



**PLAN DE MONITOREO ROBUSTO
RECURSO HIDRICO
CANTIDAD**

ABRIL 2015

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto Caserones, perteneciente a SCM Minera Lumina Copper Chile (MLCC) aprobado ambientalmente mediante RCA 013/2010 gestionará su abastecimiento de agua mediante un Plan de Manejo Dinámico (PMD) que tiene por objetivo adecuar los caudales en los puntos de extracción de aguas subterráneas de modo de propender a mantener los descensos de los niveles freáticos en los sectores de extracción dentro de los niveles proyectados por el modelo hidrogeológico desarrollado con este fin.

Esta metodología se basa en que MLCC posee 864,5 l/s en derechos de aprovechamiento subterráneos consuntivos, permanentes y continuos ubicados en la parte alta del valle de Copiapó, aguas arriba de La Puerta aprobados ambientalmente para ser utilizados como fuente de suministro para el proyecto Caserones. De estos se extraerá y bombeará el agua en un caudal que no supera 518 l/s promedio anual.

El PMD establece umbrales respecto de los descensos de los niveles de agua en los pozos de explotación y que al traspasarlos activan un conjunto de medidas y acciones que permiten controlar en forma temprana los caudales de extracción en los pozos donde se detecte un descenso excesivo.

Los descensos reales que se vayan observando se irán contrastando con los descensos Proyectados según lo previsto por las simulaciones del Modelo Hidrogeológico desarrollado por el Proyecto.

El Modelo Hidrogeológico trabaja con la información recolectada en el Plan de Monitoreo Robusto (PMR) asociado a la Cantidad que incluye aspectos hidrológicos e hidrogeológicos de los sectores 1 y 2.

El PMR permite monitorear el comportamiento de las aguas superficiales y subterráneas del acuífero, asociado a la zona alta de la cuenca del río Copiapó, en forma autosuficiente, zonificada y en forma continua.

El presente informe consolida las principales características del Plan Monitoreo Robusto (PMR) y del Plan de Manejo Dinámico (PMD) en cuanto a las mediciones y acciones que se requieren para su ejecución, como parte del plan de seguimiento necesario para manejar las extracciones de agua subterránea del Proyecto Caserones.

TABLA DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN1

2 OBJETIVOS4

3 PLAN DE MONITOREO ROBUSTO5

3.1 MONITOREO DE VARIABLES5

 3.1.1 Niveles Freáticos.....5

 3.1.2 Fluviometría5

 3.1.3 Nivel de Agua en Embalse Lautaro6

 3.1.4 Superficies Cultivadas.....6

3.2 INFRAESTRUCTURA DEL PMR6

 3.2.1 Áreas de Monitoreo6

 3.2.2 Pozos de Monitoreo9

 3.2.3 Estaciones Fluviométricas Nuevas19

 3.2.4 Instrumentación de Estaciones Fluviométricas DGA20

4 PLAN DE MANEJO DINÁMICO (PMD)22

4.1 MODELO HIDROGEOLÓGICO.....22

4.2 DESCENSOS PROYECTADOS22

4.3 UMBRALES DE ACTIVACIÓN23

4.4 OPERACIÓN.....23

5 REPORTABILIDAD26

6 REFERENCIAS27

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Pozos de Extracción del Proyecto.....	2
Tabla 2: Detalle de Pozos del PMR por área de Control.	13
Tabla 3: Coordenadas Estaciones Fluviométricas.	20
Tabla 4: Estaciones Fluviométricas Existentes.	21
Tabla 5: Pozos de Control de PMD.....	24
Tabla 6: Estrategia de Bombeo para periodo de simulación.....	30
Tabla 7: Caudales Explotación por Áreas	30
Tabla 8: Estrategia de periodo octubre 2013 – abril 2015	31

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de Áreas de Control y Pozos – Aguas Arriba Embalse Lautaro.....	14
Figura 2: Distribución de Áreas de Control y Pozos – Aguas Abajo Embalse Lautaro.....	15
Figura 3: Diseño de Pozo de Monitoreo.....	18
Figura 4: Caudal Pasante en el Sector La Puerta del Río Copiapó.....	32
Figura 5: Niveles simulados pozo PMR-03 (WE-05), periodo octubre 2013 – abril 2015.....	33

1 INTRODUCCIÓN

SCM Minera Lumina Copper Chile (MLCC) se encuentra operando el Proyecto Caserones, el cual se ubica en la Comuna de Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó, Región de Atacama. El yacimiento minero se encuentra ubicado aproximadamente a 160 km al sureste de la Ciudad de Copiapó, a una altura media de 4.300 m.s.n.m.

El Proyecto consiste en la producción y venta de concentrado de cobre, cátodos de cobre y concentrado de molibdeno. El mineral sulfurado extraído del rajo abierto Caserones es sometido a una etapa de chancado primario, para posteriormente ser procesado en una Planta Concentradora, en la que se realizan las operaciones de molienda y flotación.

Los minerales oxidados, mixtos y sulfuros de baja ley, son transportados hasta un depósito de lixiviación donde el mineral es lixiviado con una solución ácida que genera una solución que contiene cobre disuelto, el que se recupera en una Planta de Extracción por Solventes y Electro-obtención (Planta SX-EW), cuyo producto son cátodos de cobre que son transportados hasta su punto de embarque y/o comercialización.

La vida útil del Proyecto Caserones es de 28 años, finalizando la etapa de lixiviación en el año 2035. Por otra parte, la Planta Concentradora comenzó a operar en junio de 2014, continuando con su operación hasta el año 2040.

El proyecto Caserones se encuentra aprobado ambientalmente mediante RCA N°13/10 de la COREMA Región de Atacama.

Durante el proceso de evaluación ambiental MLCC comprometió medidas voluntarias relacionadas con la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Copiapó y a la sustentabilidad del aprovechamiento del recurso en el largo plazo.

El Proyecto consciente del escenario hídrico generado por la sobreexplotación del acuífero por parte de la totalidad de usuarios de la cuenca, ha hecho todos los esfuerzos técnicos para bajar su consumo de agua, llegando a 518 [l/s], destinados principalmente a su proceso de concentración de minerales, con un make-up proyectado equivalente a 0,34 [m³/t].

De los 864,5 l/s que MLCC posee en derechos de aprovechamiento subterráneos consuntivos, permanentes y continuos ubicados en la parte alta del valle de Copiapó, aguas arriba de La Puerta aprobados ambientalmente para ser utilizados como fuente de suministro para el proyecto Caserones. De estos se extraerá y bombeará el agua para abastecer el proyecto en un caudal que no supera 518 l/s promedio anual.

En la siguiente Tabla 1: Pozos de Extracción del Proyecto. se presentan las coordenadas, derechos de cada pozo y el caudal estimado a extraer durante la fase operación una vez alcanzada la capacidad de diseño del proyecto.

Tabla 1: Pozos de Extracción del Proyecto.

Pozos	Coordenadas UTM (PSAD 56)		Codigo	Derecho
	N	E		2014
Ramadillas - La Brea	6886990	437257	WP-01	10
Ramadillas - La Brea	6886990	437257	WE-01	0
Pulido	6889597	425955	WP-02	20
Pozos Remediacion La Brea (5)				28
Caserones (5)				6
Carrizalillo Grande	6885711	422851	WP-03	20
Carrizalillo Grande	6885993	423171	WP-04	15
Carrizalillo Chico 1	6886995	411523	CCH1	40,5
Carrizalillo Chico 2	6887388	411286	CCH2	15
Carrizalillo Chico 3	6887855	411084	CCH3	40
Carrizalillo Chico 4	6887955	410939	CCH4	26
Carrizalillo Chico 5	6889135	409940	CCH5	19
Prohens			PRD-1	55
Rodeo			PRD-2	25
Sub total Sector 1				319,5
Pozo Pesenti 1	6907193	401009	PPO-1	61
Pozo Pesenti 2	6907669	400828	PPR-1	19
Pozo Doña Berta	6908510	401230	PDB-1	100
Pozo El Linderos (ex-Oasis)	6909531	400560	PEL-1	60
Pozo El Retamo 2 (ex-Peppi)	6913174	398424	PER-1	55
Pozo Austral Fruit (Grossi)	6915661	397184	PAF-1	25
Pozo Nilahue	6918832	393100	PNI-1	25
Pozo Fundo El Fuerte	6921546	390023	PRE-3	100
Pozo Fundo El Fuerte	6921531	389939	PRE-2	100
Sub total Sectores 1+2				864,5

El sistema de suministro de agua fresca del proyecto Caserones está compuesta por 20 pozos emplazados en diferentes cotas y posiciones a lo largo de la cuenca de los ríos Copiapó, Pulido y Ramadillas. El tren de impulsión estará constituido por 6 estaciones de bombeo, con un trayecto aproximado de 110 [km] desde el pozo más alejado en el sector de Los Loros, ubicado aproximadamente en la cota 920 [msnm], generando una diferencia de 3.080 [m] de altura geográfica.

El agua es impulsada hasta una piscina de agua fresca que se ubicará en el sector La Brea de 45.000 [m³] de capacidad. Desde esta piscina, mediante dos estaciones de impulsión intermedias, se impulsa el agua hacia la piscina de distribución de agua fresca ubicada en Caserones (Plantas), con una capacidad de 27.000 [m³].

Todas las piscinas están construidas en excavación de tierra compactada con recubrimiento de geotextiles.

La autoridad ha solicitado a través de la RCA, que se desarrolle un Plan de Seguimiento ambiental para el recurso hídrico. Esta exigencia se expresa en el numeral N° 9 del considerando 12 Condiciones o Exigencias Específicas de la RCA como se muestra a continuación:

“En relación al monitoreo de todas las variables ambientales referidas a los recursos hídricos asociadas al proyecto, tanto en lo que se refiere al abastecimiento de agua desde las fuentes subterráneas ubicadas en

la zona alta de la cuenca del río Copiapó como a las obras y acciones susceptibles de generar algún grado de alteración en la calidad de las aguas existentes en la zona de emplazamiento del proyecto, el titular deberá presentar para su validación a la Dirección Regional de la DGA para su posterior validación por parte de la Autoridad Ambiental, un sistema de monitoreo robusto que contenga todos los antecedentes necesarios para efectos de llevar a cabo un adecuado **Plan de Seguimiento**”

Debido a lo anterior se ha desarrollado un Plan de Monitoreo Robusto (PMR) que permite monitorear tanto el comportamiento del acuífero, asociado a la zona alta de la cuenca del río Copiapó, como la calidad de las aguas superficiales y subterráneas asociadas al proyecto.

La primera versión del Plan de Monitoreo del Recurso Hídrico se presentó en el Anexo 28 de la Adenda 3 del EIA.

Tal como se estipuló en el Considerando mencionado, se presentó una nueva versión del Plan de Monitoreo a la Dirección General de Aguas (DGA) Región de Atacama, mediante Carta MLCC 132/2012 de fecha 30 de noviembre 2012. Posteriormente la DGA hizo llegar sus respectivas observaciones sobre el “Plan” al Servicio de Evaluación Ambiental, Región de Atacama según Ord. N° 470 de fecha 11 de julio de 2013. Estas observaciones se dividieron en aquellas “Sobre calidad de recursos hídricos” y “Sobre cantidad de recursos hídricos”.

Las respuestas de MLCC a las observaciones sobre cantidad del Recurso Hídrico se presentaron el 25 de octubre de 2013 mediante carta MLCC 136/2013. Adicionalmente, se presentó el 24 de enero de 2014 mediante carta MLCC 007/2014 un informe que recogía los acuerdos tomados en reuniones aclaratorias realizadas con la DGA en diciembre 2013.

La DGA emitió el 14 de febrero de 2014 el Ord. 151 en que se pronuncia conforme, con condiciones, con el PMR Cantidad presentado por MLCC.

La Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Atacama (CEA) validó, el 7 de marzo de 2014, mediante resolución exenta 064, el PMR del proyecto Caserones, sujeto a la conformidad con las condiciones establecidas por la DGA.

El 7 de abril de 2014, mediante carta MLCC 025/2014, MLCC comunicó a la CEA su conformidad con los compromisos establecidos en los Ordinarios N° 151/14 y 181/14 de la DGA Región de Atacama e indicó que para su cumplimiento se realizará una coordinación con la Dirección General de Aguas de manera de establecer tanto los alcances de dichos compromisos como su programa de cumplimiento.

Esta coordinación se materializó a través de varias reuniones durante 2014 con especialistas de la DGA que resulta en un programa detallado y preciso que permite dar cumplimiento a las condiciones bajo las cuales se expresó la conformidad al PMR.

El presente informe consolida las principales características del Plan Monitoreo Robusto (PMR) y del Plan de Manejo Dinámico (PMD) en cuanto a las mediciones y acciones que se requieren para su ejecución, como parte del plan de seguimiento necesario para manejar las extracciones de agua subterránea del Proyecto Caserones.

2 OBJETIVOS

El Anexo 27 de la Adenda 3 del EIA del proyecto Caserones “PLAN DE MANEJO DINÁMICO” indica el siguiente objetivo para el PMD:

... adecuar los puntos de extracción de aguas subterráneas de modo de propender a mantener los descensos de los niveles freáticos en los sectores de extracción dentro de los niveles proyectados por el modelo hidrogeológico presentado por el proyecto.

La aplicación de este Plan de Manejo Dinámico requiere de un **Plan de Monitoreo** el que se describe en el anexo 28 de la misma Adenda 3, en que se definieron los objetivos correspondientes al PMR, de los cuales, los relacionados con la Cantidad del recurso hídrico son:

1. Establecer el seguimiento de un Plan de Manejo Dinámico de las extracciones subterráneas del Proyecto que tiene por objeto no producir descensos por sobre lo estimado en el modelo hidrogeológico de la zona entre La Puerta y el Proyecto.
2. Monitoreo de los caudales de los ríos para implementar el conocimiento hídrico de la cuenca. Este monitoreo se efectuará mediante estaciones fluviométricas a implementar durante la etapa de construcción del Proyecto”

La información que se capture se utilizará en las revisiones de la calibración del modelo para simular con mayor exactitud el comportamiento del sistema acuífero cuando entre en actividad el proyecto y por otro lado se ampliará la base de información de la cuenca hídrica asociada.

De lo anterior se desprende que el “programa de monitoreo” genera la información necesaria para el Plan de Manejo Dinámico (PMD) desarrollado con la finalidad de gestionar el manejo de las extracciones de agua subterránea requerido para operar el proyecto Caserones. En este sentido el PMD propone las debidas acciones y medidas que se deben ejecutar, si en el acuífero se observan descensos significativamente mayores a lo estimado por el modelo hidrogeológico desarrollado para la zona de estudio.

3 PLAN DE MONITOREO ROBUSTO

El Plan de Monitoreo Robusto (en adelante PMR) busca realizar un seguimiento detallado de las variables principales que intervienen en el sistema hídrico asociado aguas arriba del sector La Puerta. Para ello se cuenta con un modelo hidrogeológico, el cual es la herramienta principal para la comprensión del sistema.

3.1 MONITOREO DE VARIABLES

El PMR busca obtener información consistente y robusta para evaluar el comportamiento del sistema hídrico y determinar el origen de las variaciones en los niveles freáticos y los caudales en La Puerta, para lo cual se implementará infraestructura que deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Instrumentado con equipamiento sofisticado
- Preciso, exacto, continuo y ágil
- Zonificado (en lugares con y sin influencia de terceros)
- Autosuficiente (idealmente complementado con información DGA)

Con este fin se recopilará información de extracciones de MLCC, niveles de pozos de monitoreo, superficies cultivadas, Fluviometría y niveles de agua en el embalse Lautaro.

3.1.1 NIVELES FREÁTICOS

Dada la importancia de contar con información suficiente y de calidad respecto de los niveles freáticos, el PMR considera:

- La implementación de 31 pozos de monitoreo (PMR) debidamente instrumentado con equipamiento que permita capturar datos en forma precisa y exacta además de visualizarlos en forma continua y ágil.
- Monitoreo de zonificación de pozos, constituida por 13 áreas las cuales permitan el seguimiento de pozos de bombeo con y sin influencia de terceros.

Respecto al segundo punto, se determinó la ubicación de los pozos de monitoreo en base a la zonificación de los sectores hidrogeológicos 1 y 2 (zona alta aguas arriba de La Puerta) del Río Copiapó. El detalle de la zonificación realizada se describe en el punto 3.2.1

3.1.2 FLUVIOMETRÍA

Dado la importancia de las interacciones en la descarga y recarga de los acuíferos productos de las aguas superficiales, es necesario conocer con detalle la fluviometría de la zona.

El río Copiapó escurre de acuerdo a una dirección general SE a NW, según una trama de tipo dendrítica secundaria. Los ríos en esta zona tienen mayoritariamente un régimen fluvial mixto con crecidas en invierno por lluvia y en verano por deshielo.

El escurrimiento del río Copiapó actualmente está influenciado por diversos factores de carácter antrópico: operación del Embalse Lautaro (desde 1939) y extracciones del agua mediante pozos, norias y canales para riego.

Para el control de la fluviometría de la zona de interés, se contempla recopilar la información disponible de la red fluviométrica de la DGA en la zona, sumado a la información que se recopilará de 5 nuevas estaciones a construir en el área de influencia del Proyecto Caserones. El detalle de las estaciones consideradas se describe en los puntos 3.2.3 y 3.2.4.

3.1.3 NIVEL DE AGUA EN EMBALSE LAUTARO

El Embalse Lautaro se construyó con la finalidad de regular los caudales afluentes a este, permitiendo su acumulación y su posterior entrega regulada para mejorar la seguridad del riego del sector agrícola.

El Embalse Lautaro se ubica a 15 [km] aguas abajo de las confluencias de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido y a 90 [km] aguas arriba de la ciudad de Copiapó en las coordenadas Norte: 6.904.150,3 y Este: 401.886,5

Se contempla un seguimiento mensual de los niveles del embalse, para ello se contempla registrar los valores directamente de las regletas limnimétricas existentes, se realizará una contrastación con los registro llevados por la Junta de Vigilancia del Río Copiapó.

La recopilación de los datos de niveles permitirá un mayor conocimiento respecto de la disponibilidad de aguas superficiales para la temporada de riego, así como también conocer los fenómenos de recarga del acuífero producto de las infiltraciones desde el Tranque.

3.1.4 SUPERFICIES CULTIVADAS

La alta demanda hídrica actualmente existente en el valle de Copiapó ha sido efecto principalmente del gran desarrollo agrícola verificado en la zona, destacándose las grandes superficies cultivada con parronales para la exportación de uva. Esta demanda de terceros será evaluada y la información obtenida será utilizada en la calibración del modelo hidrogeológico. Para lo anterior se utilizarán imágenes satelitales para determinar el aumento o disminución de las superficies cultivadas, y la determinación de consumos por tipo de cultivo. Las superficies se calculan mediante un software de SIG y se aplica la metodología propuesta por Giménez-Moreno et al. (2008).

3.2 INFRAESTRUCTURA DEL PMR

La infraestructura necesaria para la implementación el PMR contempla:

- Habilitación de 31 pozos de monitoreo distribuidos en 13 zonas, de manera de contar con mediciones automáticas, continuas y de fácil adquisición de la data (con chequeos de datos manuales).
- Construcción de 5 nuevas Estaciones fluviométricas.

3.2.1 ÁREAS DE MONITOREO

Para definir las áreas se seguirán algunos criterios de diferenciación Los criterios para diferentes sectores o áreas son los siguientes:

- Valle principal o valle lateral afluente
- Ancho del valle
- Pozos de bombeo de MLCC existentes en el sector
- Pozos de bombeo de Terceros en el sector
- Fluctuación de niveles
- Características hidrogeológicas generales (T, nivel estático, tipo de acuífero)

Un aspecto general de importancia es considerar cómo detectar y medir el efecto que se desea monitorear y en ese sentido se debe tener espacio para poder instalar piezómetros capaces de detectar los siguientes fenómenos:

- Descenso por bombeo de MLCC

- Descensos por bombeo de Terceros
- Descensos provocados por año hidrológico deficitario
- Descensos provocados por menor entrega de agua desde el Embalse Lautaro

Aguas arriba del Embalse Lautaro la definición de áreas es más sencilla ya que hay sectores donde solo hay pozos de bombeo de Terceros o solamente pozos de bombeo de MLCC, salvo en la confluencia del Río Jorquera.

Aguas abajo del Embalse Lautaro la situación es más compleja ya que no se pueden definir áreas con pozos de un solo usuario, MLCC o Terceros, por lo cual se ha escogido sectorizar preferentemente por características hidrogeológicas. Se advierte que existen sectores del valle que son más anchos con mejores condiciones hidrogeológicas por un mayor desarrollo del acuífero (áreas 8, 9, 10 y 11) y otros hacia aguas abajo con un valle más estrecho y probablemente un acuífero de menor potencia (áreas 12 y 13). La situación aguas abajo del Embalse Lautaro es de un uso intensivo del suelo cultivable y la existencia de muchos pozos de Terceros que dan la seguridad de riego que deben tener los cultivos de alto rendimiento.

Dada la dificultad de distinción de cuál o cuáles son los pozos que producen un determinado efecto, es de suma importancia poder monitorear los efectos del bombeo por riego que realizarán los Terceros en la próxima temporada de riego. Esta información permitiría tener un conocimiento muy valioso sobre el comportamiento del acuífero sin la influencia de MLCC en puntos específicos, antecedentes que serán críticos para determinar la incidencia real del bombeo de MLCC en los próximos años.

Respecto a los caudales bombeados por Terceros, se debe resaltar que actualmente MLCC, a solicitud de la DGA, se encuentra desarrollando un catastro que permita determinar las necesidades de riego de los diferentes predios agrícolas ubicados aguas arriba de La Puerta. Este catastro pretende contrastarse con los derechos de aprovechamiento, superficies cultivadas y necesidades hídricas prediales, de forma tal de contar con una herramienta objetiva de cuánto es la explotación real en el área de interés.

Por otro lado, las actualizaciones anuales del modelo hidrogeológico han considerado los cambios en las superficies cultivadas mediante el análisis de imágenes satelitales, con lo cual se realizan los ajustes necesarios a los caudales de explotación desde pozos.

Las áreas definidas para el PMR se presentan a continuación:

- ÁREA 1.** Esta área estará definida como Área Mina, y comprenderá el tramo conformado por el Río Ramadillas hasta su confluencia con el Río Pulido. En esta área solo hay pozos pertenecientes a MLCC y corresponde al sector donde se aplicará el capítulo Calidad del Agua del Plan de Monitoreo Robusto.
- ÁREA 2.** Corresponde al sector del fundo Carrizalillo que comprende al sector del Río Pulido entre la confluencia con el Río Ramadillas hasta 800 m aguas abajo del actual puente de acceso al campamento Carrizalillo. En el sector solo hay pozos de bombeo de MLCC y el monitoreo tiene como objetivo llevar un registro de los efectos del bombeo en el tiempo, sobre el acuífero del sector Carrizalillo, por lo que bastará con un pozo de monitoreo aguas abajo de los pozos de bombeo.
- ÁREA 3.** Abarca el tramo del Río Pulido desde 800 m aguas abajo del actual puente de acceso al campamento Carrizalillo hasta Quebrada Seca. En este tramo solo existen pozos de Terceros, por lo que el monitoreo de los niveles del agua subterránea deberá contar con un pozo de monitoreo a la entrada de este sector con el objetivo de llevar un registro de la influencia de la recarga por crecidas ya sea de lluvias o deshielo. Indicará la condición anual de entrada al valle en cuanto a fluctuación de niveles. En la confluencia con la Quebrada Seca se ha propuesto la instalación de pozos de monitoreo que dará cuenta de la influencia de los pozos de bombeo de Terceros existente en el Área.
- ÁREA 4.** Esta área inicia en Quebrada Seca y se extiende hasta 2 [km] aguas abajo de la estación fluviométrica de Pulido en Vertedero. La primera parte del área corresponde al campo de pozos de MLCC que ha denominado Carrizalillo Chico compuesto por los pozos Carrizalillo Chico 1 al 5 (CCH-1 al CCH-5), en este sector solo existen pozos de MLCC. Los efectos del bombeo del campo de pozos se controlarán mediante el pozo de monitoreo ubicado al final del Área 3 anterior y otro ubicado a unos 95 [m] aguas abajo del pozo de bombeo CCH-4. En el sector de aguas abajo solo existen pozos de terceros, cuya influencia será monitoreada mediante 2 pozos de observación del PMR.

- ÁREA 5.** Sector de confluencia de los ríos Pulido y Jorquera. En el valle del río Jorquera se ubica un pozo de terceros y uno de bombeo de MLCC, el control de niveles en esta zona se efectuará mediante 1 pozo de monitoreo, por el valle del río Pulido, antes de la confluencia existen 7 pozos de terceros y que serán monitoreados con 1 pozo, aguas abajo de estos se encuentra 1 pozo de bombeo de MLCC, el cual se monitoreara con 1 pozo.
- ÁREA 6.** Esta área se inicia aguas abajo de la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera y se extiende hasta el Embalse Lautaro, en ella solo hay pozos de terceros, los cuales se monitorearan con 2 pozos, uno ubicado a la entrada del área y el otro ubicado aguas abajo de todos los pozos de bombeo.
- ÁREA 7.** Esta área corresponde al valle del río Manflas. En este valle existen 8 pozos de terceros y ninguno de MLCC. Dadas las dificultades para el ingreso a la Hacienda Manflas, no se ha proyectado el monitoreo al interior del valle mismo, sino que se realizará un control de los niveles mediante un pozo ubicado antes de la descarga del río Manflas al Copiapó.
- ÁREA 8.** Corresponde al sector ubicado entre el Embalse Lautaro y el fundo Norte Verde, es decir, hasta aproximadamente 1,8 [km] aguas abajo del pie del muro del embalse. Este es un sector complejo debido a que además de existir pozos de bombeo de MLCC y de Terceros, los niveles están fuertemente influenciados por el embalse Lautaro.
- Inmediatamente aguas abajo del Embalse Lautaro solo existen pozos de terceros, los que se controlaran con 2 pozos de monitoreo, uno ubicado aguas arriba de los mismos y otro en las inmediaciones de ellos. Hacia aguas abajo se ubican 3 pozos de MLCC cuyo efecto se espera determinar con un pozo de monitoreo que cierra al área.
- ÁREA 9.** Abarca desde aguas abajo del fundo Norte Verde hasta aguas arriba de la junta del río Copiapó con la Quebrada Calquis. Es un sector pequeño, pero en él existen varios pozos de bombeo, tanto de MLCC como de Terceros, además su control permite diferenciarlo de las fluctuaciones que puedan presentar los aportes de la Quebrada Calquis.
- Para el control de descensos se ha determinado la ubicación de 3 pozos de monitoreo, uno aguas arriba de los pozos de bombeo de esta área, uno ubicado en la zona media y el tercero aguas abajo de todos los pozos de bombeo.
- ÁREA 10.** Esta área comprende desde la confluencia de la Quebrada Calquis con el río Copiapó hasta unos 3 kilómetros aguas abajo de la misma. En este sector existe solo un pozo de bombeo de MLCC, ubicado al inicio del área, el cual se monitoreará con un pozo, en tanto que hacia aguas abajo solo existen pozos de terceros, los cuales se monitorearan con 2 pozos, uno de la red DGA (Quebrada Calquis) y otro ubicado a la salida del área.
- ÁREA 11.** Esta área abarca desde aproximadamente 3 kilómetros aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Calquis con el río Copiapó hasta aguas abajo del pueblo San Antonio. En ella existen 2 pozos de bombeo de MLCC y varios pozos de Terceros, el control de los descensos se planea con 4 pozos de monitoreo, el primero de ellos a la entrada del área, que es el mismo de cierre del área anterior, un segundo pozo ubicado en las inmediaciones de los pozos de bombeo de Terceros de la zona más aguas arriba, un tercer pozo de monitoreo en las cercanías de uno de los pozos de MLCC y el cuarto pozo de monitoreo a la salida del área, el cual también servirá para el control de los pozos de Terceros ubicados cerca de la salida de esta área.
- ÁREA 12.** Corresponde al sector ubicado aguas abajo del Pueblo de San Antonio y hasta aguas abajo de Los Loros. En este tramo, MLCC cuenta con 3 pozos de bombeo y es el área donde más pozos de terceros existen. Para el control de los niveles se han definido 4 pozos de monitoreo al interior del área más el pozo de entrada que corresponde al mismo de cierre del área ubicada inmediatamente aguas arriba, de estos 5 pozos de observación, 3 de ellos corresponde a pozos de la red DGA (Pueblo San Antonio, Vegas El Giro y Escuela 17 Los Loros).
- ÁREA 13.** Esta última área de control se ubica aguas abajo de Los Loros y abarca hasta el sector de angostamiento de La Puerta. En esta área MLCC no posee pozos y existe solo un pozo de Terceros. El control de niveles se ha diseñado mediante el monitoreo con 2 pozos de observación, uno perteneciente a la red DGA (Fundo La Puerta) ubicado en las cercanías del pozo de Terceros y un pozos que cierre el área.

3.2.2 POZOS DE MONITOREO

Los pozos de monitoreo deberán entregar la información necesaria para poder determinar cuándo debe comenzar a operar el PMD, situación que estará condicionada a que los efectos causados por la operación de los pozos de MLCC, lleguen al umbral definido que dispara la aplicación del PMD.

3.2.2.1 Distribución de Pozos por Área de Control

En este apartado se indica la cantidad de pozos de monitoreo propuestos y su objetivo, en general se ha determinado que con entre tres y cuatro pozos es posible realizar un buen control del comportamiento de los niveles al interior de cada área. Se entrega la tabla de coordenadas de dichos piezómetros y su ubicación se entregará en el plano del área respectiva. También se indican los pozos de monitoreo pertenecientes a la red de monitoreo de la DGA que serán utilizados en la red propuesta.

ÁREA 1. Esta área está comprometida con el monitoreo de calidad del capítulo Calidad de Agua del Plan de Monitoreo Robusto, por lo cual no se considerará en este capítulo.

ÁREA 2. En esta área se han considerado 3 pozos:

Pozo PMR-01, ubicado antes de la confluencia de los ríos Ramadillas y Vizcachas de Pulido. En estricto rigor este pozo se ubica dentro del área 1, pero sirve como cierre del área 1 y como inicio del área 2.

Pozo PMR-02, ubicado inmediatamente aguas abajo del pozo WP-02, permitirá medir los efectos de este último.

Pozo PMR-03, ubicado aguas abajo del pozo WP-04, en el sector del campamento en Carrizalillo Grande, permitirá llevar un control de los efectos de los 2 pozos de bombeo en el sector del campamento (WP-03 y WP-04). Además sirve como pozo de control en el cierre del área.

ÁREA 3. Los pozos considerados para esta área son 3 y corresponden a los siguientes:

Pozo PMR-04, ubicado aproximadamente a un kilómetro aguas abajo de la confluencia del río Montosa con el río Pulido. Sirve como punto de control de inicio del área.

Pozo PMR-5, el que corresponde al pozo de la red de monitoreo DGA denominado Iglesia Colorada. Este se ubica en las cercanías de pozos de Terceros, por lo que permitiría observar los efectos producidos por esos bombeos.

Pozo PMR-6, correspondiente al pozo de la red DGA de nombre Quebrada Seca. Este pozo es el punto de cierre del área y el de inicio del área 4. Los pozos de bombeo más cercanos hacia aguas arriba están a más de 3 kilómetros de distancia, por lo permitirá obtener un buen registro de las condiciones a la entrada del área ubicada inmediatamente aguas abajo.

ÁREA 4. En esta área se puede diferenciar fácilmente la demanda de los pozos de MLCC, ubicados al inicio del área y los de Terceros, ubicados hacia la parte baja del área, con una separación por sobre los 3 kilómetros entre ellos. Los pozos considerados son los siguientes:

Pozo PMR-07, ubicado entre los pozos de MLCC denominados CCH-4 y CCH-5, permitirá observar los efectos de la batería de 5 pozos que MLCC posee en el fundo Carrizalillo Chico.

Pozo PMR-8, este pozo se ubica en las cercanías de los pozos de extracción de Terceros y permitirá determinar los efectos del bombeo de los mismos.

Pozo PMR-9, este pozo se ubica aguas abajo del último pozo de Terceros ubicado en esta área. Servirá para el control de cierre del área y como inicio del área ubicada inmediatamente aguas abajo.

ÁREA 5. Este sector será controlado por cuatro pozos de monitoreo.

Pozo PMR-9, si bien este pozo se ubica a la salida del área anterior, servirá también como control de niveles al inicio de esta área, esto dado que se planea ubicarlo a una distancia de alrededor de 1.5 kilómetros de los pozos de bombeo más próximos de esta área.

Pozo PMR-10, se ubica en el valle del río Jorquera, aguas arriba del punto de explotación de MLCC y de los de Terceros, de forma tal que entregue información respecto a las fluctuaciones del aporte subterráneo de la cuenca del río Jorquera.

Pozo PMR-11, Se ubica en el valle del río Pulido aproximadamente a 1 kilómetro antes de la confluencia con el río Jorquera. Este pozo permitirá determinar los efectos de los bombeos de Terceros, al ubicarse en el sector de mayor concentración de pozos de Terceros existente en esta área.

Pozo PMR-12, se ubica en la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera y en las cercanías del pozo de explotación de MLCC, permitirá determinar los efectos de dicho bombeo.

ÁREA 6. En esta área solo existen pozos de Terceros y se considera el control mediante 2 pozos de monitoreo.

Pozo PMR-13, Ubicado en la confluencia de los ríos Copiapó y Manflas, permitirá determinar las fluctuaciones a la entrada de esta área, dado que se encuentra alejado de los pozos de bombeo más cercano de esta área.

Pozo PMR-14, se ubica aguas abajo de todos los pozos de Terceros del área 6 y aguas arriba del Embalse Lautaro, permitirá determinar efectos de los bombeos de Terceros en esta área.

ÁREA 7. Esta área corresponde a la parte baja del valle del Río Manflas, donde solamente hay pozos de Terceros. El efecto del bombeo de estos pozos podrá ser monitoreado por el pozo PMR-13 localizado en la junta del Río Manflas con el Río Pulido.

ÁREA 8. Este sector es bastante complejo por la cantidad de pozos de bombeo tanto de Terceros y por los aportes del Embalse Lautaro. Se consideran 3 pozos de monitoreo para esta área:.

Pozo PMR-15. Ubicado inmediatamente aguas abajo del Embalse Lautaro, por lo que se ha determinado que el pozo de la red DGA denominado Embalse Lautaro es aquel que cumple con los requisitos necesarios.

Pozo PMR-16. Ubicado en las cercanías del campo de pozos de Terceros existente en esta área, permitirá registrar las fluctuaciones producto del bombeo de los pozos de uso agrícola del área.

Pozo PMR-17. Ubicado aguas abajo de los 2 pozos de MLCC existentes en esta área. En estricto rigor este pozo se ubica en la siguiente área de control, pero permitirá llevar un registro de fluctuaciones de niveles tanto a la salida del área 8 como al inicio del área 9.

ÁREA 9. Este sector, al igual que el anterior, es bastante complejo por la cantidad de pozos de bombeo tanto de MLCC como de Terceros. Se consideran 3 pozos de monitoreo para esta área:

Pozo PMR-17. Ubicado a la entrada del área y servirá para registrar las fluctuaciones de los pozos de MLCC Norte Verde ubicados aguas arriba en el área anterior.

Pozo PMR-18. Ubicado entre los pozos de bombeo de MLCC denominados PPO-1 y PPR-1, tiene el objetivo de controlar los efectos del bombeo de estos pozos.

Pozo PMR-19. Ubicado al cierre de esta área, aguas abajo de un pozo de bombeo de Terceros, permitirá establecer si los efectos del bombeo del área sobre los niveles se expanden hacia el área siguiente, por lo que también servirá como control de entrada del área siguiente.

ÁREA 10. Este sector, consta de 3 pozos de monitoreo además del pozo PMR-19 mencionado anteriormente como control de entrada de esta área. Los pozos considerados son los siguientes.

Pozo PMR-20. Ubicado aguas abajo del pozo de bombeo MLCC denominado PEL-1, permitirá evaluar los efectos del mismo.

Pozo PMR-21. Ubicado en la parte central de esta área, que es donde existe mayor concentración de pozos de Terceros. Por ubicación se ha determinado que el pozo de la red DGA denominado Quebrada Calquis tiene una ubicación ideal para estos efectos. Sin embargo podría ser reubicado de persistir problemas de servidumbre.

Pozo PMR-22. Ubicado al cierre de esta área, aguas abajo de un pozo de bombeo de Terceros, permitirá establecer si los efectos del bombeo del área sobre los niveles se expanden hacia el área siguiente. Además, también sirve como control de entrada del área 11.

ÁREA 11. Este sector, consta de 3 pozos de monitoreo además del pozo PMR-22 mencionado anteriormente como control de entrada de esta área. Los pozos considerados son los siguientes.

Pozo PMR-23. Se Ubicado aguas abajo del primer sector con pozos de Terceros, por lo que permitiría evaluar los efectos del bombeo de esos pozos.

Pozo PMR-24. Ubicado en las cercanías de los pozos de bombeo de MLCC denominado PAF, monitoreando su efecto sobre los niveles.

Pozo PMR-25. Ubicado al cierre de esta área, aguas abajo de dos pozos de bombeo de Terceros. Para ello se ha determinado que el pozo de la red DGA denominado Pueblo San Antonio cumple con la ubicación ideal para estos efectos. Sin embargo corresponde a un pozo influenciado por pozos de extracción de terceros. Se plantea su ubicación provisoria a la espera de su reubicación en el cierre del área en un lugar sin influencia de otros pozos.

ÁREA 12. Este sector, consta de 4 pozos de monitoreo.

Pozo PMR-26. Ubicado aguas abajo del primer sector con pozos de Terceros, por lo que permitiría evaluar los efectos del bombeo de esos pozos. El pozo elegido corresponde a uno de la red DGA denominado Vegas el Giro.

Pozo PMR-27. Ubicado en aguas abajo del primer pozo de MLCC de esta área, lo que permitiría evaluar los efectos del mismo sobre los niveles de agua subterránea.

Pozo PMR-28. Ubicado a la salida de la localidad de Los Loros, en el pozo de la red DGA denominado Escuela 17 Los Loros. Este pozo se encuentra muy cercano a otros pozos, por lo cual su nivel estático se encuentra afectado por depresiones dinámicas de dichos pozos, se considera aquí su ubicación provisoria a la espera de su reubicación en un sector sin influencia de terceros.

Pozo PMR-29. Ubicado casi a la salida o cierre del área, específicamente aguas abajo de los otros dos pozos que MLCC posee en esta área, servirá para monitorear los efectos del bombeo de estos pozos y determinar si este se expande hacia aguas abajo, a la siguiente área.

ÁREA 13. Este sector, consta de 2 pozos de monitoreo:

Pozo PMR-30. Ubicado aguas arriba del único pozo de bombeo de Terceros existente en esta área, con lo que se tendría el control de entrada al área.

Pozo PMR-31. Ubicado a la salida o cierre del área, antes del estrechamiento de La Puerta. Este pozo permitirá evaluar los efectos que puedan producirse a los niveles de agua subterránea justo antes de la estación fluviométrica Copiapó en La Puerta.

En la

Tabla 2: Detalle de Pozos del PMR por área de Control, se presentan los pozos que formarán parte del seguimiento de la cantidad de agua del Plan de Monitoreo Robusto Consolidado de MLCC. Entre ellos se incluyen los pozos construidos y la ubicación de dos pozos tentativos para los cuales se está negociando servidumbre. Por lo tanto estos pozos son indicados con sus coordenadas aproximadas. Finalizada la construcción de dichos pozos se reportarán las coordenadas definitivas.

La Figura 1: Distribución de Áreas de Control y Pozos – Aguas Arriba Embalse Lautaro, presenta la distribución de las áreas y los pozos de monitoreo con que contará cada una de ellas aguas arriba del embalse Lautaro, en tanto que la Figura 2: **Distribución de Áreas** de Control y Pozos – Aguas Abajo Embalse Lautaro, presenta lo que ocurre aguas abajo del embalse Lautaro.

Tabla 2: Detalle de Pozos del PMR por área de Control.

Plano	Área	POZO MONITOREO	NOMBRE POZO	Coordenadas UTM - WGS 84 (originales)		Coordenadas UTM - WGS 84		Observación
				Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	
1	1	PMR-01	WE-03	427.246	6.890.393	427.246	6.890.393	Monitoreo MLCC
	2	PMR-02	WE-04	425.771	6.889.222	425.771	6.889.222	Monitoreo MLCC
		PMR-03	WE-05	422.696	6.885.305	422.696	6.885.305	Monitoreo MLCC
	3	PMR-04	PMR-04	417.260	6.882.894	417.385	6.882.869	Monitoreo MLCC
		PMR-05	IGLESIA COLORADA	414.778	6.884.079	414.181	6.884.358	Monitoreo DGA
		PMR-06	QUEBRADA SECA	411.908	6.886.246	411.908	6.886.246	Monitoreo DGA
	4	PMR-07	PMR-07	410.352	6.888.173	410.796	6.887.704	Monitoreo MLCC
		PMR-08	PMR-08	407.509	6.891.655	407.583	6.891.898	Provisorio a reubicar, Monitoreo MLCC
		PMR-09	PMR-09	406.771	6.893.824	406.771	6.893.824	Monitoreo MLCC
	5	PMR-10	PMR-10	408.014	6.898.825	408.325	6.899.316	Monitoreo MLCC
		PMR-11	PMR-11	406.045	6.896.562	406.184	6.896.107	Provisorio a reubicar, Monitoreo MLCC
		PMR-12	PMR-12	405.383	6.897.192	405.383	6.897.192	Monitoreo MLCC
	6	PMR-13	PMR-13	403.785	6.899.009	403.785	6.899.009	Monitoreo MLCC
		PMR-14	PMR-14	403.288	6.902.733	403.112	6.902.507	Monitoreo MLCC
7	PMR-13	PMR-13	403.785	6.899.009	403.785	6.899.009	Monitoreo MLCC	
2	8	PMR-15	EMBALSE LAUTARO	401561	6904720	401.561	6.904.720	Monitoreo DGA
		PMR-16	PMR-16	400742	6905086	400.814	6.905.340	Monitoreo MLCC
	9	PMR-17	PMR-17	400892	6906529	400.663	6.906.278	Monitoreo MLCC
		PMR-18	PMR-18	400777	6907258	401.164	6.906.960	Monitoreo MLCC
		PMR-19	PMR-19	400688	6908702	400.637	6.908.593	Monitoreo MLCC
	10	PMR-20	PMR-20	400254	6909250	400.445	6.909.039	Monitoreo MLCC
		PMR-21	QUEBRADA CALQUIS	400091	6910120	400.091	6.910.120	DGA
		PMR-22	PMR-22	398464	6912199	398.424	6.912.262	Monitoreo MLCC
	11	PMR-23	PMR-23	397642	6914078	397.115	6.914.343	Monitoreo MLCC
		PMR-24	PMR-24	396834	6915036	396.848	6.914.822	Monitoreo MLCC
		PMR-25	PUEBLO SAN ANTONIO	396140	6915828	396.212	6.915.757	Provisorio a reubicar, Monitoreo DGA
	12	PMR-26	VEGAS EL GIRO	394770	6916872	394.770	6.916.872	DGA
		PMR-27	PMR-27	392528	6919159	392.467	6.919.167	Monitoreo MLCC
		PMR-28	ESCUELA 17 LOS LOROS	390841	6920955	391.056	6.921.027	Provisorio a reubicar, Monitoreo DGA
PMR-29		PMR-29	389569	6921495	389.540	6.921.393	Monitoreo MLCC	
13	PMR-30	FUNDO LA PUERTA	388900	6923418	389.047	6.922.720	Monitoreo MLCC	
	PMR-31	PMR-31	388931	6923734	388.838	6.923.778	Monitoreo MLCC	

Figura 1: Distribución de Áreas de Control y Pozos – Aguas Arriba Embalse Lautaro.

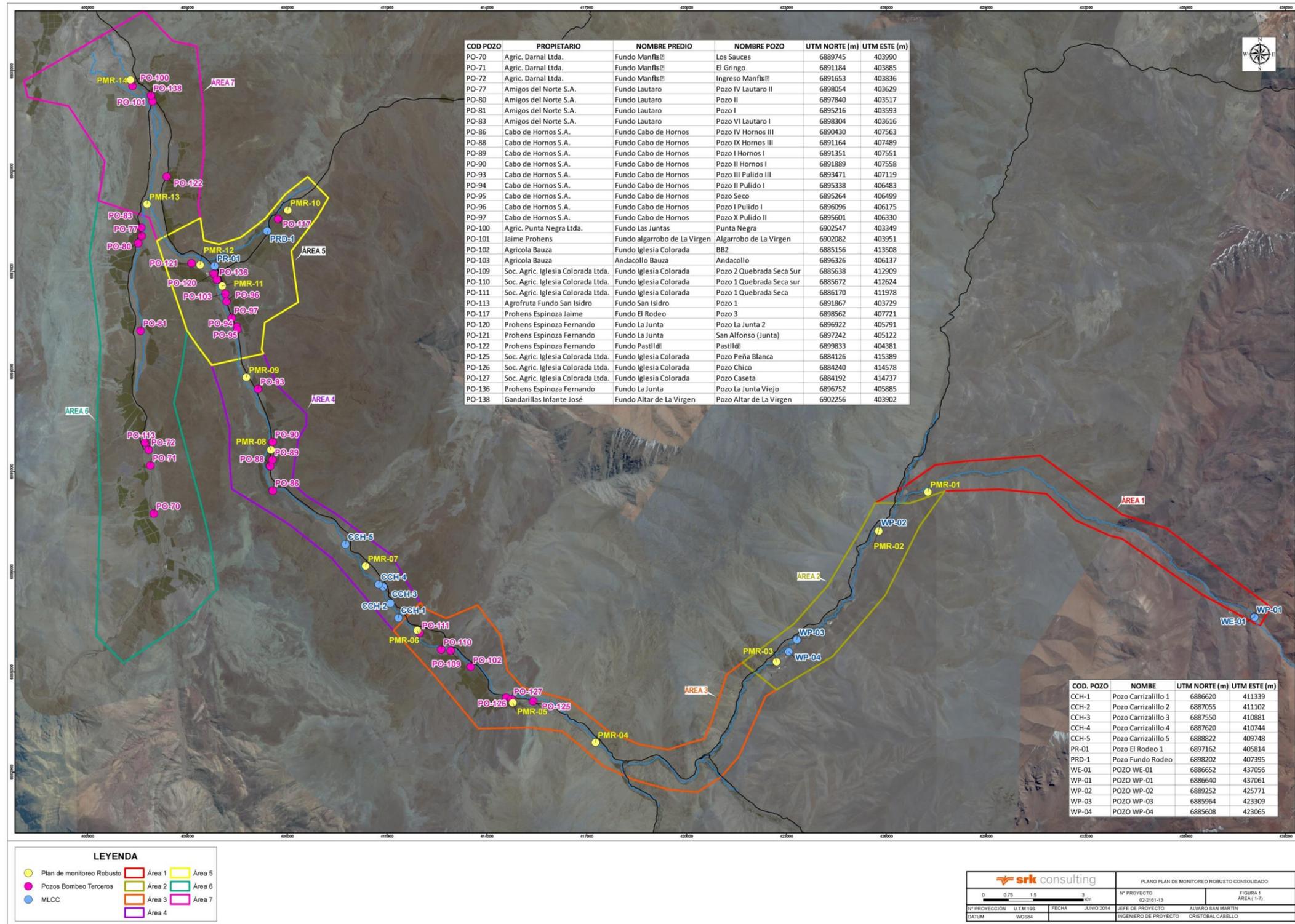
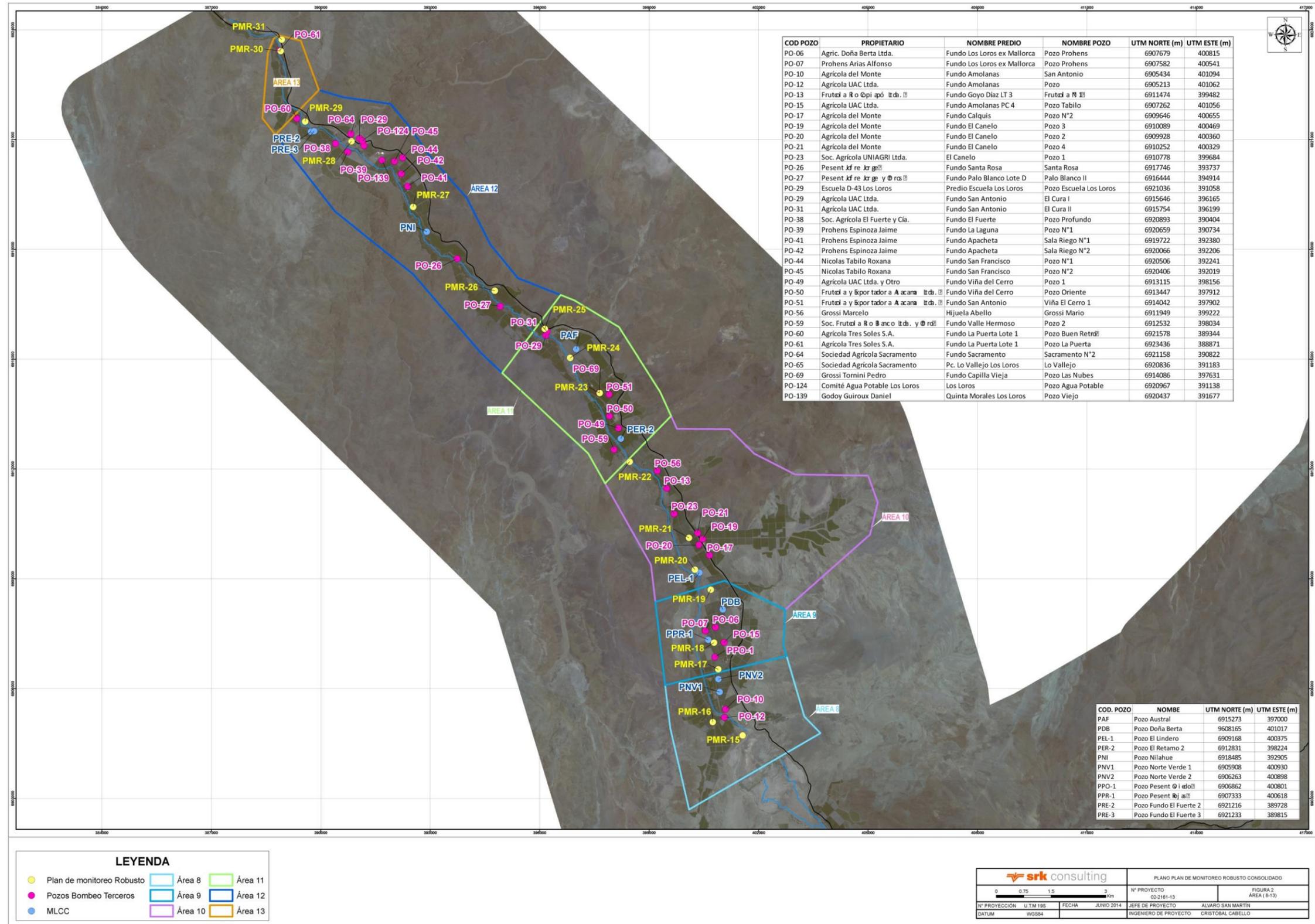


Figura 2: Distribución de Áreas de Control y Pozos – Aguas Abajo Embalse Lautaro.



3.2.2.2 Características de los Pozos de Monitoreo

A continuación se detallan las características de los pozos de monitoreo, tanto en sus aspectos constructivos, de control de niveles, de instrumentalización y de manejo de base de datos.

Características Constructivas Generales

En los pozos nuevos de monitoreo debe ser posible la medición de su nivel freático, independiente de las oscilaciones que pueden presentar debido a los cambios estacionales o bombeos existentes. En este sentido, la profundidad de estos pozos es de aproximadamente 20 m bajo el nivel freático mínimo estimado mediante el modelo en cada zona.

La perforación se realizó en seco, con el objetivo de detectar las ocurrencias de agua, lo que puede ayudar a definir la habilitación del pozo. El diámetro mínimo de perforación es de 7^{7/8}" y no se utilizaron aditivos.

Una vez terminada la perforación, se instaló un sello impermeable (mezcla de cemento y bentonita) en la base del sondaje para impedir conexiones del nivel saturado superior con posibles niveles subyacentes saturados. Este sello tiene aproximadamente un metro de espesor.

La habilitación de estos pozos se realizó mediante PVC con tramos ciegos y ranurados de 6 m, siendo la ranuración de fábrica con 1 mm de abertura. Las especificaciones necesarias para esta habilitación son:

- Tubería de PVC tipo Johnson
- Schedule 80, con tramos ranurados de Slot 40 y punta de lápiz de fondo
- El tramo ranurado localizado frente a los estratos permeables de la zona saturada
- Los tramos de tubería están unidos mediante rosca (macho-hembra) y aplicación de adhesivos del tipo "vinilit".

Para el diámetro de la habilitación de estos pozos, se considera un mínimo de 3" con la finalidad de que, ante cualquier eventualidad, puedan ser purgados y/o muestreados con una bomba de bajo caudal.

El espacio anular, entre las paredes de perforación y la tubería de habilitación, fue relleno con gravas redondeadas, seleccionada y sin presencia de material calcáreo, con un diámetro que varía entre 2 y 5 mm.

Una vez inyectadas las gravas seleccionadas en el espacio anular, se realizó el desarrollo del pozo con el fin de eliminar el material fino que puede impedir el ingreso de agua subterránea hacia el pozo.

El desarrollo contempla el soplar o inyectar agua a presión mediante barras de menor diámetro (1" o 2") que la tubería del pozo. En el momento que se aprecia que el agua sale limpia a la superficie, se dio por finalizado el ensayo.

Los primeros tres metros del espacio anular y, como mínimo a un metro sobre el tramo ranurado a mayor cota, se rellenan con material impermeable (mezcla de cemento con bentonita) para evitar infiltraciones desde la superficie y que pueden entrar en contacto con las aguas subterráneas. La parte superior del piezómetro se ubica aproximadamente a 1 m sobre la superficie. La tubería de PVC va dentro de una tubería de protección, la cual es de acero para evitar roturas del piezómetro. Ambas tuberías tienen tapa, instalándose un candado en la tubería de protección.

Para fijar la tubería de protección, se construyó un brocal de concreto de 1 m x 1 m x 0,4 m, quedando la tubería aproximadamente a 0,8 m sobre el brocal. En los bordes del brocal se instalaron hierros de aproximadamente 1 m de alto para la protección del pozo.

En la Figura 3: Diseño de Pozo de Monitoreo, se presenta una habilitación tipo para los pozos de monitoreo.

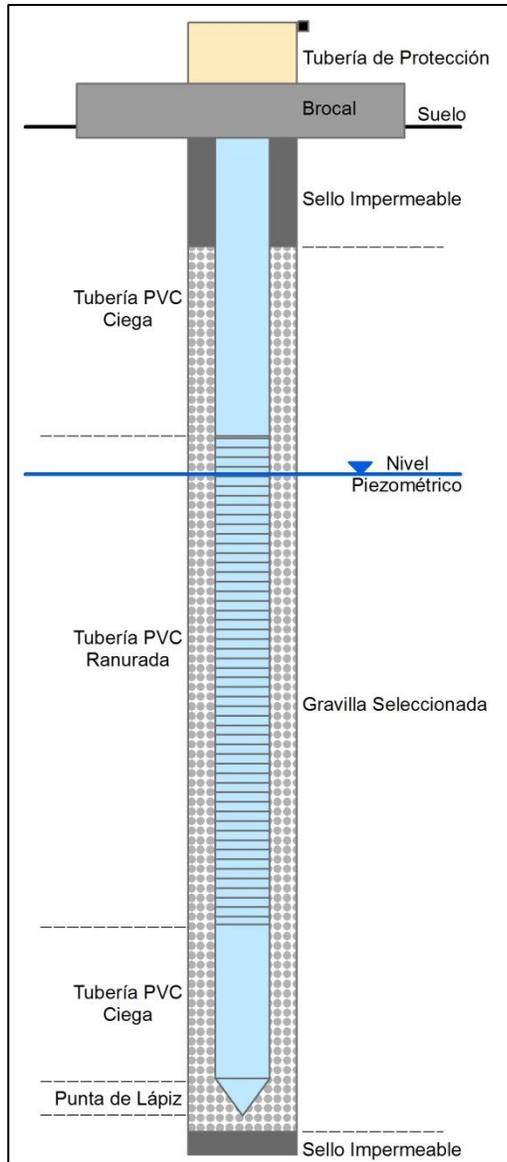


Figura 3: Diseño de Pozo de Monitoreo.

Instrumentación de los Pozos de Monitoreo

Todos los pozos de monitoreo contarán sensores electrónicos de nivel y transmisión continua hacia portan WEB, el cual permitirá obtener la información digitalizada. Para resguardo de los registros ante eventuales problemas de transmisión se consideró la instalación de levellogger, los cuales serán descargados con frecuencia mensual.

Chequeo de Niveles

Una vez finalizada la construcción e implementación de instrumentación en línea se procederá al chequeo de niveles mediante sonda de hidronivel, mediciones que serán registradas. Se considera una periodicidad mensual para el chequeo de niveles.

Los pasos a seguir para la medición mensual de cada punto son los siguientes:

- Una vez en el punto de medición, se registrará en hoja de control de nivel la información relativa al pozo, tal como identificación y estado en que se encuentra. Cualquier anomalía en los alrededores del pozo debe ser anotada en las observaciones (acopios, movimiento de tierra, acumulación de desperdicios, anegamientos, erosión, nuevas construcciones, etc.).
- Antes de cada medida, se realizará un control de sensibilidad que ayudará a encontrar el nivel de las alarmas sonora y luminosa adecuadas para la medición. Este control se hará fuera del pozo.
- Posteriormente, y antes de ingresar la sonda en el punto de monitoreo, la sonda será limpiada con agua deionizada para evitar contaminación cruzada.
- Abierta la tubería de protección y sacado el tapón de la tubería de PVC, se instalará la guía de la cinta en el punto fijado en la tubería.
- Se ingresará la cinta al pozo por la guía con la finalidad de medir el nivel freático en el centro del pozo y evitar lecturas falsas por humedad o cascadas en la tubería. La guía también tiene como objetivo proteger la cinta de medición ya que el roce con los bordes de la tubería pueden dañarlo o desgastarlo acortando su vida útil.
- Activada las alarmas sonora y luminosa debido al contacto con el agua, se confirmará la medición con a lo menos tres medidas más, y desde abajo (zona saturada) hacia arriba (zona no saturada).
- La medida confirmada será anotada en la "Hoja de Terreno", junto con la hora de la medida y las observaciones que se pueda tomar de cada punto. Si la medida difiere exageradamente de las medidas anteriores, se deberá tomar nuevamente siguiendo el procedimiento indicado y dejar constancia de la diferencia en las observaciones. Medidas diferentes a las anteriores no significan necesariamente un error ya que el nivel freático es variable en el tiempo.
- Terminada la medición y cerrada la tubería de protección, la sonda deberá ser limpiada para evitar contaminación cruzada en el próximo punto medido.

Es importante realizar estas mediciones con la misma sonda hidronivel, teniendo en cuenta su código que quedará explícita en el registro de medición de nivel. Si por algún motivo se debe cambiar la sonda, esto quedará descrito tanto en la base de datos como en la información de terreno. Además, se compararán los metrajes de ambas sondas de hidronivel con la finalidad de confirmar las posibles diferencias de medidas de nivel que puedan existir.

3.2.3 ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS NUEVAS

Con el objetivo de levantar la mejor información respecto de caudales en los cauces de la zona del proyecto y aumentar el conocimiento hidrológico de la Cuenca del Valle de Copiapó, MLCC se ha comprometido en su EIA a la construcción de cinco estaciones fluviométricas. Estas estaciones se ubicarán principalmente sobre el Río Ramadillas en el área de influencia del proyecto, en el río Pulido y aguas arriba de las confluencias del río Pulido, en los ríos El Potro y Montosa.

La ubicación de las 5 estaciones fluviométricas y las coordenadas UTM definitivas, Datum WGS 84, se muestran en la Tabla N° 3

Tabla 3: Coordenadas Estaciones Fluviométricas.

Nombre Estación	Ubicación	Cauce a Intervenir	Coordenadas UTM*		Cota (msnm)
			Norte (m)	Este (m)	
Estación Fluviométrica N° 1 Río Ramadillas Sector 1	Río Ramadillas (aguas arriba de Estación N°2)	Río Ramadillas	6.878.997	444.874	3.291
Estación Fluviométrica N° 2 Río Ramadillas Sector 2	Río Ramadillas, antes de la confluencia con el río Vizcachas de Pulido	Río Ramadillas	6.890.579	427.365	2.162
Estación Fluviométrica N° 3 Río del Potro	Río Del Potro, antes de la Junta con el Río Pulido	Río del Potro	6.881.836	421.015	2.163
Estación Fluviométrica N° 4 Río Montosa	Río Montosa, antes de la junta con el Río Pulido	Río Montosa	6.881.134	419.095	1.747
Estación Fluviométrica N° 5 Río Pulido	Río Pulido	Río Pulido	6.882.627	417.614	1.651

* Datum WGS 84 Huso 19

La construcción de las estaciones fluviométricas implica que se tendrán que intervenir y modificar los cauces naturales de los respectivos ríos, necesitando para ello la debida autorización por parte de la DGA, en cumplimiento con lo establecido en los artículos 41 y 171 del Código de Aguas.

En términos de sus características constructivas, las estaciones fluviométricas proyectadas corresponden a estructuras de hormigón que se insertarán en los cauces de los ríos Ramadillas, del Potro, Montosa y Pulido, con el objetivo de obtener antecedentes de los caudales diarios, mensuales y anuales. Esta información permitirá hacer el balance hídrico de la cuenca donde se emplaza el Proyecto Caserones.

Las obras y estructuras de hormigón armado fueron diseñadas de acuerdo a los estándares de la Dirección General de Aguas. Dichas estructuras se denominan mixtas, permitiendo la lectura de caudales de estiaje y de crecidas.

La captura de los datos se realizará a través de un sistema automático que estará funcionando en cada estación y que permitirá la recepción remota de los datos generados. Es decir que cada una de las estaciones mencionadas contará con un sistema de medición y recolección de datos a través de un sistema de datalogger y una plataforma satelital capaz de transmitir los datos en tiempo real sin la necesidad de hacer una medición in situ. Estas mediciones consideran las directrices utilizadas por la DGA.

3.2.4 INSTRUMENTACIÓN DE ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS DGA

La DGA, tiene estaciones fluviométricas en la zona de Pastillo, aguas arriba del Embalse Lautaro y en La Puerta, como se mencionaba anteriormente, ambas zonas son de gran interés tanto para la autoridad como para el Proyecto Caserones, debido a las características hidrológicas e hidrogeológicas presentes en ambos puntos.

Pastillo corresponde al punto de aforo donde se mide el caudal que tiene el río Pulido luego de sumarse los escurrimiento desde todos los afluentes tributarios. Así, se tiene una noción real del volumen del río justo antes de que empiece a infiltrarse en su recorrido previo al embalsamiento en Lautaro, debido a la alta permeabilidad de los suelos en la zona.

La Puerta es un punto de afloramiento de las aguas subterráneas, incorporándose éstas a las aguas superficiales, por lo que la medición en este punto permite conocer los volúmenes de agua tanto del sistema acuifero como de escorrentía superficial, lo que permite estimar el volumen de agua que se infiltra en esta zona.

Los datos recogidos son importantes también como variables que puedan incorporarse en el modelo hidrogeológico desarrollado.

La Tabla N° 4 muestra la ubicación y los períodos de registro de las estaciones.

Tabla 4: Estaciones Fluviométricas Existentes.

Estación	Años de Registro		Ubicación		
			Latitud S	Long. O	Altitud (msnm)
Jorquera en Vertedero	1970-2013	43	28° 02'	69° 57'	1.250
Pulido en Vertedero	1970-2013	43	28° 05'	69° 56'	1.310
Manflas en Vertedero	1964-2013	47	28° 08'	69° 59'	1.550
Copiapó en Lautaro	1970-2013	38	27° 58'	69° 59'	1.200
Copiapó en Pastillo	1970-2013	43	28° 00'	69° 58'	1.300
Copiapó en La Puerta	1974-2013	38	27° 48'	70° 08'	758

Fuente: DGA.

En virtud de ello se contempla utilizar la información recopilada por la DGA, continuar las mediciones mensuales de caudales que MLCC ha venido realizando desde 2009, agregar 5 estaciones fluviométricas adicionales a las existentes (compromiso voluntario propuesto en la RCA del proyecto) y realizar la instalación de instrumentación que permita el monitoreo continuo de flujos en las estaciones de la DGA en Pastillo y La Puerta.

4 PLAN DE MANEJO DINÁMICO (PMD)

El objetivo del PMD es “adecuar los puntos de extracción de aguas subterráneas de modo de **propender a mantener los descensos de los niveles freáticos en los sectores de extracción dentro de los niveles proyectados por el modelo hidrogeológico** desarrollado por el Proyecto Caserones para el sector comprendido entre las instalaciones del proyecto y La Puerta.”

El PMD trabaja con la información recolectada en el Plan de Monitoreo Robusto (PMR) que se utiliza para la actualización / validación con frecuencia anual del modelo hidrogeológico.

El objetivo principal del modelo hidrogeológico es proyectar los efectos en los puntos de control para luego proceder con la contrastación con los valores registrados (medición de niveles y aforos de caudales) producto de la extracción de los pozos por parte de MLCC.

4.1 MODELO HIDROGEOLÓGICO

El modelo hidrogeológico desarrollado es una de las herramientas principales para entender el comportamiento del sistema acuífero existente en el área del proyecto. La alimentación del modelo matemático requiere de toda la información que se pueda incorporar respecto de las características de la zona y principalmente de los registros de niveles de aguas subterráneas y caudales superficiales.

El proceso de calibración del modelo consiste en reproducir en este los niveles del agua subterránea medidos en terreno en el valle del río Copiapó para el período inmediatamente precedente.

En consecuencia, el modelo calibrado se utiliza para proyectar niveles y caudales futuros, los cuales serán la base de comparación de los efectos monitoreados mensualmente.

En Anexo C se incluye el respaldo del modelo hidrogeológico.

4.2 DESCENSOS PROYECTADOS

El Plan de Manejo entregado por MLCC en el EIA considera realizar el bombeo de los pozos de MLCC de tal forma que no se produzcan descensos mayores al umbral de activación del PMD descritos en el punto 4.3, de lo contrario se activará la redistribución de caudales (PMD). Tampoco el efecto corregido en La Puerta derivado de la operación de pozos de MLCC podrá superar el umbral establecido en punto 4.3.

Se debe tener presente que tanto la fluctuación de niveles de agua subterránea como el caudal del río Copiapó en La Puerta no son dependiente solamente del bombeo de los pozos sino que de diversos factores, siendo la explotación por bombeo uno de ellos. La fluctuación de los niveles del agua subterránea, aguas arriba del Embalse Lautaro, será dependiente del bombeo y del caudal del río que recarga el acuífero por estar en contacto con él. A su vez el caudal del río es dependiente de las precipitaciones en la cuenca que de ser mayoritariamente pluviales provocarán crecidas en invierno, en cambio si las precipitaciones nivales son las predominantes, las mayores crecidas se producirán en la época de deshielo (octubre a diciembre). Aguas abajo del Embalse Lautaro, los niveles del agua subterránea serán dependientes de la forma de funcionamiento del embalse y del volumen de las extracciones por bombeo.

Sin embargo, a pesar de lo planteado y de la evidencia de que estas otras variables también inciden en los niveles y caudales recuperados del río Copiapó. Utilizando el modelo hidrogeológico debidamente actualizado y calibrado se modelaran los escenarios con y sin bombeo de MLCC y con ello se obtendrán los niveles proyectados para cada pozo del PMR y los caudales proyectados en la Puerta. De esta forma se da cumplimiento a la observación de la autoridad de considerar a las extracciones de MLCC como la única variable del sistema.

A partir de los niveles proyectados para los casos con y sin bombeo de MLCC, se construirán las curvas de descensos proyectados para cada pozo del PMR.

Las proyecciones para las condiciones con y sin proyecto de MLCC serán entregados a la autoridad pertinente dentro de los 5 primeros días del mes de Abril de cada año, de modo que la autoridad tenga las herramientas de control en forma actualizada año a año.

4.3 UMBRALES DE ACTIVACIÓN

Niveles

$$Se\ activa\ PMD\ si\ \left\{ \begin{array}{l} \frac{(DR_{i,t} - DP_{i,t})}{DP_{i,t}} \times 100 > 20\% \\ DR_{i,t} - DP_{i,t} > 1[m] \end{array} \right.$$

Donde:

$DR_{i,t}$: Descenso registrado para el pozo de control i del PMR en el mes t .

$DP_{i,t}$: Descenso Proyectado para el pozo de control i del PMR en el mes t .

Caudal

El modelo hidrogeológico determinará el efecto de las extracciones de MLCC sobre el caudal en La Puerta,

Si el efecto corregido sobre el caudal en La Puerta, supera los 310 l/s, MLCC aportará hasta 18 l/s de dos maneras posibles

- Disminuyendo el consumo a 500 [l/s], o
- Incrementando el aporte de agua desalada en 18 [l/s].

Si se opta por la entrega adicional de 18 [l/s], una vez activada se mantendrá mientras la afectación sea mayor a 328 [l/s].

4.4 OPERACIÓN

Para una adecuada comprensión de la operatividad del PMD se deben definir lo siguiente:

Pozo de Análisis: Corresponden a pozos del PMR construidos para poder diferenciar los efectos producto de los pozos de extracción, sean ellos de terceros, de MLCC o en conjunto. Entendiendo que la ubicación de los pozos fue la mejor posible de ejecutar, se debe mencionar que no todos ellos logran monitorear efectos diferenciados por usuarios. En estos casos se implementará un modelo simplificado que explique las interacciones entre los pozos.

Pozo de Control: Corresponden a pozos del PMR que cierran cada una de las 13 áreas de monitoreo, el ideal es que estos pozos de control no se encuentre influenciados, de forma que permitan medir el real efecto sobre el acuífero, sin embargo en aquellos casos en que dichos pozos se encuentren influenciados se aplicará un modelo simplificado que explique las interacciones entre pozos.

En la Tabla 5: Pozos de Control de PMD, se detallan los 13 pozos de control en los cuales se verificará los umbrales de activación del PMD, sin embargo de ellos solo 8 pozos pueden gatillar la aplicación directa del PMD y corresponden a los pozos PMR-01, PMR-03, PMR-09, PMR-12, PMR-19, PMR-22, PMR-25 y PMR-29 correspondientes a los pozos de cierre de las áreas de monitoreo donde MLCC posee pozos de extracción. No obstante lo anterior, la verificación de umbrales se realizará para todos los pozos de control de manera de monitorear los efectos producto de las extracciones de terceros como de MLCC.

Tabla 5: Pozos de Control de PMD.

Área	POZO MONITOREO	Coordenadas UTM - WGS 84		Condición	Verificación Umbral de Activación PMD
		Este (m)	Norte (m)		
1	PMR-01	427.246	6.890.393	No Influenciado	Directa
2	PMR-03	422.696	6.885.305	No Influenciado	Directa
4	PMR-09	406.771	6.893.824	No Influenciado	Directa
5	PMR-12	405.383	6.897.192	No Influenciado	Directa
9	PMR-19	400.637	6.908.593	No Influenciado	Directa
10	PMR-22	398.424	6.912.262	No Influenciado	Directa
11	PMR-25	396.212	6.915.757	Influenciado	Modelo Simplificado
12	PMR-29	389.540	6.921.393	Influenciado	Modelo Simplificado

La activación del PMD gatilla un conjunto de medidas y acciones tendientes a controlar la desviación, buscando mantener el nivel freático dentro del rango del nivel proyectado por el modelo hidrogeológico.

La verificación de cumplimiento se realizará al finalizar cada mes y en caso de activarse el PMD, se generan las siguientes acciones:

- 1) Se procederá a la redistribución de caudales, disminuyendo el caudal de extracción de uno o más pozos de MLCC en el área de monitoreo hacia zonas no afectadas por la activación del PMD, de forma de corregir la desviación propendiendo a mantener los niveles freáticos dentro del rango de los niveles proyectados por el modelo.

La metodología para definir la disminución de caudal en el área motivo de la activación del PMD es la siguiente:

- a) Se determinará la tasa de descenso corregida para no sobrepasar el descenso proyectado en t+1, como sigue.

$$\Delta Dc_{i,t} = \frac{DP_{i,t+1} - DR_{i,t}}{N^\circ \text{ dias Mes}}$$

Donde:

$\Delta Dc_{i,t}$: Tasa de descenso corregida para el pozo de control i en el periodo t

$DR_{i,t}$: Descenso registrado para el pozo de control i del PMR en el mes t.

$DP_{i,t+1}$: Descenso Proyectado para el pozo de control i del PMR en el mes t+1.

ΔDr_i : Tasa de descenso registrada para el pozo de control i durante el día de ajuste de caudal

- b) Se ajustara el caudal de extracción en un 10% a la baja y se calculara la tasa de descenso registrada (ΔDr_i) para el día en que se hizo vigente la disminución de caudal
- c) **Si** $\Delta Dr_i < \Delta Dc_{i,t}$ se repite paso b) hasta lograr que $\Delta Dr_i > \Delta Dc_{i,t}$

- 2) La redistribución de caudales se realizará cada vez que se active el PMD en alguno de los pozos de control de las áreas de monitoreo, hasta que la redistribución de caudales no sea posible, en cuyo caso se procederá con la solicitud de prorrata.

Por otro lado, el modelo hidrogeológico determinará el efecto de las extracciones de MLCC sobre el caudal en La Puerta, lugar donde ocurre el afloramiento de las aguas subterráneas. En este punto MLCC adquirió un compromiso ambiental que dice que de superarse el umbral definido en el punto 4.3 anterior, MLCC aportará hasta 18 l/s de dos maneras posibles

- Disminuyendo el consumo a 500 l/s, o
- Incrementando el aporte de agua desalada en 18 l/s.

Si se opta por la entrega adicional de 18 l/s, esta se mantendrá mientras la afectación sea mayor a 328 l/s.

Aguas abajo de La Puerta, se debe considerar que toda el agua del Río Copiapó es derivada a canales justo aguas abajo de la estación de aforo La Puerta, con lo cual el efecto del río sobre el acuífero no es directo y la recarga del acuífero será función de la pérdida de los canales y el manejo del agua de riego y su uso en generación eléctrica. De esta manera justo en el sector aguas abajo de La Puerta el río es desviado desde el canal La Turbina hacia abajo para su uso en generación eléctrica y riego agrícola. Dado este escenario, este sector no corresponde a área de influencia del proyecto dado que los impactos que pudiesen generarse son independientes de las acciones u obras del proyecto, sino del manejo que desarrollen terceros que poseen derechos superficiales.

De esta forma y dado que los factores que inciden en la variación de niveles bajo La Puerta, dependen de factores externos, la autoridad ambiental no consideró dicha actividad de monitoreo como medida aplicable al proyecto, lo que quedó reflejado en la RCA que aprobó el proyecto Caserones.

5 REPORTABILIDAD

Se emitirán informes trimestrales con seguimiento mensual que contendrán la siguiente información:

- Niveles piezométricos, caudales promedio, máximo y mínimo, y volumen extraído mensual en los pozos de extracción.
- Niveles piezométricos en los pozos de observación.
- Caudales superficiales
- Acciones resultantes de la aplicación del PMD

6 REFERENCIAS

- Resolución de Calificación Ambiental: RCA Res. Exenta N°013/10, COREMA III REGIÓN DE ATACAMA, 13 Enero 2010.
- ADENDA N°2 AL EIA PROYECTO CASERONES: "ANEXO 38: Modelo Hidrogeológico Actualizado Cuenca Río Copiapó hasta Sector La Puerta", Informe preparado para SCM MLCC, Agosto 2009.
- ADENDA N°3 AL EIA PROYECTO CASERONES: "ANEXO 27: Plan de Manejo Dinámico", Informe preparado para SCM MLCC, Octubre 2009
- ADENDA N°3 AL EIA PROYECTO CASERONES: "ANEXO 28: Plan de Monitoreo Recurso Hídrico", Informe preparado para SCM MLCC, Octubre 2009
- SRK Consulting (Chile) S.A.: "Respuestas al Ordinario DGA Atacama N° 470/13 Respecto al Plan de Monitoreo CALIDAD Proyecto Caserones". Informe preparado para SCM MLCC. 02-2161-09. Octubre 2013.
- SRK Consulting (Chile) S.A.: "Respuesta al Ordinario DGA Atacama N° 470/13 Respecto al Plan de Monitoreo CANTIDAD Proyecto Caserones". Informe preparado para SCM MLCC. 02-2162-09 Octubre 2013.

ANEXO A

METODOLOGIA DE ESTIMACIÓN NIVELES PROYECTADOS Y EFECTO EN ELCAUDAL EN LA PUERTA

A.1 Introducción y Objetivo

El objetivo del presente anexo es detallar la metodología que se utilizará para la estimación de niveles proyectados y el efecto sobre el caudal en La Puerta producto de las extracciones de MLCC.

Una vez definido el plan de explotación del agua subterránea por parte de MLCC, la estimación de los niveles proyectados se realiza mediante el modelo numérico actualizado y debidamente calibrado para ese sector del valle de Copiapó (Ramadillas, Pulido y Copiapó).

El modelo numérico, simula cada una de las variables hidrogeológicas y reproduce las condiciones de la zona de estudio, donde por medio de la elaboración de escenarios permitirá establecer una situación que represente el pronóstico de los valores futuros en la cuenca del Río Copiapó.

Los escenarios establecen como supuestos que las extracciones de terceros (definidas por medio de las áreas de cultivo), hidrología (recarga lateral y recarga sector La Junta) y la recarga del embalse Lautaro, permanecen constante en relación a la situación base, en cambio la extracción por parte de MLCC es la condición que tiene una variación con respecto a la situación base que se establece en el modelo numérico donde los pozos de MLCC no están en funcionamiento.

El PMR considera la medición de los niveles freáticos en los pozos del PMR, ubicados en distintos puntos de la cuenca del río Copiapó, con el objetivo de medir los efectos producto de la extracción de MLCC y Terceros. La activación del PMD se produce si se supera el umbral de activación definido en el punto 4.3 del cuerpo principal del informe.

Se definieron 13 áreas de monitoreo entre el Río Ramadillas sector la Brea hasta La Puerta, cada área está comprendida por pozos del plan de monitoreo robusto definidos como PMR (total de 31 pozos).

A.2 Niveles Proyectados

Los niveles proyectados nacen producto de la simulación de dos escenarios:

- Escenario sin extracciones de MLCC (Base)
- Escenario con extracciones de MLCC

A partir de los niveles proyectados para ambos escenarios se determinan los descensos proyectados como la diferencia entre ambos escenarios.

Por otra parte de forma similar se opera con la proyección de caudales en la Puerta.

A.2.1 Áreas de Monitoreo

Las áreas de monitoreo se localizan en el sector del valle de Copiapó comprendido entre La Puerta y la Mina Caserones. Este sector ha sido dividido en 13 áreas, las cuales se pueden observar en las Figuras 1 y 2 del cuerpo principal del presente informe, estas abarcan la totalidad del área del modelo numérico (sector La Puerta hasta el sector de La Brea en el Río Vizcachas). Cada una de las áreas contienen pozos de Observación, perteneciente al PMR, con el objetivo de controlar los niveles en los valles de los ríos Ramadillas, Pulido y Copiapó, estos pozos se indican en la Tabla 2 del cuerpo principal del informe.

A.2.2 Estrategia de Bombeo

Para ilustrar la metodología se toma como base las extracciones de MLCC en el período comprendido entre (octubre de 2013 y abril de 2015). La estrategia de bombeo establecida se muestra en la Tabla 6, donde se tiene un aumento constante en el tiempo con un caudal máximo de 399 l/s a explotar para el periodo de simulación (octubre 2013 – abril 2015).

Tabla 6: Estrategia de Bombeo para periodo de simulación

Fecha inicio	Días modelo	Caudal [m³/d]	Caudal [l/s]	Extracción Terceros* [l/s]	Caudal Subterráneo La Puerta [l/s]	Extracción MLCC [l/s]
oct-13	31	59.603,51	689,86	600.99	40	49
nov-13	61	68.718,76	795,36	697.76	40	58
dic-13	92	79.074,32	915,21	824.57	40	51
ene-14	123	78.483,23	908,37	814.93	40	53
feb-14	151	67.526,34	781,55	688.12	40	53
mar-14	182	60.276,93	697,65	604.21	40	53
abr-14	212	53.380,38	617,83	441.87	40	136
may-14	243	60.411,70	699,21	332.25	40	327
jun-14	273	54.505,50	630,85	263.89	40	327
jul-14	304	56.712,59	656,40	283.43	40	333
ago-14	335	63.500,55	734,96	361.00	40	334
sep-14	365	75.005,19	868,12	455.16	40	373
oct-14	396	89.592,98	103,96	600.99	40	396
nov-14	426	97.607,48	1.129,72	697.76	40	392
dic-14	457	108.564,38	1.256,53	824.57	40	392
ene-15	488	108.336,18	1.253,89	814.93	40	399
feb-15	516	97.379,28	1.127,08	688.12	40	399
mar-15	547	90.129,88	1.043,17	604.21	40	399
abr-15	577	76.103,58	880,83	441.87	40	399

*Extracción de terceros determinada por medio del análisis de imagen satelital enero 2013

La estrategia de bombeo de MLCC, donde hasta marzo del 2014 se tiene un valor aproximado de 50 l/s en promedio, con un posterior aumento hasta un total de 399 l/s.

Con respecto a la distribución espacial del caudal de exploración por parte de MLCC, se tiene que este se encuentra en mayor proporción en la zona 9 con un total de 170 l/s, los valores por zona se pueden observar en la Tabla 7 y tanto que el detalle del mismo se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7: Caudales Explotación por Área.

Área	Caudal (l/s)	
	Total	Parcial
1	10.0	10.0
2	55.0	36.0
3	0	0
4	140.5	98.0
5	80.0	30.0
6	0	0
7	0	0
8	180.0	0
9	180.0	170.0
10	60.0	55.0
11	80.0	0
12	225.0	0
13	0.0	0.0
Total	1010.5	399.0

Tabla 8: Estrategia de periodo octubre 2013 – abril 2015.

Fecha		Pozos de Bombeo [l/s]																								
Inicio	Final	WE-01	WP-01	WP-02	WP-03	WP-04	CCH-1	CCH-2	CCH-3	CCH-4	CCH-5	PRD-2 o WP-05	PR-01	PNV-1	PNV-2	PPO-1	PPR-1	PDB-1	PAF	PEL-1	PER-2	PNI	PRE-2	PRE-3	Total	
01/10/2013	01/11/2013	-1.54	-11.74	-10.81	-15.67	-10.68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50.44
01/11/2013	01/12/2013	-1.12	-13.72	-12.78	-16.44	-9.4	0	0	0	-5.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-58.76
01/12/2013	01/01/2014	-1.08	-12.95	-14.27	-10.91	-5.05	-0.01	0	-0.65	-6.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-51.75
01/01/2014	17/01/2014	-0.9	-8.46	-12.38	-12.08	-5.63	-0.54	-1.52	0	-12.87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-54.37
17/01/2014	24/01/2014	-4	-8.46	-12.38	-12.08	-5.63	-0.54	-1.52	0	-12.87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-57.47
24/01/2014	31/01/2014	-4	-8.46	-12.38	-12.08	-5.63	-0.54	-1.52	0	-12.87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-57.47
31/01/2014	04/04/2014	0	-8.46	-12.38	-12.08	-5.63	-0.54	-1.52	0	-12.87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-53.47
04/04/2014	02/05/2014	0	-10	-11	-15	-10	-35	-5	-30	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-136
02/05/2014	30/05/2014	0	-10	-11	-15	-10	-35	-5	-30	-20	-8	-20	0	0	0	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-187
30/05/2014	04/07/2014	0	-10	-11	-15	-10	-35	-5	-30	-20	-8	-20	0	0	0	-57	-18	-88	0	0	0	0	0	0	0	-327
04/07/2014	29/08/2014	0	-10	-11	-15	-10	-35	-5	-30	-20	-8	-20	0	0	0	-57	-18	-94	0	0	0	0	0	0	0	-333
29/08/2014	26/09/2014	0	-10	-11	-15	-10	-35	-5	-30	-20	-8	-20	0	0	0	-57	-18	-95	0	0	0	0	0	0	0	-334
26/09/2014	31/10/2014	0	-10	-11	-15	-10	-35	-5	-30	-20	-8	-20	-10	0	0	-57	-18	-95	0	-29	0	0	0	0	0	-373
31/10/2014	28/11/2014	0	-10	-11	-15	-10	-35	-5	-30	-20	-8	-20	-10	0	0	-57	-18	-95	0	-52	0	0	0	0	0	-396
28/11/2014	02/01/2015	0	-10	-11	-15	-10	-35	-5	-30	-20	-8	-20	-10	0	0	-57	-18	-95	0	-48	0	0	0	0	0	-392
02/01/2015	01/05/2015	0	-10	-11	-15	-10	-35	-5	-30	-20	-8	-20	-10	0	0	-57	-18	-95	0	-55	0	0	0	0	0	-399

A.2.3 Caudal en La Puerta

El modelo numérico define al sector de La Puerta como el punto de cierre, es decir, corresponde al caudal total que sale por este sector por medio del afloramiento (condición de borde dren) más un caudal subterráneo de 40 [l/s]. Además es un punto comparable por medio de la estación fluviométrica La Puerta.

El contraste entre la situación base y el escenario propuesto por MLCC para el periodo octubre 2013–abril 2015, se realiza con el objetivo de determinar los efectos propios de la estrategia de bombeo establecida.

El contraste del caudal entre una situación base (línea Azul) y el escenario (línea roja) además de la diferencia de drenaje (línea verde) se observa en la Figura 4: Caudal Pasante en el Sector La Puerta del Río Copiapó, donde para la situación base el caudal drenado es mayor en relación al escenario planteado, con una diferencia máxima de 84 [l/s] para el mes de abril 2015, el efecto en el sector de la puerta es menor al caudal bombeado por parte de MLCC, el cual para este periodo tiene un caudal de extracción máximo de 399 [l/s].

En la Resolución de Calificación Ambiental se establece que el efecto en La Puerta no podrá superar los 310 [l/s], si no, se iniciará el aporte adicional de 18 [l/s] de dos maneras posibles:

- Disminución del consumo hasta un mínimo de 500 [l/s]
- Incremento del aporte de agua desalada de hasta 18 [l/s] en el canal Malpaso

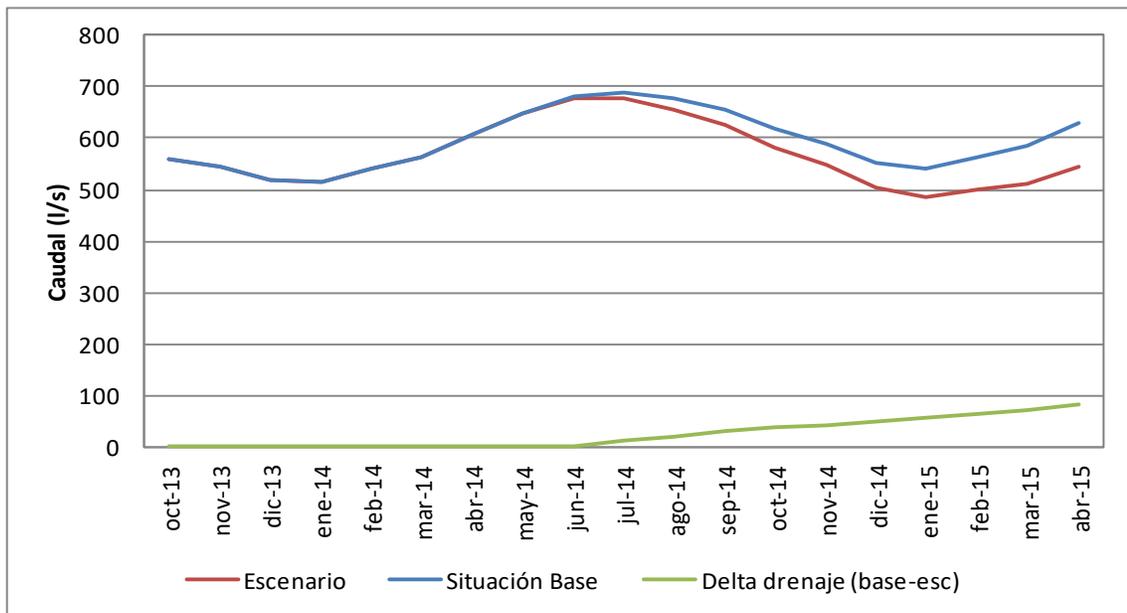


Figura 4: Caudal Pasante en el Sector La Puerta del Río Copiapó

A.2.4 Niveles

El modelo numérico establece una comparación entre una situación base y el escenario propuesto por MLCC, la diferencia entre ambos modelos consta en la estrategia de bombeo utilizada por parte de MLCC, para el caso de la situación base, no existe bombeo por parte de MLCC, en cambio, el escenario propuesto establece la estrategia de bombeo MLCC para el periodo octubre 2013–abril 2015.

Descenso Proyectado = Nivel Proyectado Con Extracciones - Nivel Proyectado Sin Extracciones

$$DP_{i,t} = NPCE_{i,t} - NPSE_{i,t}$$

Donde los subíndices corresponden a:

- i: pozo i del PMR
- t: Índice de 1 a 12 (correspondiente a cada mes del año proyectado)

Las figuras que presentan para cada una de las áreas, desde el área 1 (Rio Ramadillas) al área 13 (Sector La Puerta).

A modo de ejemplo se detallan los Niveles Proyectados para ambos escenarios (con y sin extracciones de MLCC) para el PMR-03 correspondiente al pozo de observación WE-05, está ubicado agua abajo del pozo de bombeo WP-04. En la Figura 5 se observan los niveles proyectados para ambos escenarios, donde se observa un descenso máximo de 8 metros para abril 2015.

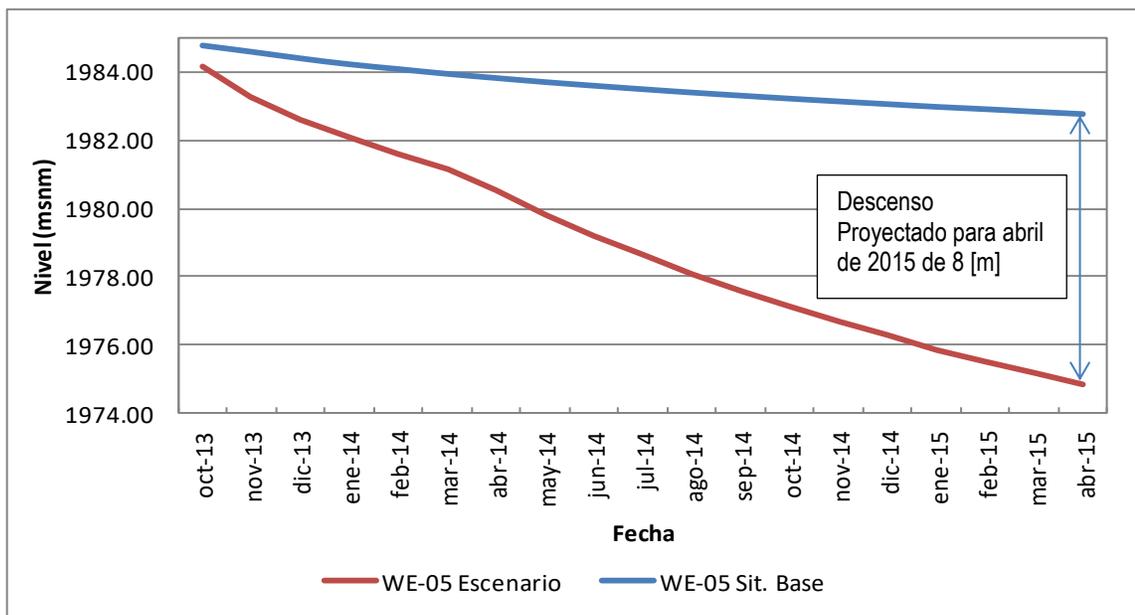


Figura 5: Niveles simulados pozo PMR-03 (WE-05), periodo octubre 2013 – abril 2015

De forma análoga se procederá para cada uno del resto de los pozos del PMR.