



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

# **SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN Y VALIDACIÓN PARA DATOS GEORREFERENCIADOS DE PERTENENCIAS MINERAS**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN  
COMPUTACIÓN**

**JORGE ENRIQUE ROMO JORQUERA**

PROFESOR GUÍA:

NANCY VIOLA HITSCHFELD KAHLER

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

JUAN MAURICIO MARÍN CAIHUAN

MARÍA CECILIA BASTARRICA PIÑEYRO

SANTIAGO DE CHILE

ABRIL DE 2012

## Resumen

Una pertenencia minera es un derecho sobre un terreno para la explotación o exploración de minerales. En Chile existen miles de solicitudes de pertenencias mineras, que se publican semanalmente en el Diario Oficial. El Sernageomin ofrece un servicio web que consiste en un mapa y un buscador de solicitudes de pertenencias mineras en Chile. La empresa Punto Medio, donde se realizó esta memoria, también ofrece el servicio de un buscador, el cual es actualizado más frecuentemente, y permite consultar más información que el del Sernageomin. No obstante, no provee un mapa de las solicitudes de pertenencia.

El objetivo de esta memoria es incorporar un sistema de visualización de las solicitudes de pertenencia mineras a los servicios ya ofrecidos por Punto Medio, satisfaciendo demandas de los diversos trabajadores del área que el servicio entregado por el Sernageomin no es capaz de cumplir. Además, se desea mejorar la eficiencia y la extensibilidad de los módulos que permiten la actualización, consulta y validación de datos del sistema actual.

Durante la memoria se elaboró una aplicación web que muestra las solicitudes de pertenencias en un mapa, la cual está integrada a un buscador, donde se realizan las consultas sobre las solicitudes de las pertenencias que se quieren visualizar, e incluye criterios geométricos para realizar consultas. También se mejoró el sistema de actualización de datos, añadiendo criterios relativos a la validación de los polígonos de las solicitudes de pertenencia, lo que permite reducir la revisión manual de los datos para encontrar errores.

Con estos resultados se mejoró la eficiencia de la actualización de los datos y se obtuvo un sistema de visualización de los mismos, que es extensible y eficiente. Las mejoras al sistema en general, contribuyen a facilitar la tarea en el futuro de añadir nuevos módulos, o funcionalidades a módulos ya existentes, que ocupen parte del desarrollo realizado en esta memoria. Actualmente el sistema se encuentra en uso y otorga las funcionalidades esperadas para cumplir con el objetivo de dar un servicio de consulta y visualización de datos mucho más completo que el servicio que provee Sernageomin a los usuarios de las distintas áreas de la minería.

## Agradecimientos

A mi familia por entregarme las herramientas, tanto valóricas como académicas para llegar hasta este punto. A nuestro hamster por ser el único que se quedaba en silencio mientras trabajaba.

A la Vane, mi polola, por apoyarme y soportar todas mis quejas y estrés a lo largo de este proceso, y en realidad, desde que nos conocemos.

A mis amigos por la buena onda, y por estar igual de estresados con esto, y así no me siento tan mal.

A la profe Nancy, por la libertad que me dio para elegir mi tema, por sus consejos, apoyarme y darme tranquilidad en el desarrollo de esta memoria.

A mi jefa, Ruby, por dejarme hacer la memoria en su empresa, y apoyarme dándome tiempo libre suficiente para escribirla.

# Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introducción</b>                                | <b>1</b>  |
| 1.1. Motivación y Justificación . . . . .             | 4         |
| 1.2. Objetivos . . . . .                              | 7         |
| 1.2.1. Objetivo General . . . . .                     | 7         |
| 1.2.2. Objetivos Específicos . . . . .                | 7         |
| <b>2. Antecedentes</b>                                | <b>9</b>  |
| 2.1. Sistemas Similares en Chile y el Mundo . . . . . | 9         |
| 2.1.1. Sernageomin . . . . .                          | 9         |
| 2.1.2. Sistemas en Otros Países . . . . .             | 11        |
| 2.2. Software Legado . . . . .                        | 12        |
| 2.2.1. Sistema de Enganches . . . . .                 | 12        |
| 2.2.2. Resguardo Minero . . . . .                     | 17        |
| 2.3. Algoritmos Geométricos . . . . .                 | 21        |
| 2.3.1. Polígonos Simples . . . . .                    | 21        |
| 2.3.2. Polígonos dentro de otros . . . . .            | 21        |
| 2.4. Terminología . . . . .                           | 23        |
| <b>3. Análisis</b>                                    | <b>24</b> |
| 3.1. Resumen Requerimientos . . . . .                 | 24        |
| 3.2. Casos de Uso . . . . .                           | 25        |
| 3.3. Tecnologías Utilizadas . . . . .                 | 28        |
| 3.3.1. Mejoras Software Legado . . . . .              | 28        |
| 3.3.2. Visualización . . . . .                        | 28        |
| <b>4. Diseño e Implementación</b>                     | <b>30</b> |
| 4.1. Diagrama de Clases . . . . .                     | 30        |
| 4.2. Detalles de Implementación . . . . .             | 34        |
| 4.2.1. Mejoras en Sistema de Enganches . . . . .      | 34        |
| 4.2.2. Buscador . . . . .                             | 37        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2.3. Validación de Polígonos . . . . .                  | 40        |
| 4.2.4. Visualización . . . . .                            | 42        |
| <b>5. Resultados</b>                                      | <b>50</b> |
| 5.1. Ingreso, Actualización y Revisión de Datos . . . . . | 50        |
| 5.2. Consultas de usuarios de empresas mineras . . . . .  | 56        |
| 5.3. Evaluación del Software . . . . .                    | 59        |
| <b>6. Conclusiones</b>                                    | <b>63</b> |
| 6.1. Conclusiones del Trabajo Realizado . . . . .         | 63        |
| 6.2. Trabajo Futuro . . . . .                             | 65        |
| 6.3. Trabajo Futuro a Largo Plazo . . . . .               | 65        |
| <b>Referencias</b>  | <b>67</b> |

## Índice de figuras

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Ejemplo de polígonos simple y no simple. . . . .                        | 6  |
| 2.  | Mapa del Catastro Minero Online del Sernageomin . . . . .               | 10 |
| 3.  | Listado de boletines a ingresar. . . . .                                | 13 |
| 4.  | Ejemplo de enganche. . . . .  | 15 |
| 5.  | Criterios para revisar registros que no se enganchan . . . . .          | 16 |
| 6.  | Ejemplo de registros que no se enganchan . . . . .                      | 16 |
| 7.  | Ejemplo de registros que no se enganchan . . . . .                      | 17 |
| 8.  | Buscador de la base de datos global. . . . .                            | 18 |
| 9.  | Imagen entregada por el buscador a partir de una consulta. . . . .      | 19 |
| 10. | Área de Explotación dentro del rectángulo de una Manifestación. . . . . | 22 |
| 11. | Casos de Uso de la aplicación. . . . .                                  | 26 |
| 12. | Diagrama de Clases de la aplicación. . . . .                            | 31 |
| 13. | Interfaz para escoger base de datos. . . . .                            | 34 |
| 14. | Pertenencias no enganchadas debido al polígono . . . . .                | 36 |
| 15. | Pertenencias no enganchadas debido al nombre . . . . .                  | 37 |
| 16. | Catastro Minero. . . . .  | 38 |
| 17. | Resultados de la Consulta. . . . .                                      | 39 |
| 18. | Revisión de polígonos erróneos. . . . .                                 | 41 |
| 19. | Interfaz del mapa. . . . .  | 45 |
| 20. | Polígonos superpuestos. . . . .   | 47 |
| 21. | Tabla de datos. . . . .   | 47 |
| 22. | Interfaz para editar un registro. . . . .                               | 48 |
| 23. | Leyenda y filtros del mapa. . . . .                                     | 49 |
| 24. | Ingreso de boletín nuevo. . . . .                                       | 50 |
| 25. | Opciones de comparación de registros no enganchados. . . . .            | 51 |
| 26. | Ejemplo de registros no enganchados. . . . .                            | 51 |
| 27. | Interfaz de revisión de registros. . . . .                              | 52 |
| 28. | Ejemplo de extracto de registro con errores. . . . .                    | 52 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 29. | Consulta de un boletín. . . . .                                      | 53 |
| 30. | Visualización de la consulta, mostrando polígonos válidos. . . . .   | 54 |
| 31. | Visualización de la consulta, mostrando polígonos inválidos. . . . . | 54 |
| 32. | Interfaz de edición de registro erróneo. . . . .                     | 55 |
| 33. | Visualización de la consulta en base de datos global. . . . .        | 55 |
| 34. | Consulta por nombre de propietario. . . . .                          | 56 |
| 35. | Visualización de resultados de la consulta. . . . .                  | 56 |
| 36. | Consulta de registros en un área determinada. . . . .                | 57 |
| 37. | Visualización de los resultados de la consulta. . . . .              | 57 |
| 38. | Consulta del último boletín publicado. . . . .                       | 58 |
| 39. | Visualización de los resultados de la consulta. . . . .              | 58 |

# 1. Introducción

La empresa Punto Medio<sup>1</sup>, donde se desempeña el alumno y se realizó esta memoria, se define a sí misma como una empresa que entrega “Información al Servicio de la Minería”, la cual, como dice el eslogan, tiene el objetivo de ser útil tanto para la gran y pequeña minería del país, así como para todos los trabajadores relacionados con el rubro. Uno de los servicios ofrecidos, corresponde a un “Catastro de las Pertenencias Mineras de Chile“, es decir, un resumen de la información del estado legal (trámite, concesionario, nombre, fecha, etc.) de todas las solicitudes de pertenencias mineras a lo largo del país. Las pertenencias mineras, también llamadas concesiones mineras, corresponden al derecho de explotación o exploración sobre un espacio geográfico, definido por un polígono simple, de algún recurso natural, en este caso, minerales.

Existen pertenencias de dos tipos: exploración y explotación. Las de exploración, como su nombre lo indica, sólo pueden explorar el terreno, mientras que las de explotación pueden explotar y vender el mineral. Para constituirse y realizar estos procesos, deben pasar por una serie de trámites de acuerdo al tipo al que pertenezcan. Estos son:

- Trámites para la constitución de pertenencias mineras de exploración:
  - Pedimento: Es un documento mediante el cuál se solicita a la minera un punto geográfico específico, y longitudes este y norte en metros, lo que corresponde al punto medio de un rectángulo y su alto y ancho, dentro del cuál se pretende explorar minerales.
  - Solicitud de Sentencia: Una vez aprobado el pedimento, se realiza esta solicitud, que corresponde a un polígono simple, dentro del rectángulo aprobado en el pedimento. El polígono simple puede corresponder al rectángulo completo o parte de este, pero no puede comprender terrenos fuera de él. Una vez aprobada la solicitud de sentencia, estará constituida la pertenencia, es decir, la empresa puede explorar en el terreno.

---

<sup>1</sup>[www.puntomedio.cl](http://www.puntomedio.cl) Sitio web de la Empresa, con información sobre su misión, visión, trabajos que realizan, software desarrollado, etc.

- Prórroga: La pertenencia minera de exploración tiene una duración de dos años. Luego de ese período, se puede pedir una prórroga por dos años más, pero solicitando un polígono que abarque a lo más la mitad de la superficie ya aprobada para exploración.
- Trámites para la constitución de pertenencias mineras de explotación:
  - Manifestación: Es un documento mediante el cuál se solicita a la minera un rectángulo (señalando las coordenadas que correspondan a su centro, y los metros de ancho y alto), dentro del cuál se pretende explotar minerales.
  - Solicitud de Mensura: Una vez aprobada la manifestación, se realiza esta solicitud, que corresponde a un polígono simple, dentro del rectángulo aprobado en la mensura; puede corresponder al rectángulo completo o parte de este, pero no puede comprender terrenos fuera de él.
  - Concesión de Explotación: Una vez aprobada la mensura, la empresa minera debe solicitar al juzgado un extracto, que corresponde a un resumen de los datos de la pertenencia, incluyendo el polígono aprobado en la mensura. Este extracto es publicado en el Boletín Oficial de Minería, constituyéndose finalmente la pertenencia minera de explotación.

El catastro permite consultar la información de todas las solicitudes de pertenencias, ya que ofrece la posibilidad de utilizar filtros de búsqueda, y además mantiene un historial de todos los trámites realizados según el tipo de pertenencia. Para lograr esto, los datos se obtienen desde los boletines del Diario Oficial del Sernageomin, donde se encuentran los extractos de las solicitudes ya mencionadas, que fueron realizadas por las mineras en el juzgado que les corresponda. Estos archivos se procesan y a partir de los extractos se obtienen datos tales como el nombre de la solicitud de pertenencia, el juzgado, el propietario, las coordenadas, etc. y son almacenados en distintas bases de datos. De esta forma, se ofrece un buscador para estos y otros datos relacionados, como servicio a los usuarios del sitio, y como una alternativa al sistema que actualmente ofrece el Sernageomin.

En este trabajo de memoria, se desarrolló una visualización en **Google Maps** de las solicitudes de pertenencias mineras para complementar el buscador existente, además de agregar criterios geométricos para la realización de las consultas, validar los nuevos registros de solicitudes de pertenencias mineras ingresados a partir de los extractos, y para encontrar similitudes entre los que deban actualizarse, proveyendo interfaces para revisar los que presenten problemas.

## 1.1. Motivación y Justificación

Actualmente el único servicio online de búsqueda y visualización gráfica de las pertenencias mineras es el del Sernageomin<sup>2</sup>, el cual no entrega toda la información que requieren los dueños o compradores de empresas mineras, especialmente las más pequeñas, o bien no permite filtrar por todos los criterios que se desea. Además, maneja demasiada información innecesaria para este grupo de clientes, lo cuál hace que el software sea difícil de usar para encontrar rápidamente la información requerida. Así mismo, no mantiene la información de las solicitudes de pertenencias mineras existentes actualizadas, pues no se ingresan cada vez que son publicadas en el Boletín Oficial.

El Catastro que ofrece Punto Medio, presenta ventajas respecto a los filtros de búsqueda que ofrece y la mantiene los datos actualizados. Sin embargo, muchos datos aparecen erróneos y algunos quedan sin actualizar, principalmente debido a la falta de criterios para analizar la validez de los polígonos. Y además, no ofrece una visualización online de un mapa de las solicitudes de pertenencias.

Por lo tanto, una motivación de este proyecto es desarrollar un software que provea información confiable de las solicitudes de pertenencias mineras existentes, y permita actualizar e ingresar nueva información en un tiempo razonable, debido a que el software actual, que se describe a continuación, no cumple con todos estos requisitos.

El proceso que utiliza la empresa Punto Medio para crear/buscar una solicitud de pertenencia minera es el siguiente:

- Obtener los boletines oficiales que contienen los extractos de las solicitudes de las empresas mineras.
- Reconocer automáticamente, a partir de los extractos de los boletines, los datos correspondientes a cada solicitud de pertenencia, mediante un Software de la empresa.

Estos datos se almacenan en una base de datos que contiene la información de todas las

---

<sup>2</sup><http://catastro.sernageomin.cl/> Sitio del Catastro Minero Online del Sernageomin

solicitudes de pertenencias mineras del país (base de datos global). y de todos los trámites que ha realizado cada una.

- Traspasar los datos obtenidos a una base de datos de pertenencias mineras regional. Existe una base de datos por cada región minera del país, las cuales son, de norte a sur:
  - Arica
  - Iquique
  - Antofagasta
  - Copiapo
  - Elqui
  - Limarí
  - Illapel
  - La Ligua
  - San Felipe
  - Santiago

En el presente informe, al hablar de regiones, se refiere a esta división.

- Procesar los datos en cada base de datos regional, desde donde, en caso que corresponda, se eliminan los trámites anteriores relativos a la solicitud de pertenencia minera procesada, dejando sólo el último. La base de datos global mantiene toda la información.

Para que los clientes puedan realizar consultas sobre los datos, la empresa Punto Medio cuenta con un buscador web de la base de datos global y por lo tanto muestra todos los trámites realizados por un cliente. El software a desarrollar debe buscar la información en la base de datos regional correspondiente para usar sólo los datos actualizados y mejorar el proceso de traspaso y actualización de datos hacia ésta, especialmente de los polígonos que definen la zona asociada a una solicitud de pertenencia minera. Los polígonos deben ser polígonos simples (sus arcos no se deben intersectar), de al menos cuatro vértices, y tener todos sus ángulos rectos. En general, cuando esto no se cumple, es debido a errores de escritura, o bien del software que lee

la información de los extractos. Es importante entonces implementar algoritmos que permitan validar los polígonos existentes al momento de traspasarlos de la base de datos global a la regional que corresponda.

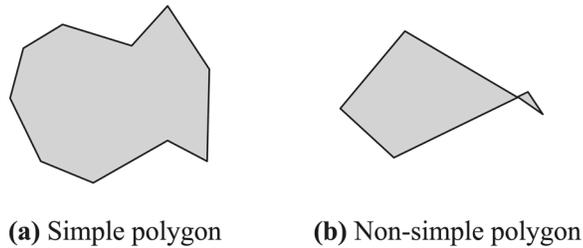


Figura 1: Ejemplo de polígonos simple y no simple.

Anteriormente a este proyecto, el alumno desarrolló una interfaz web para traspasar los datos desde la base de datos global a las bases de datos regionales, de modo que éstas se mantengan actualizadas con los últimos datos de cada solicitud de pertenencia minera. Para ello, al traspasar datos desde la base de datos global, se revisa que no existan registros asociados en la base de datos de la región correspondiente a esa misma solicitud de pertenencia minera. Si existen, se deja como válido el registro correspondiente al trámite más reciente, reemplazando los datos del registro más antiguo por el nuevo. A este proceso se le llama "enganche" en la empresa. En caso de que al realizar el enganche se actualice el polígono, se desea agregar como condición que el nuevo polígono asociado al registro sea igual o esté incluido en el ya existente.

Se desea tener una interfaz que muestre los polígonos que presentan problemas, ya sea por falta de datos, o mal ingreso de estos, y también una que permita observar un resumen de las solicitudes que pueden ser reemplazadas por una más actual pero presentan diferencias en el polígono. Asimismo, se requiere una interfaz para modificar los datos de las pertenencias y corregir estos errores, la cuál sea consistente al modificar los datos en ambas bases de datos, ya que están relacionados.

En cuanto a la visualización de las solicitudes de pertenencias, se tiene la opción de ver en la

página imágenes dibujadas de los polígonos asociados a los resultados de una consulta. Tiene las desventajas de permitir sólo 50 polígonos simultáneamente como máximo, ser una imagen estática y de tamaño fijo, por lo que no se puede apreciar con claridad si los polígonos están muy distanciados. Existe otra opción en desarrollo dentro de la empresa, la cuál es exportar las imágenes de los polígonos en el formato del software **Mapinfo**. Sin embargo, la visualización sigue siendo sólo dibujos de los polígonos, es decir, no es sobre un mapa. Esta opción no funciona online, y **Mapinfo** es un software comercial pagado. Por lo tanto, otra motivación de este proyecto, es desarrollar una visualización adecuada para las solicitudes de pertenencias mineras existentes, de modo de poder analizarlas al momento de realizar las consultas, sin necesidad de recurrir a un software externo. En particular, se debe permitir:

- Apreciar su ubicación, aunque sea aproximada, dentro del territorio nacional.
- Visualizar las pertenencias que existen en un sector, para que el usuario pueda identificar visualmente las que tengan datos erróneos.

La visualización descrita en el párrafo anterior será agregada al buscador de pertenencias sobre las bases de datos global y las bases de datos regionales. Para ello, se ha portado el buscador de la base de datos global a uno adaptado para las bases de datos regionales, y se incorporará la opción de visualizar los resultados en ambos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Incorporar de manera extensible y eficiente, visualización al software para la búsqueda, actualización, creación, validación y modificación de pertenencias mineras.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Buscar si existen pertenencias mineras en una cierta zona y visualizarlas sobre un mapa satelital.
- Mejorar la eficiencia de las búsquedas con errores para la actualización de los datos, agregándoles además criterios geométricos.

- Validar automáticamente la información sobre los polígonos ingresados.
- Tener una interfaz que permita revisar aquellas solicitudes que no se ingresaron por errores en el polígono.
- Validar automáticamente, al reemplazar una solicitud de pertenencia por una más actual, que el polígono debe ser igual o estar dentro del polígono asignado al trámite anterior de la misma solicitud.
- Tener una interfaz que permita revisar aquellas solicitudes que no se reemplazaron sólo por diferencias en el polígono.
- Tener una interfaz que permita editar las pertenencias erróneas, editando también la correspondiente en la base de datos global o regional si es que existe.
- Añadir criterios geométricos sobre los polígonos a las búsquedas de solicitudes de pertenencias.
- Lograr un buen diseño orientado a objetos que permita hacerlo extensible a otras aplicaciones similares como el manejo de los derechos de aguas.
- Refactorizar los software de búsqueda y actualización actuales para hacerlos menos acoplados.

## **2. Antecedentes**

A continuación se describen los antecedentes previos con los que se contó para la realización de esta memoria, obtenidos a partir de investigación del alumno y del conocimiento actual de la empresa.

En primer lugar se describirán sistemas similares de Chile y el mundo, posteriormente el software desarrollado y utilizado en la empresa, y finalmente, los distintos algoritmos existentes para las funciones geométricas necesarias e implementaciones existentes en distintos lenguajes de programación que podrían ser utilizados en el desarrollo.

### **2.1. Sistemas Similares en Chile y el Mundo**

#### **2.1.1. Sernageomin**

El Sernageomin entrega un servicio online gratuito para cualquier usuario (previo registro), de búsqueda de pertenencias mineras (solicitudes y constituidas), a través de un mapa (Figura 2). Éste permite buscar un punto en coordenadas PSAD56 para ubicarlas en el mapa y realizar búsquedas por nombre de la concesión, nombre del propietario o rut y rol nacional.

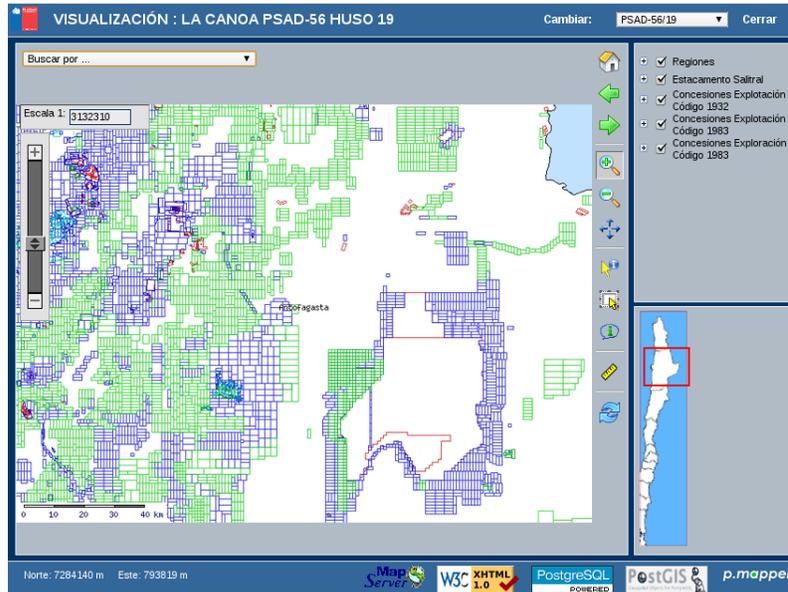


Figura 2: Mapa del Catastro Minero Online del Sernageomin

No obstante, pese a cumplir con el objetivo de tener una visualización de las pertenencias, el buscador y el mapa presentan varias desventajas:

- El mapa siempre muestra todas las pertenencias existentes, lo que hace más lenta la navegación.
- Sólo se puede consultar por unos pocos campos y sólo se puede consultar por igualdad de un campo con el texto ingresado, no que éste lo contenga.
- No se muestra el trámite de las pertenencias, sólo se distingue entre las solicitudes y las ya constituidas.
- Hay información que no se muestra, como las coordenadas exactas de los bordes de los polígonos y las fechas en que se realizaron los trámites de la solicitud de pertenencia.
- No tiene vista satelital.

Por lo mismo, mediante la visualización desarrollada se le desea dar solución a estos inconvenientes.

### 2.1.2. Sistemas en Otros Países

- **Perú:** El Catastro Minero del INGEMET de Perú <sup>3</sup>, posee un mapa similar al del Sernageomin, con las mismas ventajas y desventajas, pero además el mapa provee información de lugares de interés geográfico en general, no sólo mineras, por lo que las opciones de búsqueda son más generales y cubren menos campos relativos a las mineras que el del Sernageomin. El sitio cuenta con un buscador más detallado, pero no está enlazado al mapa. Sin embargo, también se ofrece descargar la información actual de las mineras en formato **Google Earth**, el cuál ofrece la vista satelital y más detalle en las consultas; no obstante, no funciona de forma online en un explorador; se requiere instalar un software externo y no se actualiza automáticamente junto con la base de datos.
- **España:** El Ministerio de Industria, Energía y Turismo ofrece un buscador de yacimientos mineros<sup>4</sup>, que permite filtrar por ubicación y material extraído. El buscador si está enlazado con el mapa, que da la opción de visualizar todos los resultados o uno en particular. El mapa está desarrollando en Map Server, por lo que la visualización es bastante similar a la del Sernageomin, con la ventaja de permitir mostrar sólo los resultados de la consulta. Sin embargo, si bien no tiene vista satelital, el mapa muestra detalles del relieve, carreteras y ciudades del lugar que se está observando. Lamentablemente, esto ocasiona que funcione mucho más lento que el del Sernageomin.
- **Colombia:** El Catastro Minero del Ministerio de Minas y Energía de Colombia <sup>5</sup>, ofrece una visualización desarrollada en el software **ArcGis**, la cuál tiene las ventajas de distinguir en la interfaz distintos trámites y tipos de pertenencias mineras y mostrar mucha más información de cada pertenencia, al hacerle click, en comparación a los otros software revisados. Sin embargo, no ofrece ningún mecanismo de búsqueda de las mismas y sigue siendo bastante lento navegar por el mapa, por lo que la búsqueda de una pertenencia en

---

<sup>3</sup>[http://www.ingemmet.gob.pe/web/form/plantilla01\\_mineria.aspx?opcion=126](http://www.ingemmet.gob.pe/web/form/plantilla01_mineria.aspx?opcion=126) Catastro Minero del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de Perú

<sup>4</sup><http://geoportal.mityc.es/CatastroMinero/BusquedaBasica.do> Catastro Minero del Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España

<sup>5</sup><http://www.simco.gov.co/Inicio/CatastroMineroColombiano/MapaIngeominas/tabid/376/Default.aspx> ArcGis Catastro Minero desarrollado por el Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia

particular resulta bastante ineficiente.

## 2.2. Software Legado

Como ya se explicó, los datos están almacenados en una base de datos global, que conserva toda la información, y bases de datos regionales, que mantienen datos actualizadas. Ambas bases de datos están en MySQL y los polígonos se almacenan con el tipo POLYGON que provee MySQL. Existen dos restricciones importantes respecto a los datos:

- La estructura de las tablas que existen en las bases de datos no puede modificarse, es decir, no se debe agregar columnas o cambiarle nombre o tipo de datos a las existentes, debido a que hay mucho software en la empresa que las utiliza. No hay inconvenientes en agregar tablas o incluso otras bases de datos.
- Las coordenadas de los polígonos están guardadas en el formato PSAD56. Esto no se debe cambiar ya que es el formato en que se escriben todos los trámites relativos a minería.

Actualmente existen dos aplicaciones web desarrolladas en PHP (Versión 5.0), con algunas funciones en Javascript de apoyo, que cumplen parcialmente algunos de los objetivos ya mencionados. La primera, llamada Sistema de Enganches, para pasar registros desde la base de datos global a las bases de datos regionales, y la otra es el buscador llamado Resguardo Minero, que realiza consultas sobre la base de datos global, y fue replicado para las bases de datos regionales, con el nombre de Catastro Minero.

### 2.2.1. Sistema de Enganches

Como ya se explicó, en la empresa se le llama *enganche* al proceso de reemplazar un registro en la base de datos, por otro que corresponda a la misma solicitud de pertenencia minera, pero en un trámite más actual.

Actualmente existe una interfaz, que se muestra en la Figura 3, destinada a realizar enganches (si es posible), al pasar los registros de un nuevo boletín de pertenencias mineras desde la base

de datos global a la regional correspondiente. Los registros que no encuentren coincidencias en la base de datos regional, se traspasan directamente. En la interfaz se muestran los que tienen pertenencias sin enganchar; al hacer click, se realiza la consulta que busca posibles coincidencias.

| Listado de boletines en PM posteriores a la carga inicial de catastro Arica (cambiar región) |                    |                          |  |
|--|--------------------|--------------------------|--|
| Número de boletín  | pertenencias en PM | no enganchadas aún en PM | pasar pertenencias no enganchadas a catastro Arica |
| 1827   | 339                | 0                        |  |
| 1828   | 10                 | 0                        |  |
| 1829   | 28                 | 28                       | <a href="#">Pasar a Arica</a>                      |
| 1830   | 6                  | 6                        | <a href="#">Pasar a Arica</a>                      |
| 1831   | 5                  | 5                        | <a href="#">Pasar a Arica</a>                      |
| 1832   | 13                 | 13                       | <a href="#">Pasar a Arica</a>                      |
| 1833   | 247                | 247                      | <a href="#">Pasar a Arica</a>                      |
| 1834   | 22                 | 22                       | <a href="#">Pasar a Arica</a>                      |

Figura 3: Listado de boletines en la base de datos global correspondientes a Arica.

El problema es que como los registros provienen de trámites escritos a mano, los que se leen y se almacenan en las bases de datos, muchas veces estos tienen errores de escritura menores, ya sean ortográficos, diferente puntuación, o caracteres extras, por lo que en la base de datos se deben realizar consultas con errores para buscar coincidencias que se puedan enganchar.

El sistema engancha dos pertenencias si éstas cumplen con las siguientes condiciones:

- Coinciden en los siguientes campos, sin considerar espacios, puntuación o mayúsculas y minúsculas:
  - Propietario.
  - Nombre de la solicitud de pertenencia.
  - Juzgado donde se realizó el trámite.

- Rol Nacional (número que entrega el Sernageomin, para identificar las solicitudes de pertenencia de alguna zona dentro de una región, es decir, no es único). Para el caso del rol, además hay veces que el número viene junto con el año, por ejemplo “-2004”; esto tampoco debe considerarse.

Para esto, se ocupan funciones de PHP para eliminar los caracteres que no deben ser considerados en ambos campos, previo a compararlos.

- El trámite de la pertenencia enganchada y el trámite de la enganchadora deben ser, respectivamente:
  - Manifestación y Solicitud de Mensura.
  - Solicitud de Mensura y Concesión de Explotación.
  - Pedimento y Solicitud de Sentencia de Exploración.
  - Solicitud de Sentencia de Exploración y Prórroga.
- Al comparar sus respectivas fechas de publicación (de acuerdo a los trámites, por ejemplo, fecha de publicación de manifestación comparada con la fecha de publicación de la mensura), debe ser anterior la de la enganchada a la enganchadora.

|   |  |  |
|---|--|--|
| ID :  | 542  | 630  |
| Tipo :  | MA   | SM   |
| Nombre pertenencia :                          | MARCOS I DEL<br>1 AL 5   | MARCOS I DEL 1 AL 5  |
| Propietario :                                 | Roberto Salazar<br>Zuñiga  | Roberto Salazar<br>Zuñiga  |
| Rol :   | 159-2.001  | 159  |
| Juzgado :                                     | 2 Arica  | 2 Arica  |
| Fecha Publicación :                           | 2001-11-19   | 2002-06-22   |
| Número boletín pedimento /<br>manifestación : | 1160   | 0  |
| Vértices :                                    | 9000250 499500<br>9000250 500500<br>8999750 500500<br>8999750 499500 | 7949400 384700<br>7949400 385700<br>7948900 385700<br>7948900 384700 |

Figura 4: Manifestación y Solicitud de Mensura que cumplen condiciones para engancharse.

Si se cumplen todas estas condiciones, como se ve en la Figura 4, ambos registros son enganchados.

Luego de enganchar, la interfaz da la opción de ver ciertas pertenencias que no se hayan enganchado pese a que coinciden en algunos criterios (Figura 5):

- Nombre de la pertenencia,y cumplen criterios de trámites y fechas.
- Coinciden en el rol, nombre de la pertenencia, cumplen criterio de trámites y fechas.
- Coinciden en el rol, cumplen criterio de trámites y fechas.

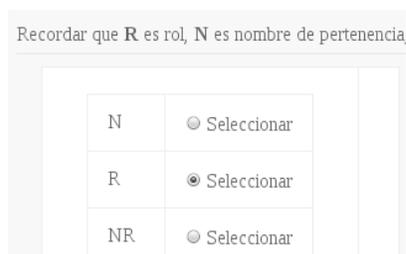


Figura 5: Opciones para revisar solicitudes que no se engancharon pese a coincidir en algunos criterios.

De esta manera, como se ve en la Figura 6, al revisar los que coinciden en el nombre de la pertenencia y no se engancharon, se puede ver dos registros que no se enganchan ya que sus roles son distintos.

|                            |  |  |
|----------------------------|--|--|
| Nombre de la pertenencia : | <a href="#">SAN FELIX III 1 AL 20</a>                                | <a href="#">San Felix III del 1 al 20</a>                            |
| Nombre (no normalizado):   | SAN FELIX III 1 AL 20  | San Felix III del 1 al 20  |
| Rol del juzgado :          | V-27- 2008   | <b>263.2009</b>  |
| Juzgado :                  | 2 Ovalle   | 2 Ovalle   |
| Propietario :              | S.L.M. San Felix III Uno, de la Estancia                             | San Felix III Uno  |
| Fecha de publicación :     | 30-09-2008   | 02-11-2010   |
| Tipo :                     | SM   | CT   |
| Suma de los vértices :     | 54412800.00  | 54412800.00  |
| Vértices :                 | 6626400 350900<br>6626400 351900<br>6625400 351900<br>6625400 350900 | 6626400 350900<br>6626400 351900<br>6625400 351900<br>6625400 350900 |

Figura 6: Manifestación y Solicitud de Mensura que tienen distinto rol y no se enganchan.

Esto permite encontrar casos en que hay pertenencias que deben engancharse pero el algoritmo no lo reconoce, por ejemplo, debido a errores al escribir el nombre, como se muestra en la Figura 7, donde se utilizó "I" en vez de "1".

|                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Nombre de la pertenencia : | BAHIA 1 1 AL 20            | BAHIA 1 1 AL 20            |
| Nombre (no normalizado):   | BAHIA 1 1 AL 20            | BAHIA 1 1 AL 20            |
| Rol del juzgado :          | 149                        | 149                        |
| Juzgado :                  | 1 Coquimbo                 | 1 Coquimbo                 |
| Propietario :              | CARMEN MONICA CHAVEZ RIVAS | CARMEN MONICA CHAVEZ RIVAS |
| Fecha de publicación :     | 30-07-2002                 | 01-04-2004                 |
| Tipo :                     | SM                         | CT                         |

Figura 7: Manifestación y Solicitud de Mensura que tienen distinto nombre, por un error de escritura, y no se enganchan automáticamente.

La aplicación funciona y se está usando sólo para la base de datos correspondiente a la segunda región, y está acoplada a ella. Tampoco existen criterios geométricos para enganchar las solicitudes de pertenencia, a pesar que estas deben cumplir con algunos, tales como que el polígono del trámite siguiente esté contenido o sea igual que el anterior.

### 2.2.2. Resguardo Minero

La segunda aplicación, corresponde al buscador, llamado Resguardo Minero, orientado a los usuarios del sitio, cuyas consultas tienen relación con las tareas mencionadas anteriormente, y el objetivo es ser una alternativa al buscador del Catastro del Sernageomin. Actualmente el buscador sólo funciona sobre la base de datos global, y se desea tener un buscador idéntico que realice consultas sobre las bases de datos de regiones. Se tiene como restricción de la empresa, la petición de modificar el código del buscador lo menos posible, en vista de que en él está trabajando otro desarrollador. Por lo mismo, se optó por replicarlo para las bases de datos regionales que están actualizadas, con el nombre de Catastro Minero, y sólo añadirle el enlace a la visualización implementada en esta memoria.

El buscador tiene las siguientes funcionalidades, teniendo un módulo destinado a cada una de ellas:

1. Realizar consultas sobre los registros, por todos sus campos (con condición ya sea “igual“,

“contiene“, “menor que“ o “mayor que“, en el caso de los campos numéricos o fechas).

2. Exportar el resultado de la consulta en Excel.
3. Almacenar consultas previamente realizadas por un usuario.
4. Mostrar las coordenadas del polígono asociado a la consulta realizada.
5. Mostrar una imagen de los polígonos asociados a la consulta realizada.
6. Exportar los resultados en formato Mapinfo.

Se puede apreciar la interfaz del Resguardo Minero en la Figura 8

**Nombre de la consulta :**

| Campo   | Condición | Valor                |
|---|-----------|----------------------|
| <input type="text" value="y"/> Tipo publicacion | igual     | <input type="text"/> |
| <input type="text" value="y"/> Tipo publicacion | igual     | <input type="text"/> |

Buscar solamente en los últimos boletines.

No se consideran las restricciones que tienen el campo valor vacío.  
Formato de Fechas : dd-mm-aa  
Rangos se separan por "/" (ej. entre 5 y 8 : "5 / 8")

**Vértices :**

| Número | Punto Norte          | Punto Este           |
|--------|----------------------|----------------------|
| 1      | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 2      | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

**Resultados :**

Seleccione los campos que desea ver al realizar la consulta.  
El número al costado del campo indica el orden en que van a ser presentados.

|   |                                |   |                                |
|---|--------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | <input type="text" value="."/> | 5 | <input type="text" value="."/> |
| 2 | <input type="text" value="."/> | 6 | <input type="text" value="."/> |
| 3 | <input type="text" value="."/> | 7 | <input type="text" value="."/> |
| 4 | <input type="text" value="."/> | 8 | <input type="text" value="."/> |

Ver Vértices

**Ultimos Boletines :**

|             |              |
|-------------|--------------|
| Arica       | (05-01-2012) |
| Iquique     | (09-01-2012) |
| Antofagasta | (26-12-2011) |
| Copiapó     | (26-12-2011) |
| Elqui       | (30-12-2011) |
| Limari      | (03-01-2012) |
| Illapel     | (10-01-2012) |
| La Ligua    | (21-12-2011) |
| San Felipe  | (26-12-2011) |
| Santiago    | (29-12-2011) |

**Consultas :**

prueba pocos  
prueba muchos  
prueba todos campos  
no forma figura

Figura 8: Buscador de la base de datos global.

Como se ve en la figura, la primera parte de la interfaz del buscador consiste en casillas que permiten escoger condiciones sobre los campos que se requiera para realizar la consulta, ya sean

igualdad, menor, mayor, etc. y además los conectores lógicos entre dichas condiciones. Más abajo, se entrega la opción de ingresar vértices de un rectángulo para consultar registros cuyo polígono igual a él; y a continuación, se puede escoger los campos que se muestren al ver los resultados. A la derecha de la interfaz se muestran las fechas de los últimos boletines publicados, y una sección donde se puede guardar la consulta actual o cargar una ya guardada.

Las anteriores funcionalidades tienen algunas limitaciones:

- Existen consultas sobre los polígonos pero sólo en términos de igualdad, es decir se pueden poner las coordenadas y buscar los registros que tengan asociado un polígono igual a ese.
- Existe la opción de ver una imagen de las pertenencias correspondientes a los resultados. La imagen es estática y siempre del mismo tamaño, por lo que si los polígonos resultantes están muy alejados, no se puede apreciar nada con claridad, como se ve en la Figura 9.

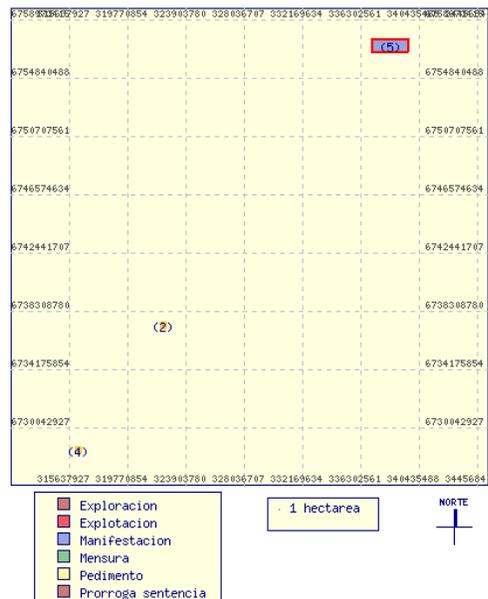


Figura 9: Imagen entregada por el buscador a partir de una consulta.

La otra alternativa es la de exportar al formato del software Mapinfo, que como ya se mencionó, es pagado, no todos los clientes tienen la licencia, no tiene vista satelital, y se requiere

exportar un archivo y salir de la web para utilizar un software de escritorio.

## 2.3. Algoritmos Geométricos

Como se explicó, para validar los polígonos se necesita que éstos sean simples y ortogonales (sólo ángulos rectos). Además, para enganchar, se debe cumplir que el polígono del trámite posterior esté contenido dentro del primero. Luego, para ambos casos, se estudiaron los algoritmos existentes [1, 5] con el fin de implementarlos o bien aprovechar algún lenguaje que los tuviese implementados.

### 2.3.1. Polígonos Simples

Para reconocer un polígono no simple, el problema se reduce a revisar si los segmentos correspondientes a sus lados, se intersectan entre sí. Para esto, se utiliza el algoritmo de Bentley y Ottman (1979), el cuál consiste en encontrar todas las intersecciones de un conjunto de segmentos. El algoritmo realiza esto mediante una línea de barrido sobre todos los segmentos. No obstante, este algoritmo devuelve todas las intersecciones encontradas y, en este caso, sólo se quiere saber si existe una intersección. Para esto, existe una versión simplificada del algoritmo, propuesta por Shamos y Hoey [6] que realiza este propósito tomando tiempo  $O(n \log n)$  ya que termina en la primera intersección que encuentre.

Los lenguajes utilizados en el software de la empresa: PHP, MySQL y Javascript no tienen implementaciones de este método. Existe una implementación en la extensión PostGIS de Postgres, mediante el método `ST_IsSimple`.

### 2.3.2. Polígonos dentro de otros

Al momento de enganchar, el polígono debe estar dentro del rectángulo correspondiente al trámite anterior de esa misma solicitud de pertenencia minera.

Estos polígonos, pueden ser convexos o no. Por ejemplo, en la Figura 10 se puede ver un polígono dentro de un rectángulo asociado a una solicitud de una pertenencia minera de explotación.

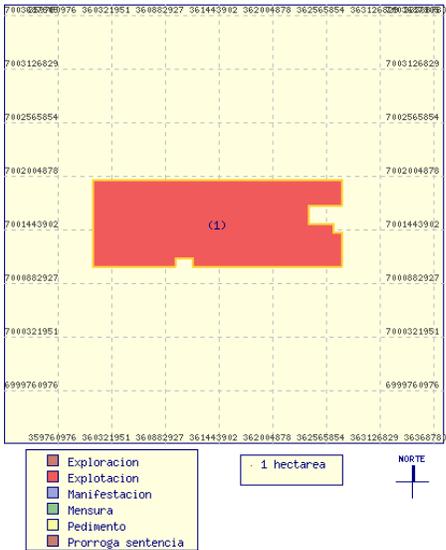


Figura 10: Área de Explotación dentro del rectángulo de una Manifestación.

El problema se reduce a calcular si un polígono simple está dentro de un rectángulo. Para ello, se calcula por cada vértice del polígono, si éste está en el interior del rectángulo.

En MySQL existe la función `MBRContains(g1, g2)` para determinar si el rectángulo cobertor mínimo `g1` contiene a `g2`. Como se sabe que siempre el polígono del trámite anterior es un rectángulo, esta función sería suficiente. En PostGIS existe la función general `ST_Contains` para ver si un polígono está dentro de otro. Si bien en PHP y Javascript no hay primitivas que calculen esto, existen numerosas implementaciones ya desarrolladas.

## 2.4. Terminología

En vista de que el proceso involucra muchos términos propios de la jerga de la minería o del software actual de la empresa, se presenta a continuación un resumen de los términos mencionados para facilitar la lectura de este informe.

- **Solicitud de Pertenencia Minera:** Solicitud de derecho sobre un terreno para la explotación o exploración de minerales. Pasa por una serie de trámites antes de estar constituida.
- **Región Minera:** División regional del país según las zonas donde existen pertenencias mineras. Mencionada simplemente como “región” en este informe.
- **Base de datos global:** Llamada `bdminero`. Base de datos que contiene todos los registros históricos de las solicitudes de pertenencia.
- **Base de datos regional:** Bases de datos de las regiones mineras de Chile, las cuales deben contener sólo los registros actualizados.
- **Resguardo Minero:** Buscador de la empresa, que realiza consultas sobre la base de datos global, `bdminero`.
- **Catastro Minero:** Buscador de la empresa, que realiza consultas sobre las bases de datos regionales.
- **Enganche:** Actualización de un registro de la base de datos, que consiste en insertar el registro que corresponde a la misma solicitud de pertenencia pero en un trámite posterior, y borrando el registro correspondiente al trámite anterior.

### 3. Análisis

#### 3.1. Resumen Requerimientos

El proceso completo que se realiza con las solicitudes de pertenencias mineras, incluyendo los servicios asociados a éstas es el siguiente:

- Las solicitudes son publicadas en boletines en el Diario Oficial, y se sube un extracto de cada publicación, con la información relevante para la empresa, en formato PDF al sitio.
- Los extractos se parsean con un software de la empresa y se agregan registros a la base de datos global (**bdminero**) con los datos obtenidos.
- Utilizando el sistema de enganches, cada boletín es traspasado a la base de datos regional que le corresponda, mediante la interfaz mostrada en la figura 3. En este proceso, se enganchan automáticamente las pertenencias que cumplan las condiciones para ello.
- La interfaz también permite mostrar aquellas pertenencias que no fueron enganchadas por fallar en alguno de los criterios, y se pueden enganchar automáticamente.
- Existe un buscador, Resguardo Minero que permite realizar consultas en la base de datos global, el cuál permite ver imágenes estáticas de las pertenencias y exportarlas en otros formatos.

Para incorporar la visualización al sistema, los requisitos que deben cumplirse son los siguientes:

- Al subir nuevos registros a la base **bdminero**, deben marcarse aquellos que presenten irregularidades en el polígono.
- Actualmente existe una interfaz que muestra aquellos registros en que al polígono le faltan puntos, o tiene coordenadas fuera de rango. A esta interfaz debe añadirse el resto de los criterios por los que un polígono es considerado erróneo.
- Al enganchar boletines, deben agregarse los criterios geométricos que permiten determinar si se puede enganchar o no un registro.

- Se debe entregar la opción de revisar aquellos que no fueron enganchados por fallar en los criterios relativos al polígono.
- Debe replicarse el buscador, de modo que consulte sobre las bases de datos regionales, considerando los campos de estas.
- Ambos buscadores deben tener la opción de consultar solicitudes de pertenencias que se encuentren dentro de un polígono determinado.
- Ambos buscadores deben tener un enlace a un mapa donde visualizar en línea los resultados obtenidos.
- El mapa debe tener las siguientes funcionalidades:
  - Poder moverse, realizar zoom, y cambiar a vista satelital.
  - Mostrar mediante polígonos sobre el mapa, las pertenencias obtenidas en la consulta.
  - Tener información asociada a las solicitudes de pertenencia que correspondan los polígonos, que permita ubicarlos rápidamente en el mapa.
  - Tener un enlace al extracto de la solicitud de pertenencia correspondiente a cada polígono.
  - Tener un enlace a una interfaz de edición para las pertenencias.
  - Distinguir mediante colores polígonos que correspondan a distintos trámites.
  - Poseer filtros sobre las pertenencias mostradas en el mapa, tales como, ocultar las que tengan polígonos mal formados.
- Agregar a la interfaz de edición existente la opción de editar las coordenadas independientemente, además de modificar simultáneamente el registro correspondiente en `bdminero` y la base de datos regional a la que pertenezca.

### 3.2. Casos de Uso

Existen dos tipos de usuarios de la aplicación, los cuáles son el personal de Punto Medio y usuarios de las empresas mineras. Ambos usuarios utilizan la aplicación con distintos propósitos:

el personal de Punto Medio lo hace con el objetivo de comprobar que los datos de la aplicación sean consistentes, y los usuarios de las mineras para buscar información relevante en las decisiones que deben tomar. También es importante señalar que los usuarios de las mineras sólo tienen acceso a los buscadores. En la Figura 11 se presentan los casos de uso más habituales para los que se utiliza la aplicación el personal de la empresa y los usuarios de empresas mineras, y a continuación se describen.

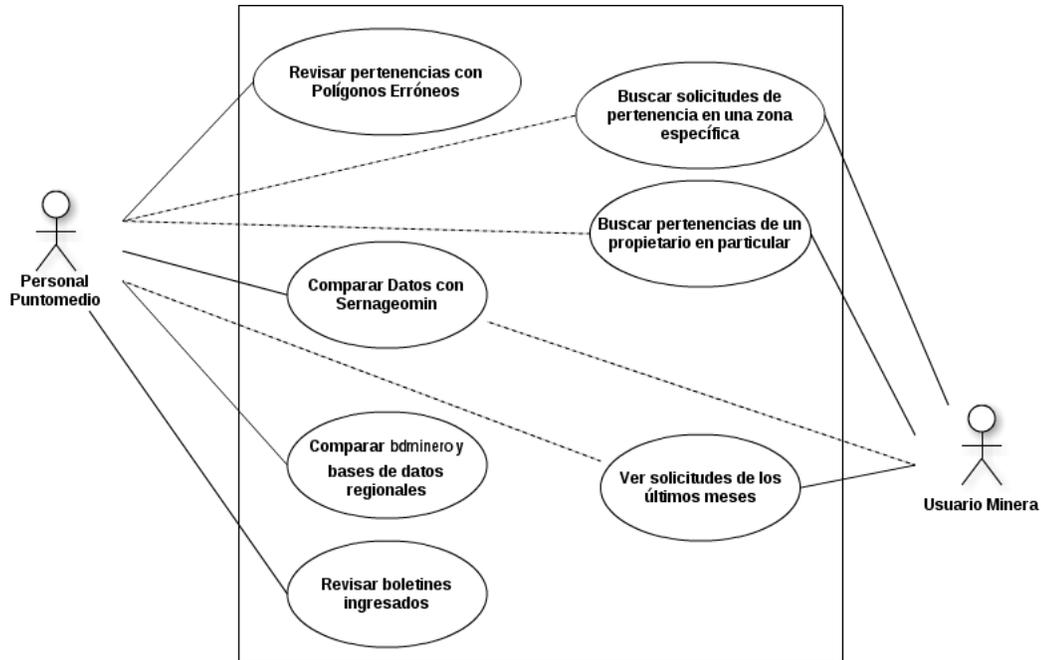


Figura 11: Casos de Uso de la aplicación.

- **Revisar pertenencias con polígonos erróneos:** El personal de la empresa dispone de una interfaz para revisar aquellos polígonos que presenten errores. Luego de revisar que efectivamente sea así, y no un error del parser, estos se marcan en la base de datos mediante la misma interfaz y se pueden consultar en el buscador para revisar que efectivamente tienen errores en el polígono, y en el mismo mapa existe un enlace a la interfaz de edición del registro, para corregir el polígono y nuevamente consultarlo en el mapa y verificar como quedó.
- **Comparar Datos con Sernageomin:** Otra utilidad de la aplicación es comparar

visualmente una misma consulta con los resultados obtenidos en el software del Sernageomin para verificar que se maneja más información histórica en la base de datos de Punto Medio. Además permite identificar visualmente si las pertenencias están ubicadas en el mismo lugar.

- **Comparar badminero y bases de datos regionales:** Asimismo, se puede revisar visualmente cuanta información se ha logrado reducir en las bases de datos regionales respecto a badminero, comparando la cantidad de información asociada al mapa al realizar la misma consulta en ambos, ya que estas sólo deberían mostrar los últimos registros actualizados, y no toda la información histórica como en badminero.
- **Revisar boletines ingresados:** Al ingresar un boletín nuevo a la base de datos, luego de engancharlo y marcar los que tengan polígonos erróneos, los usuarios de Punto Medio ingresan al buscador y consultan los registros del boletín ingresado para observar en el mapa si existe algún polígono que se vea erróneo y no haya sido encontrado por el algoritmo existente.
- **Buscar solicitudes de pertenencia en una zona específica:** Esta consulta permite a los usuarios de las mineras saber si hay otras solicitudes en trámite en algún lugar donde deseen hacer una solicitud de pertenencia, o si ya la han hecho, ver quién más está solicitando en la misma zona, ya sea para explorar o explotar. El buscador permite buscar las solicitudes que intersecten o estén dentro de un polígono específico o también las que estén en alguna región del país.
- **Buscar pertenencias de un propietario en particular:** Otra consulta habitual para los usuarios de las empresas mineras, es buscar las pertenencias de algún competidor a lo largo del país, para observar en que zonas está realizando solicitudes, y también para llevar un catastro de sus propias solicitudes de pertenencias.
- **Ver solicitudes de los últimos meses:** En general, los usuarios de las empresas mineras consultan las últimas solicitudes realizadas para observar en qué terrenos se están realizando más, y a partir de eso refinar la información que buscan. El mapa hace más sencillo observar si existe alguna tendencia.

### **3.3. Tecnologías Utilizadas**

A continuación se desea explicar, dentro de las alternativas que existen en cuanto a tecnologías para el desarrollo de cada parte de la aplicación, cuáles se decidió utilizar y por qué.

#### **3.3.1. Mejoras Software Legado**

Tanto el buscador como la aplicación para actualizar los datos existentes están desarrollados en PHP, y los datos almacenados en bases de datos MySQL. Por lo tanto, como el objetivo es incorporar mejoras a ambos, se estimó que lo ideal era desarrollar las mejoras en estos mismos lenguajes, con el objetivo de facilitar su integración con ambas aplicaciones, y además, tomando en cuenta que la eficiencia no se vea afectada, como se apreciará en la sección de resultados.

#### **3.3.2. Visualización**

Para la visualización, se revisaron varias opciones de software GIS Open Source, y se revisaron en detalle aquellas alternativas ya utilizadas en software similares [3].

Existía la alternativa de utilizar el software **Map Server**, que es el que usa el **Sernageomin**, que tiene la ventaja de tener integrada la proyección **PSAD56** en coordenadas UTM. Sin embargo, tiene la desventaja de no tener vista satelital, requerir un tiempo de familiarización de los usuarios con el software, y poca existencia de desarrollo de funcionalidades para el software lo que genera incertidumbre en cuanto a las capacidad del mismo para cumplir con todos los requerimientos.

Se decidió utilizar **Google Maps** debido a que los usuarios (personal de la empresa y personas del área de la minería), están más familiarizados con su uso, tiene vista satelital, y existen numerosos ejemplos y funcionalidades ya implementadas para el manejo de un conjunto de polígonos en el mapa. Sin embargo, tiene la desventaja de no poseer integrada la proyección de **PSAD56** a coordenadas UTM, por lo que se tuvo que implementar una conversión de las coordenadas en formato **PSAD56** a formato **WGS84**.

Luego, para mostrar los polígonos relativos a las pertenencias mineras en el mapa se utilizó la

API de Google Maps [4] para Javascript V3, basándose en uno de los ejemplos<sup>6</sup> que se recomiendan en el grupo de desarrolladores de Google Maps para manejo de un arreglo de polígonos dinámico.

Para convertir las coordenadas de estos polígonos de PSAD56 a WGS84 se desarrolló una función en PHP que transformara las coordenadas basada en una hoja de cálculo de un sitio de cartografía<sup>7</sup>.

Otra opción considerada fue utilizar Google Earth, basado en la memoria de Mauricio Zúñiga [2], ya que ofrece las mismas ventajas que Google Maps, sin embargo, en términos de eficiencia Google Earth demora más en tiempos de carga de datos y el mapa, ya que ofrece mucho mayor detalle del terreno, e imágenes en tres dimensiones. Considerando que con las funcionalidades de Google Maps era suficiente para cumplir los objetivos de este proyecto, se descartó esta opción.

---

<sup>6</sup>Google Maps JavaScript API v3 Example: Multi-Polygon JSON  
<http://server.everfine.com.tw/blog/archives/2010/10/three-approache.html>

<sup>7</sup><http://www.ingeoграфos.com.pe/2010/03/transformacion-de-coordenadas-utm.html>

## 4. Diseño e Implementación

En la presente sección se describe, en primer lugar, el diseño de la aplicación completa, considerando la visualización, las mejoras al sistema de enganches y al buscador, y la validación de polígonos. Para ello se describe, a partir del diagrama de clases, los módulos generados, y las principales funcionalidades de estos. En segundo lugar, se describen detalles de la implementación de las principales funcionalidades y algoritmos.

### 4.1. Diagrama de Clases

En la Figura 12 se observa el diagrama de clases de la aplicación. Todas las clases están desarrolladas en lenguaje PHP, salvo las que se especifican en el diagrama que están en lenguaje Javascript. Los módulos `Mapa` y `lib` fueron agregados completamente en el desarrollo de esta memoria, para el resto de los módulos, sólo se muestran en el diagrama las clases pertenecientes a ellos que hayan sido añadidas o modificadas.

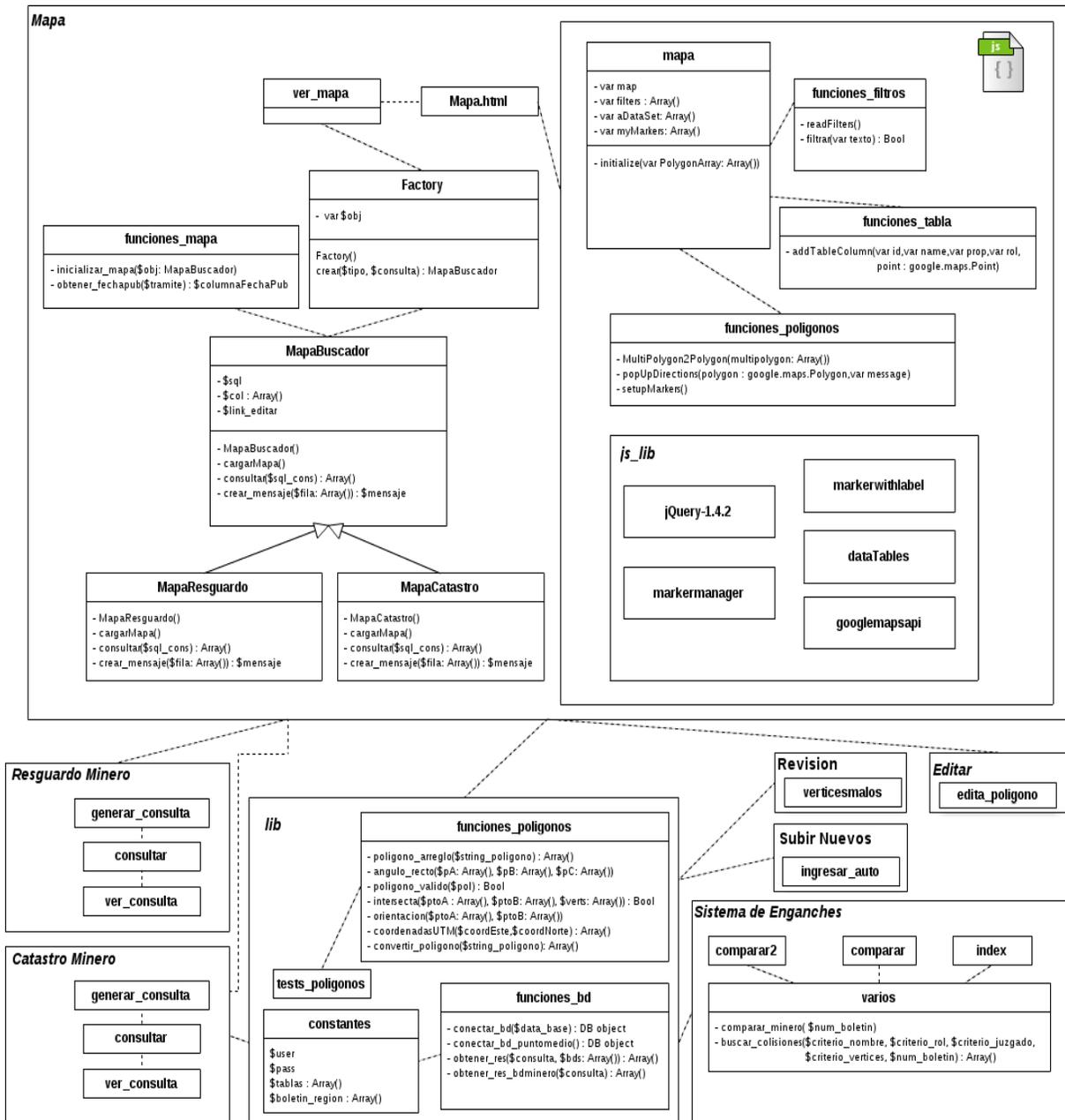


Figura 12: Diagrama de Clases de la aplicación.

Los módulos de la aplicación y sus principales clases son los siguientes:

- Lib:** Módulo externo con funcionalidades globales que utilizan todos los módulos, tales como las necesarias para realizar la conexión a la base de datos, permitiendo así desacoplar

al buscador de la base de datos global, y agregar la funcionalidad de elegir a qué bases de datos correspondientes a las regiones se quiere consultar. Esto mediante una clase `funciones_bd.php` que contiene métodos para recibir el nombre de una base de datos y conectarse a ella, y para realizar una consulta a un conjunto de bases de datos y retornar los arreglos correspondientes a los resultados en uno sólo. Además, se agregó otra clase `constantes.php` que contiene las constantes globales utilizadas por todas las partes del sistema tales como los nombres de las bases de datos regionales, los números asociados a ellas o los límites del rango de la coordenadas válidas. La clase `funciones_poligono`, como su nombre lo indica, contiene las funciones relativas al polígono que utilizan el resto de los módulos, tales como transformarlo a un arreglo de coordenadas o comprobar si es válido.

- **Subir Nuevos:** Este módulo se utiliza cuando se suben archivos nuevos desde el Diario Oficial a la base de datos `bdminero`, mediante el parser de la empresa. Dentro de él se modificó la clase `ingresar_auto.php`, para que al subir los registros a la base de datos se revise si su polígono es válido, de modo de poder marcar los que no lo sean en la base de datos, invocando la función `poligono_valido` de la clase `funciones_poligono.php`.
- **Sistema de Enganches:** Módulo descrito la sección Antecedentes, el cuál se ocupa para ingresar pertenencias desde `bdminero` a las bases de datos regionales, actualizando las que lo requieran (enganches), y con la opción de revisar pares de no enganchadas. Se le realizaron las siguientes modificaciones:
  - La clase `index.php` muestra el listado de boletines nuevos de la región, la cuál fue modificada para que exista un paso previo donde se escoja la región a utilizar, llamando a la función `conectar_bd` de `funciones_bd.php`.
  - Las clases `comparar.php` y `comparar2.php` contienen la elección de criterios para revisar pertenencias no enganchadas, y la interfaz que muestra los pares de registros no enganchados correspondientes. Ambas clases fueron modificadas para añadir el criterio de que el polígono abarca correctamente, pero no fueron enganchadas.
  - Por último, se modificaron las funciones que buscan los enganches en la clase `varios.php` para añadir la condición de que el polígono del trámite anterior debe

abarcar al siguiente, además de algunas modificaciones con el objetivo de mejorar la eficiencia, que serán descritas en la siguiente sección.

- **Revisión:** Módulo donde se realizan consultas con el objetivo de revisar la consistencia de los datos. Uno de los scripts llamado `verticesmalos.php` muestra los polígonos con vértices fuera de rango, o que les falta alguno. Fue modificado para que comprobara si los polígonos son válidos mediante la función `poligono_valido` de la clase `funciones_poligono.php` de modo de abarcar todos los criterios relativos a la validez del polígono.
- **Resguardo Minero:** Buscador de la base de datos global, `bdminero`. La clase `consultar.php` carga la interfaz para ingresar los datos a consultar, la clase `genera_consulta.php` genera la consulta mediante dichos datos, y la clase `ver_consulta.php` es la que carga la interfaz que muestra los resultados de la consulta. Como ya se mencionó, se solicitó modificar este módulo lo menos posible, por lo que sólo se le añadió el enlace al mapa en la clase `ver_consulta.php`, y se modificó `genera_consulta.php` para que al consultar por el polígono la consulta sea si intersecta o está dentro de él.
- **Catastro Minero:** Buscador de las bases de datos regionales. Sus clases tienen las mismas funcionalidades que las señaladas en Resguardo Minero, sin embargo, además se modificó la clase `consultar.php` para que tuviera un checklist de las bases de datos sobre las que se quiere realizar la consulta, y `generar_consulta.php` para que realizara la consulta con los campos correspondientes a las bases de datos regionales, y llamando a la función `obtener_res` de la clase `funciones_bd`.
- **Mapa:** Módulo correspondiente a la visualización de los resultados de las consultas en el mapa de `Google Maps`. El módulo se puede dividir en 3 partes:
  - Clases PHP que se encargan de obtener la consulta, escribir sus resultados en un archivo JSON <sup>8</sup> legible por el mapa, y cargar el mapa.
  - Clases de Javascript que se encargan de leer los resultados y convertirlos en polígonos de `Google Maps` para ponerlos sobre el mapa, además de agregarle la tabla de datos,

---

<sup>8</sup>Formato JSON: <http://www.json.org/>

marcadores, y los filtros.

- Bibliotecas Javascript utilizadas para facilitar el desarrollo, tales como la API de Google Maps y jQuery.
- **Editar:** Módulo que contiene la interfaz para editar registros. En él se modificó la clase `edita_poligono.php` de modo que se permitiera editar las coordenadas del polígono por separado, y además se añadió la funcionalidad de que al editar un polígono en `bdminero` se edite también el correspondiente en la base de datos regional en que exista.

## 4.2. Detalles de Implementación

A continuación se describen detalles de la implementación de las funcionalidades ya mencionadas.

### 4.2.1. Mejoras en Sistema de Enganches

Anteriormente esta aplicación web trabajaba sólo sobre la base de datos de la segunda región. Como ya se mencionó, se agregó una clase con funciones globales para conexión a las bases de datos, por lo que se pudo desacoplar el software de modo que sirva para cualquier base de datos. Para ello, se utiliza una variable global `$db`, la cuál se instancia en `index.php` mediante una interfaz donde el usuario elige la base de datos (Figura 13), y se envía por POST a través de las clases.



Por favor seleccione una base de datos

|             |
|-------------|
| Santiago    |
| Iquique     |
| Copiapo     |
| Antofagasta |

Figura 13: Interfaz para escoger base de datos.

Lo que hace esta aplicación, es ingresar datos nuevos de cada boletín subido a la base de datos global a las bases de datos regionales correspondientes. Al momento de ingresar los datos se busca si existen datos actualizados de pertenencias ya ingresadas para reemplazarlos (enganche). Para ello, al hacer click en un boletín, la clase `comparar.php` llama a la función `comparar_minero` de la clase `varios`, la cuál revisa si existen pares de registros que cumplan los criterios para engancharse, mencionados en el capítulo "Antecedentes" .

A estos criterios se les añadió la condición de que el polígono de la solicitud de pertenencia más nueva debe estar contenido o ser igual al del registro correspondiente al trámite anterior, lo que se comprueba mediante la función `MBRContains` de `MySQL`, que verifica si la caja cobertura de un polígono contiene al otro. Esta función se puede utilizar debido a que siempre el trámite anterior tiene asociado un rectángulo. En el caso particular de las prórrogas, el polígono debe abarcar al menos la mitad del área de la exploración, esto se mide mediante la función `Area` de `MySQL`.

Además, para mejorar el tiempo que se tarda en encontrar los datos para enganchar, se tomó la decisión de modificar las comparaciones de los campos rol, nombre pertenencia, juzgado y propietario, que anteriormente eran realizadas mediante `PHP`, es decir tomando un dato de la base de datos y reemplazando los caracteres que no deben ser considerados (signos de puntuación y espacios), de la cadena correspondiente a ese campo (por ejemplo, del rol), mediante funciones de `PHP` para luego buscar esto en otra consulta. Esto se cambió de modo que en una sola consulta `MySQL` se busquen todos los pares de registros enganchables, realizando la búsqueda con errores mediante la función `REPLACE` de `MySQL`. En la sección de Resultados se muestra la reducción en tiempo que representó esta modificación.

Por último, la clase `comparar2.php` se muestra luego de realizar los enganches automáticos, la cuál permite ver los registros que no fueron enganchados pese a que no fallan en todos los criterios, por ejemplo aquellos que tienen igual rol y no se engancharon. A esta interfaz se agregó la opción de revisar aquellos que no fueron enganchados al fallar el criterio relativo al polígono, como se aprecia en la siguiente figura.

Listado de coincidencias encontradas (5). Por favor confirmar las que sean correctas

| Coincidencia 1             |                                    |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Nombre de la pertenencia : | RAUL IV DEL 1 AL 3                 | RAUL IV DEL 1 AL 3                 |
| Nombre (no normalizado):   | RAUL IV DEL 1 AL 3                 | RAUL IV DEL 1 AL 3                 |
| Rol del juzgado :          | 32                                 | 32-2004                            |
| Juzgado :                  | 3 Arica                            | 3 Arica                            |
| Propietario :              | EMPRESA CONSTRUCTORA PIEMONTE S.A. | EMPRESA CONSTRUCTORA PIEMONTE S.A. |
| Fecha de publicación :     | 25-10-2004                         | 01-06-2006                         |
| Tipo :                     | SM                                 | CT                                 |
| Suma de los vértices :     | 65194800.00                        | 65214800.00                        |
|                            | 7971800 355300<br>7971800 355500   | 7981800 355300<br>7971800 355500   |

Figura 14: Listado de pertenencias no enganchadas debido a que fallaron el criterio del polígono.

También se agregaron las opciones de revisar los no enganchados, pese a que cumplan con alguna de estas condiciones:

- Coinciden en el nombre y el criterio del polígono es correcto.
- Coinciden en el rol y el criterio del polígono.

Estos criterios fueron escogidos por el personal de la empresa, ya que suelen ser los más comunes para encontrar diferencias en los registros que no pueden ser ignoradas automáticamente, y ser enganchados, por ejemplo en la Figura 15 se puede ver dos registros que cumplen con todos los criterios, pero fallan en el del nombre, debido a que una está escrita con números romanos y palabras, y la otra con números árabes.

|                            |  |  |
|----------------------------|--|--|
| Coincidencia 6             |  |  |
| Nombre de la pertenencia : | ROSARIO XII 1 AL 12  | Rosario XII Una a Rosario XII  |
| Rol :                      | 2.237-2005   | 2237-2005  |
| Juzgado :                  | 4 Copiapo  | 4 Copiapo  |
| Propietario :              | MINERA AMANECER LIMITADA   | MINERA AMANECER LIMITADA   |
| Fecha de publicación :     | 02-11-2010   | 29-05-2006   |
| Tipo :                     | X  | SM   |
| Vértices :                 | 7155000 542000<br>7155000 544000<br>7154000 544000<br>7154000 542000 | 7155000 542000<br>7155000 544000<br>7154000 544000<br>7154000 542000 |

Figura 15: Listado de pertenencias no enganchadas debido a diferencias en el nombre.

#### 4.2.2. Buscador

Como ya se mencionó, se replicó el buscador actual, agregándose el buscador Catastro Minero, para realizar consultas sobre las bases de datos regionales.

Se agregó a ambos buscadores un enlace para ver el mapa de los resultados obtenidos en la consulta en la clase `ver_consulta.php` además de la opción de consultar por las pertenencias que intersecten a un polígono determinado mediante la función `INTERSECTS` de MySQL.

El Catastro Minero se ve de la siguiente forma (Figura 16):

**Nombre de la consulta :**

|     | Campo                | Condición | Valor                |
|-----|----------------------|-----------|----------------------|
| y ▼ | <input type="text"/> | igual ▼   | <input type="text"/> |
| y ▼ | <input type="text"/> | igual ▼   | <input type="text"/> |

Buscar solamente en los últimos boletines. Más

No se consideran las restricciones que tienen el campo valor vacío.  
Formato de Fechas : dd-mm-aa  
Rangos se separan por " / " (ej. entre 5 y 8 : "5 / 8")

**Regiones en que desea buscar (si deja todas en blanco, se buscará en todas)**

- Arica
- Iquique
- Antofagasta
- Copiapo
- Elqui
- Limari
- Illapel
- LaLigua
- SanFelipe
- Santiago

**Vértices :**

| Número | Punto Norte          | Punto Este           |
|--------|----------------------|----------------------|
| 1      | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 2      | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

**Utiir**  
Arica  
Iquiq  
Anto  
Copi  
Elqu  
Lima  
Illape  
La L  
San  
Sant

p  
p  
p  
z  
p  
f  
f

Figura 16: Catastro Minero, permite buscar por base de datos regional.

Al momento de buscar y consultar los resultados aparece el enlace al mapa (Figura 17):

Información a partir de Febrero de 2001

[Siguiete Página >](#)
Para ver una imagen de las pertenencias haga click en el botón
[Ver Imagen](#)

Para generar un resumen, haga click en el botón
[Ver Resumen](#)
Para generar un informe de superposiciones, haga click en el botón
[Ver Informe](#)

Para exportar estos resultados haga click en el botón
[Exportar](#)

[Ver Mapa](#)

Registros :1 al 10 de un total de 65 Página 1 de 7

**Registro N° 1**

| <i>Tipo</i>            | <b>95585</b>      | <b>MA</b> |  | <b>Vértices</b>  |  |       |      |   |         |        |   |         |        |   |         |        |   |         |        |
|------------------------|-------------------|-----------|--|--|--|-------|------|---|---------|--------|---|---------|--------|---|---------|--------|---|---------|--------|
| <i>Fecha pub PE MA</i> | <b>2009-06-01</b> |           |  | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Norte</th> <th style="text-align: center;">Este</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">6916020</td> <td style="text-align: center;">399160</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">6916020</td> <td style="text-align: center;">400160</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">6915020</td> <td style="text-align: center;">400160</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">6915020</td> <td style="text-align: center;">399160</td> </tr> </tbody> </table> |  | Norte | Este | 1 | 6916020 | 399160 | 2 | 6916020 | 400160 | 3 | 6915020 | 400160 | 4 | 6915020 | 399160 |
|                        | Norte             | Este      |  |  |  |       |      |   |         |        |   |         |        |   |         |        |   |         |        |
| 1                      | 6916020           | 399160    |  |  |  |       |      |   |         |        |   |         |        |   |         |        |   |         |        |
| 2                      | 6916020           | 400160    |  |  |  |       |      |   |         |        |   |         |        |   |         |        |   |         |        |
| 3                      | 6915020           | 400160    |  |  |  |       |      |   |         |        |   |         |        |   |         |        |   |         |        |
| 4                      | 6915020           | 399160    |  |  |  |       |      |   |         |        |   |         |        |   |         |        |   |         |        |
| <i>Observaciones</i>   |                   |           |  |  |  |       |      |   |         |        |   |         |        |   |         |        |   |         |        |
| <i>BD Origen</i>       | <b>Copiapo</b>    |           |  |  |  |       |      |   |         |        |   |         |        |   |         |        |   |         |        |

[Ver Extracto](#)

**Registro N° 2**

|  |              |  |  |                 |
|--|--------------|--|--|-----------------|
|  | <b>96133</b> |  |  | <b>Vértices</b> |
|--|--------------|--|--|-----------------|

Figura 17: Resultados de la consulta, botón "Ver Mapa" lleva a la interfaz del mapa mostrando en él los resultados de la consulta.

### 4.2.3. Validación de Polígonos

Como ya se mencionó, es necesario validar los polígonos asociados a las pertenencias al momento de ingresarlos y engancharlos, además de tener una interfaz que permita revisar los erróneos en cualquier momento.

Para esto, en la clase llamada `funciones_poligono.php` se implementó la función `poligono_valido($poligono)` que recibe una cadena de texto que corresponde al polígono escrito en el formato `POLYGON` de MySQL, por ejemplo: `POLYGON((00,01,11,10,00))`, y realiza el siguiente proceso:

- Se transforma la cadena del polígono a un arreglo de coordenadas mediante la función `poligono_arreglo($poligono)` implementada en la misma clase, y utilizada por distintos módulos de la aplicación.
- Se verifica que el número de puntos sea par.
- Se verifica que todos los puntos estén en el rango de coordenadas correspondiente a la zona ocupada por Chile según el sistema PSAD59, esto es entre  $10^5$  y  $10^6$  para las coordenadas este, y entre  $10^6$  y  $10^7$  para las coordenadas norte.
- Por cada 3 puntos del arreglo, se verifica que estos formen un ángulo recto entre ellos.
- Se verifica además que cada segmento (2 puntos seguidos), no interseque otro del mismo polígono, es decir, que el polígono sea simple.

Al momento de ingresar nuevos registros a la base de datos global, se utiliza la clase `ingresar_auto` la cual llama a esta función para marcarlos en caso que el polígono no sea válido, mediante el campo "observaciones" de la tabla `informacion` de `bdminero` (se usó este campo debido a la petición de no modificar la estructura de las bases de datos). De esta forma al pasarlos a las bases regionales se sabe cuáles tienen polígonos no válidos y que estos no deben engancharse.

También existe una interfaz que permite mostrar los registros (Figura 18) que tienen polígonos erróneos en la base de datos global, ya que en la empresa se quiere revisar si los errores son

producto de publicaciones mal realizadas o bien del software que utilizan para parsear los datos desde el Diario Oficial. Esta interfaz permite además marcar los registros como “revisados” lo cual se hace en una tabla llamada `rev_vertices` en `badminero`.

**Fecha Inicio:** 2001-01-01

Vertices Malos Revisados anterior a 3 meses :

| Nombre Pertenencia | Propietario                          | Tipo | Fecha Publicación | Observación               | Boletín | Número Boletín | Extracto            | Fecha Revision | Revisado                  |
|--------------------|--------------------------------------|------|-------------------|---------------------------|---------|----------------|---------------------|----------------|---------------------------|
| PASCUA 1/328       | Minera Anglo American Chile Limitada | X    | 2002-11-18        | No Forma Figura ART. 83 3 |         | 7346           | <a href="#">ver</a> | 2011-03-06     | <a href="#">desmarcar</a> |
| PASCUA 1/328       | Minera Anglo American Chile Limitada | X    | 2002-11-18        | No Forma Figura ART. 83 3 |         | 7346           | <a href="#">ver</a> | 2011-03-06     | <a href="#">desmarcar</a> |
| PASCUA 1/328       | Minera Anglo American Chile Limitada | X    | 2002-11-18        | No Forma Figura ART. 83 3 |         | 7346           | <a href="#">ver</a> | 2011-03-06     | <a href="#">desmarcar</a> |

Figura 18: Listado de registros que tienen polígonos erróneos en el sistema.

Por último, considerando que esta funcionalidad es clave para el sistema, ya que es utilizada por distintos módulos, e influye considerablemente en la consistencia de los datos que maneja la aplicación, se añadió una clase de testing para asegurar que cubriera todos los casos posibles de polígonos erróneos, ya descritos en esta sección, considerando además casos bordes como polígono vacío, nulo, o sin puntos.

#### 4.2.4. Visualización

El proceso de la visualización en general es el siguiente:

- Se realiza una consulta en cualquier buscador y se hace click en "Ver Mapa".
- En el módulo del mapa, se reciben los datos de la consulta, y se obtienen los polígonos que se mostrarán en el mapa, sobre los cuáles se realiza la conversión de sus coordenadas de PSAD56 a WGS84.
- Estos polígonos junto a datos de la solicitud de pertenencia son escritos a un archivo JSON.
- La clase del mapa lee este archivo, dibuja los polígonos sobre el mapa de Google Maps, y además escribe una tabla de datos del mismo. También en la interfaz se incluyen algunos filtros, y diversas funcionalidades que serán explicadas a continuación.

##### a) Obtención de Datos y Coordenadas

Los datos se obtienen a partir de una consulta realizada a uno de los buscadores de la siguiente forma:

- Al hacer click en "Ver Mapa" , se llama a la clase `ver_mapa.php`. Esta clase, recibe la cadena de la consulta vía `POST`, y el buscador desde el que proviene. Luego, mediante un `Factory Method` crea al objeto que invoca al mapa, según el buscador del que provenga la consulta.
- El objeto llama a su método `cargar_mapa()` que realiza lo siguiente:
  - Se toma la condición `where` de la consulta, y se crea una consulta con los campos que se necesitan para los distintos elementos de la interfaz del mapa, y agregándole una condición `ORDER BY` para ordenarla por el campo del polígono.
  - Se obtienen los resultados de la consulta y se escriben en un archivo `JSON`.
  - Para esto, el `JSON` tiene, por cada registro, un campo "polígono" y uno "mensaje", que contiene información del registro para ser mostrada en la ventana de información y la tabla de datos.

- Para escribir el polígono, primero lo convierte en un arreglo de coordenadas y las transforma desde el formato PSAD56 a WGS84, con la función `convertir_poligono($poligono)` de la clase `funciones_poligono.php`
- Existen polígonos superpuestos sobre otros que no aparecerán en el mapa. Entonces, para que aparezca la información de un polígono que quedó superpuesto por otro, antes de escribir cada mensaje en el JSON, se revisa si el polígono del registro actual en la iteración es igual al del registro anterior, en caso de superponerse, al mensaje se le agrega el texto del mensaje anterior. Como se ordena la consulta por polígono, sólo es necesario realizar una comparación y el método sigue siendo de orden lineal.
- Finalmente, se abre la interfaz del mapa, `mapa.html`.

## b) Interfaz Mapa

La interfaz del mapa, que se muestra en siguiente página (Figura 19), posee cuatro elementos: El mapa de **Google Maps** con los polígonos de las solicitudes de pertenencia dibujados, una tabla con los datos asociados a dichos polígonos, una leyenda que indica a qué trámite corresponde cada color de polígono y algunos filtros que se pueden aplicar.

Se utilizó **Javascript** y su biblioteca **jQuery** para desarrollar este módulo, ya que es compatible con la **API** de **Google Maps**, y posee funciones que facilitan el despliegue de los datos.

La interfaz llama al método `initialize` de la clase `mapa.js`, al haberse cargado completamente mediante la función `.ready()` de **jQuery**, el cuál realiza lo siguiente:

- Se crea una instancia del mapa de **Google Maps** para dibujar los polígonos en él.
- El método recibe la ruta de un archivo **JSON** correspondiente a los resultados de la consulta realizada por el usuario, y mediante la función `Multipolygon2Polygon(jsonPolygonArray)` se leen desde el archivo las coordenadas de cada polígono, algunos datos sobre la pertenencia, y el mensaje, de modo de:
  - Crear un objeto `Polygon` de **Google Maps** y agregarlo al mapa, con el color que corresponda a su trámite.
  - Crear su respectivo objeto `infowindow`, que corresponde a la ventana de información del polígono con el contenido del mensaje.
  - Se crea además un objeto `Marker` de **Google Maps**, el cual contiene una imagen con un label que contiene el nombre de la pertenencia mediante el constructor `MarkerWithLabel` de la biblioteca `markerwithlabel.js`.<sup>9</sup>
  - En el caso de que el polígono esté superpuesto con otro (Figura 20), se agrega una imagen al `Marker` para indicarlo, como se muestra en la próxima imagen.

---

<sup>9</sup><http://code.google.com/p/google-maps-utility-library-v3/wiki/Libraries> Bibliotecas Open Source para Google Maps en Google Code

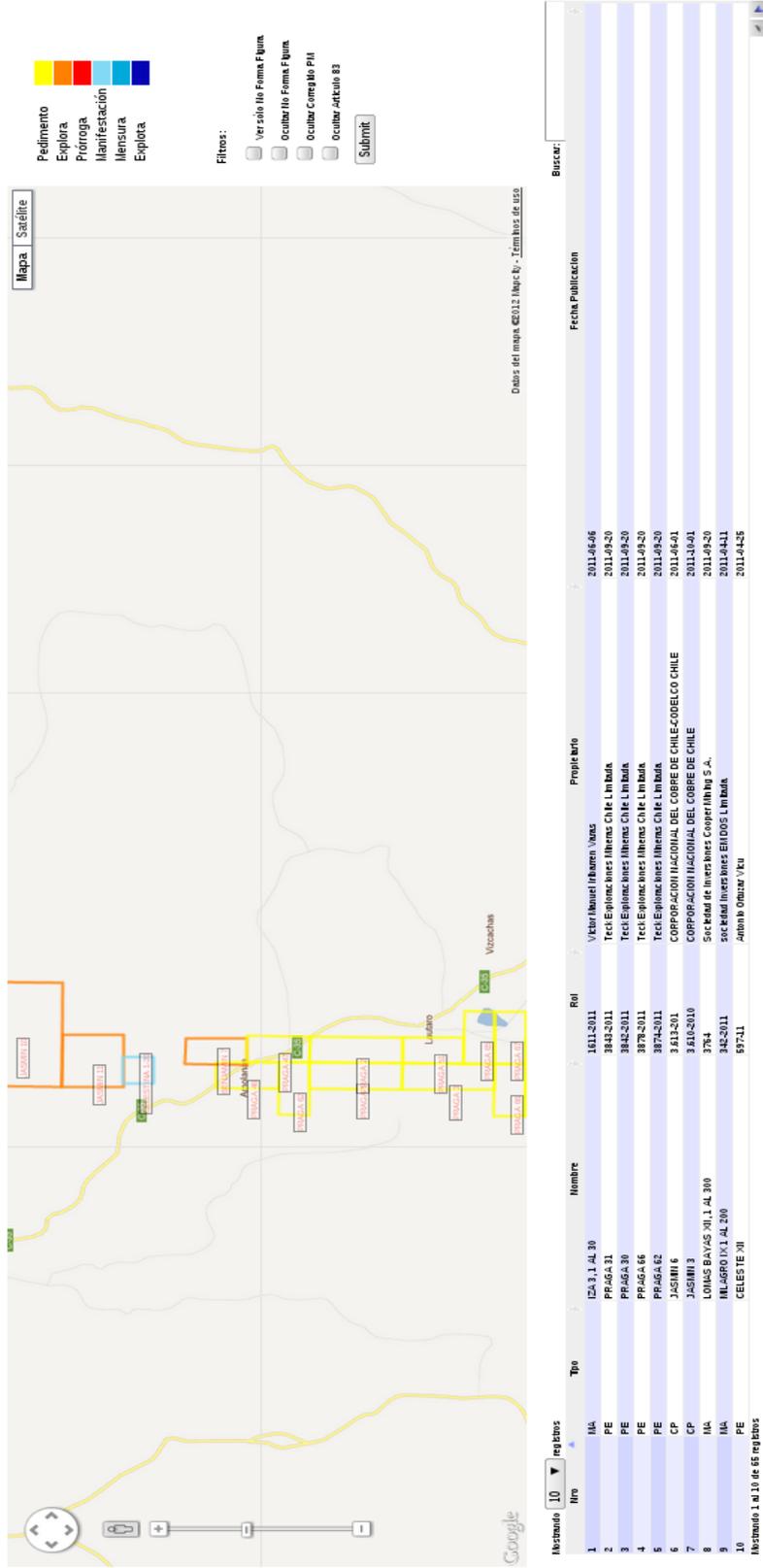


Figura 19: Interfaz del mapa de solicitudes de pertenencias mineras.

Además, como se señaló en la sección anterior, el mensaje asociado al polígono superior tendrá la información de todos los polígonos superpuestos.

- En la tabla de datos de la interfaz se escribe en una fila los datos sobre la pertenencia, mediante la función `addTableColumn`. Además se calcula el centro de la caja cobertora del polígono y se añade a la fila.
- Finalmente, se crea una tabla del tipo `DataTable`<sup>10</sup> de `jQuery` a partir de la tabla de datos `HTML` de la interfaz (Figura 21), la cuál se llena a medida que se recorren los polígonos mediante la función `addTableColumn`. La biblioteca `DataTable` permite:
  - Recorrer los datos de la tabla en páginas de un número de filas determinado, en este caso 10.
  - Permitir realizar búsquedas de texto sobre la tabla.
  - Añadirle propiedades `html` a las columnas, en este caso, se dejó las columnas asociadas a las coordenadas del centro de cada polígono como ocultas, ya que no aportan información relevante al usuario.
  - Se puede añadir una función al hacer click en una fila de la tabla. En este caso, se implementó una función que toma las coordenadas del centro del polígono de la fila en la que se hizo click, y se centra el mapa en ese punto, de modo de permitir al usuario revisar las solicitudes de pertenencias en la tabla y visualizar alguna en particular.

---

<sup>10</sup><http://datatables.net/> DataTable plug-in de jQuery que permite crear tablas de datos



Figura 20: Dos polígonos superpuestos, indicados por el signo +, una solicitud de mensura y la solicitud de explotación posterior.

Mostrando 10 registros

Buscar:

| Nro | Tipo | Nombre                   | Rol       | Propietario                               | Fecha Publicacion |
|-----|------|--------------------------|-----------|---|-------------------|
| 1   | MA   | Bonita V 1 al 10         | 36.579    | ERNESTO CORTES LOBOS                      | 2008-03-10        |
| 2   | MA   | BONITA 1-10              | 20.568    | PRUDENCIO CORTES GALLEGUILLOS             | 2006-05-17        |
| 3   | MA   | BONITA S. S. UNO A SIETE | 49.333    | SKALIN ELIAS ROJAS OLIVARES               | 2010-03-15        |
| 4   | CT   | LA BONITA 7 AL 21        | 43.776    | ARNALDO DEL CAMPO ARIAS                   | 2008-08-01        |
| 5   | SM   | LA BONITA 1 AL 6         | 13.092    | ARNALDO DEL CAMPO ARIAS                   | 2001-02-26        |
| 6   | CT   | LA BONITA 1 AL 6         | 13.092    | ARNALDO DEL CAMPO ARIAS                   | 2002-04-01        |
| 7   | MA   | LA BONITA VIII 1 AL 10   | 38.794    | SOCIEDAD LEGAL MINERA LA BONITA VIII 1 DE | 2009-09-16        |
| 8   | SM   | BONITA 4, 1 AL 5         | 33.721-20 | ERNESTO CORTES LOBOS                      | 2007-10-08        |
| 9   | SM   | BONITA II 1 AL 5         | 32.832    | ERNESTO CORTES LOBOS                      | 2007-04-23        |
| 10  | CT   | BONITA III 1 AL 5        | 32.833    | Ernesto Cortes Lobos                      | 2009-05-02        |

Mostrando 1 al 10 de 46 registros

Figura 21: Tabla de datos de la consulta realizada, al hacer click en una fila, el mapa se centra en el polígono asociado a ese registro.

El mensaje que aparece al hacer click sobre un polígono, contiene algunos datos sobre la solicitud de pertenencia asociada, y además un enlace para editar el polígono (sólo visible por personal de la empresa), que se muestra en la Figura 22, y uno para revisar el extracto del diario oficial.

El enlace Editar lleva a la interfaz de la clase `edita_poligono.php` donde se pueden editar los distintos campos asociados al registro de esa solicitud de pertenencia, y en particular, se le incorporó a esta interfaz dos funcionalidades:

- Que se puedan editar independientemente las coordenadas del polígono.
- Al editar un registro de la base de datos global, se edita también el correspondiente en la base de datos regional con los campos correspondientes a los editados. Esto se hace mediante el campo llave que es común a las tablas de todas las bases de datos (`bdminero` y las regionales), el cuál se genera a partir del extracto del registro, el cuál es común a ambos.

|                               |  |               |   |
|-------------------------------|--|---------------|---|
| <b>ID : 5311 TRAMITE : SM</b> |  | UTM_NORTE :   | <input type="text" value="0.00"/>             |
| CONCE :                       | <input type="text" value="LA BONITA 1 AL 6"/>        | UTM_ESTE :    | <input type="text" value="0.00"/>             |
| CONCESI :                     | <input type="text" value="ARNALDO DEL CAMPO ARIAS"/> | LARGO NORTE : | <input type="text" value="0.00"/>             |
| EXP :                         | <input type="text" value="13.092"/>                  | LARGO ESTE :  | <input type="text" value="0.00"/>             |
| JUZGADO :                     | <input type="text" value="2 Vallenar"/>              | SUPERFICIE :  | <input type="text" value="0"/>                |
| COMUNA :                      | <input type="text"/>                                 | FECHPUB :     | <input type="text" value="0000-00-00"/>       |
| PROVINCIA :                   | <input type="text"/>                                 | SUP_SM :      | <input type="text" value="30"/>               |
| FECHPUBSM :                   | <input type="text" value="2001-02-26"/>              | FECHPUBEX :   | <input type="text" value="0000-00-00"/>       |
| FECHFEDER :                   | <input type="text" value="0000-00-00"/>              | SUP_CONCES :  | <input type="text" value="0"/>                |
| FECHPUBPRO :                  | <input type="text" value="0000-00-00"/>              | FECHPRES :    | <input type="text" value="0000-00-00"/>       |
| OBSERVACIONES :               | <input type="text"/>                                 |               |   |
|                               | <b>ESTE</b>  |               | <b>NORTE</b>                                  |
| VERTICES :                    | <input type="text" value="341700"/>                  |               | <input type="text" value="6851600"/>          |
|                               | <input type="text" value="342000"/>                  |               | <input type="text" value="6851600"/>          |
|                               | <input type="text" value="342000"/>                  |               | <input type="text" value="6850600"/>          |
|                               | <input type="text" value="341700"/>                  |               | <input type="text" value="6850600"/>          |
|                               |  |               | <input type="button" value="Grabar Cambios"/> |

Figura 22: Interfaz para editar un registro.

Además, como se aprecia en la Figura 23 la interfaz posee una imagen de una leyenda que indica a qué trámite corresponde cada posible color del polígono, y una serie de filtros que pueden ser aplicados, los cuales son: Ver u ocultar las pertenencias que tengan polígonos que no sean válidos, ocultar las pertenencias del tipo "Artículo 83" que corresponden a pertenencias destinadas a recolección de desechos, y ocultar polígonos erróneos que hayan sido corregidos por el personal mediante la interfaz ya descrita.

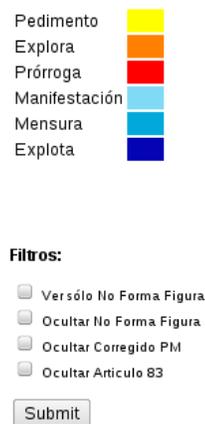


Figura 23: Leyenda con colores en el mapa según trámite, y filtros que se pueden aplicar en el mapa.

Para aplicar un filtro, se recarga el mapa, y se revisa si hay algún filtro seleccionado mediante la función `readFilters()` de la clase `funciones_filtros.js`. Luego, a medida que se recorren los polígonos, se llama a la función `filtro` de `funciones_filtros.js` entregándole el texto del mensaje del registro, y se revisa si éste contiene texto que indica que pasa o no el filtro, por ejemplo, "No Forma Figura", o "Art. 83".

## 5. Resultados

Finalmente, se tiene integrada la visualización al proceso de ingresar, actualizar, editar y realizar búsquedas sobre las solicitudes de pertenencias mineras del país, mediante la aplicación web de Punto Medio. Además se realizaron mejoras al software en general para permitir integrarla de mejor forma. De esta manera, la aplicación permite a los usuarios de empresas mineras realizar consultas útiles para la toma de decisiones, así como también se logra cumplir los objetivos de los miembros de Punto Medio, los cuales son: tener bases de datos regionales sólo con datos actualizados y revisar si existen errores provenientes de los datos, en particular, en los polígonos. A continuación se describe cómo las interfaces resultantes apoyan ambos procesos, y cuánto fue el aporte cuantitativo de la aplicación a los procedimientos que se realizan en la empresa.

### 5.1. Ingreso, Actualización y Revisión de Datos

En primer lugar, como se muestra en la Figura 24, se ingresa un boletín nuevo de datos a la base de datos regional que corresponda.

Listado de boletines en PM posteriores a la carga inicial de catastro Copiapo ([cambiar región](#))

| Número de boletín | pertenencias en PM | no enganchadas aún en PM | pasar pertenencias no enganchadas a catastro Copiapo |
|-------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 8249              | 464                | 464                      | <a href="#">Pasar a Copiapo</a>                      |
| 8250              | 401                | 0                        |  |
| 8251              | 2                  | 0                        |  |
| 8252              | 347                | 0                        |  |

Figura 24: Ingresando boletín 8249 de Copiapo.

Luego de ingresar, se muestra la interfaz donde se pueden comparar aquellos que coinciden en algunos criterios pero no se engancharon, como se muestra en las figuras 25 y 26.



Figura 25: Opciones para comparar registros que no se engancharon, se escoge NR, es decir, los que tienen igual nombre y rol, y no se engancharon.

|                            |   |   |
|----------------------------|---|---|
| Coincidencia 1             |   |   |
| Nombre de la pertenencia : | <a href="#">EVA II 1 AL 10</a>  | <a href="#">EVA II 1 al 10</a>  |
| Nombre (no normalizado):   | EVA II 1 AL 10  | EVA II 1 al 10  |
| Rol del juzgado :          | V-773-2010  | 773- 2010   |
| Juzgado :                  | 3 Copiapo   | 3 Copiapo   |
| Propietario :              | JUAN FERNANDO HEVIA CABELLO   | <b>SOCIEDAD LEGAL MINERA EVA II</b>   |
| Fecha de publicación :     | 15-11-2010  | 19-04-2010  |
| Tipo :                     | S   | MA  |
| Vértices :                 | 6896000 351000<br>6896000 352000<br>6895000 <b>355000</b><br>6895000 351000 | 6896000 351000<br>6896000 352000<br>6895000 <b>352000</b><br>6895000 351000 |

Figura 26: Se obtienen 2 registros que no se engancharon, en este caso, porque tienen distinto propietario y el polígono de la mensura cubre un área mayor que el de la manifestación.

A continuación, el personal de Punto Medio puede ingresar a revisar los nuevos registros que presenten problemas en el polígono en la interfaz de la Figura 27 que permite ver los extractos de los registros como el de la Figura 28 para verificar si el error es del programa de parseo, o la solicitud de pertenencia viene mal ingresada desde el Diario Oficial.

Fecha Inicio: 2001-01-01

Vertices Malos

| Nombre Pertinencia       | Propietario                        | Tipo | Fecha Publicación | Observación                   | Boletín | Número Boletín | Extracto            |
|--------------------------|------------------------------------|------|-------------------|-------------------------------|---------|----------------|---------------------|
| BRENDA IV 1 AL 10        | HUMBERTO SUAREZ ARRIOLA            | M    | 2010-11-15        | P.l. no estan bien definidos. | 3       | 8249           | <a href="#">ver</a> |
| CLARISA 1 UNO AL TREINTA | FELIX QUILILONGO LOPEZ             | S    | 2010-11-15        |                               | 3       | 8249           | <a href="#">ver</a> |
| SIERRA FRITIS DEL 19     | HENRY FRANCISCO SANTANDER GALLARDO | S    | 2010-11-15        |                               | 3       | 8249           | <a href="#">ver</a> |
| EVA II 1 AL 10           | WILSON FERNANDO HEVIA CABRERO      | S    | 2010-11-15        |                               | 3       | 8249           | <a href="#">ver</a> |

Figura 27: Interfaz para revisar los registros que presentan errores, y que no han sido revisados, en este caso, aparecen los del boletín recién ingresado.

El extracto del boletín es el siguiente:

ROL N° 49433 EN LO PRINCIPAL : CON LOS DOCUMENTOS QUE ACOMPAÑA SOLICITA MENSURA DE LAS PERTENENCIAS QUE INDICA PRIMER OTROSI : ACOMPAÑA DOCUMENTOS SEGUNDO OTROSI: DESIGNA PERITO MENSURADOR TERCER OTROSI : PATROCINIO Y PODER S.J.L. CARLOS CLAUSSEN CALVO, Abogado, domiciliado en calle Latorre N° 2579 oficina 201, Antofagasta actuando en su calidad de mandatario judicial y en representacion de FELIX QUILILONGO LOPEZ, Industrial minero, R.U.T. 6.660.780-1, estado civil casado, domiciliado en calle General Velasquez N° 828, Antofagasta, ya individualizado en estos autos sobre constitucion de concesion minera de explotacion denominada CLARISA 1 "UNO AL TREINTA", Rol N° 49.433, del Primer Juzgado de Letras de Vallenar, a SS. Con respeto digo: Que en conformidad a lo dispuesto en el articulo N° 59 delCodigo de Minería, y encontrandome dentro del plazo legal vengo en solicitar la mensura de las pertenencias denominada CLARISA 1 "UNO AL TREINTA", ubicadas en la comuna de Alto del Carmen, Provincia de Huasco, Tercera Region. El terreno solicitado en mensura abarca 300 hectareas. Las coordenadas U.T.M. de los vertices del Perimetro del grupo de pertenencias son los siguientes: Norte (mts.) Este(mts.)  
Punto de Interes 6.774.500,00 370.500,00  
VERTICE (L1) 6.775.500,00 369.000,00  
VERTICE (L2) 6.775.000,00 372.000,00  
VERTICE (L3) 6.774.000,00 372.000,00  
VERTICE (L4) 6.774.000,00 369.000,00  
Partiendo desde el Punto de Interes indicado en la manifestacion, con Azimut de 120,4833 grados y una distancia de 1581,139 metros se encuentra el vertice (L1), los rumbos y distancias son S-79,5167 qds-E. Las pertenencias

Figura 28: Extracto de mensura "CLARISA 1 UNO AL TREINTA" que tiene un error en el primer vértice norte, que hace que no forme correctamente la figura.

Luego de realizada la revisión, mediante la interfaz del buscador, se pueden obtener los registros del boletín ingresado consultando los registros que tengan la fecha de publicación del boletín como muestra la Figura 29, y de esta forma obtener la visualización de los registros ingresados, la cuál se puede filtrar ocultando aquellos con errores en el polígono, como se muestra en la Figura 30, para identificar si existen otros que los tengan, o bien revisar los que tienen errores visualmente (Figura 31) y editarlos si es necesario (Figura 32). También se puede realizar la misma consulta de la Figura 30 en el Resguardo Minero para observar los mismos resultados en bdminero donde se puede ver que aparecen también los registros correspondientes a los trámites anteriores (Figura 33).

|                       | Campo                      | Condición | Valor    |
|-----------------------|----------------------------|-----------|----------|
|                       | Fecha pub PE MA            | igual     | 15-11-10 |
| <input type="radio"/> | Fecha pub SM               | igual     | 15-11-10 |
| <input type="radio"/> | Fecha pub CT CP            | igual     | 15-11-10 |
| <input type="radio"/> | Fecha publicacion prorroga | igual     | 15-11-10 |
| <input type="radio"/> |                            | igual     |          |
| <input type="radio"/> |                            | igual     |          |
| <input type="radio"/> |                            | igual     |          |

Buscar solamente en los últimos boletines. Más

No se consideran las restricciones que tienen el campo valor vacío.  
 Formato de Fechas : dd-mm-aa  
 Rangos se separan por " / " (ej. entre 5 y 8 : "5 / 8")

**Regiones en que desea buscar (si deja todas en blanco, se buscará en todas)**

- Arica
- Iquique
- Antofagasta
- Copiapo
- El...

Figura 29: Consulta de los registros con fecha de publicación del 15 de Noviembre de 2011, que corresponde al boletín 8249, en Copiapo.

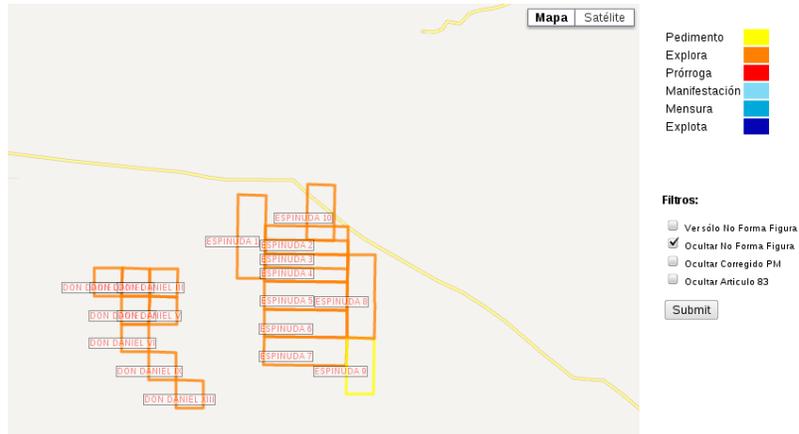


Figura 30: Visualización de la consulta de la Figura 29, filtrando aquellas que no presenten errores.

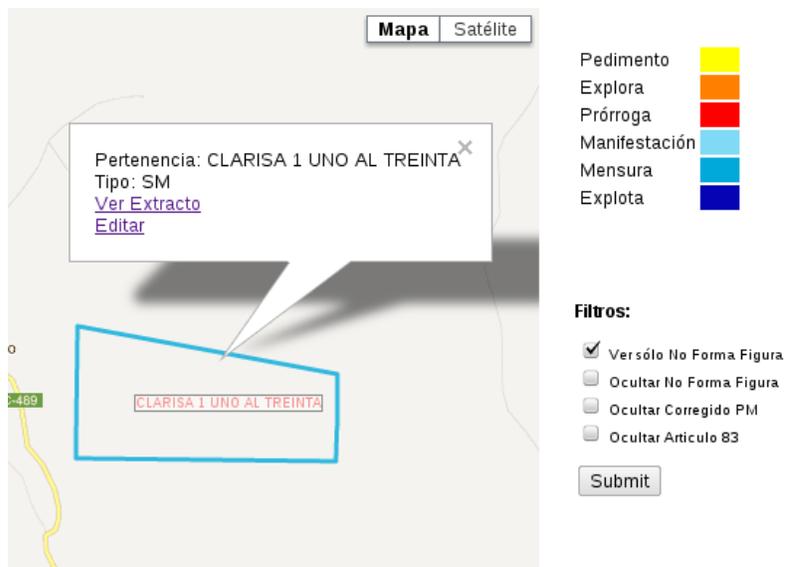


Figura 31: Visualización de la consulta de la Figura 29, filtrando aquellas que presenten errores.

|                                 |   |               |   |
|---------------------------------|---|---------------|---|
| <b>ID : 120197 TRAMITE : SM</b> |   | UTM_NORTE :   | <input type="text" value="0.00"/>             |
| CONCE :                         | <input type="text" value="CLARISA 1 UNO AL TREINTA"/> | UTM_ESTE :    | <input type="text" value="0.00"/>             |
| CONCESI :                       | <input type="text" value="FELIX QUILILONGO LOPEZ"/>   | LARGO NORTE : | <input type="text" value="0.00"/>             |
| EXP :                           | <input type="text" value="49.433"/>                   | LARGO ESTE :  | <input type="text" value="0.00"/>             |
| JUZGADO :                       | <input type="text" value="1 Vallenar"/>               | SUPERFICIE :  | <input type="text" value="0"/>                |
| COMUNA :                        | <input type="text" value="Alto del Carmen"/>          | FECHPUB :     | <input type="text" value="0000-00-00"/>       |
| PROVINCIA :                     | <input type="text" value="Huasco"/>                   | SUP_SM :      | <input type="text" value="300"/>              |
| FECHPUBSM :                     | <input type="text" value="2010-11-15"/>               | FECHPUBEX :   | <input type="text" value="0000-00-00"/>       |
| FECHFEEDEER :                   | <input type="text" value="0000-00-00"/>               | SUP_CONCES :  | <input type="text" value="0"/>                |
| FECHPUBPRO :                    | <input type="text" value="0000-00-00"/>               | FECHPRES :    | <input type="text" value="0000-00-00"/>       |
| OBSERVACIONES :                 | <input type="text" value="No Forma Figura"/>          |               |   |
|                                 | <b>ESTE</b>   |               | <b>NORTE</b>                                  |
| VERTICES :                      | <input type="text" value="369000"/>                   |               | <input type="text" value="6775500"/>          |
|                                 | <input type="text" value="372000"/>                   |               | <input type="text" value="6775000"/>          |
|                                 | <input type="text" value="372000"/>                   |               | <input type="text" value="6774000"/>          |
|                                 | <input type="text" value="369000"/>                   |               | <input type="text" value="6774000"/>          |
|                                 |   |               | <input type="button" value="Grabar Cambios"/> |

Figura 32: Interfaz de edición de la mensura "CLARISA 1 UNO AL TREINTA".

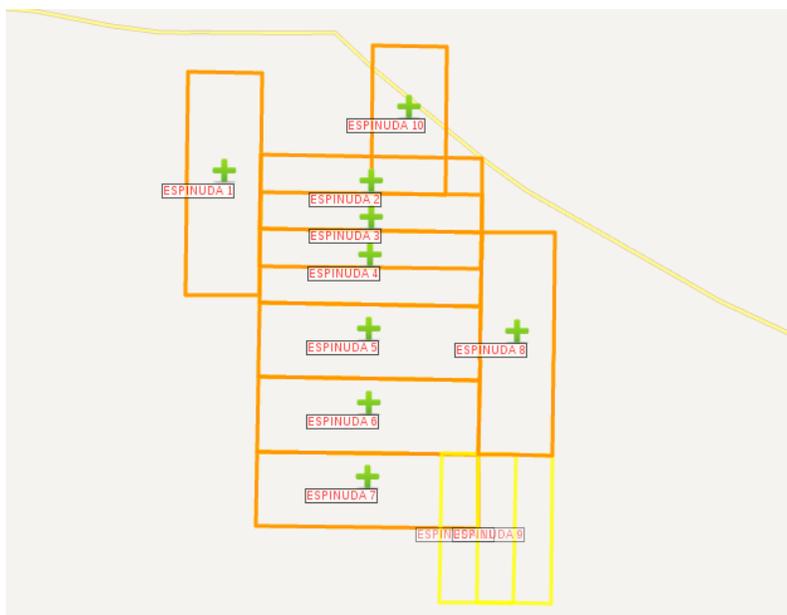


Figura 33: Visualización de la consulta de la Figura 29, pero en bdminero, el signo "+" indica que se superpone con otra pertenencia, que en este caso son los pedimentos.

## 5.2. Consultas de usuarios de empresas mineras

Los usuarios de las empresas mineras tienen permisos para utilizar la interfaz de ambos buscadores. A continuación se presentan imágenes que muestran como utilizan la interfaz para obtener resultados y visualización de las consultas más comunes que realizan, las cuales son:

- Solicitudes de pertenencia de un propietario en particular (Figuras 34 y 35).
- Solicitudes de pertenencia de una zona específica (Figuras 36 y 37).
- Consultar últimas solicitudes realizadas en alguna región del país (Figuras 38 y 39).

Figura 34: Consulta de solicitudes de pertenencia del propietario "Farkas".

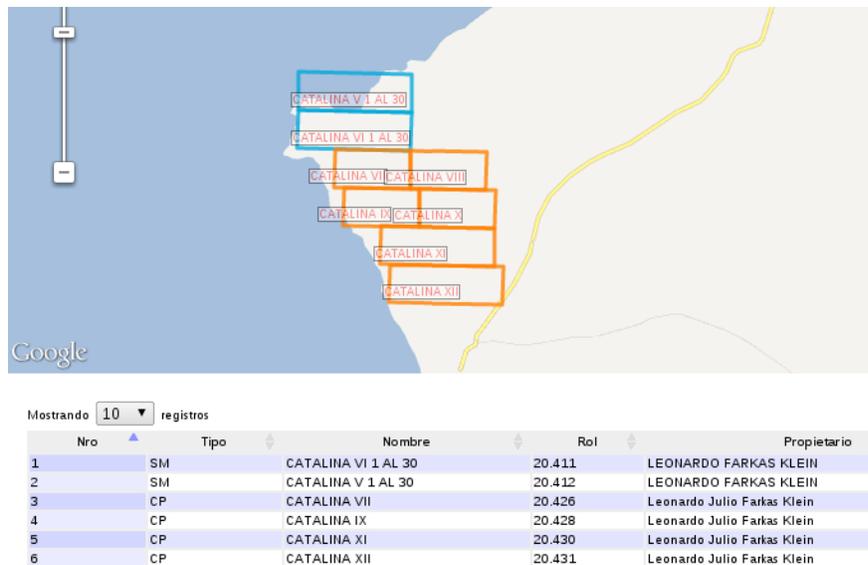


Figura 35: Visualización de las solicitudes de pertenencia del propietario "Farkas".

**Vértices :**

| Número |
|--------|
| 1      |
| 2      |

| Punto Norte |
|-------------|
| 6890000     |
| 6940457     |

| Punto Este |
|------------|
| 400000     |
| 400200     |

Figura 36: Consulta de solicitudes de pertenencia que intersecten o estén dentro del área cubierta por el rectángulo entre los puntos [6890000, 400000] y [6940457, 400200].



Figura 37: Visualización de las solicitudes de pertenencia de la zona consulta en la Figura 36.

Buscar solamente en los últimos boletines.

No se consideran las restricciones que tienen el campo '  
Formato de Fechas : dd-mm-aa  
Rangos se separan por " / " (ej. entre 5 y 8 : "5 / 8")

Regiones en que desea buscar (si deja todas

- Arica
- Iquique
- Antofagasta
- Copiapo
- Elqui
- Limari
- Illapel
- LaLigua
- SanFelipe
- Santiago

Figura 38: Consulta de las solicitudes de pertenencia del último boletín publicado en Iquique.

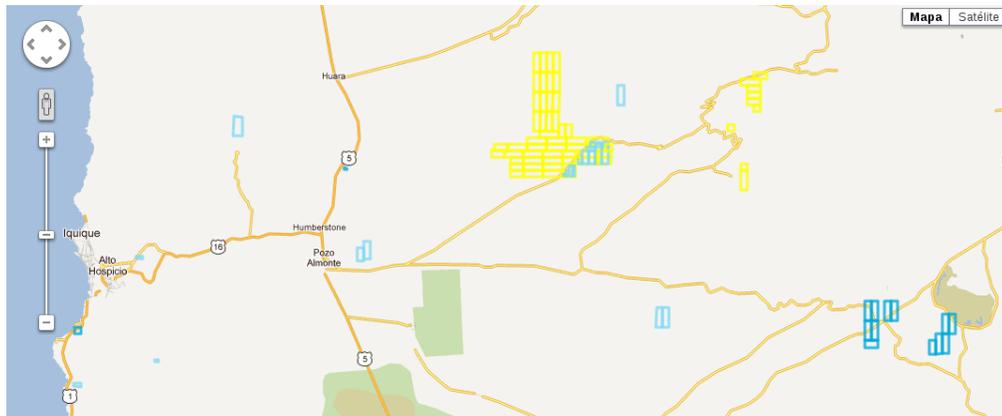


Figura 39: Visualización de las solicitudes de pertenencia del último boletín publicado en Iquique.

### 5.3. Evaluación del Software

Las mejoras desarrolladas a la aplicación web de la empresa con el objetivo de incorporar el mapa, entregaron numerosos beneficios a la eficiencia de las tareas que se realizan en ella, los cuáles son:

- **Porcentaje de Pertenencias Enganchadas:** Como ya fue descrito, anteriormente se tenía una versión de la aplicación sólo para la segunda región, la cuál fue desacoplada para que funcionara para todas las regiones y se le implementaron las mejoras ya descritas. El porcentaje de pertenencias enganchadas en las distintas regiones es una muestra de cuantos registros se muestran sólo en su etapa más actual, lo cual es el objetivo de tener las bases de datos regionales.

En la Tabla 1 se muestra, en el caso de las manifestaciones, mensuras, explotaciones, y pedimentos, el total de registros correspondientes a ese trámite, el número de esos registros que han sido enganchados, y entre paréntesis el porcentaje al que corresponden del total. Para calcular este total, hay que considerar también los enganchados en el trámite siguiente, por ejemplo, en Arica hay 466 mensuras enganchadas de 532 en total, sin embargo a ambos números también hay que sumarle la cantidad de mensuras que fueron enganchadas con explotaciones, las cuáles al engancharse fueron borradas, y equivalen, en este caso, a 327 más. Luego, el porcentaje se calcula como  $(MensurasEnganchadas + ExplotasEnganchadas)/(Mensuras + ExplotasEnganchadas) * 100$ .

Con el sistema de enganches anterior, se había logrado llegar a porcentajes similares de enganches en la región de Antofagasta (que era la única para la que estaba implementado), sin embargo, esto se logró en un período de alrededor de 8 meses, en comparación a los 3 meses que se ha utilizado la aplicación para el resto de las regiones para llegar a un porcentaje similar de enganches. Esto es principalmente debido a que con las mejoras implementadas ha aumentado la cantidad de enganches automáticos, reduciendo la cantidad de registros que se deben revisar manualmente.

- **Eficiencia:** El tiempo de respuesta de los distintos módulos de la aplicación es bastante razonable para las tareas que se llevan a cabo con ella:

- La interfaz de revisión de polígonos erróneos demora menos de 2 minutos en revisar si son válidos alrededor de 346 mil polígonos, que es el total que existen en la base de datos global.
  - Asimismo, el tiempo que demora en cargarse el mapa en función del número de registros obtenidos en una consulta, no supera el minuto para consultas que entreguen como resultado menos de 10 mil registros, como se muestra en la Tabla 2, lo cual es un tiempo de espera razonable, considerando que para las consultas más comunes mencionadas anteriormente el número de registros obtenidos no supera el orden de los miles.
  - El sistema de enganches con las mejoras realizadas, buscando enganches en un boletín nuevo de cerca de 2000 registros, que es la mayor cantidad de registros en un boletín que existe en la base de datos (que tiene datos de más de 10 años), se demora 15 minutos, lo que reduce a la mitad aproximadamente lo que tarda la aplicación anterior. A continuación se muestra en la Tabla 3 una comparación entre los tiempos del sistema de enganches previo y posterior a las modificaciones realizadas, en función del número de registros a procesar en el boletín. La medición se realizó utilizando la base de datos de Copiapo, que es la con mayor número total de registros (97989 al momento de realizar la medición).
- **Polígonos Erróneos:** La aplicación ha permitido encontrar alrededor de 3000 polígonos erróneos automáticamente, que antes no se estaban considerando.

| <b>Nombre BD</b> | <b>Manifestaciones</b> | <b>Mensuras</b>      | <b>Explotaciones</b> | <b>Pedimentos</b> | <b>Exploraciones</b>  | <b>Prorrogas</b> |
|------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| Arica            | 793                    | 532/466 (93 %)       | 365/327 (90 %)       | 2148              | 5063/4914<br>(98 %)   | 58/54 (94 %)     |
| Iquique          | 2443                   | 4106/3727<br>(94 %)  | 2592/1950<br>(76 %)  | 8654              | 17465/16386<br>(95 %) | 645/621 (97 %)   |
| Antofagasta      | 6737                   | 7543/6575<br>(94 %)  | 8509/6537<br>(77 %)  | 15976             | 46043/43554<br>(95 %) | 818/675 (83 %)   |
| Copiapo          | 16224                  | 10688/9385<br>(91 %) | 4202/2886<br>(69 %)  | 11886             | 31733/30433<br>(96 %) | 740/637 (87 %)   |
| Elqui            | 5146                   | 2675/2272<br>(90 %)  | 1337/1057<br>(80 %)  | 2996              | 7010/6695<br>(96 %)   | 92/81 (89 %)     |
| Limari           | 4612                   | 1508/1286<br>(90 %)  | 658/531 (81 %)       | 1982              | 3846/3666<br>(96 %)   | 51/46 (91 %)     |
| Illapel          | 6154                   | 2536/2294<br>(94 %)  | 1182/959<br>(82 %)   | 1975              | 5466/5264<br>(97 %)   | 101/99 (99 %)    |
| LaLigua          | 2335                   | 1015/738<br>(82 %)   | 629/459 (73 %)       | 784               | 1783/1673<br>(94 %)   | 11/10 (91 %)     |
| SanFelipe        | 1069                   | 465/394 (91 %)       | 384/308 (81 %)       | 616               | 2116/2020<br>(96 %)   | 38/37 (98 %)     |
| Santiago         | 5891                   | 4306/3797<br>(92 %)  | 2646/1926<br>(73 %)  | 9499              | 25825/24619<br>(96 %) | 172/154 (90 %)   |

Tabla 1: Porcentaje de registros enganchados en las bases de datos de las distintas regiones.

| Número de Registros Obtenidos en la Consulta | Tiempo de Carga del Mapa |
|--|--------------------------|
| 27   | 3s                       |
| 272  | 5s                       |
| 4500   | 15s                      |
| 7640   | 24s                      |
| 12400  | 50s                      |
| 40832  | 1m35s                    |

Tabla 2: Tiempo de carga del mapa en función del número de registros.

| Nº Registros del Boletín | Tiempo Enganches Aplicación Anterior | Tiempo Enganches Aplicación Actual |
|--------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 88                       | 2m                                   | 1m                                 |
| 175                      | 3m                                   | 2m                                 |
| 632                      | 12m                                  | 6m                                 |
| 1840                     | 32m                                  | 15m                                |

Tabla 3: Tiempo de búsqueda de enganches en la aplicación anterior, y en la aplicación con mejoras implementadas.

Por último, cabe señalar que la aplicación ha sido utilizada los últimos 3 meses por personal de la empresa (correspondientes a 7 usuarios), y el último mes, la visualización (mediante los buscadores) ha sido utilizada por 4 usuarios de empresas mineras. Existe conformidad con la aplicación de parte del personal de la empresa, en particular con la visualización, y han entregado recomendaciones, principalmente relativas a la interfaz.

## 6. Conclusiones

### 6.1. Conclusiones del Trabajo Realizado

El objetivo general de incorporar la visualización al sistema fue cumplido de manera exitosa. Se tiene una visualización en una mapa que permite observar los polígonos asociados a las solicitudes de pertenencia mineras, el cuál tiene todas las funcionalidades requeridas, y ha facilitado las tareas para las cuales se necesitaba. Entre las más importantes están verificar polígonos mal formados, buscar pertenencias que existen en una zona determinada o editar rápidamente una solicitud de pertenencia al observar algún defecto en ella. Además, el mapa representa varias ventajas respecto al mismo servicio que ofrece el Sernageomin ya que permite visualizar sólo las pertenencias consultadas, ofrece la opción de vista satelital para que se observe más claramente la ubicación de la pertenencia, y se pueden distinguir visualmente las pertenencias de distintos trámites, entre otras.

Cabe destacar también, que la visualización ha sido utilizada por personal de la empresa que se ha mostrado satisfecho con ella, ya que les facilita la realización de varios procesos, como verificar visualmente los polígonos con errores, o la cantidad de datos actualizados al comparar entre las bases de datos. Además la han utilizado algunos clientes, por lo que se puede concluir que la empresa está en condiciones de entregar otro servicio a sus usuarios, que les permita obtener mayor información de las consultas, tales como visualizar los sectores en que se estén realizando solicitudes, o bien quienes están pidiendo derechos sobre terrenos cercanos al de interés del cliente.

Con respecto al diseño de la aplicación, la visualización se ha implementado con un diseño orientado a objetos, es cual es extensible, ya que para generar el mapa sólo se necesita leer los parámetros asociados a los polígonos, en este caso desde un archivo JSON, independiente de la base de datos que se use. Así, para añadir otra base de datos, por ejemplo, la que maneja los derechos sobre aguas, bastaría con crear otra clase que herede de `MapaBuscador`, que tenga como variables de instancia las columnas equivalentes al polígono y la información requerida para la tabla. Asimismo, al ser independiente el mapa de la carga de datos, si se quisiera implementar otro mapa para la visualización, también sería fácil, ya que sólo habría que cambiar la parte

implementada en `Javascript` que corresponde al mapa y sus funcionalidades, sin tener que modificar el resto de las clases.

La validación de polígonos incorporada en una clase en un módulo externo, también ha contribuido a mejorar el diseño del software en general, ya que como se observó en el informe, se requiere validar los polígonos en varias instancias de uso de los distintos módulos de la aplicación: al subir nuevos registros, al verificar si pueden engancharse, y en la interfaz de revisión de polígonos inválidos para marcarlos como revisados, por lo que es posible llamar a estas funciones fácilmente si se integrara otro módulo que requiera validar los polígonos. De acuerdo a lo mostrado en los resultados, esto contribuyó a mejorar la eficiencia en cuanto al tiempo de encontrar enganches y revisar polígonos erróneos. Esto fue gracias a que se automatizó el proceso de encontrar errores en los polígonos, que anteriormente se hacía manualmente cuando era necesario, además de encontrar varios polígonos con errores que anteriormente no se consideraban como tales.

Finalmente, las mejoras implementadas al sistema de enganches redujeron el tiempo de búsqueda de enganches automáticos, aumentando la eficiencia del ingreso y actualización de datos en las bases regionales, el cual además antes se realizaba sólo para la segunda región. Esto permitió aumentar considerablemente la cantidad de datos actualizados que se maneja en los servicios que provee la empresa, así como haber reducido considerablemente el tiempo que se ocupaba para realizar este proceso, gracias a la automatización de la verificación de criterios geométricos al momento de actualizar los datos. Asimismo, incorporar un módulo externo de conexión a la base de datos para este módulo y el del buscador permitió desacoplar estos sistemas de la base de datos, lo que facilitó que tanto el catastro como el sistema de enganches funcionaran para todas las bases de datos regionales.

En síntesis, el sistema cumple el objetivo de entregar una visualización a los clientes de la empresa, y al personal de la misma para reducir el tiempo en diversas tareas realizadas, y su incorporación permitió añadir varias mejoras de diseño e implementación al sistema completo para mejorar su eficiencia y reducir el número de errores que se podrían cometer, al automatizar parte del proceso de validación de polígonos. Sin embargo, existen numerosas mejoras que aún pueden

ser implementadas en las distintas partes del sistema, las cuales se describen en la siguiente sección.

## **6.2. Trabajo Futuro**

Si bien la aplicación desarrollada cumple con los objetivos y posee las funcionalidades esperadas, existen muchas mejoras que se le podrían implementar para mejorarlo. A continuación se presentan modificaciones que se estima deberían ser la forma de continuar el desarrollo del sistema:

- Refactorizar los buscadores para que sean más extensibles. Si bien fueron desacoplados de la conexión a la base de datos, aún siguen estando acoplados a la estructura de ellas. Lo mismo ocurre con el sistema de enganches, con la diferencia que es una aplicación muy particular para los datos de las mineras, por lo que darle mayor extensibilidad no tendría la misma utilidad.
- Asimismo, si bien el mapa funciona independiente de la carga de datos, aún está limitado a que los datos que se entregan posean cierto número de columnas para llenar la tabla y las ventanas de información, esto se podría parametrizar como un arreglo dinámico con el número de campos que se quiera mostrar.
- Por la forma en que está desarrollado el método de validación de polígonos, sería sencillo implementar que éste entregue el motivo por el cuál el polígono no es válido y así quedara registrado en la base de datos.
- También sería útil añadir un enlace para observar el mapa en la interfaz que muestra los registros no enganchados debido a que fallan el criterio del polígono, lo que permitiría una rápida visualización de errores en las figuras.

## **6.3. Trabajo Futuro a Largo Plazo**

A continuación se enumeran alternativas a desarrollar a largo plazo, considerando que las funcionalidades de los distintos módulos del sistema se podrían extender bastante en el futuro:

- Con respecto al tiempo que demora la búsqueda de enganches, si bien se logró hacer más eficiente como se muestra en los resultados, los tiempos siguen siendo relativamente altos, considerando que se debe revisar un boletín nuevo de cada región todas las semanas, y demora entre 5 y 10 minutos en promedio en revisar cada uno. Por lo mismo, se le debería destinar más tiempo a intentar optimizar la consulta para buscar pares de registros que puedan engancharse, o bien que se realice automáticamente mediante un script, y no deba ser ejecutada manualmente, y los datos de los no enganchados que se deseen revisar de acuerdo a los criterios ya mencionados en este informe, se dejen almacenados hasta su revisión.
- Al lograr identificar completamente si los errores en los polígonos provienen del extracto de las solicitudes de pertenencia o bien son errores del parser de la empresa, se debería automatizar la corrección de polígonos erróneos en algunos casos tales como aquellos que no forman ángulos rectos.
- El módulo de visualización de la aplicación podría seguir desarrollándose de modo de convertirlo en un software externo de visualización, al cuál se le entreguen las bases de datos, y las tablas y campos donde se encuentren las figuras que se desee observar en el mapa, y los criterios para mostrarlas. Además, ciertas partes de este módulo, como la conversión de coordenadas PSAD56 a UTM podrían integrarse como extensiones de Google Maps u otros sistemas que requieran esa funcionalidad.

## Referencias

- [1] Mark de Berg, Otfried Cheong, Marc van Kreveld, and Mark Overmars. *Computational Geometry: Algorithms and Applications*, pages 22–30. Springer, 1998.
- [2] Mauricio Andrés Zúñiga Gajardo. Desarrollo de software para estimar velocidades de los buses del transantiago. Master’s thesis, Universidad de Chile, Abril 2010.
- [3] Open Source GIS. [www.opensourcegis.org](http://www.opensourcegis.org), índice online de sig open source.
- [4] Google. <http://code.google.com/apis/maps/index.html>. Google Maps API Family, al momento de la realización de esta memoria se utilizó la versión 3.
- [5] Joseph O’Rourke. *Computational Geometry in C*, pages 239–245,264–268. Cambridge University Press, 1994.
- [6] Michael Shamos and Dan Hoey. *Geometric intersection problems*, pages 208–215. Proc. 17th IEEE Symp. Foundations of Computer Science, 1976.