



CATASTRO DE DEPOSITO DE RELAVES

En el mes de junio del año 2014 se creó el Departamento Depósitos de Relaves, como parte de la estructura regular del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin). La creación de esta unidad responde a una necesidad nacional, que posibilita el mejoramiento del control de la normativa que regula la autorización sectorial para el diseño, construcción, operación y cierre de los Depósitos de Relaves (D.S N°248), además de las regulaciones de seguridad minera dadas por el D.S N°132.

La industria extractiva del cobre es el sector minero que produce la mayor cantidad de relaves. En la actualidad, la producción de cobre fino alcanza 5,8 Mton, que para su obtención debe procesar entre 700 y 800 Mton de mineral. El resto, pasa a formar parte del relave, que se acumula en distintos tipos de depósitos. A lo largo del tiempo la forma y técnica de construcción de los depósitos ha ido cambiando e incrementando el tamaño de estas instalaciones.

En la actualidad, los depósitos de relaves asociados al segmento de la gran y mediana minería cubren extensas áreas y acumulan centenas de millones de toneladas de este tipo de desecho. Con el incremento de la producción, y la mayor parte de las reservas conocidas conformadas por sulfuros de cobre, la acumulación de relaves seguirá incrementándose a lo largo del tiempo, lo que obliga a mejorar sus técnicas de manejo y disposición y la normativa que lo regula. En consideración a la importancia económica que este metal tiene para la economía del país, y entendiendo que su producción necesariamente genera relaves, el manejo seguro de este tipo de residuo constituye un desafío mayor. En cuanto a la pequeña minería, si bien también se vería beneficiada con las mejoras nombradas para faenas grandes, hay que considerar que muchos depósitos provenientes de este grupo han sido abandonados. Considerando que la Ley de Cierre de Faenas Mineras (20.551) entro en vigencia el 11 de Noviembre del 2014, muchos relaves pudieron haber enfrentado las fases de construcción, operación y cierre sin medidas para garantizar su estabilidad física y química.

El Departamento Depósitos Relaves ha comenzado, como primer paso para sus desafíos, la elaboración de un Catastro Nacional de este tipo de depósitos. Es importante señalar el carácter proactivo de éste, ya que a través de la solicitud de información a empresas y otras entidades afines, se está ingresando una gran cantidad de datos. Asimismo, se está ejecutando un plan de visitas a terreno, con el objetivo de corroborar y levantar la mayor cantidad de información posible. Las actividades señaladas hacen que el catastro este en constante actualización. Toda la información de este catastro esta en datum UTM SIRGAS 19 S.



a.- Metodología de Construcción del catastro

Para la elaboración del catastro se están desarrollando actividades tendientes a lograr el objetivo, las que se detallan a continuación.



1.- Identificación de fuentes de información

La revisión de la información existente en el Servicio permitió identificar cuatro fuentes principales de datos: el *Catastro oficial de relaves* del año 2010; el *Atlas de faenas mineras*, del año 2014 (actualización anual); y el *Levantamiento catastral de los tranques de relaves de Chile*, del año 1990, más las resoluciones y documentos oficiales que autorizan la construcción de este tipo de instalaciones mineras.

Además de las fuentes señaladas, se identificaron los siguientes estudios: “Catastro e inspección preliminar en la Región de Coquimbo” (Aquaterra Ingenieros, Marzo 2009) elaborado para el Ministerio de Obras Públicas; “Uso de recursos filogenéticos nativos para la fitoestabilización de relaves mineros en la Región de Coquimbo” (CIMM, INIA. Marzo 2008) y “Aplicación de metodologías para la eficiencia del agua, caso Región de Coquimbo” (CAZALAC, RHODOS LTDA. Diciembre 2006) elaborado para el Gobierno Regional de Coquimbo. Estos informes aportaron datos que no se encontraban en los registros de SERNAGEOMIN.

Estas fuentes son complementarias entre sí y permiten identificar los depósitos activos, no activos y abandonados. Asimismo, proporcionan información básica sobre cada uno de ellos, tales como como nombre de propietarios o representante legal, nombre de la planta o faena a la cual está asociado, nombre del depósito, coordenadas corregidas, número exacto de depósitos por empresa/representante a la fecha de la revisión y descripciones físicas de tranques y embalses.

Con motivo de la situación vivida a fines del mes de marzo en la Región de Atacama, e independiente de las visitas técnicas que realiza el departamento, SERNAGEOMIN efectuó una serie de visitas a terreno a parte de las zonas afectadas. Para esto, se utilizó la información de ubicación de depósitos del catastro, lo que permitió contrastar la información in situ.

2.- Validación de la información del catastro

Con la información levantada, se procedió a corroborar la validez de la ubicación geográfica de los depósitos. A través de Imágenes satelitales de libre acceso, proporcionadas por el servicio gratuito de licencia ARCGis de ESRI, se verificó que efectivamente el punto definido por las coordenadas obtenidas a partir de los documentos revisados, coincidiera con un depósito de relave observable en la imagen. La calidad y resolución de las imágenes utilizadas permite la identificación de los depósitos, independientemente de su tamaño

3.- Problemas de Validación



Al momento de corroborar la ubicación de los depósitos con sus coordenadas, fue común encontrar incongruencias entre la ubicación indicada en los documentos y su localización en la imagen. La magnitud de los desplazamientos variaba entre centenas de metros y varios kilómetros.

Luego de revisar la información discrepante, se pudo inferir/determinar que esto se debe a tres causas

- Error de tipeo

Este error fue más frecuente en la información de 1990. Al comparar la coordenada que aparece en el Levantamiento catastral, con la que está en la base de datos de 2010, se encontraron varios errores de transcripción.

- Desconocimiento del Datum

Al no ser posible determinar el datum de cada dato, se decidió usar el PSAD 56 como metadato para todos, pero al representar los puntos en las imágenes satelitales georeferenciadas, muchos cayeron en lugares incorrectos. Al volver a plotear con el datum UTM SIRGAS 19S, varios de estos cayeron en zonas que, si bien no eran totalmente coincidentes, se ubicaban a una distancia tal del depósito observado en la imagen satelital (con datum UTM SIRGAS 19S), que permitía su vinculación con este.

- Calculo errado de coordenadas

En la información más antigua, existen coordenadas que fueron obtenidas manualmente, sobre puntos ubicados en un mapa, en papel. Esto produjo diferencias importantes entre el lugar correcto de ubicación y el que indicaban las coordenadas.

Además de lo señalado, se generó un problema al alimentar el catastro con información asociada a los depósitos, ya que en muchos casos el dato era muy antiguo, y no siempre tenía todos los campos que se requieren. En esos casos, el casillero correspondiente a ese campo se llenó como S/I (sin información).

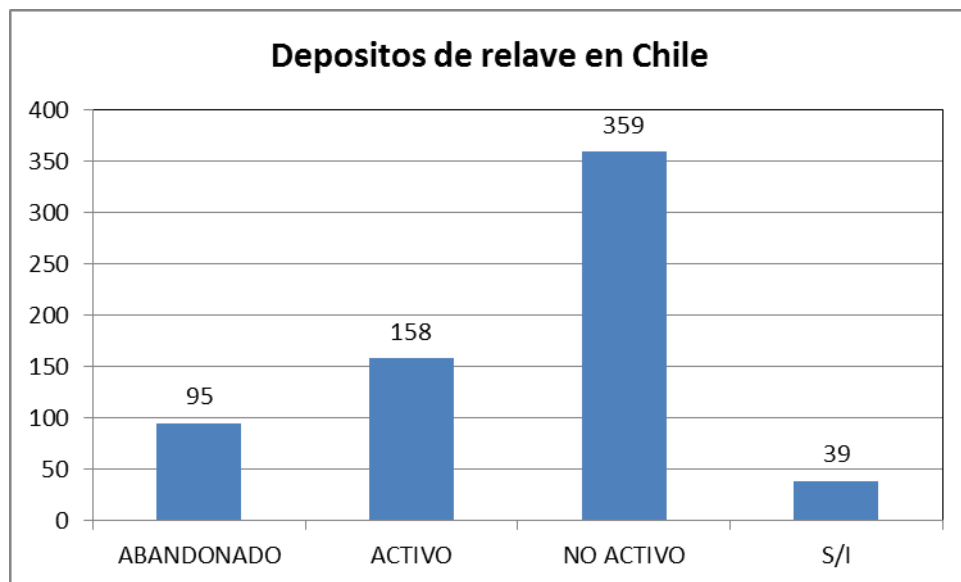
b.- Resultados

Una vez ejecutados y corroborados los pasos anteriores, se obtuvo dos productos; una tabla de datos con todos los depósitos más su información asociada, y una capa de información en formato *shp*, para ARCGis.

1.- Tabla de datos

La actualización del catastro permitió identificar un total de 651 registros, los cuales se distribuyen, mayoritariamente, entre las regiones II y Metropolitana. Es importante mencionar que el concepto registro se usa para identificar el punto en el SIG. Se dan casos en que un registro tiene en su información más de un depósito (ej: Santa Teresa 1-2-3). En estos casos, y al no existir resolución o información de SERNAGEOMIN, se optó por no desagregar el dato, ya que no se contó con información oficial para hacerlo. Sin embargo, el proceso de actualización ha logrado resolver varios de esos casos.

Gráfico 1. Depósitos a nivel nacional, según estado.



Dicho total se desglosa en regiones y comunas, mostrándose el desglose a continuación, para todos los depósitos de relave catastrados.

- **Región XV de Arica y Parinacota**

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
ARICA	-	1	-	-	1
Total general	-	1	-	-	1

- **Región I de Tarapacá**

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
PICA	-	1	-	-	1
Total general	-	1	-	-	1

- **Región II de Antofagasta**

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
ANTOFAGASTA	4	5	8	-	17
CALAMA	2	1	-	-	3
MEJILLONES	1	-	1	-	2
SIERRA GORDA	3	3	4	-	10
TALTAL	-	2	7	-	9
Total general	10	11	20		41

- **Región III de Atacama**

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
CALDERA	1	-	-	-	1
CHAÑARAL	-	1	3	2	6
COPIAPO	5	28	36	10	79
DIEGO DE ALMAGRO	-	5	6	7	18
FREIRINA	2	-	1	-	3
HUASCO	1	-	-	-	1

TIERRA AMARILLA	-	7	15	5	27
VALLENAR	-	3	10	3	16
Total general	9	44	66	25	151

- Región IV de Coquimbo

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
ANDACOLLO	18	5	80	-	103
CANELA	1	1	1	2	5
COMBARBALA	1	4	11	-	16
COQUIMBO	-	5	5	2	12
ILLAPEL	10	22	24	-	56
LA HIGUERA	7	7	20	1	35
LA SERENA	5	10	12	1	28
LOS VILOS	1	4	1	-	6
MONTE PATRIA	3	1	5	-	9
OVALLE	3	3	13	-	19
PUNITAQUI	5	4	6	1	16
RIO HURTADO	2	-	-	-	2
SALAMANCA	4	3	7	2	16
VICUA	1	4	12	1	18
Total general	61	73	197	10	341

- Región V de Valparaíso

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
CABILDO	-	4	11	-	15
CARTAGENA	-	1	-	-	1
CATEMU	1	-	1	-	2
EL TABO	-	-	2	-	2
LA CALERA	-	-	1	-	1
LA LIGUA	-	3	5	-	8
LLAYLLAY	-	-	1	-	1
LOS ANDES	-	1	1	-	2

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
NOGALES	-	2	6	-	8
OLMUE	-	-	1	-	1
PETORCA	5	1	8	1	15
PUCHUNCAVI	-	-	1	-	1
PUTAENDO	-	1	3	-	4
QUILLOTA	-	-	1	-	1
QUILPUE	-	1	-	-	1
RINCONADA	1	-	-	-	1
SAN ESTEBAN	-	1	-	-	2
SAN FELIPE	1	2	2	-	5
Total general	8	17	44	1	70

- **Región Metropolitana**

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
ALHUE	1	2	1	-	4
COLINA	-	1	-	-	1
CURACAVI	1	-	-	-	1
LAMPA	1	-	3	-	4
LO BARNECHEA	-	-	1	-	1
MAIPU	-	-	1	-	1
PAINE	1	-	-	-	1
PEÑAFLORES	1	-	-	-	1
TALAGANTE	-	-	-	1	1
TILTIL	-	3	4	1	8
Total general	5	6	10	2	23

- **Región VI del Libertador Bernardo O'higgins**

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
DONIHUE	-	-	1	-	1
LAS CABRAS	-	-	1	-	1

MACHALI	-	-	4	-	4
PICHIDEGUA	-	1	-	-	1
RANCAGUA	-	2	4	-	6
REQUINOA	-	-	3	-	3
Total general	-	3	13	-	16

- **Región VII del Maule**

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
PENCAHUE	1	1	-	-	2
Total general	1	1	-	-	2

- **Región XI Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo**

COMUNA	ESTADO DE DEPOSITOS				Total general
	ABANDONADO	ACTIVO	NO ACTIVO	S/I	
CHILE CHICO	-	-	1	-	1
COYHAIQUE	-	1	3	-	4
Total general	-	4	1	-	5

La mayor parte (83%) corresponden a tranques de relaves. Destaca la abundancia en las regiones de Atacama y Coquimbo, las que en conjunto representan el 71% del total de depósitos del país.

En relación a la información del catastro, los campos que contiene la tabla poseen información de los depósitos de relave se definen de la siguiente manera.

- Empresa: Corresponde al propietario o dueño del depósito. En caso de arriendo, se debiese generar un contrato que identificara al arrendador como dueño de la empresa.
- Faena: Corresponde al nombre de la faena donde se realiza el proceso que genera el depósito de relave.
- Región: Corresponde a la región en la que se ubica.
- Comuna: Corresponde a la comuna en la que se ubica.
- Nombre deposito: Corresponde al nombre del depósito, el cual debe ser concordante con el dato de origen del relave.
- Tipo deposito: Corresponde al tipo de depósito, el cual se puede entender como toda obra estructurada en forma segura para contener los relaves provenientes de una Planta de

concentración húmeda de especies de minerales. Además, contempla sus obras anexas. Su función principal es la de servir como depósito, generalmente definitivo, de los residuos sólidos provenientes del relave la Planta, permitiendo así la recuperación, en gran medida, del agua que transporta dichos sólidos. Dichos residuos son los resultantes del proceso de flotación de minerales. Se dividen en 5 diferentes clases.

- Tranque de Relave: Es aquel depósito de relaves donde el muro de contención es construido con la fracción más gruesa del relave (arenas).
 - Embalse de Relave: Es aquel depósito de relaves donde el muro de contención está construido con material de empréstito y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno. La impermeabilización puede estar realizada con un material natural de baja permeabilidad o de material sintético como geomembrana de alta densidad. También se llama Embalses de relaves aquellos depósitos ubicados en alguna depresión del terreno en que no se requiere la construcción de un muro de contención.
 - Relave Espesado: Es el depósito de relaves donde, antes de ser depositados, son sometidos a un proceso de sedimentación, mediante espesadores, eliminándole una parte importante del agua que contienen
 - Relave Filtrado: Es el depósito de relaves donde, antes de ser depositados, son sometidos a un proceso de filtración, mediante equipos especiales de filtros, donde se asegure que la humedad sea menor a un 20%.
 - Relave en pasta: Es el depósito de relaves que presenta una situación intermedia entre el relave espesado y el relave filtrado, corresponde a una mezcla homogénea de relaves sólidos y agua (entre 10 y 25% de agua) que contiene partículas finas, menores de 20 μ , en una concentración en peso superior al 15%, muy similar a una pulpa de alta densidad. Su depositación se efectúa sin necesidad de compactación, poseyendo consistencia coloidal.
- g) Mineral Origen: Corresponde al recurso mineral que dio origen al depósito (ej: Cobre, Oro)
- h) UTM Norte: Corresponde a la coordenada norte del depósito, con datum UTM SIRGAS 19 S.
- i) UTM Este: Corresponde a la coordenada este del depósito, con datum UTM SIRGAS 19 S.
- j) Estado: Corresponde al estado del depósito. Se identificaron 4 tipos de estado:
- Abandonado: Depósitos que no tienen dueño conocido ni resolución de origen. También se consideran abandonados si en terreno se verifica tal condición, o si se tiene información oficial o fidedigna que indique que no se efectuó ninguna medida de cierre.

- Activo: Depósito con dueño conocido y operando.
 - No Activo: Depósito con dueño conocido pero fuera de operación.
 - S/I: No se cuenta con información para establecer el estado del depósito.
- k) Fecha Resolución: Corresponde a la fecha de la resolución que dio origen al depósito. En caso que se generen variaciones en el diseño del depósito, estas originaran una nueva resolución, la cual reemplazara a la antigua en este campo. Es decir, el catastro considerara la información más actual.
- l) Resolución: Corresponde al número de la resolución. En caso que se generen variaciones en el diseño del depósito, estas originaran una nueva resolución, la cual reemplazara a la antigua en este campo. Es decir, el catastro considerara la información más actual.
- m) Fecha Resolución PDC (Plan de cierre): Corresponde a la fecha de la resolución aprobó el Plan de Cierre de la faena. Se ingresó este dato por la información de depósitos que contiene este tipo de plan.
- n) Resolución PDC (Plan de cierre): Corresponde al número de la resolución que aprobó el Plan de Cierre.
- o) Volumen parcial (m³): Corresponde al volumen depositado a la actualidad. Esta información es proveída por los formularios E-700, resoluciones SERNAGEOMIN o dada directamente por las empresas, los cuales informan trimestralmente la cantidad depositada.
- p) Volumen total (m³): Corresponde al volumen máximo capaz de recibir el depósito.
- q) Tonelaje parcial (ton): Corresponde al tonelaje depositado a la actualidad. Esta información es proveída por los formularios E-700, o dada directamente por las empresas, los cuales informan trimestralmente la cantidad depositada.
- r) Tonelaje total (ton): Corresponde al tonelaje máximo capaz de recibir el depósito.
- s) Área (m²): Área ocupada por el depósito.

2.- Capa de Información

El segundo producto es un archivo *feature class* (para ARCGis) de puntos, los cuales se espacializan sobre el mapa o imagen. Con esto, se puede elaborar cartografía para sectores específicos con la ubicación de los depósitos, elaborar archivos *kml* para ver la información en *google earth*, y en una etapa posterior, para realizar cruces de capas de información, y con esto tener una visión más transversal sobre la situación en la que se encuentra el entorno donde se



emplazan los relaves, con el fin de tener mejores elementos de gestión, para la autoridad fiscalizadora y aquella que requiere información para la lo que estime pertinente.