 y 2015.

La ubicación de todos los pozos se presenta en el Mapa 1 del Anexo A.

Tabla 4: Características de las punteras construidas

ID	Sector	Coordenadas GPS (WGS84)		Profundidad (m)	Estado Actual	Referencia
		ESTE	NORTE			
P01A	Vega Villalobos	494.116	6.988.409	1	No fue visitado	
P02A		494.143	6.988.310	1	No fue visitado	
P03A		494.243	6.989.114	1	No fue visitado	
P05A		494.578	6.991.030	1	No fue visitado	
P06A		494.807	6.990.627	1	No fue visitado	
P07A		495.726	6.991.005	1	No fue visitado	
P08A		497.373	6.990.756	0,45	No fue visitado	
P09B		497.666	6.990.912	1	No fue visitado	
P10B		498.198	6.990.817	0,5	No fue visitado	
P11A		Vega Ciénaga Redonda	499.659	6.996.122	1	
P12A	500.170		6.996.075	0,8	No fue visitado	
P13A	Vega Barros Negros	498.884	6.981.086	1	No fue visitado	
P14		499.663	6.981.386	1	No fue visitado	
M01	Laguna Santa Rosa	483.815	7.003.274	1,25	Puntera encontrada en terreno	
M02		484.288	7.004.376	1,25	Puntera encontrada en terreno	
M03		484.789	7.005.534	1,25	Puntera encontrada en terreno	
M04		485.384	7.006.873	1,25	Puntera encontrada en terreno	
M05		485.956	7.008.319	0,9	Puntera encontrada en terreno	
M06		484.559	7.004.241	2,16	Puntera encontrada en terreno	
M07		485.504	7.006.753	1,25	no encontrado en terreno	
M08		486.122	7.008.223	1,25	existente	
RPG-51	Vega Ciénaga Redonda	499.552	6.997.531	1,6	con LT	Golder 2012
RPG-52		499.642	6.996.955	1,9	con LT	



ID	Sector	Coordenadas GPS (WGS84)		Profundidad (m)	Estado Actual	Referencia
		ESTE	NORTE			
RPG-53		499.974	6.996.702	1,8	con LT	Golder 2015
RPG-54		500.163	6.996.150	1,8	con LT	
RPG-55		499.678	6.996.044	1,6	con LT	
RPG-56		499.552	6.996.437	2	con LT	
LNFMW-16	Barros Negros	499.041	6.981.002	1,15	con LT	
LNFMW-17		498.789	6.980.723	1,18	con LT	
LNFMW-18		498.378	6.980.767	1,1	con LT	
LNFMW-19		498.718	6.980.893	1,3	con LT	
LNFMW-20	Pantaniillo Ancho	499.125	6.973.519	1,04	con LT	
LNFMW-21		499.490	6.973.348	0,9	con LT	
LNFMW-22		499.748	6.974.017	1,48	con LT	
LNFMW-23		498.922	6.973.904	1,2	con LT	
LNFMW-33	Vega La Dormilona	497.095	6.969.200	1,07	sin LT	
LNFMW-34		497.045	6.969.040	0,8	con LT	
LNFMW-35		496.803	6.968.933	0,88	con LT	
LNFMW-36	Vega Valle Ancho	499.462	6.970.970	0,9	con LT	
LNFMW-37		499.701	6.970.649	1	con LT	
LNFMW-38		499.878	6.970.261	0,8	sin LT	

3.6 Estaciones fluviométricas

Durante el estudio de línea base (Golder 2011a), en la zona de influencia del proyecto Lobo Marte, se establecieron 10 puntos de medición continua de nivel de agua mediante transductores de presión de tipo Level Troll, los cuales se instalaron en enero 2010. La ubicación de estos puntos corresponde a las lagunas Negro Francisco y Santa Rosa, a las estaciones DGA más cercanas a la zona local del proyecto y a dos puntos de interés ubicados aguas abajo de vega Villalobos y aguas abajo de una vega en Pantaniillo.

El objetivo de los puntos de monitoreo definidos es poder registrar los niveles de agua de las lagunas y en los cursos de agua de manera continua. En los cursos de agua, los niveles de agua medidos son convertidos a registros de caudal continuo utilizando las curvas de descarga calculadas (Golder 2011a).

Durante la campaña de terreno que se desarrolló durante los años 2013-2015 (Golder 2015), se instalaron tres estaciones fluviométricas adicionales (EFM-02, EFM-03, EFM-04) con el objetivo principal de caracterizar la escorrentía superficial a lo largo del río Astaburuaga y su interacción con el acuífero sub-superficial. Adicionalmente, en la estación DGA en Astaburuaga, se instaló un transductor de presión con el objetivo de medir continuamente la altura de agua y contrastar con los registros diarios que toma el limnógrafo allí operado por DGA (EFM-05).



INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS EN CIÉNAGA REDONDA Y PANTANILLO, 2009-2015

Desde Agosto 2014 hasta Marzo 2015 Golder ha realizado un monitoreo mensual de las estaciones ubicadas en el río Astaburuaga y Laguna del Negro Francisco. En septiembre 2014 a solicitud de Kinross, personal de Golder ha realizado un monitoreo de todas las estaciones.

Los puntos de medición establecidos, su ubicación y breve descripción se muestran en la Tabla 5. Se indica también el estado de las estaciones a partir del levantamiento realizado en Septiembre de 2014.

Asimismo, en el Mapa 1 (Anexo A) se muestra la ubicación de dichos puntos de medición.

Tabla 5: Características estaciones fluviométricas

Punto monitoreo	Sector	UTM	UTM	Estado Actual	Referencia
		Norte [m]	Este [m]		
EFG-1	Laguna roja Negro Francisco	6.960.721	475.855	Level troll funcionando, se reubicó aguas adentro	Golder 2011a
EFG-2	Laguna verde Negro Francisco	6.960.612	476.278	Level troll funcionando	
EFG-3	Aguas abajo vega en Pantanillo	6.966.638	496.698	Sin troll, no hay estación DGA. Ya no corre agua por la estación	
EFG-4	Estación DGA - Valle Ancho, antes Barros Negros	6.984.053	499.499	Sólo estación DGA, troll desaparecido	
EFG-5	Estación DGA - Barros Negros antes junta Valle Ancho	6.983.902	499.901	Sólo estación DGA, troll dejo de funcionar	
EFG-6	Aguas abajo de vega Villalobos	6.990.933	498.659	Sin troll, no hay estación DGA.	
EFG -7	Estación DGA - Río Villalobos en Vertedero	6.990.626	497.024	Sólo estación DGA, troll desaparecido	
EFG-8	Estación DGA - Río Valle Ancho en La Barrera	6.997.788	499.493	Level troll funcionando y estación DGA	
EFG-9	Laguna Santa Rosa sur	7.003.548	483.773	Level troll funcionando	
EFG-10	Laguna Santa Rosa norte	7.003.983	483.783	Level troll funcionando	
EFM-02	Río Astaburuaga	6.958.167	489.441	Level troll funcionando	Golder 2015
EFM-03	Río Astaburuaga	6.958.559	490.049	Level troll funcionando, estación con daños leves	
EFM-04	Río Astaburuaga	6.962.079	494.353	Level troll funcionando	
EFM-05	Estación DGA - Río Astaburuaga	6.961.998	495.335	Level troll funcionando y estación DGA	



3.7 Barreras de nieve

Desde el año 2011, Kinross, con la autorización de CONAF, ha desarrollado un proyecto de construcción de barreras de nieve, que han permitido capturar y medir importantes cantidades de nieve, evitando su sublimación y aumentando la recarga de agua subterránea.

Durante esta campaña se construyeron 3 barreras de nieve de madera en Lobo Marte, Pantanillo y río Astaburuaga de dimensiones $400 \times 8.5 \times 4.46 \text{ m}^3$, $255 \times 19 \times 4.43 \text{ m}^3$ y $380 \times 21.5 \times 4.28 \text{ m}^3$, respectivamente.

Las barreras de Nieve de Pantanillo y río Astaburuaga contribuyen ambas a la recarga de agua subterránea en la zona de la vega Pantanillo. El Personal de CMM fue capacitado en temas relativos a la evaluación y medición de depósitos de nieve formados por acumulación producto de la instalación de Barreras de Nieve.

3.8 Monitoreo de niveles y calidad de aguas

Para el estudio de línea base para el reinicio y expansión del proyecto lobo marte Golder llevó a cabo una campaña de monitoreo y muestreo de agua superficial y subterránea de 1 año entre noviembre 2009 y noviembre 2010. Durante esta campaña se tomaron muestreos mensualmente a cada tres meses desde puntos de muestreo de agua superficial y pozos que fueron construidos para este efecto para establecer una línea base de calidad de aguas.

En Mayo de 2011 (Golder 2011b) y Marzo de 2012 (Golder 2013a) a solicitud de Kinross, Golder realizó campañas puntuales de monitoreo de niveles y muestreo de agua para análisis de calidad en una selección de pozos habilitados con bomba sumergida y puntos de muestreo de agua superficial en el sector de Ciénaga Redonda y Pantanillo.

En Abril de 2013, se realizó también un muestreo puntual de los pozos RPG-31, LNF MW 5A y LNF MW 5B. (Golder 20013b)

Desde Agosto 2014 hasta Marzo 2015 Golder ha realizado un levantamiento mensual del nivel de agua en los puntos de monitoreo superficial y subterránea (pozos y punteras) en el sector comprendido entre Barros Negros y el Llano Astaburuaga y ocasionalmente (última vez en Septiembre de 2014) en Ciénaga Redonda en el entorno al antiguo proyecto Lobo Marte.

3.9 Ensayos hidráulicos y de Infiltración en vega Pantanillo

Con el objeto de determinar la tasa de infiltración de los estratos más superficiales en la vega Pantanillo e investigar la continuidad lateral de una capa de ceniza observada en antiguos pozones, se procedió a realizar 7 Ensayos Porchet y 4 Ensayos de Infiltración en 5 puntos distribuidos a lo largo de la vega Pantanillo, durante los días 1 y 6 de mayo.

En el Anexo B se presenta un registro fotográfico de los ensayos de infiltración realizados.



4.0 RESUMEN DE LAS INVESTIGACIONES

Desde el 2009 Golder, a solicitud de Kinross, ha desarrollado varias campañas de investigación en el sector comprendido entre la parte sur del Salar de Maricunga y el Llano Astaburuaga durante cuales se han llevado a cabo las siguientes actividades en terreno:

- 1171 estaciones de sondeo geofísico de transiente electromagnético TEM y nanoTEM.
- 68 pozos de monitoreo alcanzando un total de 4868 metros perforados.
- 5 pozos para pruebas de bombeo.
- 7 pruebas de bombeo en los pozos RPG-21, RPG-30, Marte-1, RPG-49, RPG-50, RPG-49+RPG-50 (bombeo simultáneo), RA-3.
- 41 punteras.
- 14 estaciones fluviométricas.

A la fecha todavía quedan pendientes las siguientes actividades en terreno como parte de la caracterización hidrológica e hidrogeológica del sector Pantanillo-río Astaburuaga y que ya han sido autorizadas por las autoridades:

- 4 pozos de monitoreo en el sector del Llano Astaburuaga.
- 2 pozos para prueba de bombeo en el sector del Llano Astaburuaga.
- 4 estaciones fluviométricas.
- 9 punteras en los sectores de la laguna del Negro Francisco y el bofedal de la Gallina.



INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS Y GEOFÍSICAS EN CIÉNAGA REDONDA Y PANTANILLO, 2009- 2015

GOLDER ASSOCIATES S.A.

Thea McIntyre / María Fernanda Rojas
Hidrogeólogo/ Jefe de Proyecto

Juan Luis Fernandez
Gerente Manejo Aguas

TM/MFR/rg

Golder, Golder Associates y el logotipo formado por los símbolos GA junto al globo terráqueo son marcas registradas de Golder Associates Corporation.

r:\159\abierto\manejoaguas\1592155061 revision reportes autoridades\correspondencia\it\159 215 5061-it001_rev.b.docx

Archivo correlativo GASA 2015/IT029



ANEXO A

Mapa de Ubicación de las Prospecciones Hidrológicas e Hidrogeológicas



ANEXO B

**Registro fotográficos de las investigaciones hidrológicas y
hidrogeológicas realizadas en terreno entre el 2009 y el 2015**

Como una organización global, de propiedad de sus empleados y con más de 50 años de experiencia, Golder Associates se guía por nuestro propósito de aplicar la ingeniería para el desarrollo del mundo preservando la integridad de la Tierra. Ofrecemos soluciones que ayudan a nuestros clientes a alcanzar sus objetivos de desarrollo sostenible, brindándoles una amplia gama de servicios independientes de consultoría, diseño y construcción en las áreas de especialización del terreno, el medio ambiente y la energía.

Para mayor información, visite golder.com

África	+ 27 11 254 4800
Asia	+ 86 21 6258 5522
Australasia	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 356 21 42 30 20
Norteamérica	+ 1 800 275 3281
Sudamérica	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates S.A.
Magdalena 181, Piso 3
Las Condes
Santiago
Chile
T: +56 (2) 2616 2000

